



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)
ปริญญา

.....
วิทยาศาสตรการประมง

สาขา

.....
ชีววิทยาประมง

ภาควิชา

เรื่อง ผลกระทบของระบบการเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลากะพงขาว ที่มีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Aboott, Zhang et Xia

Impact of Integrated Seaweed-White Seabass Culture System on Growth of *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Aboott, Zhang et Xia

نامผู้วิจัย นายพิชัย อ่อนจันทร์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ
(..... รองศาสตราจารย์อนงค์ จีรภัทร์, Ph.D.)

กรรมการ
(..... รองศาสตราจารย์จรัมพร เมฆสัมพันธ์, Ph.D.)

กรรมการ
(..... รองศาสตราจารย์สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา
(..... รองศาสตราจารย์อนงค์ จีรภัทร์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(..... รองศาสตราจารย์วินัย อากงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลกระทบของระบบการเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลากะพงขาว ที่มีต่อการเจริญเติบโตของ
สาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia

Impact of Integrated Seaweed-White Seabass Culture System on Growth of
Gracilaria fisheri (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia

โดย

นายพิชัย อ่อนจันทร์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)
พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-2034-9

พิชัย อ่อนจันทร์ 2549: ผลกระทบของการเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลากะพงขาว ที่มี
ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง
ภาควิชาชีววิทยาประมง ปรชชานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ จิรภัทร์, Ph.D. 153 หน้า
ISBN 974-16-2034-9

การเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia ในบ่อซีเมนต์ขนาด 1
ตัน ภายใต้ระบบการเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลากะพงขาว ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 เมื่อ
เลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร โดยใช้ น้ำทะเล
ธรรมชาติ (ชุดการทดลองที่ 1) และน้ำที่จากการเลี้ยงปลากะพงขาวความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ตารางเมตร (ชุดการ
ทดลองที่ 2) และ 10 ตัว ต่อ ตารางเมตร (ชุดการทดลองที่ 3) โดยทั่วไป พบว่า สาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในการทดลอง
ชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) มีอัตราการเจริญต่ำ และมีค่าเท่ากับ $-0.02 \pm 1.77\%$ ต่อวัน (สาหร่าย 500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ
ตารางเมตร) $-0.51 \pm 1.88\%$ ต่อวัน (สาหร่าย 1000 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร) และ $0.16 \pm 0.92\%$ ต่อวัน
(สาหร่าย 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร) และในการทดลองชุดที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น
ที่เลี้ยงได้ มีค่าสูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในชุดที่ 1 เมื่อเลี้ยงที่ความหนาแน่น 500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร
($0.58 \pm 1.42\%$ ต่อวัน) และ 1000 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ($-0.14 \pm 1.49\%$ ต่อวัน) ตามลำดับ ตรงข้ามกับ
เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ $-0.16 \pm$
 1.53% ต่อวัน ซึ่งต่ำกว่าชุดที่ 1 สำหรับการทดลองชุดที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ $-0.53 \pm 2.17\%$ ต่อวัน
(สาหร่าย 500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร) $-0.32 \pm 1.89\%$ ต่อวัน (สาหร่าย 1000 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตาราง
เมตร) และ $-0.69 \pm 1.98\%$ ต่อวัน (สาหร่าย 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร) ในการศึกษาครั้งนี้อัตราการ
เจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น มีความสัมพันธ์แบบไม่สมบูรณ์เชิงลบ (imperfect negative correlation) ที่ระดับ
นัยสำคัญ ($p = 0.05$) กับอุณหภูมิบริเวณผิวหน้าน้ำ ($r = -0.229$) ความขุ่น ($r = -0.317$) ไนโตรเจน-ไนโตรเจน ($r = -$
 0.184) และ ความกระด้างของน้ำ ($r = -0.271$) และมีความสัมพันธ์แบบไม่สมบูรณ์เชิงบวก (imperfect positive
correlation) ที่ระดับนัยสำคัญ ($p = 0.05$) กับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($r = 0.219$) ไนเตรท-ไนโตรเจน ($r = 0.508$)
และความเป็นด่างของน้ำ ($r = 0.296$) และการเลี้ยงสาหร่ายวุ้นในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีปริมาณโปรตีนใน
เนื้อเยื่อ สูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 ประมาณ 3 เท่าผลจากการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นได้ว่า อัตราความหนาแน่นของ
สาหร่ายวุ้นต่อความหนาแน่นของปลากะพงขาวที่เหมาะสม มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น
ที่เลี้ยงภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงสาหร่ายแบบกึ่งปิด โดยสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด
เมื่อเลี้ยงที่ความหนาแน่นปลา 5 ตัว ต่อ ความหนาแน่นสาหร่าย 500 กรัม และ สาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงได้มีปริมาณ
โปรตีนในเนื้อเยื่อสาหร่ายสูงกว่า สาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลธรรมชาติเพียงอย่างเดียว ในทุกชุดการทดลอง

Pichai Onchan 2006: Impact of Integrated Seaweed-White Seabass Culture System on Growth of *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia. Master of Science
(Fisheries Science) Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology.
Thesis Advisor: Associate Professor Anong Chirapart, Ph.D. 153 pages.
ISBN 974-16-2034-9

Cultivation of the gracilarioid, *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott et Xia was conducted in 1 ton cement tanks under an integrated seaweed-white seabass culture system (a semi-enclosed/controlled culture system), from May to December 2004. Plants of the gracilarioid at different densities of 500, 1000 and 1500 g wet wt m⁻² were cultured in ambient seawater (Experiment 1 as control), and in fish effluent from white seabass culture tanks at density of 5 fishes m⁻² (Experiment 2) and density of 10 fishes m⁻² (Experiment 3). In Experiment 1 (control), growth rates of *G. fisheri* obtained low values of $-0.02 \pm 1.77\%d^{-1}$ (500 g wet wt m⁻²), $-0.51 \pm 1.88\%d^{-1}$ (1000 g wet wt m⁻²) and $0.16 \pm 0.92\%d^{-1}$ (1500 g wet wt m⁻²). In Experiment 2 growth rates were higher than the control experiment when cultured at algal density of 500 g wet wt m⁻² ($0.58 \pm 1.42\%d^{-1}$) and 1000 g wet wt m⁻² ($-0.14 \pm 1.49\%d^{-1}$). In contrast, at algal density of 1500 g wet wt m⁻² growth rate was lower than the control ($-0.16 \pm 1.53\%d^{-1}$). Growth rate decreased in Experiment 3 and showed the lowest values of $-0.53 \pm 1.53\%d^{-1}$ (500 g wet wt m⁻²), $-0.32 \pm 1.89\%d^{-1}$ (1000 g wet wt m⁻²) and $-0.69 \pm 1.98\%d^{-1}$ (1500 g wet wt m⁻²). In this study, growth of the gracilarioid had negative correlations ($p = 0.05$) with seawater temperature ($r = -0.229$), turbidity ($r = -0.317$), nitrite-nitrogen ($r = -0.184$) and hardness ($r = -0.271$) while it had positive correlations ($p = 0.05$) with ammonia-nitrogen ($r = 0.219$), nitrate-nitrogen ($r = 0.508$) and alkalinity ($r = 0.296$). In addition, determination of proximate composition in tissue of the cultivars in Experiment 2 and 3 showed higher values than those cultured in Experiment 1. This study indicated that appropriate ratio of algal density to fish density had a negative impact on growth rate of the gracilarioid cultured under the integrated seaweed-white seabass culture system. *G. fisheri* showed the highest growth when cultured at density ratio of 5:500 (fish:seaweed). The cultivars in seabass effluent obtained higher values of protein content than those cultured in ambient seaweed.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

/ /

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. อนงค์ จีระภัทร์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ กรรมการวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร. สมบุญ เตชะกิจญาวัฒน์ กรรมการวิชาการ และดร. เรืองวิทย์ ชื่นพันธ์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านและให้คำปรึกษาแนะนำตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์จนสมบูรณ์

ขอขอบคุณ หัวหน้าสถานีวิจัยประมงสมุทรสงคราม คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการดำเนินงานระหว่างการทดลอง

ขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ ปริญญาโทสาขาวิทยาศาสตร์การประมง รวมทั้งน้องปริญญาตรี คณะประมง ทุกคนที่ทำให้กำลังใจและช่วยเหลือในการทดลองครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติ พี่น้องและบุคคลที่รู้จักทุกท่านที่ห่วงใยและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

พิชัย อ่อนจันทร์

พฤษภาคม 2549

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(11)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	22
อุปกรณ์	22
วิธีการ	23
ผลการทดลอง	32
วิจารณ์ผลการทดลอง	57
สรุปผลการทดลอง	61
ข้อเสนอแนะ	63
ปัญหาและอุปสรรค	64
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	65
ภาคผนวก	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	31
2	49
3	52
4	54

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	อุณหภูมิอากาศ (°C) บริเวณบ่อที่เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนัสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิดตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือน ธันวาคม 2547	117
2	อุณหภูมิอากาศ (°C) บริเวณบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น(c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนัสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	118
3	อุณหภูมิอากาศ (°C) บริเวณบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนัสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	119
4	อุณหภูมิบริเวณผิวหน้า (°C) บริเวณบ่อที่เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนัสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือน ธันวาคม 2547	120
5	อุณหภูมิบริเวณผิวหน้า (°C) บริเวณบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนัสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม ถึงเดือน ธันวาคม 2547	121

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
6	อุณหภูมิบริเวณผิวหน้า (°C) บริเวณบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547	122
7	ความขุ่น (NTU) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	123
8	ความขุ่น (NTU) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547	124
9	ความขุ่น (NTU) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547	125
10	ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547	126

สารบัญ (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า	
11	ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่มีความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนึ่งกวด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	127
12	ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่มีความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนึ่งกวด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	128
13	ความเค็ม (‰) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่มีความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนึ่งกวด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	129
14	ความเค็ม (‰) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่มีความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนึ่งกวด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	130
15	ความเค็ม (‰) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่มีความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนึ่งกวด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	131

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
16	ความเป็นด่าง ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547	132
17	ความเป็นด่าง ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547	133
18	ความเป็นด่าง ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547	134
19	ความกระด้าง ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547	135
20	ความกระด้าง ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	136

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
21	ความกระด้าง ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547	137
22	ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	138
23	ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	139
24	ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	140
25	ความเข้มข้นของไนไตรท์ – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	141

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
26	ความเข้มข้นของไนโตรเจน – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวัน (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	142
27	ความเข้มข้นของไนโตรเจน – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวัน (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	143
28	ความเข้มข้นของไนเตรท – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	144
29	ความเข้มข้นของไนเตรท – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวัน (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	145
30	ความเข้มข้นของไนเตรท – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวัน (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	146

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
31	ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต (mg l^{-1}) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	147
32	ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวัน (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	148
33	ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวัน (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	149
34	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีกับอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) ใช้น้ำทะเลธรรมชาติเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ($p = 0.05$)	150
35	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีกับอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 2 ใช้น้ำที่ทำการเลี้ยงปลากระพงขาวความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ตาราง เมตร เลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ($p = 0.05$)	151

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
36	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีกับอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 3 ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากระพงขาวความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ตารางเมตรเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ($p = 0.05$)	152
37	ผลผลิต (กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร) ของสาหร่ายวุ้น <i>Gracilaria fisheri</i> ในชุดการทดลองที่ 1 (ควบคุม) 2 และ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (- = "ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้")	153

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 วงจรชีวิตของสาหร่ายสกุลกราซิลารี	5
2 สาหร่ายวุ้น <i>Gracilaria fisheri</i> ที่รวบรวมจากทะเลสาบสงขลา และชายฝั่ง อ่าวปัตตานีเพื่อใช้ในการศึกษา	6
3 ปลากะพงขาว <i>Lates calcarifer</i> ที่ใช้ในการศึกษา	7
4 บ่อซีเมนต์ขนาดความจุ 1 ตันจำนวน 24 บ่อ ที่ใช้ในการทดลอง	24
5 อัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้ระบบควบคุมการ เลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	37
6 อัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยง แบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	38
7 อัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบ กึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	39
8 ปริมาณ total chlorophyll ของ <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) ใช้น้ำทะเลธรรมชาติเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบ ควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	42
9 ปริมาณ total chlorophyll ของ <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 2 ใช้น้ำ ที่จากการเลี้ยงปลากะพงขาวความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ตารางเมตร เลี้ยง สาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
10	ปริมาณ total chlorophyll ของ <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 3 ใช้น้ำที่จากการเลี้ยงปลากระพงขาวความหนาแน่น 10 ตัว ต่อ ตารางเมตร เลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	44
11	ปริมาณ r - phycoerythrin ของ <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) ใช้น้ำทะเลธรรมชาติ เลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	45
12	ปริมาณ r - phycoerythrin ของ <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 2 ใช้น้ำที่จากการเลี้ยงปลากระพงขาวความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ตารางเมตร เลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	46
13	ปริมาณ r - phycoerythrin ของ <i>Gracilaria fisheri</i> ในการทดลองชุดที่ 3 ใช้น้ำที่จากการเลี้ยงปลากระพงขาวความหนาแน่น 10 ตัว ต่อ ตารางเมตร เลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547	47
14	หนอนท่อ (tube worm) และ เพรียง (cirripedes) ที่เกาะบนท่ลึศสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> และเมื่อคัดแยกออกจากสาหร่าย มีผลทำให้สาหร่ายเหี่ยวแห้งเป็นท่อน	56

ผลกระทบของระบบการเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลากะพงขาว ที่มีต่อการเจริญเติบโต
ของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia

Impact of Integrated Seaweed-White Seabass Culture System on Growth of
Gracilaria fisheri (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia

คำนำ

สาหร่ายวุ้นสกุล *Gracilaria* เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญ ทั้งเป็นอาหารมนุษย์ ยารักษาโรค วัตถุดิบในการสกัดสาร phycocolloid โดยเฉพาะสารวุ้น (agar) และใช้เป็นอาหารของสัตว์น้ำเศรษฐกิจตัวใหม่ ได้แก่ หอยเปี้ยว ปูม้า ซึ่งมีแนวโน้มของการเพาะเลี้ยงภายในประเทศที่สูงขึ้นเพื่อเพิ่มกำลังผลิตสินค้าส่งออกไปยังต่างประเทศที่มีความต้องการมาก เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา จีน และไต้หวัน เป็นต้น และด้วยกำลังผลิตของสาหร่ายวุ้นในธรรมชาติไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นการเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตสาหร่ายให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ในกิจกรรมต่างๆ ภายในประเทศได้

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจัดว่าเป็นกิจกรรมหลักของอุตสาหกรรมการประมงในประเทศไทย ที่ทำรายได้เข้าประเทศปีหนึ่งๆเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามน้ำทิ้งจากกิจกรรมนี้ได้ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติเป็นจำนวนมากเช่นกัน ส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมชายฝั่งในหลายพื้นที่ เป็นที่ทราบกันดีว่าน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำมักมีสารอาหารต่างๆ โดยเฉพาะสารอาหารไนโตรเจนในปริมาณมาก และสาหร่ายสามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้ ซึ่งมีการทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* และ *G. tenuistipitata* ของประเทศไทยในบ่อดินธรรมชาติโดยใช้น้ำทะเลจากการเพาะเลี้ยงกุ้ง พบว่าการเลี้ยงสาหร่ายวุ้นทั้ง 2 ชนิดด้วยน้ำทะเลจากการเพาะเลี้ยงกุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงสาหร่ายวุ้นด้วยน้ำทะเลธรรมชาติ (Chirapart and Lewmanomont, 2004)

อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้น ด้วยน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีสารอาหารมากเกินไป อาจไม่เป็นผลดีต่อการเจริญของสาหร่าย ซึ่งปริมาณสารอาหารในระดับที่เหมาะสมแก่สาหร่าย เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตนั้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณสารอาหารที่มากเกินไปจะทำให้เกิดการบลูมของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และสาหร่ายสีเขียวที่เป็น epiphyte ทำให้เกิดสถานะแอ่งแย่งสารอาหารและน้ำเกิดความขุ่น ทำให้แสงส่องลงน้ำลดลง ซึ่งส่งผลกระทบทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นลดลง ดังนั้น ในการศึกษาอัตราความหนาแน่นของสัตว์น้ำที่ให้ปริมาณสารอาหารในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการพัฒนาระบบการเลี้ยงสาหร่ายวุ้นในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของระบบการเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลากะพงขาว ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ในบ่อซีเมนต์กลางแจ้ง
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ที่เลี้ยงภายใต้ระบบเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลากะพงขาวในบ่อซีเมนต์กลางแจ้ง
3. เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ปัจจัยสภาวะแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ที่เลี้ยงภายใต้ระบบเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลากะพงขาวในบ่อซีเมนต์กลางแจ้ง
4. เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการเลี้ยงสาหร่ายแบบบูรณาการ (integrated aquaculture) ต่อไป

การตรวจเอกสาร

1. สาหร่าย *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia

1.1 การจัดจำแนกชนิดตามหลักอนุกรมวิธาน

สาหร่ายวุ้นสกุล *Gracilaria* มีการจัดอันดับทางอนุกรมวิธานดังต่อไปนี้

Division : Rhodophyta

Class : Rhodophyceae

Subclass : Florideophycidae

Order : Gracilariales (Gigartinales)

Family : Gracilariaceae

Genus : *Gracilaria* (Fredericq and Hommersand, 1989)

1.2 วงจรชีวิตของสาหร่ายสกุลกราซิลารีเย (กาญจนภาชน์ และคณะ, 2536)

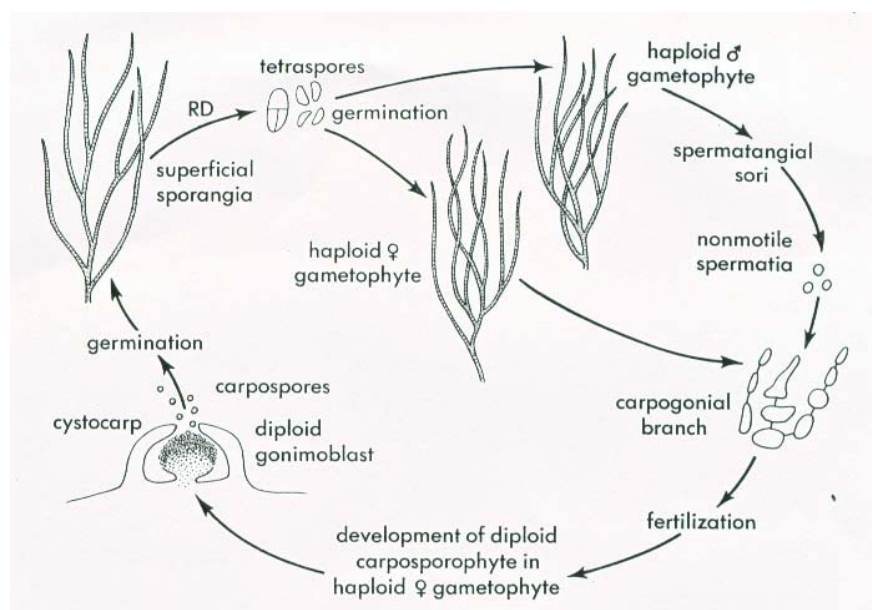
สาหร่ายสกุล *Gracilaria* มีวงจรชีวิตแบบสลับระหว่างต้นมีเพศ (gametophyte plant) กับ ต้นไม่มีเพศ (sporophyte plant) ต้นมีเพศแยกเป็นต้นเพศผู้และต้นเพศเมีย ดังนั้นจึงมีทลัส 3 ชนิด และ ทลัสทั้ง 3 ชนิดนี้มีรูปร่างลักษณะเหมือนกันทุกประการ (ภาพที่ 1)

วงจรชีวิตมี 3 ช่วง (triphasic type)

1. gametophyte phase คือ ช่วงชีวิตที่เป็นต้นเพศผู้ และต้นเพศเมีย ต้นเพศผู้สร้างเซลล์สืบพันธุ์ ที่เรียกว่า สเปอิร์มาเทียม (spermatium) และต้นเพศเมียสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่เรียกว่า คาร์โปโกเนียม (carpogonium) การผสมเกิดบนต้นเพศเมีย

2. carposporophyte phase คือ ช่วงหลังการผสมของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้กับเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย และมีพัฒนาการจนเป็นกระเปาะสปอร์ (cystocarp) มีลักษณะเป็นปุ่มกลมขนาดเล็กหัวเข็มหมุดเกิดทั่วไปตามผิวของต้นเพศเมีย ภายในกระเปาะสปอร์มีคาร์โปสปอร์ (carpospore)

3. tetrasporophyte phase คือ ช่วงที่คาร์โปสปอร์งอกเป็นต้นไม่มีเพศหรือต้นเตตราสปอร์ (tetrasporophyte plant) ต้นชนิดนี้สร้างเตตราสปอร์ (tetraspores) ซึ่งงอกเป็นต้นเพศผู้และต้นเพศเมียอย่างละเท่าๆกัน



ภาพที่ 1 วงจรชีวิตของสาหร่ายสกุลกราซิลารีเย ที่มา Dawson (1966)

1.3 ลักษณะทางอนุกรมวิธานของสาหร่ายสกุลกราซิลารีเยที่ทำการศึกษา

Gracilaria fisheri (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia

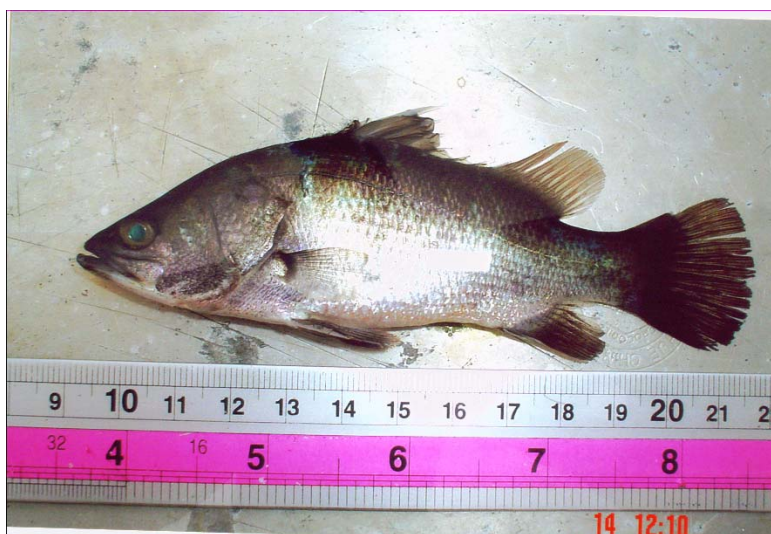
ทลัสเป็นพุ่ม แตกแขนงบริเวณโคนสั้นๆ (stipe) หรือแตกแขนงจากแกนกลาง 3-4 ครั้ง แขนงเป็นเส้นกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6-2.3 มิลลิเมตร โคนแขนงคอด ปลายแขนงเรียวแหลม รากมีขนาดเล็ก ลักษณะเป็นรูปถ้วย ทำหน้าที่ยึดเกาะกับเปลือกหอย หรือก้อนกรวด ความยาวของทลัส 13-30 เซนติเมตรหรืออาจยาวถึง 45 เซนติเมตร อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้เป็นถุงเดี่ยวๆแบบ verrucosa-type หรืออยู่รวมเป็นกลุ่มแบบ polycavernosa-type กระเปาะสปอร์รูประฆัง ประกอบด้วย pericarp หนา มีเซลล์ 9-14 แถว เซลล์แถวนอกกรี แถวในค่อนข้างแบน เซลล์ gonimoblast ลักษณะยาว absorbing filament อยู่ที่ยูฐาน (basal) และด้านข้าง (lateral) (กาญจนาภรณ์ และคณะ, 2536)



ภาพที่ 2 *Gracilaria fisheri* ที่รวบรวมจากทะเลสาบสงขลา และชายฝั่งอ่าวปัตตานี เพื่อใช้ในการศึกษา

2. ลักษณะทางอนุกรมวิธานของปลากะพงขาว *Lates calcarifer* (Bloch)

ลักษณะทั่วไปเป็นปลาน้ำกร่อยที่มีรูปร่างยาว ลำตัวหนาและด้านข้างแบน หัวโต จงอยปากยาวและแหลม นัยน์ตาโต ปากกว้างยึดหดได้ มุมปากอยู่เลยไปทางด้านหลังนัยน์ตา ฟันเป็นฟันเขี้ยวอยู่บนขากรรไกรบนและล่าง ขอบกระดูกแก้มเป็นหนามแหลม ขอบกระดูกกระพุ้งเหงือกแข็งและคม คอดหางมีขนาดใหญ่และแข็งแรง เกล็ดใหญ่มีขอบหยักเป็นหนามแหลมเมื่อลูบจะสากมือ ครีบหลังอันแรกมีก้านครีบเป็นหนามแข็งปลายแหลม อันที่สองเป็นครีบอก่อนมีขนาดเล็กเคียงกัน ครีบหางใหญ่ปลายกลมมน พื้นลำตัวสีขาวเงินปนน้ำตาล แนวสันท้องสีขาวเงินขนาดความยาวประมาณ 20-40 เซนติเมตร กินปลาและสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กเป็นอาหาร ถิ่นอาศัย ชายฝั่งทะเลและปากแม่น้ำซึ่งเป็นน้ำกร่อย อพยพย้ายถิ่นเข้ามาหาอาหารและอาศัยในแม่น้ำเป็นระยะทางหลายร้อยกิโลเมตร ประโยชน์ เป็นปลาเศรษฐกิจที่กรมประมงส่งเสริมให้เลี้ยง เกษตรกรนิยมผลิตลูกปลาชนิดนี้ส่งไปจำหน่ายยังประเทศมาเลเซีย และได้หวั่น เนื้อมีรสชาติดีนำมาประกอบอาหารได้หลายประเภท (สมโภชน์, 2545)



ภาพที่ 3 ปลากะพงขาว *Lates calcarifer* ที่ใช้ในการศึกษา

3. การเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวและคุณภาพน้ำ

จารุวัฒน์ และคณะ (2531) ทดลองการประเมินอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมของปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชัง พบว่า อัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมขั้นต่ำของปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชังเท่ากับ 109 ตัวต่อตารางเมตร สำหรับปลาหนัก 500 กรัม และ 86 ตัวต่อตารางเมตร สำหรับปลาหนัก 700 กรัม และอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมขั้นสูงของปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชังเท่ากับ 554 ตัวต่อตารางเมตร สำหรับปลากะพงขาวหนัก 500 กรัม และ 435 ตัวต่อตารางเมตร สำหรับปลาหนัก 700 กรัม

เพิ่มศักดิ์ (2531) รายงานคุณภาพน้ำของการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชัง บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก มีระดับเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 30-31 °C ความโปร่งแสง 0.43-0.74 m ความเค็ม 17.8-29 ‰ pH 7.2-8.3 และออกซิเจนที่ละลายน้ำ 6.03-7.2 ppm และมีปริมาณเฉลี่ยของไนโตรเจนแอมโมเนีย และฟอสเฟต อยู่ในช่วง 0.0010-0.0017 mg/l 0.0013-0.0270 mg/l และ 0.0088-0.0435 mg/l ตามลำดับ

ชนาวุฒิ (2543) ทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวในบ่อดินจำนวน 3 บ่อ โดยเลี้ยงปลากะพงขาวขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ซึ่งมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 5.11 ± 0.55 cm 6.11 ± 0.50 cm และ 9.03 ± 0.53 cm ตามลำดับ พบว่าการเลี้ยงปลากะพงขาวขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ มีปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.032-3.014 ppm 0.034-3.366 ppm และ 0.046-4.2 ppm ตามลำดับ และมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0-0.245 ppm 0-0.433 ppm และ 0-0.555 ppm ตามลำดับ

สุพล และ บุญเลิศ (2543) ศึกษาการอนุบาลลูกปลากะพงขาวในบ่อดินขนาด 2 ไร่ จำนวน 3 บ่อ โดยปล่อยลูกปลาขนาดความยาวเฉลี่ย 0.5 cm ที่ความหนาแน่นประมาณ 47 ตัวต่อตารางเมตรเป็นเวลา 18 วัน พบว่าคุณภาพน้ำในบ่อดินมีระดับความเค็มอยู่ในช่วง 20-26 ‰ ออกซิเจนที่ละลายน้ำ 2.0-10.4 mg/l และความเป็นด่าง 90-138 mg/l และมีปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.000-0.222 mg/l ไนโตรเจน 0.000-0.0210 mg/l ไนเตรท 0.000-0.032 mg/l ฟอสเฟต 0.000 -0.027 mg/l และซิลิเกต 0.110-0.579 mg/l

4. การศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นสกุล *Gracilaria* ในประเทศไทย

ประเทศไทยมีงานวิจัยการสำรวจชนิดสาหร่ายวุ้นสกุล *Gracilaria* ที่แพร่กระจายในน่านน้ำทะเลไทยทั้งฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามัน (กาญจนภานัน และคณะ, 2536) และในอดีตมาจนถึงปัจจุบัน มีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นอยู่มากมาย ซึ่งให้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญและเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นในเชิงพาณิชย์ ทั้งในด้าน การทดลองเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์สาหร่ายวุ้นในประเทศไทยที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยง เพื่อศึกษาหาวิธีการเลี้ยงและปัจจัยจำกัดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นแต่ละชนิด และการเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นเพื่อใช้ประโยชน์ เป็นต้น (กาญจนภานัน และคณะ, 2536; สุวัฒน์, 2534; พุทธ และ สำรอง, 2546)

4.1 การทดลองเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์สาหร่ายวุ้นในประเทศไทยที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยง

ในปี พ.ศ. 2536 กาญจนภานัน และคณะ ได้ทำงานวิจัยการคัดเลือกชนิดของสาหร่ายวุ้นเพื่อการเพาะเลี้ยง โดยสำรวจชนิดสาหร่ายวุ้นสกุล *Gracilaria* ที่พบแพร่กระจายในประเทศไทย เพื่อศึกษาทางด้านชีววิทยา และทดลองเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ และในแหล่งน้ำต่างๆ ผลการศึกษาพบสาหร่ายวุ้นสกุลกรซิลาเรียทั้งหมด 15 ชนิด และชนิดที่เหมาะสมแก่การเพาะเลี้ยงในประเทศไทยมากกว่าชนิดอื่นได้แก่ *G. fisheri* เนื่องจากให้วุ้นคุณภาพดี มีค่าความแข็งแรงของวุ้นมากกว่า 900 กรัมต่อตารางเซนติเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตสูงประมาณ 30 % ต่อสัปดาห์และมีความทนทานต่อความเค็มได้ในช่วงกว้างตั้งแต่ 10-30 ‰ โดยเลี้ยงแบบสอดเส้นเชือกให้ผลผลิตดีที่สุด

4.2 การทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้นเพื่อศึกษาหาวิธีการเลี้ยงและปัจจัยจำกัดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น

การทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้นเพื่อหาวิธีการเลี้ยงและปัจจัยจำกัดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นแต่ละชนิด สามารถแบ่งออกได้ คือ การทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้นโดยใช้น้ำทะเลธรรมชาติ เพื่อศึกษาปัจจัยจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น และเลี้ยงสาหร่ายวุ้นร่วมกับสัตว์น้ำ เพื่อศึกษาวิธีเลี้ยงที่ได้ผลผลิตสาหร่ายวุ้นเพิ่มขึ้นและพัฒนาวิธีเลี้ยงให้มีประสิทธิภาพ (วิวรรณ และ อรุณี, 2537; วิวรรณ, 2538)

4.2.1 การทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้นโดยใช้น้ำทะเลธรรมชาติ

สุวรรณ (2534) ได้ทดลองเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น 2 ชนิด คือ *Gracilaria fisheri* (syn. *Polycavernosa fisheri*) และ *G. tenuistipitata* ในบ่อดินซึ่งเปลี่ยนถ่ายน้ำตามระดับการขึ้นลงของน้ำทะเลธรรมชาติที่อ่าวปัตตานี โดยความหนาแน่นเริ่มต้นของสาหร่าย คือ 250 500 และ 750 กรัมต่อตารางเมตร และแช่ปุ๋ยแอมโมเนียซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 40 ppm ทุกๆ 2 สัปดาห์ ภายหลังจากแช่ปุ๋ยพบว่า สาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ความหนาแน่น 750 กรัมต่อตารางเมตร ที่ความเข้มข้น 20 และ 40 ppm สาหร่ายวุ้นมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 9671.67 และ 9948.33 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ

วิวรรณ และ อรุณี (2537) ได้ศึกษาผลผลิตของสาหร่ายเขากวาง *G. changii* ที่เลี้ยงในบ่อดิน โดยทดลองเลี้ยงสาหร่ายเขากวางที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 250 และ 500 กรัมต่อตารางเมตร ใส่ในกระชังขนาด 1 x 1 x 0.3 เมตร และวางกระชังไว้ที่พื้นบ่อและผิวหน้าน้ำ พบว่า การเลี้ยงสาหร่ายเขากวางที่ผิวหน้าน้ำทั้ง 2 ความหนาแน่น มีค่าการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าที่พื้นบ่อ และการเลี้ยงสาหร่ายเขากวางที่ความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตร มีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงสาหร่ายเขากวางที่ความหนาแน่น 250 กรัมต่อตารางเมตร

อรุณี (2539) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายเขากวาง *G. changii* ในกระชังในบ่อดิน โดยเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 1500 และ 2000 กรัมต่อกระชัง ซึ่งมีขนาด 0.8 x 0.8 x 0.3 ลูกบาศก์เมตร ในบ่อดินขนาด 1200 ตารางเมตร โดยวางกระชังไว้ใกล้ผิวหน้าน้ำและพื้นก้นบ่อ ผลการทดลองพบว่า การเลี้ยงสาหร่ายใกล้ผิวหน้าน้ำให้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงที่พื้นก้นบ่อทุกความหนาแน่น และการเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 1000 กรัมต่อกระชัง ให้น้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด 1220 กรัม

ในปี พ.ศ. 2541 การศึกษาการแปรผันของการเจริญเติบโตและปริมาณวุ้นของสาหร่ายทะเลสกุลกราซิลารี *Gracilaria fisheri* และ *G. tenuistipitata* ที่เลี้ยงในบ่อดินธรรมชาติขนาด 0.5 ไร่ โดยวิธีสอดเส้นเชือก ระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 41 – กรกฎาคม 42 พบว่า *G. fisheri* มีการเจริญเติบโตดีกว่า *G. tenuistipitata* โดยที่อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดของ *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* มีค่าเท่ากับ $5.40 \pm 2.58\%$ ต่อวัน ในเดือนพฤษภาคม 2542 และ $2.18 \pm 1.36\%$ ต่อวัน ใน

เดือนมกราคม 2542 และปริมาณวันที่สกัดได้จากสาหร่ายทั้ง 2 ชนิดมีค่าสูงสุด 44.13% ในเดือนกรกฎาคม 2542 และ 35.7% ในเดือนตุลาคม 2541 ตามลำดับ (จิตติมา, 2544)

วิวรรณ (2543) ทดลองผลของปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนสาหร่ายผสมนาง *G. fisheri* โดยทดลองใช้ปุ๋ยเคมี 5 สูตร คือ 0-45-0 46-0-0 15-15-15 16-20-0 และสูตร Provasoli's (ชุดควบคุม) เลี้ยงต้นอ่อนสาหร่ายผสมนางที่ออกจากคาร์โบสปอร์อายุ 12 วัน ที่อุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1000 ลักซ์ ความเค็ม 15 ‰ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.01) ของเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของฐานยึดเกาะ ความสูงเฉลี่ย และอัตราการรอดตายของต้นอ่อน ในปีเดียวกัน วราภรณ์ และคณะ (2543) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง (*Gracilaria fisheri*) สาหร่ายพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) สาหร่ายมงกุฏหนาม (*Acanthophora spicifera*) ในบ่อดินขนาด 1600 ตารางเมตร โดยเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 3 ชนิดบนแผงตาข่ายพลาสติกสีดำขนาด 4 ตารางเมตร ชนิดละ 3 แผง และเก็บเกี่ยวผลผลิตสาหร่ายทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 4-5 เดือน พบว่า สาหร่ายพริกไทยมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาได้แก่ สาหร่ายผสมนาง และสาหร่ายมงกุฏหนามตามลำดับ

ลือชัย (2546) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายทะเล 2 ชนิด คือ สาหร่าย *Gracilaria fisheri* และ *Laurencia papillosa* ในบ่อซีเมนต์ขนาด 4 x 8 x 3 เมตร โดยวิธี monoline method ด้วยน้ำทะเลธรรมชาติ มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันๆ ละ 5 เปอร์เซ็นต์ มีการให้อากาศตลอดเวลา และตรวจวัดอัตราการเจริญเติบโตในช่วงระยะเวลา 15 30 45 และ 60 วัน พบว่าสาหร่าย *G. fisheri* มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 19.30 15.07 8.67 และ 0.12 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และสาหร่าย *L. papillosa* มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 58.60 46.2 1.87 และ -7.8 กรัมต่อวัน ตามลำดับ

4.2.2 การทดลองเลี้ยงสาหร่ายร่วมกับสัตว์น้ำ

การทดลองเลี้ยงสาหร่ายร่วมกับสัตว์น้ำได้พัฒนา ในปีพ.ศ.2538 มีการทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri* ร่วมกับปลานิลสีแดง *Oreochromis niloticus* (Linn.) ในบ่อซีเมนต์ ซึ่งทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนางที่ความหนาแน่น 750 และ 1500 กรัมต่อตารางเมตร ร่วมกับปลานิลแดง และเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 2 ความหนาแน่นโดยใช้น้ำทะเลธรรมชาติ ซึ่งผลผลิตของสาหร่ายที่เลี้ยงทั้ง 2 ความหนาแน่น เมื่อเลี้ยงร่วมกับปลานิลแดงมีค่าเท่ากับ 2616.67 กรัม เมื่อเลี้ยงสาหร่ายผสมนางที่ความ

หนาแน่น 750 กรัมต่อตารางเมตร และ 3666.67 กรัม เมื่อเลี้ยงสาหร่ายผสมนางที่ความหนาแน่น 1500 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าสูงกว่า การเลี้ยงสาหร่ายโดยใช้น้ำทะเลธรรมชาติ โดยที่ค่าเท่ากับ 1500 กรัม เมื่อเลี้ยงสาหร่ายผสมนางที่ความหนาแน่น 750 กรัมต่อตารางเมตร และ 2833.3 กรัม เมื่อเลี้ยงสาหร่ายผสมนางที่ความหนาแน่น 1500 กรัมต่อตารางเมตร เมื่อเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 8 และสาหร่ายที่ความหนาแน่น 1500 กรัมต่อตารางเมตร ให้ผลผลิตสูงกว่าที่ความหนาแน่น 750 กรัมต่อตารางเมตร (วิวรรณ, 2538)

วิวรรณ และคณะ (2539) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri* ที่ความหนาแน่น 4 ระดับ 250 500 750 และ 1000 กรัมต่อตารางเมตร ในบ่อเลี้ยงปลาซึ่งเป็นบ่อซีเมนต์ขนาด 20 ต้น จำนวน 3 บ่อ โดยเลี้ยงสาหร่ายร่วมกับปลา 3 ชนิด ปลากะพงขาว ปลาดุกทะเล และปลานิลสีแดง โดยเลี้ยง 1 ชนิดต่อบ่อ ผลการทดลองพบว่า การเลี้ยงสาหร่ายผสมนางร่วมกับปลากะพงขาว ปลาดุกทะเล และปลานิลสีแดง ที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 1000 กรัมต่อตารางเมตร ให้ผลผลิตสะสมและผลผลิตรวมสูงที่สุดในปีเดียวกัน วิวรรณ และ อรุณ (2539) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *G. fisheri* ที่ความหนาแน่น 2 ระดับ 500 และ 1000 กรัมต่อตารางเมตร ร่วมกับปลานิลแดง *Oreochromis niloticus* (linn.) และเลี้ยงสาหร่ายผสมนางโดยใช้น้ำทะเลธรรมชาติ ในบ่อซีเมนต์ขนาด 20 ต้น โดยเลี้ยงสาหร่ายในแผงตาข่ายพลาสติกสีดำขนาด 1 x 1 ตารางเมตรเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าการเลี้ยงสาหร่ายผสมนางร่วมกับปลานิลแดงให้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงด้วยน้ำทะเลธรรมชาติ และสาหร่ายผสมนางความหนาแน่น 1000 กรัมต่อตารางเมตร ให้ผลผลิตสูงกว่าที่ความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตร ทั้งการเลี้ยงร่วมกับปลานิลแดงและใช้น้ำทะเลธรรมชาติ ต่อมา วิวรรณ (2539) ทดลองเกี่ยวกับผลของความถี่ในการเก็บเกี่ยว และความหนาแน่นที่มีผลต่อผลผลิตสาหร่ายผสมนาง *G. fisheri* ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลากะพงขาวขนาด 20 ต้น โดยเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 และ 1000 กรัมต่อตารางเมตร ในกระชังตาข่ายพลาสติก ร่วมกับปลากะพงขาวความยาวเฉลี่ย 4.9 เซนติเมตร จำนวน 184 ตัว แบ่งการเก็บเกี่ยวออกเป็น 5 ระดับ คือเก็บทุกๆ 1 2 4 8 และ 16 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ที่ความหนาแน่น 500 และ 1000 กรัมต่อตารางเมตรซึ่งเก็บเกี่ยวทุกๆ 1 สัปดาห์ให้ผลผลิตสูงสุด 1246 ± 255 และ 2056.67 ± 416 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2543 มีการทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri* ในแผงตาข่ายพลาสติกสีดำขนาด 1.5 x 2.0 ตารางเมตร ที่ความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตร ร่วมกับปลากะพงขาว

Lates calcarifer Bloch จำนวน 1400 ตัว (ความยาวเฉลี่ย 5.3 ± 0.76 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 2.6 ± 1.02 กรัม) ในบ่อดิน เป็นเวลา 28 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า เก็บเกี่ยวผลผลิตสาหร่ายได้ 223.880 กิโลกรัม และได้ผลผลิตปลากะพงขาว 138 กิโลกรัม (วิวรรณ และ ทรงสิทธิ์, 2543) ในปีเดียวกัน ทรงสิทธิ์ และวิวรรณ (2543) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายเขากวาง *Gracilaria changii* ด้วยความเค็มที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 10 20 และ 30 ‰ โดยใช้น้ำจากบ่ออนุบาลลูกปลากะพงขาว *Lates calcarifer* เป็นระยะเวลา 90 วัน ผลการทดลองพบว่า ในเวลา 60 วัน ที่ความเค็ม 10 และ 20 ‰ การเจริญเติบโตของสาหร่ายใกล้เคียงกัน สำหรับความเค็ม 30 ‰ การเจริญเติบโตลดลงและเริ่มตาย เมื่อครบ 90 วัน การเลี้ยงสาหร่ายที่ความเค็ม 10 และ 20 ‰ มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 0.37 และ 0.31 เปอร์เซนต์ต่อวันตามลำดับ ต่อมา วิวรรณ และ จิตติมา (2543) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *G. fisheri* ในแพ่งตาข่ายพลาสติกสีดำขนาด 3 ตารางเมตร ที่ความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตร ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon* (Fabricius) ขนาด 800 ตารางเมตร โดยปล่อยกุ้งกุลาดำขนาด P18 จำนวน 40000 ตัว เป็นเวลา 18 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง สาหร่ายมีน้ำหนักรวมลดลงเหลือ 2.06 กิโลกรัม จากน้ำหนักเริ่มต้น 90 กิโลกรัม อย่างไรก็ตามพบว่าสาหร่ายมีน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 4-6 หลังจากนั้นได้ทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *G. fisheri* ในแพ่งตาข่ายพลาสติกขนาด 3 ตารางเมตร ที่ความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตร ร่วมกับกุ้งกุลาดำ *P. monodon* ความยาวเฉลี่ย 1.01 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.0021 กรัม จำนวน 25000 ตัวในบ่อดินขนาด 800 ตารางเมตร จำนวน 4 บ่อ เป็นเวลา 22 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สาหร่ายผสมนางมีน้ำหนักลดลงเหลือ 69.17 (บ่อ1) 10.25 (บ่อ2) 83.66 (บ่อ3) และ 40.70 (บ่อ4) กิโลกรัม ตามลำดับจากน้ำหนักเริ่มต้น 90 กิโลกรัม

Chirapart and Lewmanomont (2004) ทำงานวิจัยเรื่องการเจริญเติบโตและผลผลิตของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นในประเทศไทย 2 ชนิด *Gracilaria fisheri* และ *G. tenuistipitata* ด้วยวิธีแขวนเส้นเชือกในบ่อดินธรรมชาติขนาด 800 ตารางเมตรจำนวน 2 บ่อโดยใช้น้ำทะเลจากการเลี้ยงกุ้ง โดยบ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นทั้งสองชนิดด้วยน้ำทะเลจากการเลี้ยงกุ้ง และเลี้ยงสาหร่ายวุ้นทั้งสองชนิดด้วยน้ำทะเลธรรมชาติ ผลการทดลองพบว่า การเลี้ยงสาหร่ายวุ้นทั้ง 2 ชนิดโดยใช้น้ำทั้งจากการเลี้ยงกุ้ง สาหร่ายวุ้นมีค่าอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตทั้งหมดสูงกว่าบ่อที่เลี้ยงสาหร่ายวุ้นด้วยน้ำทะเลธรรมชาติ และสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* มีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่า *G. tenuistipitata* ทั้งสองบ่อ

4.3 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นเพื่อการใช้ประโยชน์

พุทธรักษา และ ตำรา (2546) ทดลองประสิทธิภาพของหอยนางรม (*Crassostrea lugubris*) หอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) และสาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เพื่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งในถังไฟเบอร์ขนาด 1 ตันกลางแจ้ง เป็นการทดลองวัดประสิทธิภาพของหอยนางรม, หอยแมลงภู่ และสาหร่ายผมนางในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งในสภาวะน้ำไหลเข้าและออกอย่างต่อเนื่องในระบบทดลอง พบว่า หอยแมลงภู่มีประสิทธิภาพปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งได้ดีกว่าหอยนางรมและสาหร่ายผมนาง ในปีเดียวกัน มีการทดลองเลี้ยงหอยเป่าอื้อด้วยสาหร่ายผมนางในบ่อคอนกรีตขนาด 1 x 2 x 1 เมตร ความหนาแน่นของลูกหอยเป่าอื้อเท่ากับ 1.250 ตัวต่อตารางเมตร มีความกว้างและความยาวของเปลือกเฉลี่ย 0.61 ± 0.05 เซนติเมตร และ 1.32 ± 0.10 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักเฉลี่ย 0.21 ± 0.06 กรัม เลี้ยงหอยเป่าอื้อด้วยสาหร่ายผมนางวันละ 1 ครั้ง ในอัตรา 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวเป็นระยะเวลา 8 เดือน ผลการทดลองพบว่าหอยเป่าอื้อ มีความกว้างและความยาวของเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 1.46 ± 0.003 เซนติเมตร และ 27 ± 0.12 เซนติเมตรตามลำดับ น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ± 0.49 กรัม มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 95.50 ± 3.54 เปอร์เซ็นต์ (กาญจนา และ คณะ, 2546)

5. คุณค่าอาหารของสาหร่ายวัน *Gracilaria*

Norziah and Ching (2000) รายงานว่า องค์ประกอบสารอาหารของสาหร่ายวัน *Gracilaria changii* มีปริมาณโปรตีน $6.9 \pm 0.1\%$ ไขมัน $3.3 \pm 0.2\%$ ไฟเบอร์ $24.7 \pm 0.7\%$ เถ้า $22.7 \pm 0.6\%$ สุรทิ และคณะ (2543) ศึกษาและวิเคราะห์คุณค่าอาหารของสาหร่ายผมนาง *Gracilaria fisheri* ในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก พบว่า สาหร่ายผมนางที่เจริญเติบโตในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก ในตำบลเกาะข่อย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา มีปริมาณไขมัน 0.79% โปรตีน 1.05% เส้นใย 3.97% ความชื้น 82.64% และเถ้า 74.36%

6. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อการเจริญของสาหร่าย

6.1 ปัจจัยทางกายภาพ

แสง เป็นปัจจัยจำกัดที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย เนื่องจากแสงเป็นแหล่งพลังงาน ในกระบวนการสังเคราะห์แสง และนำไปใช้ในกระบวนการดูดธาตุอาหารเข้าสู่เซลล์โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ธาตุไนโตรเจน และ คาร์บอน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสังเคราะห์ กรดอะมิโน และ โปรตีน เพื่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย แสงมีส่วนที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น โดยความเข้มของแสงมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความร้อนให้กับน้ำ โดยช่วงที่น้ำลงในเขต intertidal zone สาหร่ายเกิดการสัมผัสกับอากาศและแสงแดด โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสงสีฟ้า (blue light) จะมีผลไปหยุดชะงัก กระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจนเข้าสู่เซลล์สาหร่าย และเกิดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์สาหร่าย นอกจากนี้ช่วงแสง (photoperiod) ยังมีผลต่อกระบวนการงอก (germination) ของสาหร่าย (Lobban and Harrison, 1994)

Carnicas *et al.* (1999) รายงานถึงระดับแสงที่ตกกระทบต่อพื้นในเขตร้อน มีค่าเท่ากับ $2500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ดังเช่น สาหร่ายที่ชอบแสง (sun algae) มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด ที่ความเข้มแสง $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ และ สำหรับสาหร่ายไม่ชอบแสง (shade algae) มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด ที่ความเข้มแสง $60\text{-}150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ Menéndez and Comin (2000) รายงานไว้ว่าที่ระดับแสงประมาณ $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ และที่อุณหภูมิ 30°C ของฤดูร้อนใน Tancada Lagoon ประเทศสเปน มีผลจำกัดผลผลิตของสาหร่ายทะเล เนื่องจากปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนที่ได้รับลดลง และกระบวนการสังเคราะห์แสงถูกยับยั้ง Gómez *et al.* (2005) ทดลองกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria chilensis* ภายใต้แสงธรรมชาติในบริเวณปากแม่น้ำ พบว่า สาหร่ายวุ้น *G. chilensis* เป็นชนิดที่ปรับตัวเข้ากับพื้นที่ซึ่งมีสถานะแสงสลัว เนื่องจากมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ ไฟโคบิลินสูง และ light saturating point (Ek) ต่ำอยู่ในช่วง ระหว่าง 60 และ $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ Melgarejo *et al.* (2003) รายงานไว้ว่าสาหร่ายวุ้น *Gracilaria tenuistipitata* มีระบบรีดอกซ์ในเยื่อหุ้มเซลล์ ที่สามารถวิเคราะห์ได้ง่าย คือ ferricyanide reductase activity ซึ่งกิจกรรมนี้ถูกทำให้ลดลงตามสถานะแสง และสาหร่ายวุ้น *G. tenuistipitata* ปรับตัวต่อสถานะแสงสูง โดยจะแสดงให้เห็นถึงการลดลง ของ ferricyanide reductase activity ต่ำกว่าเมื่ออยู่ในสถานะแสงต่ำ $40 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ และสาหร่ายวุ้น *G. tenuistipitata* ที่นำไปไว้สถานะที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงต่ำถึงสถานะความเข้มแสงสูง $500 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ พบว่า ferricyanide reductase activity ยังคงลดลงอย่างต่อเนื่อง และเมื่อนำสาหร่ายวุ้น

G. tenuistipitata ไปไว้ในสภาวะความเข้มแสงต่ำ พบว่า ferricyanide reductase activity กลับคืนมาอีกครั้งหลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

อุณหภูมิจึงมีผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ และโครงสร้างโมเลกุลภายในเซลล์สาหร่าย โดยที่อัตราปฏิกิริยาชีวเคมีภายในเซลล์เพิ่มเป็นสองเท่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส แต่การทำงานของเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม และถ้าอุณหภูมิสูงเกินกว่าระดับที่เหมาะสม มีผลทำให้โครงสร้างโมเลกุล และเอนไซม์ หยุดชะงักการทำงาน หรือทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเอนไซม์ และอุณหภูมียังมีผลต่อการดูดซึมธาตุอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน ซึ่งสาหร่ายสามารถเก็บสะสมไนโตรเจนได้ดีในสภาวะอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้อุณหภูมียังมีผลต่อวงจรชีวิต การหายใจ และการเจริญเติบโตของสาหร่าย แต่ผลกระทบของอุณหภูมิต่อสาหร่ายจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย (Lobban and Harrison, 1994)

Tsai *et al.* (2005) รายงานผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Laurencia papillosa* และสาหร่ายวุ้น *Gracilaria coronopifolia* ที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีปริมาณสารอาหารอุดมสมบูรณ์ พบว่า *L. papillosa* มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันดีในช่วงอุณหภูมิ 25-35 °C และมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันสูงสุดในช่วงอุณหภูมิ 30-32.5 °C สำหรับสาหร่ายวุ้น *G. coronopifolia* มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีในช่วงอุณหภูมิ 15-30 °C และมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันสูงสุดในที่อุณหภูมิ 30 °C หลังจากนั้นเลี้ยงสาหร่ายทั้งสองชนิดในน้ำทะเลที่มีปริมาณสารอาหารน้อย พบว่า *L. papillosa* มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันดีในช่วงอุณหภูมิ 25-35 °C และมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันสูงสุดในช่วงอุณหภูมิ 30-35 °C และสาหร่ายวุ้น *G. coronopifolia* มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันดีในช่วงอุณหภูมิ 25-30 °C และมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันสูงสุดในที่อุณหภูมิ 30 °C Lapointe *et al.* (1994) รายงานว่า สาหร่ายวุ้น *Gracilaria tikvahiae* มีอัตราการเจริญเติบโตดี ที่อุณหภูมิ 25 °C และสามารถดูดซับไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น Chirapart and Lewmanomont (2004) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* และ *G. tenuistipitata* ในบ่อดินธรรมชาติ โดยใช้ น้ำที่จากการเลี้ยงกุ้ง พบว่าสาหร่ายวุ้นทั้งสองชนิดมีอัตราการเจริญเติบโตแปรปรวนตลอดทั้งปีขึ้นอยู่กับฤดูกาล และมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30 °C และอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิลดลง Hurtado-Ponce and Umezaki (1987) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *G. verrucosa* ระยะเตตราสปอร์ไรต์ไฟต์ในขวดรูปชมพู่ ผลการทดลอง

พบว่า บริเวณส่วนยอดของทลัสมีอัตราการเจริญสูงสุด ที่อุณหภูมิ 25 °C และบริเวณส่วนกลางและส่วนฐานของทลัสมีการเจริญสูงสุด ที่อุณหภูมิ 30 °C Friedlander *et al.* (1987) รายงานว่า ระดับอุณหภูมิต่ำเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria* ซึ่งในประเทศอิสราเอล สาหร่ายวุ้น *Gracilaria conferta* มีอัตราการเจริญเติบโตค่อยๆ ลดลงในฤดูหนาว ที่อุณหภูมิ 13°C และเพิ่มสูงขึ้นในฤดูร้อน ที่อุณหภูมิ 31°C และไม่เพียงแต่อุณหภูมิเท่านั้นที่เป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria* อุณหภูมิสูงยังเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria* เช่นกัน Wang *et al.* (1984) รายงานว่าจากการสำรวจการแพร่กระจายของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria verrucosa* ที่เจริญเติบโตในเขต Shantou ของประเทศจีน พบว่า ไม่พบสาหร่ายวุ้น *G. verrucosa* เมื่ออุณหภูมิน้ำสูงเกินกว่า 30 °C Dawes (1981) รายงานว่าสาหร่ายวุ้น *G. verrucosa* มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด ที่อุณหภูมิ 30 °C

การเคลื่อนที่ของน้ำ มีผลต่อกระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซ (CO₂ และ N₂) และสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำกับสาหร่าย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับชั้น boundary layer โดยที่ เมื่อชั้น boundary layer มีความหนามาก จะส่งผลไปขัดขวางปริมาณแสงที่ส่องลงน้ำถึงสาหร่าย การแลกเปลี่ยนก๊าซและสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำกับสาหร่าย ดังนั้นเมื่อชั้น boundary layer บาง จึงทำให้มีปริมาณแสงส่องลงน้ำถึงสาหร่ายเพื่อการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น และเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซและสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำกับสาหร่ายได้มากขึ้น ซึ่งมีผลต่อการเจริญของสาหร่าย การเคลื่อนที่ของน้ำยังมีผลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่าย เนื่องจาก สาหร่ายที่เจริญในบริเวณที่มีคลื่นลมแรง สาหร่ายต้องมีการปรับตัวทางสัณฐานวิทยาเพื่อการอยู่รอดโดยลดรูปทลัสให้มีขนาดเล็กลง เพื่อเป็นการลดความเครียดจากแรงลากที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำ นอกจากนี้การเคลื่อนที่ของน้ำ มีผลทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของดินตะกอน (sediment) จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ซึ่งเป็นอันตรายต่อสาหร่าย (Lobban and Harrison, 1994)

Ryder *et al.* (2004) รายงานว่าการเคลื่อนที่ของน้ำส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาสปอร์ของสาหร่าย และทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria parvispora* ในแทงก์และทะเลสาบน้ำตื้น พบว่าการเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *G. parvispora* ในแทงก์มีอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 2.8% ถึง 8.9% ต่อวัน ที่อัตราความเร็วน้ำ 13.7 cm s⁻¹ และการเลี้ยงในทะเลสาบน้ำตื้นสาหร่ายวุ้น *G. parvispora* มีอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 0.02% ถึง 10.3% ต่อวัน ที่อัตราความเร็วน้ำระหว่าง 3.6

และ 11.6 cm s^{-1} Glenn *et al.* (1999) รายงานว่าสาหร่ายวุ้น *Gracilaria parvispora* ที่เจริญบนโขดหินมีผลผลิตมวลชีวภาพในเดือนตุลาคมอยู่ในช่วง 0.01 ถึง 25.87 กรัม ที่อัตราการเติบโตรวดเร็วในช่วง 9.8 ถึง 12.1 cm s^{-1} และในเดือนมีนาคมอยู่ในช่วง 0.00 ถึง 9.09 กรัม ที่อัตราการเติบโตรวดเร็วในช่วง 7.2 ถึง 12.2 cm s^{-1} และในเดือนพฤษภาคมอยู่ในช่วง 0.00 ถึง 3.19 กรัม ที่อัตราการเติบโตรวดเร็วในช่วง 6.6 ถึง 12.4 cm s^{-1} Glenn *et al.* (1998) รายงานว่าสาหร่ายวุ้น *Gracilaria parvispora* ที่เลี้ยงในกระชังลอย พบว่า สาหร่ายวุ้น *G. parvispora* มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงประมาณ 4-6% ต่อวัน ที่อัตราการเติบโตรวดเร็วในช่วง $4-14 \text{ cm s}^{-1}$

6.2 ปัจจัยทางเคมี

ความเค็ม มีผลต่อกระบวนการ osmosis ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสาหร่าย ในช่วงที่ความเค็มเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยที่เมื่อความเค็มของน้ำทะเลลดลง ทำให้ water potential ในน้ำทะเลสูงกว่าภายในเซลล์สาหร่าย ทำให้สาหร่ายได้รับความเครียด ส่งผลให้เซลล์ของสาหร่ายมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำภายนอกแพร่เข้าเซลล์ และเซลล์เต่ง หลังจากนั้นเกิดการสูญเสีย ion และ organic solutes ของสาหร่ายออกนอกเซลล์ และเยื่อหุ้มเซลล์ เอนไซม์ และอวกานเนลล์ถูกทำลาย ตรงข้ามกับเมื่อความเค็มของน้ำทะเลเพิ่มขึ้น ทำให้ water potential ในน้ำทะเลต่ำกว่าภายในเซลล์สาหร่าย ทำให้สาหร่ายได้รับความเครียด เกิดการสูญเสียน้ำ และไอออนของสาหร่ายออกนอกเซลล์ แต่ถ้าเกิดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์สาหร่ายมากเกินไปจะทำให้เซลล์เหี่ยว เยื่อหุ้มเซลล์ เอนไซม์ และอวกานเนลล์ถูกทำลาย ตัวอย่างเช่น สาหร่ายที่เจริญในบริเวณ intertidal zone เมื่อน้ำลงสาหร่ายมีโอกาสสัมผัสกับอากาศ (desiccation) และเกิดความเครียดขึ้น เนื่องจากน้ำระเหยออกจากเซลล์สาหร่ายมาก ทำให้เซลล์เหี่ยว และส่งผลให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายหยุดชะงัก (Lobban and Harrison, 1994)

Chirapart and Lewmanomont (2004) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* และ *G. tenuistipitata* ในบ่อดินธรรมชาติ โดยใช้ น้ำที่ทำการเลี้ยงกุ้ง พบว่าสาหร่ายวุ้นทั้งสองชนิดมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง เมื่อความเค็มน้ำทะเลสูงเกิน 45 ‰ และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดในช่วงฤดูฝน ซึ่งความเค็มน้ำทะเลอยู่ในช่วง 20-30 ‰ Daugherty and Bird (1988) รายงานว่า การเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria verrucosa* ที่ระดับความเค็ม 17 ‰ มีผลทำให้กำลังผลิตเบื้องต้นของสาหร่ายวุ้นและความแข็งแรงของวุ้นดีที่สุด Dawes (1981) รายงานว่า สาหร่ายวุ้น *Gracilaria verrucosa* ที่เจริญใน salt

marsh สามารถทนต่อความเค็มได้ในช่วงตั้งแต่ 0–15 ‰ และ 15-30 ‰ สำหรับสาหร่ายวุ้น *G. verrucosa* ที่เจริญในบริเวณป่าชายเลน Ugarte and Santelices (1992) รายงานว่าการเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria chilensis* ในแทงก์กลางแจ้ง พบว่า การเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *G. chilensis* ที่ระดับความเค็ม 25 ‰ มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงที่ความเค็ม 35 ‰ กาญจนภานุ และคณะ (2536) รายงานว่า สาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* มีอัตราการเจริญเติบโตสูงประมาณ 30% ต่อสัปดาห์ และสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงกว้าง ตั้งแต่ 10-30 ‰

สารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จัดได้ว่าเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย เพราะว่า ไนโตรเจนมีหน้าที่เป็นสารประกอบที่สำคัญในการสังเคราะห์ amino acid amines และ protein ส่วนฟอสฟอรัส มีหน้าที่เป็น energy transfer เช่น ATP GTP nucleic acid และ phospholipid เป็นต้น นอกจากนี้แล้วยังมีธาตุชนิดอื่นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย เช่น โปแทสเซียมทำหน้าที่ควบคุม osmosis และ pH ภายในเซลล์ แคลเซียมมีหน้าที่เป็นโครงสร้างของสาหร่าย (calcium carbonate) เป็นเอนไซม์และโคเอนไซม์ แมกนีเซียมมีหน้าที่เป็นส่วนประกอบของรงควัตถุคลอโรฟิลล์ ช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซัลเฟอร์มีหน้าที่เป็นโครงสร้างวุ้น เป็นเอนไซม์และโคเอนไซม์ เหล็กทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบของ ferredoxin cytochromes ซึ่งเป็นตัวขนส่งอิเล็กตรอน (electron transport) ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ทองแดงเป็นตัวขนส่งอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง (plastocyanin) และในธรรมชาติ สาหร่ายสามารถนำสารอาหารเข้าเซลล์เพื่อการเจริญขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย และปัจจัยสิ่งแวดล้อมซึ่งประกอบไปด้วย ปัจจัยทางกายภาพ (แสง อุณหภูมิ และการเคลื่อนที่ของน้ำ) ปัจจัยทางเคมี (ความเค็ม) ปัจจัยทางชีวภาพ (ชนิดของสาหร่าย ชนิดของเนื้อเยื่อ อายุ และอัตราส่วนของพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตร (surface-area : volum ratio)) (Lobban and Harrison, 1994)

Nelson *et al.* (2001) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria parvispora* ในคลองส่งน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง และในกระชังลอย ในฮาวาย พบว่า สาหร่ายวุ้น *G. parvispora* ดูดซับปริมาณสารอาหารฟอสเฟต $1.5-7.8 \text{ mmol m}^{-3}$ ไนเตรต $0.1-12.7 \text{ mmol m}^{-3}$ และแอมโมเนีย $2.1-20.8 \text{ mmol m}^{-3}$ Neori *et al.* (2000) ทดลองระบบการเลี้ยงร่วมระหว่าง ปลา สาหร่ายทะเล และหอยเป่าฮือ อย่างยั่งยืน พบว่า ผลผลิตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria conferta* มีผลผลิตสะสมอยู่ในช่วง 1-10 กิโลกรัม ที่ระดับปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 10-16 μM Larned (1998) ทดลองเปรียบเทียบปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโต

ของไนโตรเจนและฟอสเฟต ต่อสาหร่ายทะเลที่เจริญในแนวหินปะการัง พบว่า สาหร่ายวุ้น *Gracilaria salicornia* มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะอยู่ในช่วง -0.0025 ถึง $0.005 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ที่ระดับปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟตอยู่ในช่วง $0.00-0.04 \text{ }\mu\text{M}$ และ $0.00-0.01 \text{ }\mu\text{M}$ ตามลำดับ Martinez-Goss and Friedlander (1999) รายงานว่าสาหร่ายวุ้น *Gracilaria tenuistipitata* ที่เลี้ยงในแทงก์ขนาดความจุ 40 ลิตร กลางแจ้ง พบว่า สาหร่ายวุ้น *G. tenuistipitata* มีอัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างสังเกตได้ชัด เมื่อได้รับแสงและสารอาหารเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีปริมาณฟอสเฟตเท่ากับ 0.2 mM PO_4^{2-} และแอมโมเนียเท่ากับ 2.0 mM NH_4^+ Ugarte and Santelices (1992) รายงานว่า ผลผลิตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria chilensis* ขึ้นแปรตามฤดูกาล โดยฤดูหนาวเป็นช่วงที่ผลผลิตต่ำ ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟตที่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นเท่ากับ $0.4 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ และ $0.04 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ตามลำดับ และในฤดูร้อนเป็นช่วงที่ผลผลิตสูง ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟตที่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น ควรเพิ่มเป็น 2 เท่าของฤดูหนาว

6.3 ปัจจัยทางชีวภาพ

กลุ่มอิมโฟไฟท์ที่เกาะบนทลัสสาหร่าย ทำให้เกิดการแก่งแย่ง สารอาหาร แสง และพื้นที่ยึดเกาะ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสาหร่ายแบบแข่งขัน (competition) และมีผลทำให้การเจริญของสาหร่ายลดลง เนื่องจากได้รับสารอาหารและแสงเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงลดลง แต่ในสาหร่ายบางกลุ่มมีการสร้างสารเคมี หรือสารเมือก ออกมาเคลือบผิวชั้นนอกเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของ epiphyte นอกจากนี้สัตว์ที่เป็น herbivore มักทำลายสาหร่ายโดยแทะเล็ม (grazing) ซึ่งมีส่วนทำลายการสืบพันธุ์ของสาหร่าย โดยที่ลักษณะและตำแหน่งของสาหร่ายที่ถูกทำลายขึ้นอยู่กับชนิดของ grazer ดังนั้นสาหร่ายมีการหลีกเลี่ยงผลกระทบจาก grazer ได้โดยผลิตสารพิษหรือสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดไปขัดขวาง หรือสร้างหินปูนสะสมที่ผนังเซลล์ (Lobban and Harrison, 1994)

Friedlander *et al.* (1996) รายงานว่าปัญหาในการเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria conferta* ในบ่อดิน คือการเกิด epiphyte เช่น สาหร่าย *Ulva lactuca* และ *Enteromorpha compressa* ซึ่งเจริญเกาะบนทลัสสาหร่ายวุ้น ทำให้เกิดการแก่งแย่ง แสง สารอาหาร และได้รับผลกระทบจากการปล่อยสารเคมี และ grazer ที่เป็นโคฟีพอดมีผลทำให้ผลผลิตสาหร่ายวุ้นลดลง Buschmam *et al.* (2001) รายงานว่า ปัญหาของการเลี้ยงสาหร่ายวุ้นในประเทศชิลี คือ การเกิด epiphyte เกาะบนทลัสสาหร่ายวุ้น มีผลทำ

ให้การเจริญเติบโตลดลง และมูลค่าของสาหร่ายวันลดลง Chirapart and Lewmanomont (2004) รายงานว่าปัญหาการเลี้ยงสาหร่ายวัน *Gracilaria fisheri* และ *G. tenuistipitata* คือ เกิด epiphyte เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Lyngbya majuscula* สาหร่ายสีเขียว *Enteromorpha clathrata* *Chaetomorpha crassa* และ *Cladophora prolifera* ซึ่งเจริญเกี่ยวพันกับสาหร่ายวัน ทำให้สาหร่ายวันลอยขึ้นมาบริเวณผิวน้ำ และถูกทำลายเมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิสูงในฤดูร้อน

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมดังที่กล่าวมาข้างต้น มีผลกระทบต่อการเจริญของสาหร่ายทั้งเชิงบวกและลบแตกต่างกันขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย ดังนั้นการเพาะเลี้ยงสาหร่าย จำเป็นต้องศึกษาหาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญของสาหร่าย เพื่อหาสภาวะที่สมดุลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างสาหร่ายรูน *Gracilaria fisheri* รวบรวมจากบริเวณทะเลสาบสงขลา และอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี และปลากะพงขาวจำนวน 45 ตัว
2. บ่อทดลอง : บ่อซีเมนต์ขนาดความจุ 1 ตัน จำนวน 24 บ่อ
3. ท่อ PVC เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว
4. กระเบื้องปิดปากบ่อซีเมนต์ จำนวน 60 แผ่น
5. ตะกร้าพลาสติกขนาด 1 x 1.5 x 0.5 ฟุต จำนวน 18 ตะกร้า
6. หลักไม้ไผ่ยาว 80 เซนติเมตร
7. เครื่องชั่งขนาด 1 กิโลกรัม
8. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดแอลกอฮอล์
9. เครื่องวัดความเค็ม (Refracto-salinometer) รุ่น ATAGO S/Mill-E Salinity 0 ~ 100
10. เครื่องวัดระดับ pH (pH meter model HI 98107)
11. เครื่องวัดความเข้มแสง lux meter และ quantum meter data logger LI-1000
12. Dissolved oxygen meter YSI model 5000 และ ขวด BOD. จำนวน 18 ขวด
13. เครื่อง spectrophotometer HACH รุ่น DR 2010 และ รุ่น SHIMADZU UV – 160A
14. อุปกรณ์เครื่องแก้วและสารเคมี เพื่อการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามวิธีของ APHA, AWWA and WPCF (1980)
15. อุปกรณ์เครื่องแก้วและสารเคมี เพื่อการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อเยื่อสาหร่าย (proximate composition) ตามวิธีของ A.O.A.C. (1984)
16. อุปกรณ์เครื่องแก้วและสารเคมี เพื่อการวิเคราะห์หาปริมาณ Chlorophyll และ r-phycoerythrin ตามวิธีของ Mackinney (1941) และ MacColl and Guard-Friar (1987)
17. อุปกรณ์เครื่องแก้วและสารเคมี เพื่อการวิเคราะห์หา C : N ratio ตามวิธีของทศนีย์ และคณะ (2537); ศรีทิพย์ และคณะ (2535)

วิธีการ

1. การเตรียมสาหร่ายวุ้น

ตัวอย่างสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* (ภาพที่ 2) รวบรวมจากบริเวณทะเลสาบสงขลา และอ่าวปัตตานี นำมาพักเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ เพื่อปรับสภาพตัวอย่าง ก่อนการทดลอง ที่สถานีวิจัยประมงสมุทรสงคราม คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเตรียมปลากะพงขาว *Lates calcalifer* (Bloch)

ลูกปลากะพงขาว (ภาพที่ 3) ขนาด 4 เซนติเมตร ทำการอนุบาลในกระชังให้มีความยาวเฉลี่ย 10-12 เซนติเมตร โดยใช้อาหารเป็นปลาข้างเหลืองสับละเอียด และปรับสภาพลูกปลาให้อยู่ในน้ำเค็มประมาณ 20% เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนนำมาใช้ในการทดลอง ชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของปลา ก่อนปล่อยเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 1 ตัน

3. การเตรียมบ่อซีเมนต์ขนาด 1 ตัน (ภาพที่ 4)

ทำความสะอาด บ่อซีเมนต์ขนาด 1 ตันจำนวน 24 บ่อ และปรับปรุงระบบให้อากาศ โดยให้อากาศไหลผ่านท่อพีวีซีที่ติดไว้พื้นบ่อ ก่อนทดลองเลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates calcalifer*) และสาหร่ายวุ้น *G. fisheri*

4. การเลี้ยงปลากะพงขาวและสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ในบ่อซีเมนต์

ลูกปลากะพงขาวขนาด 10-12 เซนติเมตร ถูกเลี้ยงด้วยปลาข้างเหลืองหั่นเป็นชิ้นวันละ 1 ครั้ง และสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* เลี้ยงในตะกร้าพลาสติกขนาด 1 x 1.5 x 0.5 ฟุต ปิดปากด้วยเชือกฝางสานเป็นตาข่าย ซึ่งตะกร้า 1 ใบ บรรจุสาหร่ายน้ำหนัก 500 กรัม หลังจากนั้นวางตะกร้าลงในบ่อซีเมนต์ โดยวางบนราวไม้ไผ่ซึ่งสูงจากพื้นบ่อประมาณ 40 เซนติเมตร และระดับน้ำทะเลในบ่อซีเมนต์ลึก 80 เซนติเมตร และใช้กระบะเปิดปากบ่อซีเมนต์ เพื่อพรางแสง ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 บ่อซีเมนต์ขนาดความจุ 1 ตันจำนวน 24 บ่อ ที่ใช้ในการทดลอง

5. แผนการทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ในบ่อซีเมนต์

การทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้นครั้งนี้ เพื่อศึกษาผลกระทบของระบบการเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลาชะพงขาว (*Lates calcarifer*) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองดังนี้

การทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เลี้ยงสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ด้วยน้ำทะเลธรรมชาติจากคลองส่งน้ำ

การทดลองชุดที่ 2 เลี้ยงสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ด้วยน้ำที่ทำการเลี้ยงปลาชะพงขาวความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ตารางเมตร

การทดลองชุดที่ 3 เลี้ยงสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ด้วยน้ำที่ทำการเลี้ยงปลาชะพงขาวความหนาแน่น 10 ตัว ต่อ ตารางเมตร

6. ระบบการทดลองเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลากะพงขาว (ควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด) ในบ่อซีเมนต์

ระบบการเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลากะพงขาวประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 บ่อเลี้ยงปลากะพงขาวแบบหนาแน่น (intensive culture) บ่อซีเมนต์ขนาดความจุ 1 ตัน จำนวน 6 บ่อใช้เลี้ยงปลาในแต่ละการทดลองชุดที่ 2 และ 3 โดยระดับน้ำทะเลสูงประมาณ 80 เซนติเมตร และควบคุมความเค็มให้อยู่ในช่วง 20-30 ‰ มีการให้อาากาสตลอดเวลา และน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาจะถูกปล่อยเข้าสู่ส่วนที่ 2

ส่วนที่ 2 บ่อพักน้ำที่มาจากบ่อเลี้ยงปลา บ่อซีเมนต์ขนาดความจุ 1 ตัน จำนวน 6 บ่อภายในบ่อเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว *Enteromorpha* และ *Cladophora* เพื่อช่วยลดปริมาณสารอาหารในน้ำทะเลที่มากเกินไปจากส่วนที่ 1 และเพื่อป้องกันการเกิดแพลงก์ตอนพืชบลูมของน้ำทะเลจากส่วนที่ 1 และติดตั้งระบบให้อากาศ เพื่อรักษาระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ hardness และ alkalinity ของน้ำทะเล ก่อนนำน้ำทะเลนี้มาใช้เลี้ยงสาหร่ายวัน

ส่วนที่ 3 บ่อเลี้ยงสาหร่ายวัน *G. fisheri* บ่อซีเมนต์ขนาดความจุ 1 ตัน จำนวน 6 บ่อใช้เลี้ยงสาหร่ายวันในแต่ละการทดลองชุดที่ 2 และ 3 โดยระดับน้ำทะเลสูงประมาณ 80 เซนติเมตร และควบคุมความเค็มให้อยู่ในช่วง 20-30 ‰ มีการให้อาากาสตลอดเวลา ผ่านท่อพีวีซีที่ติดไว้กับพื้นบ่อซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้วและถูกเจาะรูเป็นแนวระนาบห่างกันประมาณ 10 เซนติเมตร และน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายวันจะถูกหมุนเวียนกลับเข้าสู่ส่วนที่ 1

ส่วนที่ 4 บ่อเลี้ยงสาหร่ายวัน *G. fisheri* (การทดลองชุดควบคุม) บ่อซีเมนต์ขนาดความจุ 1 ตัน จำนวน 3 บ่อใช้เลี้ยงสาหร่ายวันในการทดลองชุดควบคุม โดยระดับน้ำทะเลสูงประมาณ 80 เซนติเมตร และควบคุมความเค็มให้อยู่ในช่วง 20-30 ‰ มีการให้อาากาสตลอดเวลา ผ่านท่อพีวีซีที่ติดไว้กับพื้นบ่อซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว และถูกเจาะรูเป็นแนวระนาบห่างกันประมาณ 10 เซนติเมตร มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทะเลธรรมชาติทุกๆ 7-10 วันสำหรับใช้เลี้ยงสาหร่ายวัน

ในระหว่างช่วงที่ทดลอง น้ำทะเลในระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิดทั้ง 4 ส่วน นำมาตรวจวัดคุณสมบัติน้ำทะเลทุกๆช่วง 7-10 วัน ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำทะเล

7. การตรวจวัดสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำทะเลในระบบการทดลองเลี้ยงสาหร่ายวันแบบกึ่งปิด (semi-enclosed culture) ในบ่อซีเมนต์

ระหว่างการทดลองทุกๆช่วง 7-10 วัน ตรวจวัดสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำทะเลทุกชุด การทดลอง อุณหภูมิผิวน้ำ ความเค็ม และ ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ตรวจวัดโดยใช้ alcohol thermometer, refracto-salinometer และ pH meter model HI 98107 ตามลำดับ ความเข้มแสงอากาศ และแสงใต้น้ำ ตรวจวัดโดย lux meter และ quantum meter data logger LI-1000 ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ตรวจวัดโดย dissolved oxygen meter YSI model 5000 ความขุ่นน้ำทะเล (turbidity) ตรวจวัดตามคู่มือการใช้เครื่อง spectrophotometer HACH รุ่น DR 2010 ที่ความยาวคลื่น 860 nm ปริมาณ alkalinity และ hardness ตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี sulfuric acid titrimetric method และ EDTA titrimetric method (APHA, AWWA and WPCF, 1980) ปริมาณ ammonia-N (Koroleff's Indophenol Blue method) nitrite-N (colorimetric method) nitrate-N (cadmium reduction method) และ phosphate-P (ascorbic acid method) ตรวจวิเคราะห์ตามวิธี APHA, AWWA and WPCF (1980) วิธีการตรวจวัดสมบัติน้ำทะเลได้แสดงไว้ในภาคผนวก

8. การตรวจวัดการเจริญเติบโต

สาหร่ายวันที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ นำมาตรวจวัดการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักสด ภายหลังจากการเลี้ยงทุกๆช่วง 7-10 วัน ด้วยตราชั่งขนาด 1 กิโลกรัม จากนั้นชั่งน้ำหนักกลับสู่น้ำหนักเริ่มต้นเดิม และนำสาหร่ายกลับลงเลี้ยงต่อไป และคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate) เป็นเปอร์เซ็นต์กรัมต่อวันตามสูตรสมการของ Penniman *et al.* (1986) ดังนี้

$$RGR = \{(W_t/W_0)^{1/t} - 1\} \times 100$$

เมื่อ RGR = relative growth rate

W_0 = น้ำหนักสดเริ่มต้น (กรัม)

W_t = น้ำหนักสดภายหลังเลี้ยงเป็นเวลา t วัน (กรัม)

t = เวลา (วัน)

9. การเก็บเกี่ยวผลผลิต

เก็บเกี่ยวผลผลิตสาหร่ายเป็นน้ำหนักสดทุกๆช่วง 7-10 วัน จากนั้นชั่งน้ำหนักกลับสู่น้ำหนักเริ่มต้นเดิมและนำกลับลงเลี้ยงต่อไป ผลผลิตสาหร่ายที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละครั้ง นำมาล้างเอาสิ่งปนเปื้อนต่างๆด้วยน้ำทะเลธรรมชาติ จากนั้นแบ่งสาหร่ายออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 สาหร่ายสดถูกทำให้แห้งและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (-20°C) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อเยื่อสาหร่าย และส่วนที่ 2 สาหร่ายสดอีกส่วนหนึ่งถูกเก็บรักษาไว้ในที่มืดและอุณหภูมิต่ำ (-20°C) เพื่อการตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์และไฟโคบิลิน เป็นมิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อสาหร่าย

10. การตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์และไฟโคบิลิน

ตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์และไฟโคบิลิน โดยวิธี colorimetric ด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV-160A ภายหลังทำให้เซลล์แตกและสกัดเม็ดสีด้วย acetone สำหรับคลอโรฟิลล์ตามวิธีของ Mackinney (1941) และด้วยน้ำกลั่นสำหรับไฟโคบิลินตามวิธีของ MacColl and Guard-Friar (1987) วิธีการวิเคราะห์ที่ได้แสดงไว้ในภาคผนวก

สูตรคำนวณหา chlorophyll (Mackinney, 1941)

$$\text{Chlorophyll (มิลลิกรัมคลอโรฟิลล์ทั้งหมดต่อน้ำหนักสาหร่าย)} = \frac{D_{625} * 1,000}{34.5} \times \frac{V}{1,000 * W}$$

เมื่อ D = ค่า optical density ที่อ่านได้แต่ละช่วงคลื่นแสง

V = ปริมาตรสุดท้ายของ acetone ที่ใช้สกัด (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักสดของสาหร่ายที่นำมาสกัด (กรัม)

สูตรคำนวณหา r – phycoerythrin (MacColl and Guard-Friar, 1987)

$$r - \text{phycoerythrin} = 0.0138A_{650} - 0.0715 A_{615} + 0.122 A_{565}$$

เมื่อ A = ค่า optical density ที่อ่านได้แต่ละช่วงคลื่นแสง

11. การวิเคราะห์หาค่าประกอบทางเคมีในสาหร่ายวุ้น (proximate composition)

วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของโปรตีน (protein) ไขมัน (lipid) เถ้า (ash) ความชื้น (moisture) และไฟเบอร์ (fiber) โดยวิธีของ A.O.A.C. (1984) และคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) โดยการคำนวณตามวิธีของอรพินท์ (2537) วิธีวิเคราะห์ได้แสดงในภาคผนวก

12. การตรวจสอบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ในเนื้อเยื่อสาหร่ายวัน

นำตัวอย่างสาหร่ายวัน มาล้างทำความสะอาดและล้างเกลือและสิ่งสกปรกปนเปื้อนที่ยังตกค้างอยู่ด้วยน้ำจืดนานประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วตากให้แห้งเพื่อนำไปวิเคราะห์หา C:N ratio โดยวิธีของทสไนซ์ และคณะ (2537); สรสิทธิ์ และคณะ (2535) ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก

13. แผนการดำเนินการทดลอง

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินการทดลองภาคสนาม และการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ลำดับ เวลา	2547	2548
	เม.ย. พ.ค. มิ.ย. ก.ค. ส.ค. ก.ย. ต.ค. พ.ย. ธ.ค. ม.ค. ก.พ. มี.ค. เม.ย. พ.ค. ก.ค.	
1. การเตรียมบ่อซีเมนต์ สำหรับยว้น และ ปลากระพงขาว	↔	
2. การทดลองภาคสนาม		
- เก็บเกี่ยวผลผลิตและ ตรวจวัดอัตราการเจริญ เติบโตสัมพัทธ์	↔	
- ตรวจวัดสมบัติดินน้ำทะเล	↔	
3. การศึกษาในห้องปฏิบัติ การ วิเคราะห์ปริมาณ		
- คลอโรฟิลล์ และไฟโค อิริทริน		↔
- องค์ประกอบทางเคมี ในสาหร่ายยว้น		↔

14. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ที่เลี้ยงภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด กลางแจ้งครั้งนี้ เป็นการทดลองแบบสุ่ม และทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโต สัมพัทธ์ของสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ด้วยวิธี t-test แบบสองทาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และหาค่า สหสัมพันธ์ (correlation) ของอัตราส่วนความหนาแน่นของปลากะพงขาวต่อการเจริญของสาหร่ายวุ้น ตามวิธีของเพียร์สัน (ยูท, 2546)

ระยะเวลาและสถานที่ในการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 เป็นระยะเวลา 28 สัปดาห์ ณ สถานีวิจัยสมุทรสงคราม คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิเคราะห์ตัวอย่าง ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายและพรรณไม้น้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนกรกฎาคม 2548

ผลการทดลอง

1. สมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายวุ้นในบ่อซีเมนต์ขนาด 1 ตัน ภายใต้ระบบ ควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด (ตารางผนวกที่ 1 - 33)

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ในบ่อเลี้ยงสาหร่ายระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนธันวาคม 2547 ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) ใช้น้ำทะเลธรรมชาติเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* พบว่าอุณหภูมิที่บริเวณผิวน้ำอยู่ในช่วง 24 – 32 °C ความเค็มเปลี่ยนแปลงระหว่าง 19 - 28 ‰ ความขุ่นมีการแปรผันสูงซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 176.8 NTU และ pH มีค่าแปรปรวนอยู่ในช่วง 7.0 - 9.8 โดยทั่วไปสารประกอบไนโตรเจน ได้แก่ แอมโมเนีย – ไนโตรเจน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.012 – 0.062 mg I⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.011 – 0.108 mg I⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.017 – 0.088 mg I⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) ไนเตรท – ไนโตรเจน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.001 – 0.031 mg I⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.001 – 0.035 mg I⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.003 – 0.034 mg I⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) ไนไตรท์ – ไนโตรเจน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.002 – 0.022 mg I⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.002 – 0.022 mg I⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.002 – 0.021 mg I⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และสำหรับปริมาณความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต มีค่าอยู่ในช่วง 0.001 – 0.052 mg I⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.002 – 0.023 mg I⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.001 – 0.029 mg I⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) ปริมาณความเป็นด่างของน้ำ มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 78 – 182 mg CaCO₃ I⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 78 – 184 mg CaCO₃ I⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 80 – 180 mg CaCO₃ I⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และปริมาณความกระด้างของน้ำ มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2900 – 7000 mg CaCO₃ I⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 3100 – 6900 mg CaCO₃ I⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 3000 – 6600 mg CaCO₃ I⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.)

การทดลองชุดที่ 2 ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากระพงขาวความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ตร.ม. เลี้ยง สาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* พบว่าอุณหภูมิที่บริเวณผิวน้ำอยู่ในช่วง 24 - 32 °C ความเค็ม เปลี่ยนแปลงระหว่าง 17 - 31 ‰ ความขุ่นมีการผันแปรสูงซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 180.2 NTU และ pH มีค่า แปรปรวนอยู่ในช่วง 7.1 - 9.4 โดยทั่วไปสารประกอบไนโตรเจนที่ละลายน้ำมีปริมาณความเข้มข้นสูง กว่าชุดที่ 1 ซึ่งแอมโมเนีย - ไนโตรเจน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.012 - 0.172 mg l⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.011 - 0.154 mg l⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.012 - 0.292 mg l⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) ไนเตรท - ไนโตรเจน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.001 - 0.826 mg l⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.001 - 0.324 mg l⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.001 - 0.535 mg l⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) ไนไตรท์ - ไนโตรเจน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.004 - 0.193 mg l⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.004 - 0.182 mg l⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.004 - 0.234 mg l⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และสำหรับปริมาณความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต มีค่าอยู่ในช่วง 0.006 - 0.282 mg l⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.003 - 0.366 mg l⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.002 - 0.234 mg l⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) ปริมาณความเป็นด่างของน้ำมีค่า เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 86 - 186 mg CaCO₃ l⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 82 - 184 mg CaCO₃ l⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 82 - 172 mg CaCO₃ l⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และปริมาณความกระด้างของน้ำ มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2000 - 6900 mg CaCO₃ l⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 2100 - 6700 mg CaCO₃ l⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 2600 - 6900 mg CaCO₃ l⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.)

การทดลองชุดที่ 3 ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากระพงขาวความหนาแน่น 10 ตัว ต่อ ตร.ม. เลี้ยง สาหร่าย *Gracilaria fisheri* พบว่าอุณหภูมิที่บริเวณผิวน้ำอยู่ในช่วง 24 - 31 °C ความเค็มเปลี่ยนแปลง ระหว่าง 15 - 30 ‰ ความขุ่นมีการผันแปรสูงซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 176.8 NTU และ pH มีค่าแปรปรวนอยู่ ในช่วง 7.1 - 9.1 โดยทั่วไปสารประกอบไนโตรเจนที่ละลายน้ำมีปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ซึ่งแอมโมเนีย - ไนโตรเจน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.08 - 0.301 mg l⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.005 - 0.185 mg l⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.005 - 0.188 mg l⁻¹ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) ไนเตรท - ไนโตรเจน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.001 - 0.997 mg l⁻¹ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.001 - 1.018 mg l⁻¹ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ

ตร.ม.) และ $0.001 - 0.995 \text{ mg l}^{-1}$ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) ไนไตรท์ – ไนโตรเจน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง $0.005 - 0.840 \text{ mg l}^{-1}$ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) $0.003 - 0.428 \text{ mg l}^{-1}$ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ $0.004 - 0.870 \text{ mg l}^{-1}$ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และสำหรับปริมาณความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต มีค่าอยู่ในช่วง $0.005 - 0.472 \text{ mg l}^{-1}$ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) $0.003 - 0.462 \text{ mg l}^{-1}$ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ $0.005 - 0.665 \text{ mg l}^{-1}$ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) ปริมาณความเป็นด่างของน้ำมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง $82 - 200 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) $82 - 171 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ $82 - 188 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และปริมาณความกระด้างของน้ำ มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง $2300 - 7000 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) $2200 - 7000 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ $1900 - 7000 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและเคมี กับอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ SPSS (Pearson correlation) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า อุณหภูมิบริเวณผิวน้ำ ความขุ่นของน้ำ ไนไตรท์ – ไนโตรเจน และความกระด้างของน้ำ มีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตแบบไม่สมบูรณ์เชิงลบ (imperfect negative correlation) และ แอมโมเนีย- ไนโตรเจน ไนเตรท- ไนโตรเจน และความเป็นด่างของน้ำ มีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตแบบไม่สมบูรณ์เชิงบวก (imperfect positive correlation) (ตารางผนวกที่ 34 – 36)

2. อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 1 ตัน ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด (ภาพที่ 5-7)

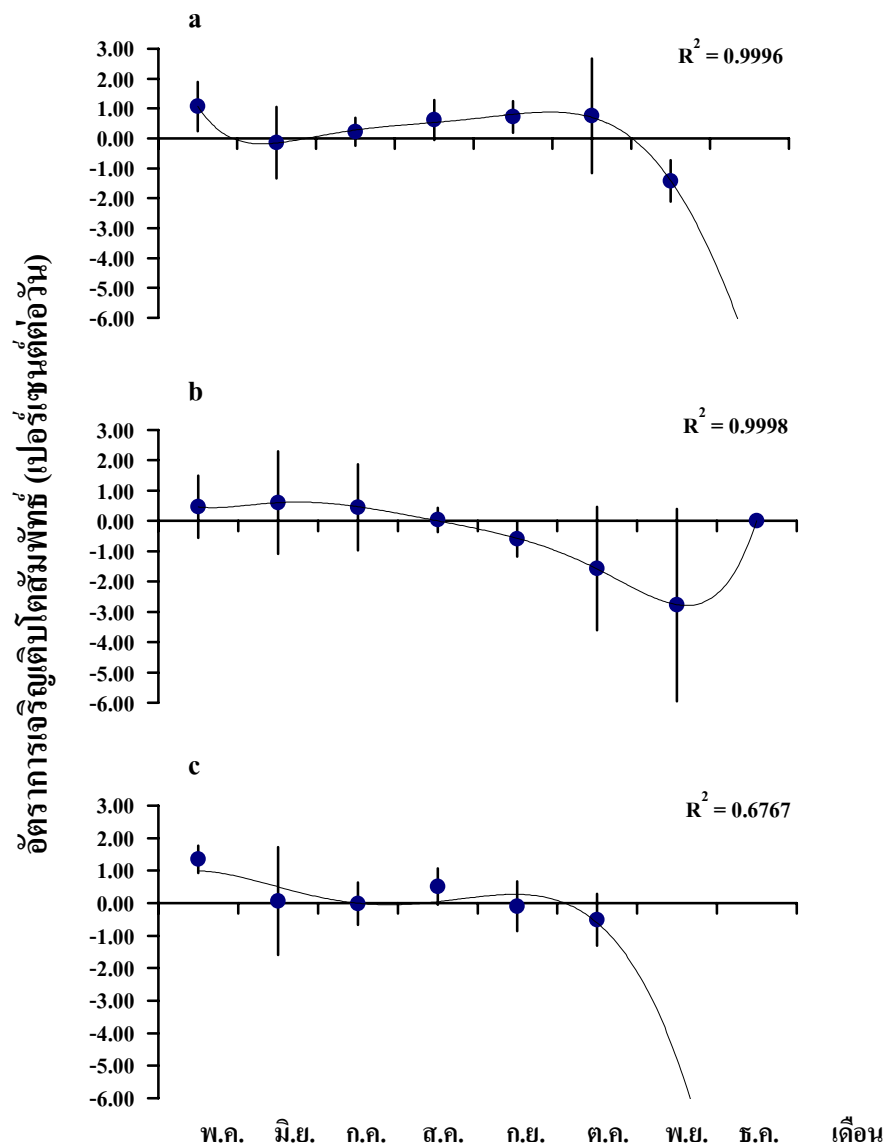
ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) ใช้น้ำทะเลธรรมชาติเลี้ยงสาหร่ายวุ้น พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตและมีค่าเท่ากับ $-0.02 \pm 1.77\%$ ต่อวัน (สาหร่าย 500 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม.) $-0.51 \pm 1.88\%$ ต่อวัน (สาหร่าย 1000 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม.) และ $0.16 \pm 0.92\%$ ต่อวัน (สาหร่าย 1500 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม.) และในการทดลองชุดที่ 2 ใช้น้ำที่ผ่านการเลี้ยงปลากระพงขาวความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ตร.ม.เลี้ยงสาหร่ายวุ้น พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงได้ โดยทั่วไปมีค่าสูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในชุดที่ 1 เมื่อเลี้ยงที่ความหนาแน่น 500 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม. ($0.58 \pm 1.42\%$ ต่อวัน) และ 1000 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม. ($-0.14 \pm 1.49\%$ ต่อวัน) ตามลำดับ ตรงข้ามกับเมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 1500 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม. มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ $-0.16 \pm 1.53\%$ ต่อวัน ซึ่งต่ำกว่าชุดที่ 1 สำหรับการทดลองชุดที่ 3 ใช้น้ำที่ผ่านการเลี้ยงปลากระพงขาวความหนาแน่น 10 ตัว ต่อ ตร.ม. เลี้ยงสาหร่ายวุ้น พบว่า อัตราการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ $-0.53 \pm 2.17\%$ ต่อวัน (สาหร่าย 500 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม.) $-0.32 \pm 1.89\%$ ต่อวัน (สาหร่าย 1000 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม.) และ $-0.69 \pm 1.98\%$ ต่อวัน (สาหร่าย 1500 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม.)

ผลทดสอบความแตกต่างอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p = 0.05$

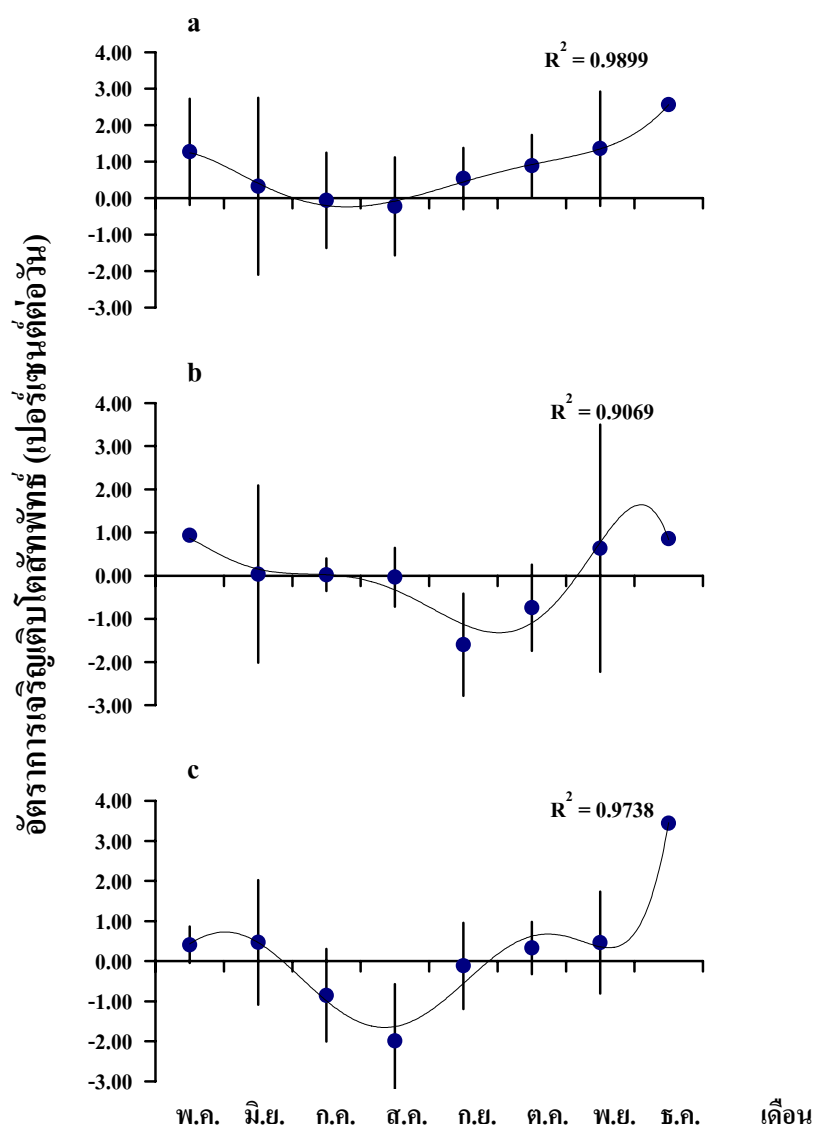
เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม. พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงได้ ในชุดการทดลองที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกับสาหร่ายที่เลี้ยงในการทดลองชุดที่ 2 และ 3 ขณะที่การทดลองชุดที่ 2 และ 3 มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน สำหรับการเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 1000 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม. พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายในชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ไม่แตกต่างกัน และการเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 1500 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม. ให้ผลตรงข้ามกับการทดลองเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม. คือ อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายในการทดลองชุดที่ 1 มีความแตกต่างกับการทดลองชุดที่ 3 ขณะที่อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายในการทดลองชุดที่ 2 ไม่แตกต่างกับการทดลองชุดที่ 3

ผลทดสอบความแตกต่างอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ภายในชุดการทดลองด้วยวิธี t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p = 0.05$

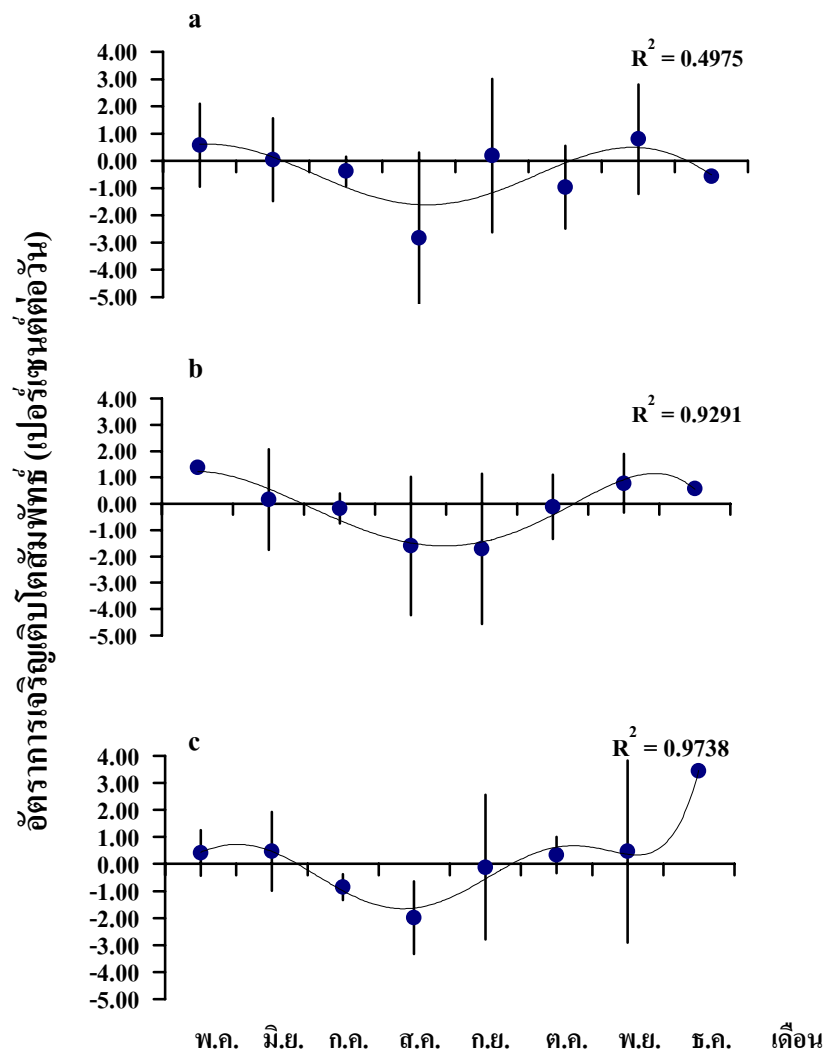
ในการทดลองชุดที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายเมื่อเลี้ยงที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม. มีความแตกต่างจากเมื่อเลี้ยงที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 1000 และ 1500 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม. ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงสาหร่ายวุ้นภายในการทดลองชุดที่ 1 และ 3 พบว่าเมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม. มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 5 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของ *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักสด ต่อตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (• หมายถึง อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย เส้นแนวโค้งแสดงค่า standard deviations และ เส้นโค้งหมายถึง fitted polynomial regression line แสดงแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโต)



ภาพที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของ *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสำหรับความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักรีด ต่อ ตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (• หมายถึงอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย และเส้นแนวตั้งแสดงค่า standard deviations และ เส้นโค้ง หมายถึง fitted polynomial regression line แสดงแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโต)



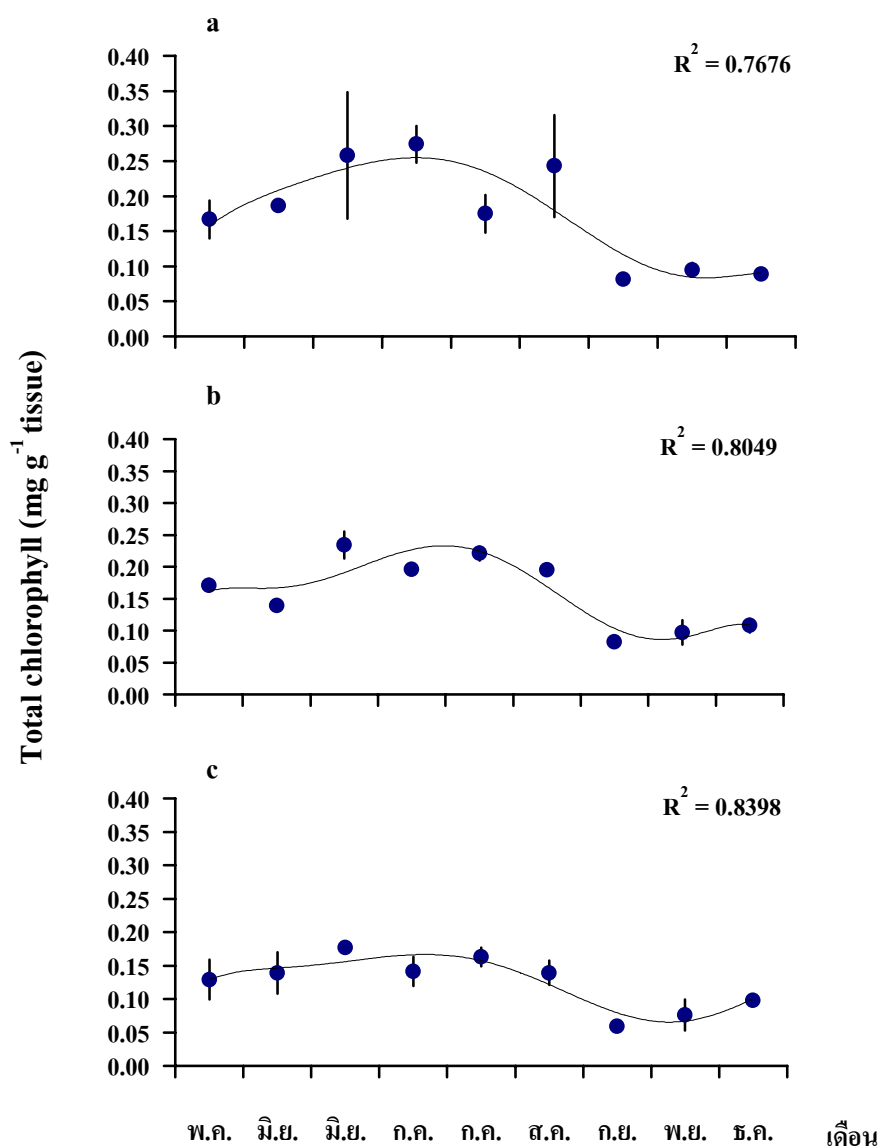
ภาพที่ 7 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของ *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่าย ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (• หมายถึงอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย และเส้นแนวดิ่ง แสดงค่า standard deviations และ เส้นโค้งหมายถึง fitted polynomial regression line แสดงแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโต)

3. ปริมาณรงควัตถุในเนื้อเยื่อของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 1 ตัน ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด (ภาพที่ 8 - 13)

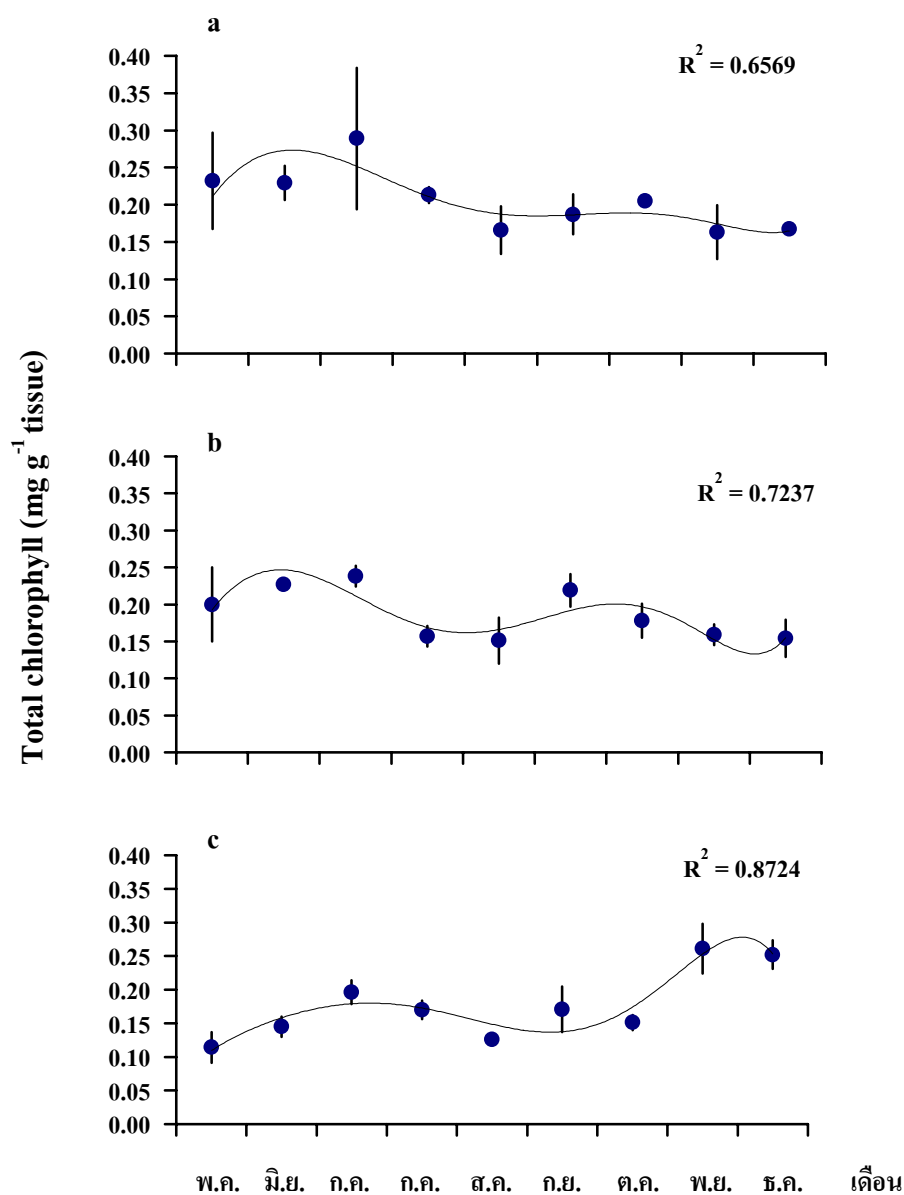
ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) สาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงได้มีปริมาณ total chlorophyll อยู่ในช่วง 0.081 – 0.274 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.082 – 0.234 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.059 – 0.177 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) ในขณะที่การทดลองชุดที่ 2 และ 3 โดยทั่วไปมีค่าสูงกว่าชุดที่ 1 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.163 – 0.289 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.151 – 0.238 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.126 – 0.261 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) สำหรับชุดการทดลองที่ 2 และมีค่าอยู่ในช่วง 0.138 – 0.246 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.110 – 0.212 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.106 – 0.236 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) สำหรับการทดลองชุดที่ 3 และปริมาณ total chlorophyll มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในทุกชุดการทดลอง เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม. เท่ากับ 0.274 ± 0.026 มิลลิกรัมต่อกรัม (ชุดการทดลองที่ 1) 0.289 ± 0.095 มิลลิกรัมต่อกรัม (ชุดการทดลองที่ 2) และ 0.246 ± 0.007 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (ชุดการทดลองที่ 3)

สาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงได้จากการทดลองชุดที่ 1 พบว่า มีปริมาณ r - phycoerythrin อยู่ในช่วง 0.0033 – 0.0060 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.0035 – 0.0070 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.0036 – 0.0068 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และมีค่าสูงสุด 0.0070 ± 0.0012 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) อย่างไรก็ตามการทดลองชุดที่ 2 และ 3 โดยทั่วไปมีค่าใกล้เคียงกับชุดที่ 1 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.0036 – 0.0097 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.0033 – 0.0079 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.0034 – 0.0066 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) ตามลำดับ และมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 0.0172 ± 0.0037 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.0015 ± 0.0001 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.0242 ± 0.0012 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) สำหรับการทดลองชุด

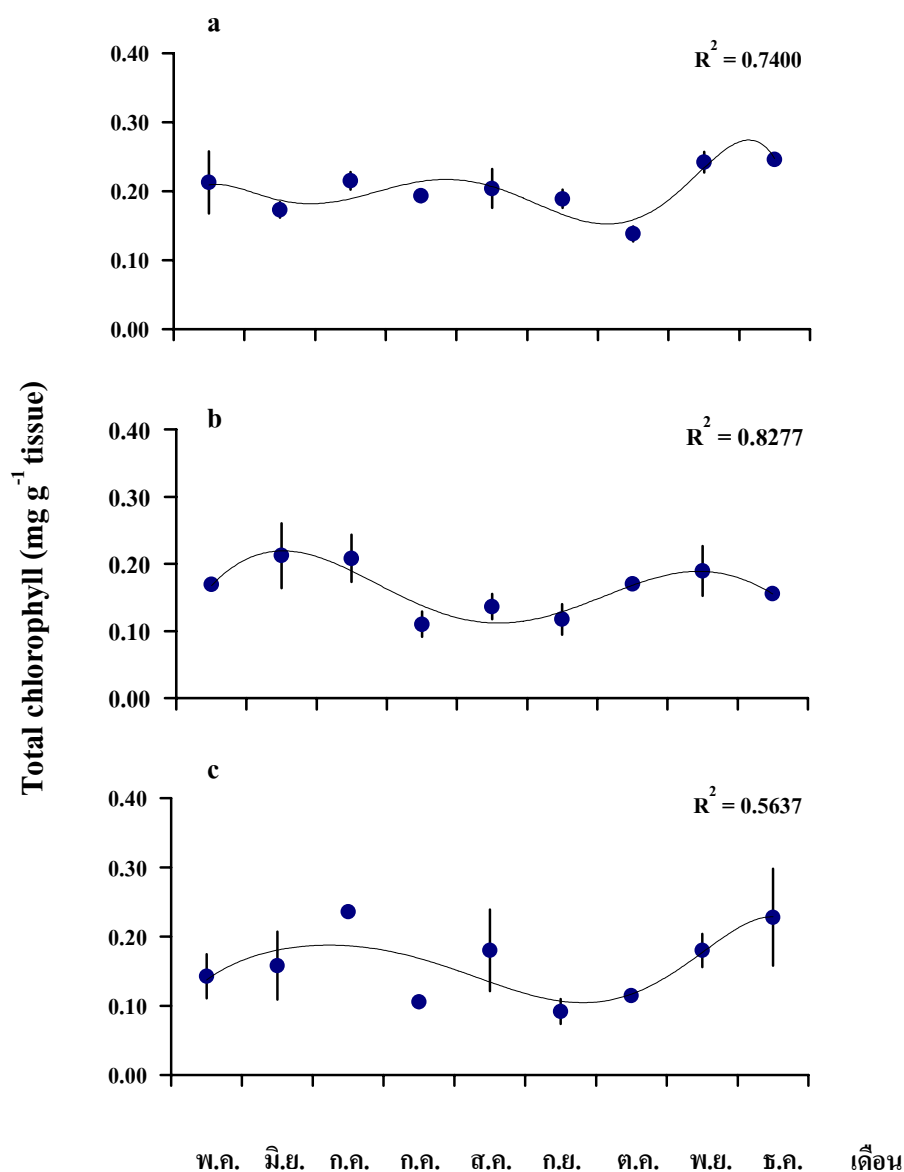
ที่ 2 ในการทดลองชุดที่ 3 มีปริมาณ r - phycoerythrin อยู่ในช่วง 0.0042 – 0.0167 มิลลิกรัมต่อกรัม เนื้อเยื่อ (สาหร่าย 500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.0043 – 0.0134 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1000 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.0030 – 0.0139 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และมีปริมาณสูงสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 0.0263 ± 0.0013 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สำหรับสาหร่าย 500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.0157 ± 0.0016 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1000 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.0199 ± 0.0013 มิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อ (สาหร่าย 1500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.)



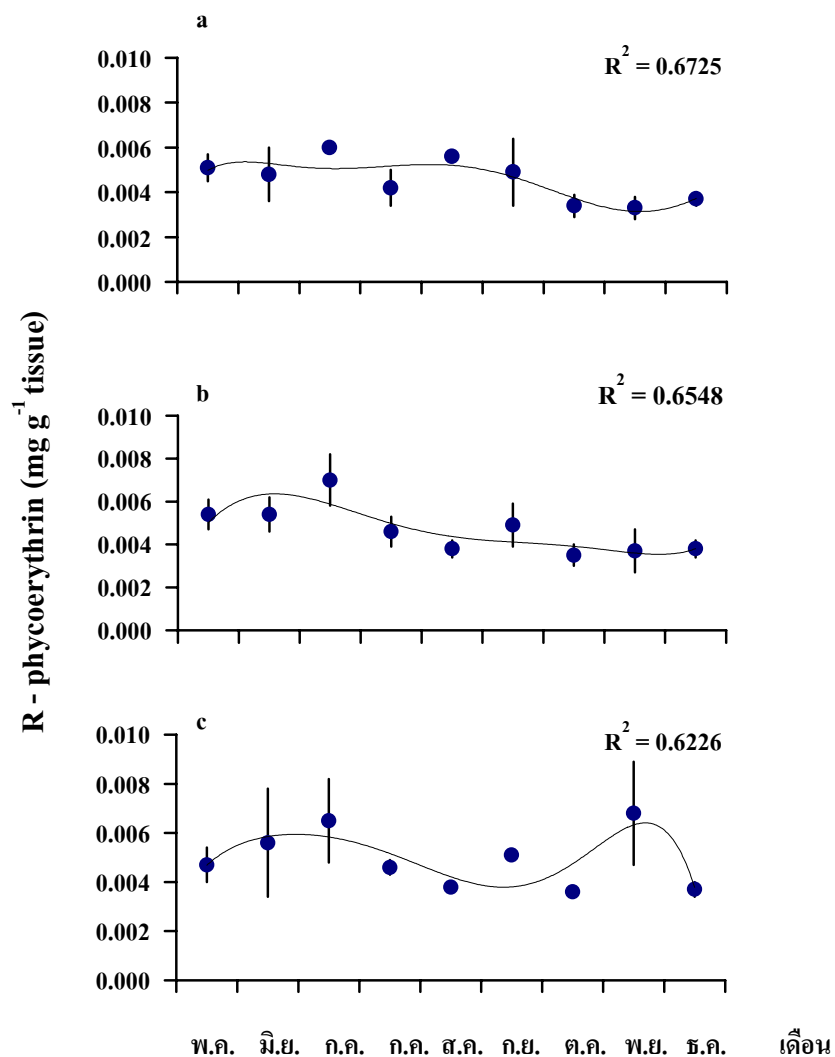
ภาพที่ 8 ปริมาณ total chlorophyll ของ *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) ใช้น้ำทะเลธรรมชาติเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (• หมายถึงปริมาณ total chlorophyll เฉลี่ย เส้นแนวโค้งแสดงค่า standard deviations และเส้นโค้งหมายถึง fitted polynomial regression line แสดงแนวโน้มของปริมาณ total chlorophyll)



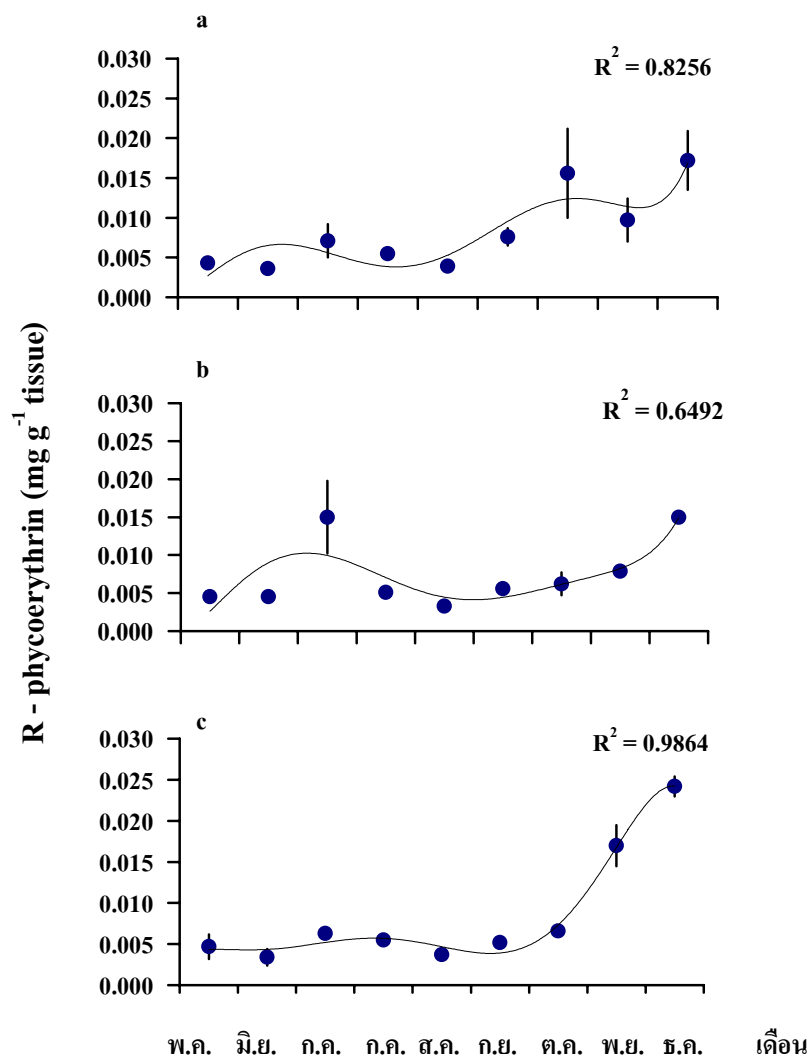
ภาพที่ 9 ปริมาณ total chlorophyll ของ *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 2 ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากะพงขาวความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ตารางเมตร เลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัมน้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (• หมายถึงปริมาณ total chlorophyll เฉลี่ย เส้นแนวดิ่งแสดงค่า standard deviations และ เส้นโค้งหมายถึง fitted polynomial regression line แสดงแนวโน้มของปริมาณ total chlorophyll)



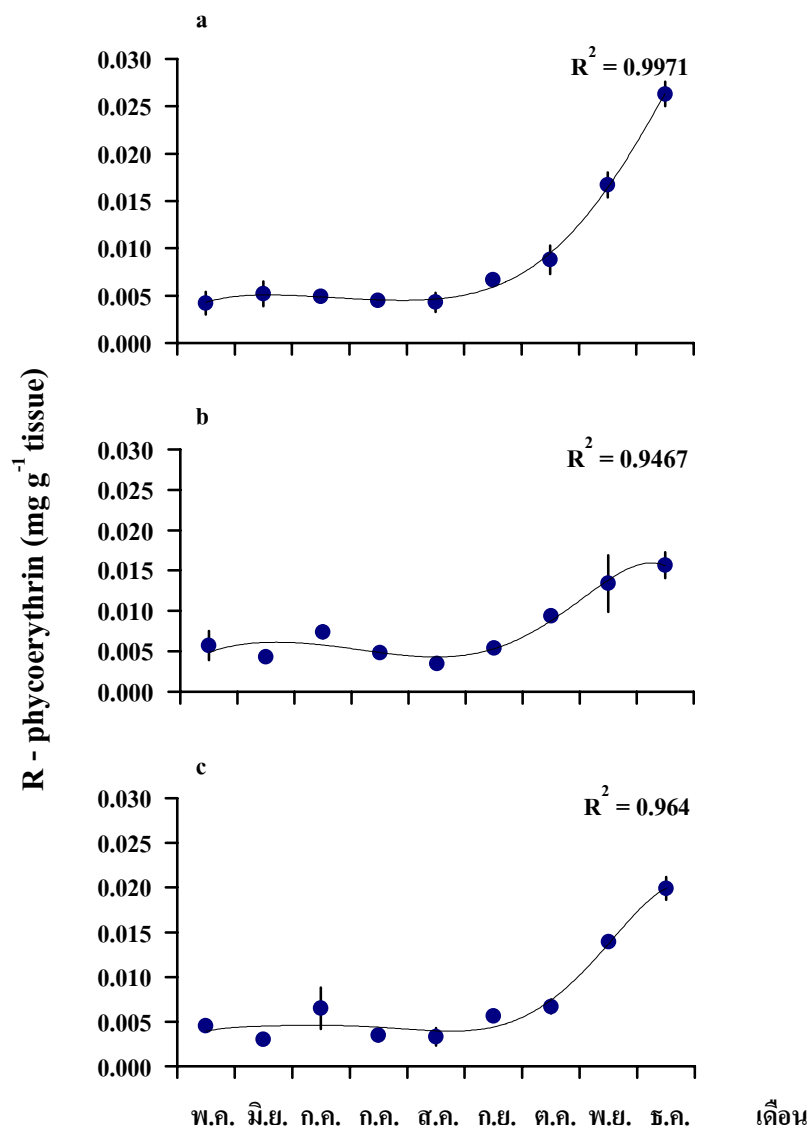
ภาพที่ 10 ปริมาณ total chlorophyll ของ *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 3 ใช้น้ำที่ทำการเลี้ยงปลากะพงขาวความหนาแน่น 10 ตัว ต่อ ตารางเมตร เลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำ/กวด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (• หมายถึงปริมาณ total chlorophyll เฉลี่ย เส้นแนวดิ่งแสดงค่า standard deviations และ เส้นโค้งหมายถึง fitted polynomial regression line แสดงแนวโน้มของปริมาณ total chlorophyll)



ภาพที่ 11 ปริมาณ r - phycoerythrin ของ *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) ใช้น้ำทะเลธรรมชาติ เลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (• หมายถึง ปริมาณ r - phycoerythrin เฉลี่ย เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard deviations และ เส้นโค้งหมายถึง fitted polynomial regression line แสดงแนวโน้มของปริมาณ r - phycoerythrin)



ภาพที่ 12 ปริมาณ r - phycoerythrin ของ *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 2 ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากระพงขาวความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ตารางเมตร เลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักรากต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (• หมายถึง ปริมาณ r - phycoerythrin เฉลี่ย เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard deviations และ เส้นโค้งหมายถึง fitted polynomial regression line แสดงแนวโน้มของปริมาณ r – phycoerythrin)



ภาพที่ 13 ปริมาณ r - phycoerythrin ของ *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 3 ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากะพงขาวความหนาแน่น 10 ตัว ต่อ ตารางเมตร เลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (• หมายถึง ปริมาณ r - phycoerythrin เฉลี่ย เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard deviations และ เส้นโค้งหมายถึง fitted polynomial regression line แสดงแนวโน้มของปริมาณ r - phycoerythrin)

4. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ในเนื้อเยื่อสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ขนาด 1 ตัน ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด (ตารางที่ 2)

ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) พบว่า มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ในช่วง 21.74 - 41.03 (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 17.64 – 35.39 (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 13.73 – 57.06 (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และค่า C:N ratio มีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับอัตราการเจริญเติบโต ซึ่งมีค่า C:N ratio สูงในเดือนธันวาคม 2547 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม. ขณะที่การทดลองชุดที่ 2 และ 3 โดยทั่วไปมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่าการทดลองชุดที่ 1 ซึ่งในการทดลองชุดที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 8.53 – 19.49 (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 11.35 – 23.87 (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 9.03 – 17.18 (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และค่า C:N ratio มีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับอัตราการเจริญเติบโต เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม. และสำหรับการทดลองชุดที่ 3 มีค่าอยู่ในช่วง 9.29 – 14.88 (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 7.11 – 23.75 (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 8.10 – 21.94 (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และค่า C:N ratio มีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับอัตราการเจริญเติบโต เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.

ตารางที่ 2 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในเนื้อเยื่อสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ขนาด 1 ตัน ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ของการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) 2 และ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตามลำดับ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (- หมายถึง ไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตสาหร่าย และตัวอย่างสาหร่ายไม่พอเพียงต่อการนำมา วิเคราะห์ผล)

เดือน	การทดลองชุดที่ 1			การทดลองชุดที่ 2			การทดลองชุดที่ 3		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	39.81	35.39	30.56	19.49	21.17	17.18	14.88	19.77	21.94
มิ.ย.	-	18.87	21.72	16.11	23.87	22.69	-	23.75	-
ก.ค.	-	-	-	12.10	-	-	-	-	-
ส.ค.	21.74	17.64	48.63	11.98	-	-	-	8.82	-
ก.ย.	-	-	57.06	-	-	-	-	-	-
ต.ค.	41.03	-	-	17.80	-	-	-	-	-
พ.ย.	-	-	-	16.54	-	-	-	-	-
ธ.ค.	24.77	22.66	13.73	8.53	11.35	9.03	9.29	7.11	8.10

5. ผลการวิเคราะห์ proximate composition ในเนื้อเยื่อของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ที่เลี้ยงภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด (ตารางที่ 3)

หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตสาหร่าย *G. fisheri* ที่เลี้ยงภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิดในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) 2 และ 3 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 และนำมาวิเคราะห์ proximate composition ซึ่งประกอบไปด้วย ความชื้น เถ้า ไฟเบอร์ ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต

ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) 2 และ 3 พบว่า ปริมาณความชื้น (%) ของสาหร่ายวุ้น โดยทั่วไป มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งเท่ากับ 27.52% (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 26.35% (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 26.40% (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) สำหรับการทดลองชุดที่ 1 และสำหรับการทดลองชุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 25.37% (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 23.89% (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 27.04% (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และการทดลองชุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 31.98% (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 25.37% (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 26.48% (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.)

ปริมาณเถ้า (%) ของสาหร่ายวุ้นในทุกชุดการทดลอง พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งการทดลองชุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 4.69% (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 6.68% (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 6.28% (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) การทดลองชุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 5.48% (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 6.38% (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 4.89% (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และการทดลองชุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 6.50% (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 6.57% (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 6.08% (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.)

ปริมาณไฟเบอร์ (%) ของสาหร่ายวุ้นในทุกชุดการทดลอง พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งในการทดลองชุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 8.61% (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 7.43% (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 7.09% (สาหร่าย 1500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) การทดลองชุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 7.00% (สาหร่าย 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) 7.15% (สาหร่าย 1000 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 6.79%

(สำหรับ 1500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และการทดลองชุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 6.81% (สำหรับ 500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) 7.06% (สำหรับ 1000 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 7.01% (สำหรับ 1500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.)

ปริมาณไขมัน (%) ของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม นน.สด ต่อ ตร.ม ในการทดลองชุดที่ 1 และ 3 มีค่าน้อยกว่า 0.01% อย่างไรก็ตาม พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.56% (สำหรับ 500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) สำหรับการทดลองชุดที่ 3 ในขณะที่การทดลองชุดที่ 2 โดยทั่วไปมีปริมาณไขมันสูงกว่าการทดลองชุดที่ 1 และ 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.36% (สำหรับ 500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) 0.26% (สำหรับ 1000 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 0.93% (สำหรับ 1500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.)

ปริมาณโปรตีน (%) ของสาหร่ายวุ้นในการทดลองชุดที่ 1 พบว่า มีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งเท่ากับ 6.20% (สำหรับ 500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) 6.32% (สำหรับ 1000 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 9.5% (สำหรับ 1500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) ขณะที่ในการทดลองชุดที่ 2 และ 3 โดยทั่วไปมีค่าสูงกว่าชุดที่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 19.03% (สำหรับ 500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) 16.67% (สำหรับ 1000 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 18.25% (สำหรับ 1500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) สำหรับการทดลองชุดที่ 2 และ 20.2% (สำหรับ 500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) 18.75% (สำหรับ 1000 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 17.74% (สำหรับ 1500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) สำหรับการทดลองชุดที่ 3

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%) ของสาหร่ายวุ้นในการทดลองชุดที่ 1 พบว่า มีค่าเท่ากับ 47.97% (สำหรับ 500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) 53.20% (สำหรับ 1000 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 50.72% (สำหรับ 1500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) การทดลองชุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 42.11% (สำหรับ 500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) 45.65% (สำหรับ 1000 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 43.08% (สำหรับ 1500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ การทดลองชุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 33.93% (สำหรับ 500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) 46.08% (สำหรับ 1000 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.) และ 42.69% (สำหรับ 1500 กรัม นน. สด ต่อ ตร.ม.)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition) ในเนื้อเยื่อสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 1 ตัน ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ของการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) 2 และ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัม/น้ำหนักรีด ต่อ ตารางเมตร หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตสุดท้าย

proximate composition	การทดลองชุดที่ 1			การทดลองชุดที่ 2			การทดลองชุดที่ 3		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
ความชื้น%	27.52	26.35	26.40	25.37	23.89	27.04	31.98	25.79	26.48
เถ้า%	4.69	6.68	6.28	5.48	6.38	4.89	6.50	6.57	6.08
ไฟเบอร์%	8.61	7.43	7.09	7.00	7.15	6.79	6.81	7.06	7.01
ไขมัน%	>0.01	>0.01	>0.01	1.36	0.26	0.93	0.56	>0.01	>0.01
โปรตีน%	6.20	6.32	9.51	19.03	16.67	18.25	20.20	18.75	17.74
คาร์โบไฮเดรต%	47.97	53.20	50.72	42.11	45.65	43.08	33.93	46.08	42.69

6. ผลผลิต (production) และ กำลังผลิตทั้งหมด (gross productivity) ของสาหร่ายวุ้น

Gracilaria fisheri ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 1 ตัน ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด

ผลผลิตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* (ตารางผนวกที่ 37) หลังจากทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้น ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 พบว่า ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยง สาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 และ 1500 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. ให้ผลผลิตสูงสุดในเดือน พฤษภาคม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 590 และ 1840 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. และที่ความหนาแน่น 1500 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 1160 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. ในเดือนมิถุนายน และในชุดการ ทดลองที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. ให้ผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 640 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. ในเดือนธันวาคม และที่ความหนาแน่นสาหร่าย 1000 และ 1500 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. ผลผลิตมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1150 และ 1600 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. ในเดือน พฤษภาคม ตามลำดับ สำหรับชุดการทดลองที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. ให้ผลผลิตสูงสุดในเดือนพฤษภาคม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 570 1230 และ 1670 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. ตามลำดับ

กำลังผลิตทั้งหมด (gross productivity) (ตารางที่ 4) ของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 1 ตัน พบว่า ทุกชุดการทดลอง การเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. ในช่วงเดือนมิถุนายน 2547 มีค่ากำลังผลิตสูงสุดเท่ากับ $4.92 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ในชุด การทดลองที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่น 500 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. ต่อมาในช่วงเดือน สิงหาคม 2547 พบว่า ทุกชุดการทดลอง โดยทั่วไปสาหร่ายวุ้นมีกำลังผลิตสูงขึ้น และมีค่าสูงสุดเท่ากับ $9.53 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 1500 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. และในเดือนธันวาคม 2547 พบว่า กำลังผลิตของสาหร่ายในการทดลองชุดที่ 2 และ 3 มี กำลังผลิต สูงกว่าการทดลองชุดควบคุมเมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ $24.38 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยง สาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 1500 กรัม/น.ม. สด ต่อ ตร.ม.

ตารางที่ 4 กำลังผลิตทั้งหมด (gross productivity) ($\text{mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ g}^{-1}$) ของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) 2 และ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัมน้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด

วัน เดือน ปี	การทดลองชุดที่ 1			การทดลองชุดที่ 2			การทดลองชุดที่ 3		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
18 มิ.ย. 47	3.10	4.14	0.62	4.92	2.07	2.74	2.11	2.55	2.85
28 ส.ค. 47	6.21	10.21	1.24	7.66	9.42	9.53	5.66	8.57	4.70
3 ธ.ค. 47	10.51	12.13	2.10	18.49	15.90	18.99	22.41	18.30	24.38

7. พืชและสัตว์น้ำชนิดอื่นที่พบในบ่อซีเมนต์ขนาด 1 ตัน

ในระหว่างการทดลองพบว่ามียากลุ่มสาหร่ายที่เป็นอิมโฟไฟต์เกาะบนสาหร่ายวุ้น ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว เช่น *Cladophora* sp. ซึ่งสาหร่ายชนิดนี้จะมีผลกระทบต่อการแย่งสารอาหารและแสงเพื่อการเจริญเติบโต และการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย *G. fisheri* นอกจากนี้ยังพบ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จำพวกโคพีพอด (copepods) หนอนท่อ (tube worm) และเพรียงหัวหอม (cirripedes) เกาะอยู่บนทลลัสสาหร่ายวุ้น และตามพื้นบ่อ ซึ่งมีผลทำให้สาหร่ายวุ้นหักเป็นท่อนในขณะที่แยกอิมโฟไฟต์ออกจากสาหร่ายวุ้น



ภาพที่ 14 หนอนท่อ (tube worm) และเพรียง (cirripedes) ที่เกาะบนทลัสสาหร่าย *Gracilaria fisheri* และเมื่อคัดแยกออกจากสาหร่าย มีผลทำให้สาหร่ายวุ้นหักเป็นท่อน

วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ที่เลี้ยงภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับสัตว์น้ำ หรือใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งสาหร่ายสามารถดูดซับสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำจำนวนมาก โดยเฉพาะสารไนโตรเจน เพื่อการเจริญเติบโต นิยมทำกันมากในปัจจุบัน (Chirapart and Lewmanomont, 2004) เช่นเดียวกัน ในประเทศอิสราเอล ทดลองเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria conferta* ร่วมกับปลา และหอยเป่าฮือ ซึ่งใช้สาหร่ายช่วยในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลา และนำผลผลิตสาหร่ายมาเลี้ยงหอยเป่าฮือ (Neori *et al.*, 2000) และในประเทศจีน ทดลองเลี้ยงสาหร่าย *G. lemaneiformis* ในกระชังเลี้ยงปลา เพื่อช่วยลดสารอาหารที่ละลายในน้ำ ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (Zhou *et al.*, 2006)

โดยทั่วไปอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ที่เลี้ยงได้ในการศึกษากครั้งนี้ พบว่าในการทดลองชุดที่ 2 และ 3 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่า ชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) ทั้งนี้ อธิบายได้ว่า น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาจะพวงขวามีปริมาณสารอาหาร (แอมโมเนีย – ไนโตรเจน ไนเตรต - ไนโตรเจน และ ออร์โธฟอสเฟต) ที่ละลายอยู่เป็นจำนวนมากกว่าในน้ำทะเลธรรมชาติ ซึ่งสาหร่ายวุ้นสามารถดูดซับสารอาหารเหล่านี้เพื่อการเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี Neori *et al.* (2000) รายงานว่า การใช้ น้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นแหล่งไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นมีผลทำให้ *G. conferta* มีอัตราการเจริญเติบโตสูง และในการทดลองเลี้ยงสาหร่าย *G. lemaneiformis* ด้วยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลา พบว่าสาหร่ายวุ้นมีอัตราการเจริญเติบโตสูงถึง 11.03% ต่อวัน (Zhou *et al.*, 2006) นอกจากนี้การทดลองเลี้ยงสาหร่าย *G. parvispora* โดยแช่สาหร่ายวุ้นในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลา และเติมปุ๋ยเคมี ซึ่งพบว่า มีอัตราการเจริญเติบโต 8 – 10% ต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตลดลง เมื่อนำสาหร่ายไปเลี้ยงต่อในทะเล (Nagler *et al.*, 2003) เช่นเดียวกัน Troell *et al.* (1997) ทดลองเลี้ยงสาหร่าย *G. parvispora* ด้วยวิธีแขวนเส้นเชือก และนำไปเลี้ยงใกล้ๆ บริเวณที่มีกิจกรรมการเลี้ยงปลาในกระชัง ซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจน และฟอสเฟตที่ละลายอยู่ในน้ำ ทำให้สาหร่ายวุ้นมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงถึง $8.6 \pm 0.5\%$ ต่อวัน

สำหรับชุดการทดลองที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 กรัม/นน. สด ต่อ ตร.ม. พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และแตกต่างจากการทดลองชุดอื่น ($p = 0.05$) เมื่อความเค็มอยู่ระหว่าง 16 – 29 ‰ และอุณหภูมิบริเวณผิวน้ำอยู่ในช่วง 26 – 31 °C ซึ่งคล้ายคลึงกับการเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* ในบ่อดินธรรมชาติ (Chirapart and Lewmanomont, 2004) พบว่าสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด มีอัตราการเจริญสูงในช่วงฤดูฝน ซึ่งมีความเค็มอยู่ในช่วง 20 – 30 ‰ และอัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่อความเค็มสูงถึง 45 ‰ และอุณหภูมิสูงเกิน 30 °C และมีรายงานว่า สาหร่ายวุ้น *G. fisheri* สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงกว้างตั้งแต่ 10 - 30 ‰ (กาญจนาภรณ์ และคณะ, 2536) เช่นเดียวกัน Lapointe *et al.* (1994) รายงานว่า สาหร่ายวุ้น *G. tikvahiae* มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดที่อุณหภูมิ 25 °C ซึ่งคล้ายคลึงกับ สาหร่ายวุ้น *G. parvispora* ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิ 25 – 28 °C และความเค็ม 25 – 32 ‰ (Glenn *et al.*, 1999) และ Tsai *et al.* (2005) รายงานว่า สาหร่ายวุ้น *G. coronopifolia* สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง 15 – 35 °C และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่อุณหภูมิ 30 °C

ความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโต กับ C:N ratio ในการเลี้ยงสาหร่ายในครั้งนี้ พบว่าโดยทั่วไปในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ค่า C:N ratio มีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับอัตราการเจริญเติบโต ซึ่งมีค่าต่ำ เมื่ออัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนธันวาคม ทั้งนี้อธิบายได้ว่า สาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ดูดซับสารอาหารไนโตรเจนไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต และมีการสะสมไนโตรเจนในเนื้อเยื่อสาหร่าย ซึ่งคล้ายคลึงกับการทดลองเลี้ยงสาหร่าย *G. parvispora* ในกระชังที่ได้รับผลกระทบจากน้ำทิ้งของการเลี้ยงกุ้งพบว่า สาหร่าย *G. parvispora* มีค่า C:N ratio ต่ำ ในช่วงที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง (Nelson *et al.*, 2001) เช่นเดียวกันกับการเลี้ยงสาหร่าย *G. lemaneiformis* ในกระชังเลี้ยงปลา พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับ 11.03 % ต่อวัน ในขณะที่ C:N ratio มีค่าต่ำ (Zhou *et al.*, 2006) และเคยมีรายงานว่า สาหร่าย *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* ที่เลี้ยงในบ่อดินธรรมชาติด้วยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง มีค่า C:N ratio ต่ำ ในช่วงที่สาหร่ายทั้ง 2 ชนิดมีอัตราการเจริญเติบโตสูง (Chirapart and Lewmanomont, 2004) อย่างไรก็ตาม ในการทดลองครั้งนี้พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 ค่า C:N ratio มีค่าสูงเมื่ออัตราการเจริญเติบโตต่ำลง ในช่วงเดือนธันวาคม

ปริมาณ total chlorophyll และ r – phycoerythrin ในเนื้อเยื่อสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ครั้งนี้พบว่ารงควัตถุทั้ง 2 ประเภท มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และลดลงในทิศทางเดียวกันกับอัตราการเจริญเติบโต ซึ่งในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีปริมาณรงควัตถุทั้ง 2 ประเภท สูงกว่า ชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) ทั้งนี้อธิบายได้ว่า สาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ดูดซับสารประกอบไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในน้ำทั้งจากการเลี้ยงปลากะพงขาวเพื่อการเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งปริมาณ phycobilin ในรูป r – phycoerythrin มีลักษณะเป็นกรดอะมิโนและทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมไนโตรเจนที่สำคัญ (Lapointe, 1981) และ Chirapart and Lewmanomont (2004) รายงานว่าปริมาณ r – phycoerythrin ในเนื้อเยื่อสาหร่าย *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* เพิ่มขึ้นในช่วงเดียวกับความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในน้ำลดลง เช่นเดียวกัน Lapointe (1987) รายงานว่า รงควัตถุที่มีและไม่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ ในเนื้อเยื่อสาหร่ายสีแดงหลายชนิด มีค่าผันแปรกับความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ อย่างไรก็ตาม Costanzo *et al.* (2000) รายงานว่า สาหร่ายวุ้น *G. edulis* มีปริมาณรงควัตถุต่ำในช่วงที่มีปริมาณสารอาหารละลายในน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก

ระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ครั้งนี้พบว่า สาหร่ายวุ้นในทุกชุดการทดลอง มีอัตราการเจริญเติบโตที่ผกผัน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 และเกิดอาการซีดขาว (ice-ice disease) ตามทลัสสาหร่ายวุ้น มีผลทำให้ทลัสสาหร่ายเป็นท่อนเล็กๆบริเวณที่ซีดขาว นอกจากนี้ยังพบว่ามิกกลุ่มอหิไฟต์ ได้แก่ *Cladophora* sp. เกาะบนทลัสสาหร่ายวุ้น เพรียง (cirripedes) และ หนอนท่อ (tube worm) ซึ่งมีผลแย่งสารอาหารและแสง เพื่อการเจริญเติบโต และการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายวุ้น และยังทำให้ทลัสสาหร่ายเป็นท่อนขณะแยกอหิไฟต์ออกจากตัวอย่าง Troell *et al.* (1997) กล่าวว่า ปัญหาสำคัญในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria* คือ การเกิดอหิไฟต์ เช่นเดียวกัน มีการทดลองเลี้ยงสาหร่าย *G. gracilis* ในบ่อดินและพบว่าผลผลิตของสาหร่ายลดลงเมื่อเกิดอหิไฟต์ขึ้นปกคลุมทลัส และมีกลุ่ม grazer จำนวนมาก (Smit *et al.*, 2003) และ Gonzáles *et al.* (1993) ได้ทดลองการแพร่กระจายของอหิไฟต์บนทลัสสาหร่าย *G. chilensis* ในบริเวณ subtidal ประเทศชิลี พบว่าอหิไฟต์ที่เกาะบนสาหร่ายวุ้น มีผลทำให้ทลัสสาหร่ายอ่อนแอ และอัตราการเจริญเติบโตลดลง เช่นเดียวกัน Chirapart and Lewmanomont (2004) รายงานว่าอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* ลดลง เนื่องจากอหิไฟต์ *Chaetomorpha crassa* และ *Cladophora prolifera* เจริญเกี่ยวพันทลัสสาหร่ายวุ้นทั้ง 2 ชนิด ทำให้สาหร่ายวุ้นลอยขึ้นมาบริเวณผิวน้ำ และถูกทำลายเมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิสูงในฤดูร้อน

องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition) ในเนื้อเยื่อสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าโดยทั่วไปปริมาณ ความชื้น เถ้า ไฟเบอร์ และ คาร์โบไฮเดรต มีค่าใกล้เคียงกันในทุกชุดการทดลอง และไขมัน พบว่ามีอยู่ในปริมาณน้อย ในทุกชุดการทดลองเช่นกัน ในขณะที่ ปริมาณโปรตีน ในเนื้อเยื่อสาหร่ายวุ้นของชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 ประมาณ 3 เท่า (ตารางที่ 3) ทั้งนี้อธิบายได้ว่า สาหร่ายวุ้นดูดซับสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากะพงขาว โดยเฉพาะไนโตรเจน ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารประกอบที่สำคัญในการสังเคราะห์ กรดอะมิโน ซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของโปรตีน (Lobban and Harrison, 1994) เช่นเดียวกัน มีการทดลองเลี้ยงสาหร่าย *G. ferox* ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งมีปริมาณสารอาหารละลายอยู่ในน้ำจำนวนมาก และพบว่าปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อสาหร่ายมีค่าเท่ากับ 17.13% (Barile *et al.*, 2004) อย่างไรก็ตาม ปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ที่เลี้ยงในชุดการทดลองที่ 1 พบว่ามีค่า สูงกว่า *G. fisheri* ที่เจริญอยู่ในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก ซึ่งมีปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อเท่ากับ 1.05% (สุรภิ และคณะ, 2543)

สรุปผลการทดลอง

สรุป

1. การเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ด้วยน้ำที่ทำการเลี้ยงปลาจะพงขาวความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ตารางเมตร ให้อัตราการเจริญเติบโตดีกว่า เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ด้วยน้ำที่ทำการเลี้ยงปลาจะพงขาวความหนาแน่น 10 ตัว ต่อ ตารางเมตร และน้ำทะเลธรรมชาติ ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลาจะพงขาวแบบกึ่งปิด
2. การเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่อัตราความหนาแน่น ปลาจะพงขาว 5 ตัว ต่อ ตารางเมตร ต่อความหนาแน่นของสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* 500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ให้อัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าเมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงสาหร่ายทะเลร่วมกับปลาจะพงขาวแบบกึ่งปิด
3. ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติน้ำทางกายภาพ และทางเคมีกับอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* พบว่าอุณหภูมิบริเวณผิวน้ำ น้ำ ความขุ่น ความเค็ม ไนโตรเจน-ไนโตรเจน และความกระด้างของน้ำ มีความสัมพันธ์แบบไม่สมบูรณ์เชิงลบ กับอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น สำหรับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรเจน-ไนโตรเจน และความเป็นด่างของน้ำ มีความสัมพันธ์แบบไม่สมบูรณ์เชิงบวก กับอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น ($p = 0.05$)
4. ปริมาณ total chlorophyll และ r – phycoerythrin มีค่าสูงขึ้น เมื่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* มีค่าเพิ่มขึ้น
5. องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อเยื่อสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* โดยเฉพาะโปรตีน พบว่าเมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นด้วยน้ำที่ทำการเลี้ยงปลาจะพงขาว มีปริมาณสูงกว่าเมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นด้วยน้ำทะเลธรรมชาติ ประมาณ 3 เท่า

6. การทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ครั้งนี้
ชี้ให้เห็นว่า สาหร่ายวุ้นสามารถดูดซับน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากระพงขาวเพื่อการเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งการ
เลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่น 500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ด้วยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากระพง
ขาวความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ตารางเมตร ให้ปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อสาหร่ายสูงกว่า สาหร่ายวุ้นที่เลี้ยง
ความหนาแน่น 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร

ข้อเสนอแนะ

จากการสังเกตระหว่างการทดลองเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ครั้งนี้ พบว่า การเคลื่อนที่ของน้ำภายในบ่อซีเมนต์ มีลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลน้ำ จากพื้นบ่อขึ้นสู่ผิวน้ำ ตามแรงของอากาศ ทำให้ทลัสสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นยาวคล้ายเส้นผม ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำและเกี่ยวพันตามท่ออากาศ และได้รับผลกระทบโดยตรงจากอุณหภูมิสูง ในช่วงกลางวัน มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นลดลง ดังนั้นควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และระบบที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายวุ้นต่อไปในอนาคต

สาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ที่เลี้ยงในการทดลองชุดที่ 2 และ 3 พบว่ามีปริมาณโปรตีน ในเนื้อเยื่ออยู่ในช่วง 19.03 – 20.02% ซึ่งมีค่าสูงกว่าปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อสาหร่าย *G. fisheri* ที่เจริญในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.05% (สุรกี และคณะ, 2543) และในต่างประเทศ Viera *et al.* (2005) ทำการทดลองใช้สาหร่ายวุ้น *G. cornea* ซึ่งมีปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อเท่ากับ 21.54 % เป็นอาหารเลี้ยงหอยเป่าฮื้อในประเทศสเปน พบว่ามีผลทำให้อัตราการรอดตายของหอยเป่าฮื้อสูง เช่นเดียวกับ มีการใช้สาหร่าย *G. bursa-pastoris* ซึ่งมีปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อเท่ากับ 30.2 % และ เป็นส่วนผสมในอาหารที่เลี้ยงหอยเป่าฮื้อ (Valente *et al.*, 2006) และในปัจจุบันนิยมใช้สาหร่ายวุ้นเป็นอาหารเลี้ยงหอยเป่าฮื้อ ดังนั้นการเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิดครั้งนี้ ให้ปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อสาหร่ายสูง และสามารถใช้เป็นอาหาร หรือส่วนผสมของอาหารเลี้ยงหอยเป่าฮื้อที่มีคุณภาพดีเช่นกัน

ปัญหาและอุปสรรค

1. ความเค็มของน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* อยู่ในระดับสูง เนื่องจากบริเวณที่ทำการทดลองมีสภาพเคยเป็นนาเกลือ และมีอุณหภูมิสูงในช่วงกลางวัน ดังนั้น ในการเลี้ยงต้องผสมน้ำจืดกับน้ำทะเล เพื่อควบคุมความเค็มไม่ให้สูงเกินไป ก่อนใช้เลี้ยงสาหร่ายวุ้น แต่น้ำจืดในบริเวณนี้มีความเป็นด่างของน้ำสูง ทำให้เกิดการตกตะกอนของแคลเซียม ปกคลุมทลัสสาหร่ายวุ้น และทลัสหักเป็นท่อนเล็กๆง่าย มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง
2. การให้อากาศภายในบ่อไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากระบบไฟฟ้าของสถานีวิจัยสมุทรสงคราม ขัดข้อง ซึ่งน่าเป็นสาเหตุ ทำให้การหมุนเวียนน้ำภายในระบบเลี้ยง ไม่สม่ำเสมอ และส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ลดลงในช่วงของการเลี้ยง
3. ในการเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* ครั้งนี้ พบปัญหาอิไฟต์และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นลดลง เนื่องจากเกิดการแย่งสารอาหารและแสงเพื่อการเจริญเติบโต และทลัสหักเป็นท่อนเมื่อแยกอิไฟต์ออกจากสาหร่าย นอกจากนี้ยังพบโรคชิคขาว (ice-ice disease) ตามทลัสสาหร่ายวุ้น ซึ่งทำให้ทลัสเกิดการเปื่อยและหักเป็นท่อน ตรงบริเวณที่ชิคขาว ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นลดลงเช่นกัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กาญจนาภรณ์ ลีวโนมนต์, สุจินต์ คีแท้, อุดม สิทธิภูประเสริฐ, ปิยะพงศ์ โชติพันธุ์, ลิขิต ชูจิต และ
 ประเมษฐ์ พลอยประดับ. 2536. การคัดเลือกชนิดของสาหร่ายเพื่อการเพาะเลี้ยง. โดย
 ทุนอุดหนุนการวิจัยและพัฒนาจากศูนย์วิจัยวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ,
 คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 135 น.
- กาญจนา เตียววชิ, กฤตพล ช่างวานิชเศรษฐ และ ศุภศิ จันทน์เมือง. 2546. การเลี้ยงหอยเป่าอื้อด้วยสาหร่าย
 ผมนางในบ่อคอนกรีต. เอกสารวิชาการฉบับที่ 25/2546, ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง
 นราธิวาส, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 24 น.
- จารุวัฒน์ นกิตะภัก, กิตติศักดิ์ กล่าวเกลี้ยง และ สมนึก กบิลรัมย์. 2531. การประเมินอัตราความ
 หนาแน่นที่เหมาะสมของปลากะพงขาว *Lates calcarifer* (Bloch) ในกะชัง จากดูดย่อยออกซิเจน:
 แม่น้ำบางปะกง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2531, สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดระยอง,
 กองประมงน้ำกร่อย, กรมประมง. 26 น.
- จิตติมา หมั่นกิจ. 2544. การเจริญเติบโตและปริมาณน้ำของสาหร่ายทะเลสกุลกราซิลารี,
Gracilaria fisheri (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia และ *G. tenuistipitata* var. *liui*
Chang et Xia ที่เลี้ยงในสภาพปอธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัย
 เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทรงสิทธิ์ ลิ้มสกุล และ วิวรรณ สิงห์ทวีศักดิ์. 2543. การเลี้ยงสาหร่ายเขากวาง
Gracilaria changii (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia ด้วยความเค็มต่างกันในบ่อ
 ซีเมนต์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 29/2543, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดตราด, กอง
 เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 16 น.

- ทัศนีย์ อัดตะนันท์, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และ สุรเดช จินตกานนท์. 2537. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 126 น.
- ธนาวุฒิ กล่าวเกลี้ยง. 2543. **การทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวในบ่อดิน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2543, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 14 น.
- พุทธ ส่องแสงจินดา และ สำรอง อินเอง. 2546. **ประสิทธิภาพของหอยนางรม (*Crassostrea lugubris*) หอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) และสาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2546, สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 15 น.
- เพิ่มศักดิ์ เพ็งมาก. 2531. **สภาพตะกอนดินของแหล่งเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชังบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2531, สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ จังหวัดสงขลา, กรมประมง. 16 น.
- ยุทธ ไกรวรรณ. 2546. **สถิติเพื่อการวิจัย**. บริษัทพิมพ์ดีจำกัด, กรุงเทพฯ. 376 น.
- ลือชัย วรรณชู. 2546. **การทดลองเลี้ยงสาหร่ายทะเลในบ่อซีเมนต์**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2546, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 15 น.
- วราภรณ์ แก้วไทย, วัลลภ ทิมดี, อาภรณ์ เทพพานิช และ อุทัย รัตนอุบล. 2547. **การทดลองเลี้ยงสาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*), สาหร่ายพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) และสาหร่ายมงกุฏหนาม (*Acanthophora spicifera*) ในบ่อดิน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 23/2547, ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 8 น.

วิวรรธน สึงห์ทวิศักดิ์. 2538. ศึกษาการเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott)

Abbott, Zhang et Xia, ร่วมกับปลานิลแดง *Oreochromis niloticus* (Linn.). วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2539. ผลของควมถี่ในการเก็บเกี่ยวและความหนาแน่นที่มีผลต่อผลผลิต

สาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia, ที่เลี้ยงในบ่อปลา
กะพงขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2539, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี,
กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 19 น.

_____. 2543. ผลของปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนสาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri*

(Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia. เอกสารวิชาการฉบับที่ 10/2543, ศูนย์พัฒนาการ
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 9 น.

_____. และ จิตติมา ทองศรีพงษ์. 2543. การเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri*

(Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia, ร่วมกับกุ้งกุลาดำ, *Penaeus monodon* (Fabricius),
ในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 40/2543, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี,
กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 18 น.

_____. จิตติมา ทองศรีพงษ์ และ อรุณ มีกิริยา. 2539. การเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri*

(Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia, ที่ความหนาแน่น 4 ระดับในบ่อเลี้ยงปลา. เอกสาร
วิชาการฉบับที่ 30/2539, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
ชายฝั่ง, กรมประมง. 31 น.

_____. และ ทรงสิทธิ์ ลิ้มสกุล. 2543. การเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri*

(Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia, ร่วมกับปลากระพงขาว, *Lates calcarifer* Bloch, ในบ่อ
ดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 14/2543, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กอง
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 15 น.

- _____ และ อรุณี มานะกล้า. 2537. การศึกษาผลผลิตของสาหร่ายเขากวาง *Gracilaria changii* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia, ที่เลี้ยงในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 29/2537, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 18 น.
- _____ และ อรุณ มีกิริยา. 2539. การเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia, ที่ความหนาแน่น 2 ระดับร่วมกับปลานิลสีแดง, *Oreochromis niloticus* (Linn.), เอกสารวิชาการฉบับที่ 28/2539, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 31 น.
- สุพล ดันสุวรรณ และ บุญเลิศ บุญแก้วขวัญ. 2543. ศึกษาการอนุบาลลูกปลากระพงขาวในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 25/2543, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดปัตตานี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 16 น.
- สุรภี วีรวานิช, จารุวรรณ สุจริต และ สนิท อุโพธิ์. 2543. การศึกษาและวิเคราะห์คุณค่าอาหารของสาหร่ายผสมนาง กราซิลารีเรีย ฟิชเชอไร บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนในและนอก. โดยทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 113 น.
- สุวัฒน์ รัตนภาพไพศาล. 2534. ผลของระดับความเข้มข้นในการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียซัลเฟตและความหนาแน่นของสาหร่ายต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น 2 ชนิด (*Gracilaria tenuistipitata* Chang et Xia และ *Polycavernosa fisheri* Xia et Abbott) ที่เลี้ยงในบ่อดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมโภชน์ อัคระทวีวัฒน์. 2545. ภาพปลาและสัตว์น้ำของไทย. พิมพ์ครั้งที่ 4. องค์การค้าของคุรุสภา. กรุงเทพฯ.

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน, ทศนีย์ อัดตะนันท์, ไพบุลย์ ประพุดิธรรม, ชัยพฤกษ์ สุวรรณรัตน์, สุเทพ ทองแพ และ สมชาย กริฑาภิรมย์. 2535. **คู่มือวิเคราะห์ดินและน้ำ**. โครงการพัฒนาวิชาการดินและปุ๋ย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 23 น.

อรุณี มานะกล้า. 2539. การเลี้ยงสาหร่ายเขากวาง *Gracilaria changii* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia, ในกระชังในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2539, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 20 น.

อรพินท์ จินตสถาพร. 2537. **บทปฏิบัติการอาหารและการให้อาหารสัตว์น้ำ**. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 53 น.

APHA, AWWA and WPCF. 1980. **Standard Method for the Examination Water and Waste-Water. 19th ed.**, American Public Health Publisher, Inc., New York. 1134 p.

A.O.A.C. 1984. **Official Method of Analysis**. 14th ed., Assoc. Off. Anal. Chem., Washington. D.C. 1141 p.

Barile, P. J., B. E. Lapointe and T. R. Capo. 2004. Dietary nitrogen availability in macroalgae enhances growth of the sea hare *Aplysia californica* (Opisthobranchia : Anaspidea). **J. Exper. Mar. Biol. Ecol.** 303 : 65 – 78.

Buschmann, A. H., Correa, J. A., Westermeier, R. Hernández-Gonzalez, M. C. and R. Norambuena. 2001. Red algal farming in Chile : a review. **Aquaculture** 194 : 203 - 220.

Carnicas, E., C. J. Jiménez and F. X. Niell. 1999. Effect of changes of irradiance on the pigment composition of *Gracilaria tenuistipitata* var. *liui* Zhang et Xia. **J. Photochem. Photobiol. B Biol.** 50 : 149 - 158.

Chirapart, A. and K. Lewmanomont. 2004. Growth and Production of Thai Agarophyte Culture in Natural Pond using the Effluent Seawater from Shrimp Culture. **Hydrobiologia**. 512 : 117 – 126.

Costanzo, S. D., M. J. O'Donohue and W. C. Dennison. 2000. *Gracilaria edulis* (Rhodophyta) as a biological indicator of pulsed nitrogen in oligotrophic water. **J. Phycol.** 36 : 680 – 685.

Dawson, E.Y. 1966. **Marine Botany : an Introduction**. Richart and Winstone, Inc., The United States of America. 371 p.

Daugherty, K. and K. T. Bird. 1988. Salinity and temperature effects on agar production from *Gracilaria verrucosa* Strain G-16. **Aquaculture** 75 : 105 - 113.

Dawes, C. J. 1981. **Marine Botany. 1st ed.** John Wiley & Sons, Inc., The United States of America. 628 p.

Fredericq, S. and M. H. Hommersand. 1989. Proposal of the *Gracilaria* ord. Nov. (Rhodophyta) based on an analysis of the reproductive development of *Gracilaria verrucosa*. **J. Phycol.** 25 : 213 – 217.

Friedlander, M. R., R. Shalev, T. Ganor, S. Strimling, A. Ben-Amotz, H. Klar and Y. Wax. 1987. Seasonal fluctuation of growth rate and chemical composition of *Gracilaria* cf. *conferta* in outdoor culture in Israel. **Hydrobiologia**. 151/152 : 501 – 507.

Friedlander, M., N. Weintraub, A. Freedman, J. Sheer, Z. Snovsky, J. Shapiro and G. W. Kissil. 1996. Fish as potential biocontrollers of *Graciralia* (Rhodophyta) Culture. **Aquaculture** 145 : 113 – 118.

- Glenn, E. P., D. Moore, M. Akutagawa, A. Himler, T. Walsh and S. G. Nelson. 1999. Correlation between *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) biomass production and water quality factor on a tropical reef in Hawaii. **Aquaculture** 178 : 323 – 331.
- Glenn, E. P., D. Moore, J. J. Brown, R. Tammer, K. Fitzsimmons, M. Akutagawa and S. Napoleon. 1998. A sustainable culture system of *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) using sporeling, reef growout and floating cage in Hawaii. **Aquaculture** 165 : 221 – 232.
- González, M. A., H. L. Barrales, A. Candia and L. Cid. 1993. Spatial and temporal distribution of dominant epiphyte on *Gracilaria* form a natural subtidal bed in central-southern Chile. **Aquaculture** 116 : 135 – 148.
- Gómez, I., F. L. Figueroa, P. Huovinen, N. Ulloa and V. morales. 2005. Photosynthesis of the red alga *Gracilaria chilensis* under natural solar radiation in an estuary in Southern Chile. **Aquaculture** 244 : 369 – 382.
- Hurtado-Ponce, A. Q. and I. Umezaki. 1987. Growth rate studies of *Gracilaria verrucosa* (Gigartinales, Rhodophyta). **Bot. Mar.** 30 : 223 – 226.
- Lapointe, B. E. 1981. The effects of light and nitrogen on growth, pigment content and biochemical composition of *Gracilaria foliifera* var. *angustissima* (Gigartinales, Rhodophyta). **J. Phycol.** 17 : 90 – 95.
- Lapointe, B. E. 1987. Phosphorous and nitrogen limited photosynthesis and growth of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyta) in the Florida Keys: and experimental field study. **Mar. Biol.** 93 : 561 – 568.

- Lapointe, B. E., K. R. Tenore and C. J. Dawes. 1994. Interaction between light and temperature on the physiological ecology of *Gracilaria tikvahiae* (Gigartinales : Rhodophyta) : I Growth, photosynthesis and respiration. **Mar. Bot.** 80 : 161 – 170.
- Larned, S. T. 1998. Nitrogen-versus phosphorus- limited growth and sources of nutrients for coral reef macroalgae. **Mar. Bot.** 132 : 409 – 421.
- Lobban, C. S. and P. J. Harrison. 1994. **SEAWEED ECOLOGY AND PHYSIOLOGY.**
1st ed., The Press Syndicate of the University of Cambridge, Inc., the United States of America. 366 p.
- MacColl, R. and D. Guard – Fiar. 1987. **Phycobiliprotein.** CRC Press, Florida. 218 p.
- Mackinney, G. 1941. Absorbtion of light by chlorophyll solution. **J. Biol. Chem.** 140 : 315 - 322.
- Martinez-Goss, M. and M. Friedlander. 1999. Effect of salinity and pH on growth and agar yield of *Gracilaria tenuistipitata* var. *liui* in laboratory and outdoor cultivation. **J. Appl. Phycol.** 11 : 543 – 549.
- Melgarejo, E., E. Carnicas, F. X. Niell and A. Medina. 2003. Effect of photoacclimation on plasma membrane ferricyanide reductase from the rhodophyta *Gracilaria tenuistipitata*.
Plant science. 162 : 753 – 759.
- Menéndez, M. and F. A. Comin. 2000. Spring and summer proliferation of floating macroalgae in a mediterranean coastal lagoon (Tancuda Lagoon, Ebro Delta, NE Spain). **Estuarine Coastal and Shelf Science.** 51 : 215 – 226.

- Nagler, P. L., E. P. Glenn, S. G. Nelson and S. Napoleon. 2003. Effect of fertilization treatment and stocking density on the growth and production of the economic seaweed *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) in cage culture at Molokai, Hawii. **Aquaculture** 2003. 219 : 379 – 391.
- Nelson, S. G., E. P. Glenn, J. Conn, D. Moore, T. Walsh and M. Akutagawa. 2001. Cultivation of *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) in shrimp-farm effluent ditches and floating cage in Hawaii : a two-phase polyculture system. **Aquaculture** 193 : 239 – 248.
- Neori, A., M. Shpigel and D. Ben-Ezra. 2000. A sustainable integrated system for culture of fishes, seaweed and abalone. **Aquaculture** 186 : 279 – 291.
- Norziah, M. H. and C. Y. Ching. 2000. Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changii*. **Food Chemistry**. 68 : 69 –76.
- Penniman, C. A., A. C. Mathieson and C. E. Penniman. 1986. Reproductive phenology and growth of *Gracilaria tikvahiae* McLachlan (Gigartinales, Rhodophyta) in the Great Bay Estuary, New Hampshire. **Bot. Mar.** 29 : 147 - 154.
- Ryder, E., S. G. Nelson, C. Makeon, E. P. Glenn, K. Fitzisimmons and S. Napoleon. 2004. Effect of water motion on the cultivation of the economic seaweed *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) on Molokai, Hawaii. **Aquaculture** 238 : 207 – 219.
- Smit, A. J., A. M. Fourie, B. L. Robertson and D. R. du Preez. 2003. Control of the herbivorous isopod, *Paridotea reticulata*, in *Gracilaria gracilis* tank cultures. **Aquaculture** 217 : 385 – 393.

- Tsai, C., J. Chang, F. Sheu, Y. Shyu, A. Y. Yu, S. Wang, C. Dai and T. Lee. 2005. Seasonal growth dynamic of *Laurencia papillosa* and *Gracilaria coronopifolia* from a highly eutrophic reef in southern Taiwan : temperature limitaton and nutrient availability. **J. Exper. Mar. Biol. Ecol.** 315 : 49 – 69.
- Troell, M., C. Halling, A. Nilsson, A. H. Buschmann, N. Kautsky and L. Kautsky. 1997. Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. **Aquaculture** 156 : 45 – 61.
- Ugarte, R. and B. Santelices. 1992. Experimental tank cultivation of *Gracilaria chilensis*. **Aquaculture** 101 : 7 – 16.
- Valente, L. M. P., A. Gouveia, P. Rema, J. Matos, E. F. Gomes and I. S. Pinto. 2006. Evaluation of three seaweed *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture** 252 :85 – 991.
- Viera, M. P., J. L. G. Pinchetti, G. C. Vicose, A. Bibao, S. Suárez, R. J. Haroun and M. S. Izquierdo. 2005. Suitability of three red macroalgae as a feed for the abalone *Haliotis tuberculata coccinea* Reeve. **Aquaculture** 248 : 75 – 82.
- Wang, Y. C., G. Y. Pan and L. C-M. Chen. 1984. Studies on agarophytes : II Field observation and growth of *Gracilaria verrucosa* (Rhodophyta) in Shantou District, Guangdong, P. R. C. **Bot. Mar.** 27 : 256 – 268.

Zhou, Y. H., Yang, H. Hu, Y. Liu, Y. Mao, H. Zhou, X. Xu and F. Zhang. 2006. Bioremediation potential of the macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal waters of north China. **Aquaculture** 252 : 264 – 276.

ภาคผนวก

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll) (Mackinney, 1941)

ทำความสะอาดสาหร่ายและ
ชั่งน้ำหนักสาหร่าย 0.5 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ
ในการสกัดใช้สาหร่ายกับอะซิโตนในอัตราส่วน 1 : 20



บดสาหร่าย 0.5 กรัม ด้วยโกร่งบดและ
เติมอะซิโตนทีละน้อยจนสาหร่ายละเอียดเป็นเนื้อเดียวกับอะซิโตน
แล้วจึงเติมอะซิโตนจนครบ 20 มิลลิลิตร



นำตัวอย่างสาหร่ายที่บดละเอียด หมุนเหวี่ยง (centrifuge)
3500 รอบต่อนาที นาน 10 นาที



แยกส่วนใส่ออกมาวัดหาปริมาณ total chlorophyll
ในเนื้อเชื้อสาหร่ายด้วยเครื่อง Spectrophotometer
รุ่น SHIMADZU UV – 160A ที่ความยาวคลื่น 652 นาโนเมตร

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณไฟโคอีริทริน (phycoerythrin) (MacColl และ Guard-Friar, 1987)

ทำความสะอาดสาหร่ายและ
ชั่งน้ำหนักสาหร่าย 0.5 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ
ในการสกัดใช้สาหร่ายกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 0.5 : 10



บดสาหร่าย 0.5 กรัม ด้วยโกร่งบดและ
เติมน้ำกลั่นทีละน้อยจนสาหร่ายละเอียดเป็นเนื้อเดียวกับน้ำกลั่น
แล้วจึงเติมน้ำกลั่นจนครบ 10 มิลลิลิตร



นำตัวอย่างสาหร่ายที่บดละเอียด หมุนเหวี่ยง (centrifuge)
3500 รอบต่อนาที นาน 10 นาที



แยกส่วนใส่ออกมาวัดหาปริมาณ phycoerythrin
ในเนื้อเชื้อสาหร่ายด้วยเครื่อง Spectrophotometer
รุ่น SHIMADZU UV – 160A ที่ความยาวคลื่น 650 615 และ 565 นาโนเมตร

3. วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายวัน (APHA, AWWA and WPCF, 1980)

การเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง

เก็บน้ำทะเลใส่ขวดพลาสติกสีขาวขุ่น นำน้ำตัวอย่างกรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมครอน และเก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนวิเคราะห์น้ำควรทิ้งให้น้ำตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง

วิธีวิเคราะห์ความเป็นด่างของน้ำ (alkalinity) โดยวิธี sulfuric acid titrimetric method

การเตรียมสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ความเป็นด่างของน้ำ

1. methyl orange indicator solution

ละลาย methyl orange จำนวน 0.5 กรัม ในน้ำกลั่น 100 ml

2. phenolphthalein indicator solution

ละลาย phenolphthalein จำนวน 0.5 กรัม ใน 95% ethyl alcohol 50 ml แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 100 ml

3. standard sodium carbonate 0.02 N

ละลาย anhydrous Na_2CO_3 (ที่แห้งสนิทโดยการอบที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นใน desiccator) จำนวน 1.060 กรัม ในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดและเย็นแล้ว จากนั้นทำปริมาตร ให้เป็น 1000 ml สารละลายนี้เตรียมแล้วต้องใช้ภายในสองชั่วโมง

4. standard sulfuric acid 0.02 N

เตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.1 N ก่อนโดยนำกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2.8 ml มาละลายในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดและเย็นแล้วทำปริมาตรให้เป็น 1000 ml หลังจากนั้นนำ 0.1 N H_2SO_4 จำนวน 200 ml มาเจือจางในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดและเย็นแล้วทำปริมาตรให้เป็น 1000 ml จะได้ 0.02 N H_2SO_4

standardization of sulfuric acid solution

นำสารละลาย 0.02 N Na_2CO_3 จำนวน 20.00 ml มาใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml เติมน้ำกลั่นที่ต้มเดือดและเย็นแล้ว 80 ml หยด methyl orange indicator solution 4-8 หยด นำไปไตเตรทด้วย standard sulfuric acid จนถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีส้ม คำนวณ normality ของกรดซัลฟิวริกโดยใช้สูตร $N_1V_1 = N_2V_2$

วิธีการวิเคราะห์ความเป็นด่างของน้ำ

1. การวัด phenolphthalein alkalinity

ตวงตัวอย่างน้ำ 50 ml หยด phenolphthalein indicator 2-4 หยด ถ้าตัวอย่างมีสีชมพูแสดงว่ามี phenolphthalein alkalinity ให้ไตเตรทด้วย standard sulfuric acid จนสารละลายเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีใสไม่มีสี เก็บตัวอย่างไว้วิเคราะห์ methyl orange alkalinity ต่อไป

2. การวัด methyl orange alkalinity

หยด methyl orange indicator 4-8 หยด โดยใช้ตัวอย่างที่วัด phenolphthalein alkalinity แล้วมาไตเตรทด้วย standard sulfuric acid จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้ม

การคำนวณ

$$\text{ความเป็นด่างฟีนอล์ฟธาไลน์} = \frac{A * N * 50 * 1,000}{V}$$

(mg CaCO₃/l)

$$\text{ความเป็นด่างรวม} = \frac{B * N * 50 * 1,000}{V}$$

(mg CaCO₃/l)

เมื่อ A = ปริมาณ H₂SO₄ ที่ไตเตรตถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาฟีนอล์ฟธาไลน์ (ml)

B = ปริมาณ H₂SO₄ ที่ไตเตรตถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาเมทิล ออเรนจ์ (ml)

V = ปริมาตรตัวอย่างน้ำที่ใช้ (ml)

N = Normality ของ H₂SO₄

วิธีวิเคราะห์ความกระด้างของน้ำ (hardness) โดยวิธี EDTA titrimetric method

การเตรียมสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ความกระด้างของน้ำ

1. buffer solution

ละลาย NH₄Cl จำนวน 16.9 กรัม ใน NH₄OH เข้มข้น ปริมาตร 143 ml จากนั้นละลาย disodium salt ของ EDTA จำนวน 1.179 กรัม และ MgCl₂.6H₂O (ถ้าไม่มี MgCl₂.6H₂O ให้ใช้ MgSO₄.7H₂O ปริมาณ 0.780 กรัมแทน) จำนวน 0.644 กรัม ในน้ำกลั่น 50 ml นำสารทั้งสองตัวมาเทรวมกันแล้วปรับปริมาตรโดยการเติมน้ำกลั่นให้ได้ 250 ml (ถ้าไม่มี disodium salt ของ EDTA ให้ใช้ magnesium salt ของ EDTA ปริมาณ 1.25 กรัมแทน แล้วปรับปริมาตรโดยการเติมน้ำกลั่นให้ได้ 250 ml)

2. eriochrome black T indicator

ผสม eriochrome black T จำนวน 0.5 กรัม กับ NaCl 100 กรัมที่บดละเอียด หรือผสม eriochrome black จำนวน 0.5 กรัม กับ hydroxylamine hydrochloride จำนวน 4.5 กรัมแล้วละลายใน 95% ethyl alcohol จำนวน 100 ml

3. standard calcium solution 0.010 M

ละลาย anhydrous CaCO_3 (ที่แห้งสนิทโดยการอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที แล้วทำให้เย็นใน desiccator) จำนวน 1.00 กรัม โดยค่อยๆ รินกรดเกลือ (HCl) 50% โดยปริมาตรลงในบีกเกอร์ขนาด 500 ml ที่ใส่ anhydrous CaCO_3 ไว้แล้วค่อยๆ คนจนละลายหมด เติมน้ำกลั่นจำนวน 200 ml แล้วต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์อิสระประมาณ 5-10 นาที ทิ้งให้เย็นแล้วปรับ pH ให้เป็น 7 โดยใช้ 3N NH_4OH (ใช้ NH_3 solution 25% จำนวน 10 ml ผสมน้ำกลั่นปรับให้เป็น 50 ml) หลังจากนั้นเทสารละลายใส่ volumetric flask และเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1000 ml (ซึ่ง 1 ml standard calcium solution = 1 mg CaCO_3)

4. standard EDTA solution 0.01 M

ละลาย disodium EDTA จำนวน 3.723 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 ml เพื่อนำไป standardize กับ standard calcium solution และคำนวณ mg CaCO_3 ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ 1.0 ml EDTA ที่ใช้ไตเตรทออกมา

วิธีการวิเคราะห์ความกระด้างของน้ำ

ตวงน้ำตัวอย่างมา 100 ml (ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าความกระด้างและความเป็นด่างสูงให้เจือจางตัวอย่างเสียก่อน) ใส่ลงใน flask ขนาด 250 ml เติม buffer solution จำนวน 2 ml ผสมให้เข้ากันเติมอินดิ

เคเตอร์ แล้วค่อยๆ ไตเตรทด้วย standard EDTA จนถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

การคำนวณ

$$\text{ความกระด้างของน้ำ} = \frac{A * B * 1,000}{V}$$

(mg CaCO₃/l) V

เมื่อ A = มิลลิกรัมของ CaCO₃ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ EDTA 1 มิลลิลิตร

B = ปริมาตรของ EDTA ที่ใช้ไตเตรท (ml)

V = ปริมาตรตัวอย่างน้ำที่ใช้ (ml)

วิธีวิเคราะห์แอมโมเนีย โดยวิธี Koroleff's indophenol blue method

การเตรียมสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์แอมโมเนีย

1. น้ำกลั่นประเภท deionize distilled water
2. sodium hydroxide 0.5 N

ละลาย NaOH จำนวน 20 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย 1 ลิตร เก็บในขวดพลาสติกปิดฝา

3. magnesium sulphate solution

ละลาย MgSO₄·7H₂O จำนวน 50 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 100 ml เติม NaOH จำนวน

0.5 ml จนกระทั่งเริ่มเกิดการตกตะกอน นำไปใส่ลูกปัดกันเดือดแล้วต้มไล่แอมโมเนีย ด้วยปริมาณเหลือน้อยกว่า 100 ml ที่ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เท่ากับ 100 ml เก็บในขวดแก้วปิดฝา

4. phenol reagent

ละลาย phenol (C_6H_5OH) จำนวน 38 กรัม และ disodium nitroprusside dihydrate ($Na_2Fe(CN)_5NO \cdot 2H_2O$) จำนวน 0.400 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 ml สารละลายนี้อาจมีสีจางๆ เก็บในตู้เย็นโดยใส่ขวดแก้วสีชาปิดฝา

5. sodium hypochlorite stock solution

ละลายโพแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) หรือโซเดียมไอโอไดด์ (NaI) จำนวน 0.5 กรัม ใน 50 ml ของ 1 N H_2SO_4 เติม hypochlorite solution จำนวน 1 ml แล้วนำไปไตเตรทกับน้ำยา 0.1 N thiosulfate solution ที่เตรียมไว้โดยใช้น้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์จนถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนสีจากสีน้ำตาลเงินเป็นใสไม่มีสี (ซึ่ง 1 ml thiosulphate = 3.54 mg active chlorine)

6. hypochlorite reagent

นำ sodium hypochlorite stock solution มาเจือจางให้ได้ 0.15% หรือ 150 mg available chlorine/100 ml ของ 0.5 N NaOH เก็บในตู้เย็นโดยใส่ในขวดแก้วฝาพลาสติก

7. standard ammonia solution

ละลาย NH_4Cl (ที่แห้งสนิทโดยการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที แล้วทำให้เย็นใน desiccator) จำนวน 0.3819 กรัม ในน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนียแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 ml เก็บในตู้เย็นโดยใส่ขวดแก้ว สารละลายนี้จะมีค่าความเข้มข้นของ NH_3-N 100 mg/l

การเตรียม standard curve

นำ standard ammonia solution (100 mg/l) มาจำนวน 10.00 ml ใส่ไว้ใน volumetric flask ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 ml จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของ $\text{NH}_3\text{-N}$ 10.00 mg/l แล้วเตรียมสารละลายเพื่อทำ standard curve ตามความเข้มข้นต่อไปนี้ (ใช้ volumetric pipet ในการดูดสาร)

Ammonia-Nitrogen (mg/l)	จำนวน ml ของ 10.00 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ ที่ pipet มาแล้ว เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 ml
0.00	0.00
0.10	1.00
0.20	2.00
0.30	3.00
0.40	4.00
0.50	5.00

วิธีการวิเคราะห์แอมโมเนีย

ตวงน้ำตัวอย่าง 50 ml ใส่ใน flask ที่มีฝาปิด แล้วเติม magnesium sulphate ในอัตราส่วนต่อไปนี้ 1.0 ml 0.8 ml และ 0.5 ml สำหรับน้ำตัวอย่างที่เป็นน้ำจืด น้ำที่มีความเค็มระหว่าง 5-15 ‰ และน้ำที่มีความเค็มระหว่าง 15-25 ‰ สำหรับน้ำที่มีความเค็มสูงกว่า 25 ‰ ไม่ต้องเติม magnesium sulphate หลังจากนั้นเติม phenol reagent จำนวน 1.5 ml ตามด้วย hypochlorite reagent จำนวน 1.5 ml ผสมให้เข้ากันแล้วปิดฝาทิ้งไว้ 6 ชั่วโมงหรือข้ามคืน แล้วนำเฉพาะของเหลวใสๆ ขึ้นบนไปวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV – 160A ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร

วิธีวิเคราะห์ไนไตรท์ โดยวิธี colorimetric method

การเตรียมสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ไนไตรท์

1. น้ำกลั่นประเภท deionize distilled water

2. sulfanilamide reagent

ผสมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc HCl) จำนวน 50 ml กับน้ำกลั่นจำนวน 300 ml แล้วเติม sulfanilamide จำนวน 5 กรัม ผสมให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 500 ml

3. N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution

ละลาย dihydrochloride จำนวน 0.500 กรัม ในน้ำกลั่น 500 ml เก็บในขวดสีชาในที่มืด เตรียมสารละลายใหม่ทุกๆเดือน หรือเมื่อสารละลายเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล

4. standard nitrite solution

ละลาย NaNO_2 (ที่แห้งสนิทโดยการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที แล้วทำให้เย็นใน desiccator) จำนวน 0.4925 กรัม (น้ำหนักนี้คำนวณจาก NaNO_2 ที่มีความบริสุทธิ์ 99% ถ้าเป็นเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ต่างจากนี้ให้คำนวณน้ำหนักใหม่ ตามวิธีที่ระบุใน Standard Method for the Examination of Water and Wastewater) ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 ml เก็บในขวดสีชาในที่มืด สารละลายนี้จะมีค่าความเข้มข้นของ $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 100 mg/l

การเตรียม standard curve

นำ standard nitrite solution (100 mg/l) มาจำนวน 10.00 ml ใส่ไว้ใน volumetric flask ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 ml จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของ $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 1.00 mg/l แล้วดูดสารละลายเพื่อทำ standard curve ตามความเข้มข้นต่อไปนี้ (ใช้ volumetric pipet ในการดูดสาร)

Nitrite -Nitrogen (mg/l)	จำนวน ml ของ 1.00 mg/l $\text{NO}_2^- - \text{N}$ ที่ pipet มาแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 ml
0.00	0.00
0.02	2.00
0.04	4.00
0.06	6.00
0.08	8.00
0.10	10.00
0.15	15.00
0.20	20.00

วิธีการวิเคราะห์ไนไตรท์

ตวงตัวอย่างน้ำมา 50 ml เติม sulfanilamide จำนวน 1.0 ml ผสมทิ้งไว้ 2 นาที แต่ไม่เกิน 8 นาที แล้วเติม N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution จำนวน 1.0 ml ผสมทิ้งไว้ อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง วัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV – 160A ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

วิธีวิเคราะห์ไนเตรท โดยวิธี cadmium reduction method

การเตรียมสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ไนเตรท

1. น้ำกลั่นประเภท deionize distilled water
2. HgCl_2 solution

ละลาย HgCl_2 จำนวน 1 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml

3. HCl 1% โดยปริมาตร
4. conc ammonium chloride solution

ละลาย NH_4Cl จำนวน 100 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 ml เก็บในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก

5. dilute ammonium chloride solution

เจือจาง conc ammonium chloride solution จำนวน 50 ml ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 2000 ml เก็บในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก

6. sulfanilamide reagent

ผสมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc HCl) จำนวน 50 ml กับน้ำกลั่นจำนวน 300 ml แล้วเติม sulfanilamide จำนวน 5 กรัม ผสมให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 500 ml

7. N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution

ละลาย dihydrochloride จำนวน 0.500 กรัม ในน้ำกลั่น 500 ml เก็บในขวดสีชาในที่มืด เตรียมสารละลายใหม่ทุกๆเดือน หรือเมื่อสารละลายเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล

8. hydrochloride acid solution 5% โดยปริมาตร

ผสมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc HCl) 1 ส่วนกับน้ำกลั่น 19 ส่วน โดยปริมาตร

9. stock nitrate solution

ละลาย KNO_3 anhydrous จำนวน 0.7218 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 ml สารละลายนี้จะมีค่าความเข้มข้น NO_3^- -N 100 mg/l

การเตรียม reduction column

การเคลือบแคดเมียมด้วยปรอท ใช้เม็ดแคดเมียมขนาดประมาณ 0.5-2.0 มม. น้ำหนักประมาณ 300 กรัม เทใส่ในสารละลาย HgCl_2 แล้วคนประมาณ 3 นาที (ปริมาณแคดเมียม 300 กรัมนี้สามารถทำคอลัมน์ได้ 6 คอลัมน์) รินสารละลายทิ้ง ล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้ง แล้วล้างด้วย 1% HCl หลายๆครั้งแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นจนไม่มีไนไตรท์ในน้ำที่ล้าง แช่เม็ดแคดเมียมไว้ใน dilute ammonium chloride solution ในที่มืด การเตรียมคอลัมน์ใช้ใยแก้วจุกคอลัมน์แล้วเติมคอลัมน์ด้วยน้ำกลั่นจนเต็ม จากนั้นจึงเทเม็ดแคดเมียมที่เคลือบด้วยปรอทลงไป ล้างคอลัมน์ด้วย ammonia chloride solution เมื่อไม่ใช้ให้เติม dilute ammonium chloride solution ไว้ (แคดเมียมที่ใช้จนเสื่อมประสิทธิภาพแล้วให้ล้างด้วย 5% HCl แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้งทำให้แห้งที่ 60 องศาเซลเซียส แล้วเคลือบใหม่)

วิธีการวิเคราะห์ในเตรท

ตวงตัวอย่างน้ำ 90 ml (ถ้า pH ของน้ำตัวอย่างมากกว่า 9 ให้ปรับลงมาโดยใช้ 5% HCl ให้ pH อยู่ระหว่าง 8-9) ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 125 ml แล้วเติมแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น (conc NH_4Cl) 2.0 ml ผสมให้เข้ากัน เทลงในคอลัมน์ ปล่อยให้ไหลในอัตรา 5-8 ml/นาที ใช้กระบอกตวงขนาด 50 ml ร่อนน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ออกมา ทิ้งน้ำตัวอย่าง 25-30 ml แรกที่ผ่านคอลัมน์ เก็บน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ 50 ml ไปวิเคราะห์

หลังจากผ่าน reduction column แล้วไม่เกิน 15 นาที นำตัวอย่างน้ำปริมาตร 50 ml เติม sulfanilamide จำนวน 1.0 ml ผสมทิ้งไว้ 2 นาที แต่ไม่เกิน 8 นาที แล้วเติม N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution จำนวน 1.0 ml ผสมทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง วัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV – 160A ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

วิธีวิเคราะห์ฟอสเฟต โดยวิธี ascorbic acid method

การเตรียมสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ฟอสเฟต

1. sulfuric acid solution 5.0 N

เจือจางกรดซัลฟิวริกเข้มข้น จำนวน 70 ml ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 ml เก็บในขวดแก้วสีชา

2. potassium antimonyl tartrate solution

ละลาย potassium antimonyl tartrate ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) จำนวน 1.3715 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 ml เก็บในขวดแก้วสีชา ถ้าสารนี้ยังใสอยู่ก็ใช้ไปเรื่อยๆ

3. ammonium molybdate solution

ละลาย ammonium molybdate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) จำนวน 20 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้ว
ปรับปริมาตรให้เป็น 500 ml เก็บในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ถ้าสารนี้ยังใสอยู่ก็ใช้ได้ไป
เรื่อยๆ

4. ascorbic acid 0.01 M

ละลาย ascorbic acid จำนวน 1.76 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml เก็บ
ในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สารนี้อยู่ได้ประมาณ 1 อาทิตย์

5. standard phosphate solution

ละลาย KH_2PO_4 จำนวน 0.2195 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml
สารละลายนี้จะมีค่าความเข้มข้นของ PO_4^{3-} - P 500 mg/l

การเตรียม standard curve

นำ standard phosphate solution (500 mg/l) มาจำนวน 2.00 ml ใส่ไว้ใน volumetric flask
ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 ml จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของ PO_4^{3-} - P 1.00 mg/l แล้ว
เตรียมสารละลายเพื่อทำ standard curve ตามความเข้มข้นต่อไปนี้ (ใช้ volumetric pipet ในการดูดสาร)

Phosphate-Phosphorous (mg/l)	จำนวน ml ของ 1.00 mg/l $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ที่ pipet มาแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 ml
0.00	0.00
0.02	2.00
0.04	4.00
0.06	6.00
0.08	8.00
0.10	10.00
0.15	15.00
0.20	20.00

วิธีการวิเคราะห์ฟอสเฟต

เตรียม combined reagent ผสม sulfuric acid solution 5.0 N จำนวน 50 ml + potassium antimonyl tartrate solution จำนวน 5 ml + ammonium molybdate solution จำนวน 15 ml + ascorbic acid solution จำนวน 30 ml โดยปรับอุณหภูมิของสารเคมีแต่ละอย่างให้เท่าอุณหภูมิห้องเสียก่อนและผสมเรียงตามลำดับ เมื่อเติมสารตัวหนึ่งลงไปให้ผสมให้เข้ากันก่อนค่อยเติมสารตัวใหม่ลงไป ถ้าเกิด ความขุ่นให้ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที ให้ความขุ่นหายไปก่อนจึงผสมต่อ

ตวงน้ำตัวอย่างจำนวน 50.0 ml ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 125 ml หยด phenolphthalein 1 หยด ถ้ามีสีแดงให้หยด 5.0 N sulfuric acid จนไม่มีสีแดงแล้วเติม combined reagent 8.0 ml ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที วัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV – 160A ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร แต่อย่าทิ้งไว้นานเกิน 30 นาที

วิธีวิเคราะห์ความขุ่นของน้ำ

การเตรียมสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ความขุ่นของน้ำ

1. formazin turbidity standard 4000 NTU

วิธีการ

1. เจือจาง formazin turbidity standard ด้วยน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 5% ซึ่งปริมาณความขุ่นเท่ากับ 800 NTU
2. เปิดเครื่อง spectrophotometer รุ่น HACH DR/2010 เลือกโปรแกรม 750 (กด enter) ปรับความยาวคลื่นเท่ากับ 680 nm
3. วาง blank (น้ำกลั่น) ลงในช่องของเครื่อง spectrophotometer แล้วกด zero
4. วาง formazin turbidity standard 5% ลงในช่องของเครื่อง spectrophotometer แล้วกด read บันทึกค่าที่อ่านได้ซึ่งมีหน่วยเป็น FAU
5. ตวงน้ำตัวอย่างประมาณ 25 ml ใส่ใน sample cell แล้ววางลงในช่องของเครื่อง spectrophotometer แล้วกด read บันทึกค่าที่อ่านได้
6. ปิดเครื่อง spectrophotometer กด exit

ตัวอย่างการคำนวณ

formazin turbidity standard 5% มีปริมาณความขุ่นเท่ากับ 800 NTU

ค่าที่อ่านจากเครื่อง spectrophotometer ของ formazin turbidity standard 5% เท่ากับ 235 FAU

ดังนั้น 235 FAU มีปริมาณความขุ่นเท่ากับ 800 NTU

1 FAU มีปริมาณความขุ่นเท่ากับ $800/235 = 3.404$ NTU

ดังนั้น ค่าที่อ่านจากเครื่อง spectrophotometer ของน้ำตัวอย่างนำมาคูณกับ 3.404 NTU จะได้

ค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่าง ที่มีหน่วยเป็น NTU

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition)

วิธีวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 1984)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ขวดชั่ง (weighing bottle) พร้อมฝาปิด และคีม (tong) สำหรับหยิบขวดชั่ง
3. เตาอบที่ควบคุมอุณหภูมิได้
4. โถดูดความชื้น (desiccator)

วิธีการ

1. หาน้ำหนักที่แน่นอนของขวดชั่ง โดยนำขวดชั่งที่ทำความสะอาดแล้วเข้าตู้อบในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง และวางให้เย็นในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักแล้วทำการอบอีกครั้งประมาณ 1 ชั่วโมง ทำซ้ำจนได้น้ำหนักขวดที่คงที่ (ชั่งน้ำหนักฝาพร้อมขวด)
2. ชั่งน้ำหนักของขวดชั่งและตัวอย่างสดสับละเอียดน้ำหนักประมาณ 2 กรัม ใส่ในขวดชั่งที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วเกลี่ยตัวอย่างแผ่ออกอย่างสม่ำเสมอ
3. นำขวดตัวอย่างพร้อมตัวอย่างเข้าอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส (โดยปิดฝาขวดชั่งไว้) เป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่

4. นำขวดซึ่งออกจากตู้อบ (ปิดฝาขวดก่อนชั่ง) ทำให้เย็นโดยวางขวดซึ่งพร้อมตัวอย่างใน
โถดูดความชื้น แล้วจึงนำออกมาชั่งน้ำหนัก

5. ทำซ้ำข้อ 3 และข้อ 4 แต่ใช้เวลาในการอบเพียง 1 ชั่วโมง ทำซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่
คำนวณหาปริมาณความชื้น

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างสด}} \times 100$$

วิธีวิเคราะห์ปริมาณแก้ว (A.O.A.C., 1984)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (crucible) พร้อมปิศาจ และคีม (tong) สำหรับหยิบถ้วยกระเบื้องเคลือบ
3. เตาอบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (hot air oven)
4. โถดูดความชื้น (desiccator)
5. เตาเผาที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (muffle furnace)
6. ตะแกรงเฝ้า (wire gauze)
7. เตาไฟฟ้า (hot plate)

วิธีการ

1. หาน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยกระเบื้องเคลือบ โดยนำถ้วยกระเบื้องเคลือบที่สะอาดเข้าสู่ตู้อบ อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง และวางให้เย็นในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักแล้วทำการอบซ้ำอีกครั้งประมาณ 1 ชั่วโมง ทำซ้ำจนได้น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบที่คงที่ (ชั่งน้ำหนักเฝ้าพร้อมถ้วยกระเบื้องเคลือบ)

2. ชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างแห้งที่บดละเอียดน้ำหนักประมาณ 0.5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

3. นำถ้วยกระเบื้องเคลือบพร้อมตัวอย่างเผาที่อุณหภูมิต่างๆ ก่อนจนหมดวัน (ในตู้ดูดควัน) แล้วจึงนำเข้าเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส นานประมาณ 8-12 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะได้แก้วสีเทาอ่อน หรือสีขาวสม่ำเสมอ ไม่มีส่วนที่เป็นสีดำเหลืออยู่

4. หลังเปิดเตาเผา รอให้อุณหภูมิของเตาเผาลดเหลือประมาณ 100 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำถ้วยกระเบื้องเคลือบพร้อมตัวอย่างวางให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วจึงนำออกมาชั่ง คำนวณหาปริมาณแก้ว

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณแก้ว (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักแก้ว} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

วิธีวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 1984)

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีนแบบ Kjeldaltherm system ประกอบด้วยเครื่องย่อยรุ่น BUCHI 435 เครื่องกลั่น (distillation) รุ่น BUCHI 323 และเครื่องกำจัดควันพิษ (scrubber unit) รุ่น BUCHI 412

2. หลอดย่อยโปรตีน

สารเคมี

1. สารเร่งปฏิกิริยา (caralysts) ซึ่งประกอบด้วย selenium reagent mixture
2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4)
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์
4. กรดบอริก (boric acid) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยละลายกรดบอริก 20 กรัมด้วยน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตร 1000 ml
5. อินดิเคเตอร์ เตรียมโดยละลายโบรโมครีซอลกรีน (bromocresal green) 0.5 กรัม และเมทิลเรด (methyl red) 1 กรัม ในเอทานอล (ethanol) ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 ml
6. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4) 0.01 N ที่ทำการหาความเข้มข้นที่แน่นอน

การย่อยโปรตีน

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในหลอดย่อยโปรตีนและเตรียมหลอดเปรียบเทียบกับ (blank)
2. เติมสาร selenium reagent mixture 1 กรัม เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร
3. ปิดฝาด้วยหลอดคอนเดนเซอร์ (condenser) ของระบบเครื่องกำจัดควัน แล้วยกหลอดย่อยโปรตีนหย่อนลงในหลุมของเตาย่อย เปิดเครื่องดูดควันและเครื่องกำจัดควัน
4. ทำการย่อยโดยในระยะแรกจะให้ความร้อนอ่อนๆก่อน จนกระทั่งหมดฟองเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วจึงเพิ่มไฟให้แรงขึ้นย่อยจนกระทั่งได้สารละลายใสหรือไม่มีสี ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
5. ยกหลอดออกจากเตา ปิดเครื่องย่อยแต่ยังคงเปิดเครื่องดูดควัน และกำจัดควันต่อไปอีกจนกว่าไม่มีควัน
6. ปิดน้ำและปิดเครื่องกำจัดควัน วางตัวอย่างให้เย็น

การกลั่น

1. เปิดน้ำที่ต่อกับเครื่องกลั่นและเปิดเครื่องกลั่นทิ้งไว้ รอจนปั๊มสุญญากาศมีไฟกระพริบขึ้นจึงจะใช้งานได้
2. ใส่หลอดย่อยโปรตีนที่มีสารละลายที่ผ่านการย่อยแล้วลงในแท่นรองหน้าเครื่องกลั่น

3. นำ erlenmeyer flask ที่มีสารละลายกรดบอริก 50 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด วางไว้ที่แท่นรองหน้าเครื่องกลั่น โดยให้ปลายเครื่องควบแน่นจุ่มลงในสารละลายบอริก
4. ทำการกลั่นโดยเติมน้ำกลั่นประมาณ 15 มิลลิลิตร และ 32 เปอร์เซ็นต์โซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 มิลลิลิตร
5. กดปุ่มสตาร์ท เพื่อเริ่มทำการกลั่น
6. เก็บสารละลายที่ได้จากการกลั่นไว้ใน erlenmeyer flask ให้ได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ทำในลักษณะเดียวกันกับตัวอย่างอื่นๆจนกระทั่งหมดตัวอย่าง
7. นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นใน erlenmeyer flask ของหลอดเปรียบเทียบและหลอดตัวอย่างมาไตเตรทกับ 0.01 นอร์มอล สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก จนได้สารละลายเป็นสีชมพู นำปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไตเตรทไปคำนวณหาปริมาณโปรตีน

การคำนวณ

มิลลิลิตร ของสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ทำปฏิกิริยาพอดีกับในไตรเจน 0.0014 mg

ความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดที่ใช้คือ

A นอร์มอล

ปริมาตรของกรดกำมะถันที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง

B มิลลิลิตร

ปริมาตรของกรดกำมะถันที่ใช้ในการไตเตรท blank

C มิลลิลิตร

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

D กรัม

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง D กรัม} = \frac{1.4 * A}{0.1} \times \frac{B - C}{1} \quad \text{มิลลิกรัม}$$

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง 100 กรัม} = \frac{1.4 * A}{0.1} \times \frac{B - C}{1} \times \frac{100}{D} \quad \text{มิลลิกรัม}$$

ปริมาณโปรตีนสามารถคำนวณได้จากปริมาณไนโตรเจนโดยยึดหลักดังนี้ คือ โปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 16 ดังนั้น

ไนโตรเจน 1 กรัม มาจากโปรตีน $100/16 = 6.25$ กรัม นั่นคือ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{0.0014 * A * (B - C) * 100 * 6.25}{0.1 * D}$$

เมื่อ A = ความเข้มข้นกรดกำมะถัน

B = ปริมาตรของกรดกำมะถันที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง

C = ปริมาตรของกรดกำมะถันที่ใช้ในการไตเตรท blank

D = น้ำหนักตัวอย่าง

วิธีวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 1984)

อุปกรณ์

1. เตาอบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (hot air oven)
2. extraction thimble สำหรับใส่ตัวอย่าง
3. extraction cup
4. เครื่องทำความเย็น (cooling unit)
5. เครื่อง SOXTEC SYSTEM HT ซึ่งประกอบด้วย Soxtec system HT 1043 extraction unit และ Soxtec system HT 1044 service unit

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเธอร์ (petroleum ether)

วิธีการ

1. เปิดเครื่องทำความเย็นควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และเปิดน้ำให้เข้าเครื่อง extraction unit
2. ตั้งอุณหภูมิของเครื่องตัดอุณหภูมิอัตโนมัติของเครื่อง service unit ไว้ที่ 110 องศาเซลเซียส (สำหรับปิโตรเลียมอีเธอร์)

3. ชั่งน้ำหนัก extraction cup ที่ผ่านการอบและทำให้เย็นลงในโถดูดความชื้น
4. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน วางลงบนกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ใน thimble
5. นำ thimble ต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ (condenser) ของ extraction unit
6. เติมปิโตรเลียมอีเธอร์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงใน extraction cup แล้วนำไปเข้า extraction unit
7. เริ่มสกัดไขมันโดยเลื่อนปุ่มบังคับ thimble ไปอยู่ตำแหน่ง boiling เพื่อให้ thimble จุ่มอยู่ในปิโตรเลียมอีเธอร์ โดยที่วาล์วของคอนเดนเซอร์อยู่ในลักษณะเปิดเป็นเวลา 30 นาที
8. เลื่อนปุ่มบังคับ thimble ไปยังตำแหน่ง rinsing เพื่อให้ปิโตรเลียมอีเธอร์ไหลชะล้างตัวอย่างเป็นเวลานาน 30 นาที
9. หลังจากนั้นปิดวาล์วของคอนเดนเซอร์ เพื่อรวบรวมปิโตรเลียมอีเธอร์ไว้ พร้อมกับกดสวิทช์ air ของ service unit และเลื่อนคันโยก evaporation ของ extraction unit ขึ้นเพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเธอร์ที่ยังตกค้างอยู่ใน extraction cup ให้ระเหยเป็นเวลา 30 นาทีแล้วเลื่อนคันโยก evaporation ลง
10. นำ extraction cup และ thimble ออกจาก extraction unit
11. นำ extraction cup ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมงแล้วนำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{(W3 - W2)}{W1} \times 100$$

เมื่อ $W1$ = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

$W2$ = น้ำหนัก extraction cup (กรัม)

$W3$ = น้ำหนัก extraction cup และปริมาณไขมันที่สกัดได้

การวิเคราะห์หาปริมาณไฟเบอร์ (A.O.A.C., 1984)

อุปกรณ์

1. เครื่อง fibertec system M ซึ่งประกอบด้วย

- 1020 hot extraction unit (HEU)
- 1021 cold extraction unit (CEU) 1022
- เตาไฟฟ้า (hot plate)
- แผงกันความร้อน (heat reflector)
- crucible stand
- crucible holder
- filter crucible
- ขวดดัดสารเคมี
- สเปรย์ฉีดน้ำร้อน
- เตาอบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (hot air oven)

2. เตาเผาที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (muffle furnace)

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.128 โมลาร์
2. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 0.223 โมลาร์
3. อะซิโตน (acetone)
4. n-octanol

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด 0.5 กรัม ใส่ลงใน filter crucible
2. ต้มสารละลายของกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ให้มีอุณหภูมิประมาณ 95-100 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาไฟฟ้า (hot plate)
3. นำ filter crucible ที่มีตัวอย่าง ไปติดตั้งกับ hot extraction unit
4. วางแผนกันความร้อนไว้หน้า crucible
5. เลื่อนปุ่มบังคับวาล์วทุกอันให้อยู่ในตำแหน่งปิด (ทั้ง hot extraction unit และ cold extraction unit)
6. เปิดน้ำไหลผ่านเข้าเครื่อง 1-2 ลิตรต่อนาที เปิดสวิตช์ main ของเครื่อง
7. เติมสารละลายของกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ที่ต้มเอาไว้ในตัวอย่าง ตัวอย่างละ 150 ml

8. เพิ่มความร้อน โดยหมุนปุ่มควบคุมไปตามเข็มนาฬิกา จนกระทั่งขวดลวดติดไฟ
9. หยด n-octanol ลงไปในแต่ละตัวอย่างเพื่อป้องกันการเกิดฟอง
10. เมื่อสารละลายเริ่มเดือดให้ลดความร้อนลงอย่าให้สารละลายเดือดมากเกินไป
11. ขณะที่ต้มตัวอย่างให้เติมน้ำกลั่น และต้มสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ไว้บนเตาไฟฟ้าด้วย
12. ต้มตัวอย่างในสารละลายของกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นจึงปิดปุ่มให้ความร้อน
13. กรองสารละลายออกโดยเลื่อนวาล์วมาที่ตำแหน่ง vacuum พร้อมกับปิดก๊อกน้ำเพื่อให้ vacuum ทำงาน หลังจากกรองเสร็จแล้วให้เลื่อนปุ่มบังคับวาล์วไปที่ตำแหน่งปิด ในระหว่างกรองถ้าจำเป็นต้องใช้แรงดัน ให้เลื่อนปุ่มบังคับวาล์วไปที่ตำแหน่ง pressure หลังจากนั้นให้เลื่อนลงมาตำแหน่ง vacuum อีกครั้ง
14. ล้างตัวอย่างที่ต้มด้วยกรด โดยน้ำกลั่นที่ต้มไว้ 3 ครั้ง โดยการฉีดสเปรย์ฉีดน้ำร้อนแล้วกรองจนตัวอย่างแห้ง
15. เติมสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ที่ต้มไว้แล้วลงในตัวอย่างๆ ละ 150 มิลลิลิตร
16. หยด n-octanol 1-2 หยด และต้มตัวอย่างในลักษณะเดียวกับการต้มกรด
17. กรองและล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้งเช่นเดียวกับการต้มด้วยกรด
18. นำ filter crucible ออกมาโดยใช้ crucible holder จับแล้วย้าย filter crucible จาก hot extraction unit ไปใส่ใน cold extraction unit เพื่อล้างส่วนที่เหลือด้วยอะซิโตน 3 ครั้ง

19. ปิดเครื่อง fibertec system M
20. อบ filter crucible ในเตาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสตลอดคืน หลังจากนั้นวางให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของ filter crucible พร้อมตัวอย่าง
21. นำตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง แล้ววางให้เย็นในโถดูดความชื้น

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไฟเบอร์ (ร้อยละ)} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_0} \times 100$$

เมื่อ W_0 = น้ำหนัก crucible ที่ยังไม่มีตัวอย่าง

W_1 = น้ำหนัก crucible และตัวอย่างหลังอบ

W_2 = น้ำหนัก crucible และตัวอย่างหลังการเผา

วิธีหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยการคำนวณ (อรพินท์, 2537)

การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการคำนวณ จะต้องหาค่าประกอบทางเคมีอย่างอื่น เป็นร้อยละก่อน ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และไฟเบอร์ แล้วนำค่าทั้งหมดดังกล่าวมารวมกัน ผลต่างระหว่าง 100 กับค่ารวมของความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และไฟเบอร์จะเป็นค่าของ คาร์โบไฮเดรต

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)} = 100 - (\text{ความชื้น} + \text{โปรตีน} + \text{ไขมัน} + \text{เถ้า} + \text{ไฟเบอร์})\%$$

วิธีวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (ทศนิยม และคณะ, 2537)

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวิเคราะห์ไนโตรเจน แบบ Kjeldaltherm system ประกอบด้วยเครื่องย่อยรุ่น BUCHI 435 เครื่องกลั่น (distillation) รุ่น BUCHI 323 และเครื่องกำจัดควันพิษ (scrubber unit) รุ่น BUCHI 412

2. หลอดย่อยไนโตรเจน

สารเคมี

1. สารเร่งปฏิกิริยา (catalysts) ซึ่งประกอบด้วย selenium reagent mixture
2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4)
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์
4. กรดบอริก (boric acid) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เตรียมละลายกรดบอริก 20 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วทำปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร
5. อินดิเคเตอร์ เตรียมโดยละลายโบรโมครีซอลกรีน (bromocresal green) 0.5 กรัม และเมทิลเรด (methyl red) 1 กรัม ในเอทานอล (ethanol) ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
6. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4) 0.01 นอร์มอล (N) ที่ทำการหาความเข้มข้นที่แน่นอน

การย่อย

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.4 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในหลอดย่อยไนโตรเจนและเตรียมหลอดเปรียบเทียบกับ (blank)
2. เติมสาร selenium reagent mixture 1 กรัม เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร
3. ปิดฝาด้วยหลอดคอนเดนเซอร์ (condenser) ของระบบเครื่องกำจัดควัน แล้วยกหลอดย่อยไนโตรเจนหย่อนลงในหลุมของเตาย่อย เปิดเครื่องดูดควันและเครื่องกำจัดควัน
4. ทำการย่อยโดยในระยะแรกจะให้ความร้อนอ่อนๆก่อน จนกระทั่งหมดฟองเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วจึงเพิ่มไฟให้แรงขึ้นย่อยจนกระทั่งได้สารละลายใสหรือไม่มีสี ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
5. ยกหลอดออกจากเตา ปิดเครื่องย่อยแต่ยังคงเปิดเครื่องดูดควัน และกำจัดควันต่อไปอีกจนกว่าไม่มีควัน
6. ปิดน้ำและปิดเครื่องกำจัดควัน วางตัวอย่างให้เย็น
7. ปรับปริมาตรตัวอย่างที่ย่อยแล้วเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน กรองด้วยกระดาษกรอง แล้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน เทสารละลายใสส่วนบนเก็บไว้ในขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตรที่มีฝาปิด เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน

การกลั่น

1. เปิดน้ำที่ต่อกับเครื่องกลั่นและเปิดเครื่องกลั่นทิ้งไว้ รอจนปั๊มสุญญากาศมีไฟกระพริบขึ้นจึงจะใช้งานได้
2. ใส่หลอดย่อยไนโตรเจนมีสารละลายที่ผ่านการย่อยแล้วลงในแท่นรองหน้าเครื่องกลั่น

3. นำ erlenmeyer flask ที่มีสารละลายกรดบอริก 5 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด วางไว้ที่แท่นรองหน้าเครื่องกลั่น โดยให้ปลายเครื่องควบแน่นจุ่มลงในสารละลายบอริก
4. ทำการกลั่นโดยเติมน้ำกลั่นประมาณ 100 มิลลิลิตร และ 32 เปอร์เซ็นต์โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 มิลลิลิตร
5. กดปุ่มสตาร์ท เพื่อเริ่มทำการกลั่น
6. เก็บสารละลายที่ได้จากการกลั่นไว้ใน erlenmeyer flask ให้ได้ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ทำในลักษณะเดียวกันกับตัวอย่างอื่นๆจนกระทั่งหมดตัวอย่าง
7. นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นใน erlenmeyer flask ของหลอดเปรียบเทียบและหลอดตัวอย่างมาไทเทรตกับ 0.1 นอร์มอล สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก จนได้สารละลายเป็นสีชมพู นำปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรตไปคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)} = \frac{(A - B) * C * 0.014 * 100}{D * E}$$

เมื่อ A = ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไตเตรทกับ blank

C = ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก

D = น้ำหนักตัวอย่าง

E = ปริมาตรสารละลายส่วนใสที่ได้จากการย่อย (ml)

วิธีวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน (สรสิทธิ์ และคณะ, 2537)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ขวดรูปชมพู่ erlenmeyer flask
3. volumetric pipet
4. buret
5. กระบอกตวง

สารเคมี

1. สารละลายโพแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 0.1 นอร์มอล (N) โดยเตรียมละลาย $K_2Cr_2O_7$ (อบที่ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง) 49.04 กรัม ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรทั้งหมด 1 ลิตร

2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4)

3. เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) 0.5 นอร์มอล เตรียมโดยใช้ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 100 กรัม ละลายในน้ำกลั่นเดิม H_2SO_4 เข้มข้น 8 มิลลิลิตร ทำให้เย็นปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร

4. O-phenanthroline ferrous sulfate indicator (0.025 โมลาร์) เตรียมโดยละลาย O-phenanthroline 1.6278 กรัม และ ferrous sulfate ($FeSO_4 \cdot 7 H_2O$) 0.07 กรัม ในน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างสาหร่ายซึ่งบดแล้วอย่างละเอียด (ผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร) ประมาณ 0.03 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ และให้ทำ blank เปรียบเทียบ

2. เติมน้ำยาไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 0.1 นอร์มอล (N) ลงไป 5 มิลลิลิตร

3. รินกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไป 10 มิลลิลิตร โดยเร็ว แก้ว flask ไปรอบๆ เบาๆ เพื่อให้ น้ำยากับสาหร่ายเข้ากันประมาณ 1-2 นาที แล้วทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 1 คืน

4. เติมน้ำกลั่นลงไป 20 มิลลิลิตร และหยดอินดิเคเตอร์ลงไป 8 หยด

5. ไตเตรตด้วยน้ำยาเฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) จนกระทั่งสีของ suspension เปลี่ยนจากสีเขียว เป็นสีน้ำตาลปนแดง

6. จดปริมาณของน้ำยาโปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) และเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ที่ใช้ไตเตรท

การคำนวณ

$$\text{Organic carbon (\%)} = \frac{(\text{ปริมาณ } K_2Cr_2O_7 \text{ ที่เติม} - \text{ปริมาณ } FeSO_4 \text{ ที่ใช้ไตเตรท}) \times 0.003 \times 100 \times 1.33}{\text{น้ำหนักสารห่วย (กรัม)}}$$

ตารางผนวกที่ 1 อุณหภูมิอากาศ (°C) บริเวณบ่อที่เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนัสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547 (- หมายถึง ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้)

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม		สาหร่าย 1000 กรัม		สาหร่าย 1500 กรัม	
	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง
พ.ค.	36.00	25.00	36.00	25.00	36.00	25.00
พ.ค.	34.00	32.50	34.00	32.50	34.00	32.50
มิ.ย.	34.00	29.00	34.00	29.00	34.00	29.00
มิ.ย.	33.00	30.00	33.00	30.00	33.00	30.00
มิ.ย.	33.50	34.00	33.50	34.00	33.50	34.00
มิ.ย.	34.00	32.50	34.00	32.50	34.00	32.50
ก.ค.	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00
ก.ค.	34.50	33.00	34.50	33.00	34.50	33.00
ก.ค.	34.00	35.00	34.00	35.00	34.00	35.00
ก.ค.	33.00	27.00	33.00	27.00	33.00	27.00
ส.ค.	32.00	30.00	32.00	30.00	32.00	30.00
ส.ค.	28.00	30.50	28.00	30.50	28.00	30.50
ส.ค.	30.50	33.00	30.50	33.00	30.50	33.00
ส.ค.	28.50	35.00	28.50	35.00	28.50	35.00
ส.ค.	30.00	28.00	30.00	28.00	30.00	28.00
ก.ย.	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
ก.ย.	32.00	33.00	32.00	33.00	32.00	33.00
ก.ย.	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
ก.ย.	31.00	37.00	31.00	37.00	31.00	37.00
ต.ค.	32.00	34.00	32.00	34.00	32.00	34.00
ต.ค.	30.00	26.00	30.00	26.00	30.00	26.00
ต.ค.	30.00	32.50	30.00	32.50	30.00	32.50
ต.ค.	28.00	25.00	28.00	25.00	28.00	25.00
พ.ย.	29.00	31.00	29.00	31.00	29.00	31.00
พ.ย.	32.00	32.00	32.00	32.00	-	-
พ.ย.	30.00	29.00	30.00	29.00	-	-
พ.ย.	30.00	32.00	30.00	32.00	-	-
ธ.ค.	30.00	30.00	30.00	30.00	-	-

ตารางผนวกที่ 3 อุณหภูมิอากาศ (°C) บริเวณบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวัน(c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

[illegible]

ตารางผนวกที่ 4 อุณหภูมิบริเวณผิวหน้า (°C) บริเวณบ่อที่เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (- หมายถึง ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้)

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม		สาหร่าย 1000 กรัม		สาหร่าย 1500 กรัม	
	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง
พ.ค.	26.00	27.00	26.00	27.00	26.00	27.00
พ.ค.	26.00	28.00	26.00	28.00	26.00	28.00
มิ.ย.	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
มิ.ย.	31.00	27.50	31.00	28.00	31.00	27.50
มิ.ย.	29.00	28.00	29.00	28.00	29.00	28.00
มิ.ย.	28.50	29.00	28.50	29.00	28.50	29.00
ก.ค.	30.00	29.00	30.00	29.00	29.50	29.00
ก.ค.	31.00	28.00	31.00	28.50	31.00	29.00
ก.ค.	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
ก.ค.	30.00	24.50	31.00	24.00	31.50	24.00
ส.ค.	24.50	26.00	24.00	26.00	24.00	26.00
ส.ค.	26.00	26.00	27.00	26.00	27.50	26.00
ส.ค.	26.00	29.00	27.00	29.00	27.00	28.50
ส.ค.	28.00	31.00	27.00	30.00	28.00	31.00
ส.ค.	30.00	29.00	30.00	29.00	30.00	29.00
ก.ย.	30.00	27.00	30.00	27.00	30.00	27.00
ก.ย.	26.00	30.00	26.00	30.00	26.00	30.00
ก.ย.	28.00	27.00	28.00	27.50	28.00	27.50
ก.ย.	30.00	29.00	30.00	28.50	29.00	29.00
ต.ค.	30.00	27.00	30.00	27.00	30.00	27.00
ต.ค.	29.50	27.00	30.00	27.00	30.00	27.00
ต.ค.	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00
ต.ค.	32.00	29.00	32.00	29.00	32.00	29.00
พ.ย.	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00
พ.ย.	32.00	30.00	32.00	30.00	-	-
พ.ย.	34.00	30.00	34.00	30.00	-	-
พ.ย.	30.00	29.00	30.00	29.00	-	-
ธ.ค.	30.00	28.00	30.00	28.00	-	-

[illegible]

ตารางผนวกที่ 6 อุณหภูมิบริเวณผิวหน้า (°C) บริเวณบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่าย
 วั่น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500
 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือน
 พฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
พ.ค.	29.00	29.00	28.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00
มิ.ย.	30.00	30.00	30.50	30.00	30.50	30.00	30.00	30.00	30.00
มิ.ย.	28.00	28.00	27.50	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.50
มิ.ย.	28.50	28.50	28.50	28.50	28.00	28.00	28.50	28.50	28.00
มิ.ย.	29.00	29.00	28.50	29.50	29.50	29.00	29.00	29.00	29.00
ก.ค.	30.00	30.00	29.50	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
ก.ค.	29.00	29.00	28.00	29.00	29.00	29.50	29.00	29.00	29.00
ก.ค.	30.50	30.00	29.50	30.50	30.50	30.00	30.50	30.00	30.00
ก.ค.	25.00	25.00	24.50	24.50	2.50	24.50	24.50	24.50	24.50
ส.ค.	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	25.50	25.50
ส.ค.	27.00	26.50	26.00	27.00	27.50	26.50	26.50	26.50	26.00
ส.ค.	27.00	27.00	27.00	28.00	28.00	29.00	28.00	29.00	29.00
ส.ค.	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00
ส.ค.	29.00	29.00	29.00	29.50	29.50	29.00	29.00	29.00	29.00
ก.ย.	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	24.00	27.00	27.00	26.00
ก.ย.	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
ก.ย.	27.50	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
ก.ย.	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.50	29.00	29.00
ต.ค.	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
ต.ค.	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
ต.ค.	29.00	29.00	29.00	29.50	29.50	29.50	29.00	29.00	29.00
ต.ค.	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00
พ.ย.	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00
พ.ย.	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.00	31.00	30.00	30.00
พ.ย.	30.00	31.00	31.00	29.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
พ.ย.	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
ธ.ค.	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	27.50	27.50

ตารางผนวกที่ 7 ความขุ่น (NTU) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (- หมายถึง ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้)

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม		สาหร่าย 1000 กรัม		สาหร่าย 1500 กรัม	
	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง
พ.ค.	37.40	85.00	47.60	91.80	44.20	85.00
พ.ค.	85.00	91.80	91.80	78.20	85.00	91.80
มิ.ย.	91.80	176.80	81.60	115.60	105.40	129.20
มิ.ย.	129.20	30.50	125.80	6.78	146.20	3.39
มิ.ย.	3.39	0.00	3.39	0.00	3.39	3.39
มิ.ย.	0.00	10.17	0.00	3.39	0.00	10.17
ก.ค.	16.95	10.17	0.00	10.17	47.46	23.73
ก.ค.	13.56	33.90	6.78	6.78	10.17	27.12
ก.ค.	0.00	10.17	0.00	6.78	6.78	3.39
ก.ค.	6.78	30.50	6.78	13.56	0.00	44.07
ส.ค.	30.50	140.30	13.56	91.50	44.07	0.00
ส.ค.	70.15	54.90	67.10	0.00	67.10	0.00
ส.ค.	51.85	67.10	45.75	94.55	70.15	67.10
ส.ค.	67.00	73.20	115.90	0.00	73.20	73.20
ส.ค.	70.15	91.50	64.05	100.65	70.15	76.25
ก.ย.	61.00	64.05	64.05	0.00	67.10	57.95
ก.ย.	61.00	51.85	57.95	48.80	70.15	54.90
ก.ย.	61.00	39.65	54.90	39.65	57.95	45.75
ก.ย.	42.70	27.45	39.65	21.35	51.85	24.40
ต.ค.	27.45	2.65	24.40	2.65	24.40	31.80
ต.ค.	5.30	10.60	15.90	13.25	15.90	10.60
ต.ค.	0.00	13.25	0.00	13.25	0.00	13.25
ต.ค.	10.60	7.95	10.60	2.65	21.20	5.30
พ.ย.	5.30	5.30	23.85	2.65	13.25	0.00
พ.ย.	7.95	7.95	2.65	5.30	-	-
พ.ย.	18.55	0.00	13.25	5.30	-	-
พ.ย.	0.00	2.65	0.00	0.00	-	-
ธ.ค.	7.95	2.65	13.25	2.65	-	-

ตารางผนวกที่ 8 ความขุ่น (NTU) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น (c) ใน การทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนัก สด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	88.40	88.40	88.40	98.60	105.40	95.20	102.00	102.00	115.60
พ.ค.	95.20	95.20	105.40	91.80	95.20	88.40	88.40	88.40	88.40
มิ.ย.	180.20	204.00	214.20	129.20	115.60	180.20	95.20	95.20	136.00
มิ.ย.	33.90	57.60	13.50	20.34	20.34	20.34	0.00	0.00	6.78
มิ.ย.	0.00	40.68	0.00	10.17	13.56	27.12	3.39	0.00	3.39
มิ.ย.	0.00	10.17	6.78	0.00	6.78	0.00	10.17	10.17	0.00
ก.ค.	6.78	10.17	6.78	6.78	13.56	13.56	33.90	33.90	0.00
ก.ค.	10.17	13.56	6.78	6.78	20.34	23.73	3.39	3.39	6.78
ก.ค.	3.39	6.78	6.78	16.95	3.39	0.00	6.78	6.78	10.17
ก.ค.	122.04	111.87	132.21	108.48	74.58	81.36	67.80	40.68	33.90
ส.ค.	131.15	112.85	82.35	85.40	79.30	54.90	103.70	115.90	85.40
ส.ค.	64.05	64.05	64.05	85.40	97.60	64.50	106.75	97.60	94.55
ส.ค.	94.55	97.60	85.40	85.40	100.65	54.90	120.00	146.40	106.75
ส.ค.	88.45	88.45	76.25	79.30	70.15	70.15	109.80	79.30	61.00
ส.ค.	67.10	67.10	70.15	70.15	76.25	10.15	70.15	91.50	73.20
ก.ย.	61.00	57.95	57.95	54.90	54.90	51.80	57.95	54.90	57.95
ก.ย.	84.06	84.60	48.80	54.90	57.95	84.06	51.85	45.75	51.85
ก.ย.	42.70	36.60	36.60	42.70	33.55	36.60	33.55	42.70	39.65
ก.ย.	24.40	30.50	30.50	21.35	27.45	21.35	24.40	27.45	21.35
ต.ค.	2.65	2.65	5.30	7.95	10.60	10.60	2.65	0.00	0.00
ต.ค.	0.00	0.00	0.00	2.65	7.95	13.25	15.90	18.55	10.60
ต.ค.	2.65	0.00	5.30	7.95	2.65	2.65	5.30	0.00	2.65
ต.ค.	2.65	0.00	0.00	2.65	2.65	2.65	21.20	5.30	10.60
พ.ย.	29.15	18.55	10.60	10.60	13.25	10.60	18.55	2.65	5.30
พ.ย.	2.65	0.00	2.65	66.25	23.85	42.40	2.65	2.65	0.00
พ.ย.	18.55	26.50	18.55	23.85	21.20	20.10	15.90	15.90	90.10
พ.ย.	26.50	26.50	7.95	23.85	50.30	5.30	18.55	23.85	21.20
ธ.ค.	7.95	10.60	10.60	31.80	23.85	18.55	10.60	7.95	5.30

ตารางผนวกที่ 9 ความขุ่น (NTU) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น (c) ใน
การทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนัก
สด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง
เดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	98.60	98.60	91.80	78.20	81.60	85.00	91.80	85.00	88.40
พ.ค.	119.00	108.80	115.60	98.60	102.00	95.20	102.00	122.40	112.40
มิ.ย.	221.00	227.80	224.40	176.80	170.00	163.20	149.60	146.20	142.80
มิ.ย.	10.17	6.78	6.78	10.17	6.78	6.78	16.95	10.17	13.50
มิ.ย.	10.10	6.78	0.00	6.78	3.39	40.68	0.00	0.00	3.39
มิ.ย.	77.97	10.17	6.78	0.00	10.17	10.17	6.78	0.00	6.78
ก.ค.	10.17	6.78	3.39	20.34	10.17	6.78	10.17	33.90	33.90
ก.ค.	33.90	3.39	10.17	16.95	10.17	16.95	23.73	16.95	40.68
ก.ค.	10.17	3.39	10.17	0.00	6.78	3.39	0.00	0.00	0.00
ก.ค.	115.26	27.12	64.41	84.75	88.14	0.00	54.24	40.68	30.51
ส.ค.	57.95	61.00	39.65	109.80	79.30	57.95	109.80	61.00	51.85
ส.ค.	115.90	67.10	73.20	57.95	128.10	51.85	70.15	75.00	79.30
ส.ค.	146.40	91.50	76.25	183.00	125.05	79.30	79.30	82.35	76.25
ส.ค.	76.00	82.35	76.25	79.30	76.25	70.15	73.20	70.15	70.15
ส.ค.	118.95	115.90	125.05	131.15	94.55	76.25	97.60	152.50	109.80
ก.ย.	67.10	67.10	57.95	51.85	48.80	57.95	70.15	82.35	57.95
ก.ย.	64.05	88.45	61.00	45.75	42.70	42.70	42.70	48.80	51.85
ก.ย.	24.40	27.45	36.60	21.35	24.40	24.40	27.45	27.50	30.50
ก.ย.	0.00	12.20	3.05	3.05	6.10	15.25	18.30	42.70	24.40
ต.ค.	2.65	5.30	7.95	5.30	2.65	7.95	7.95	10.60	7.95
ต.ค.	42.40	7.95	5.30	7.95	2.65	0.00	2.65	10.60	5.30
ต.ค.	26.50	10.60	2.65	5.30	10.60	23.85	5.30	5.40	0.00
ต.ค.	21.20	23.85	10.60	13.25	7.95	7.95	7.95	7.95	2.65
พ.ย.	7.95	10.60	2.65	5.30	2.65	2.65	2.65	23.85	5.30
พ.ย.	7.95	10.60	15.90	39.75	10.60	10.60	5.30	7.95	10.60
พ.ย.	23.85	26.50	0.00	55.65	31.80	15.90	15.90	23.85	15.90
พ.ย.	42.40	26.50	45.05	42.40	68.90	45.05	29.15	34.45	76.85
ธ.ค.	37.10	34.45	26.50	23.85	29.15	26.50	21.20	26.50	18.55

ตารางผนวกที่ 10 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนกสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547 (- หมายถึง ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้)

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม		สาหร่าย 1000 กรัม		สาหร่าย 1500 กรัม	
	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง
พ.ค.	8.7	8.6	8.7	8.6	8.7	8.6
พ.ค.	8.6	8.3	8.3	8.4	8.6	8.4
มิ.ย.	8.3	8.3	8.3	8.4	8.2	8.4
มิ.ย.	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2	8.3
มิ.ย.	8.2	8.3	8.2	8.4	8.2	8.4
มิ.ย.	8.3	8.3	8.4	8.4	8.4	8.4
ก.ค.	8.5	8.4	8.5	8.5	8.5	8.5
ก.ค.	8.3	8.5	8.2	8.5	8.3	8.6
ก.ค.	8.4	8.4	8.4	8.4	8.3	8.4
ก.ค.	8.4	8.4	8.2	8.4	8.2	8.5
ส.ค.	8.4	8.3	8.4	8.2	8.5	8.3
ส.ค.	8.3	8.3	8.3	8.4	8.3	8.4
ส.ค.	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2	8.2
ส.ค.	8.3	8.4	8.3	8.4	8.2	8.4
ส.ค.	8.4	8.3	8.2	8.3	8.2	8.3
ก.ย.	8.2	8.1	8.3	8.1	8.3	8.2
ก.ย.	8.1	8.4	8.1	8.3	8.1	8.4
ก.ย.	8.1	8.3	8.1	8.2	8.2	8.2
ก.ย.	8.1	8.1	8.1	8.0	8.1	8.1
ต.ค.	8.0	8.1	8.0	8.1	8.0	8.2
ต.ค.	8.0	9.8	8.0	9.5	8.0	9.3
ต.ค.	7.9	8.5	7.9	8.5	7.9	8.6
ต.ค.	8.7	8.7	8.7	8.6	8.7	8.5
พ.ย.	8.8	8.7	8.8	8.7	8.8	8.6
พ.ย.	8.9	7.6	8.9	7.6	-	-
พ.ย.	8.0	7.6	8.0	7.6	-	-
พ.ย.	8.0	7.1	8.0	7.0	-	-
ธ.ค.	7.1	7.1	7.1	7.1	-	-

ตารางผนวกที่ 12 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	8.3	8.6	8.7	8.6	8.7	8.7	8.8	8.8	8.8
พ.ค.	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.4	8.5	8.5	8.5
มิ.ย.	8.5	8.5	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.7
มิ.ย.	8.2	8.3	8.3	8.4	8.3	8.3	8.4	8.4	8.4
มิ.ย.	8.1	8.2	8.2	8.4	8.4	8.4	8.5	8.5	8.5
มิ.ย.	8.3	8.4	8.4	8.5	8.5	8.5	8.6	8.6	8.6
ก.ค.	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.8	8.9	8.9
ก.ค.	8.6	8.6	8.5	8.6	8.6	8.6	8.6	8.7	8.6
ก.ค.	8.7	8.8	8.7	8.5	8.5	8.5	8.4	8.6	8.3
ก.ค.	8.6	8.5	8.6	8.6	8.6	8.6	8.7	8.6	8.5
ส.ค.	8.2	8.1	8.2	8.3	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3
ส.ค.	8.3	8.5	8.5	8.3	8.3	8.0	8.0	8.0	8.1
ส.ค.	8.2	8.3	8.5	8.3	8.3	8.3	8.2	8.2	8.2
ส.ค.	8.0	8.1	8.0	8.3	8.4	8.3	8.3	8.4	8.3
ส.ค.	8.0	8.0	8.0	8.2	8.4	8.3	8.2	8.2	8.3
ก.ย.	8.0	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.1	8.1
ก.ย.	8.0	8.2	8.1	8.0	8.0	8.2	8.0	8.0	8.1
ก.ย.	7.8	7.8	7.9	7.9	8.0	8.0	7.9	7.9	8.0
ก.ย.	7.8	8.0	7.9	7.9	7.9	7.9	7.8	7.8	7.9
ต.ค.	7.5	7.9	7.6	7.7	7.7	7.7	7.6	7.6	7.6
ต.ค.	8.9	8.8	8.9	9.2	9.1	9.2	8.9	9.1	8.6
ต.ค.	8.3	8.8	8.6	8.7	8.7	8.7	8.6	8.6	8.6
ต.ค.	8.2	8.0	8.1	8.0	8.0	8.0	8.5	8.4	8.3
พ.ย.	8.6	8.7	8.6	8.3	8.4	8.5	8.6	8.6	8.7
พ.ย.	7.4	7.4	7.4	7.2	7.5	7.7	7.7	7.6	7.6
พ.ย.	7.4	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.4	7.5	7.5
พ.ย.	7.0	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
ธ.ค.	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.3	7.3

ตารางผนวกที่ 13 ความเค็ม (%) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสกด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547 (- หมายถึงไม่สามารถเก็บข้อมูลได้)

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม		สาหร่าย 1000 กรัม		สาหร่าย 1500 กรัม	
	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง
พ.ค.	27	26	27	26	27	26
พ.ค.	26	25	26	26	26	27
มิ.ย.	24	26	24	26	25	26
มิ.ย.	25	27	26	27	27	27
มิ.ย.	25	27	25	25	25	26
มิ.ย.	27	24	25	25	26	23
ก.ค.	25	22	24	23	25	21
ก.ค.	25	24	26	25	25	25
ก.ค.	23	23	23	23	23	22
ก.ค.	24	22	24	22	25	21
ส.ค.	22	23	22	21	21	22
ส.ค.	23	26	22	22	22	22
ส.ค.	28	28	24	26	22	22
ส.ค.	28	29	27	26	28	27
ส.ค.	25	25	22	25	23	24
ก.ย.	24	25	25	27	25	26
ก.ย.	22	22	25	25	26	26
ก.ย.	22	20	25	21	25	21
ก.ย.	23	21	23	23	23	22
ต.ค.	23	24	22	25	22	25
ต.ค.	21	19	23	20	24	20
ต.ค.	17	20	17	20	17	20
ต.ค.	21	21	21	21	21	21
พ.ย.	22	23	22	23	22	22
พ.ย.	26	26	26	26	-	-
พ.ย.	26	25	26	25	-	-
พ.ย.	25	26	25	26	-	-
ธ.ค.	27	28	27	28	-	-

ตารางผนวกที่ 14 ความเต็ม (%) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายรุ่น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนึ่งสัปดาห์ ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	20	20	20	20	20	19	20	20	20
พ.ค.	19	19	18	18	18	18	20	21	20
มิ.ย.	17	16	16	17	17	17	18	18	18
มิ.ย.	20	20	20	21	20	20	21	21	21
มิ.ย.	21	21	20	21	21	21	23	22	22
มิ.ย.	19	18	19	20	20	20	20	20	20
ก.ค.	19	20	20	18	19	19	20	20	20
ก.ค.	21	21	20	22	22	23	23	23	23
ก.ค.	22	22	22	23	23	24	24	24	24
ก.ค.	24	24	24	25	25	25	25	26	26
ส.ค.	28	28	28	28	28	28	26	28	28
ส.ค.	26	27	27	26	26	26	26	26	26
ส.ค.	27	27	27	28	28	27	28	29	28
ส.ค.	30	28	28	30	29	31	29	30	30
ส.ค.	29	28	29	30	30	30	29	30	30
ก.ย.	26	26	26	24	24	24	26	25	25
ก.ย.	30	29	29	30	30	29	30	28	28
ก.ย.	20	20	20	21	21	21	22	22	22
ก.ย.	23	24	23	23	23	23	23	23	22
ต.ค.	25	25	25	25	25	25	26	25	25
ต.ค.	17	17	17	18	18	18	18	18	18
ต.ค.	21	21	21	21	22	22	21	21	22
ต.ค.	21	21	21	21	21	21	21	21	21
พ.ย.	25	25	24	23	24	24	24	23	23
พ.ย.	26	25	26	25	25	25	25	25	25
พ.ย.	26	26	26	26	25	25	26	26	26
พ.ย.	26	27	27	27	27	27	27	27	27
ธ.ค.	28	28	28	27	27	27	28	28	28

ตารางผนวกที่ 15 ความเค็ม (%) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อเลี้ยงสาหร่ายวัน (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยง สาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนึ่งสัปดาห์ ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	18	18	20	20	20	18	18	18	20
พ.ค.	20	18	18	20	19	20	17	17	18
มิ.ย.	17	15	15	18	17	18	15	15	15
มิ.ย.	19	20	20	20	20	20	19	20	19
มิ.ย.	20	20	20	18	20	20	20	20	20
มิ.ย.	20	20	20	20	20	20	17	18	19
ก.ค.	20	20	20	20	20	20	18	18	18
ก.ค.	22	23	23	23	23	23	22	23	23
ก.ค.	23	22	23	22	23	23	22	23	23
ก.ค.	21	21	21	22	22	22	20	20	20
ส.ค.	25	25	25	28	28	27	28	26	26
ส.ค.	23	23	23	25	26	26	28	28	29
ส.ค.	27	27	27	28	28	29	28	29	29
ส.ค.	29	30	29	30	30	29	30	29	29
ส.ค.	29	30	30	30	30	30	30	30	30
ก.ย.	25	25	25	25	25	24	27	27	26
ก.ย.	26	26	27	25	25	26	26	25	25
ก.ย.	24	24	24	24	25	25	25	25	25
ก.ย.	21	22	22	20	20	22	22	23	23
ต.ค.	21	22	22	23	23	24	25	26	26
ต.ค.	17	18	17	18	18	18	19	19	19
ต.ค.	20	21	22	20	20	20	21	21	21
ต.ค.	21	21	21	21	21	21	21	22	22
พ.ย.	24	24	26	24	23	24	24	24	24
พ.ย.	27	25	26	27	26	25	25	26	25
พ.ย.	26	25	25	26	26	26	26	26	26
พ.ย.	26	27	26	26	26	26	27	27	27
ธ.ค.	27	27	27	28	28	28	28	28	28

ตารางผนวกที่ 16 ความเป็นด่าง ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (- หมายถึง ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้)

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม		สาหร่าย 1000 กรัม		สาหร่าย 1500 กรัม	
	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง
พ.ค.	115	112	113	118	132	132
พ.ค.	112	82	118	88	132	96
มิ.ย.	76	81	82	87	85	92
มิ.ย.	90	104	94	92	109	100
มิ.ย.	91	117	103	132	109	139
มิ.ย.	117	134	132	154	139	160
ก.ค.	156	140	157	133	168	136
ก.ค.	125	136	144	128	140	134
ก.ค.	134	140	136	138	138	138
ก.ค.	158	162	152	144	170	136
ส.ค.	154	154	142	138	134	130
ส.ค.	168	158	142	140	142	138
ส.ค.	108	164	146	184	158	180
ส.ค.	160	182	182	180	180	160
ส.ค.	180	150	170	158	166	158
ก.ย.	118	160	120	144	118	164
ก.ย.	136	162	142	170	162	178
ก.ย.	134	152	170	152	184	148
ก.ย.	140	124	132	136	146	136
ต.ค.	112	110	120	114	122	118
ต.ค.	94	86	90	90	92	92
ต.ค.	78	84	74	86	74	86
ต.ค.	84	78	84	78	84	80
พ.ย.	78	86	76	88	80	84
พ.ย.	76	80	76	80	-	-
พ.ย.	88	120	86	118	-	-
พ.ย.	94	114	116	112	-	-
ธ.ค.	118	100	118	120	-	-

ตารางผนวกที่ 17 ความเป็นด่าง ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	122	122	122	132	132	134	130	132	132
พ.ค.	86	86	84	128	136	134	131	136	133
มิ.ย.	88	90	88	94	94	93	97	97	98
มิ.ย.	165	167	165	173	176	177	170	168	172
มิ.ย.	102	101	110	108	107	118	114	108	112
มิ.ย.	124	124	117	130	134	135	128	134	133
ก.ค.	106	110	108	122	120	120	117	117	118
ก.ค.	136	134	136	140	142	142	132	130	130
ก.ค.	140	138	132	142	134	140	132	132	130
ก.ค.	142	146	148	142	140	140	122	120	120
ส.ค.	116	120	122	118	120	120	108	108	112
ส.ค.	160	156	156	170	176	174	156	156	154
ส.ค.	168	168	172	184	180	184	160	158	160
ส.ค.	184	182	186	168	164	156	130	140	140
ส.ค.	134	130	132	110	114	116	116	114	110
ก.ย.	148	152	146	146	144	144	134	136	134
ก.ย.	166	168	174	158	154	158	144	146	146
ก.ย.	130	140	144	130	128	134	124	124	122
ก.ย.	120	112	112	106	106	106	114	110	112
ต.ค.	94	98	100	98	98	100	96	98	100
ต.ค.	84	88	88	94	92	94	98	96	94
ต.ค.	104	102	104	104	98	104	106	104	106
ต.ค.	84	82	82	82	76	82	84	96	82
พ.ย.	94	94	92	98	90	98	90	94	96
พ.ย.	96	94	94	82	80	88	86	88	90
พ.ย.	98	100	100	90	90	90	88	92	94
พ.ย.	120	120	122	114	120	122	118	118	118
ธ.ค.	136	132	140	136	134	136	128	128	136

ตารางผนวกที่ 18 ความเป็นด่าง ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	142	144	144	124	124	122	138	138	140
พ.ค.	147	148	149	127	126	126	142	144	141
มิ.ย.	109	113	112	96	97	92	108	105	106
มิ.ย.	102	101	103	98	167	171	187	183	188
มิ.ย.	112	117	108	106	115	113	115	110	122
มิ.ย.	144	144	147	132	132	135	138	142	144
ก.ค.	148	137	148	117	116	118	126	126	126
ก.ค.	140	140	138	124	128	134	144	140	144
ก.ค.	160	116	172	142	142	144	150	152	152
ก.ค.	182	182	180	142	140	142	166	164	164
ส.ค.	156	160	160	110	110	110	102	102	100
ส.ค.	150	188	200	160	126	158	156	154	152
ส.ค.	182	186	190	154	150	154	168	164	166
ส.ค.	164	168	168	136	126	128	146	144	152
ส.ค.	118	116	116	116	120	116	118	116	116
ก.ย.	138	134	138	132	132	136	148	154	148
ก.ย.	124	122	126	126	122	128	134	136	134
ก.ย.	124	128	122	112	112	114	112	112	114
ก.ย.	102	110	106	114	114	114	108	108	110
ต.ค.	94	92	94	100	92	98	94	92	92
ต.ค.	92	88	82	94	92	92	84	120	90
ต.ค.	84	86	94	104	104	104	96	98	98
ต.ค.	82	84	82	82	84	82	82	82	82
พ.ย.	94	92	92	90	90	88	98	94	92
พ.ย.	90	90	90	82	80	84	86	84	86
พ.ย.	96	96	100	88	86	86	88	90	92
พ.ย.	116	118	116	116	116	116	118	120	120
ธ.ค.	130	130	126	126	126	124	124	126	124

ตารางผนวกที่ 19 ความกระด้าง ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (- หมายถึง ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้)

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม		สาหร่าย 1000 กรัม		สาหร่าย 1500 กรัม	
	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง
พ.ค.	5000	4700	4600	4600	5290	4600
พ.ค.	4700	4750	4600	5000	3850	5150
มิ.ย.	5000	5500	5150	5600	5300	5950
มิ.ย.	5100	5200	5400	5200	5500	5050
มิ.ย.	5100	2900	4850	3100	5050	3000
มิ.ย.	2900	4500	3100	4600	3000	4500
ก.ค.	4100	4150	4500	4150	4300	4300
ก.ค.	4100	4800	4000	4300	4300	4600
ก.ค.	4900	5700	4400	5300	4500	4900
ก.ค.	5300	4900	5200	5200	5200	4800
ส.ค.	4700	5000	5000	5000	4700	4900
ส.ค.	5000	5100	5000	5200	5000	5200
ส.ค.	5200	4600	5000	4600	5000	4600
ส.ค.	5200	5500	4800	5200	5200	5500
ส.ค.	5900	5200	5000	5000	5000	5000
ก.ย.	5300	4600	5500	5000	5000	4700
ก.ย.	4500	4700	4600	4900	4500	4900
ก.ย.	4700	4500	5000	4700	4700	4400
ก.ย.	4500	4200	4700	4300	4600	4400
ต.ค.	4400	5000	4700	4900	4500	5000
ต.ค.	5200	4700	5200	5000	5100	5000
ต.ค.	4200	4400	4300	4300	4300	4400
ต.ค.	4400	4900	4800	4600	4500	4900
พ.ย.	5400	6600	5400	5900	5300	6600
พ.ย.	6100	6300	6000	6300	-	-
พ.ย.	6500	6700	6300	6700	-	-
พ.ย.	6600	7000	6700	6900	-	-
ธ.ค.	6500	4100	6500	4000	-	-

ตารางผนวกที่ 20 ความกระด้าง ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	3650	3650	3650	3500	3550	3500	4000	3900	4000
พ.ค.	3500	3350	3450	3400	3250	3450	3600	3650	3650
มิ.ย.	3750	3700	3800	3850	3650	3850	4000	4000	4000
มิ.ย.	3750	3650	3750	3900	3850	3800	4100	4050	4100
มิ.ย.	2100	2000	2000	2000	2150	2510	2500	2350	2600
มิ.ย.	3600	3600	3700	3700	3600	3600	3900	3900	3900
ก.ค.	3800	3800	3750	3950	3800	3900	3800	3850	4150
ก.ค.	3900	3900	4000	3900	4100	4000	4200	4100	4100
ก.ค.	5500	5300	5300	5400	5700	5900	5600	5500	5500
ก.ค.	5200	5100	5300	5400	5600	5400	5400	5300	5600
ส.ค.	6300	6000	6200	6300	6500	6500	6200	6400	6100
ส.ค.	6000	5900	6100	6000	6000	6300	6000	6200	6300
ส.ค.	5400	5200	5500	4800	4800	4700	5500	5600	5500
ส.ค.	5000	5500	5300	5800	5900	6000	5900	6000	6000
ส.ค.	5900	6000	5800	6000	6200	6200	6100	6000	6000
ก.ย.	5100	4900	5000	5300	5300	5100	4800	4800	4800
ก.ย.	4300	4300	4500	5000	5100	5000	4700	4700	4600
ก.ย.	4700	4500	4800	5000	5000	5000	5000	4900	4800
ก.ย.	4500	4700	4600	4600	4400	4700	4500	4600	4400
ต.ค.	5400	5500	5700	5000	5000	5000	5100	5200	5200
ต.ค.	4500	4600	4700	4500	4400	4600	4500	4500	4500
ต.ค.	4700	4500	4500	4700	4500	4700	4700	4600	4800
ต.ค.	5100	5100	5200	5000	5100	5000	5200	5200	5300
พ.ย.	5800	5700	5700	5600	5900	5900	6000	6000	6000
พ.ย.	6300	6300	6400	6400	6300	6300	6200	6300	6500
พ.ย.	6600	6600	6500	6400	6500	6600	6500	6500	6500
พ.ย.	6900	6900	6900	6800	6700	6700	7000	7000	6900
ธ.ค.	5700	5500	5500	4600	4600	4600	4800	4600	4700

ตารางผนวกที่ 21 ความกระด้าง ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	3300	3350	3450	3600	3700	3650	3250	3400	4000
พ.ค.	3400	3300	3300	3550	3650	3650	3300	3200	3150
มิ.ย.	3500	3400	3450	3750	3700	3900	3400	3750	3500
มิ.ย.	3900	3800	3900	3900	3950	3750	3550	3700	3600
มิ.ย.	2150	2200	2300	2100	2300	2200	2050	1900	1900
มิ.ย.	4000	4000	3800	3700	3700	3700	3600	3400	3400
ก.ค.	3700	3700	3650	3650	3650	3750	3400	3500	3400
ก.ค.	4200	4300	4300	4200	4100	4100	4200	4000	4000
ก.ค.	5200	5000	5100	5300	5000	5000	5200	4900	4900
ก.ค.	4700	4700	4700	5000	4800	4500	4600	4600	4400
ส.ค.	5100	5100	5200	6200	6400	6300	6700	6900	6900
ส.ค.	5000	5100	5100	5900	6000	6000	6300	6500	6500
ส.ค.	4700	4600	4500	5000	5100	5000	5500	5500	5800
ส.ค.	5200	5000	5300	6800	7000	7000	5900	5900	5600
ส.ค.	6200	6300	6300	6000	6000	6100	6600	6100	6300
ก.ย.	5200	5300	5300	5300	5200	5000	5100	5300	5400
ก.ย.	5300	5200	5400	5300	5200	5100	5100	5200	5200
ก.ย.	5000	5100	5200	5200	5300	5300	5300	5300	5200
ก.ย.	5000	4900	4900	4800	4900	4900	4500	4500	4500
ต.ค.	5000	5200	5200	5100	5300	5200	5100	5300	5400
ต.ค.	4600	4600	4700	4500	4600	4800	4800	4800	4600
ต.ค.	4700	4900	4800	4700	4900	4800	4800	4800	4700
ต.ค.	5400	5200	5400	5500	5400	5300	5200	5200	5100
พ.ย.	5700	5800	5800	5900	5800	5800	6000	5800	6000
พ.ย.	6200	6400	6300	6100	6300	6400	6300	6300	6300
พ.ย.	6600	6500	6500	6600	6600	6800	6500	6500	6600
พ.ย.	6900	6900	7000	6900	7000	7000	7000	7000	7000
ธ.ค.	5200	5300	5500	5500	5400	5500	5600	5600	5600

ตารางผนวกที่ 22 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย

Gracilaria fisheri ในการทดลองชุดที่ 1 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักรีด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (- หมายถึง ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้)

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม		สาหร่าย 1000 กรัม		สาหร่าย 1500 กรัม	
	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง
พ.ค.	0.028	0.012	0.012	0.011	0.018	0.017
พ.ค.	0.012	0.065	0.011	0.066	0.017	0.049
มิ.ย.	0.043	0.080	0.055	0.108	0.044	0.065
มิ.ย.	0.071	0.062	0.094	0.047	0.095	0.058
มิ.ย.	0.059	0.049	0.050	0.020	0.048	0.022
มิ.ย.	0.049	0.036	0.020	0.042	0.022	0.031
ก.ค.	0.025	0.032	0.042	0.027	0.029	0.029
ก.ค.	0.038	0.016	0.045	0.021	0.036	0.017
ก.ค.	0.036	0.055	0.018	0.043	0.016	0.046
ก.ค.	0.051	0.021	0.041	0.019	0.033	0.020
ส.ค.	0.021	0.040	0.019	0.017	0.020	0.017
ส.ค.	0.031	0.036	0.026	0.052	0.027	0.028
ส.ค.	0.050	0.032	0.056	0.028	0.022	0.026
ส.ค.	0.039	0.023	0.027	0.019	0.029	0.041
ส.ค.	0.027	0.031	0.024	0.027	0.040	0.034
ก.ย.	0.031	0.017	0.044	0.018	0.049	0.019
ก.ย.	0.020	0.049	0.020	0.039	0.026	0.088
ก.ย.	0.041	0.026	0.035	0.025	0.040	0.038
ก.ย.	0.056	0.050	0.050	0.048	0.031	0.040
ต.ค.	0.051	0.050	0.064	0.033	0.054	0.054
ต.ค.	0.075	0.059	0.084	0.046	0.050	0.065
ต.ค.	0.070	0.043	0.062	0.043	0.052	0.037
ต.ค.	0.057	0.041	0.046	0.041	0.044	0.035
พ.ย.	0.047	0.040	0.047	0.034	0.043	0.044
พ.ย.	0.045	0.032	0.048	0.019	-	-
พ.ย.	0.035	0.052	0.035	0.036	-	-
พ.ย.	0.037	0.033	0.044	0.024	-	-
ธ.ค.	0.040	0.056	0.035	0.056	-	-

ตารางผนวกที่ 23 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักรีด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	0.009	0.017	0.012	0.009	0.009	0.011	0.005	0.012	0.012
พ.ค.	0.055	0.060	0.055	0.042	0.030	0.044	0.049	0.053	0.056
มิ.ย.	0.080	0.076	0.103	0.131	0.076	0.108	0.111	0.072	0.103
มิ.ย.	0.127	0.077	0.062	0.094	0.099	0.108	0.048	0.048	0.048
มิ.ย.	0.022	0.023	0.023	0.020	0.020	0.020	0.024	0.020	0.022
มิ.ย.	0.038	0.033	0.047	0.029	0.043	0.034	0.043	0.034	0.044
ก.ค.	0.051	0.048	0.051	0.047	0.081	0.105	0.051	0.037	0.043
ก.ค.	0.025	0.025	0.021	0.025	0.025	0.021	0.020	0.024	0.028
ก.ค.	0.113	0.046	0.060	0.181	0.123	0.154	0.077	0.060	0.072
ก.ค.	0.035	0.031	0.036	0.053	0.057	0.054	0.066	0.042	0.039
ส.ค.	0.046	0.055	0.047	0.062	0.085	0.101	0.050	0.044	0.046
ส.ค.	0.073	0.093	0.052	0.106	0.043	0.033	0.030	0.055	0.029
ส.ค.	0.078	0.074	0.068	0.556	0.087	0.054	0.133	0.124	0.132
ส.ค.	0.031	0.024	0.024	0.029	0.028	0.024	0.158	0.044	0.023
ส.ค.	0.060	0.070	0.057	0.065	0.061	0.063	0.092	0.076	0.053
ก.ย.	0.051	0.028	0.028	0.093	0.046	0.048	0.048	0.021	0.019
ก.ย.	0.085	0.066	0.052	0.065	0.046	0.052	0.075	0.049	0.045
ก.ย.	0.981	0.076	0.031	0.519	0.089	0.033	0.109	0.055	0.033
ก.ย.	0.040	0.048	0.039	0.079	0.102	0.037	0.643	0.089	0.069
ต.ค.	0.059	0.173	0.172	0.253	0.146	0.091	0.271	0.336	0.292
ต.ค.	0.153	0.118	0.101	0.118	0.099	0.070	0.070	0.055	0.063
ต.ค.	0.065	0.043	0.054	0.033	0.061	0.031	0.044	0.036	0.046
ต.ค.	0.127	0.068	0.047	0.043	0.057	0.047	0.127	0.051	0.026
พ.ย.	0.048	0.034	0.051	0.235	0.165	0.060	0.203	0.109	0.044
พ.ย.	0.071	0.059	0.050	0.108	0.068	0.019	0.144	0.048	0.037
พ.ย.	0.041	0.044	0.058	0.037	0.038	0.036	0.032	0.032	0.037
พ.ย.	0.030	0.030	0.030	0.133	0.038	0.021	0.095	0.064	0.064
ธ.ค.	0.025	0.049	0.060	0.028	0.028	0.052	0.021	0.021	0.042

ตารางผนวกที่ 24 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักรีด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	0.005	0.011	0.008	0.009	0.005	0.005	0.005	0.009	0.005
พ.ค.	0.045	0.048	0.055	0.039	0.036	0.039	0.053	0.055	0.053
มิ.ย.	0.065	0.076	0.153	0.086	0.099	0.107	0.101	0.132	0.093
มิ.ย.	0.081	0.049	0.042	0.064	0.045	0.058	0.119	0.071	0.067
มิ.ย.	0.099	0.103	0.110	0.024	0.024	0.027	0.031	0.041	0.110
มิ.ย.	0.038	0.046	0.037	0.035	0.041	0.038	0.028	0.043	0.034
ก.ค.	0.077	0.075	0.099	0.030	0.026	0.037	0.084	0.078	0.057
ก.ค.	0.033	0.027	0.025	0.028	0.024	0.022	0.032	0.028	0.025
ก.ค.	0.155	0.107	0.094	0.219	0.159	0.116	0.197	0.136	0.090
ก.ค.	0.051	0.068	0.044	0.077	0.057	0.071	0.068	0.106	0.056
ส.ค.	0.089	0.115	0.144	0.103	0.094	0.110	0.077	0.071	0.099
ส.ค.	0.075	0.033	0.022	0.041	0.095	0.076	0.621	0.457	0.048
ส.ค.	0.047	0.076	0.021	0.112	0.056	0.042	0.087	0.102	0.111
ส.ค.	0.188	0.193	0.207	0.052	0.056	0.068	0.169	0.136	0.188
ส.ค.	0.139	0.061	0.045	0.038	0.036	0.039	0.099	0.083	0.062
ก.ย.	0.140	0.020	0.017	0.141	0.095	0.083	0.039	0.035	0.038
ก.ย.	0.188	0.159	0.103	0.081	0.071	0.042	0.097	0.079	0.074
ก.ย.	0.095	0.088	0.182	0.055	0.074	0.069	0.239	0.222	0.187
ก.ย.	0.108	0.127	0.111	0.183	0.142	0.073	0.110	0.057	0.075
ต.ค.	0.079	0.125	0.074	0.063	0.050	0.099	0.101	0.055	0.066
ต.ค.	0.215	0.087	0.054	0.110	0.063	0.067	0.203	0.057	0.057
ต.ค.	0.246	0.169	0.065	0.144	0.122	0.095	0.047	0.141	0.037
ต.ค.	0.069	0.057	0.038	0.137	0.095	0.080	0.009	0.047	0.034
พ.ย.	0.211	0.171	0.168	0.453	0.347	0.185	0.833	0.077	0.048
พ.ย.	0.212	0.271	0.301	0.557	0.144	0.035	0.100	0.128	0.108
พ.ย.	0.096	0.049	0.033	0.045	0.044	0.036	0.033	0.033	0.033
พ.ย.	0.033	0.034	0.035	0.071	0.038	0.039	0.039	0.031	0.044
ธ.ค.	0.029	0.027	0.022	0.023	0.021	0.027	0.042	0.049	0.036

ตารางผนวกที่ 25 ความเข้มข้นของไนไตรท์ – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1(ควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (- หมายถึง ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้)

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม		สาหร่าย 1000 กรัม		สาหร่าย 1500 กรัม	
	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง
พ.ค.	0.002	0.005	0.003	0.006	0.003	0.007
พ.ค.	0.005	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005
มิ.ย.	0.007	0.004	0.007	0.004	0.008	0.004
มิ.ย.	0.006	0.008	0.008	0.005	0.008	0.004
มิ.ย.	0.007	0.006	0.006	0.005	0.008	0.006
มิ.ย.	0.006	0.005	0.005	0.004	0.006	0.007
ก.ค.	0.005	0.003	0.004	0.002	0.006	0.004
ก.ค.	0.004	0.006	0.003	0.004	0.004	0.005
ก.ค.	0.006	0.004	0.004	0.006	0.005	0.003
ก.ค.	0.002	0.004	0.002	0.002	0.002	0.004
ส.ค.	0.004	0.004	0.002	0.004	0.004	0.004
ส.ค.	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	0.006
ส.ค.	0.005	0.002	0.004	0.022	0.003	0.021
ส.ค.	0.022	0.022	0.022	0.001	0.021	0.002
ส.ค.	0.001	0.003	0.001	0.006	0.001	0.004
ก.ย.	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002
ก.ย.	0.003	0.004	0.002	0.004	0.004	0.003
ก.ย.	0.003	0.030	0.005	0.004	0.003	0.002
ก.ย.	0.003	0.002	0.005	0.002	0.004	0.002
ต.ค.	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004
ต.ค.	0.004	0.007	0.004	0.006	0.004	0.006
ต.ค.	0.008	0.002	0.006	0.003	0.006	0.003
ต.ค.	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
พ.ย.	0.004	0.002	0.004	0.003	0.003	0.002
พ.ย.	0.010	0.009	0.010	0.008	-	-
พ.ย.	0.010	0.003	0.008	0.003	-	-
พ.ย.	0.006	0.007	0.003	0.006	-	-
ธ.ค.	0.003	0.012	0.003	0.008	-	-

ตารางผนวกที่ 26 ความเข้มข้นของไนไตรท์ – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักรีด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.007	0.005	0.006
พ.ค.	0.004	0.005	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004
มิ.ย.	0.009	0.007	0.008	0.006	0.006	0.006	0.004	0.004	0.006
มิ.ย.	0.008	0.008	0.006	0.007	0.007	0.006	0.005	0.006	0.006
มิ.ย.	0.005	0.006	0.006	0.008	0.008	0.009	0.006	0.010	0.006
มิ.ย.	0.006	0.007	0.008	0.011	0.009	0.010	0.009	0.009	0.008
ก.ค.	0.003	0.004	0.008	0.003	0.005	0.005	0.008	0.004	0.004
ก.ค.	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.006	0.003	0.003	0.003
ก.ค.	0.004	0.002	0.003	0.004	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003
ก.ค.	0.004	0.004	0.004	0.006	0.010	0.004	0.006	0.004	0.003
ส.ค.	0.006	0.006	0.007	0.057	0.011	0.009	0.005	0.007	0.008
ส.ค.	0.021	0.030	0.034	0.014	0.009	0.005	0.007	0.005	0.007
ส.ค.	0.029	0.026	0.024	0.229	0.026	0.022	0.025	0.021	0.022
ส.ค.	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.004	0.006	0.002	0.002
ส.ค.	0.043	0.043	0.050	0.006	0.004	0.006	0.004	0.004	0.002
ก.ย.	0.004	0.003	0.002	0.035	0.033	0.036	0.004	0.002	0.003
ก.ย.	0.004	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004	0.006	0.004	0.002
ก.ย.	0.238	0.008	0.040	0.389	0.011	0.003	0.014	0.004	0.003
ก.ย.	0.058	0.008	0.006	0.956	0.120	0.007	0.252	0.015	0.038
ต.ค.	0.438	0.064	0.055	0.584	0.111	0.047	0.371	0.228	0.234
ต.ค.	0.189	0.180	0.193	0.044	0.031	0.029	0.135	0.127	0.124
ต.ค.	0.048	0.034	0.032	0.566	0.036	0.004	0.084	0.075	0.048
ต.ค.	0.021	0.012	0.003	0.157	0.049	0.005	0.142	0.032	0.019
พ.ย.	0.008	0.004	0.004	0.231	0.176	0.102	0.056	0.098	0.006
พ.ย.	0.067	0.034	0.024	0.234	0.119	0.013	0.425	0.135	0.025
พ.ย.	0.017	0.010	0.008	0.182	0.184	0.182	0.013	0.010	0.007
พ.ย.	0.021	0.013	0.008	0.763	0.063	0.010	0.050	0.034	0.013
ธ.ค.	0.175	0.194	0.136	0.155	0.150	0.136	0.277	0.281	0.159

ตารางผนวกที่ 27 ความเข้มข้นของไนไตรท์ – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักรีด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	0.130	0.003	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
พ.ค.	0.008	0.007	0.006	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004
มิ.ย.	0.009	0.010	0.008	0.009	0.008	0.008	0.005	0.006	0.007
มิ.ย.	0.008	0.010	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006	0.009	0.008
มิ.ย.	0.008	0.008	0.008	0.010	0.012	0.010	0.008	0.008	0.010
มิ.ย.	0.008	0.008	0.088	0.010	0.011	0.010	0.011	0.012	0.011
ก.ค.	0.008	0.005	0.005	0.006	0.004	0.005	0.005	0.005	0.006
ก.ค.	0.018	0.010	0.005	0.012	0.011	0.012	0.010	0.008	0.009
ก.ค.	0.006	0.006	0.006	0.010	0.005	0.008	0.006	0.005	0.006
ก.ค.	0.006	0.028	0.004	0.008	0.006	0.004	0.005	0.222	0.103
ส.ค.	0.657	0.755	0.712	0.007	0.007	0.007	0.004	0.007	0.004
ส.ค.	0.582	0.176	0.015	0.006	0.016	0.008	0.139	0.031	0.007
ส.ค.	0.817	0.041	0.019	0.198	0.136	0.023	0.090	0.034	0.048
ส.ค.	0.447	0.447	0.408	0.011	0.007	0.016	0.220	0.210	0.222
ส.ค.	0.008	0.006	0.006	0.006	0.006	0.002	0.004	0.004	0.003
ก.ย.	0.333	0.301	0.150	0.217	0.208	0.224	0.085	0.059	0.049
ก.ย.	0.055	0.034	0.026	0.208	0.172	0.145	0.097	0.074	0.060
ก.ย.	0.118	0.080	0.070	0.155	0.138	0.115	0.433	0.483	0.458
ก.ย.	0.937	0.816	0.840	0.703	0.302	0.164	0.744	0.733	0.632
ต.ค.	0.669	0.653	0.567	0.578	0.521	0.428	0.555	0.648	0.508
ต.ค.	0.144	0.119	0.107	0.031	0.018	0.024	0.614	0.039	0.047
ต.ค.	1.020	0.211	0.023	0.062	0.066	0.050	0.178	0.177	0.175
ต.ค.	0.479	0.403	0.296	0.299	0.052	0.045	0.088	0.044	0.049
พ.ย.	0.352	0.273	0.197	0.337	0.247	0.224	0.600	0.009	0.008
พ.ย.	0.579	0.538	0.411	0.872	0.037	0.041	0.497	0.374	0.328
พ.ย.	0.985	0.068	0.011	0.414	0.416	0.032	0.039	0.031	0.031
พ.ย.	0.210	0.290	0.290	0.571	0.106	0.034	0.090	0.086	0.101
ธ.ค.	0.010	0.024	0.554	0.064	0.075	0.187	0.621	0.933	0.870

ตารางผนวกที่ 28 ความเข้มข้นของไนเตรท – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักรีด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (- หมายถึง ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้)

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม		สาหร่าย 1000 กรัม		สาหร่าย 1500 กรัม	
	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง
พ.ค.	0.017	0.031	0.025	0.035	0.011	0.034
พ.ค.	0.031	0.025	0.035	0.028	0.034	0.032
มิ.ย.	0.023	0.008	0.028	0.009	0.011	0.003
มิ.ย.	0.010	0.005	0.011	0.005	0.060	0.015
มิ.ย.	0.020	0.013	0.009	0.008	0.010	0.005
มิ.ย.	0.013	0.006	0.008	0.009	0.005	0.007
ก.ค.	0.005	0.001	0.004	0.004	0.007	0.003
ก.ค.	0.002	0.002	0.003	0.007	0.003	0.004
ก.ค.	0.005	0.003	0.007	0.006	0.011	0.007
ก.ค.	0.005	0.007	0.006	0.018	0.006	0.007
ส.ค.	0.007	0.007	0.018	0.011	0.007	0.008
ส.ค.	0.008	0.009	0.007	0.009	0.009	0.005
ส.ค.	0.002	0.004	0.007	0.002	0.006	0.015
ส.ค.	0.008	0.005	0.008	0.004	0.011	0.007
ส.ค.	0.044	0.005	0.007	0.001	0.008	0.004
ก.ย.	0.005	0.004	0.006	0.003	0.008	0.004
ก.ย.	0.010	0.003	0.003	0.003	0.006	0.007
ก.ย.	0.020	0.017	0.005	0.009	0.001	0.011
ก.ย.	0.049	0.006	0.007	0.004	0.005	0.002
ต.ค.	0.008	0.009	0.009	0.008	0.006	0.009
ต.ค.	0.024	0.031	0.010	0.033	0.011	0.008
ต.ค.	0.048	0.019	0.010	0.009	0.006	0.022
ต.ค.	0.047	0.009	0.013	0.008	0.028	0.006
พ.ย.	0.005	0.006	0.004	0.007	0.004	0.007
พ.ย.	0.025	0.003	0.032	0.005	-	-
พ.ย.	0.004	0.003	0.005	0.004	-	-
พ.ย.	0.005	0.007	0.005	0.006	-	-
ธ.ค.	0.009	0.019	0.007	0.017	-	-

ตารางผนวกที่ 29 ความเข้มข้นของไนเตรท – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักรีด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	0.028	0.031	0.032	0.029	0.030	0.031	0.021	0.037	0.026
พ.ค.	0.011	0.011	0.012	0.012	0.013	0.013	0.012	0.014	0.015
มิ.ย.	0.009	0.007	0.012	0.045	0.031	0.005	0.009	0.031	0.012
มิ.ย.	0.008	0.008	0.012	0.005	0.003	0.008	0.010	0.007	0.008
มิ.ย.	0.006	0.006	0.008	0.007	0.005	0.005	0.006	0.004	0.006
มิ.ย.	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.007	0.001	0.000
ก.ค.	0.004	0.003	0.000	0.005	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004
ก.ค.	0.006	0.003	0.002	0.004	0.010	0.011	0.004	0.004	0.005
ก.ค.	0.002	0.002	0.002	0.006	0.010	0.008	0.007	0.008	0.009
ก.ค.	0.005	0.003	0.004	0.001	0.000	0.090	0.005	0.006	0.007
ส.ค.	0.005	0.002	0.001	0.047	0.011	0.003	0.043	0.011	0.006
ส.ค.	0.071	0.086	0.022	0.010	0.004	0.006	0.003	0.008	0.006
ส.ค.	0.003	0.004	0.006	0.013	0.013	0.006	0.003	0.006	0.007
ส.ค.	0.005	0.004	0.004	0.024	0.004	0.004	0.007	0.007	0.006
ส.ค.	0.048	0.038	0.031	0.002	0.005	0.009	0.004	0.003	0.006
ก.ย.	0.041	0.007	0.005	0.058	0.026	0.025	0.005	0.006	0.006
ก.ย.	0.105	0.006	0.003	0.014	0.004	0.006	0.008	0.007	0.006
ก.ย.	0.100	0.041	0.000	0.066	0.045	0.010	0.038	0.015	0.008
ก.ย.	0.016	0.008	0.007	0.050	0.086	0.016	0.008	0.023	0.006
ต.ค.	0.260	0.083	0.073	0.237	0.320	0.087	0.250	0.078	0.056
ต.ค.	0.838	0.651	0.612	0.387	0.332	0.324	0.281	0.095	0.073
ต.ค.	0.875	0.791	0.826	0.454	0.336	0.043	0.732	0.570	0.535
ต.ค.	0.032	0.019	0.012	0.210	0.153	0.005	0.856	0.269	0.037
พ.ย.	0.026	0.019	0.017	0.138	0.090	0.050	1.008	0.231	0.013
พ.ย.	0.023	0.015	0.005	0.091	0.114	0.001	0.591	0.305	0.109
พ.ย.	0.021	0.020	0.017	0.102	0.099	0.088	0.054	0.034	0.037
พ.ย.	0.068	0.007	0.006	0.102	0.019	0.006	0.033	0.030	0.029
ธ.ค.	0.148	0.204	0.158	0.190	0.194	0.061	0.262	0.207	0.108

ตารางผนวกที่ 30 ความเข้มข้นของไนเตรท – ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักรีด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	0.005	0.025	0.027	0.029	0.029	0.031	0.022	0.038	0.033
พ.ค.	0.008	0.011	0.012	0.004	0.032	0.013	0.012	0.011	0.011
มิ.ย.	0.003	0.002	0.001	0.000	0.015	0.005	0.049	0.051	0.020
มิ.ย.	0.011	0.005	0.003	0.002	0.002	0.004	0.015	0.002	0.003
มิ.ย.	0.008	0.008	0.007	0.005	0.004	0.005	0.008	0.008	0.005
มิ.ย.	0.008	0.001	0.006	0.003	0.001	0.000	0.010	0.000	0.000
ก.ค.	0.011	0.004	0.003	0.003	0.005	0.003	0.005	0.004	0.002
ก.ค.	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002
ก.ค.	0.006	0.003	0.001	0.001	0.001	0.002	0.006	0.014	0.009
ก.ค.	0.002	0.005	0.010	0.001	0.001	0.002	0.002	0.037	0.022
ส.ค.	0.172	0.161	0.197	0.028	0.008	0.005	0.109	0.015	0.009
ส.ค.	0.400	0.102	0.024	0.011	0.010	0.007	0.035	0.018	0.008
ส.ค.	0.179	0.052	0.011	0.015	0.095	0.016	0.010	0.006	0.003
ส.ค.	0.244	0.217	0.263	0.025	0.017	0.005	0.155	0.188	0.172
ส.ค.	0.010	0.006	0.005	0.006	0.003	0.004	0.006	0.005	0.005
ก.ย.	0.706	0.264	0.068	0.272	0.306	0.302	0.022	0.015	0.012
ก.ย.	0.532	0.506	0.317	0.291	0.652	0.678	0.117	0.119	0.148
ก.ย.	0.540	0.600	0.652	0.508	0.501	0.501	0.401	0.394	0.444
ก.ย.	0.033	0.019	0.166	0.303	0.704	0.694	0.262	0.273	0.374
ต.ค.	0.073	0.389	0.475	0.464	0.521	0.614	0.487	0.394	0.534
ต.ค.	0.898	0.919	0.887	1.011	1.024	1.018	0.428	0.068	0.995
ต.ค.	1.020	0.819	0.997	0.958	0.954	0.970	0.842	0.840	0.835
ต.ค.	0.574	0.650	0.757	0.390	0.606	0.631	0.673	0.031	0.759
พ.ย.	0.448	0.462	0.537	0.467	0.552	0.577	0.161	0.113	0.054
พ.ย.	0.409	0.390	0.452	0.221	0.957	0.195	0.596	0.719	0.765
พ.ย.	0.987	0.118	0.012	0.571	0.627	0.452	0.598	0.581	0.553
พ.ย.	0.494	0.412	0.422	0.295	0.188	0.068	0.341	0.304	0.308
ธ.ค.	0.855	0.746	0.193	0.902	0.589	0.087	0.345	0.034	0.096

ตารางผนวกที่ 31 ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต (mg l^{-1}) ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักรีด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 (- หมายถึง ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้)

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม		สาหร่าย 1000 กรัม		สาหร่าย 1500 กรัม	
	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง	ก่อนเลี้ยง	หลังเลี้ยง
พ.ค.	0.005	0.001	0.001	0.004	0.003	0.004
พ.ค.	0.004	0.003	0.004	0.003	0.002	0.006
มิ.ย.	0.003	0.012	0.020	0.006	0.010	0.006
มิ.ย.	0.005	0.006	0.005	0.002	0.008	0.005
มิ.ย.	0.004	0.007	0.003	0.007	0.006	0.008
มิ.ย.	0.007	0.008	0.007	0.003	0.008	0.010
ก.ค.	0.008	0.018	0.005	0.024	0.008	0.029
ก.ค.	0.014	0.013	0.014	0.006	0.014	0.015
ก.ค.	0.009	0.014	0.005	0.008	0.008	0.008
ก.ค.	0.011	0.009	0.008	0.009	0.006	0.008
ส.ค.	0.009	0.011	0.009	0.014	0.008	0.016
ส.ค.	0.014	0.009	0.016	0.009	0.008	0.014
ส.ค.	0.022	0.004	0.022	0.004	0.012	0.008
ส.ค.	0.008	0.002	0.006	0.001	0.006	0.001
ส.ค.	0.005	0.012	0.016	0.010	0.002	0.010
ก.ย.	0.023	0.003	0.025	0.003	0.025	0.001
ก.ย.	0.017	0.007	0.009	0.006	0.004	0.007
ก.ย.	0.022	0.015	0.013	0.023	0.015	0.015
ก.ย.	0.015	0.009	0.023	0.007	0.015	0.007
ต.ค.	0.017	0.004	0.017	0.007	0.009	0.007
ต.ค.	0.024	0.001	0.032	0.001	0.017	0.001
ต.ค.	0.004	0.006	0.007	0.004	0.009	0.004
ต.ค.	0.012	0.004	0.024	0.004	0.024	0.004
พ.ย.	0.032	0.006	0.034	0.006	0.034	0.004
พ.ย.	0.062	0.010	0.069	0.012	-	-
พ.ย.	0.076	0.004	0.068	0.004	-	-
พ.ย.	0.034	0.006	0.038	0.006	-	-
ธ.ค.	0.031	0.052	0.029	0.050	-	-

ตารางผนวกที่ 32 ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนึ่งสัปดาห์ ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	0.006	0.006	0.006	0.006	0.003	0.006	0.008	0.005	0.006
พ.ค.	0.008	0.008	0.007	0.003	0.003	0.003	0.005	0.005	0.006
มิ.ย.	0.009	0.012	0.009	0.006	0.006	0.006	0.005	0.006	0.003
มิ.ย.	0.006	0.006	0.005	0.008	0.008	0.006	0.004	0.004	0.002
มิ.ย.	0.008	0.007	0.007	0.008	0.012	0.008	0.005	0.005	0.008
มิ.ย.	0.011	0.008	0.010	0.023	0.021	0.018	0.010	0.008	0.010
ก.ค.	0.014	0.013	0.011	0.018	0.018	0.016	0.010	0.008	0.008
ก.ค.	0.039	0.034	0.039	0.018	0.018	0.015	0.010	0.008	0.006
ก.ค.	0.066	0.055	0.048	0.111	0.026	0.034	0.008	0.006	0.006
ก.ค.	0.040	0.048	0.054	0.032	0.043	0.032	0.011	0.006	0.008
ส.ค.	0.124	0.069	0.072	0.158	0.130	0.119	0.017	0.014	0.013
ส.ค.	0.129	0.125	0.117	0.179	0.096	0.070	0.014	0.009	0.009
ส.ค.	0.052	0.052	0.052	0.256	0.033	0.024	0.012	0.008	0.006
ส.ค.	0.086	0.081	0.078	0.138	0.138	0.123	0.019	0.008	0.001
ส.ค.	0.129	0.126	0.134	0.092	0.098	0.107	0.010	0.005	0.005
ก.ย.	0.063	0.057	0.049	0.171	0.171	0.063	0.007	0.003	0.001
ก.ย.	0.067	0.058	0.058	0.145	0.148	0.155	0.013	0.007	0.007
ก.ย.	0.243	0.031	0.015	0.480	0.060	0.026	0.083	0.007	0.004
ก.ย.	0.155	0.152	0.149	0.598	0.202	0.149	0.133	0.012	0.017
ต.ค.	0.221	0.204	0.193	0.360	0.276	0.244	0.085	0.067	0.067
ต.ค.	0.230	0.230	0.227	0.323	0.371	0.366	0.014	0.011	0.014
ต.ค.	0.295	0.298	0.300	0.645	0.456	0.283	0.034	0.043	0.023
ต.ค.	0.072	0.071	0.064	0.473	0.320	0.134	0.290	0.122	0.006
พ.ย.	0.038	0.042	0.011	0.393	0.317	0.272	0.294	0.195	0.153
พ.ย.	0.184	0.187	0.175	0.236	0.181	0.028	0.355	0.198	0.120
พ.ย.	0.098	0.084	0.083	0.313	0.313	0.313	0.091	0.076	0.097
พ.ย.	0.166	0.161	0.148	0.607	0.310	0.131	0.216	0.121	0.113
ธ.ค.	0.269	0.282	0.282	0.356	0.342	0.294	0.319	0.291	0.234

ตารางผนวกที่ 33 ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต (mg l^{-1}) ของน้ำในบ่อปลา (a) บ่อพักน้ำ (b) และ บ่อสาหร่ายวุ้น (c) ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหน้กกสด ต่อ ตารางเมตร ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547

เดือน	สาหร่าย 500 กรัม			สาหร่าย 1000 กรัม			สาหร่าย 1500 กรัม		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.007	0.007	0.005
พ.ค.	0.011	0.011	0.011	0.004	0.003	0.005	0.009	0.010	0.009
มิ.ย.	0.018	0.015	0.009	0.011	0.011	0.006	0.008	0.005	0.005
มิ.ย.	0.030	0.016	0.016	0.011	0.010	0.010	0.010	0.011	0.010
มิ.ย.	0.030	0.030	0.030	0.017	0.017	0.015	0.012	0.010	0.012
มิ.ย.	0.039	0.015	0.011	0.023	0.026	0.028	0.028	0.026	0.033
ก.ค.	0.026	0.021	0.018	0.026	0.024	0.024	0.029	0.039	0.034
ก.ค.	0.134	0.074	0.011	0.034	0.033	0.033	0.083	0.098	0.075
ก.ค.	0.128	0.126	0.086	0.026	0.026	0.024	0.200	0.193	0.200
ก.ค.	0.140	0.181	0.143	0.024	0.014	0.017	0.125	0.228	0.170
ส.ค.	0.269	0.285	0.285	0.027	0.031	0.027	0.091	0.091	0.096
ส.ค.	0.317	0.161	0.110	0.038	0.040	0.038	0.144	0.109	0.036
ส.ค.	0.295	0.054	0.044	0.287	0.089	0.016	0.109	0.105	0.097
ส.ค.	0.198	0.205	0.209	0.089	0.080	0.089	0.107	0.096	0.108
ส.ค.	0.067	0.056	0.053	0.005	0.005	0.005	0.049	0.062	0.056
ก.ย.	0.235	0.116	0.124	0.093	0.079	0.087	0.049	0.038	0.044
ก.ย.	0.137	0.132	0.125	0.145	0.141	0.141	0.090	0.077	0.083
ก.ย.	0.227	0.207	0.206	0.204	0.212	0.210	0.249	0.241	0.235
ก.ย.	0.477	0.441	0.400	0.325	0.308	0.226	0.377	0.377	0.380
ต.ค.	0.429	0.429	0.429	0.290	0.279	0.276	0.429	0.437	0.419
ต.ค.	0.466	0.460	0.472	0.220	0.209	0.215	0.429	0.021	0.282
ต.ค.	0.816	0.434	0.389	0.468	0.471	0.462	0.495	0.527	0.522
ต.ค.	0.253	0.210	0.270	0.286	0.276	0.276	0.221	0.221	0.227
พ.ย.	0.453	0.447	0.437	0.540	0.489	0.429	0.700	0.153	0.093
พ.ย.	0.535	0.531	0.530	0.824	0.502	0.319	0.511	0.510	0.497
พ.ย.	0.851	0.280	0.180	0.326	0.288	0.201	0.377	0.371	0.381
พ.ย.	0.428	0.437	0.428	0.572	0.285	0.159	0.394	0.387	0.406
ธ.ค.	0.587	0.567	0.435	0.739	0.403	0.143	0.665	0.665	0.665

ตารางผนวกที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีกับอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) ใช้น้ำทะเลธรรมชาติเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ($p = 0.05$)

การทดลองชุดที่ 1 (ควบคุม)	สาหร่าย 500 กรัม	สาหร่าย 1000 กรัม	สาหร่าย 1500 กรัม
	r	r	r
อุณหภูมิผิวน้ำ (°C)	-0.211	-0.229	0.032
อุณหภูมิอากาศ (°C)	-0.142	-0.058	0.056
ความขุ่น (NTU)	0.235	0.129	-0.088
ความเค็ม (‰)	-0.287	0.044	0.201
ความกระด้าง (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	-0.053	-0.271	0.19
ความเป็นด่าง (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	0.245	0.271	-0.14
pH	0.595	0.265	-0.2
ออร์โธโรฟอสเฟต (mg/l)	-0.449	0.049	0.091
แอมโมเนีย (mg/l)	-0.276	0.123	0.046
ไนไตรท์ (mg/l)	-0.184	-0.162	-0.076
ไนเตรท (mg/l)	-0.111	0.119	0.508

ตารางผนวกที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีกับอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 2 ใช้น้ำที่ทำการเลี้ยงปลากระพงขาว ความหนาแน่น 5 ตัว ต่อ ต่อ ตารางเมตร เลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ($p = 0.05$)

การทดลองชุดที่ 2	สาหร่าย 500 กรัม	สาหร่าย 1000 กรัม	สาหร่าย 1500 กรัม
	r	r	r
อุณหภูมิผิวน้ำ (°C)	-0.042	0.158	-0.025
อุณหภูมิอากาศ (°C)	-0.074	-0.044	-0.144
ความขุ่น (NTU)	-0.169	-0.029	-0.255
ความเค็ม (‰)	-0.01	-0.027	-0.332
ความกระด้าง (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	-0.11	0.131	-0.219
ความเป็นด่าง (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	0.296	0.055	0.074
pH	-0.093	-0.225	-0.193
ออร์โธโรฟอสเฟต (mg/l)	-0.022	-0.212	0.494
แอมโมเนีย (mg/l)	-0.178	0.038	0.044
ไนไตรท์ (mg/l)	-0.123	0.017	0.337
ไนเตรท (mg/l)	0.029	-0.021	0.146

ตารางผนวกที่ 36 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีกับอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในการทดลองชุดที่ 3 ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากะพงขาว ความหนาแน่น 10 ตัว ต่อ ตารางเมตร เลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นเริ่มต้น 500 1000 และ 1500 กรัม/น้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้ระบบควบคุมการเลี้ยงแบบกึ่งปิด ($p = 0.05$)

การทดลองชุดที่ 3	สาหร่าย 500 กรัม	สาหร่าย 1000 กรัม	สาหร่าย 1500 กรัม
	r	r	r
อุณหภูมิผิวน้ำ (°C)	0.026	-0.241	-0.03
อุณหภูมิอากาศ (°C)	-0.167	-0.344	0.052
ความขุ่น (NTU)	-0.317	-0.277	-0.118
ความเค็ม (‰)	-0.312	-0.39	-0.268
ความกระด้าง (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	-0.04	-0.127	-0.109
ความเป็นด่าง (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	-0.285	-0.01	0.025
pH	0.029	0.013	-0.046
ออร์โธโรฟอสเฟต (mg/l)	0.217	0.067	0.078
แอมโมเนีย (mg/l)	0.219	0.13	-0.58
ไนไตรท์ (mg/l)	0.144	-0.075	-0.139
ไนเตรท (mg/l)	0.233	-0.057	-0.137

ตารางผนวกที่ 37 ผลผลิต (กรัมน้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร) ของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri*

ในชุดการทดลองที่ 1 (ควบคุม) 2 และ 3 เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความหนาแน่นเริ่มต้น
500 (a) 1000 (b) และ 1500 (c) กรัมน้ำหนักสด ต่อ ตารางเมตร ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม
ถึงเดือนธันวาคม 2547 (- = ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้)

เดือน	ชุดการทดลองที่ 1 (ควบคุม)			ชุดการทดลองที่ 2			ชุดการทดลองที่ 3		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
พ.ค.	570	1100	1710	600	1080	1590	570	1120	1660
พ.ค.	590	1080	1840	610	1150	1600	550	1230	1670
มิ.ย.	470	970	1420	430	925	1470	460	915	1345
มิ.ย.	500	1160	1620	520	1080	1710	500	1070	1560
มิ.ย.	450	950	1335	450	860	1390	450	900	1410
มิ.ย.	475	990	1375	505	905	1390	500	950	1400
ก.ค.	480	1000	1375	470	880	1455	485	900	1340
ก.ค.	520	905	1435	530	880	1660	500	935	1370
ก.ค.	490	1040	1475	465	905	1490	470	945	1405
ก.ค.	500	1025	1380	500	910	1465	460	920	1370
ส.ค.	520	1000	1505	500	880	1415	475	985	1240
ส.ค.	550	1040	1585	465	935	1210	445	1045	1110
ส.ค.	500	990	1490	465	910	1130	245	875	870
ส.ค.	525	995	1515	530	875	875	225	710	655
ส.ค.	505	960	1520	435	895	755	150	475	575
ก.ย.	565	950	1505	470	690	620	120	475	410
ก.ย.	505	910	1535	490	620	480	110	355	440
ก.ย.	520	915	1510	470	585	510	135	350	345
ก.ย.	530	885	1555	510	565	500	150	305	350
ต.ค.	550	830	1505	520	565	510	130	290	325
ต.ค.	500	730	1335	510	555	430	140	340	290
ต.ค.	450	530	-	515	475	465	120	310	290
ต.ค.	550	460	-	580	455	450	120	310	290
พ.ย.	500	455	-	550	370	555	160	360	325
พ.ย.	455	260	-	570	520	575	150	375	245
พ.ย.	400	175	-	470	570	680	145	440	245
พ.ย.	350	170	-	550	565	645	150	425	300
ธ.ค.	225	170	-	640	595	790	145	440	310