

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) โดยใช้ น้ำเค็ม

จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

นางสาวใจทิพย์ พิโนจคำ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-666-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

15579

112195654

Cultivation of Kleaw-Thong Algae (Spirulina sp.)
Using Saline Water from Northeastern Thailand

Miss Chaitip Phinichka

Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Inter-Department of Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-666-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) โดยใช้น้ำเค็มจากภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย


โดย นางสาวใจทิพย์ นินิจคำ

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม


อาจารย์ที่ปรึกษา นางเจียมจิตต์ บุญสม

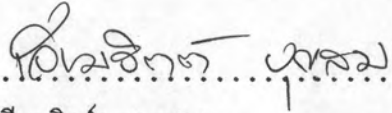
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยงยุทธ จรรย์รักษ์

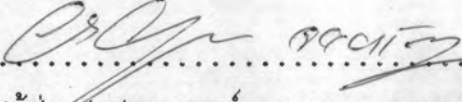
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรารักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมณู โรจนะบุรานนท์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(นางเจียมจิตต์ บุญสม)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยงยุทธ จรรย์รักษ์)


..... กรรมการ
(ดร. อรัญ อินเจริญศักดิ์)



วิทยานิพนธ์ : การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) โดยใช้น้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (CULTIVATION OF KLEAW-THONG ALGAE (*Spirulina* sp.) USING SALINE WATER FROM NORTHEASTERN THAILAND) อ.ที่ปรึกษา : เจียมจิตต์ บุญสม, ผศ.ยงยุทธ จรรย์รักษ์, 183 หน้า.

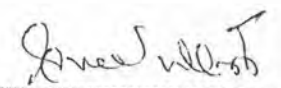
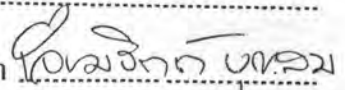
การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางการใช้น้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง โดยศึกษาถึงการเจริญเติบโตของสาหร่ายในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ระดับต่างๆ และศึกษาถึงความจำเป็นในการเตรียมสาหร่ายเพื่อเลี้ยงในอาหารที่เตรียมจากน้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ติดตามการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยดูจากค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ผลผลิตและปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน การทดลองครั้งนี้ทำในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่า

สาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์น้ำจืด TH-S-02 ที่ถูกปรับให้อยู่ในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 10, 20 และ 30 กรัมต่อลิตร โดยปรับเพิ่มระดับโซเดียมคลอไรด์ขึ้นละ 10 กรัมต่อลิตร ทุก 4 วัน มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ไม่แตกต่างกับสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารสูตรควบคุมซึ่งมีโซเดียมคลอไรด์ 1 กรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 แต่ถ้าเลี้ยงในอาหารทั้ง 4 สูตร เป็นเวลานานขึ้น พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน จากการทดลองทั้ง 3 รอบของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารสูตรที่มีโซเดียมคลอไรด์ 20 และ 30 กรัมต่อลิตร ต่ำกว่าสาหร่ายชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 แต่ไม่มีผลต่อค่าผลผลิตและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน นอกจากนี้ยังพบว่า trichome และขนาดของเซลล์สาหร่ายจะมีขนาดใหญ่และยาวเพิ่มขึ้นตามระดับโซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น

เมื่อทดลองนำสาหร่ายที่ปรับให้อยู่ในโซเดียมคลอไรด์ระดับต่างๆ มาเลี้ยงในน้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 แห่ง ซึ่งมีค่าคลอรีนที่แตกต่างกัน พบว่าไม่มีความจำเป็นในการปรับสาหร่ายให้อยู่ในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ระดับต่างๆ ก่อนนำมาเลี้ยงในตัวอย่างน้ำทั้ง 3 แห่ง การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายในน้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้ง 3 แห่งซึ่งมีระดับคลอรีน 3 ระดับ คือ 3.8, 12.3 และ 1.0 กรัมต่อลิตร หากพิจารณาจากอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดและผลผลิตของสาหร่ายไม่สามารถให้ผลที่ชัดเจนได้ แต่สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันพบว่าสาหร่ายที่เจริญในตัวอย่างน้ำที่ 1 และ 2 ต่ำกว่าในตัวอย่างน้ำที่ 3

ปัญหาสำคัญในการใช้น้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองคือ ความกระด้างซึ่งตกตะกอนกับคาร์บอเนต และฟอสเฟต ในอาหารเกิดเป็นตะกอนขุ่นขาว ทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายลดลง และสาหร่ายไม่สามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารบางอย่างได้อย่างเต็มที่วิธีการลดความกระด้างโดยใช้ปูนไฮดรอกไซด์มากเกินไปจนเกิดพิษ ในการทดลองครั้งนี้ ช่วยลดปัญหาการเกิดตะกอนได้ แต่ไม่สะดวกในทางปฏิบัติ การลดสารเคมีที่เป็นสาเหตุของการเกิดตะกอน (โซเดียมไบคาร์บอเนต และ โฟสเฟต) ให้เหลืออยู่ในระดับที่สาหร่ายยังเจริญเติบโตได้อย่างปกติและไม่ทำให้เกิดตะกอนน่าจะเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะต้องทำการวิจัยต่อไป

ภาควิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
สาขาวิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิสิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

CHAITIP PHINICHKA : CULTIVATION OF KLEAW-THONG ALGAE (*Spirulina* sp.)
USING SALINE FROM NORTHEASTERN THAILAND. THESIS ADVISOR : JIAMJIT
BOONSOM, ASST. PROF. YONGYUTH CHANYARAK, 183 PP.

This study was carried out in order to search for a guideline saline water from Northeastern Thailand to culture *Spirulina*. The study emphasized on the effect of different NaCl concentration in Zarrouk's media on algal growth, and the necessary of adapting algae to a high salt concentration media prior to culture in the Northeastern saline water samples. Growth of algae was monitored by these following parameter; maximum specific growth rate, dry weight production and relative chlorophyll a. This study was carried out in laboratory scale.

The results showed that fresh water strain of *Spirulina* (TH-S-02) which were acclimated in 10 20 and 30 g/l NaCl Zarrouk's medium by subsequently adding 10 g/l NaCl every four days have no significant different in maximum specific growth rate from that of *Spirulina* culture in 1 g/l NaCl media at 90% confidence. However, prolonged culture in later batches reveal cultured in 20 and 30 g/l NaCl medium showed significant different lower maximum specific growth rate than that of algae cultured in 1 g/l NaCl media at 90% confidence, but there were no difference in dry weight production and relative chlorophyll a. In addition, the length of trichome and size of cells were increased with NaCl content.

In culturing these 4 adapted *Spirulina* to a higher NaCl concentration in 3 different chlorinity water from Northeastern Thailand. The result showed that no significant difference across all parameters. Therefore, acclimatizing *Spirulina* in different NaCl concentration medium prior to culture 3 saline waters are not necessary. An important problem of using saline water from the Northeast to culture *Spirulina* is hardness of water precipitated carbonate and phosphate in culture media. The white precipitation decreased algal growth and reduced the efficiency of utilizing nutrient of algae. The excess lime-soda softening method which used in this experiment is too sophisticate and not practical, therefore, the decreasing of NaHCO_3 and K_2HPO_4 to the level where the algae can maintain normal growth no precipitation may have a higher potential for future research.

ภาควิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพเขตลุ่ม
สาขาวิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพเขตลุ่ม
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิสิต *Chaitip Phinichka*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *จิามจิต บอนสม*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสามารถอย่างยิ่งจากอาจารย์เจียมจิตต์ บุญสม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ยงยุทธ จรรยารักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางการวิจัยตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ซึ่งผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมบุญ โรจนะบุรานนท์ เลขานุการสหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร. อรุณ อินเจริญศักดิ์ ที่กรุณาตรวจแก้ไขและแนะนำการเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณสุชาติ อิงธรรมจิตรและเจ้าหน้าที่งานนิเวศวิทยา สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ ที่เอื้อเฟื้อและให้ความช่วยเหลือในระหว่างการทดลองเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณเสกสรร ลักขณาวิพุธ ที่ให้ความอนุเคราะห์ลดความกระด้างตัวอย่างน้ำที่ใช้ทดลอง

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยและสถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนเพื่อการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการศึกษาครั้งนี้จนสำเร็จสมบูรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฎ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2. การตรวจเอกสาร.....	3
2.1 ลักษณะทั่วไปของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	3
2.2 อิทธิพลของอ่างเก็บน้ำต่อการแพร่กระจายความเค็ม.....	3
2.3 สาหร่ายเกลียวทอง.....	5
3. อุปกรณ์และวิธีทดลอง.....	24
3.1 วัสดุอุปกรณ์.....	25
3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	26
3.3 สถานที่และระยะเวลาทดลอง.....	38
4. ผลการทดลอง.....	39
4.1 การหาระยะเวลาการเพาะเลี้ยงและความหนาแน่นของสาหร่ายเริ่มต้นที่ เหมาะสม.....	39

สารบัญ

	หน้า
4.2 การศึกษาผลของ โซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญของสาหร่ายเกลียวทอง.....	39
4.3 การใช้น้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง...	55
5. อภิปรายผลการทดลอง.....	121
5.1 การปรับและขยายพันธุ์สาหร่ายเกลียวทองในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ ระดับต่างๆ.....	121
5.2 การศึกษาผลของ โซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทอง	122
5.3 การเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในตัวอย่างน้ำที่ 1.....	125
5.4 การเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในตัวอย่างน้ำที่ 2.....	127
5.5 การเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในตัวอย่างน้ำที่ 3.....	128
5.6 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในน้ำเค็มจากภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ.....	130
5.7 แนวทางการใช้น้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพาะเลี้ยงสาหร่าย เกลียวทอง.....	131
6. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	135
บรรณานุกรม.....	137
ภาคผนวก ก. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารสูตรของ Zarrouk.....	144
ข. วิธีเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล.....	146
ค. การลดความกระด้างด้วยปูน-โซดาเย็นที่มากเกินไป.....	150
ง. ข้อมูลการวัด O.D. น้ำหนักแห้ง และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ.....	153
จ. อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย.....	172
ประวัติผู้เขียน.....	183

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายเกลียวทอง.....	14
2.2	ผลของอุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นกรด-ด่าง ต่อการเจริญเติบโตของ <u>Spirulina maxima</u> ในอาหารเลี้ยงสาหร่ายที่เตรียมจากน้ำทะเล.....	23
4.1	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองชั้นปรับและขยายพันธุ์ สาหร่ายในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ระดับต่างๆ.....	43
4.2	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในอาหาร 4 สูตร	44
4.3	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในอาหาร 4 สูตร.....	48
4.4	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในอาหาร 4 สูตร.....	50
4.5	ความเป็นกรด-ด่าง ของอาหารเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง 4 สูตร.....	53
4.6	ขนาด trichome ของสาหร่ายเกลียวทองในอาหาร 4 สูตร.....	54
4.7	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของตัวอย่างน้ำจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของ ประเทศไทย.....	56
4.8	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง	57
4.9	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำ ที่ 1 ก่อนลดความกระด้าง.....	58
4.10	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 ก่อนลดความกระด้าง....	62
4.11	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำ ที่ 1 ก่อนลดความกระด้าง.....	65
4.12	ความเป็นกรด-ด่าง ของอาหารเลี้ยงสาหร่ายที่เตรียมจากตัวอย่างน้ำที่ 1 ก่อนลด ความกระด้าง.....	68
4.13	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำ ที่ 1 หลังลดความกระด้าง.....	69
4.14	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 หลังลดความกระด้าง....	

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.15	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 หลังลดความกระด้าง.....	75
4.16	ความเป็นกรด-ด่าง ของอาหารเลี้ยงสาหร่ายที่เตรียมจากตัวอย่างน้ำที่ 1 หลังลดความกระด้าง.....	78
4.17	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง.....	79
4.18	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง....	83
4.19	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง.....	86
4.20	ความเป็นกรด-ด่าง ของอาหารเลี้ยงสาหร่ายที่เตรียมจากตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง.....	89
4.21	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 หลังลดความกระด้าง.....	90
4.22	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 หลังลดความกระด้าง....	94
4.23	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 หลังลดความกระด้าง.....	97
4.24	ความเป็นกรด-ด่าง ของอาหารเลี้ยงสาหร่ายที่เตรียมจากตัวอย่างน้ำที่ 2 หลังลดความกระด้าง.....	100
4.25	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ก่อนลดความกระด้าง.....	101
4.26	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ก่อนลดความกระด้าง....	105
4.27	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ก่อนลดความกระด้าง.....	107
4.28	ความเป็นกรด-ด่าง ของอาหารเลี้ยงสาหร่ายที่เตรียมจากตัวอย่างน้ำที่ 3 ก่อนลดความกระด้าง.....	110
4.29	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้าง.....	111

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.30	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้าง....115
4.31	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้าง.....118
4.32	ความเป็นกรด-ด่าง ของอาหารเลี้ยงสาหร่ายที่เตรียมจากตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้าง.....120
5.1	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในน้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....132

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	พื้นที่รองรับด้วยเกลือหิน..... 4
2.2	วงขึ้นของสาหร่ายเกลียวทอง..... 10
2.3	การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายเกลียวทองในด้านต่าง ๆ..... 16
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 27
3.2	ขั้นตอนการปรับและขยายพันธุ์สาหร่ายเกลียวทองในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ ระดับต่าง ๆ..... 32
3.3	ขั้นตอนการปรับและขยายพันธุ์สาหร่ายเพื่อศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อการ เจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทอง..... 33
3.4	รูปร่างสาหร่ายเกลียวทองแสดงลักษณะต่างๆที่จะทำการวัด..... 34
4.1	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทอง..... 40
4.2	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองขึ้นการปรับและขยายพันธุ์ สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ระดับต่าง ๆ..... 43
4.3	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในอาหาร 4 สูตร ในการทดลอง 3 รอบ..... 45
4.4	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3..... 45
4.5	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในอาหาร 4 สูตร ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3..... 47
4.6	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในอาหาร 4 สูตร ในการทดลอง 3 รอบ... 49
4.7	ผลผลิตสาหร่ายเกลียวทองในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3..... 49
4.8	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทอง ที่เลี้ยงในอาหาร 4 สูตร ในการทดลอง 3 รอบ..... 51
4.9	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทอง ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3..... 51
4.10	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 ก่อนลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ..... 59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.11	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่าย เกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 ก่อนลดความกระด้าง.. 59
4.12	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 ก่อนลดความกระด้าง ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3..... 61
4.13	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 ก่อนลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ..... 63
4.14	ผลผลิตในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายเกลียวทองชุดควบคุม และ สาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 ก่อนลดความกระด้าง..... 63
4.15	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำ ที่ 1 ก่อนลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ..... 66
4.16	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่าย เกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 ก่อนลดความกระด้าง.. 66
4.17	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 หลังลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ..... 70
4.18	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่าย เกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 หลังลดความกระด้าง.. 70
4.19	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 หลังลดความกระด้าง ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3..... 72
4.20	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 หลังลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ..... 74
4.21	ผลผลิตในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายเกลียวทองชุดควบคุม และ สาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 หลังลดความกระด้าง..... 74
4.22	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำ ที่ 1 หลังลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ..... 76
4.23	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่าย เกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 หลังลดความกระด้าง.. 76

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.24	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้างในการทดลอง 3 รอบ.....	80
4.25	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายเกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง..	80
4.26	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3.....	82
4.27	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ.....	84
4.28	ผลผลิตในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายเกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง.....	84
4.29	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ.....	87
4.30	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายเกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง..	87
4.31	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 หลังลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ.....	91
4.32	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายเกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 หลังลดความกระด้าง..	91
4.33	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 หลังลดความกระด้าง ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3.....	93
4.34	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 หลังลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ.....	95
4.35	ผลผลิตในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายเกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 หลังลดความกระด้าง.....	96
4.36	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 หลังลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ.....	98

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.37	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่าย เกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 หลังลดความกระด้าง.. 98
4.38	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ก่อนลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ.....102
4.39	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่าย เกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ก่อนลดความกระด้าง..102
4.40	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ก่อนลดความกระด้าง ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3.....104
4.41	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ก่อนลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ.....106
4.42	ผลผลิตในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายเกลียวทองชุดควบคุม และ สาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ก่อนลดความกระด้าง.....106
4.43	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำ ที่ 3 ก่อนลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ.....108
4.44	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่าย เกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ก่อนลดความกระด้าง..108
4.45	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ.....112
4.46	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่าย เกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้าง..112
4.47	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้าง ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3.....114
4.48	ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ.....116
4.49	ผลผลิตในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายเกลียวทองชุดควบคุม และ สาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้าง.....116

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.50	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้าง ในการทดลอง 3 รอบ.....119
4.51	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายเกลียวทองชุดควบคุม และสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้าง. 119