



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)
ปริญญา

.....
วิทยาศาสตรการประมง

สาขา

.....
ชีววิทยาประมง

ภาควิชา

เรื่อง ผลของปัจจัยร่วมของความเค็ม ความเป็นด่าง ความกระด้าง และอุณหภูมิ ต่อการ
เจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia

Interaction Effects of Salinity, Alkalinity, Hardness and Temperature on Growth of
Gracilaria fisheri (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia

นามผู้วิจัย นางสาวสุจนา ทองคำสมุทร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

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

กรรมการ

(.....
รองศาสตราจารย์อรุมาศ เมฆสัมพันธ์, Ph.D.)

กรรมการ

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

หัวหน้าภาควิชา

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

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(.....
รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของปัจจัยร่วมของความเค็ม ความเป็นด่าง ความกระด้างและอุณหภูมิ
ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia

Interaction Effects of Salinity, Alkalinity, Hardness and Temperature
on Growth of *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia

โดย

นางสาวสุจนา ทองคำสมุทร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)

พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-1638-4

สุจนา ทองคำสมุทร 2549: ผลของปัจจัยร่วมของความเค็ม ความเป็นด่าง ความกระด้าง และอุณหภูมิ
ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชา
ชีววิทยาประมง ปรชานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์อองค์ จิรภัทร์, Ph.D. 113 หน้า
ISBN 974-16-1638-4

การศึกษาปัจจัยร่วมของความเค็ม ความเป็นด่าง ความกระด้าง และอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญของ
สาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด การทดลองชุดที่ 1 เลี้ยงสาหร่ายวุ้นในน้ำซึ่ง
ปรับค่าความเป็นด่าง 4 ช่วง คือ 71-90, 111-130, 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ
45 ‰ และที่อุณหภูมิ 25 34 และ 38 °C การทดลองชุดที่ 2 เลี้ยงสาหร่ายวุ้นในน้ำซึ่งปรับค่าความกระด้าง 4
ช่วง คือ 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰
และที่อุณหภูมิ 25 34 และ 38 °C น้ำหนักสดเริ่มต้นของสาหร่ายหนักประมาณตัวอย่างละ 40 mg นำลงเลี้ยงใน
ขวดแก้วใสปริมาตร 300 ml ภายใต้ความเข้มแสงคงที่ 100 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ตรวจวัดการเจริญเติบโตเป็นเปอร์เซ็นต์
น้ำหนักสดต่อวันทุก ๆ ช่วงเวลา 7-10 วัน การให้อาหารเลี้ยงสาหร่ายทำโดยการนำตัวอย่างสาหร่ายแช่ใน
สารละลายอาหารสูตร Provasoli's enriched seawater (PES) ที่ความเข้มข้น 10 ppm เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อน
เริ่มต้นทดลองเลี้ยงและทุกครั้งหลังช่วงวัดน้ำหนักสด ก่อนนำกลับลงเลี้ยงในขวดทดลอง แต่ละชุดการทดลอง
ใช้ระยะเวลาการเลี้ยง 8 สัปดาห์ การศึกษาครั้งนี้พบว่าความเป็นด่างและความกระด้างสูงร่วมกับความเค็มและ
อุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นลดลง สาหร่ายวุ้นสามารถ
เจริญเติบโตได้ที่ช่วงความเป็นด่างและความกระด้าง 71-210 และ 3,001-10,000 mg CaCO₃/l ตามลำดับ ที่ความ
เค็ม 15-45 ‰ และอุณหภูมิ 25-34 °C อย่างไรก็ตามสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ *G. fisheri* อยู่
ระหว่างช่วงความเป็นด่าง 71-130 mg CaCO₃/l และความกระด้าง 4,001-8,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25-35 ‰
และที่อุณหภูมิ 25 °C ซึ่งที่สภาวะดังกล่าวทลัสมีสภาพแข็งแรงอวบ น้ำ แดกแขนงมากและยาว การ
เจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* เริ่มลดลง และมีตะกอนหินปูนปกคลุมทลัสมาก ทลัสมีลักษณะแข็ง
เปราะ และหักง่าย เมื่อเลี้ยงที่ความเป็นด่าง 151 mg CaCO₃/l ที่ทุกระดับความเค็มและอุณหภูมิ ในสภาวะที่
ความเป็นด่างสูงเกินกว่า 151 mg CaCO₃/l จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายมากขึ้น ทลัสเริ่มเน่าตาย
เมื่อความเค็มและอุณหภูมิน้ำเพิ่มสูงขึ้นถึง 45 ‰ และ 34 °C ตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออุณหภูมิเพิ่ม
สูงขึ้นถึง 38 °C ทลัสเสื่อมสลายหมดในทุกชุดการทดลอง

Sujana Thongkhamsumut 2006: Interaction Effects of Salinity, Alkalinity, Hardness and Temperature 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. 113 pages. ISBN 974-16-1638-4

Interaction effects of salinity, alkalinity, hardness and temperature on growth of *Gracilaria fisheri* were determined. Two set of experiments were conducted under laboratory conditions. In Experiment I, algal samples were grown under 4 ranges of alkalinities: 71-90, 111-130, 151-170 and 191-210 mg CaCO_3/l at different salinities of 15, 25, 35, 45 ‰ and temperatures of 25, 34, and 38 °C. In Experiment II, algal samples were grown under 4 ranges of hardness: 3001-4000, 5001-6000, 7001-8000 and 9001-10000 mg CaCO_3/l at different salinities of 15, 25, 35, 45 ‰ and at temperatures of 25, 34, and 38 °C. Fresh algal materials were soaked in 10 ppm of PES media for 2 hrs prior to culture experiments. Forty milligrams of initial fresh weight of each algal sample were grown in sterilized seawater in 300 ml glass bottle under controlled light intensity of $100 \mu \text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Algal growth was determined every 7-10 days interval as percentage of fresh weight per day. Each experiment was conducted for 8 weeks. In this study, *G. fisheri* could grow at alkalinity range from 71-210 mg CaCO_3/l and hardness of 3001-10000 mg CaCO_3/l at salinity of 15-45 ‰ and temperature of 25-34 °C. However, optimum range of alkalinity and hardness for growth of *G. fisheri* was from 71-130 mg CaCO_3/l and 4001-8000 mg CaCO_3/l , respectively when salinity ranged from 25-35 ‰ at temperature of 25 °C. Under these culture conditions, thalli were healthy, succulent and had much long branching. Algal growth was gradually decreased when grown at alkalinity of 151 mg CaCO_3/l in all salinities and temperatures when there appeared white crystal of limestone precipitated on thalli surface. Thalli were rigid, brittle and easily broken. Increasing effects of alkalinity on *Gracilaria* growth were observed when salinity and temperature reached 45 ‰ and 34 °C, respectively. Thalli were markedly declined in all experiments when temperature exceeded 38 °C.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ จีรภัทร์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาชี้แนะจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร.สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง และอาจารย์สุนทราภรณ์ ลิ้มสกุล ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่มอบทุนอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัยประเภทวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณบิดา- มารดา และครอบครัวทองคำสมุทร ที่เมตตาสนับสนุนการศึกษาตั้งแต่เริ่มแรกจนถึงปัจจุบัน รวมทั้งให้ความห่วงใยและกำลังใจตลอดมา

ท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ และบุคคลที่รู้จักทุกท่าน ที่ข้าพเจ้ามิได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ที่มีส่วนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้า จนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

สุจนา ทองคำสมุทร

เมษายน 2549

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	16
ผลการทดลอง	25
วิจารณ์ผล	74
สรุป	78
ข้อเสนอแนะ	78
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	79
ภาคผนวก	87

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สมบัติน้ำบางประการที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO ₃ /l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 25 °C	42
2 สมบัติน้ำบางประการที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO ₃ /l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 34 °C	45
3 สมบัติน้ำบางประการที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO ₃ /l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 38 °C	48
4 สมบัติน้ำบางประการที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO ₃ /l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 25 °C	61
5 สมบัติน้ำบางประการที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO ₃ /l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 34 °C	64
6 สมบัติน้ำบางประการที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> ในช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO ₃ /l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 38 °C	67
 ตารางผนวกที่	
1 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงในช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C	88
2 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงในช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
16	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C 95
17	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C 96
18	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C 96
19	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C 97
20	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C 97
21	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C 98
22	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C 98
23	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C 99
24	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของ <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C 99
25	ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C 100
26	ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C 100

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
27 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C	101
28 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C	101
29 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C	102
30 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C	102
31 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C	103
32 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C	103
33 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C	104
34 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C	104

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
35 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C	105
36 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C	105
37 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C	106
38 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C	106
39 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C	107
40 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C	107
41 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C	108
42 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C	108

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
43 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น ที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C	109
44 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น ที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C	109
45 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น ที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C	110
46 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น ที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C	110
47 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น ที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C	111
48 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น ที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่าง ๆ ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C	111
49 ความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น กับคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำ เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความเป็นต่าง ความเค็ม และอุณหภูมิแตกต่างกัน	112
50 ความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น กับคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำ เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความกระด้าง ความเค็ม และอุณหภูมิแตกต่างกัน	113

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเล ในช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO ₃ /l ที่ระดับความเค็ม 15 25 35 และ 45 % ที่อุณหภูมิ 25 °C	36
2 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเล ในช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO ₃ /l ที่ระดับความเค็ม 15 25 35 และ 45 % ที่อุณหภูมิ 34 °C	37
3 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเล ในช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130, 151-170 และ 191-210 mg CaCO ₃ /l ที่ระดับความเค็ม 15 25 35 และ 45 % ที่อุณหภูมิ 38 °C	38
4 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเล ในช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 9,001-10,000 mg CaCO ₃ /l ที่ระดับความเค็ม 15 25 35 และ 45 % ที่อุณหภูมิ 25 °C	55
5 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเล ในช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 9,001-10,000 mg CaCO ₃ /l ที่ระดับความเค็ม 15 25 35 และ 45 % ที่อุณหภูมิ 34 °C	56
6 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Gracilaria fisheri</i> เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเล ในช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 9,001-10,000 mg CaCO ₃ /l ที่ระดับความเค็ม 15 25 35 และ 45 % ที่อุณหภูมิ 38 °C	57
7 <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ความเค็ม 15 % และอุณหภูมิ 25 °C	68
8 <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ความเค็ม 25 % และอุณหภูมิ 25 °C	68
9 <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ความเค็ม 35 % และอุณหภูมิ 25 °C	69
10 <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงในช่วงความเป็นด่างมากกว่า 151 mg CaCO ₃ /l ที่ความเค็ม 45 % และอุณหภูมิ 25 °C	69
11 <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ความเค็ม 25 % และอุณหภูมิ 34 °C	70
12 <i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 191-210 mg CaCO ₃ /l ที่ความเค็ม 45 % และอุณหภูมิ 34 °C	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	<i>Gracilaria fisheri</i> ที่มีหินปูนปกคลุมทึดลัส ที่สภาวะความเป็นด่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO ₃ /l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45% ที่อุณหภูมิ 25 °C	71
14	ลักษณะร่วมทางกายภาพของ <i>Gracilaria fisheri</i> ที่ถูกปกคลุมด้วยหินปูน ที่สภาวะความเป็นด่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO ₃ /l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45% ที่อุณหภูมิ 34 °C	71
15	<i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 34 °C มีลักษณะทางกายภาพร่วมกันคือ มีสีเขียวเมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์	72
16	<i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ความกระด้าง 5,001-6,000 mg CaCO ₃ /l ความเค็ม 25% ที่อุณหภูมิ 34 °C	72
17	<i>Gracilaria fisheri</i> ซึ่งเลี้ยงที่ความกระด้าง 9,001-10,000 mg CaCO ₃ /l ความเค็ม 45% ที่อุณหภูมิ 34 °C	73

ผลของปัจจัยร่วมของความเค็ม ความเป็นด่าง ความกระด้างและอุณหภูมิ

ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น

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

Interaction Effects of Salinity, Alkalinity, Hardness and Temperature

on Growth of *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia

คำนำ

Gracilaria fisheri เป็นสาหร่ายทะเลชนิดหนึ่งในกลุ่มสาหร่ายสีแดง (Rhodophyta) ซึ่งมีการแพร่กระจายตามธรรมชาติมากในประเทศไทย แหล่งที่พบสาหร่ายวุ้นมากได้แก่ที่บริเวณอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานีและในทะเลสาบสงขลา (กาญจนภานัน และคณะ, 2536) ในปัจจุบันสาหร่ายวุ้นมีการนำมาใช้ประโยชน์ด้วยการบริโภคโดยตรงหรือนำมาแปรรูปสกัดเป็นวุ้น (agar) เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร โดยใช้วุ้นช่วยเพิ่มความข้นและช่วยให้เกิดเจลในการผลิตแยม ลูกกวาด เป็นส่วนผสมของหน้าเค้กเพื่อป้องกันไม่ให้หน้าขนมแห้ง ช่วยเพิ่มความหนืดในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ส่วนในงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพและทางการแพทย์นั้นได้นำวุ้นมาใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหรือเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังนำวุ้นมาเป็นส่วนผสมในการทำแม่พิมพ์สำหรับทำฟันปลอมหรือใช้ในงานแกะสลัก (ธารารัตน์, 2533) การเก็บเกี่ยววุ้นเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในประเทศไทยได้มาจากการเก็บตามธรรมชาติซึ่งมีปริมาณไม่มากนักขึ้นอยู่กับฤดูกาลเป็นสำคัญ โดยส่วนใหญ่แล้วมีการนำเข้าจากต่างประเทศเพิ่มขึ้นทุกปีตามความต้องการของตลาด (กาญจนภานัน และคณะ, 2536) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอแก่ความต้องการ อย่างไรก็ตามในประเทศไทยการเลี้ยงส่วนใหญ่ยังอยู่ในขั้นตอนการวิจัย ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นทั้งในสภาพบ่อธรรมชาติและบ่อซีเมนต์ รวมทั้งปริมาณและคุณภาพวุ้นที่ได้ ซึ่งปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นในการเลี้ยงคือความเป็นด่างของน้ำที่สูงทำให้เกิดการตกตะกอนของแคลเซียมปกคลุมสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ทำให้ทลัสหักงายและไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี (จิตติมา, 2544) ซึ่งเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย การศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยให้ทราบว่าสภาพน้ำแบบใดที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดการเจริญเติบโตของสาหร่าย การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาว่าปัจจัยร่วมของความเค็ม ความเป็นด่าง ความ

กระด้าง และอุณหภูมิของน้ำ มีผลอย่างไรต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ข้อมูลจากการศึกษานี้จะสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของปัจจัยร่วมของความเค็ม ความเป็นด่าง ความกระด้าง และอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri*
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นด่างและความกระด้างของน้ำ ที่ระดับความเค็มและอุณหภูมิต่าง ๆ กัน ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri*

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานค่าความเป็นด่างและความกระด้างของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น
2. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นให้มีการเจริญเติบโตดีขึ้น

การตรวจเอกสาร

การจัดอันดับทางอนุกรมวิธาน

สาหร่ายวุ้นสกุล *Gracilaria* มีการจัดอันดับทางอนุกรมวิธาน ดังนี้

Division : Rhodophyta

Class : Rhodophyceae

Subclass : Florideophycidae

Order : Gracilariales

Family : Gracilariaceae

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

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

ลักษณะของทลัสต์เป็นพุ่ม แตกแขนงบริเวณโคนสั้น ๆ (stipe) หรือแตกจากแกนกลาง 3-4 ครั้ง แขนงเป็นเส้นกลมยาว เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6-2.3 มิลลิเมตร โคนแขนงคอด ปลายแขนงเรียวแหลม รากมีขนาดเล็ก ลักษณะเป็นรูปถ้วย ทำหน้าที่ยึดเกาะกับเปลือกหอยหรือก้อนกรวดเล็ก ๆ ความยาวของทลัสต์ 13-30 เซนติเมตร หรืออาจยาวถึง 45 เซนติเมตร สาหร่ายชนิดนี้มีอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้เป็นถุงเดี่ยวๆ แบบ verrucosa-type หรืออยู่รวมเป็นกลุ่มแบบ polycavernosa-type กระเปาะสปอร์รูปประมวงคว่ำ ประกอบด้วย pericarp หยาบ มีเซลล์ 9-14 แถว เซลล์แถวนอกมี 9 แถว ในค่อนข้างแบน เซลล์ gonimoblast ลักษณะยาว absorbing filament อยู่พื้นฐาน (basal) และด้านข้าง (lateral) (กาญจนาภรณ์ และคณะ, 2536)

การแพร่กระจายของสาหร่าย *Gracilaria fisheri*

การแพร่กระจายของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* พบมากที่ทะเลสาบสงขลา บริเวณเกาะข่อย ฝั่งแก่ง และหัวเขาแดง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา มักพบขึ้นบนเปลือกหอยจีนก หรือบนกระชังเลี้ยงปลา ความเค็มระหว่าง 25-35 ‰ และที่บริเวณบ้านดาโต๊ะ บ้านบุดี และบ้านบางปู อำเภอ

ยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี ลักษณะพื้นเป็นโคลนปนทราย ความเค็มของน้ำ 24.5-30 ‰ แต่ในช่วงฤดูฝนความเค็มลดลงถึง 17 ‰ ยังพบสาหร่ายวุ้นขึ้นอยู่ได้ (กาญจนภาชน์ และคณะ, 2536)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

1. ปัจจัยทางกายภาพ

1.1 แสง

แสงเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญต่อพืชในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหาร ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีความต้องการแสงที่ความยาวช่วงคลื่นและความเข้มแสงที่แตกต่างกัน ถ้าพืชได้รับความเข้มของแสงสูงหรือต่ำเกินปริมาณความต้องการ จะมีผลทำให้พืชไม่เจริญเติบโต (สมบุญ, 2544) ความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ *Gracilaria cornea* อยู่ระหว่าง 100 และ 800 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ และความเข้มแสงที่มากกว่า 1000 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ จะไปยับยั้งการเจริญเติบโต (photoinhibition) (Dawes *et al.*, 1999)

1.2 ความขุ่นของน้ำ

ความขุ่นของน้ำมีผลทำให้ปริมาณแสงที่ส่องลงไปในพื้นที่ของน้ำลดลง ทำให้มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย ความขุ่นของน้ำอาจเกิดจากมีสารอินทรีย์หรืออนุภาคแขวนลอยอยู่มาก (ยนต์, 2539; สุรินทร์ และสมสุข, 2539) ในสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* และ *G. tenuistipitata* มีการสังเคราะห์แสงและอัตราการเจริญเติบโตต่ำลง เมื่อน้ำมีความขุ่นและความโปร่งใสน้อย (จิตติมา, 2544) จากรายงานการเลี้ยงสาหร่ายผสมนาร่วมกับกุ้งกุลาดำในบ่อดิน พบว่าเมื่อเข้าสัปดาห์ที่ 12 ของการเลี้ยงสาหร่ายมีน้ำหนักลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงที่มีตะกอนจากเศษอาหารที่เหลือและขับถ่ายจากกุ้งเกาะติดกับสาหร่ายแน่นมาก ทำให้บดบังแสงแดดและขัดขวางการดูดซึมสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำ (วิวรรณ และจิตติมา, 2543) เช่นเดียวกับ *Gracilaria pavispora* ที่เลี้ยงในบ่อน้ำทิ้งที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง แต่อัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างต่ำเนื่องจากมีความขุ่นสูง (Nelson *et al.*, 2001) และที่ความขุ่นมากกว่า 2 เมตร อัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria verrucosa* ที่เลี้ยงในทะเลลดลง (Guo-zhong *et al.*, 1984)

1.3 การไหลเวียนของน้ำ

ตามแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีการเคลื่อนที่ของน้ำเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น กระแสน้ำ กระแสลม ซึ่งการไหลเวียนของน้ำส่งผลต่อสาหร่ายในหลายๆ ด้าน ได้แก่ ทำให้หัตถ์สาหร่ายเกิดการเคลื่อนไหวและขัดถูกัน ทำให้ช่วยลดปัญหาไฮโฟฟต์ได้ นอกจากนี้ยังช่วยในเรื่องการแลกเปลี่ยนก๊าซ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสน้ำด้วย ถ้าหากการไหลของน้ำต่ำเกินไปจะมีผลต่อ CO_2 ละลายน้ำซึ่งสาหร่ายนำไปใช้ได้ ทำให้การเจริญเติบโตถูกจำกัด (Hanisak and Ryther, 1984) และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria* ในน้ำที่ไหลเวียนตลอดเวลา กับในน้ำนิ่ง พบว่า สาหร่ายวุ้นมีการเจริญเติบโตในน้ำที่มีการเคลื่อนไหวดีกว่าในน้ำนิ่ง (Parker, 1982)

1.4 อุณหภูมิของน้ำ

สาหร่ายแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิในช่วงที่แตกต่างกัน อุณหภูมิเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อสรีรและชีวเคมีภายในของสาหร่าย เช่น *Gracilaria verrucosa* อุณหภูมิที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตคือ $15-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Guo-zhong *et al.*, 1984) และจากรายงานของ Amat and Braud (1990) พบว่าการดูดซึม NH_4^+ ของ *Chondrus crispus* ที่ทดลองเลี้ยงในห้องปฏิบัติการมีอัตราเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิเท่ากับ $11\text{ }^{\circ}\text{C}$

1.5 ฤดูกาล

ความผันแปรของฤดูกาลสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของสาหร่าย ได้แก่ ปริมาณแสง อุณหภูมิ ความเค็ม น้ำ กระแสน้ำและกระแสลม ดังเช่นที่มีรายงานการปรับตัวตามฤดูกาลของ *Gracilaria tenuistipitata* ซึ่งพบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดในฤดูร้อนมากกว่าในฤดูหนาวประมาณ 2 เท่า (Lee *et al.*, 1999) และ Trono *et al.* (1981) ได้รายงานว่าบริเวณอ่าวมะนิลา ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงที่มีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ กระแสน้ำสงบ *G. verrucosa* ให้ผลผลิตสูง ในขณะที่ผลผลิตต่ำในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน ซึ่งมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ คลื่นลมแรง ปริมาณฝนมาก และความเค็มต่ำ นอกจากนี้ในบราซิลบริเวณชายฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือมี 2 ฤดูกาล คือ ฤดูแล้งและฤดูฝน เมื่อเก็บรวบรวม *G. cervicornis* มาวิเคราะห์พบว่า สาหร่ายมีมวลชีวภาพในฤดูแล้ง (390 g m^{-2}) มากกว่าในฤดูฝน (129 g m^{-2}) และปริมาณวุ้นน้อยๆ เพิ่มขึ้นจาก 11%-20% ในฤดูแล้ง (Marinho *et al.*, 2001)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายผมนาง *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* โดยวิธีสอดเส้นเชือกในบ่อดินธรรมชาติขนาด 0.5 ไร่ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2541 ถึงกรกฎาคม 2542 พบว่าสาหร่ายวันทั้งสองชนิดมีอัตราการเจริญเติบโตดีเมื่ออุณหภูมิน้ำลดลงอยู่ในช่วง 24-34 °C และความเค็มของน้ำมีค่าระหว่าง 30-35 ‰ ในเดือนสิงหาคม และพฤศจิกายน 2541 ถึงมกราคม 2542 สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นในเดือนกุมภาพันธ์ 2542 และตายเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งในเดือนเมษายน 2542 ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำ อุณหภูมิของน้ำมีค่าสูงเกินกว่า 30-32 °C และความเค็มของน้ำสูงขึ้นกว่า 40-45 ‰ (จิตติมา, 2544)

Chirapart and Lewmanomont (2004) เลี้ยงสาหร่าย *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* ในบ่อธรรมชาติโดยใช้น้ำที่ทำการเลี้ยงกุ้ง ตั้งแต่เดือนมกราคม 1998 ถึงเดือนกรกฎาคม 1999 สรุปได้ว่าการเจริญเติบโตและผลผลิตของสาหร่ายวันทั้ง 2 ชนิดมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับสภาพจำเพาะของบ่อที่ใช้เลี้ยง ชนิดพันธุ์สาหร่าย และฤดูกาล ซึ่งสาหร่ายวัน *Gracilaria* ทั้ง 2 ชนิดที่เลี้ยงเจริญเติบโตดีในช่วงฤดูฝน และการเจริญเติบโตลดลงเมื่อน้ำที่ใช้เลี้ยงมีความเค็มมากกว่า 35 ‰ อุณหภูมิสูงกว่า 30 °C และค่าความเป็นด่างของน้ำมากกว่า 160 mg CaCO₃/l

1.6 การให้อากาศ

การให้อากาศช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง เพิ่มก๊าซที่สาหร่ายนำมาใช้ได้ (CO₂ และ O₂) และยังเพิ่มอัตราการดูดซึมสารอาหาร (Hanisak, 1984) ตัวอย่าง เช่น Guerin and Bird (1987) เลี้ยง *Gracilaria* สายพันธุ์ G-16 ในบ่อซีเมนต์กลางแจ้งขนาด 1.7 ตารางเมตร ความจุ 880 ลิตร โดยให้อากาศทุกวันเป็นเวลา 4 6 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าผลผลิตของสาหร่ายลดลงจาก 21 กรัม/ตารางเมตร/วัน เป็น 12 กรัม/ตารางเมตร/วัน เมื่ออากาศที่ให้ทุกวันลดลงจาก 24 ชั่วโมง เหลือ 4 ชั่วโมง แต่ช่วงเวลากการให้อากาศทุกวันไม่มีผลต่อปริมาณวันและความแข็งแรงของเจล และการให้อากาศทำให้สาหร่ายเกิดการเคลื่อนไหวซึ่งมีประโยชน์ทำให้การดูดซึมสารอาหารและคาร์บอนที่ละลายน้ำได้มากขึ้น และป้องกันการสะสมของไดอะตอมและ detritus บนทลีสสาหร่าย Ugarte and Santelices (1992) รายงานว่า เมื่อให้อากาศกับสาหร่าย *Gracilaria chilensis* ทุกวันเป็นเวลา 2.5 5 และ 10 ชั่วโมง สาหร่ายที่ให้อากาศ 10 ชั่วโมง จะมีผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของตัวอย่างสาหร่ายที่ให้อากาศ 5 ชั่วโมง จาก 63.0 ± 4 กรัม/ตารางเมตร/วัน เป็น 102.5 ± 8 กรัม/ตารางเมตร/วัน แต่เมื่อความถี่ของการให้อากาศเปลี่ยนไปไม่ทำให้ผลผลิตวันแตกต่างกัน

2. ปัจจัยทางเคมี

2.1 ความเค็มของน้ำ

ความเค็มเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ซึ่งสาหร่ายแต่ละชนิดมีความต้องการความเค็มที่ระดับต่างกันและมีความทนทานต่อความเค็มต่างกันด้วย เช่น *Gracilaria tenuistipitata* เจริญเติบโตได้ในช่วงความเค็ม 18-30 ‰ และที่ความเค็ม 21-27 ‰ จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ส่วน *G. fisheri* เจริญเติบโตได้ในช่วงความเค็ม 10-30 ‰ และที่ความเค็ม 15-25 ‰ เจริญเติบโตได้ดีที่สุด ที่ความเค็มเกินกว่า 30 ‰ ไม่เหมาะแก่การเลี้ยงสาหร่ายวันทั้ง 2 ชนิดนี้ (กาญจนภานัน และคณะ, 2536) แต่จากการทดลองของสุวัฒน์ (2534) ได้เลี้ยงสาหร่ายวัน *G. tenuistipitata* และ *G. fisheri* (syn. *Polycavernosa fisheri*) ในบ่อดิน ที่ความเค็มเริ่มต้น 16 ‰ เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นสูงกว่า 19 ‰ ทำให้ *G. tenuistipitata* ตาย แต่จะทำให้ *G. fisheri* มีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นและสามารถเจริญเติบโตได้เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นถึง 31 ‰ จากรายงานการเจริญเติบโตและปริมาณวันของสาหร่ายทะเลสกุลกราซิลารี *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* ที่เลี้ยงในสภาพบ่อธรรมชาติ (จิตติมา, 2544) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้งสองชนิดลดลงเมื่อน้ำที่ใช้เลี้ยงมีความเค็มมากกว่า 35 ‰ และอุณหภูมิของน้ำมากกว่า 30 °C

2.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ

การผลิตและการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในแหล่งน้ำซึ่งเกิดจากการหายใจ การสังเคราะห์แสง รวมถึงการสลายตัวของสารอินทรีย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ และมีผลให้ pH ของน้ำเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของน้ำอื่นๆ เช่นเมื่อ pH เพิ่มขึ้น แอมโมเนียมีความเป็นพิษมากขึ้น (ยนต์, 2539) ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุม pH ของน้ำทะเล และมีผลต่อสมดุลทางเคมีต่าง ๆ ในน้ำทะเล ในช่วง pH ของน้ำทะเลชนิดของ CO_2 ที่มีมากที่สุด คือ ไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) ค่า pH ปกติในน้ำทะเลอยู่ในพิสัย 7.3 ถึง 8.4 (มนูวดี, 2532)

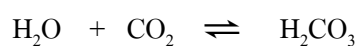
สาหร่ายวัน *Gracilaria tenuistipitata* และ *G. fisheri* สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่มีพื้นบ่อเป็นโคลน pH 7.30-8.17 (สุวัฒน์, 2534) ซึ่งคล้ายคลึงกับ DeBusk and Ryther (1984) ที่กล่าวว่า pH ที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสงของ *Gracilaria* มีค่าอยู่ระหว่าง 7.0-

8.5 แต่ทางด้าน Israel *et al.* (1999) ทดลองเลี้ยง *G. tenuistipitata* ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มล. ที่ ความเค็ม 20 ‰ 30 ‰ และ 39 ‰ พบว่าสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นที่ pH 6.5 และ 7.0 และอัตราการเจริญเติบโตลดลงที่ pH 8.0 ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ CO₂ ที่สูงเมื่อ pH ต่ำ เนื่องจากที่ pH สูง *Gracilaria* ไม่สามารถนำ CO₂ อิสระมาใช้ได้ ทำให้การสังเคราะห์แสงลดน้อยลง (Ryther and Debusk, 1982 อ้างโดย Hanisak, 1984) และในบ่อที่เลี้ยง *G. tikvahiae* เมื่อ pH เพิ่มขึ้นเท่ากับ 9.0 ในช่วงที่อัตราแลกเปลี่ยนน้ำลดลง ทำให้ผลผลิตสาหร่ายที่ได้ลดน้อยลง (Lapointe and Ryther, 1979)

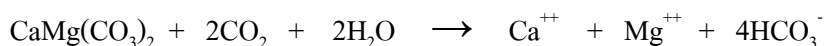
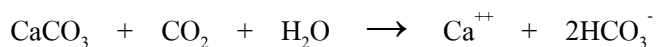
2.3 ความเป็นด่าง

ความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำหมายถึงความสามารถในการสะเทินกรดของน้ำ ความเป็นด่างของน้ำในธรรมชาติส่วนมากจะเกิดจากปริมาณของคาร์บอเนตไอออน (CO₃⁻) และไบคาร์บอเนตไอออน (HCO₃⁻) เป็นหลัก ค่าความเป็นด่างจะคิดเทียบเป็นปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม CaCO₃/ลิตร pH เป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดชนิดของสารด่างที่อยู่ในน้ำ เช่น น้ำที่มี pH สูงถึง 11 หรือมากกว่าจะมี OH⁻ และ CO₃²⁻ มากที่สุด pH ยิ่งสูงก็ยังมี OH⁻ มาก น้ำที่มี pH อยู่ในช่วงเป็นกลาง จะมี HCO₃⁻ มากที่สุด ส่วนน้ำที่มี pH อยู่ในช่วงประมาณ 9.5-10.5 จะมี CO₃⁻ มากที่สุด

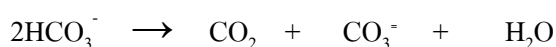
คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเป็นด่างของน้ำ เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำให้กรดคาร์บอนิก (H₂CO₃) และกรดคาร์บอนิกแตกตัวให้ไบคาร์บอเนตดังสมการ



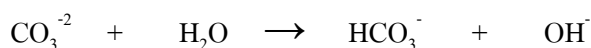
ในธรรมชาติปริมาณไบคาร์บอเนตมากกว่าที่ได้จากการแตกตัวของกรดคาร์บอนิก ในน้ำที่อิ่มตัวด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในดินและหิน เช่น หินปูน (CaCO₃) โดโลไมท์ (dolomite, CaMg (CO₃)₂) ทำให้เกิดไบคาร์บอเนตดังสมการ



ในการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชซึ่งมีการนำคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำไปใช้ ไบคาร์บอเนตจะแตกตัวให้คาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอเนตเพื่อปรับสภาพให้อยู่ในสภาวะสมดุลดังสมการ



คาร์บอเนตจะทำปฏิกิริยากับน้ำให้ไบคาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์ ดังสมการ



ซึ่งไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นจะไปทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออน ทำให้ปริมาณไฮโดรเจนไอออนลดลง มีผลให้ pH ของน้ำสูงขึ้น แต่ถ้าในขณะที่เกิดคาร์บอเนตในน้ำถ้าน้ำนั้นมีแคลเซียมอยู่ จะเกิดการตกตะกอนเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ทำให้ pH ของน้ำไม่เพิ่มขึ้นมากเกินไป ดังสมการ



ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นเมื่อปริมาณคาร์บอเนตในน้ำสูงเกินกว่าความสามารถในการละลายได้ของหินปูน ดังนั้นน้ำที่มีความเป็นด่างสูงจึงมีความสำคัญในการควบคุมการเปลี่ยนแปลง pH ในแหล่งน้ำ (ยนต์, 2539; วิรัช, 2544; นิคม และยงยุทธ, 2546)

โดยปกติอุณหภูมิของน้ำไม่มีอิทธิพลโดยตรงต่อระดับความเป็นด่าง แต่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก็มีผลกระทบต่อความสามารถในการละลายน้ำของสารประกอบคาร์บอเนต เช่น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น หินปูน (CaCO_3) ตกผลึกได้เพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ CO_3^{--} ลดลง ความเป็นด่างจึงลดลงด้วย ดังนั้นอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อระดับความเป็นด่างจึงขึ้นอยู่กับผลกระทบของหินปูน (CaCO_3) หรือสารประกอบคาร์บอเนตตัวอื่น ความเป็นด่างจะไม่เปลี่ยนแปลงถ้าไม่มีการตกผลึกหรือการละลายของหินปูน (มันสิน และมันรักษ์, 2545)

จากรายงานการเลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ร่วมกับปลากะพงขาว (วิวรรณ, 2539) เป็นระยะเวลา 5 เดือน และมีการตรวจวัดปริมาณความเป็นด่างในน้ำพบว่ามีความตั้งแต่ 56-106 mg CaCO₃/l ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานการทดลองเลี้ยง *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* ด้วยวิธีสอดเส้นเชือกในบ่อดิน (จิตติมา, 2544) ซึ่งความเป็นด่างของน้ำที่ใช้เลี้ยงอยู่ในช่วง 52-166 mg CaCO₃/l นอกจากนี้ Chirapart and Lewmanomont (2003) ได้รายงานการเลี้ยงสาหร่าย *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* ในบ่อดินโดยใช้น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง (P1) และน้ำทะเลธรรมชาติ (P2) เป็นระยะเวลา 18 เดือน (มกราคม 1998 ถึงกรกฎาคม 1999) ในสภาพน้ำที่มีความเป็นด่างอยู่ในช่วงตั้งแต่ 53-296 mg CaCO₃/l ใน P1 และมีค่าอยู่ในช่วง 52-255 mg CaCO₃/l ใน P2

ค่าความเป็นด่างจะมีความผันแปรตามค่าของความเค็ม (สุวัฒน์, 2534) เมื่อนำในบ่อที่เลี้ยงสาหร่ายเขากวาง *Gracilaria changii* ในกระชังในบ่อดินถูกเจือจางด้วยน้ำฝน พบว่าความเป็นด่างมีความสัมพันธ์กับค่าความเค็มของน้ำโดยตรง เนื่องจากน้ำถูกเจือจางด้วยน้ำฝน ทำให้ความเค็มของน้ำลดลง และความเป็นด่างลดลงเช่นกัน (อรุณี, 2539) จิตติมา (2544) กล่าวว่าความเป็นด่างของน้ำเป็นปัจจัยร่วมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น จะเห็นได้จากในช่วงฤดูแล้งสาหร่ายวุ้นมีการเจริญเติบโตลดลง เมื่ออุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นด่างของน้ำสูงขึ้น นอกจากนี้หากน้ำที่ใช้เลี้ยงมีความเป็นด่างและความกระด้างของน้ำสูง จะทำให้เกิดการตกตะกอนของแคลเซียมปกคลุมสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยง จนไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและทลัสหักง่าย

ผลของความเป็นด่าง ได้เคยมีการศึกษาในการเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวสกุล *Chlorella* (Sihirunvong, 1992) ใน glass jars ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างและความกระด้างของน้ำที่ระดับต่าง ๆ โดยใช้ NaHCO₃ และ CaCl₂ · 2H₂O ตามลำดับ พบว่า *Chlorella* มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดเมื่อความเป็นด่างเท่ากับ 500 mg CaCO₃/l รองลงมาคือเมื่อความเป็นด่างเท่ากับ 250 100 50 และ 20 mg CaCO₃ /l เนื่องจากความเป็นด่างเป็นตัวจำกัด CO₂ หรือ HCO₃⁻ เมื่อความเป็นด่างเพิ่มขึ้นทำให้ pH มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งทำให้ *Chlorella* มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น

2.4 ความกระด้าง

ความกระด้างในน้ำเกิดจากไอออนโลหะที่มีประจุ +2 ต่างๆ เช่น Ca²⁺ Mg²⁺ Sr²⁺ Fe²⁺ และ Mn²⁺ แต่เนื่องจากแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นไอออนบวกส่วนใหญ่ในน้ำ จึงอาจกล่าวได้ว่า

ความกระด้างของน้ำเกิดจากแคลเซียมและแมกนีเซียม สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดตะกอนหินปูนเกิดขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติของเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีความสามารถละลายน้ำลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งแนวโน้มในการตกผลึกของหินปูนขึ้นอยู่กับระดับความเป็นด่าง ความกระด้าง pH ของแข็งละลายน้ำ และอุณหภูมิ ความเข้มข้นของไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระดับความเป็นด่าง และเมื่อไอออนลบเหล่านี้มีปริมาณถึงจุดอิ่มตัวก็จะตกผลึกออกจากน้ำ ระดับของความกระด้างที่สูงขึ้นทำให้แนวโน้มในการตกผลึกของแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (มันสิน และมันรักษ์, 2545)

ในน้ำทะเลปกติจะมีสารประกอบแมกนีเซียมในรูปแมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) เมื่อน้ำทะเลอยู่ในรูปที่ไม่เหมาะสม แมกนีเซียมอาจเปลี่ยนกลับมาอยู่ในรูปของแข็ง เช่น dolomite ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) และ carnallite ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$) แมกนีเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในน้ำซึ่งมี CO_2 ละลายอยู่ จะทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นสารละลายแมกนีเซียมไบคาร์บอเนต ($Mg(HCO_3)_2$) ซึ่งเป็นสาเหตุของความกระด้างในน้ำ (BCIT Chemistry Resource Center, 2003) ความกระด้างของน้ำทะเลเฉลี่ยเท่ากับ 6,600 mg $CaCO_3/l$ (Boyd, 1990)

วิรรธน์ และคณะ (2538) กล่าวว่าความกระด้างของน้ำในการทดลองเลี้ยงสาหร่าย *G. fisheri* ในบ่อดินมีค่าสูง 409.98-7,087.08 mg $CaCO_3/l$ และปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 25.58-537.07 mg $CaCO_3/l$ เนื่องจากได้รับน้ำจากแหล่งน้ำที่มีการเลี้ยงกุ้ง และมีการนำปูนขาวมาใช้ในการปรับคุณภาพน้ำ ทำให้น้ำมีความกระด้างสูงตามไปด้วย และต่อมาวิรรธน์ (2539) ได้รายงานการทดลองเลี้ยง *G. fisheri* กับปลากะพงขาวในบ่อซีเมนต์ภายใต้สภาวะน้ำทะเลที่มีความกระด้างในช่วง 334.17-3,049.71 mg $CaCO_3/l$ และปริมาณแคลเซียมมีค่าอยู่ระหว่าง 53.50-442.90 mg $CaCO_3/l$

2.5 ธาตุอาหาร

ธาตุอาหารที่สาหร่ายต้องการเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตนั้น แบ่งเป็นธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารหลักนั้นเป็นธาตุที่สาหร่ายต้องการเป็นปริมาณมากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตโดยเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างของเซลล์ และกระบวนการสร้างเซลล์ ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ C, H, O, N, P, K, Ca, Mg และ S ส่วนธาตุอาหารรองเป็นธาตุที่สาหร่ายต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อยเพื่อใช้ในกระบวนการทำงานของเอนไซม์ ธาตุอาหารรอง เช่น B, Fe, Cu, Zn, Mn, Mo และ Cl (สมบุญ, 2544)

ธาตุอาหารที่สาหร่ายสามารถนำไปใช้ได้จะอยู่ในรูปสารอาหารที่ละลายน้ำได้ นอกจากชนิดของธาตุอาหารจะมีผลต่อการเจริญเติบโตแตกต่างกันแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารอาหาร ระยะเวลาของการดูดซึมสารอาหาร ความถี่ของช่วงจังหวะการให้สารอาหาร เห็นได้จากการเพาะเลี้ยง *Gracilaria* กลางแจ้งแบบผลผลิตสูง มีปัจจัยทางด้านความถี่ของการให้ไนโตรเจนและฟอสเฟตที่เหมาะสมมาเกี่ยวข้อง (Friedlander and Levy, 1995; Capo *et al.*, 1999) จากการทดลองของ Israel *et al.* (1999) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ NH_4^+ เป็น 0.5 mM ทำให้สาหร่าย *G. tenuistipitata* ที่เลี้ยงไว้ในบ่อซีเมนต์กลางแจ้งขนาด 40 ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ NH_4^+ การดูดซึม NH_4^+ เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจาก $5.0 \mu\text{g N g dry wt}^{-1} \text{ min}^{-1}$ เป็น $22.7 \mu\text{g N g dry wt}^{-1} \text{ min}^{-1}$ (Amat, 1990) และ *G. gracilis* ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ในสภาพความเข้มข้นและความถี่ของ NH_4^+ ต่างๆ ได้แก่ 400 800 1,200 และ 1,600 μM *G. gracilis* มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดที่ความเข้มข้น 1200 μM เท่ากับ 35 % ต่อสัปดาห์ เมื่อเลี้ยงได้ 3 สัปดาห์ (Smit *et al.*, 1997) ในขณะที่ Pickering *et al.* (1993) ทำการทดลองพบว่าความถี่ของการให้สารอาหารมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของ *G. chilensis* มากกว่าความเข้มข้นของสารอาหาร ส่วน Ryther *et al.* (1981) พบว่า *G. tikvahiae* ที่ขาดสารอาหารไนโตรเจนจะสามารถดูดซึมแอมโมเนียได้อย่างรวดเร็วทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าภายในเวลา 8 ชั่วโมงหรือต่ำกว่า และเมื่อนำมาเลี้ยงไว้ในน้ำทะเลจะสามารถเจริญเติบโตได้ประมาณ 2 สัปดาห์ ก่อนที่จะขาดสารอาหารและอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง หากสารอาหารที่เก็บสะสมไม่มากพอจะไปจำกัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้ สาหร่ายสามารถใช้สารอาหารที่เก็บสะสมไว้ภายในมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ (Smit *et al.*, 1997) *Gracilaria* spp. มีประสิทธิภาพในการดูดซึมและเก็บสะสมไนโตรเจนที่มากเกินไปเกินความต้องการและใช้ในเวลาต่อมาเมื่อขาดสารอาหารเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (Lopointe and Ryther, 1979; Ryther *et al.*, 1981) เช่นเดียวกับสมศักดิ์และคณะ (2532) ที่ทดลองเลี้ยง *Gracilaria* (syn. *Polycavernosa*) *changii* ในระบบฟาร์มปิด โดยให้สารอาหาร N:P 8 ระดับ และช่วงความถี่ของการให้สองครั้งต่อสัปดาห์ หนึ่งครั้งต่อสัปดาห์ และหนึ่งครั้งต่อสองสัปดาห์ พบว่าทั้งอัตราส่วนและช่วงความถี่ของการให้ N:P มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย ซึ่งสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงโดยให้ช่วงความถี่การให้ N:P เท่ากับ 4:1 มีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของสาหร่ายสูงสุด ขณะที่ Edding (1987) เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria* sp. ในบ่อซีเมนต์กลางแจ้งขนาด 200 ลิตร พบว่ามีกำลังผลิตสูงสุดเมื่ออัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ใช้เลี้ยงเท่ากับ 8:1 เมื่อเพิ่มความถี่ของการให้สารอาหารที่เหมาะสม นอกจากจะทำให้อัตราการ

เจริญเติบโตเพิ่มขึ้นแล้วยังทำให้ปริมาณ r-phycoerythrin, protein, total-N และ chlorophyll a เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าอีกด้วย (Smit *et al.*, 1997)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่พืชน้ำต้องการมากเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต ปริมาณและคุณภาพของ phycocolloids ใน agarophytes และ carrageenophytes (Bird *et al.*, 1981) DeBoer (1981) รายงานว่าไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียจะถูกดูดซึมไปใช้ได้เร็วกว่าไนโตรเจนในรูปของไนเตรท ยูเรีย และกรดอะมิโน ซึ่งให้ผลคล้ายคลึงกับการทดลองเลี้ยงสปอโรไฟต์ (sporophyte) ของ *Laminaria abyssalis* ในขวดรูปชมพู่ขนาด 1.5 ลิตร และให้อาหาร PES ซึ่งสาหร่ายสามารถดึง NH_4^+ ($V_{\text{max}}/K_s = 0.44$) ไปใช้ได้รวดเร็วกว่า NO_3^- และ PO_4^{3-} ($V_{\text{max}}/K_s \approx 0.37$) ซึ่งค่า K_s เป็นตัวบอกการนำสารอาหารไปใช้ (Braga and Yoneshigue, 1996) สารประกอบของธาตุไนโตรเจนอาจได้จากการขับถ่ายของเสียจากสัตว์น้ำ ซึ่งจากการทดลองของ จิตติมา (2544) ที่เลี้ยง *G. fisheri* ภายใต้ระบบกึ่งปิดร่วมกับปลาเซลฟิช *G. fisheri* มีการนำสารอาหารไนโตรเจนที่ขับถ่ายออกมาจากปลาเซลฟิชไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในเนื้อเยื่อ (C:N ratio) ของสาหร่าย *G. fisheri* มีค่าเท่ากับ 25.98

การวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีหลายวิธี ซึ่งวิธีหนึ่งอาจวัดได้จากค่า C:N ratio ซึ่งเป็นการวัดอัตราส่วนระหว่าง C และ N ในเนื้อเยื่อสาหร่าย หาก C:N ratio มีค่าน้อยก็แสดงว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตสูง ในทางกลับกัน ถ้า C:N ratio มีค่ามากก็แสดงว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตต่ำ ซึ่งสาหร่ายแต่ละชนิดจะมีค่า C:N ratio ที่เหมาะสมแตกต่างกันไป Lignell and Pedersen (1987) รายงานว่า อัตราการเจริญเติบโตของ *G. secundata* ที่อุณหภูมิ 25 °C นั้นมีความสัมพันธ์กันดีกับ C:N ratio แต่อัตราการเจริญเติบโตจะเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อ C:N เท่ากับ 6 ซึ่งน่าจะเกิดจากปริมาณแอมโมเนียที่มากเกินไป ทางด้าน Rui (1990) พบว่า *Kappaphycus alvarezii* ที่เลี้ยงในสภาพขาดแคลนไนโตรเจนนั้น อัตราการเจริญเติบโตจะลดลงเมื่อ C:N ratio สูงกว่า 29 เนื่องจากไนโตรเจนไปจำกัดการเจริญเติบโต

ฟอสฟอรัสที่สาหร่ายนำไปใช้ได้อยู่ในรูปของออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) (Boyd, 1979) ซึ่งจากการทดลองของคณิต และคุสิต (2535) พบว่า สาหร่ายผสมนางในบริเวณทะเลสาบสงขลามีการใช้ออร์โธฟอสเฟตโดยตรง ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำระหว่าง 0.000-0.009 mg/l

เหล็กเป็นธาตุอาหารที่สำคัญ ซึ่งพืชใช้ในการสังเคราะห์แสง เนื่องจากใช้ในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ นอกจากนี้เหล็กยังจำเป็นต่อ cytochromes, ferredoxin และ Fe-S protein ขณะที่ธาตุเหล็กต่ำมากนั้นการเจริญเติบโตของ *G. tenuistipitata* ลดลงอย่างรวดเร็วและปริมาณ Fe ในเนื้อเยื่อก็ลดลงด้วยเช่นกัน (Liu *et al.*, 2000)

3. ปัจจัยทางชีวภาพ

ปัจจัยทางชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายวุ้นคืออิพิไฟต์ อิพิไฟต์ หมายถึงสิ่งมีชีวิตที่ขึ้นอยู่บนพืช ซึ่งเป็นปัญหาหนึ่งที่มีักพบในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายกราซิลาเรียโดยขึ้นเกาะอยู่บนทลลัส ทำให้สาหร่ายที่เลี้ยงมีอัตราการเจริญเติบโตลดน้อยลง เนื่องจากอิพิไฟต์ไปแย่งสารอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโต อิพิไฟต์ที่มักพบในระหว่างการเลี้ยงได้แก่ *Enteromorpha*, *Polysiphonia*, *Ceramium rubrum*, *Porphyra columbina*, *Ulva lactuca*, *Callithamnion*, *Cladophora*, *Griffordia johnsoni* (Guo-zhong, 1984; Ugarte and Santelices, 1992; Troell *et al.*, 1997; Capo, 1999; Smit *et al.*, 1997) ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดอิพิไฟต์เพิ่มมากขึ้นนั้นเกิดได้จากการที่อุณหภูมิสูงขึ้นและความหนาแน่นของสาหร่ายกราซิลาเรียที่เลี้ยงต่ำ (Westermeyer *et al.*, 1993) อย่างไรก็ตามการจำกัดการเพิ่มจำนวนของอิพิไฟต์อาจทำได้โดยจำกัดความเข้มแสง โดยเพิ่มความหนาแน่นของสาหร่าย การให้สารอาหารเป็นช่วงจังหวะ ควบคุม pH ของน้ำ เติมนคลอรีนก่อนเลี้ยง ลดความเค็มน้ำลงชั่วคราว ให้สารอาหารที่ต่ำและทำความสะอาดบ่อ เป็นต้น (Hanisak and Ryther, 1984; Friedlander and Ben-Amotz, 1991; Ugarte and Santelices, 1992; Capo, 1999) นอกจากนี้การเลี้ยงกราซิลาเรียร่วมกับปลายังสามารถช่วยลดปัญหาอิพิไฟต์บนทลลัส และยังช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นได้อีกด้วย ดังจะเห็นได้จากการทดลองของ Friedlander *et al.* (1996) ซึ่งพบว่าปลา *Aphanius dispar* และ *Tilapia zillii* เหมาะสำหรับเป็นตัวควบคุมอิพิไฟต์ซึ่งได้แก่ *Cladophora*, *Enteromorpha*, *Ulva* รวมทั้งพวก detritus และ copepod เช่นเดียวกับปลาเซลฟีนที่เลี้ยงร่วมกับ *G. fisheri* (จิตติมา, 2544)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

- 1) สาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri*
- 2) ขวดแก้วใสขนาดความจุ 300 ml
- 3) น้ำทะเลความเค็ม 90 ‰
- 4) ตู้ควบคุมแสงและอุณหภูมิ
- 5) หม้อนึ่งความดัน รุ่น Tomy Autoclave SS-320
- 6) อุปกรณ์เครื่องแก้วและสารเคมีเพื่อการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามวิธีของAPHA, AWWA and WPCF (1980)
- 7) เครื่องวัด pH (pH meter model HI 98107)
- 8) เทอร์โมมิเตอร์ชนิดแอลกอฮอล์
- 9) เครื่องมือวัดความเค็ม (refracto-salinometer) รุ่น ATAGO S/Mill-E Salinity 0~100
- 10) เครื่องวัดความเข้มแสง (lux meter)
- 11) เครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMAZU UV-160A
- 12) เครื่องชั่งไฟฟ้า 3 ตำแหน่ง รุ่น Precisa 404 M SCS
- 13) ชุดอุปกรณ์กรองน้ำ (milipore filter) รุ่น SUE 300Q

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย

นำตัวอย่างสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์แข็งแรงมาล้างทำความสะอาดและกำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยน้ำทะเล ชั่งน้ำหนักตัวอย่างละประมาณ 40 mg

2. การเตรียมน้ำทะเล

นำน้ำทะเลจากสถานีวิจัยประมงสมุทรสงคราม คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มาพักเก็บไว้ในถังไฟเบอร์ และปรับความเค็มของน้ำให้ได้ตามระดับที่ต้องการใช้ในการทดลอง (15 25 35 และ 45 ‰) กรองขนาดช่องตา 6 μm และนำไปฆ่าเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งความดัน ที่อุณหภูมิ 121 °C แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

3. การให้อาหารสาหร่าย

นำสาหร่ายแต่ละตัวอย่างแช่ในอาหาร Provasoli's seawater (PES) ที่ความเข้มข้น 10 ppm เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (กาญจนภรณ์ และคณะ, 2536) จากนั้นนำไปเลี้ยงในขวดแก้วใสขนาดความจุ 300 ml

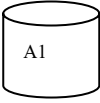
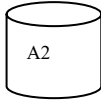
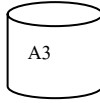
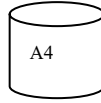
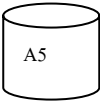
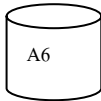
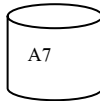
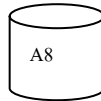
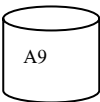
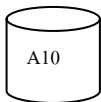
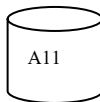
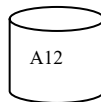
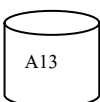
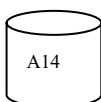
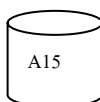
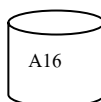
4. การเลี้ยงสาหร่าย

นำสาหร่ายลงเลี้ยงในน้ำทะเลที่เตรียมไว้ข้อ 2 ในขวดแก้วใสขนาดความจุ 300 ml และนำไปเลี้ยงในสภาพที่ควบคุมแสงและอุณหภูมิ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ดังนี้

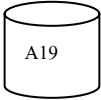
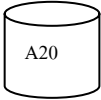
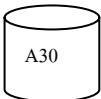
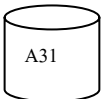
4.1 ผลของความเข้มข้นของน้ำ ความเค็มและอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

กำหนดช่วงความเป็นค่าออกเป็น 4 ช่วง คือ 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l โดยใช้สารละลาย Na_2CO_3 ในการปรับระดับค่าความเป็นค่า เลี้ยงสาหร่ายที่ความเค็มต่างกัน 4 ระดับ คือ 15 25 35 และ 45 ‰ และที่อุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ คือ 25 34 และ 38 °C

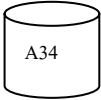
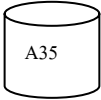
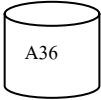
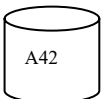
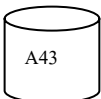
ซึ่งในแต่ละ treatment combination ให้ความเข้มแสงคงที่เท่ากับ $100 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ จะทำการทดลองทั้งหมดเท่ากับ $4 \times 4 \times 3 = 48$ treatment combination โดยแบ่งทำการทดลองออกเป็น 3 ครั้ง
 ดังแผนภาพต่อไปนี้

salinity (‰)	alkalinity (mg CaCO_3/l)			
	71-90	111-130	151-170	191-210
15				
25				
35				
45				

Treatment 1-16 (T1-T16) เลี้ยงสาหร่ายวุ้นในช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ระดับความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 25 °C

salinity (‰)	alkalinity (mg CaCO ₃ /l)			
	71-90	111-130	151-170	191-210
15				
25				
35				
45				

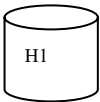
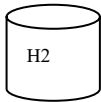
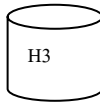
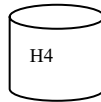
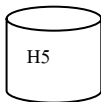
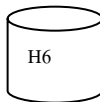
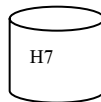
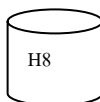
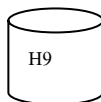
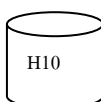
Treatment 17-32 (T17-T32) เลี้ยงสาหร่ายขึ้นที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ระดับความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 34 °C

salinity (‰)	alkalinity (mg CaCO ₃ /l)			
	71-90	111-130	151-170	191-210
15				
25				
35				
45				

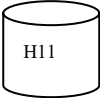
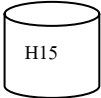
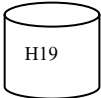
Treatment 33-48 (T33-T48) เลี้ยงสาหร่ายขึ้นที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ระดับความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 38 °C

4.2 ผลของความกระด้างของน้ำ ความเค็มและอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

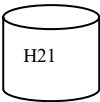
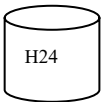
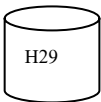
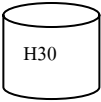
กำหนดช่วงความกระด้างออกเป็น 4 ช่วง คือ 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l โดยใช้สารละลาย CaCl₂ ในการปรับค่าความกระด้าง เลี้ยงสาหร่าย ที่ความเค็มต่างกัน 4 ระดับ คือ 15 25 35 และ 45 ‰ และที่อุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ คือ 25 34 และ 38 °C ให้ความเข้มแสงคงที่เท่ากับ 100 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ทำการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 30 treatment combination โดยแบ่งทำการทดลองออกเป็น 3 ครั้ง ดังแผนภาพต่อไปนี้

salinity (‰)	hardness (mg CaCO ₃ /l)			
	3,001-4,000	5,001-6,000	7,001-8,000	9,001-10,000
15				
25				
35				
45				

Treatment 1-10 (T1-T10) เลี้ยงสาหร่ายวันในช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ระดับความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 25°C

salinity (‰)	hardness (mg CaCO ₃ /l)			
	3,001-4,000	5,001-6,000	7,001-8,000	9,001-10,000
15				
25				
35				
45				

Treatment 11-20 (T11-T20) เลี้ยงสาหร่ายขึ้นที่ช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ระดับความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 34 °C

salinity (‰)	hardness (mg CaCO ₃ /l)			
	3,001-4,000	5,001-6,000	7,001-8,000	9,001-10,000
15				
25				
35				
45				

Treatment 21-30 (T21-T30) เลี้ยงสาหร่ายวุ้นในช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ระดับความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 38 °C

เปลี่ยนน้ำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง และในแต่ละวันมีการเขย่าขวดตัวอย่างเพื่อให้สาหร่ายเกิดการเคลื่อนไหว ในแต่ละ treatment combination ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

5. การเก็บข้อมูล

5.1 การวัดอัตราการเจริญเติบโต เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยนำสาหร่ายมาชั่งทุก ๆ สัปดาห์ สูตรคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ โดยใช้สูตรของ Penniman *et al.* (1986) ดังนี้

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

G = อัตราการเจริญเติบโตคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มต่อหน่วยเวลา (%ต่อวัน)
 W₀ = น้ำหนักของสาหร่ายที่เริ่มทำการเลี้ยง (กรัม)
 W_t = น้ำหนักของสาหร่ายภายหลังการเลี้ยงเป็นเวลา t วัน (กรัม)
 t = เวลาที่ทำการเลี้ยง (วัน)

5.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำ

วิเคราะห์คุณสมบัติน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ได้แก่ ความเป็นด่าง ความกระด้าง pH (APHA *et al.*, 1980) และปริมาณแคลเซียม ใช้วิธีอีดีทีเอ (EDTA) (มันสิน, 2540)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการทดลองแบบ แฟกทอเรียล (Factorial Experiment) และในแต่ละ treatment combination ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple-range test (สุรพล, 2521)

7. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายและพรรณไม้น้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. ระยะเวลาทำการวิจัย

ใช้เวลาในการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่เดือนมีนาคม 2547 ถึงเดือนกุมภาพันธ์

2549

ผลการทดลอง

1. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวันทีเลี้ยงที่ระดับความเป็นด่าง ความเค็ม และอุณหภูมิของน้ำที่แตกต่างกัน

1.1 ผลของความเป็นด่างของน้ำต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย สาหร่ายวันซึ่งเลี้ยงที่ความเป็นด่างของน้ำ 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ช่วงความเป็นด่างของน้ำที่สาหร่ายเจริญเติบโตดีที่สุด คือ 71-90 รองลงมา 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ตามลำดับ ที่ทุกระดับความเค็ม

1.1.1 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงในช่วงความเป็นด่างของน้ำ 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 71-90 และ 111-130 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 5.83 ± 0.82 และ 4.00 ± 0.36 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 1 ตามลำดับ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 3 สำหรับสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 5.87 ± 0.69 และ 4.03 ± 0.57 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 2 ตามลำดับ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลงมากและมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 2 ทริตเมนต์ (ตารางผนวกที่ 1 และภาพที่ 1)

ในระหว่างการทดลอง พบว่าลักษณะทางกายภาพของสาหร่ายที่เลี้ยงในทุกช่วงความเป็นด่างของน้ำ ความเค็ม 15 ‰ ที่อุณหภูมิ 25 °C ทลัสมีการแตกแขนงน้อย แขนงที่แตกออกมามีลักษณะสั้น ปลายแขนงเห็นเป็นตุ่ม (ภาพที่ 7) และเมื่อเลี้ยงจนถึงในสัปดาห์ที่ 5 เริ่มพบหินปูนปกคลุมทลัสที่ช่วงความเป็นด่าง 191-210 mg CaCO₃ /l และในสัปดาห์ที่ 7 เริ่มพบหินปูนปกคลุมทลัสที่ช่วงความเป็นด่าง 151-170 mg CaCO₃/l (ภาพที่ 13)

เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 151-170 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นด่างอื่น ๆ ($P < 0.05$) ที่ช่วงความเป็นด่าง 111 -130 และ 191-210 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไม่มีความ

แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กับอัตราการเจริญเติบโตในช่วงความเป็นต่าง 71-90 และ 151-170 mg CaCO_3/l ($P<0.05$) ในสัปดาห์ที่ 2 สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นต่าง 151-170 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตในช่วงความเป็นต่างอื่น ๆ ($P<0.05$) ซึ่งสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นต่าง 71-90, 111-130 และ 191-210 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ในสัปดาห์ที่ 5 และ 6 สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นต่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตในช่วงความเป็นต่าง 111-130 mg CaCO_3/l ($P<0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นต่าง 71-90 mg CaCO_3/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันกับอัตราการเจริญเติบโตในช่วงความเป็นต่าง 111-130, 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ($P>0.05$) หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นต่างต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) (ตารางผนวกที่ 25)

1.1.2 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงในช่วงความเป็นต่างของน้ำ 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าช่วงความเป็นต่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคือที่ช่วงความเป็นต่าง 71-90 และ 111-130 mg CaCO_3/l สาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทั้ง 2 ช่วงนี้มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 4.79 ± 1.28 และ 3.53 ± 0.84 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์แรกตามลำดับ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตลดลงเรื่อย ๆ (ตารางผนวกที่ 2 และภาพที่ 1) ลักษณะทางกายภาพของสาหร่ายมีสีน้ำตาลแดง ทึบ สด แข็งแรงและแตกแขนงยาว (ภาพที่ 8) ส่วนที่ช่วงความเป็นต่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดในสัปดาห์ที่ 1 เช่นเดียวกัน ซึ่งที่ช่วงความเป็นต่าง 151-170 mg CaCO_3/l อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายค่อย ๆ ลดลง แต่ในสัปดาห์ที่ 7 อัตราการเจริญเติบโตมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย ส่วนที่ช่วงความเป็นต่าง 191-210 mg CaCO_3/l อัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 2 แต่ในสัปดาห์ที่ 5 อัตราการเจริญเติบโตกลับสูงขึ้น ลักษณะของสาหร่ายทั้ง 2 ช่วงนี้มีการแตกแขนงมากและยาว อย่างไรก็ตามเริ่มพบตะกอนสีขาวปกคลุมห่อหุ้มเล็กน้อยที่ช่วงความเป็นต่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ในสัปดาห์ที่ 7 และ 5 เป็นต้นไปตามลำดับ (ภาพที่ 13)

เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความเป็นต่างของน้ำต่าง ๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความเป็นต่างของน้ำต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) (ตารางผนวกที่ 26)

1.1.3 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่างของน้ำ 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าช่วงความเป็นต่างของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย คือ 71-90 และ 111-130 mg CaCO₃/l ซึ่งสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 5.66±1.06 และ 6.43±0.37 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 2 ตามลำดับ หลังจากนั้นสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงถึงสัปดาห์ที่ 8 สาหร่ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเกือบ 3 เท่าของน้ำหนักเริ่มต้นหลังจากเลี้ยงนาน 8 สัปดาห์ (ตารางผนวกที่ 3 และภาพที่ 1)

ลักษณะทางกายภาพของสาหร่ายทั้ง 2 ช่วงนี้ ทัลลัสมีสีน้ำตาลแดงและแตกแขนงมาก (ภาพที่ 9) ที่ช่วงความเป็นต่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับที่ช่วงความเป็นต่าง 71-90 และ 111-130 mg CaCO₃/l ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตมีค่าสูงสุด 5.10±0.89 และ 4.96±0.57 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตลดลงถึงสัปดาห์ที่ 8 และเริ่มมีตะกอนหินปูนมาปกคลุมทัลลัสในสัปดาห์ที่ 7 (ภาพที่ 13)

เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความเป็นต่างของน้ำต่าง ๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่าง 71-90 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นต่าง 191-210 mg CaCO₃/l ($P<0.05$) และไม่มีความแตกต่างกันกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นต่าง 111-130 และ 151-170 mg CaCO₃/l ($P>0.05$) ส่วนสาหร่ายที่ช่วงความเป็นต่าง 191-210 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นต่าง 71-90 mg CaCO₃/l ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นต่าง 111-130, 151-170 mg CaCO₃/l ($P>0.05$) ในสัปดาห์ที่ 6 สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่าง 71-90 และ 111-130 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นต่าง 151-170 และ 191-170 mg CaCO₃/l ($P<0.05$) หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความเป็นต่างต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) (ตารางผนวกที่ 27)

1.1.4 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่างของน้ำ 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าช่วงความเป็นต่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ความเค็มและอุณหภูมินี้คือที่ความเป็นต่าง 71-90 mg CaCO₃/l ซึ่งสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าที่ช่วงความเป็นต่างอื่น ๆ เกือบทุกสัปดาห์ สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 5.02 ± 1.17 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 2 สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่างนี้ ทดลัสแตกแขนงค่อนข้างยาว ส่วนที่ช่วงความเป็นต่าง 111-130 และ 151-170 mg CaCO₃/l สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตส่วนใหญ่ใกล้เคียงกันในทุกสัปดาห์ ซึ่งที่ความเป็นต่าง 111-130 mg CaCO₃/l สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 4.31 ± 0.91 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 3 และลดลงเรื่อย ๆ จนถึงสัปดาห์ที่ 8 ส่วนที่ช่วงความเป็นต่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน โดยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 3.81 ± 0.27 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์แรกเช่นเดียวกัน หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ จนถึงสัปดาห์ที่ 8 (ตารางผนวกที่ 4 และภาพที่ 1) และที่ช่วงความเป็นต่างทั้ง 2 ช่วง พบตะกอนหินปูนปริมาณเล็กน้อยปกคลุมทลัสในสัปดาห์ที่ 7 และ 8 (ภาพที่ 10) นอกจากนี้เมื่อนำทลัสมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงที่ทุกช่วงความเป็นต่าง ความเค็ม 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 25 °C เซลล์ของสาหร่ายมีลักษณะหดตัว

เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่างต่าง ๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 2 สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่าง 71-90 และ 111-130 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นต่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความเป็นต่างต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 28)

1.2 ผลของความเป็นต่างของน้ำต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย สาหร่ายรุ่นซึ่งเลี้ยงที่ความเป็นต่างของน้ำ 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ช่วงความเป็นต่างของน้ำที่สาหร่ายเจริญเติบโตดีที่สุด คือ 71-90 รองลงมา 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ตามลำดับ ที่ทุกระดับความเค็ม

1.2.1 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่างของน้ำ 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าสัปดาห์ที่ 2 3 4 และ 5 สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 111-130, 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดเกือบ 5 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในช่วง 3 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตค่อย ๆ ลดลง ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตค่อย ๆ ลดลงตั้งแต่สัปดาห์แรกของการทดลองจนถึงสัปดาห์ที่ 8 (ตารางผนวกที่ 5 และภาพที่ 2) สาหร่ายที่เลี้ยงที่ทุกช่วงความเป็นด่างของน้ำ ความเค็ม 15 ‰ ที่อุณหภูมิ 34 °C ทดลัสแตกแขนงน้อย และแขนงที่แตกออกมามีลักษณะสั้น ปลายแขนงเห็นมีลักษณะเป็นตุ่ม และที่ช่วงความเป็นด่าง 191-210 mg CaCO₃/l เริ่มมีตะกอนหินปูนปกคลุมทลัสในสัปดาห์ที่ 3 และมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าในสัปดาห์ที่ 5 (ภาพที่ 14)

เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่างต่าง ๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 สาหร่ายที่ช่วงความเป็นด่าง 111-130 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90, 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 สาหร่ายที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นด่าง 191-210 mg CaCO₃/l ($P > 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่ช่วงความเป็นด่าง 111-130 และ 151-170 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นด่าง 191-210 mg CaCO₃/l ($P > 0.05$) ส่วนสัปดาห์ที่ 8 สาหร่ายที่ช่วงความเป็นด่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 mg CaCO₃/l ($P > 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นด่าง 111-130 mg CaCO₃/l ($P > 0.05$) ส่วนสัปดาห์อื่นๆ ที่เหลืออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความเป็นด่างต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 29)

1.2.2 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่างของน้ำ 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าที่ช่วงความเป็นต่าง 71-90 และ 111-130 mg CaCO₃/l เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย สาหร่ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่า 4 เท่าของน้ำหนักเดิมหลังจากเลี้ยงนาน 8 สัปดาห์ ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่างทั้ง 2 ช่วงนี้มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละสัปดาห์ สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตดีใน 3 สัปดาห์แรก (ภาพที่ 11) ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตมีค่าสูงสุด 6.87 ± 0.36 และ 5.07 ± 0.71 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 1 ตามลำดับ สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่างทั้ง 2 นี้ ทดลัสมีสีน้ำตาลแดง แตกแขนงมาก อย่างไรก็ตามในสัปดาห์ที่ 5 บริเวณปลายทลัสเริ่มมีสีเขียว ส่วนที่ช่วงความเป็นต่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 4.43 ± 0.49 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 2 และ 3.50 ± 0.62 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 3 ตามลำดับ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตค่อย ๆ ลดลง แต่ในสัปดาห์ที่ 8 อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นเล็กน้อย (ตารางผนวกที่ 6 และภาพที่ 2) ที่ความเป็นต่างทั้ง 2 ช่วง ทดลัสเริ่มมีตะกอนหินปูนมาปกคลุมในสัปดาห์ที่ 3 และพบมากในสัปดาห์ที่ 7 ซึ่งสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่าง 191-210 mg CaCO₃/l พบหินปูนมากกว่าที่ 151-170 mg CaCO₃/l ลักษณะทางกายภาพที่พบคือ สาหร่ายมีลักษณะแข็ง เปราะ และสาบมือ (ภาพที่ 14) บริเวณปลายทลัสเริ่มมีสีเขียวในสัปดาห์ที่ 5

เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่างต่าง ๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่าง 111-130 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นต่างอื่น ๆ ($P < 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่าง 71-90 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นต่างอื่น ๆ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นต่าง 151-170 mg CaCO₃/l ($P > 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นต่าง 191-210 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นต่าง 71-90 และ 111-130 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นต่าง 151-170 mg CaCO₃/l ($P > 0.05$) หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความเป็นต่างต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 30)

1.2.3 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความเป็นค่าของน้ำ 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่ทุกช่วงความเป็นค่ามีอัตราการเจริญเติบโตดีใน 3 สัปดาห์แรก ต่อมาอัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 4 หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางผนวกที่ 7 และภาพที่ 2) ลักษณะทางกายภาพของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นค่าต่าง ๆ ทดลัสมีสีน้ำตาลแดงและแตกแขนงดี แต่เมื่อเลี้ยงนานถึงสัปดาห์ที่ 5 ทดลัสเริ่มมีสีเขียวเหลือง และที่ช่วงความเป็นค่า 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l พบตะกอนหินปูนปกคลุมทดลัส และเห็นชัดเจนที่ช่วงความเป็นค่า 191-210 mg CaCO₃/l ในสัปดาห์ที่ 8 (ภาพที่ 14)

เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นค่าต่าง ๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 3 สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นค่าของน้ำ 71-90 111-130 และ 191-210 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่แตกต่างกันมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นค่า 151-170 mg CaCO₃/l ($P<0.05$) ในสัปดาห์ที่ 4 สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นค่า 111-130 และ 191-210 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่แตกต่างกันมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นค่า 71-90 mg CaCO₃/l ($P<0.05$) ส่วนสาหร่ายที่ช่วงความเป็นค่า 151-170 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นค่า 71-90, 111-130 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P>0.05$) หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความเป็นค่าต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) (ตารางผนวกที่ 31)

1.2.4 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความเป็นค่าของน้ำ 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าที่ช่วงความเป็นค่า 71-90 111-130 และ 151-170 mg CaCO₃/l สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตดีในช่วง 2-3 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็วและมีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาที่เหลือ ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นค่า 191-210 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ แต่ในสัปดาห์ที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น (ตารางผนวกที่ 8 และภาพที่ 2) ลักษณะของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ทุกช่วงความเป็นค่าของน้ำที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C แตกแขนงน้อย

กว่าที่ความเค็ม 25 และ 35 ‰ นอกจากนี้ในช่วงความเป็นด่างมากกว่า 151 mg CaCO₃/l เป็นต้นไป เริ่มมีตะกอนหินปูนมาปกคลุมทลัสสาหร่ายในสัปดาห์ที่ 5 ทำให้ทลัสมีลักษณะแข็ง เปราะ และ สากมือ ซึ่งในสัปดาห์ที่ 8 ที่ช่วงความเป็นด่าง 191-210 mg CaCO₃/l ทลัสเริ่มหักเป็นท่อนทำให้ ไม่สามารถวัดอัตราการเจริญเติบโตได้ (ภาพที่ 12) และในสัปดาห์ที่ 5 ปลายทลัสเริ่มมีสีซีดขาว เช่นเดียวกับที่พบที่ความเค็มอื่นๆ (ภาพที่ 15)

เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่างต่าง ๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 2 สาหร่ายที่ช่วงความเป็นด่าง 111-130 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโต ที่ช่วงความเป็นด่าง 151-170 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันกับอัตราการเจริญเติบโต ที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P > 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 151-170 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 151-170 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 mg CaCO₃/l ($P > 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 71-90 และ 111-130 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นด่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ส่วน สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 191-210 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่าง กันกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความเป็นด่าง 111-130 mg CaCO₃/l ($P > 0.05$) หลังจากนั้นอัตรา การเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความเป็นด่างของน้ำต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 32)

1.3 ผลของความเป็นด่างของน้ำต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย สาหร่ายวันซึ่งเลี้ยงที่ ความเป็นด่างของน้ำ 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 38 °C สาหร่ายไม่สามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ อัตราการเจริญเติบโตลดลงตั้งแต่ สัปดาห์แรกของการทดลองจนถึงสัปดาห์ที่ 3 สาหร่ายซีดขาวตายเกือบหมด

1.3.1 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงในช่วงความ เป็นด่าง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

พบว่าสาหร่ายซึ่งเลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 71-90 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดในสัปดาห์แรกเท่ากับ 7.49 ± 0.64 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ส่วนที่ช่วงความเป็นด่างอื่น ๆ สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันในสัปดาห์แรก หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็ว (ตารางผนวกที่ 9 และภาพที่ 3) เมื่อเลี้ยงถึงสัปดาห์ที่ 3 สาหร่ายมีสีเขียวเกือบทั้งถังกลัส

เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่างต่างๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 สาหร่ายที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตในช่วงความเป็นด่าง 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 111-130 และ 151-170 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตในช่วงความเป็นด่าง 71-90 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 2 สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 111-130 และ 151-170 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 71-90 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 71-90 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 151-170 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 71-90, 111-130 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 33)

1.3.2 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าสาหร่ายซึ่งเลี้ยงที่ทุกช่วงความเป็นด่าง มีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันทั้ง 3 สัปดาห์ (ตารางผนวกที่ 10 และภาพที่ 3) อย่างไรก็ตามสาหร่ายมีสีเขียวตั้งแต่สัปดาห์แรกที่เลี้ยง

เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่างต่าง ๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในทุกช่วงความเป็นด่างอัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 3 สัปดาห์ ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 34)

1.3.3 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าสาหร่ายซึ่งเลี้ยงที่ทุกช่วงความเป็นด่าง 111-130 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 13.30 ± 0.92 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์แรก หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็ว (ตารางผนวกที่ 11 และภาพที่ 3) อย่างไรก็ตามสาหร่ายมีสีซีดขาวตั้งแต่สัปดาห์แรกจนถึงสัปดาห์ที่ 3

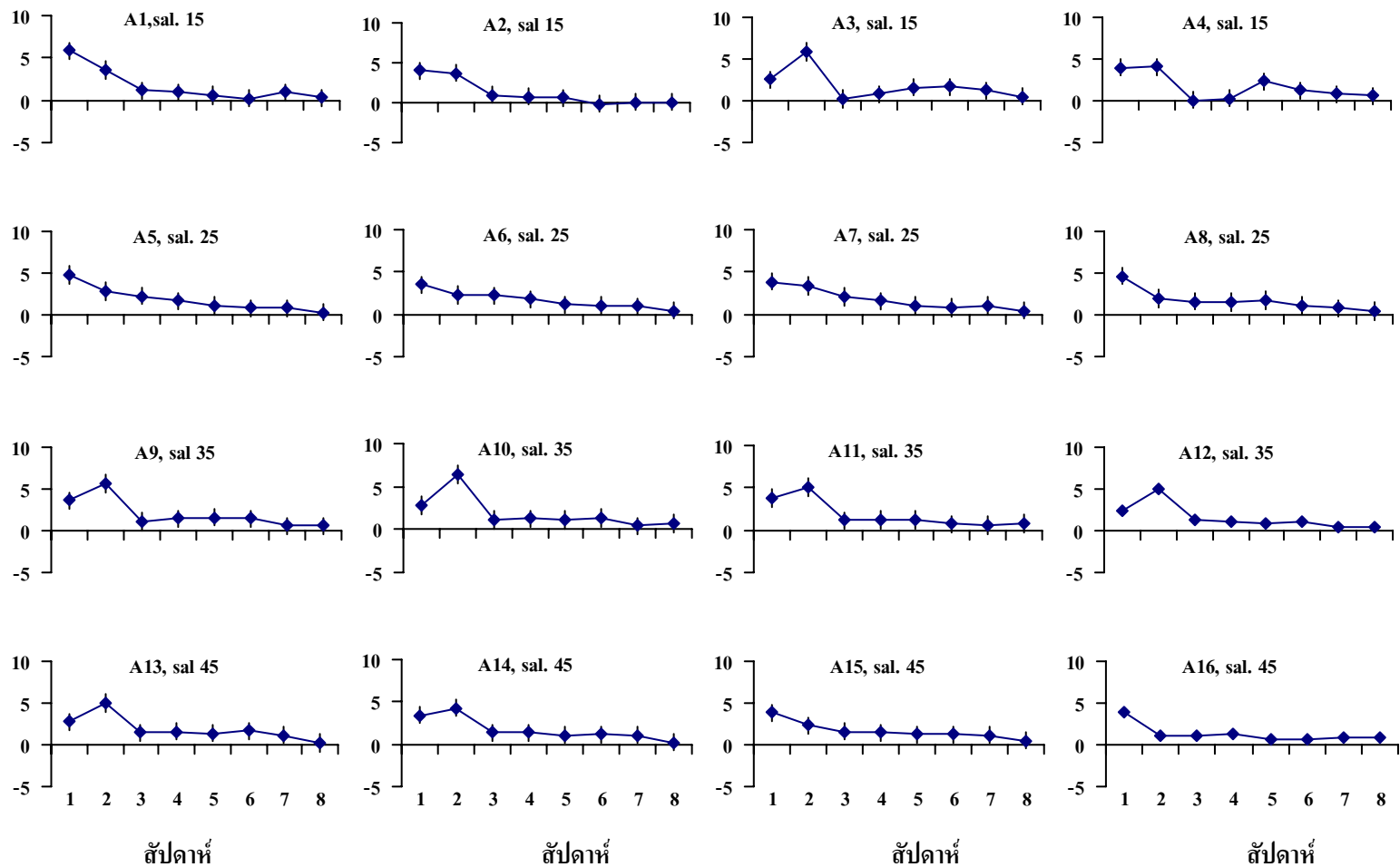
เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่างต่าง ๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 สาหร่ายที่ช่วงความเป็นด่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 และ 111-130 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 2 สาหร่ายที่เลี้ยงที่ทุกช่วงความเป็นด่าง อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 111-130 และ 191-210 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 และ 151-170 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 35)

1.3.4 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าสาหร่ายซึ่งเลี้ยงในแต่ละช่วงความเป็นด่าง มีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันในแต่ละสัปดาห์ (ตารางผนวกที่ 12 และภาพที่ 3) ลักษณะทางกายภาพของสาหร่ายมีสีซีดขาวตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 และซีดขาวเกือบทั้งทลัสในสัปดาห์ที่ 3

เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่างต่าง ๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 สาหร่ายที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 111-130 และ 151-170 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$)

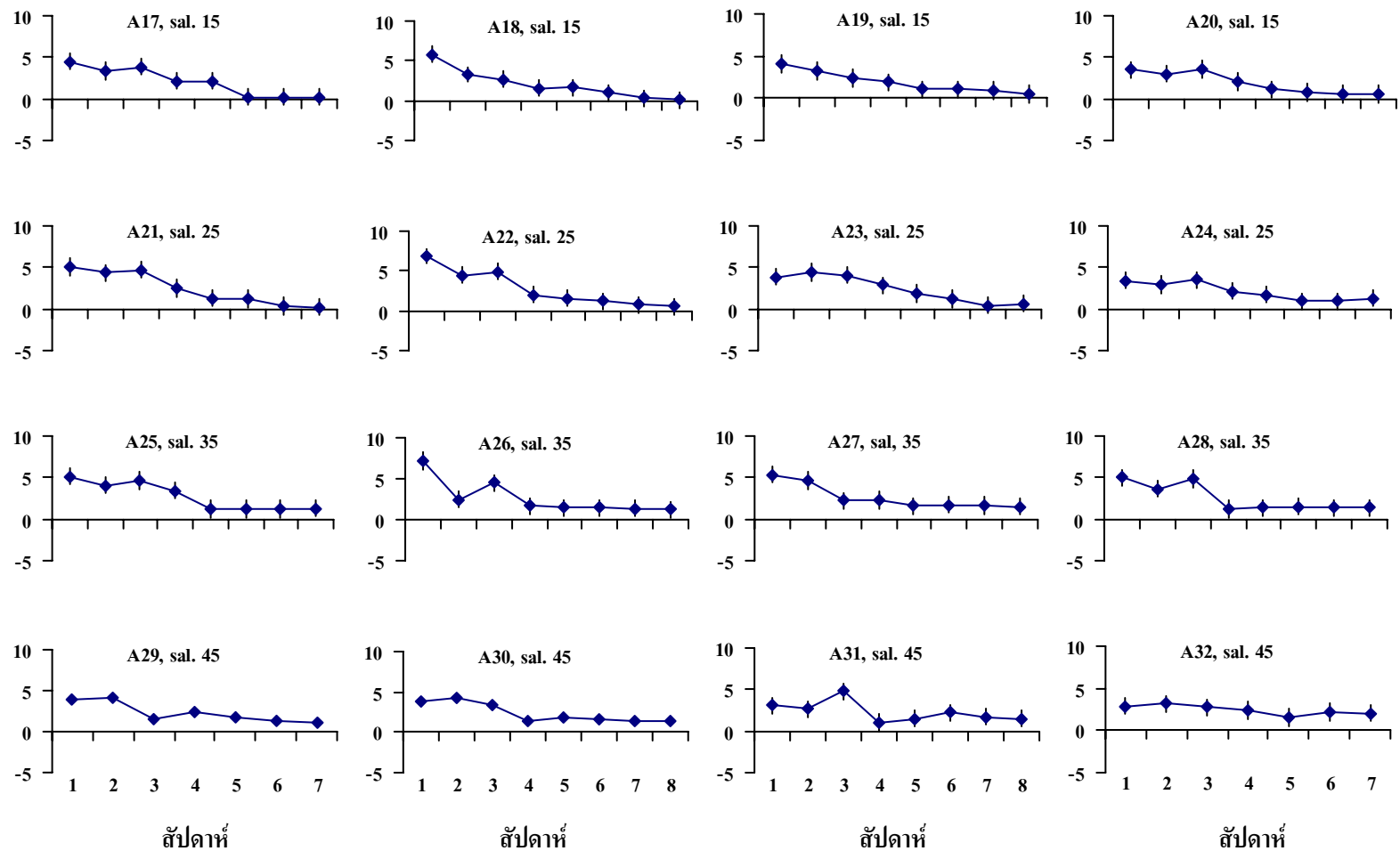
แต่อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 191-210 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 71-90 และ 111-130 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 2 สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 71-90, 111-130 และ 191-210 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 151-170 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 71-90 และ 111-130 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 71-90 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 111-130, 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 111-130 และ 191-210 mg CaCO₃/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความเป็นด่าง 71-90 และ 151-170 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 36)

อัตราการเจริญเติบโต (เปอร์เซ็นต์/วัน)



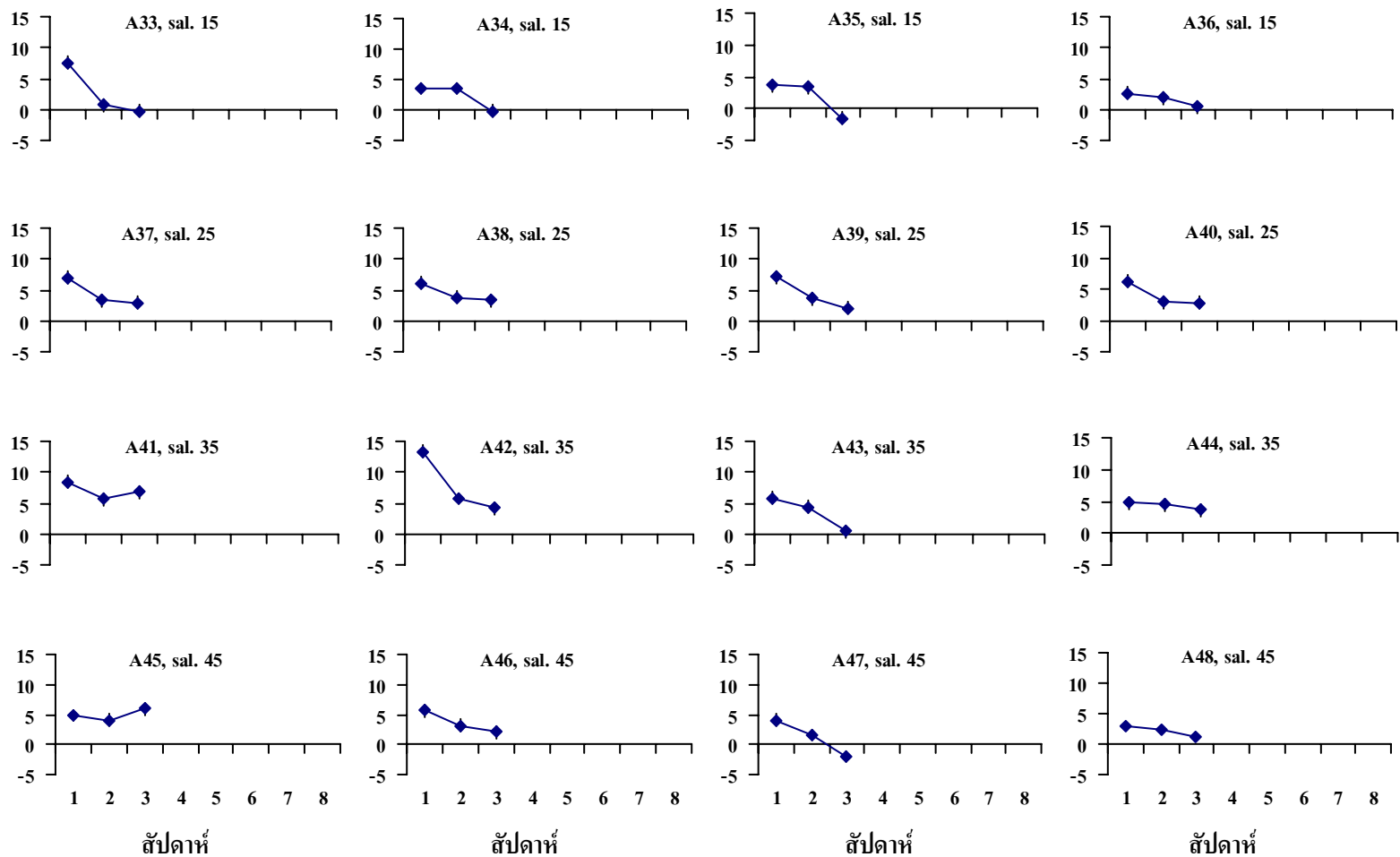
ภาพที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเลที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 (A1, A5, A9, A13) 111-130 (A2, A6, A10, A14) 151-170 (A3, A7, A11, A15) และ 191-210 mg CaCO₃/l (A4, A8, A12, A16) ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 25 °C

อัตราการเจริญเติบโต (เปอร์เซ็นต์/วัน)



ภาพที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเลที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 (A17, A21, A25, A29) 111-130 (A18, A22, A26, A30) 151-170 (A19, A23, A27, A31) และ 191-210 mg CaCO₃/l (A20, A24, A28, A32) ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 34 °C

อัตราการเจริญเติบโต (เปอร์เซ็นต์/วัน)



ภาพที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเลที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 (A33, A37, A41, A45) 111-130 (A34, A38, A42, A46) 151-170 (A35, A39, A43, A47) และ 191-210 mg CaCO₃/l (A36, A40, A44, A48) ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 38 °C

2. สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายวันที่ระดับความเป็นด่าง ความเค็ม และอุณหภูมิของน้ำที่แตกต่างกัน

2.1 จากการวิเคราะห์สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l เลี้ยงสาหร่ายที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 25 °C ได้ผลดังนี้

2.1.1 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าค่าความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 2,360-3,350 mg CaCO_3/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 128.26-304.61 mg CaCO_3/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.2-8.5 (ตารางที่ 1)

2.1.2 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าค่าความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 4,140-6,240 mg CaCO_3/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 304.61-490.98 mg CaCO_3/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.3-8.3 (ตารางที่ 1)

2.1.3 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าค่าความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 6,030-7,300 mg CaCO_3/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 434.84-593.18 mg CaCO_3/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.4-8.2 (ตารางที่ 1)

2.1.4 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าค่าความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 7,820-9,178 mg CaCO_3/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 611.22-711.42 mg CaCO_3/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.3-8.2 (ตารางที่ 1)

2.2 จากการวิเคราะห์สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l เลี้ยงสาหร่ายที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 34 °C ได้ผลดังนี้

2.2.1 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าค่าความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 2,720-3,761 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 160.32-395.19 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.2-8.3 (ตารางที่ 2)

2.2.2 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าค่าความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 4,372-5,580 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 300.60-593.18 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.2-8.3 (ตารางที่ 2)

2.2.3 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าค่าความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 5,885-7,565 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 300.60-540.28 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.6-8.2 (ตารางที่ 2)

2.2.4 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าค่าความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 8,270-9,123 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 400.80-725.49 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.6-8.1 (ตารางที่ 2)

2.3 จากการวิเคราะห์สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO₃/l เลี้ยงสาหร่ายที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 38 °C ได้ผลดังนี้

2.3.1 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าค่าความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 2,720-3,000 mg CaCO_3/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 200.40-232.46 mg CaCO_3/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.7-8.4 (ตารางที่ 3)

2.3.2 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าค่าความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 4,580-5,150 mg CaCO_3/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 328.66-360.72 mg CaCO_3/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.7-8.4 (ตารางที่ 3)

2.3.3 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าค่าความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 6,440-7,180 mg CaCO_3/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 460.92-496.99 mg CaCO_3/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.8-8.2 (ตารางที่ 3)

2.3.4 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 71-90 111-130 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าค่าความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 8,100-9,020 mg CaCO_3/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 577.15-633.26 mg CaCO_3/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.8-8.3 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 สมบัติน้ำบางประการที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 (A1, A5, A9, A13) 111-130 (A2,A6,A10,A14) 151-170 (A3, A7, A11, A15) และ 191-210 mg/l (A4, A8, A12, A16) ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ อุณหภูมิ 25 °C

week	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
1	15	A1	2,442	245.29	7.4	25	A5	4,506	344.69	7.5	35	A9	6,807	515.03	7.6	45	A13	8,537	665.33	7.6
		A2	2,387	234.47	7.6		A6	4,672	353.51	7.8		A10	6,682	507.01	7.9		A14	8,668	644.49	7.9
		A3	2,435	248.50	7.8		A7	4,558	357.91	8.0		A11	6,953	544.29	8.0		A15	8,654	678.15	7.9
		A4	2,572	266.53	7.8		A8	4,605	354.71	8.1		A12	6,544	501.80	8.1		A16	8,936	644.49	8.0
2	15	A1	2,984	237.27	7.2	25	A5	4,963	388.78	7.3	35	A9	6,685	521.04	7.4	45	A13	8,963	627.25	7.3
		A2	3,060	290.58	7.8		A6	5,061	362.72	7.7		A10	6,834	539.08	7.8		A14	8,878	623.24	7.6
		A3	2,995	267.73	8.1		A7	4,857	390.78	8.1		A11	6,978	515.03	8.1		A15	9,065	615.23	8.1
		A4	3,104	280.56	8.5		A8	4,935	360.72	8.3		A12	7,045	593.18	8.2		A16	9,178	623.24	8.2
3	15	A1	3,000	230.46	7.4	25	A5	6,240	446.90	7.6	35	A9	7,150	525.04	7.6	45	A13	8,950	633.26	7.6
		A2	3,000	230.46	7.7		A6	5,950	444.89	7.7		A10	7,100	511.02	7.8		A14	8,920	639.28	7.8
		A3	3,150	250.50	8.1		A7	5,970	450.90	8.2		A11	7,000	563.12	8.1		A15	8,780	661.32	8.1
		A4	3,010	250.50	8.3		A8	5,980	490.98	8.3		A12	7,050	529.06	8.2		A16	8,960	711.42	8.2

ตารางที่ 1 (ต่อ)

week	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
4	15	A1	2,500	240.48	8.0	25	A5	4,210	348.70	7.8	35	A9	6,030	521.04	7.9	45	A13	7,820	645.29	7.8
		A2	2,700	240.48	8.1		A6	4,340	344.69	7.9		A10	6,220	513.02	8.0		A14	7,980	661.32	7.9
		A3	2,480	244.45	8.2		A7	4,140	352.70	8.0		A11	6,260	539.08	8.1		A15	7,850	669.34	8.0
		A4	2,640	244.45	8.3		A8	4,200	368.74	8.2		A12	6,300	527.05	8.2		A16	8,120	649.30	8.1
5	15	A1	2,360	128.26	7.4	25	A5	4,900	420.84	7.9	35	A9	7,080	521.04	7.6	45	A13	8,180	631.26	7.6
		A2	2,790	242.48	7.6		A6	4,800	432.86	8.0		A10	7,020	496.99	7.9		A14	8,220	621.24	7.8
		A3	2,730	224.45	8.1		A7	4,840	396.79	8.1		A11	6,940	511.02	8.0		A15	8,800	611.22	8.0
		A4	3,300	330.66	8.2		A8	4,960	368.74	8.2		A12	7,300	515.03	8.1		A16	8,700	631.26	8.2
6	15	A1	2,900	240.48	7.6	25	A5	5,370	340.68	7.6	35	A9	7,020	581.16	7.7	45	A13	8,640	621.24	7.7
		A2	3,000	304.61	7.8		A6	4,850	480.96	7.7		A10	6,990	541.08	7.8		A14	8,565	671.34	7.9
		A3	3,115	280.56	8.0		A7	4,900	360.72	8.0		A11	7,050	501.00	8.1		A15	8,635	673.34	8.1
		A4	3,055	256.51	8.1		A8	5,150	360.72	8.1		A12	7,075	551.10	8.2		A16	8,120	879.76	8.2

ตารางที่ 1 (ต่อ)

week	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
7	15	A1	2,550	220.44	7.7	25	A5	4,850	304.61	7.7	35	A9	6,598	434.84	7.9	45	A13	8,762	537.07	7.8
		A2	2,845	204.41	7.8		A6	5,110	352.10	7.8		A10	6,742	466.93	8.0		A14	8,810	699.40	7.9
		A3	3,024	216.43	8.0		A7	4,862	376.75	8.0		A11	6,852	470.94	8.1		A15	8,742	615.23	8.1
		A4	3,350	220.44	8.2		A8	5,240	340.68	8.2		A12	6,795	470.94	8.2		A16	8,965	593.18	8.2
8	15	A1	2,660	228.46	7.6	25	A5	5,720	347.09	7.9	35	A9	6,854	448.90	7.6	45	A13	8,878	625.25	7.6
		A2	2,780	212.42	7.9		A6	5,448	342.28	8.0		A10	6,935	490.58	7.7		A14	8,624	623.64	7.8
		A3	2,885	216.43	8.1		A7	6,005	344.69	8.1		A11	6,985	472.94	7.9		A15	9,110	641.28	8.0
		A4	2,995	224.45	8.2		A8	5,204	351.10	8.2		A12	7,105	482.56	8.1		A16	9,080	617.23	8.0

ตารางที่ 2 สมบัติน้ำบางประการที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 (A17, A21, A25, A29) 111-130 (A18, A22, A26, A30) 151-170 (A19, A23, A27, A31) และ 191-210 mg/l (A20, A24, A28, A32) ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ อุณหภูมิ 34 °C

week	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
1	15	A17	2,800	212.42	7.6	25	A21	4,984	372.74	7.7	35	A25	7,040	521.04	7.7	45	A29	7,190	609.22	7.8
		A18	3,010	212.45	7.9		A22	5,150	376.75	7.8		A26	7,120	530.66	7.8		A30	9,060	613.22	7.9
		A19	2,20	252.50	7.9		A23	5,144	400.80	8.0		A27	7,506	527.45	8.0		A31	9,100	657.31	8.0
		A20	2,870	228.46	8.3		A24	5,070	400.80	8.1		A28	7,040	537.07	8.1		A32	9,020	685.37	8.1
2	15	A17	3,247	344.69	7.2	25	A21	4,930	398.80	7.2		A25	6,886	501.00	7.4	45	A29	8,535	651.30	7.3
		A18	2,925	256.51	7.6		A22	4,965	450.90	7.5		A26	6,945	513.02	7.6		A30	8,612	654.51	7.7
		A19	2,885	282.16	7.8		A23	5,080	432.87	7.7		A27	6,934	517.03	7.7		A31	8,377	631.26	7.8
		A20	3,562	395.19	8.0		A24	5,174	437.68	7.8		A28	7,146	532.26	7.8		A32	8,352	653.30	7.8
3	15	A17	3,052	208.42	7.7	25	A21	4,540	309.42	7.8	35	A25	5,748	456.91	7.8	45	A29	8,864	677.35	7.7
		A18	2,944	213.23	7.9		A22	4,648	320.64	7.9		A26	5,780	431.26	7.8		A30	8,560	618.03	7.7
		A19	2,720	203.61	7.9		A23	4,600	328.66	7.9		A27	6,400	379.96	7.9		A31	8,384	642.88	7.8
		A20	2,792	206.81	8.0		A24	5,148	319.04	7.9		A28	6,470	447.29	7.9		A32	8,520	596.39	7.8

ตารางที่ 2 (ต่อ)

week	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
4	15	A17	2,830	218.04	7.8	25	A21	4,476	368.74	7.8	35	A25	6,644	468.94	7.7	45	A29	8,580	645.29	7.7
		A18	2,856	222.84	7.9		A22	4,688	357.51	7.9		A26	6,744	477.75	7.8		A30	8,270	645.29	7.9
		A19	2,920	240.48	8.1		A23	4,372	338.27	8.1		A27	6,584	488.98	8.0		A31	8,376	627.25	7.9
		A20	2,884	248.50	8.2		A24	4,600	360.72	8.2		A28	6,728	540.28	8.1		A32	8,352	725.49	8.0
5	15	A17	3,000	203.61	7.4	25	A21	4,850	329.46	7.5	35	A25	6,775	479.35	7.6	45	A29	8,675	612.42	7.6
		A18	2,950	216.43	7.6		A22	4,870	340.68	8.0		A26	7,250	496.99	8.0		A30	8,620	630.06	7.9
		A19	2,985	242.48	7.8		A23	4,855	376.75	8.1		A27	6,940	486.97	8.1		A31	8,730	630.06	7.9
		A20	3,050	220.40	8.0		A24	5,075	425.65	8.3		A28	6,885	512.22	8.1		A32	8,965	641.28	8.0
6	15	A17	3,002	224.45	7.6	25	A21	4,768	356.71	7.9	35	A25	6,856	502.60	7.9	45	A29	8,648	611.62	7.9
		A18	3,065	222.84	7.8		A22	4,887	360.72	8.0		A26	7,290	485.50	7.9		A30	8,752	605.42	7.9
		A19	2,950	222.84	7.9		A23	4,963	358.32	8.0		A27	6,879	484.97	8.0		A31	8,861	594.79	7.9
		A20	2,937	227.65	8.0		A24	5,580	593.18	8.1		A28	6,898	498.80	8.0		A32	8,927	617.23	7.9

ตารางที่ 2 (ต่อ)

week	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
7	15	A17	3,548	160.32	7.8	25	A21	5,142	310.62	7.9	35	A25	6,672	300.60	8	45	A29	8,415	400.80	7.7
		A18	3,570	160.32	7.9		A22	5,185	300.60	8.0		A26	6,672	310.62	8.1		A30	8,500	380.76	7.8
		A19	3,761	180.36	8.0		A23	5,100	320.64	8.1		A27	6,757	380.76	8.1		A31	8,330	430.86	7.9
		A20	3,718	220.44	8.2		A24	5,100	390.78	8.2		A28	7,565	390.78	8.2		A32	8,550	410.82	8.1
8	15	A17	2,869	252.68	7.7	25	A21	4,796	321.46	7.8	35	A25	6,362	455.65	7.8	45	A29	8,563	685.25	7.7
		A18	2,726	245.00	7.8		A22	4,925	335.44	7.9		A26	6,384	427.31	7.9		A30	8,672	654.32	7.7
		A19	2,638	298.40	7.9		A23	5,067	344.52	8.0		A27	6,576	433.76	8.1		A31	8,891	667.42	7.8
		A20	2,845	238.20	8.0		A24	5,120	346.23	8.2		A28	6,590	435.72	8.2		A32	8,765	653.61	7.9

ตารางที่ 3 สมบัติน้ำบางประการที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ที่ช่วงความเป็นด่าง 71-90 (A33, A37, A41, A45) 111-130 (A34, A38, A42, A46) 151-170 (A35, A39, A43, A47) และ 191-210 mg/l (A36, A40, A44, A48) ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ อุณหภูมิ 38 °C

week	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH	salinity	alkalinity	hardness	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
1	15	A33	2,740	216.43	7.9	25	A37	4,580	336.67	7.8	35	A41	6,480	464.93	7.8	45	A45	8,700	609.22	7.9
		A34	2,800	220.44	8.0		A38	4,600	328.66	7.9		A42	6,620	464.93	7.9		A46	8,620	609.22	8.1
		A35	2,720	216.43	8.1		A39	4,620	336.67	8.0		A43	6,500	460.92	8.0		A47	8,380	633.26	8.1
		A36	2,790	218.54	8.1		A40	4,560	344.69	8.1		A44	6,440	464.93	8.1		A48	8,640	601.20	8.1
2	15	A33	2,780	200.40	7.7	25	A37	4,860	328.66	7.7	35	A41	6,720	488.98	7.8	45	A45	8,300	577.15	7.8
		A34	2,880	200.40	7.8		A38	4,960	336.67	7.9		A42	7,100	480.96	7.8		A46	8,120	585.17	7.9
		A35	3,000	200.40	8.0		A39	4,920	336.67	8.1		A43	7,180	480.96	8.0		A47	8,240	609.22	8.0
		A36	2,880	208.42	8.2		A40	5,000	352.70	8.2		A44	7,060	496.99	8.1		A48	8,100	577.15	8.0
3	15	A33	2,860	232.46	7.9	25	A37	4,960	360.72	7.9	35	A41	6,860	476.95	7.8	45	A45	8,940	625.25	7.8
		A34	2,940	224.45	8.1		A38	4,670	336.67	8.2		A42	7,020	480.96	8.0		A46	8,340	633.26	8.2
		A35	2,940	216.43	8.4		A39	5,150	356.71	8.3		A43	7,020	488.98	8.2		A47	9,020	627.25	8.2
		A36	2,980	212.42	8.4		A40	5,014	360.72	8.4		A44	7,080	488.98	8.2		A48	8,700	609.22	8.3

3. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงที่ความกระด้าง ความเค็ม และอุณหภูมิของน้ำที่แตกต่างกัน

3.1 สาหร่ายวุ้นซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้างของน้ำ 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9000-10,000 mg CaCO₃/l ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความกระด้างของน้ำและความเค็มต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 °C มีดังนี้

3.1.1 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้างของน้ำ 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตดีในสัปดาห์ที่ 1 หลังจากนั้นการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีแนวโน้มลดลงและอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยในแต่ละช่วงความกระด้าง (ตารางผนวกที่ 13 และภาพที่ 4) ลักษณะของสาหร่ายที่พบมีการแตกแขนงสั้นมาก

เมื่อนำอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความกระด้างต่างๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 สาหร่ายที่ช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความกระด้าง 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 2 สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความกระด้าง 5,001-6,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 และ 7,001-8,000 mg CaCO₃/l ($P < 0.05$) หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความกระด้างต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 37)

3.1.2 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้างของน้ำ 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าช่วงความกระด้างของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ความเค็มและอุณหภูมินี้คือช่วงความกระด้าง 5,001-6,000 และ 7,001-8,000 mg CaCO₃/l ซึ่งสาหร่ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 3.5 เท่าของน้ำหนักเริ่มต้นหลังจากเลี้ยงนาน 8 สัปดาห์ ที่ช่วงความ

กระด้างนี้สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 4.30 ± 0.82 และ 4.63 ± 0.45 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 2 และ 1 ตามลำดับ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตลดลง ส่วนที่ช่วงความกระด้าง 9,001-10,000 mg CaCO_3/l สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตลดลงเช่นเดียวกัน (ตารางผนวกที่ 14 และภาพที่ 4) ลักษณะทางกายภาพของสาหร่ายที่พบคือ สาหร่ายแตกแขนงเพิ่มและยาวขึ้น

เมื่อนำอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความกระด้างต่างๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 สาหร่ายในช่วงความกระด้าง 5,001-6,000 และ 7,001-8,000 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตในช่วงความกระด้าง 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความกระด้าง 7,001-8,000 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตในช่วงความกระด้าง 5,001-6,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 6 สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความกระด้าง 5,001-6,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตในช่วงความกระด้าง 7,001-8,000 mg CaCO_3/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 7 สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความกระด้าง 5,001-6,000 และ 7,001-8,000 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตในช่วงความกระด้าง 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ($P < 0.05$) หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายในช่วงความกระด้างต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 38)

3.1.3 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงในช่วงความกระด้างของน้ำ 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความกระด้างทั้ง 2 นี้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเกือบ 3 เท่าของน้ำหนักเริ่มต้นหลังจากเลี้ยงนาน 8 สัปดาห์ เกือบทุกสัปดาห์สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความกระด้าง 7001-8000 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าในช่วง 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ยกเว้นสัปดาห์ที่ 1 และ 7 และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 4.22 ± 0.48 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 2 (ตารางผนวกที่ 15, ตารางผนวกที่ 39 และภาพที่ 4) การเจริญเติบโตของสาหร่ายในช่วงความกระด้าง 7,001-8,000 mg CaCO_3/l มีการแตกแขนงมากกว่าในช่วง 9,001-10,000 mg CaCO_3/l

3.1.4 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงในช่วงความกระด้างของน้ำ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าสาหร่ายมี

น้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าของน้ำหนักเริ่มต้นหลังจากเลี้ยงนาน 8 สัปดาห์ สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 3.53 ± 0.37 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 3 และมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเรื่อย ๆ (ตารางผนวกที่ 16, ตารางผนวกที่ 40 และภาพที่ 4)

3.2 สาหร่ายรุ่นซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้างของน้ำ $3,001-4,000$ $5,001-6,000$ $7,001-8,000$ และ $9,000-10,000$ mg CaCO_3/l ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 34°C เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความกระด้างของน้ำและความเค็มต่างๆ ที่อุณหภูมิ 34°C มีดังนี้

3.2.1 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้างของน้ำ $3,001-4,000$ $5,001-6,000$ $7,001-8,000$ และ $9,001-10,000$ mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 34°C พบว่าสาหร่ายในแต่ละช่วงความเป็นด่างมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ซึ่งสัปดาห์ที่ 1 สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดอยู่ในช่วง 4.08 ± 0.47 ถึง 4.61 ± 0.52 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจึงค่อย ๆ ลดลงเช่นเดียวกัน (ตารางผนวกที่ 17 และภาพที่ 5) ลักษณะของสาหร่ายที่เลี้ยงที่สภาวะดังกล่าวนี้แตกแขนงน้อยและสั้น

เมื่อนำอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความกระด้างต่างๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 2 สาหร่ายที่ช่วงความกระด้างของน้ำ $3,001-4,000$ และ $5,001-6,000$ mg CaCO_3/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่สาหร่ายซึ่งเลี้ยงที่ 2 ช่วงนี้มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วง $7,001-8,000$ และ $9,001-10,000$ mg CaCO_3/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 6 และ 7 สาหร่ายซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้าง $3,001-4,000$ $5,001-6,000$ และ $7,001-8,000$ mg CaCO_3/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่สาหร่ายทั้ง 3 ช่วงนี้มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วง $9,001-10,000$ mg CaCO_3/l ($P < 0.05$) เช่นเดียวกัน ส่วนสัปดาห์อื่นๆ ที่เหลือค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความกระด้างต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 41)

3.2.2 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้างของน้ำ $5,001-6,000$ $7,001-8,000$ และ $9,001-10,000$ mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 25 ‰

และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าสาหร่ายเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเลี้ยงที่ช่วงความกระด้าง 5001-6000 mg CaCO_3/l ซึ่งสาหร่ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 3.5 เท่าของน้ำหนักเริ่มต้น อัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 6.43 ± 2.41 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 1 (ตารางผนวกที่ 18 และภาพที่ 5) ที่ความกระด้างนี้สาหร่ายมีการแตกแขนงมากและยาวกว่าที่ช่วงความกระด้างอื่น ๆ (ภาพที่ 16) สาหร่ายแตกแขนงดีที่สุดเรียงจากมากไปน้อยได้แก่ สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความกระด้าง 5,001-6,000 3,001-4,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ตามลำดับ

เมื่อนำอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความกระด้างต่าง ๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 และ 4 สาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความกระด้าง 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่สาหร่ายซึ่งเลี้ยงที่ 2 ช่วงนี้มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วง 5,001-6,000 mg CaCO_3/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 5 สาหร่ายซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้าง 5,001-6,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่สาหร่ายทั้ง 2 ช่วงนี้มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วง 7,001-8,000 mg CaCO_3/l ($P < 0.05$) หลังจากนั้นค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความกระด้างต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 42)

3.2.3 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้างของน้ำ 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความกระด้าง 7,001-8,000 mg CaCO_3/l มีการเจริญเติบโตดีกว่าสาหร่ายซึ่งเลี้ยงที่ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ซึ่งสาหร่ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเกือบ 5 เท่าของน้ำหนักเริ่มต้นหลังจากเลี้ยงนาน 8 สัปดาห์ และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 8.48 ± 2.17 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 1 หลังจากนั้นสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 4 (ตารางผนวกที่ 19, ตารางผนวกที่ 43 และภาพที่ 5) สาหร่ายที่เลี้ยงที่ความกระด้าง 7,001-8,000 mg CaCO_3/l แตกแขนงดีกว่าที่ความกระด้าง 9,001-10,000 mg CaCO_3/l

3.2.4 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้างของน้ำ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความกระด้าง 9,001-10,000 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดในสัปดาห์ที่ 1 และ

อัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 4 (ตารางผนวกที่ 20, ตารางผนวกที่ 44 และ ภาพที่ 5) สาหร่ายแตกแขนงไม่มากนัก ทลัสเริ่มมีสีเขียวในสัปดาห์ที่ 6 (ภาพที่ 17)

3.3 สาหร่ายวันซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้างของน้ำ 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,000-10,000 mg CaCO_3/l ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 38 °C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ช่วงความกระด้างของน้ำและความเค็มต่างๆ ที่อุณหภูมิ 38 °C มีดังนี้

3.3.1 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้างของน้ำ 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในแต่ละช่วงความกระด้างของน้ำมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ซึ่งสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 5.69 ± 3.56 2.52 ± 0.31 2.68 ± 0.45 และ 3.03 ± 0.52 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 1 ตามลำดับ และอัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 2 (ตารางผนวกที่ 21 และภาพที่ 6) สาหร่ายมีลักษณะสั้น แตกแขนงน้อย สาหร่ายมีสีเขียวที่ปลายทลัสตั้งแต่สัปดาห์แรก

เมื่อนำอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความกระด้างต่าง ๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 3 สาหร่ายซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 mg CaCO_3/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันกับสาหร่ายที่ช่วงความกระด้าง 7,001-8,000 mg CaCO_3/l ($P > 0.05$) ส่วนสาหร่ายซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้าง 7,001-8,000 mg CaCO_3/l อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันกับสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วง 3,001-4,000 5,001-6,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 45)

3.3.2 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความกระด้างของน้ำ 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่ช่วงความกระด้าง 5,001-6,000 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 3.27 ± 0.20 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 1 แต่ในสัปดาห์ที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนที่ช่วงความกระด้าง 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 2.47 ± 0.75 และ 3.17 ± 0.75 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 1 เช่นกัน และ

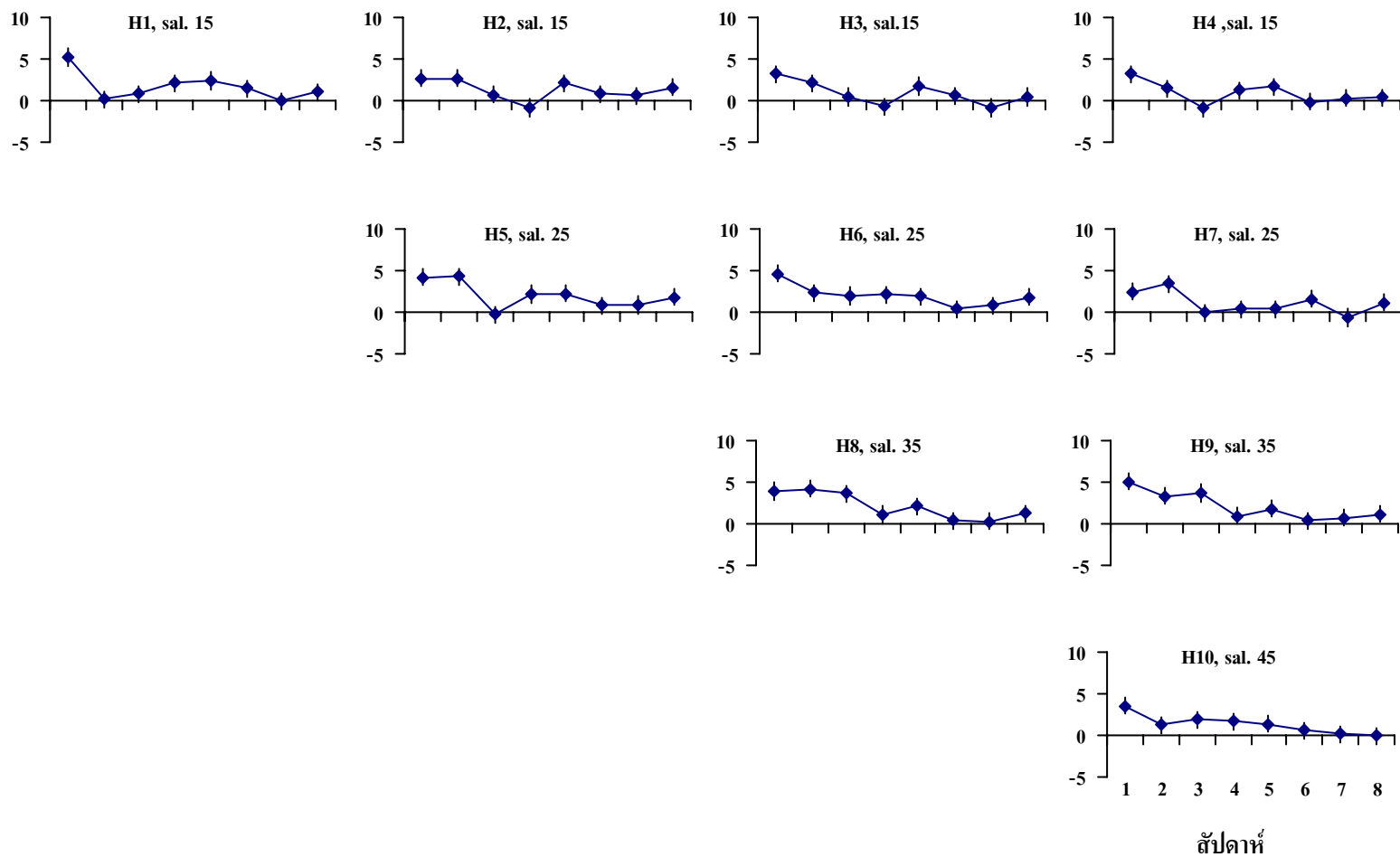
อัตราการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 2 (ตารางผนวกที่ 22 และภาพที่ 23) สาหร่ายมีสีเขียวเกือบทั้งทลัส

เมื่อนำอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายในช่วงความกระด้างต่างๆ ภายในแต่ละสัปดาห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ในสัปดาห์ที่ 2 สาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความกระด้าง 9,001-10,000 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความกระด้าง 5,001-6,000 และ 7,001-8,000 mg CaCO_3/l ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายในช่วงความกระด้างต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 46)

3.3.3 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงในช่วงความกระด้างของน้ำ 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความกระด้าง 7,001-8,000 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 4.62 ± 1.33 เปอร์เซ็นต์ต่อวันในสัปดาห์ที่ 1 ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความกระด้างของน้ำ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำตั้งแต่สัปดาห์แรก (ตารางผนวกที่ 23, ตารางผนวกที่ 47 และภาพที่ 6) สาหร่ายที่เลี้ยงที่ความกระด้างของน้ำ 7,001-8,000 mg CaCO_3/l แดกแขนงดีกว่าที่ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l อย่างไรก็ตามสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทั้ง 2 ช่วงดังกล่าว ทลัสเริ่มมีสีเขียวในสัปดาห์ที่ 4 อย่างไรก็ตามสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทั้ง 2 ช่วงดังกล่าว ทลัสเริ่มมีสีเขียวตั้งแต่สัปดาห์แรก

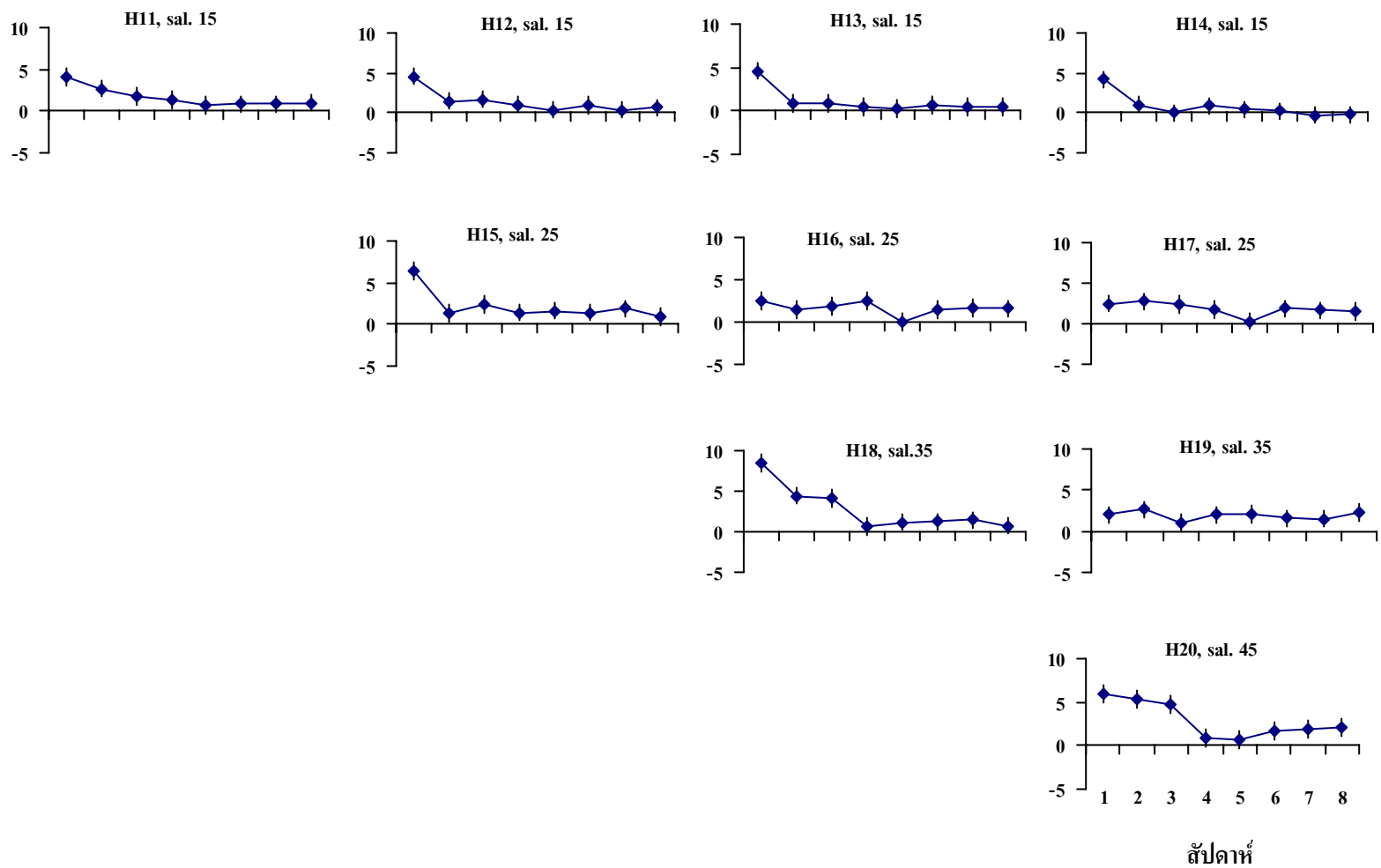
3.3.4 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงในช่วงความกระด้างของน้ำ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงความกระด้าง 9,001-10,000 mg CaCO_3/l มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 1.49 ± 0.35 ถึง 2.30 ± 0.11 เปอร์เซ็นต์ต่อวันตลอดระยะเวลาการเลี้ยง สาหร่ายแตกแขนงไม่มากและมีสีเขียว (ตารางผนวกที่ 24, ตารางผนวกที่ 48 และภาพที่ 6)

อัตราการเจริญเติบโต (เปอร์เซ็นต์/วัน)



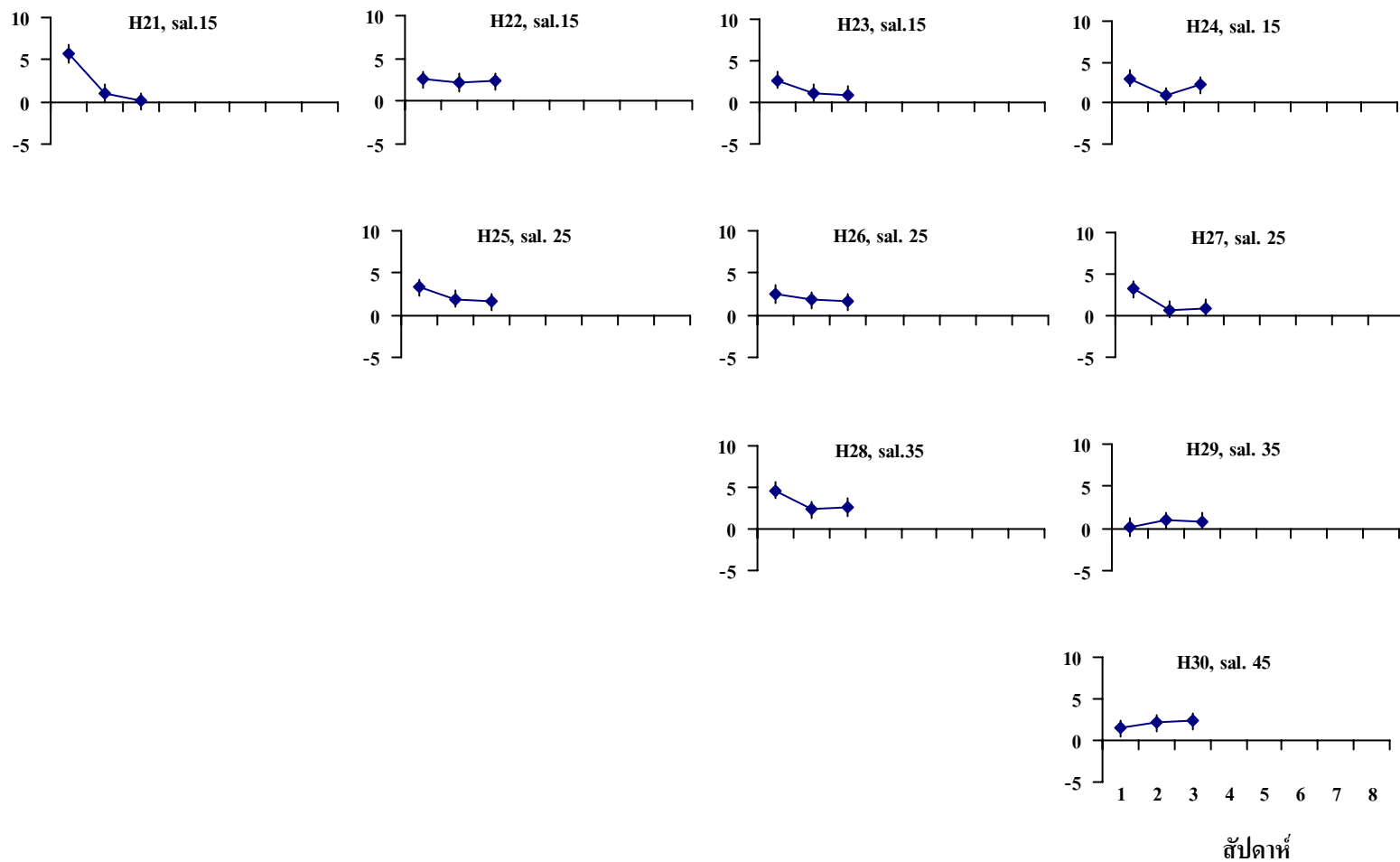
ภาพที่ 4 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเลที่ช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 (H1) 5,001-6,000 (H2, H5) 7,001-8,000 (H3, H6, H8) และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l (H4, H7, H9, H10) ที่ความเค็ม 15, 25, 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 25 °C

อัตราการเจริญเติบโต (เปอร์เซ็นต์/วัน)



ภาพที่ 5 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเลในช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 (H11) 5,001-6,000 (H12, 15) 7,001-8,000 (H13, H16, H18) และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l (H14, H17, H19, H20) ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 34 °C

อัตราการเจริญเติบโต (เปอร์เซ็นต์/วัน)



ภาพที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเลที่ช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 (H21) 5,001-6,000 (H22, H25) 7,001-8,000 (H23, H26, H28) และ 9,001-10,000 mg CaCO_3/l (H24, H27, H29, H30) ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 38 °C

4. สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายวันในช่วงความกระด้างของน้ำ ความเค็ม และอุณหภูมิต่าง ๆ

4.1 จากการวิเคราะห์สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l เลี้ยงสาหร่ายที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 25 °C ได้ผลดังนี้

4.1.1 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 76-102 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 182.36-2,506.20 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.6-7.9 (ตารางที่ 4)

4.1.2 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 83.47-94.75 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 210.42-2,206.40 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.7-7.9 (ตารางที่ 4)

4.1.3 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 74.50-97.50 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 425.30-871.74 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.7-7.9 (ตารางที่ 4)

4.1.4 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 90.30-103.50 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 631.26-1,096.2 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.7-7.9 (ตารางที่ 4)

4.2 จากการวิเคราะห์สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l เลี้ยงสาหร่ายที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 34 °C ได้ผลดังนี้

4.2.1 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 15 ‰ และ อุณหภูมิ 34 °C พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 48.50-97.00 mg CaCO₃/l ปริมาณ แคลเซียมอยู่ระหว่าง 201.20-3,122.20 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.1-7.9 (ตารางที่ 5)

4.2.2 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 62.50-98.70 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 341.52-2,566.37 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.2-7.9 (ตารางที่ 5)

4.2.3 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 87.00-102.40 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 459.24-1,958.30 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.6-7.8 (ตารางที่ 5)

4.2.4 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 91.50-101.60 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 593.18-1,463.80 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.5-7.9 (ตารางที่ 5)

4.3 จากการวิเคราะห์สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l เลี้ยงสาหร่ายที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 38 °C ได้ผลดังนี้

4.3.1 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 3,001-4,000 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 48.50-97.00 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 201.20-3,122.20 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.1-7.9 (ตารางที่ 6)

4.3.2 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 5,001-6,000 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 62.50-97.80 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 341.52-2,566.40 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.2-7.9 (ตารางที่ 6)

4.3.3 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 7,001-8,000 และ 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 85.50-102.40 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 459.24-1,958.31 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.6-7.8 (ตารางที่ 6)

4.3.4 สมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ซึ่งปรับให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 9,001-10,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 91.50-101.60 mg CaCO₃/l ปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 593.18-1,463.82 mg CaCO₃/l ค่า pH อยู่ในช่วง 7.5-7.9 (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 4 สมบัติน้ำบางประการที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ที่ช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 (H1) 5,001-6,000 (H2, H5) 7,001-8,000 (H3, H6, H8) และ 9,001-10,000 mg/l (H4, H7, H9, H10) ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ อุณหภูมิ 25 °C

week	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
1	15	H1	86.8	232.46	7.7	25	H5	90.8	406.81	7.8	35	H8	93.8	521.04	7.7	45	H10	100.5	655.31	7.8
		H2	88.2	569.14	7.8		H6	90.2	685.37	7.9		H9	95.5	867.73	7.8					
		H3	91.0	921.84	7.9		H7	91.8	821.64	7.9										
		H4	91.2	1,152.30	7.9															
2	15	H1	102.0	260.52	7.5	25	H5	94.0	366.73	7.7	35	H8	97.0	507.01	7.8	45	H10	103.5	647.29	7.9
		H2	98.0	771.54	7.6		H6	92.5	665.33	7.8		H9	96.5	671.34	7.9					
		H3	96.9	851.70	7.8		H7	90.5	1,016.03	7.9										
		H4	98.2	1,432.86	7.9															
3	15	H1	80.6	224.45	7.6	25	H5	92.6	404.81	7.8	35	H8	74.5	517.03	7.8	45	H10	98.6	665.43	7.9
		H2	81.5	557.11	7.7		H6	93.2	1,138.27	7.9		H9	85.6	711.42	7.9					
		H3	82.3	1,070.14	7.9		H7	89.8	1,130.26	7.9										
		H4	83.2	1,390.78	7.9															

ตารางที่ 4 (ต่อ)

week	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
4	15	H1	82.6	210.42	7.6	25	H5	87.4	210.42	7.7	35	H8	85.5	460.92	7.7	45	H10	90.3	631.26	7.8
		H2	85.0	791.58	7.8		H6	90.3	691.38	7.8		H9	86.4	871.74	7.7					
		H3	82.2	1,232.46	7.9		H7	90.7	1,055.42	7.8										
		H4	81.8	2,130.25	7.9															
5	15	H1	82.5	182.36	7.7	25	H5	85.6	315.83	7.7	35	H8	95.2	425.30	7.8	45	H10	96.8	857.54	7.9
		H2	83.6	866.53	7.8		H6	92.4	1,060.92	7.8		H9	93.5	450.90	7.9					
		H3	85.2	1,539.07	7.9		H7	94.8	2,206.40	7.9										
		H4	82.2	2,506.20	7.9															
6	15	H1	76.0	236.47	7.6	25	H5	79.2	364.73	7.8	35	H8	90.1	611.22	7.7	45	H10	95.5	735.42	7.8
		H2	79.2	849.70	7.7		H6	84.0	807.61	7.9		H9	97.5	653.30	7.8					
		H3	84.7	1,326.65	7.9		H7	85.4	1,649.29	7.9										
		H4	82.5	1,904.60	7.9															

ตารางที่ 4 (ต่อ)

week	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
7	15	H1	80.7	213.23	7.6	25	H5	79.6	346.29	7.7	35	H8	93.7	572.34	7.8	45	H10	97.5	1,034.87	7.7
		H2	79.6	572.34	7.7		H6	83.5	725.45	7.8		H9	97.2	496.19	7.8					
		H3	84.4	1,094.18	7.8		H7	86.1	1,261.72	7.8										
		H4	85.3	1,326.65	7.9															
8	15	H1	81.3	212.65	7.6	25	H5	92.5	386.36	7.7	35	H8	97.5	544.68	7.8	45	H10	98.4	955.65	7.8
		H2	82.6	754.65	7.8		H6	88.6	772.24	7.8		H9	96.6	574.28	7.9					
		H3	84.2	1,124.85	7.9		H7	93.7	1,284.24	7.8										
		H4	85.3	1,523.62	7.9															

ตารางที่ 5 สมบัติน้ำบางประการที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ที่ช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 (H11) 5,001-6,000 (H12, H15) 7,001-8,000 (H13, H16, H18) และ 9,001-10,000 mg/l (H14, H17, H19,H20) ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ อุณหภูมิ 34 °C

week	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
1	15	H11	86.9	600.40	7.9	25	H15	93.4	679.76	7.8	35	H18	89.5	888.97	7.8	45	H20	92.0	973.94	7.7
		H12	88.8	2,164.32	7.9		H16	98.0	2,286.16	7.9		H19	92.3	1,958.31	7.6					
		H13	79.8	2,459.31	7.7		H17	92.5	2,290.97	7.8										
		H14	75.5	2,677.34	7.6															
2	15	H11	48.5	201.20	7.6	25	H15	97.5	342.68	7.8	35	H18	101.0	501.40	7.8	45	H20	101.6	593.18	7.9
		H12	53.7	933.06	7.7		H16	86.1	1,122.24	7.9		H19	92.0	1,598.39	7.8					
		H13	97.0	1,943.88	7.5		H17	62.5	2,418.83	7.5										
		H14	69.5	3,122.23	7.4															
3	15	H11	72.0	232.46	7.1	25	H15	80.5	428.86	7.2	35	H18	87.0	501.00	7.8	45	H20	91.5	730.48	7.5
		H12	78.0	1,022.04	7.2		H16	83.0	957.91	7.6		H19	90.0	1,428.20	7.6					
		H13	77.0	1,619.23	7.5		H17	78.5	1,771.54	7.6										
		H14	75.0	1,683.36	7.6															

ตารางที่ 5 (ต่อ)

week	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
4	15	H11	74.6	286.42	7.8	25	H15	89.3	399.75	7.6	35	H18	95.7	521.60	7.8	45	H20	92.5	664.54	7.6
		H12	78.2	1,875.35	7.8		H16	86.7	1,526.70	7.7		H19	99.4	1,769.48	7.6					
		H13	77.8	1,926.40	7.6		H17	84.9	2,459.38	7.7										
		H14	82.1	1,886.65	7.7															
5	15	H11	82.0	354.54	7.9	25	H15	89.0	462.75	7.8	35	H18	102.4	553.64	7.8	45	H20	95.2	864.30	7.7
		H12	76.5	2,563.64	7.8		H16	87.5	986.45	7.9		H19	97.3.0	1,592.78	7.6		H20	95.2	864.30	7.7
		H13	77.2	2,644.35	7.8		H17	93.4	1,827.3	7.7										
		H14	87.4	2,872.83	7.7															
6	15	H11	72.4	264.46	7.9	25	H15	94.4	341.52	7.9	35	H18	96.5	567.34	7.8	45	H20	98.2	893.47	7.7
		H12	68.5	2,134.37	7.8		H16	98.7	1,529.85	7.8		H19	98.6	1,423.66	7.6					
		H13	82.6	2,050.69	7.8		H17	92.5	2,566.37	7.8										
		H14	79.3	1,987.55	7.7															

ตารางที่ 5 (ต่อ)

week	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
7	15	H11	78.5	238.44	7.8	25	H15	92.4	366.72	7.8	35	H18	98.2	459.24	7.8	45	H20	97.2	463.82	7.8
		H12	74.9	1,519.43	7.8		H16	97.8	963.95	7.9		H19	96.7	1,526.78	7.7					
		H13	88.2	1,628.56	7.7		H17	89.9	1,572.47	7.7										
		H14	87.9	1,372.92	7.7															
8	15	H11	82.1	534.14	7.9	25	H15	88.2	644.56	7.8	35	H18	89.4	887.42	7.8	45	H20	98.1	992.64	7.7
		H12	87.3	2,062.52	7.8		H16	87.5	2,264.31	7.9		H19	97.5	1,864.33	7.7					
		H13	75.2	1,992.72	7.7		H17	90.2	2,379.54	7.8										
		H14	76.6	1,768.35	7.6															

ตารางที่ 6 สมบัติน้ำบางประการที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ที่ช่วงความกระด้าง 3,001-4,000 (H21) 5,001-6,000 (H22, H25) 7,001-8,000 (H23, H26, H28) และ 9,001-10,000 mg/l (H24, H27, H29, H30) ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ อุณหภูมิ 38 °C

week	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH	salinity	hardness	alkalinity	Ca	pH
		mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg			mg	mg	mg	
	(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l		(‰)	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	CaCO ₃ /l	
1	15	H21	86.9	600.40	7.9	25	H25	93.4	679.76	7.8	35	H28	89.5	889.00	7.8	45	H30	92.0	973.90	7.7
		H22	88.8	2,164.32	7.9		H26	98.0	2,286.16	7.9		H29	92.3	1,958.30	7.6					
		H23	79.8	2,459.31	7.7		H27	92.5	2,290.97	7.8										
		H24	75.5	2,677.34	7.6															
2	15	H21	97.0	201.20	7.6	25	H25	97.5	342.68	7.8	35	H28	101.0	501.40	7.8	45	H30	101.6	593.20	7.9
		H22	69.5	933.06	7.7		H26	86.1	1,122.24	7.9		H29	92.0	1,598.40	7.8					
		H23	53.7	1,943.88	7.5		H27	62.5	2,418.83	7.5										
		H24	48.5	3,122.23	7.4															
3	15	H21	72.0	232.46	7.1	25	H25	80.5	428.86	7.2	35	H28	87.0	501.0	7.8	45	H30	91.5	1330.70	7.5
		H22	78.0	1,022.04	7.2		H26	83.0	957.91	7.6		H29	90.0	1,428.2	7.6					
		H23	77.0	1,619.23	7.5		H27	78.5	1,771.54	7.6										
		H24	75.0	1,683.36	7.6															



ภาพที่ 7 *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C



ภาพที่ 8 *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C



ภาพที่ 9 *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C



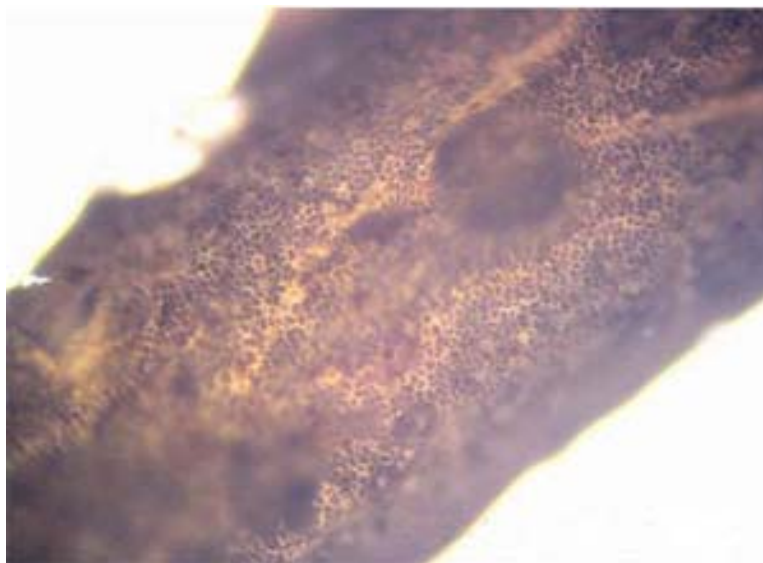
ภาพที่ 10 *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงในช่วงความเป็นด่างมากกว่า 151 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C



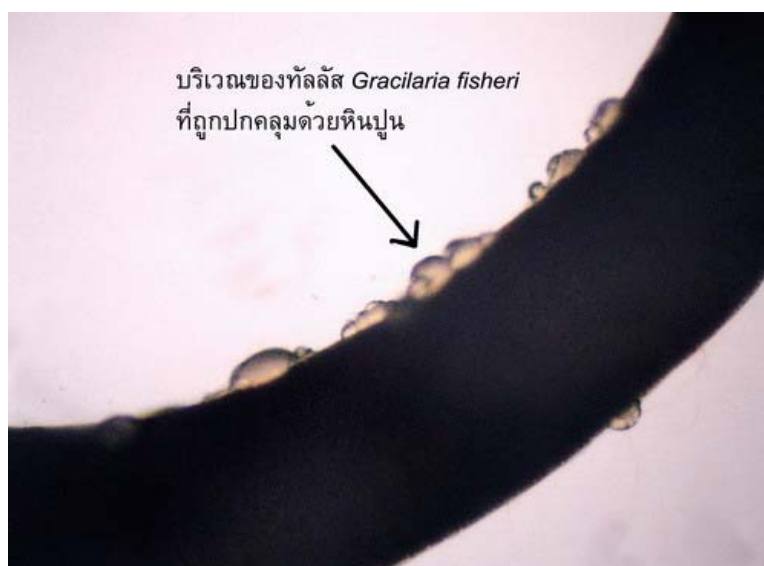
ภาพที่ 11 *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C



ภาพที่ 12 *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 191-210 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C พบหินปูนสีขาวปกคลุมทั่วลำ



ภาพที่ 13 *Gracilaria fisheri* ที่มีหินปูนมาปกคลุมทลัสเช่นเดียวกัน ที่สภาวะความเป็นด่าง 151- 170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 25 °C



ภาพที่ 14 ลักษณะทางกายภาพของ *Gracilaria fisheri* ที่ถูกปกคลุมด้วยหินปูน ที่สภาวะความเป็นด่าง 151-170 และ 191-210 mg CaCO_3/l ที่ความเค็ม 15 25 35 และ 45 ‰ ที่อุณหภูมิ 34 °C



ภาพที่ 15 *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 34 °C มีลักษณะทางกายภาพร่วมกันคือมีสีเขียวขาวเมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์



ภาพที่ 16 *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ความกระด้าง 5001-6000 mg CaCO₃/l ความเค็ม 25 ‰ ที่อุณหภูมิ 34 °C



ภาพที่ 17 *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ความกระด้าง 9001-10000 mg CaCO_3/l ความเค็ม 45 ‰
ที่อุณหภูมิ 34 °C

วิจารณ์ผล

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นซึ่งเลี้ยงที่ระดับความเป็นด่าง ความเค็ม และอุณหภูมิของน้ำที่แตกต่างกัน

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น ได้แก่ ความเค็ม (Dawes *et al.*, 1999) แสง (Laponite *et al.*, 1984) และอุณหภูมิ (Mizusawa *et al.*, 1978; Lee *et al.*, 1999; Friendlander *et al.*, 1987) จากการศึกษาในครั้งนี้สาหร่ายวุ้นซึ่งเลี้ยงที่ระดับความเป็นด่าง ความเค็ม และอุณหภูมิ น้ำที่แตกต่างกัน อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับค่าความเป็นด่างของ น้ำ (ตารางผนวกที่ 49) อัตราการเจริญของ *G. fisheri* ลดลงเมื่อเลี้ยงที่สภาวะความเป็นด่างของน้ำ สูง ทั้งนี้เมื่อความเป็นด่างมีค่าสูงขึ้นมากกว่า 151 mg CaCO₃/l ที่ทุกระดับความเค็มและอุณหภูมิ ทำให้เกิดการตกตะกอนของหินปูนปกคลุมห่อลัสสาหร่าย ซึ่งการตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต โดยเฉพาะที่ด้านนอกของเซลล์จะเป็นตัวกีดขวางยับยั้งการดูดซึมสารอาหาร และยังจำกัดการส่อง ผ่านของแสงไปยังห่อลัส ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลงและการเจริญเติบโตลดลงด้วย (Lobban, 1994) ซึ่งให้ผลคล้ายคลึงกับ Chirapart and Lewmanomont (2004) ที่เลี้ยง *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* ในบ่อธรรมชาติ เมื่อความเค็มมากกว่า 35 ‰ อุณหภูมิสูงกว่า 30 °C และค่าความเป็น ด่างของน้ำมากกว่า 160 mg CaCO₃/l สาหร่ายมีการเจริญเติบโตลดลง และแคลเซียมที่ตกตะกอน ปกคลุมสาหร่ายวุ้นทำให้ห่อลัสหักง่าย (จิตติมา, 2544) ซึ่งการตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต นี้จะเกิดขึ้นเมื่อปริมาณคาร์บอเนตในน้ำสูงเกินกว่าความสามารถในการละลายได้ของหินปูน (ยนต์, 2539; ยงยุทธ, 2546) นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลกระทบต่อความสามารถในการละลายน้ำของ สารประกอบคาร์บอเนตด้วย เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายจะ เพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ปริมาณคาร์บอเนตไดออกไซด์ในน้ำลดลง ไบคาร์บอเนตในน้ำจะแตกตัวให้ คาร์บอเนตไดออกไซด์เกิดการสะสมของคาร์บอเนต ซึ่งในน้ำที่มีแคลเซียมและคาร์บอเนตจะเกิด การรวมตัวกัน และตกผลึกเป็นหินปูน (CaCO₃) ได้เพิ่มขึ้น (ยนต์, 2539) ดังเห็นได้จากการ ทดลองเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจาก 25 °C เป็น 34 °C หินปูนมีการตกตะกอนเพิ่มขึ้น

สาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงความเป็นด่าง 71-210 mg CaCO₃/l ที่ความ เค็ม 15-45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C สามารถเจริญเติบโตได้ และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 34 °C สาหร่ายยังสามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ระยะหนึ่ง การเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นชนิดเดียวกันนี้เคย

มีรายงานไว้ในการศึกษาทดลองเลี้ยงในบ่อดินธรรมชาติ ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตดีเมื่อความเค็มของน้ำมีค่าระหว่าง 30-35 ‰ และอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 24-34 °C และเมื่อความเค็มของน้ำสูงเกินกว่า 40-45 ‰ และอุณหภูมิสูงเกินกว่า 30-32 °C ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลงและตายเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง (จิตติมา, 2544) ในขณะที่กาญจนภรณ์และคณะ (2531) รายงานว่า *G. fisheri* เจริญเติบโตได้ในช่วงความเค็ม 10-30 ‰ และที่ความเค็ม 15-25 ‰ เจริญเติบโตได้ดีที่สุด ส่วนความเค็มมากกว่า 30 ‰ ไม่เหมาะแก่การเลี้ยงสาหร่ายวุ้น แต่จากการทดลองของสุวัฒน์ (2534) เลี้ยงสาหร่ายวุ้น *Gracilaria tenuistipitata* และ *G. fisheri* (syn. *Polycavernosa fisheri*) มีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และสามารถเจริญเติบโตได้เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นถึง 31 ‰ จากการทดลองในครั้งนี้เมื่อความเค็มสูงขึ้น 45 ‰ สาหร่าย *G. fisheri* สามารถทนความเค็มได้ระยะเวลาหนึ่ง แต่ภายหลังเลี้ยง 3 สัปดาห์การเจริญเติบโตเริ่มลดลง ความสามารถในการทนความเค็มสูงของสาหร่ายชนิดนี้ อาจอธิบายได้จากลักษณะของเซลล์สาหร่ายวุ้นซึ่งเป็นสาหร่ายสีแดง พลังเซลล์มีคุณสมบัติในการรักษาสมดุลของความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์ให้เข้มข้นและผนังเซลล์มีความยืดหยุ่นสูงเมื่ออยู่ในสภาวะที่น้ำทะเลมีความเค็มสูงในระดับหนึ่งหรือไม่เกิน 45 ‰ ในสภาวะที่น้ำรอบนอกเซลล์มีความเค็มสูง เซลล์ของสาหร่ายวุ้นจะมีขนาดเล็กลง ทาลัสมีลักษณะเป็นเส้นพอมบางและเล็กลงเพื่อไม่ให้สูญเสียน้ำออกนอกเซลล์มาก รวมทั้งรักษาระดับแคลเซียมและโพแทสเซียมให้อยู่ภายในเซลล์ให้สมดุลป้องกันไม่ให้เซลล์ถูกทำลาย ความทนทานต่อความเค็มสูงของสาหร่ายวุ้นมีความสัมพันธ์ต่อระดับความเป็นด่างและความกระด้าง รวมทั้งปริมาณสารประกอบออสโมไลต์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำทะเล ปริมาณแคลเซียมและโพแทสเซียมในน้ำทะเลมีค่าสูงช่วยให้สาหร่ายทนต่อความเค็มสูงได้ดีขึ้นแต่ทนได้ในระดับหนึ่ง (Lobban, 1994)

อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับค่าความกระด้าง แคลเซียม ออสโมไลต์ และ pH ของน้ำ (ตารางผนวกที่ 49) อัตราการเจริญของ *G. fisheri* ลดลงเมื่อเลี้ยงที่สภาวะความกระด้างของน้ำสูง ทั้งนี้อาจอธิบายได้ว่า ความกระด้างในน้ำเกิดจากออสโมไลต์ที่มีประจุ +2 ต่าง ๆ เช่น Ca^{+2} Mg^{+2} Sr^{+2} แต่โดยส่วนใหญ่แล้วจะประกอบด้วยแคลเซียมและแมกนีเซียม (มันสิน, 2545) และความกระด้างจะสัมพันธ์กับความเป็นด่างเนื่องจากออสโมไลต์ของความเป็นด่างและออสโมไลต์ของความเป็นกรดนั้นได้มาจากการละลายของหินปูน เมื่อความเข้มข้นของไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระดับความเป็นด่าง และเมื่อออสโมไลต์เหล่านี้มีปริมาณถึงจุดอิ่มตัวก็จะตกผลึกออกจากน้ำ ระดับความกระด้างที่สูงขึ้นทำให้แนวโน้มในการตกผลึกของแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (มันสิน และมันรักษ์, 2545) จากรายงานของสุวัฒน์ (2534) *G.*

tenuistipitata และ *G. fisheri* (syn. *Polycarvernosa fisheri*) เจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่มีพื้นบ่อเป็นโคลน pH 7.30 ถึง 8.17 และ pH ซึ่งเหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสงของ *Gracilaria* มีค่าอยู่ระหว่าง 7.0 ถึง 8.5 (Debusk and Ryther, 1984) ในขณะที่ *G. tenuistipitata* ซึ่งเลี้ยงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มล. ที่ความเค็ม 20 30 และ 39 ‰ มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นที่ pH 6.5 และ 7.0 และอัตราการเจริญเติบโตลดลงที่ pH 8.0 (Israel *et al.*, 1999) อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ *G. fisheri* มีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่อน้ำมี pH เพิ่มขึ้นถึง 8.4 ความกระด้างและความเค็มอยู่ในช่วง 2,940 ถึง 8,927 และ 191 ถึง 210 mg CaCO₃/l ตามลำดับ

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นซึ่งเลี้ยงที่ความกระด้าง ความเค็ม และอุณหภูมิของน้ำที่แตกต่างกัน

สาหร่ายวุ้นซึ่งเลี้ยงที่ระดับความกระด้าง ความเค็ม และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับค่าความกระด้างของน้ำ (ตารางผนวกที่ 50) ทั้งนี้เมื่อความกระด้างเพิ่มสูงขึ้นทำให้มีออบโนวมากขึ้นด้วย ซึ่งจะไปรวมตัวกับคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำเกิดการตกตะกอนของหินปูน จากการศึกษาในครั้งนี้การตกตะกอนมีไม่มากนักอาจเนื่องมาจากความเค็มในน้ำอยู่ในช่วง 49 ถึง 102 mg CaCO₃/l ซึ่งไม่สูงมาก ทำให้ออบโนวของความเค็มต่ำที่จะมารวมตัวกับออบโนวของความกระด้างแล้วเกิดการตกตะกอนเป็นไปได้น้อย สาหร่ายวุ้นมีการเจริญเติบโตดีเมื่อความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 5,001-6,000 และ 7,001-8,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25 และ 35 ‰ ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิเท่ากับ 25 °C และยังเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 34 °C ซึ่งที่สภาวะนี้มีปริมาณแคลเซียมออบโนวอยู่ในช่วง 210-679 mg CaCO₃/l และ 425-888 mg CaCO₃/l ตามลำดับ ที่ความเค็ม 15 และ 45 ‰ สาหร่ายยังสามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ แต่เมื่อน้ำมีความเค็มต่ำหรือสูงมากกระบวนการเกิดออสโมซิสจะสูง ทำให้สาหร่ายต้องใช้พลังงานในการควบคุมสมดุลของน้ำภายในเซลล์ ทำให้มีผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพของสาหร่าย ในขณะที่อุณหภูมิสูง 38 °C สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ระยะหนึ่งเท่านั้น จากรายงานการเลี้ยง *G. fisheri* ในบ่อดินของวิวรรณและคณะ (2538) น้ำหนักของสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับความเค็ม ความเค็มต่ำ ความกระด้าง และปริมาณแคลเซียมออบโนว ซึ่งความเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 2-36 ‰ ความเค็มต่ำ ความกระด้าง และปริมาณแคลเซียมออบโนวมีค่าอยู่ในช่วง 17-125 409.98-7,087.08 และ 25.58-537.07 mg CaCO₃/l ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับค่าแคลเซียมไอออน (ตารางผนวกที่ 50) เนื่องจากเมื่อมีการเติม CaCl_2 เพื่อปรับความกระด้างของน้ำทำให้แคลเซียมไอออนมีความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นมาก ซึ่งทำให้แนวโน้มในการตกผลึกมากขึ้น ในขณะที่อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความเป็นด่างและ pH (ตารางผนวกที่ 50) อาจเป็นเพราะว่าความเป็นด่างและ pH มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดการทดลอง สาเหตุสำคัญที่ทำให้หินปูนเกิดขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีความสามารถละลายน้ำลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งแนวโน้มในการตกผลึกของหินปูนขึ้นอยู่กับระดับความเป็นด่าง ความกระด้าง pH ของน้ำจะละลายน้ำและอุณหภูมิ (มันสิน และมันรักษ์, 2545)

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่านอกจากปัจจัยของความเค็ม อุณหภูมิและแสงจะมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *G. fisheri* แล้ว ยังมีปัจจัยร่วมของความเป็นด่างและความกระด้างของน้ำส่งผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นลดลงเมื่อความเป็นด่างและความกระด้างของน้ำร่วมกับความเค็มและอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

สรุป

การศึกษาถึงปัจจัยร่วมของความเป็นด่างและความกระด้างที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น *Gracilaria fisheri* จากผลการศึกษาพอสรุปได้ดังนี้

1. สาหร่ายวุ้น *G. fisheri* สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงความเป็นด่างและความกระด้าง 71-210 และ 3,001-10,000 mg CaCO₃/l ตามลำดับ ที่ความเค็ม 15-45 ‰ และอุณหภูมิ 25-34 °C แต่สภาวะที่เหมาะสมคือช่วงความเป็นด่าง 71-130 mg CaCO₃/l และความกระด้าง 4,001-8,000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25-35 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C
2. ที่ช่วงความเป็นด่างมากกว่า 151 mg CaCO₃/l ที่ทุกระดับความเค็มและอุณหภูมิไม่เหมาะต่อการเลี้ยงสาหร่ายวุ้น เนื่องจากมีตะกอนหินปูนปกคลุมสาหร่ายทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง
3. ความเป็นด่างและความกระด้างสูงร่วมกับความเค็มและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นลดลง

ข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงสาหร่ายวุ้นในบ่อให้มีคุณภาพดีขึ้น อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาถึงวิธีการควบคุมให้ความเป็นด่างและความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย เพื่อป้องกันการตกตะกอนของหินปูนปกคลุมสาหร่ายซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กาญจนาภรณ์ ลีวมนันต์, สุจินต์ ดีแท้, อุดม สิทธิภูประเสริฐ, ปิยะพงศ์ โชติพันธ์, ลิขิต ชูจิต และ ประเมษฐ์ พลอยประดับ. 2536. รายงานการวิจัยเรื่องการคัดเลือกชนิดของสาหร่าย
วุ้นเพื่อการเพาะเลี้ยง. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 135 น.
- คณิต ไชยคำ และ ดุสิต ดันวิไลย. การทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri* ในบริเวณ
ทะเลสาบสงขลาตอนนอก. วารสารการประมง 45(5): 1041-1046.
- จิตติมา หมั่นกิจ. 2544. การเจริญเติบโตและปริมาณวุ้นของสาหร่ายทะเลสกุลกราซิลารี,
Gracilaria fisheri (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia และ *G. tenuistipitata* var.
liui Chang et Xia ที่เลี้ยงในสภาพป้อนธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธารรัตน์ สุภศิริ. 2533. การประยุกต์ใช้สารไฟโคคอลลอยด์ในด้านต่าง ๆ. เอกสารประกอบการ
ประชุมเชิงวิชาการเรื่องผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากการแปรรูปสาหร่ายทะเล. หน่วยวิจัยไบ
โอพอลิเมอร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
หน้า 38-40.
- นิคม ละอองศิริวงศ์ และ ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2546. วิธีวิเคราะห์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
ชายฝั่ง. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง. 211 น.
- มนูดี หังสพฤกษ์. 2532. สมุทรศาสตร์เคมี. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 329 น.
- มันสิน ตันทุลเวศม์. 2540. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม.
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 351 น.
- มันสิน ตันทุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตันทุลเวศม์. 2545. เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. ภาควิชา
วิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 26/19 น.

ยนต์ มุสิก. 2539. เอกสารประกอบการสอน คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตของบ่อปลา. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 180 น.

วิรัช จิวแหยม. 2544. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ. 166 น.

วิวรรณ สิงห์ทวีศักดิ์, บุญส่ง สิริกุล และ อรุณ มีกิริยา. 2538. การเลี้ยงสาหร่ายพม nang, *Gracilaria fisheri* (Xia & Abbott) Abbott, Zhang & Xia, แบบผลผลิตสูงในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 58. ศูนย์เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี. กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง.

วิวรรณ สิงห์ทวีศักดิ์. 2539. ผลของความถี่ในการเก็บเกี่ยวและความหนาแน่นที่มีต่อผลผลิตสาหร่ายพม nang, *Gracilaria fisheri* (Xia & Abbott) Abbott, Zhang & Xia, ที่เลี้ยงในบ่อปลากระพงขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 18 น.

วิวรรณ สิงห์ทวีศักดิ์ และ จิตติมา ทองศรีพงษ์. 2543. การเลี้ยงสาหร่ายพม nang, *Gracilaria fisheri* (Xia & Abbott) Abbott, Zhang & Xia, ร่วมกับกุ้งกุลาดำ, *Penaeus monodon* (Fabricius) ในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 40. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 18 น.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 237 น.

สมศักดิ์ แสนสุข, สุรจิต วรรณจันทร์, วนิดา วัชรโสภณกุล และ ฉลอง เมืองสนธิ์. 2532. การเพาะเลี้ยงโดยให้อัตราส่วนและช่วงความถี่การให้ N:P ระดับต่างๆในสาหร่าย *Polycavernosa changii* ในระบบฟาร์มปิดเพื่อพัฒนาการเพาะเลี้ยงในระดับอุตสาหกรรมต่อไป. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตประสานมิตร, กรุงเทพฯ. 73 น.

สุรพล อุปศิษฐกุล. 2521. สถิติการวางแผนทดลองขั้นต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 145 น.

สุรินทร์ มัจฉาชีพ และ สมสุข มัจฉาชีพ. 2539. สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี. สำนักพิมพ์แพรววิทยา กรุงเทพฯ. 210 น.

สุวัฒน์ รัตนภาพไพศาล. 2534. ผลของระดับความเข้มข้นในการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตและความหนาแน่นของสาหร่ายต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น 2 ชนิด ที่เลี้ยงในบ่อดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Amat, M.A. and J.-P. Brand. 1990. Ammonium uptake by *Chondrus crispus* Stackhouse (Gigartinales, Rhodophyta) in culture. **Hydrobiol.** **204/205**: 467-471.

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.

Bird, K.T., M.D. Hanisak and Ryter. 1981. Chemical quality and production of agars extracted from *Gracilaria tikvahiae* grown in different nitrogen enrichment conditions. **Bot. Mar.** **24**:441-444.

Boyd, C.E. 1990. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University. 482 p.

Braga Adriana da costa and Yocie Yoneshigue-Valentin. 1996. Nitrogen and phosphorus uptake by the Brazilian kelp *Laminaria abyssalis* (Phaeophyta) in culture. **Hydrobiol.** **326/327**: 445-450.

Capo, Thomas R. Juan C. Jaramillo, Albert E. Boyd, Brian E. Laponite and Joseph E. Serafy. 1999. Sustained high yields of *Gracilaria* (Rhodophyta) grown in intensive large-scale culture. **J. Appl. Phycol.** **11**: 143-147.

- Chirapart, A. and K. Lewmanomont. 2004. Growth and production of Thai agarophyte cultured in natural pond using the effluent seawater from shrimp culture. **Hydrobiol.** **512**: 117-126.
- Dawes, Clinton J., J. Orduna-Rojas and D. Robledo. 1999. Response of the tropical red seaweed *Gracilaria cornea* to temperature, salinity and irradiance. **J. Appl. Phycol.** **10**: 419-425.
- DeBoer, J. A. 1981. Nutrients, P.356-391. *In* Lobban, C.S. and M.J. Wynne (eds.). **The Biology of Seaweeds**. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- DeBusk, T. A. and J.H. Ryther. 1984. Effects of seawater exchange, pH and carbon supply on the growth of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyceae) in large-scale cultures. **Bot. Mar.** **27**: 357-362.
- Edding, Mario, Juan Macchoiavello and Hans Black. 1987. Culture of *Gracilaria* sp. in outdoor tanks: productivity. **Hydrobiol.** **151/152**: 369-373.
- Friedlander, M., R. Shalev, T. Ganor, S. Strimling, A. Ben-Amotz, H.Klar and Y. Wax. 1987. Seasonal fluctuations of growth rate and chemical composition of *Gracilaria* cf. *confera*. In outdoor culture in Israel. **Hydrobiol.** **151/152**: 501-507.
- Friedlander, M. and Ben-Amotz A.1991. The effect of outdoor culture conditions on growth and epiphyte of *Gracilaria confera*. **Aquatic Bot.** **39**: 315-333.
- Friedlander, M. and I. Levy. 1995. Cultivation of *Gracilaria* in outdoor tanks and ponds. **J.Appl. Phyco.** **7**: 315-324.

- Friedlander, Michael. Nora Weintraub, Arik Freedman, Joni Sfeer, Zvi Snovsky, Jim Shapira, and George Wm. Kissil.. 1996. Fish as potential biocontrollers of *Gracilaria* (Rhodophyta) culture. **Aquacult.** **145**: 113-118.
- Guerin, Michel Jean and Kimon T. Bird. 1987. Effects of Aeration Period on the Productivity and Agar Quality of *Gracilaria* sp. **Aquacult.** **64**: 105-110.
- Guo-zhong, Ren., Wang Ji-cheng and Chen Mei-qin. 1984. Cultivation of *Gracilaria* by means of low rafts. **Hydrobiol.** **116/117**: 72-76.
- Hanisak, M. Dennis and John H. Ryther. 1984. Cultivation biology of *Gracilaria tikvahiae* in the United States. **Hydrobiol.** **116/117**: 295-298.
- Hanisak, M. Dennis and John H. Ryther. 1984. Cultivation biology of *Gracilaria tikvahiae* in the United States. **Hydrobiol.** **116/117**: 295-298. Cited Ryther, J.H. and T.A. Debusk, 1982. Significance of carbondioxide and bicarbonate-carbon uptake in marine biomass production. Presented at the Symposium 'Energy from Biomass and Waste VI'. January 25-29, 1982. Lake Buena Vista, Florida.
- Israel, Alvaro, Milagrosa Martinez-Goss and Michael 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.
- Laponite, B.E. and J.H. Ryther. 1979. The effects of nitrogen and seawater flow rate on the growth and biochemical composition of *Gracilaria foliifera* var. *angustissima* in mass outdoor culture. **Bot. Mar.** **22**: 529-537
- Laponite, B.E., K.R. Tenore and C.J. Dawes. 1984. Interaction between light and temperature on the physiological ecology of *Gracilaria tikvahiae* (Gigartinales: Rhodophyta). **Mar. Biol.** **80**: 161-170.

- Lee, Tse-Min, Yuan-Chang and Yaw-Huei Lin. 1999. Seasonal acclimation in *Gracilaria tenuistipitata* Differences in physiological responsea between winter and summer *Gracilaria tenuistipitata* (Gigartinales, Rhodophyta) to varying temperature. **Bot. Bull. Acad. Sin.** **49**: 93-100.
- Lignell, Ake and Pedersen Marianne. 1987. Nitrogen metabolism in *Gracilaria secundata*. **Hydrobiol.** **151/152**: 431-441.
- Liu, Jingwen. 2000. Responses of the macroalgae *Gracilaria tenuistipitata* (Rhodophyta) to iron stress. **J. Appl. Phycol.** **12**: 605-612.
- Lobban, C.S., P.J. Harrison. 1994. **Seaweed Ecology and Physiology**. Cambridge University Press. New York. 366 p.
- Marinho-Soriano, E. T. S. F. Silva and W. S. C. Moreira. 2001. Seasonal variation in the biomass and agar yield from *Gracilaria cervicornis* and *Hydropuntia cornea* from Brazil. **Bior. Techn.** **77(2)**: 115-120.
- Mizusawa, M., A. Kageyama and Y. Yokohama. 1978. Physiology of benthic algae in tide pools I. Photosynthesis-temperature relationships in summer. **Jap. J. Phycol.** **26**: 109-114.
- Nelson, Stephen G.,Edward P. Glenn, Jeff Conn, David Moore, Ted Walsh and Malia Akutagawa. 2001. Cultivation of *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) in shrimp-farm effluent ditches and floating cages in Hawaii: a two-phase polyculture system. **Aquacult.** **193**: 239-248.
- Parker, H.S. 1982. Effects of simulated current on growth rate andnitrogen metabolism of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyta). **Mar. Biol.** **96**: 137-147.

- Penniman, C.A. 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.
- Pickering, T. D., M. E. Gordon and L. J. Tong. 1993. Effect of nutrient pulse concentration and frequency on growth of *Gracilaria chilensis* plants and levels of epiphytic algae. **J. Appl. Phycol.** 5: 525-533.
- Rui, Li., Li Jiajun and Wu Chaoyuan. 1990. Effect of ammonium on growth and carrageenan content in *Kappaphycus alvarezii* (Gigartinales, Rhodophyta). **Hydrobiol.** 204/205: 499-503.
- Ryther, J.H., N. Corwin, T. A. DeBusk and L.D. Williams. 1981. Nitrogen uptake and storage by the red alga *Gracilaria tikvahiae* (McLachlan, 1979). **Aquacult.** 26: 107-115.
- Smit, Albertus J., Bruce L. Robertson and Derek R. du Preez. 1997. Influence of ammonium-N pluse concentrations and frequency, tank condition and nitrogen starvation on growth rate and biochemical composition of *Gracilaria gracilis*. 1997. **J. Appl. Phycol.** 8: 473-481.
- Sihirunvong, S. 1992. **Alkalinization and high pH in cement-tank water: Causes and consequences.** For the Degree of master of Science. Asian Institute of technology Bangkok, Thailand. 87 p.
- Troell, Max., C. Halling. A. Nilsson, A.H. Buschmann. And N. Kautsky. 1997. Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gravilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. **Aquacult.** 156: 45-61.

- Trono, Gavino C., Jr. and Rhodora Azanza-Corrales. 1981. The seasonal variation in the biomass and reproductive states of *Gracilaria* in Manila Bay, pp. 734-748. In T. Levring (ed.) **proceeding of Xth International Seaweed Symposium**. Walter de Gruyter & Co., Berlin.
- Ugarte, R. and B. Santelices. 1992. Experiment tank cultivation of *Gracilaria chilensis* in central Chile. **Aquacult.** **101**: 7-16.
- Westermeier, R. Gomez I. and Rivera P. 1993. Suspended farming of *Gracilaria chilensis* at Cariquilda River, Maullin, Chile. **Aquacult.** **113**: 215-229
- BCIT Chemistry Resource Center. 2003. Magnesium. Available Source: <http://nobel.scas.bcit.ca/resource/>, December 18, 2003.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

Week	71-90 mg CaCO ₃ /l		111-130 mg CaCO ₃ /l		151-170 mg CaCO ₃ /l		191-210 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.05	-	0.05	-	0.04	-	0.04	-
1	0.07	5.83	0.06	4.00	0.05	2.58	0.06	3.97
2	0.09	3.60	0.08	3.71	0.08	5.87	0.07	4.03
3	0.09	1.13	0.08	1.02	0.08	0.21	0.08	0.05
4	0.10	0.90	0.09	0.73	0.09	0.84	0.08	0.31
5	0.10	0.59	0.09	0.59	0.09	1.66	0.09	2.37
6	0.11	0.21	0.09	-0.12	0.10	1.59	0.10	1.24
7	0.11	0.92	0.09	0.11	0.11	1.22	0.11	0.83
8	0.12	0.29	0.09	0.05	0.11	0.53	0.11	0.58

ตารางผนวกที่ 2 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

Week	71-90 mg CaCO ₃ /l		111-130 mg CaCO ₃ /l		151-170 mg CaCO ₃ /l		191-210 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.05	-	0.05	-	0.04	-	0.04	-
1	0.07	4.79	0.06	3.53	0.06	3.85	0.06	4.63
2	0.08	2.84	0.07	2.29	0.07	3.39	0.06	1.97
3	0.09	2.23	0.08	2.18	0.08	2.04	0.07	1.57
4	0.11	1.69	0.09	1.78	0.09	1.58	0.079	1.54
5	0.12	1.08	0.1	1.44	0.10	1.02	0.09	1.74
6	0.12	0.79	0.1	1.00	0.10	0.80	0.1	1.09
7	0.13	0.78	0.11	0.90	0.11	0.97	0.11	0.81
8	0.13	0.30	0.13	0.46	0.12	0.45	0.11	0.43

ตารางผนวกที่ 3 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

Week	71-90 mg CaCO ₃ /l		111-130 mg CaCO ₃ /l		151-170 mg CaCO ₃ /l		191-210 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.04	-	0.05	-	0.04	-	0.04	-
1	0.05	3.62	0.06	2.84	0.06	3.75	0.05	2.42
2	0.08	5.66	0.08	6.43	0.08	5.10	0.07	4.96
3	0.09	1.11	0.09	1.17	0.08	1.17	0.08	1.26
4	0.09	1.49	0.10	1.27	0.09	1.22	0.08	1.10
5	0.11	1.58	0.11	1.13	0.10	1.23	0.09	0.92
6	0.12	1.43	0.12	1.33	0.11	0.72	0.09	0.10
7	0.12	0.55	0.13	0.42	0.11	0.55	0.10	0.42
8	0.13	0.55	0.13	0.66	0.12	0.76	0.10	0.48

ตารางผนวกที่ 4 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

Week	71-90 mg CaCO ₃ /l		111-130 mg CaCO ₃ /l		151-170 mg CaCO ₃ /l		191-210 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.04	-	0.04	-	0.05	-	0.05	-
1	0.05	2.80	0.06	3.40	0.06	3.81	0.06	3.81
2	0.07	5.02	0.07	4.31	0.07	2.35	0.07	1.00
3	0.08	1.46	0.08	1.36	0.08	1.55	0.07	1.12
4	0.09	1.56	0.09	1.36	0.09	1.44	0.08	1.27
5	0.09	1.36	0.10	1.09	0.10	1.27	0.08	0.75
6	0.11	1.70	0.11	1.11	0.11	1.27	0.09	0.56
7	0.12	1.16	0.12	1.04	0.12	1.14	0.09	0.81
8	0.12	0.21	0.12	0.21	0.12	0.46	0.10	0.86

ตารางผนวกที่ 5 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

Week	71-90 mg CaCO ₃ /l		111-130 mg CaCO ₃ /l		151-170 mg CaCO ₃ /l		191-210 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.04	-	0.04	-	0.04	-	0.05	-
1	0.59	4.49	0.07	5.80	0.06	4.11	0.06	3.50
2	0.07	3.35	0.09	3.28	0.08	3.23	0.08	3.02
3	0.10	3.88	0.11	2.63	0.09	2.40	0.10	3.55
4	0.11	2.36	0.12	1.50	0.10	1.88	0.11	2.04
5	0.13	2.19	0.13	1.70	0.11	1.04	0.12	1.13
6	0.14	1.20	0.14	1.03	0.12	1.07	0.13	0.77
7	0.14	0.24	0.15	0.36	0.13	0.95	0.13	0.58
8	0.14	0.23	0.15	0.12	0.14	0.53	0.14	0.60

ตารางผนวกที่ 6 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

Week	71-90 mg CaCO ₃ /l		111-130 mg CaCO ₃ /l		151-170 mg CaCO ₃ /l		191-210 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.05	-	0.05	-	0.04	-	0.05	-
1	0.07	5.07	0.08	6.87	0.06	3.87	0.06	3.40
2	0.10	4.39	0.11	4.47	0.08	4.44	0.07	2.90
3	0.13	4.72	0.16	4.95	0.11	4.10	0.09	3.50
4	0.16	2.52	0.18	2.04	0.13	2.89	0.11	2.17
5	0.18	1.29	0.20	1.59	0.15	1.83	0.12	1.71
6	0.19	1.22	0.22	1.19	0.16	1.19	0.13	0.95
7	0.20	0.37	0.24	0.71	0.17	0.43	0.15	0.92
8	0.20	0.20	0.25	0.49	0.17	0.67	0.16	1.28

ตารางผนวกที่ 7 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

Week	71-90 mg CaCO ₃ /l		111-130 mg CaCO ₃ /l		151-170 mg CaCO ₃ /l		191-210 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.04	-	0.04	-	0.04	-	0.04	-
1	0.07	5.11	0.07	7.19	0.07	5.33	0.07	5.02
2	0.09	4.10	0.09	2.47	0.10	4.67	0.09	3.61
3	0.13	4.66	0.12	4.47	0.11	2.20	0.12	4.89
4	0.16	3.44	0.13	1.66	0.13	2.30	0.14	1.23
5	0.17	1.23	0.15	1.43	0.15	1.60	0.15	1.32
6	0.19	1.22	0.16	1.43	0.17	1.71	0.16	1.53
7	0.21	1.21	0.19	1.41	0.21	1.64	0.19	1.33
8	0.24	1.29	0.21	1.26	0.22	1.50	0.21	1.36

ตารางผนวกที่ 8 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

Week	71-90 mg CaCO ₃ /l		111-130 mg CaCO ₃ /l		151-170 mg CaCO ₃ /l		191-210 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.04	-	0.04	-	0.04	-	0.05	-
1	0.06	3.28	0.06	3.72	0.06	3.09	0.06	2.92
2	0.08	3.81	0.08	4.31	0.07	2.66	0.07	3.15
3	0.10	4.14	0.10	3.34	0.09	4.77	0.09	2.73
4	0.11	1.42	0.11	1.47	0.11	1.01	0.10	2.40
5	0.13	2.35	0.12	1.82	0.12	1.50	0.12	1.52
6	0.15	1.68	0.13	1.54	0.14	2.19	0.13	2.16
7	0.17	1.33	1.16	1.51	0.16	1.73	0.17	2.07
8	0.19	1.15	0.18	1.38	0.18	1.51		

ตารางผนวกที่ 9 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

Week	71-90 mg CaCO ₃ /l		111-130 mg CaCO ₃ /l		151-170 mg CaCO ₃ /l		191-210 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.04	-	0.06	-	0.05	-	0.06	-
1	0.07	7.50	0.07	3.56	0.06	3.60	0.07	2.61
2	0.08	0.75	0.09	3.54	0.07	3.42	0.08	1.81
3	0.07	-0.34	0.09	-0.17	0.07	-1.57	0.09	0.48

ตารางผนวกที่ 10 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

Week	71-90 mg CaCO ₃ /l		111-130 mg CaCO ₃ /l		151-170 mg CaCO ₃ /l		191-210 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.06	-	0.05	-	0.05	-	0.06	-
1	0.10	6.95	0.07	6.03	0.09	7.04	0.10	6.20
2	0.12	3.38	0.10	3.81	0.11	3.56	0.12	2.91
3	0.15	2.88	0.12	3.30	0.13	2.02	0.14	2.76

ตารางผนวกที่ 11 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

Week	71-90 mg CaCO ₃ /l		111-130 mg CaCO ₃ /l		151-170 mg CaCO ₃ /l		191-210 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.06	-	0.05	-	0.05	-	0.06	-
1	0.10	8.48	0.12	13.3	0.07	5.74	0.08	4.77
2	0.14	5.59	0.18	5.71	0.10	4.32	0.10	4.48
3	0.23	6.81	0.24	4.15	0.10	0.42	0.14	3.62

ตารางผนวกที่ 12 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความเป็นด่าง ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

Week	71-90 mg CaCO ₃ /l		111-130 mg CaCO ₃ /l		151-170 mg CaCO ₃ /l		191-210 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.05	-	0.05	-	0.05	-	0.04	-
1	0.07	4.81	0.07	5.63	0.06	4.05	0.05	2.88
2	0.09	4.04	0.08	3.20	0.07	1.58	0.06	2.50
3	0.14	5.92	0.10	2.05	0.06	-2.04	0.07	1.27

ตารางผนวกที่ 13 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

Week	3001-4000 mg CaCO ₃ /l		5001-6000 mg CaCO ₃ /l		7001-8000 mg CaCO ₃ /l		9001-10000 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.04	-	0.04	-	0.05	-	0.05	-
1	0.06	5.22	0.47	2.69	0.05	2.15	0.05	1.64
2	0.06	0.17	0.06	2.71	0.06	0.43	0.06	1.43
3	0.06	0.83	0.06	0.74	0.05	-0.72	0.05	-0.91
4	0.08	2.14	0.06	-0.85	0.06	1.75	0.06	1.28
5	0.09	2.40	0.07	2.10	0.07	3.19	0.07	3.22
6	0.10	1.44	0.07	0.82	0.08	0.56	0.07	-0.16
7	0.10	-0.08	0.07	0.59	0.07	-0.88	0.08	0.29
8	0.11	0.98	0.09	1.58	0.08	0.44	0.08	0.38

ตารางผนวกที่ 14 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

Week	5001-6000 mg CaCO ₃ /l		7001-8000 mg CaCO ₃ /l		9001-10000 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.05	-	0.05	-	0.05	-
1	0.06	4.16	0.07	4.63	0.05	2.47
2	0.08	4.30	0.08	2.36	0.07	3.38
3	0.08	-0.25	0.09	1.95	0.07	-0.04
4	0.10	2.2	0.10	2.12	0.07	0.36
5	0.11	2.27	0.12	1.86	0.09	3.74
6	0.12	0.84	0.12	0.37	0.10	1.60
7	0.13	0.86	0.13	0.82	0.10	-0.66
8	0.15	1.80	0.16	1.77	0.11	1.16

หมายเหตุ ไม่มีช่วงความกระด้างที่ 3001-4000 mg/l เนื่องจากไม่สามารถปรับค่าได้ ที่ความเค็ม 25 ‰

ตารางผนวกที่ 15 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

Week	7001-8000 mg/l		9001-10000 mg/l	
	Wt. (g)	RGR (%/day)	Wt. (g)	RGR (%/day)
0	0.05	-	0.04	-
1	0.06	3.91	0.06	5.10
2	0.08	4.22	0.07	3.28
3	0.09	1.11	0.08	0.98
4	0.10	3.67	0.10	3.68
5	0.11	2.07	0.11	1.83
6	0.12	0.40	0.11	0.40
7	0.12	0.26	0.12	0.70
8	0.14	1.23	0.13	1.11

หมายเหตุ ไม่มีช่วงความกระด้างที่ 3001-6000 mg/l เนื่องจากไม่สามารถปรับค่าได้ถึงความเค็ม 35 ‰

ตารางผนวกที่ 16 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

Week	9001-10000 mg/l	
	Wt. (g)	RGR (%/day)
0	0.05	-
1	0.05	1.27
2	0.07	3.53
3	0.08	1.89
4	0.09	1.67
5	0.10	1.39
6	0.10	0.60
7	0.10	0.11
8	0.10	-0.06

หมายเหตุ ไม่มีช่วงความกระด้างที่ 3001-8000 mg/l เนื่องจากไม่สามารถปรับค่าได้ถึงความเค็ม 45 ‰

ตารางผนวกที่ 17 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

Week	3001-4000 mg CaCO ₃ /l		5001-6000 mg CaCO ₃ /l		7001-8000 mg CaCO ₃ /l		9001-10000 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.05	-	0.04	-	0.05	-	0.04	-
1	0.06	4.08	0.06	4.58	0.06	4.62	0.05	4.18
2	0.07	2.66	0.07	1.49	0.07	0.87	0.06	1.04
3	0.08	1.76	0.08	1.64	0.07	0.83	0.06	0.06
4	0.09	1.30	0.08	1.03	0.08	0.44	0.06	0.85
5	0.10	0.66	0.09	0.35	0.08	0.36	0.06	0.46
6	0.11	1.43	0.09	0.96	0.08	0.63	0.07	0.22
7	0.12	0.84	0.09	0.35	0.09	0.49	0.06	-0.30
8	0.12	1.02	0.10	0.72	0.09	0.42	0.06	-0.16

ตารางผนวกที่ 18 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

Week	5001-6000 mg CaCO ₃ /l		7001-8000 mg CaCO ₃ /l		9001-10000 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.05	-	0.05	-	0.05	-
1	0.07	6.43	0.06	2.46	0.05	2.48
2	0.08	1.32	0.07	1.46	0.07	2.75
3	0.09	2.44	0.08	1.90	0.08	2.41
4	0.11	1.41	0.10	2.48	0.09	1.74
5	0.12	1.60	0.10	0.05	0.10	0.24
6	0.14	1.39	0.12	1.47	0.11	1.86
7	0.16	1.92	0.13	1.63	0.12	1.63
8	0.17	0.96	0.15	1.59	0.13	1.54

หมายเหตุ ไม่มีช่วงความกระด้างที่ 3001-4000 mg/l เนื่องจากไม่สามารถปรับค่าได้ ที่ความเค็ม 25 ‰

ตารางผนวกที่ 19 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

Week	7001-8000 mg/l		9001-10000 mg/l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.04	-	0.05	-
1	0.07	8.48	0.06	1.99
2	0.10	4.37	0.07	2.63
3	0.14	4.12	0.07	1.02
4	0.14	0.65	0.09	2.03
5	0.16	1.18	0.11	2.09
6	0.17	1.23	0.12	1.57
7	0.19	1.44	0.13	1.51
8	0.20	0.68	0.15	2.28

หมายเหตุ ไม่มีช่วงความกระด้างที่ 3001-6000 mg/l เนื่องจากไม่สามารถปรับค่าได้ ที่ความเค็ม 35 ‰

ตารางผนวกที่ 20 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

Week	9001-10000 mg/l	
	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)
0	0.05	-
1	0.07	5.89
2	0.10	5.33
3	0.13	4.68
4	0.15	0.92
5	0.16	0.64
6	0.17	1.66
7	0.20	1.98
8	0.23	2.07

หมายเหตุ ไม่มีช่วงความกระด้างที่ 3001-8000 mg/l เนื่องจากไม่สามารถปรับค่าได้ ที่ความเค็ม 45 ‰

ตารางผนวกที่ 21 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

3001-4000 mg CaCO ₃ /l		5001-6000 mg CaCO ₃ /l		7001-8000 mg CaCO ₃ /l		9001-10000 mg CaCO ₃ /l	
Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0.04	-	0.04	-	0.05	-	0.05	-
0.07	5.69	0.05	2.52	0.06	2.68	0.06	3.03
0.07	1.03	0.06	2.15	0.06	1.11	0.06	0.85
0.07	0.05	0.07	2.35	0.06	0.95	0.07	2.18

ตารางผนวกที่ 22 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

Week	5001-6000 mg CaCO ₃ /l		7001-8000 mg CaCO ₃ /l		9001-10000 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.05	-	0.04	-	0.05	-
1	0.06	3.27	0.05	2.47	0.06	3.17
2	0.07	1.92	0.06	1.80	0.06	0.68
3	0.08	1.58	0.06	1.54	0.07	0.95

หมายเหตุ ไม่มีช่วงความกระด้างที่ 3001-4000 mg/l เนื่องจากไม่สามารถปรับค่าได้ ที่ความเค็ม 25 ‰

ตารางผนวกที่ 23 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

Week	7001-8000 mg CaCO ₃ /l		9001-10000 mg CaCO ₃ /l	
	Wt.	RGR	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)	(g)	(%/day)
0	0.04	-	0.05	-
1	0.06	4.62	0.05	0.16
2	0.07	2.32	0.05	0.93
3	0.08	2.62	0.05	0.85

หมายเหตุ ไม่มีช่วงความกระด้างที่ 3001-6000 mg/l เนื่องจากไม่สามารถปรับค่าได้ถึงความเค็ม 35 ‰

ตารางผนวกที่ 24 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโต ของ *Gracilaria fisheri*
ซึ่งเลี้ยงที่ช่วงต่าง ๆ ของความกระด้าง ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

Week	9001-10000 mg/l	
	Wt.	RGR
	(g)	(%/day)
0	0.05	-
1	0.06	1.49
2	0.06	2.07
3	0.07	2.30

หมายเหตุ ไม่มีช่วงความกระด้างที่ 3001-8000 mg/l เนื่องจากไม่สามารถปรับค่าได้ถึงความเค็ม 45 ‰

ตารางผนวกที่ 25 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความเป็นด่างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	71-90	111-130	151-170	191-210
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	4.79±1.28 a	3.53±0.84 a	3.85±1.07 a	4.63±0.83 a
2	2.84±0.95 a	2.29±0.22 a	3.39±0.71 a	1.96±1.19 a
3	2.23±0.59 a	2.18±0.44 a	2.04±0.70 a	1.57±0.61 a
4	1.69±0.69 a	1.78±0.52 a	1.58±0.40 a	1.54±0.45 a
5	1.08±0.68 a	1.14±0.41 a	1.02±0.22 a	1.74±0.39 a
6	0.79±1.06 a	1.00±0.64 a	0.80±0.53 a	1.09±0.68 a
7	0.78±0.26 a	0.90±0.24 a	0.97±0.24 a	0.81±0.22 a
8	0.30±0.38 a	0.46±0.41 a	0.45±0.31 a	0.43±0.27 a

ตารางผนวกที่ 26 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความเป็นด่างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	71-90	111-130	151-170	191-210
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	4.79±1.28 a	3.53±0.84 a	3.85±1.07 a	4.63±0.83 a
2	2.84±0.95 a	2.29±0.22 a	3.39±0.71 a	1.96±1.19 a
3	2.23±0.59 a	2.18±0.44 a	2.04±0.70 a	1.57±0.61 a
4	1.69±0.69 a	1.78±0.52 a	1.58±0.40 a	1.54±0.45 a
5	1.08±0.68 a	1.14±0.41 a	1.02±0.22 a	1.74±0.39 a
6	0.79±1.06 a	1.00±0.64 a	0.80±0.53 a	1.09±0.68 a
7	0.78±0.26 a	0.90±0.24 a	0.97±0.24 a	0.81±0.22 a
8	0.30±0.38 a	0.46±0.41 a	0.45±0.31 a	0.43±0.27 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

ตารางผนวกที่ 27 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความเป็นด่างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	71-90	111-130	151-170	191-210
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	3.62±0.57 a	2.84±1.11 a	3.75±0.73 a	2.42±1.15 a
2	5.66±1.06 a	6.43±0.37 a	5.11±0.89 a	4.96±0.57 a
3	1.11±0.78 a	1.17±0.29 a	1.17±0.62 a	1.26±0.41 a
4	1.49±0.64 a	1.27±0.74 a	1.22±0.96 a	1.10±0.87 a
5	1.58±0.70 b	1.13±0.33 ab	1.23±0.25 ab	0.92±0.33 a
6	1.43±0.10 b	1.33±0.23 b	0.72±0.17 a	1.02±0.42 a
7	0.55±0.30 a	0.42±0.34 a	0.55±0.23 a	0.42±0.51 a
8	0.55±0.33 a	0.66±0.37 a	0.76±0.28 a	0.48±0.41 a

ตารางผนวกที่ 28 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความเป็นด่างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	71-90	111-130	151-170	191-210
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	2.80±0.14 a	3.40±1.20 a	3.81±0.27 a	3.81±0.27 a
2	5.02±1.17 b	4.31±0.91 b	2.35±0.42 a	1.00±0.97 a
3	1.46±1.02 a	1.36±0.34 a	1.54±0.23 a	1.12±1.04 a
4	1.56±0.76 a	1.36±0.34 a	1.44±0.73 a	1.27±0.97 a
5	1.36±0.53 a	1.09±0.42 a	1.27±0.61 a	0.75±0.33 a
6	1.70±0.70 a	1.11±0.56 a	1.27±1.01 a	0.56±0.29 a
7	1.16±0.61 a	1.04±0.38 a	1.14±0.42 a	0.81±0.47 a
8	0.21±0.20 a	0.21±0.21 a	0.46±0.54 a	0.86±0.64 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

ตารางผนวกที่ 29 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความเป็นด่างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	71-90	111-130	151-170	191-210
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	4.49±0.88 a	5.80±0.78 b	4.11±0.22 a	3.50±0.69 a
2	3.35±0.36 a	3.28±1.22 a	3.22±0.25 a	3.02±0.65 a
3	3.88±0.48 b	2.62±0.87 a	2.40±0.68 a	3.55±0.61 ab
4	2.16±0.83 a	1.50±0.47 a	1.88±0.96 a	2.04±0.47 a
5	2.17±0.84 a	1.70±0.94 a	1.04±0.85 a	1.13±0.13 a
6	0.24±0.53 a	1.03±0.85 a	1.07±0.35 a	0.77±0.21 a
7	0.21±1.04 a	0.36±0.22 a	0.95±0.25 a	0.58±0.37 a
8	0.22±0.16 ab	0.12±0.18 a	0.53±0.29 b	0.60±0.18 b

ตารางผนวกที่ 30 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความเป็นด่างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	71-90	111-130	151-170	191-210
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	5.07±0.71 b	6.87±0.36 c	3.87±1.12 ab	3.40±0.49 a
2	4.39±0.58 b	4.47±0.51 b	4.43±0.49 b	2.90±0.86 a
3	4.70±1.76 a	4.99±0.63 a	4.09±0.80 a	3.50±0.62 a
4	2.52±0.91 a	2.04±0.61 a	2.89±1.14 a	2.17±0.56 a
5	1.29±0.46 a	1.59±0.65 a	1.83±1.26 a	1.71±1.31 a
6	1.22±0.57 a	1.19±0.18 a	1.19±0.24 a	0.95±0.32 a
7	0.37±0.21 a	0.71±0.10 a	0.43±0.30 a	0.92±0.47 a
8	0.20±0.39 a	0.49±0.42 a	0.67±0.31 a	1.28±0.39 b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

ตารางผนวกที่ 31 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความเป็นด่างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	71-90	111-130	151-170	191-210
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	5.11±1.28 a	7.19±0.42 a	5.33±0.52 a	5.02±1.03 a
2	4.10±1.50 a	2.47±0.84 a	4.67±1.29 a	3.61±1.17 a
3	4.66±0.31 b	4.47±0.91 b	2.19±0.89 a	4.89±0.46 b
4	3.44±0.77 b	1.66±0.87 a	2.30±0.81 ab	1.23±0.80 a
5	1.23±0.59 a	1.43±0.37 a	1.60±0.35 a	1.32±1.02 a
6	1.22±0.48 a	1.43±0.31 a	1.71±0.42 a	1.53±0.27 a
7	1.21±0.25 a	1.41±0.30 a	1.64±0.45 a	1.33±0.22 a
8	1.29±0.43 a	1.26±0.86 a	1.49±0.64 a	1.36±0.59 a

ตารางผนวกที่ 32 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความเป็นด่างของน้ำในช่วงต่างๆ		
	111-130	151-170	191-210
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	3.72±1.03 a	3.09±1.13 a	2.91±1.16 a
2	4.31±0.21 b	2.66±0.83 a	3.14±0.99ab
3	3.34±0.35 ab	4.77±1.00 c	2.73±0.66 a
4	1.47±0.95 a	1.01±0.78 a	2.40±1.61 a
5	1.82±1.26 a	1.50±1.08 a	1.52±0.55 a
6	1.54±0.49 a	2.19±0.60 a	2.15±0.92 a
7	1.51±0.66 a	1.73±0.75 a	2.07±0.78 a
8	1.38±0.57 a	1.51±0.27 a	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

ตารางผนวกที่ 33 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความเป็นด่างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	71-90	111-130	151-170	191-210
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	7.49±0.64 c	3.56±0.17 b	3.60±0.32 b	2.61±0.49 a
2	0.75±0.43 a	3.54±0.21 c	3.42±0.36 c	1.81±0.22 b
3	-0.34±0.69 b	-0.17±0.52 b	-1.57±0.29 a	0.48±0.34 b

ตารางผนวกที่ 34 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความเป็นด่างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	71-90	111-130	151-170	191-210
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	6.95±0.85 a	6.03±0.62 a	7.04±0.65 a	6.20±0.59 a
2	3.38±0.79 a	3.81±0.36 a	3.56±0.46 a	2.91±0.43 a
3	2.88±0.67 a	3.30±0.49 a	2.02±0.47 a	2.76±1.17 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

ตารางผนวกที่ 35 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความเป็นด่างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	71-90	111-130	151-170	191-210
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	8.48±1.09 b	13.30±0.92 c	5.74±2.36 a	4.77±0.81 a
2	5.59±1.59 a	5.71±1.30 a	4.32±0.71 a	4.48±2.32 a
3	6.80±1.18 c	4.15±1.16 b	0.41±0.86 a	3.62±0.75 b

ตารางผนวกที่ 36 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความเป็นด่างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	71-90	111-130	151-170	191-210
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	4.80±0.84 b	5.63±0.48 b	4.05±1.02 ab	2.87±1.03 a
2	4.04±0.68 b	3.20±0.68 b	1.58±0.75 a	2.50±1.04 ab
3	5.92±0.94 c	2.05±0.45 b	-2.04±0.91 a	1.27±0.79 b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

ตารางผนวกที่ 37 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความกระด้างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	3001-4000	5001-6000	7001-8000	9001-10000
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	5.22±0.70 b	2.69±0.20 a	2.15±0.11 a	1.64±1.41 a
2	0.17±0.77 a	2.71±1.85 a	0.43±0.52 a	1.43±0.87 b
3	0.83±0.25 a	0.74±1.73 a	-0.72±0.43 a	-0.91±1.02 a
4	2.15±0.15 a	-0.85±1.48 a	1.75±0.46 a	1.28±0.15 a
5	2.39±0.52 a	2.10±0.46 a	3.19±1.68 a	3.22±0.31 a
6	1.44±0.54 a	0.81±0.78 a	0.56±1.04 a	-0.16±1.31 a
7	-0.08±0.13 a	0.59±1.09 a	-0.88±0.49 a	0.29±1.06 a
8	0.98±0.22 a	1.58±0.64 a	0.44±0.96 a	0.37±0.59 a

ตารางผนวกที่ 38 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความกระด้างของน้ำในช่วงต่างๆ		
	5001-6000	7001-8000	9001-10000
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	4.16±0.16 b	4.63±0.45 b	2.47±0.31 a
2	4.30±0.82 a	2.36±0.92 a	3.38±1.29 a
3	-0.25±0.96 a	1.95±0.83 b	-0.04±0.42 a
4	2.19±1.47 a	2.12±2.12 a	0.36±1.07 a
5	2.27±1.00 a	1.86±1.01 a	3.74±1.13 a
6	0.84±0.28 b	0.37±0.53 a	1.60±0.43 b
7	0.86±0.43 b	0.82±0.95 b	-0.66±0.32 a
8	1.79±0.47 a	1.77±0.64 a	1.16±0.99 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

ไม่สามารถปรับค่าความกระด้างของน้ำให้อยู่ในช่วง 3001-4000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25 ‰

ตารางผนวกที่ 39 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความกระด้างของน้ำในช่วงต่างๆ	
	7001-8000 mg/l CaCO ₃	9001-10000 mg/l CaCO ₃
1	3.91±1.50	5.10±0.29
2	4.22±0.48	3.28±0.27
3	1.11±0.81	0.98±0.71
4	3.67±2.57	3.68±1.13
5	2.07±0.55	1.83±0.82
6	0.40±0.64	0.40±0.58
7	0.26±0.16	0.69±0.81
8	1.23±0.22	1.11±0.12

หมายเหตุ ไม่สามารถปรับค่าความกระด้างของน้ำให้อยู่ในช่วง 3001-4000 และ 5001-6000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 35 ‰ จึงไม่สามารถทดสอบผลทางสถิติได้

ตารางผนวกที่ 40 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 25 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความกระด้างของน้ำในช่วงต่างๆ	
	9001-10000 mg/l CaCO ₃	
1	1.27±1.10	
2	3.53±0.37	
3	1.89±0.15	
4	1.66±0.24	
5	1.39±0.81	
6	0.60±0.90	
7	0.11±0.78	
8	-0.06±0.62	

หมายเหตุ ไม่สามารถปรับค่าความกระด้างของน้ำให้อยู่ในช่วง 3001-4000, 5001-6000 และ 7001-8000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 45 ‰ จึงไม่สามารถทดสอบผลทางสถิติได้

ตารางผนวกที่ 41 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความกระด้างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	3001-4000	5001-6000	7001-8000	9001-10000
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	4.08±0.47 a	4.58±0.82 a	4.61±0.52 a	4.18±0.47 a
2	2.66±1.19 b	1.49±0.75 b	0.87±0.60 a	1.04±0.48 a
3	1.76±0.55 b	1.64±0.81 b	0.83±0.81 b	0.06±0.54 a
4	1.30±0.66 a	1.03±0.46 a	0.43±0.46 a	0.85±0.60 a
5	0.66±0.04 a	0.35±0.90 a	0.36±0.46 a	0.46±0.11 a
6	1.43±1.01 b	0.96±0.44 b	0.63±0.56 b	0.22±0.21 a
7	0.86±0.36 b	0.35±0.33 b	0.49±0.15 b	-0.30±0.26 a
8	1.02±0.49 a	0.72±0.56 a	0.42±1.72 a	-0.16±0.49 a

ตารางผนวกที่ 42 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความกระด้างของน้ำในช่วงต่างๆ		
	5001-6000	7001-8000	9001-10000
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	6.43±2.41 b	2.46±0.76 a	2.48±0.74 a
2	1.32±1.22 a	1.46±0.58 a	2.75±2.13 a
3	2.44±1.47 a	1.92±0.30 a	2.41±0.53 a
4	1.41±0.38 a	2.48±0.69 b	1.74±0.37 b
5	1.60±0.84 b	0.05±0.26 a	0.24±0.83 b
6	1.39±0.25 a	1.47±0.77 a	1.86±0.18 a
7	1.92±1.15 a	1.63±0.65 a	1.63±0.17 a
8	0.96±0.59 a	1.59±0.60 a	1.54±1.49 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

ไม่สามารถปรับค่าความกระด้างของน้ำให้อยู่ในช่วง 3001-4000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25 ‰

ตารางผนวกที่ 43 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความกระด้างของน้ำในช่วงต่างๆ	
	7001-8000	9001-10000
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	8.48±2.17	1.98±0.86
2	4.37±0.82	2.63±0.76
3	4.12±2.38	1.02±0.70
4	0.65±0.42	2.03±0.99
5	1.18±0.61	2.09±0.29
6	1.23±1.21	1.57±0.36
7	1.44±0.78	1.51±0.14
8	0.68±0.72	2.28±0.94

ตารางผนวกที่ 44 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 34 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความกระด้างของน้ำในช่วงต่างๆ	
	9001-10000	
	mg/l CaCO ₃	
1	5.89±1.13	
2	5.33±0.55	
3	4.68±1.00	
4	0.92±0.48	
5	0.64±0.19	
6	1.66±0.78	
7	1.98±1.44	
8	2.07±0.76	

หมายเหตุ ไม่สามารถปรับค่าความกระด้างของน้ำให้อยู่ในช่วง 3001-4000 และ 5001-6000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และช่วงความกระด้าง 3001-4000, 5001-6000 และ 7001-8000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 45 ‰ จึงไม่สามารถทดสอบผลทางสถิติได้

ตารางผนวกที่ 45 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 15 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความกระด้างของน้ำในช่วงต่างๆ			
	3001-4000	5001-6000	7001-8000	9001-10000
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	5.69±3.56 a	2.52±0.31 a	2.68±0.45 a	3.03±0.52 a
2	1.03±0.91 a	2.15±0.76 a	1.11±0.71 a	0.85±0.82 a
3	0.05±1.47 a	2.34±1.11 b	0.95±0.57 ab	2.18±0.41 b

ตารางผนวกที่ 46 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 25 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความกระด้างของน้ำในช่วงต่างๆ		
	5001-6000	7001-8000	9001-10000
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	3.27±0.20 a	2.47±0.75 a	3.17±0.75 a
2	1.91±0.34 b	1.80±0.53 b	0.68±0.62 a
3	1.58±0.28 a	1.54±0.57 a	0.95±0.43 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

ไม่สามารถปรับค่าความกระด้างของน้ำให้อยู่ในช่วง 3001-4000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 25 ‰

ตารางผนวกที่ 47 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 35 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความกระด้างของน้ำในช่วงต่างๆ	
	7001-8000	9001-10000
	mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃
1	4.62±1.33	0.16±0.28
2	2.32±1.59	0.93±0.67
3	2.62±2.99	0.85±0.56

ตารางผนวกที่ 48 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นที่เลี้ยงในน้ำทะเล ซึ่งปรับค่าความกระด้างในช่วงต่างๆ ที่ความเค็ม 45 ‰ และอุณหภูมิ 38 °C

สัปดาห์	อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น (%/วัน) ที่ความกระด้างของน้ำในช่วงต่างๆ	
	9001-10000	
	mg/l CaCO ₃	
1	1.49±0.35	
2	2.07±0.63	
3	2.30±0.11	

หมายเหตุ ไม่สามารถปรับค่าความกระด้างของน้ำให้อยู่ในช่วง 3001-4000 และ 5001-6000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 35 ‰ และช่วงความกระด้าง 3001-4000, 5001-6000 และ 7001-8000 mg CaCO₃/l ที่ความเค็ม 45 ‰ จึงไม่สามารถทดสอบผลทางสถิติได้

ตารางผนวกที่ 49 ความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นกับคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำ เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความเป็นด่าง, ความเค็ม และอุณหภูมิแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทรिटเมนต์				ความสัมพันธ์				ทรिटเมนต์				ความสัมพันธ์			
อุณหภูมิ	ความเค็ม	สมบัติของน้ำ	r	อุณหภูมิ	ความเค็ม	สมบัติของน้ำ	r	อุณหภูมิ	ความเค็ม	สมบัติของน้ำ	r	อุณหภูมิ	ความเค็ม	สมบัติของน้ำ	r
(°C)	(‰)			(°C)	(‰)			(°C)	(‰)			(°C)	(‰)		
25	15	ความเป็นด่าง	-0.022	34	15	ความเป็นด่าง	-0.053	38	15	ความเป็นด่าง	-0.152			ความเป็นด่าง	-0.152
		ความกระด้าง	-0.184			ความกระด้าง	-0.188			ความกระด้าง	-0.457			ความกระด้าง	-0.457
		แคลเซียม	-0.159			แคลเซียม	-0.213			แคลเซียม	-0.225			แคลเซียม	-0.225
		ฟิเอช	-0.162			ฟิเอช	-0.157			ฟิเอช	-0.363			ฟิเอช	-0.363
25	25	ความเป็นด่าง	-0.011	34	25	ความเป็นด่าง	-0.129	38	25	ความเป็นด่าง	-0.087			ความเป็นด่าง	-0.087
		ความกระด้าง	-0.266			ความกระด้าง	-0.175			ความกระด้าง	-0.785			ความกระด้าง	-0.785
		แคลเซียม	-0.029			แคลเซียม	-0.044			แคลเซียม	-0.461			แคลเซียม	-0.461
		ฟิเอช	-0.209			ฟิเอช	-0.441			ฟิเอช	-0.398			ฟิเอช	-0.398
25	35	ความเป็นด่าง	-0.062	34	35	ความเป็นด่าง	-0.049	38	35	ความเป็นด่าง	-0.432			ความเป็นด่าง	-0.432
		ความกระด้าง	-0.025			ความกระด้าง	-0.009			ความกระด้าง	-0.404			ความกระด้าง	-0.404
		แคลเซียม	-0.423			แคลเซียม	-0.318			แคลเซียม	-0.499			แคลเซียม	-0.499
		ฟิเอช	-0.205			ฟิเอช	-0.37			ฟิเอช	-0.554			ฟิเอช	-0.554
25	45	ความเป็นด่าง	-0.173	34	45	ความเป็นด่าง	-0.004	38	45	ความเป็นด่าง	-0.485			ความเป็นด่าง	-0.485
		ความกระด้าง	-0.119			ความกระด้าง	-0.116			ความกระด้าง	-0.081			ความกระด้าง	-0.081
		แคลเซียม	-0.066			แคลเซียม	-0.218			แคลเซียม	-0.112			แคลเซียม	-0.112
		ฟิเอช	-0.374			ฟิเอช	-0.229			ฟิเอช	-0.518			ฟิเอช	-0.518

ตารางผนวกที่ 50 ความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้นกับคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำ เมื่อเลี้ยงสาหร่ายวุ้นที่ความกระด้าง, ความเค็ม และอุณหภูมิแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

พรีดเมนต์ ความสัมพันธ์				พรีดเมนต์ ความสัมพันธ์				พรีดเมนต์ ความสัมพันธ์			
อุณหภูมิ	ความเค็ม	สมบัติของน้ำ	r	อุณหภูมิ	ความเค็ม	สมบัติของน้ำ	r	อุณหภูมิ	ความเค็ม	สมบัติของน้ำ	r
(°C)	(‰)			(°C)	(‰)			(°C)	(‰)		
25	15	ความกระด้าง	-0.192	34	15	ความกระด้าง	-0.249	38	15	ความกระด้าง	-0.109
		ความเป็นด่าง	0.095			ความเป็นด่าง	0.159			ความเป็นด่าง	0.192
		แคลเซียม	-0.067			แคลเซียม	-0.046			แคลเซียม	-0.067
		ฟิเอช	0.097			ฟิเอช	0.036			ฟิเอช	0.323
25	25	ความกระด้าง	-0.159	34	25	ความกระด้าง	-0.125	38	25	ความกระด้าง	-0.28
		ความเป็นด่าง	0.368			ความเป็นด่าง	-0.081			ความเป็นด่าง	0.704
		แคลเซียม	-0.036			แคลเซียม	-0.004			แคลเซียม	-0.068
		ฟิเอช	0.042			ฟิเอช	0.077			ฟิเอช	0.491
25	35	ความกระด้าง	-0.023	34	35	ความกระด้าง	-0.234	38	35	ความกระด้าง	-0.672
		ความเป็นด่าง	-0.016			ความเป็นด่าง	-0.272			ความเป็นด่าง	-0.098
		แคลเซียม	0.256			แคลเซียม	-0.111			แคลเซียม	-0.556
		ฟิเอช	0.031			ฟิเอช	0.225			ฟิเอช	0.515
25	45	ความกระด้าง	-0.748	34	45	ความกระด้าง	-0.545	38	45	ความกระด้าง	-0.091
		ความเป็นด่าง	0.327			ความเป็นด่าง	-0.058			ความเป็นด่าง	0.143
		แคลเซียม	-0.471			แคลเซียม	0.017			แคลเซียม	-0.307
		ฟิเอช	0.638			ฟิเอช	0.136			ฟิเอช	0.174