

บทที่ 4

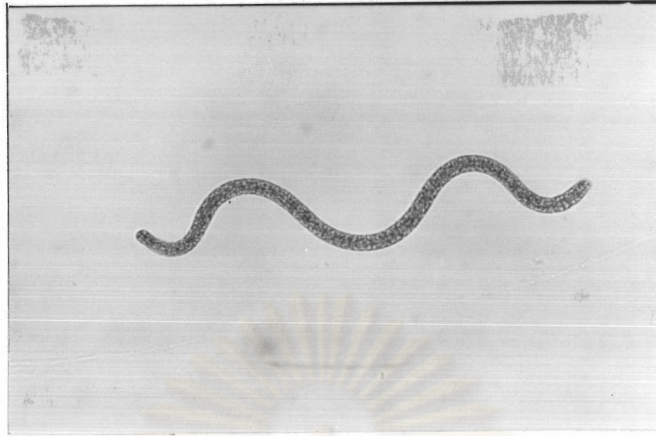
ผลการทดลอง

สาหร่ายเกลียวทองที่ใช้ในการทดลองมีสามสายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ที่ได้จากโครงการ ส่วนพระองค์สวนจิตรลดา (Spirulina-SJ) สายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบ่อเลี้ยงเต่าวัดเบญจมบพิตร (Spirulina -BP) และสายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบึงมักกะสัน (Spirulina-MS) ลักษณะรูปร่างของสาหร่าย trichome แสดงในรูปที่ 9 จากการสังเกต พบว่า สาหร่ายทั้งสามสายพันธุ์มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยวัดความยาว trichome (length) ระยะห่างระหว่างเกลียว (pitch) และความกว้างเกลียว (helix) ของสาหร่ายมีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 3

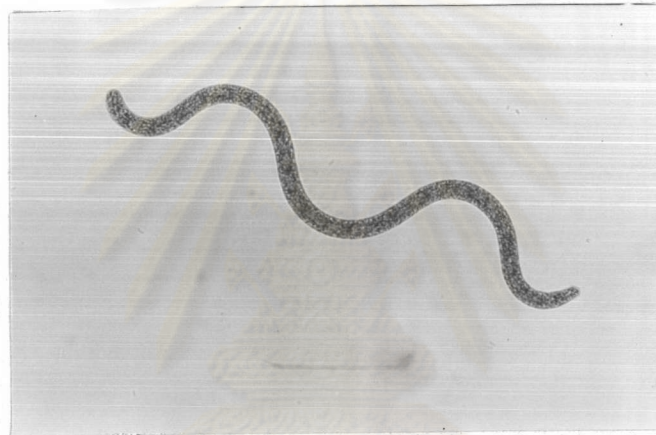
ตารางที่ 3 ขนาด trichome (ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของสาหร่ายเกลียวทอง 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ลักษณะที่วัด (ไมโครเมตร)		
	ความยาว trichome	ระยะห่างระหว่างเกลียว	เส้นผ่าศูนย์กลางเกลียว
Spirulina-SJ	218.80 \pm 21.47	90.10 \pm 16.90	39.90 \pm 5.63
Spirulina-BP	221.70 \pm 32.01	90.00 \pm 12.22	43.30 \pm 8.30
Spirulina-MS	230.30 \pm 32.96	91.33 \pm 12.17	14.40 \pm 5.10

(ก)



(ข)



(ค)



รูปที่ 9 รูปร่างสำหรับยาสเกลียวกอง (Spirulina sp.)

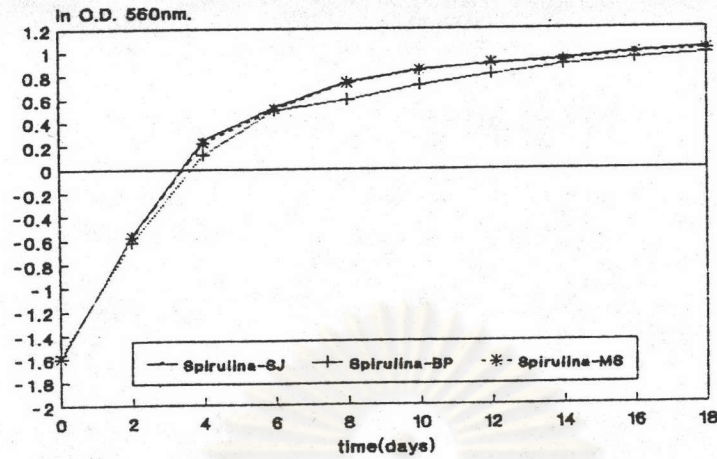
- (ก) สายพันธุ์ที่ได้จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา กำลังขยาย 300 เท่า
- (ข) สายพันธุ์ที่แยกจากบ่อน้ำเลี้ยงเต่าในวัดเบญจมบพิตร กำลังขยาย 300 เท่า
- (ค) สายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบึงมักกะสัน กำลังขยาย 300 เท่า

4.1 ผลการเปรียบเทียบอัตราการเจริญต่อวัน ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันของสาหร่ายเกลียวทอง 3 สายพันธุ์ เมื่อเพาะเลี้ยงในสูตร Zarrouk

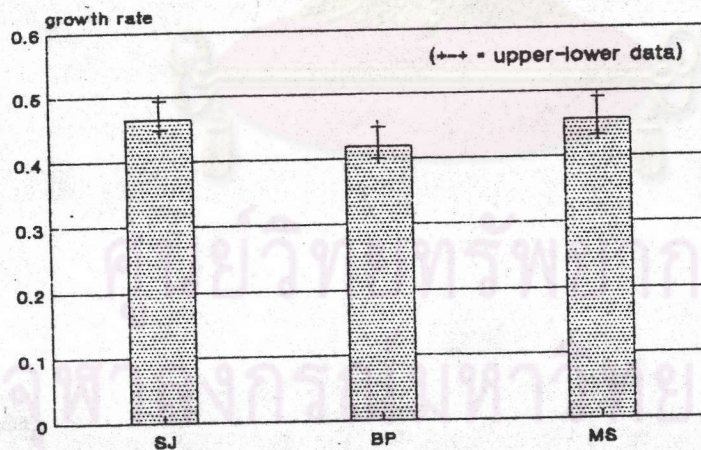
การทดลองพบว่า ลักษณะการเจริญของสาหร่ายทั้งสามสายพันธุ์ไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด (รูปที่ 10) แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการเจริญต่อวัน พบว่า สาหร่ายสายพันธุ์ที่ได้จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา และสายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบึงมัทกะสันมีค่าอัตราการเจริญต่อวันเท่ากับ 0.464 และ 0.457 โดยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ส่วนสายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบ่อเต่าวัดเบญจมบพิตรมีค่าอัตราการเจริญต่อวันต่ำสุดเท่ากับ 0.420 (รูปที่ 11 และตารางที่ 16 ในภาคผนวก ง)

ในทำนองเดียวกัน จากการหาผลผลิตน้ำหนักแห้งของสาหร่าย พบว่า สายพันธุ์ที่ได้จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา และสายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบึงมัทกะสันให้ผลผลิตเท่ากับ 2.960 และ 2.893 กรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ส่วนสายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบ่อเต่าวัดเบญจมบพิตร ให้ผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 2.353 กรัมต่อลิตร (รูปที่ 13 และตารางที่ 17 ภาคผนวก ง)

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของค่า $O.D_{560}$ และค่าน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อลิตร) ของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา เมื่อเลี้ยงในสูตรอาหาร Zarrouk พบว่าค่า $O.D_{560}$ และค่าน้ำหนักแห้งของสาหร่าย มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง (รูปที่ 12) สมการความสัมพันธ์คือ $\text{dry weight} = 1.194 \times O.D.$ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r) เท่ากับ 0.976 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 18 ภาคผนวก ง) ดังนั้นค่าทั้งสองนี้ สามารถใช้เป็นตัวแทนในการติดตามการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้ ซึ่งในการทดลองต่อไปจะเสนอผลการเจริญเติบโตของสาหร่ายเฉพาะในรูปของความสัมพันธ์ของค่า $O.D_{560}$ กับระยะเวลาที่เพาะเลี้ยงเท่านั้น ส่วนค่าน้ำหนักแห้งของสาหร่ายจะเก็บข้อมูลเฉพาะในวันแรกและวันที่ 15 ของการทดลอง เพื่อนำมาหาค่าผลผลิตน้ำหนักแห้ง (yield) โดยในแต่ละขั้นของการทดลอง

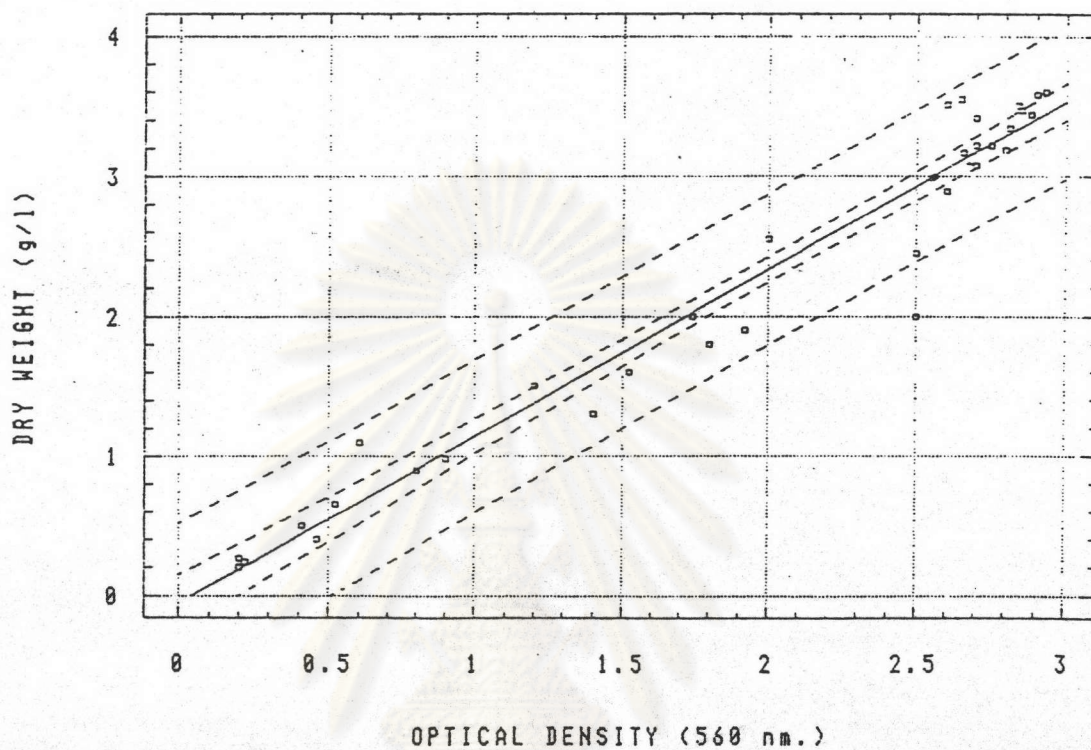


- รูปที่ 10 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทอง 3 สายพันธุ์ เมื่อเลี้ยงในสูตร Zarrouk (1) สายพันธุ์จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา (Spirulina-SJ)
 (2) สายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบ่อเลี้ยงเต้าวัดเบญจมบพิตร (Spirulina-BP)
 (3) สายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบึงมักกะสัน (Spirulina-MS)



- รูปที่ 11 อัตราการเจริญต่อวันของสาหร่ายเกลียวทอง 3 สายพันธุ์ เมื่อเลี้ยงในสูตร Zarrouk (1) สายพันธุ์จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา (Spirulina-SJ)
 (2) สายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบ่อเลี้ยงเต้าวัดเบญจมบพิตร (Spirulina-BP)
 (3) สายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบึงมักกะสัน (Spirulina-MS)

REGRESSION OF OPTICAL DENSITY AND
DRY WEIGHT AT 95% CONFIDENCE LIMITS



รูปที่ 12 การกระจายของค่า OD_{560} และค่าน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อลิตร) เปรียบเทียบความสัมพันธ์เป็นสหสัมพันธ์เส้นตรง (linear correlation) เมื่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ในสูตร Zarrouk (ค่าสหสัมพันธ์ ; $r = 0.976$ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

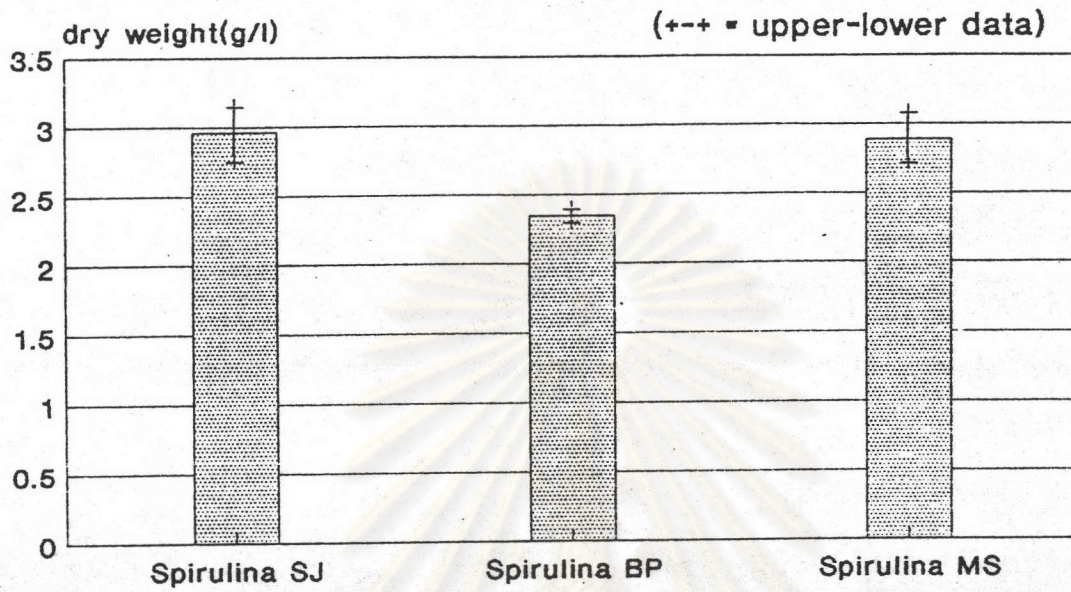
เมื่อวัดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายของสาหร่าย พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ค่าความเป็นกรด-ด่างจะสูงขึ้นเรื่อยๆและเริ่มคงที่ที่ค่าประมาณ 10.1-10.3 ในวันที่ 8 ของการทดลอง (รูปที่ 14) และเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟการเจริญเติบโต (รูปที่ 10) พบว่าเป็นช่วงที่สาหร่ายเริ่มมีการเจริญคงที่เช่นกัน

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันของสาหร่ายทั้ง 3 สายพันธุ์ (ตารางที่ 4) พบว่าสายพันธุ์จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาที่มีปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันสูงที่สุด รองลงมาคือ สายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบึงมักกะสันและสายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบ่อเต่าวัดเบญจมบพิตรตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนและไขมันของสาหร่ายทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ (ตารางที่ 19 ในภาคผนวก ง) ดังนั้นจึงเลือกสาหร่ายสายพันธุ์สวนจิตรลดาเพื่อขยายพันธุ์ไว้ใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

ตารางที่ 4 ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมัน (ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ในสาหร่าย 3 สายพันธุ์ที่เลี้ยงในสูตรอาหาร Zarrouk

สายพันธุ์สาหร่าย	ปริมาณโปรตีน (% dry wt.)	ปริมาณไขมัน (% dry wt.)
โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา	59.01 ^a \pm 3.88	3.11 ^a \pm 0.15
แยกจากน้ำในบ่อเต่าวัดเบญจมบพิตร	58.41 ^a \pm 1.39	2.79 ^a \pm 0.66
แยกจากน้ำในบึงมักกะสัน	58.84 ^a \pm 1.59	2.84 ^a \pm 0.46

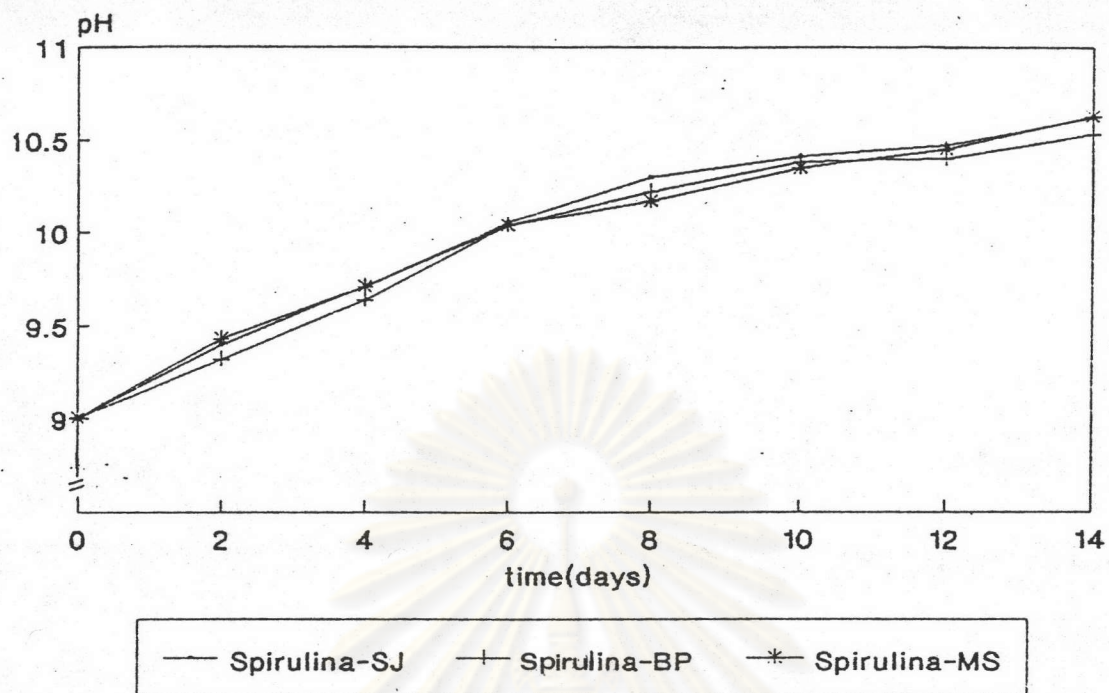
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน (a, b, c, d) แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)



รูปที่ 13 ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อลิตร) ของสาหร่ายเกลียวทอง 3 สายพันธุ์ เมื่อเลี้ยงในสูตร Zarrouk

- (1) สายพันธุ์จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา (Spirulina-SJ)
- (2) สายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบ่อเลี้ยงเต้าวัดเบญจมบพิตร (Spirulina-BP)
- (3) สายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบึงมักกะสัน (Spirulina-MS)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



- รูปที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายอาหารสูตร Zarrouk ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง 3 สายพันธุ์
- (1) สายพันธุ์จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา (Spirulina-SJ)
 - (2) สายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบ่อเลี้ยงเต้าวัดเบญจมบพิตร (Spirulina-BP)
 - (3) สายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบึงมักกะสัน (Spirulina-MS)

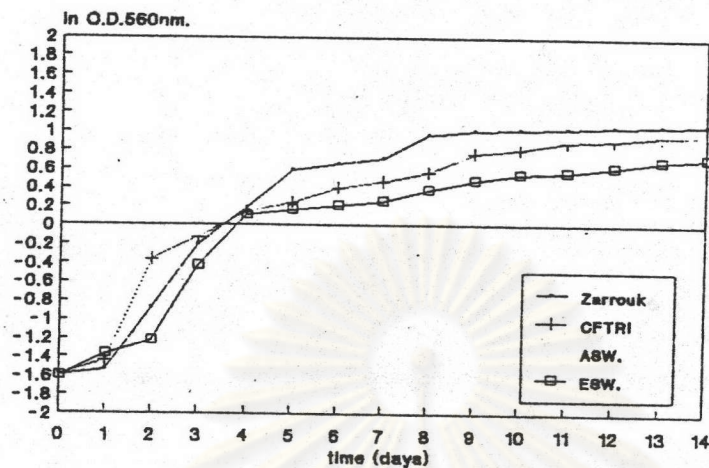
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ผลของสูตรอาหารที่มีต่ออัตราการเจริญของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ที่ได้จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา

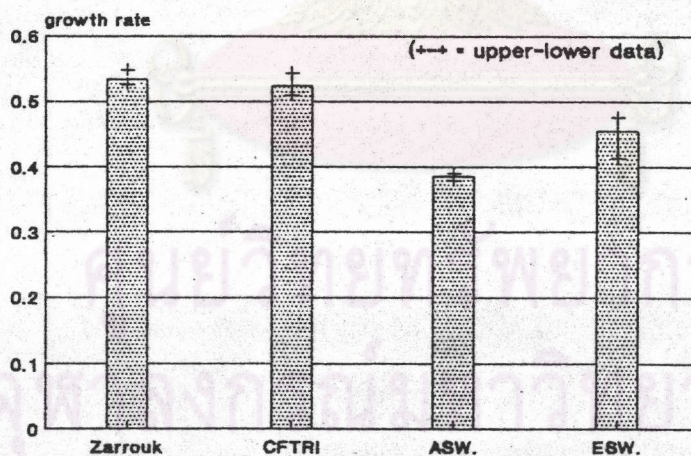
ผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์สวนจิตรลดาในสูตร Zarrouk, CFTRI, น้ำทะเลเทียม (ASW), น้ำทะเลธรรมชาติ (ESW) (รูปที่ 15) พบว่าสาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีในทุกสูตรอาหาร โดยมีอัตราการเจริญต่อวันเท่ากับ 0.535, 0.523, 0.386 และ 0.454 ตามลำดับ (รูปที่ 16) เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 20 ภาคผนวก ง)

จากการวัดการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของสูตรอาหาร (รูปที่ 17) พบว่า ช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม สำหรับการเจริญของสาหร่ายในทุกสูตรอาหาร อยู่ในช่วง 9.50 - 9.80 ค่า $O.D_{560}$ ของเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมในสูตร Zarrouk, CFTRI, น้ำทะเลเทียม (ASW), น้ำทะเลธรรมชาติ (ESW) เท่ากับ 0.21, 0.24, 0.32 และ 0.27 ตามลำดับ และเวลาที่เหมาะสมในการติดตามการเจริญเติบโตของสาหร่ายอยู่ในช่วง 6 วัน ซึ่งเป็นระยะที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตสูงสุด โดยเปรียบเทียบกับกราฟการเจริญในรูปที่ 15 ทั้งนี้เพราะการเจริญของสาหร่ายในช่วง exponential เป็นระยะที่สภาพแวดล้อมต่างๆในการเลี้ยงไม่เป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโต

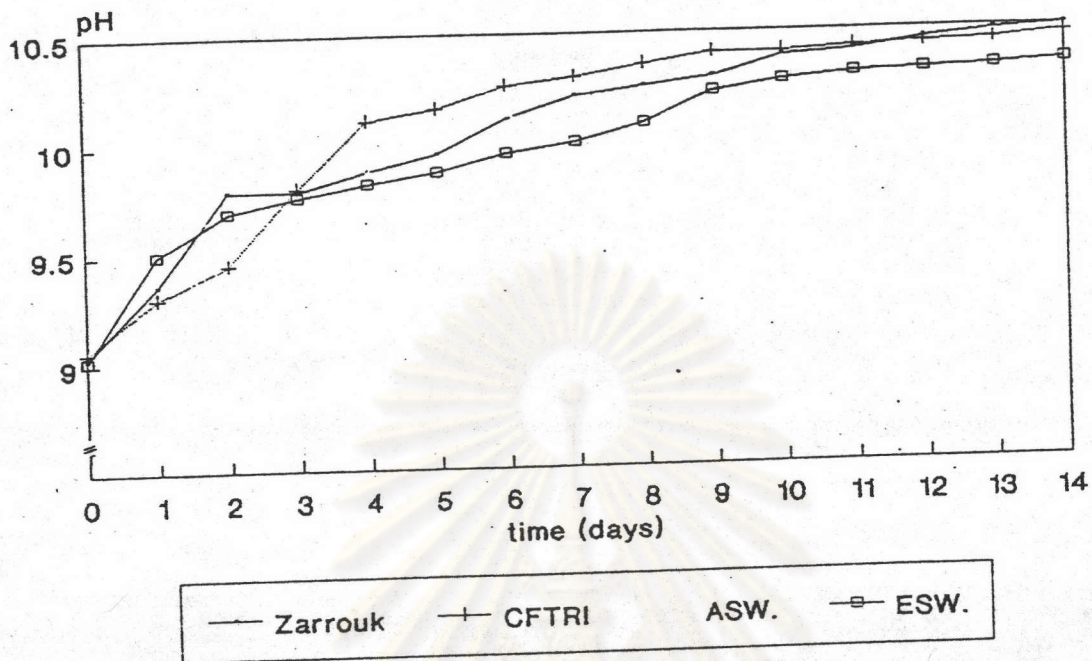
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



- รูปที่ 15 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา เมื่อเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารต่างกัน 4 สูตร
- (1) สูตร Zarrouk (2) สูตร CFTRI (3) สูตรน้ำทะเลเทียม (ASW)
- (4) สูตรน้ำทะเลธรรมชาติ (ESW)



- รูปที่ 16 อัตราการเจริญต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา เมื่อเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารต่างกัน 4 สูตร
- (1) สูตร Zarrouk (2) สูตร CFTRI (3) สูตรน้ำทะเลเทียม (ASW)
- (4) สูตรน้ำทะเลธรรมชาติ (ESW)



รูปที่ 17 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายอาหาร 4 สูตรในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกล็ดทองสาหร่ายพันธุจากโครงการส่วนพระองค์ส่วนจิตรลดา
 (1) สูตร Zarrouk. (2) สูตร CFTRI (3) สูตรน้ำทะเลเทียม (ASW)
 (4) สูตรน้ำทะเลธรรมชาติ (ESW)

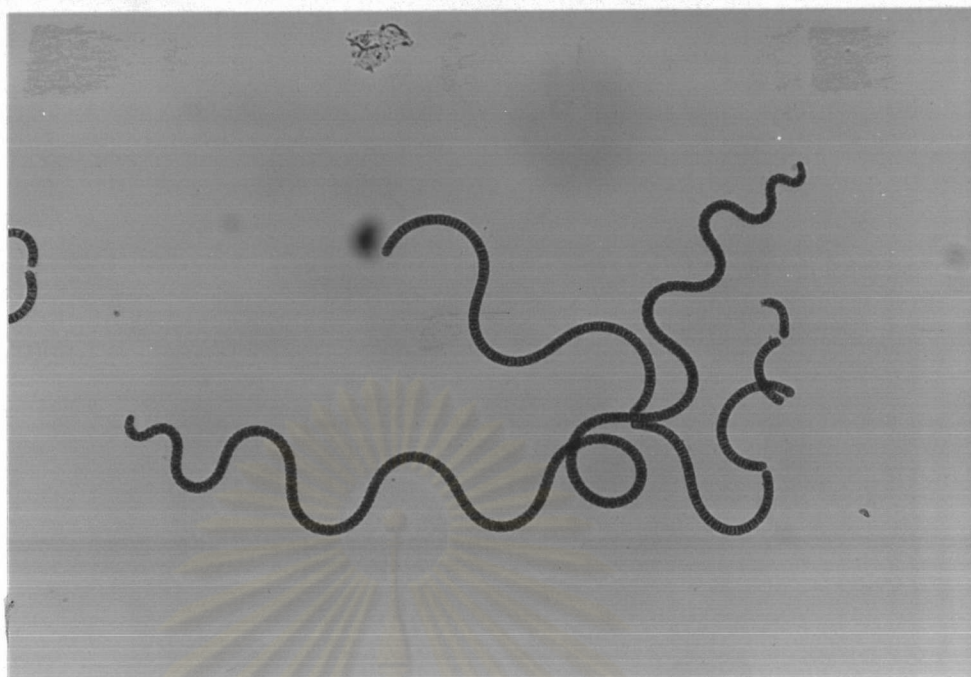
ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการศึกษาโครงสร้างภายนอกของ trichome ของสาหร่าย ภายใต้อกล้องจุลทรรศน์ ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่าความยาว trichome และระยะห่างระหว่างเกลียวของสาหร่ายในสูตรน้ำทะเลธรรมชาติมีความยาวมากที่สุด รองลงมาคือสูตรน้ำทะเลเทียม สูตร Zarrouk และสูตร CFTRI ตามลำดับ ส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางเกลียวของสาหร่ายในอาหารสูตร Zarrouk และสูตร CFTRI มีความยาวมากที่สุดและใกล้เคียงกัน รองลงมาคือสูตรน้ำทะเลเทียม และสูตรน้ำทะเลธรรมชาติ ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ขนาด trichome (ค่าเฉลี่ย + ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ที่ได้จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารต่างกัน 4 สูตร

สูตรอาหาร	ลักษณะที่วัด (ไมโครเมตร)		
	ความยาว trichome	ระยะห่างระหว่างเกลียว	เส้นผ่าศูนย์กลางเกลียว
Zarrouk	271.00 ± 69.20	104.00 ± 9.17	55.00 ± 19.10
CFTRI	222.27 ± 89.02	90.00 ± 20.97	54.00 ± 10.29
น้ำทะเลเทียม	298.00 ± 39.90	107.00 ± 15.52	47.00 ± 4.58
น้ำทะเลธรรมชาติ	329.00 ± 87.91	117.00 ± 16.18	40.41 ± 5.19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18 ขนาด trichome ของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ส่วนจิตรดคาที่มีความยาวมากกว่าปกติ เมื่อเพาะเลี้ยงในสูตรน้ำทะเลเทียมและสูตรน้ำทะเลธรรมชาติ (กำลังขยาย 110 เท่า)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ผลของการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนของสาหร่าย
เกลียวทองสายพันธุ์ที่ได้จากโครงการส่วนพระองค์ส่วนจิตรลดา

เปรียบเทียบอัตราการเจริญต่อวัน ของสาหร่ายสายพันธุ์ที่ได้จากโครงการส่วน
พระองค์ส่วนจิตรลดา เมื่อเลี้ยงในอาหารสูตร Zarrouk, CFTRI, สูตรน้ำทะเลเทียม (ASW)
และสูตรน้ำทะเลธรรมชาติ (ESW) โดยให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน แทนการ
ใช้สารเคมีที่แตกตัวให้ไบคาร์บอเนตไอออน และควบคุมสภาพความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย
อาหารให้อยู่ในช่วง 9.50 - 9.80 ปรับค่า $O.D_{560}$ ของเชื้อเริ่มต้นในแต่ละสูตรอาหาร
เท่ากับ 0.21, 0.24, 0.32 และ 0.27 ตามลำดับ และเวลาที่เหมาะสมในการติดตาม
การเจริญเติบโตของสาหร่ายอยู่ในช่วง 6 วัน (จากผลการทดลองที่ 4.2) ผลการทดลองพบว่า
สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสูตรอาหาร (รูปที่ 19) โดยมีค่าอัตราการเจริญต่อวัน
เท่ากับ 0.346, 0.315, 0.316 และ 0.297 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
ในทุกสูตรอาหาร ($P < 0.05$) (รูปที่ 20 และตารางที่ 21 ภาคผนวก ง)

จากการหาผลผลิตน้ำหนักแห้งของสาหร่าย ดังแสดงในรูปที่ 21 พบว่า มีค่า
เท่ากับ 1.61, 1.50, 1.58 และ 1.57 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
ในทุกสูตรอาหาร (ตารางที่ 22 ภาคผนวก ง)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน ปริมาณไขมัน
ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน (ตารางที่ 7) พบว่า ปริมาณโปรตีน (% ของน้ำหนักแห้ง) ของ
สาหร่ายในสูตร Zarrouk มีค่าสูงสุด เท่ากับ 57.82% รองลงมาคือสูตร CFTRI และสูตร
น้ำทะเลเทียมเท่ากับ 57.27% และ 55.97% ซึ่งเมื่อทดสอบทางสถิติมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนสูตรน้ำทะเลธรรมชาติมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 52.52% (ตารางที่ 23
ภาคผนวก ง) ในแง่ของชนิดและปริมาณกรดอะมิโน จะเห็นว่ามีทั้งชนิดของกรดอะมิโนที่จำเป็น
และที่ไม่จำเป็นในสาหร่ายทุกสูตรอาหาร และพบว่ากรดอะมิโนที่มีปริมาณมากที่สุดคือ glutamic
และ aspartic ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (% น้ำหนักแห้ง) ของสาหร่ายในสูตร
Zarrouk, สูตร CFTRI, สูตรน้ำทะเลเทียม (ASW) และสูตรน้ำทะเลธรรมชาติ (ESW) มีค่า
เท่ากับ 2.73, 2.48, 2.63 และ 2.53 ตามลำดับ เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความ

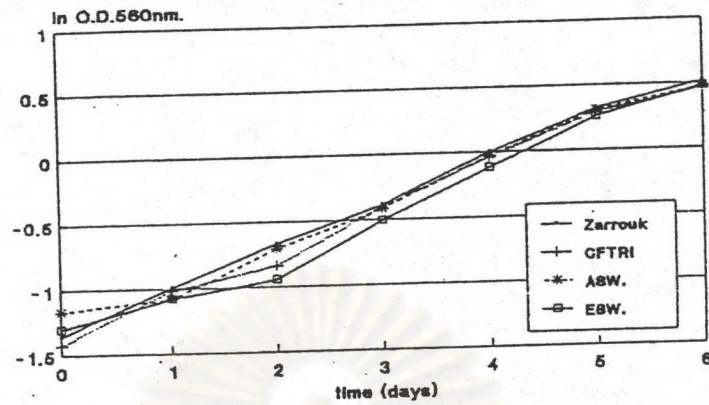
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 23 ภาคผนวก ง) ส่วนชนิดและปริมาณของกรดไขมันใน
สำหรับยากลีสวทงที่เพาะเลี้ยงในทุกสูตรอาหาร จะมีกรดไขมันชนิด 16:0, 18:3w6 และ
18:2w6 เป็นส่วนใหญ่

ผลการวัดขนาดและรูปร่างของของสำหรับยากลีสวทง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6 พบว่า
สูตรน้ำทะเลเทียม และสูตรน้ำทะเลธรรมชาติ มีความยาว trichome และระยะห่างระหว่าง
เกลียวยาวที่สุดและใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ สูตร CFTRI และสูตร Zarrouk ตามลำดับ

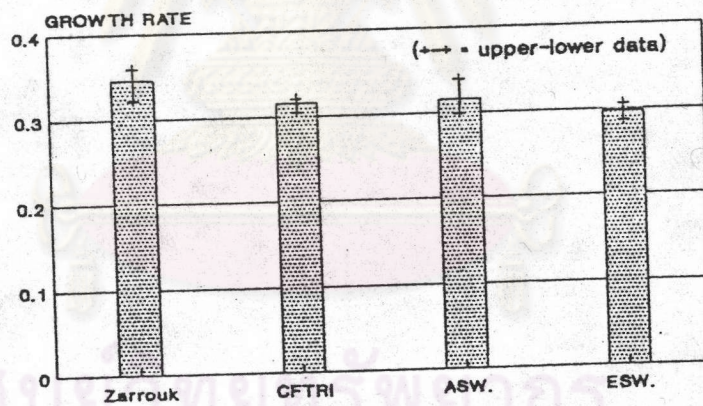
ตารางที่ 6 ขนาด trichome (ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของสำหรับยากลีสวทง
สายพันธุ์ที่ได้จากโครงการส่วนพระองค์ส่วนจิตรลดา เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในสูตร
อาหารต่างกัน 4 สูตร โดยใช้อากาศ CO_2 1% เป็นแหล่งคาร์บอน

สูตรอาหาร	ขนาด trichome (ไมโครเมตร)		
	ความยาว	ระยะห่างระหว่างเกลียว	เส้นผ่าศูนย์กลางเกลียว
Zarrouk	239.00 \pm 67.3	86.50 \pm 11.84	45.50 \pm 4.72
CFTRI	263.00 \pm 55.87	95.00 \pm 18.03	39.00 \pm 8.31
น้ำทะเลเทียม	291.00 \pm 35.06	111.00 \pm 18.68	41.00 \pm 10.20
น้ำทะเลธรรมชาติ	304.00 \pm 83.93	113.00 \pm 17.35	28.00 \pm 7.14

จากผลการทดลองข้างต้นจึงเลือกสูตรน้ำทะเลเทียมโดยใช้อากาศ CO_2 เป็นแหล่ง
คาร์บอนเพื่อทำการเพาะเลี้ยงสำหรับยากลีสวทงในบ่อสภาพกลางแจ้งต่อไป

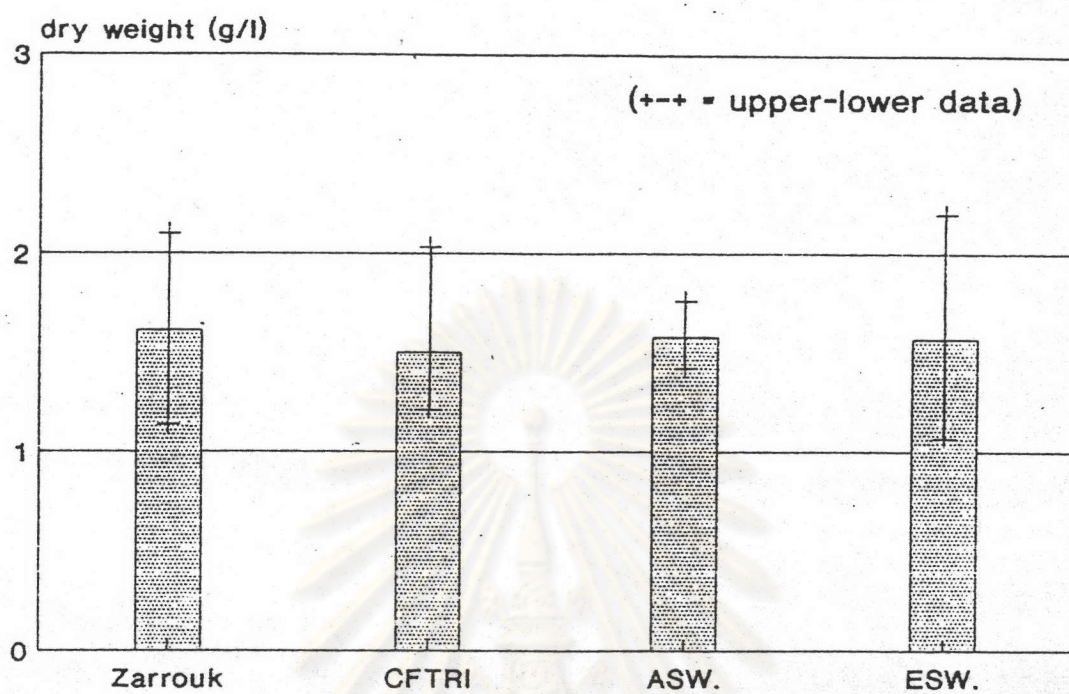


รูปที่ 19 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา เมื่อเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารต่างกัน 4 สูตร โดยให้ก๊าซ CO_2 1% เป็นแหล่งคาร์บอน (1) สูตร Zarrouk (2) สูตร CFTRI (3) สูตรน้ำทะเลเทียม (ASW) (4) สูตรน้ำทะเลธรรมชาติ (ESW)



รูปที่ 20 อัตราการเจริญต่อวันของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ที่ได้จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา เมื่อเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารต่างกัน 4 สูตร โดยให้ก๊าซ CO_2 1% เป็นแหล่งคาร์บอน

- (1) สูตร Zarrouk (2) สูตร CFTRI (3) สูตรน้ำทะเลเทียม (ASW)
 (4) สูตรน้ำทะเลธรรมชาติ (ESW)



รูปที่ 21 ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อลิตร) ของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์จากโครงการ ส่วนพระองค์ส่วนจิตรลดา เมื่อเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารต่างกัน 4 สูตร โดยให้ก๊าซ CO_2 1% เป็นแหล่งคาร์บอน (1) สูตร Zarrouk (2) สูตร CFTRI (3) สูตรน้ำทะเลเทียม (ASW) (4) สูตรน้ำทะเลธรรมชาติ (ESW)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณโปรตีน ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน ปริมาณไขมัน ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน ในสำหรับเกล็ดขาทองจากโครงการส่วนพระองค์ส่วนจิตรลดาที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารต่างกัน 4 สูตร
TR = trace amount detected.

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรอาหาร			
	Zarrouk	CFTRI	น้ำทะเลเทียม	น้ำทะเลธรรมชาติ
<u>ปริมาณโปรตีน</u> (% dry weight)	57.82 ^a _{+2.61}	57.27 ^{ab} _{+2.44}	55.97 ^{ab} _{+2.12}	52.52 ^b _{+2.72}
<u>Essential amino acid</u> (g/100g amino acid fraction)				
Methionine	2.14	2.71	2.67	2.58
Threonine	4.76	5.07	5.10	5.08
Valine	5.21	6.79	6.30	6.70
Isoleucine	5.17	6.54	6.26	6.56
Leucine	8.75	9.23	9.06	9.30
Phenylalanine	4.95	4.66	4.89	5.03
Lysine	5.00	4.05	4.53	3.65
Histidine	1.93	1.46	1.58	1.45
<u>Non-essential amino acid</u> (g/100g amino acid fraction)				
Cysteine	1.13	0.92	1.04	0.87
Aspartic	10.54	9.87	9.61	9.88
Serine	5.23	4.87	5.91	5.08
Glutamic	16.09	14.12	13.95	14.07
Glycine	4.97	5.31	5.08	5.55

ตารางที่ 7 (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรอาหาร			
	Zarrouk	CFTRI	น้ำทะเลเทียม	น้ำทะเลธรรมชาติ
Alanine	6.88	8.29	8.38	8.62
Tyrosine	3.79	4.28	4.44	4.59
Proline	4.13	4.30	4.35	3.27
Arginine	7.40	1.46	7.53	7.09
<u>ปริมาณไขมัน (% dry weight)</u>				
	2.73 ^a +0.29	2.48 ^a +0.50	2.63 ^a +0.36	2.53 ^a +0.26
<u>ชนิดของกรดไขมัน (g/100g of total fatty acid fraction)</u>				
14:0	0.49	0.79	0.89	0.59
14:2	0.49	0.79	0.89	0.59
15:0	0.49	0.53	0.45	0.59
15:1	0.49	0.53	0.67	0.59
16:0	42.02	41.55	38.2	33.86
16:1	4.91	4.76	5.81	5.00
16:3	0.98	0.53	0.45	0.59
17:0	0.25	0.24	0.47	0.59
18:0	2.95	2.65	3.13	4.12
18:1w7	0.98	1.32	1.56	2.90
18:1w	8.00	6.09	5.58	5.65
18:2w6	13.27	12.66	15.08	12.66
18:3w3	0.25	1.59	2.01	4.24
18:3w6	21.62	21.17	19.66	18.26

ตารางที่ 7 (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรอาหาร			
	Zarrouk	CFTRI	น้ำทะเลเทียม	น้ำทะเลธรรมชาติ
ชนิดของกรดไขมัน (g/100g of total fatty acid fraction)				
20:3w6	0.74	0.27	0.45	1.47
20:5w3	TR	0.53	0.89	0.88
20:4w6	0.49	0.27	0.22	0.29
22:6w3	0.98	0.27	0.89	0.88
ΣHUFAs w3>20:3w3	0.98	0.79	2.01	1.77

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน (a,b,c,d) แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ส่วนจิตรลดาในบ่อสภาพกลางแจ้ง เพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง สายพันธุ์ที่ได้จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา โดยใช้สูตรน้ำทะเลเทียมและให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอนของสาหร่าย แทนการใช้สารเคมีที่แตกตัวให้ไบคาร์บอเนตไอออน และควบคุมสภาพความเป็นกรด-ด่างของ สารละลายอาหารให้อยู่ในช่วง 9.50-9.80 ทำการเพาะเลี้ยงในบ่อสภาพกลางแจ้งซึ่งมีปริมาณ ความเข้มแสงในช่วงวันสูงสุดประมาณ 70,000-76,000 ลักซ์ (รูปที่ 23) โดยอุณหภูมิของ สารละลายมีค่าสูงสุดประมาณ 29-30 องศาเซลเซียส (รูปที่ 24) ผลการทดลองพบว่า สาหร่ายมีอัตราการเจริญต่อวันเท่ากับ 0.13 (รูปที่ 22) ทำการเก็บเกี่ยวได้ผลผลิตเฉลี่ย เท่ากับ 7.06 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรต่อวัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมัน (% น้ำหนักแห้ง) ของ สาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ที่นำมาทำแห้งโดยวิธี Sun drying, Oven drying, Spray drying และ Freeze drying (ตารางที่ 8) พบว่า สาหร่ายที่ทำแห้งโดยวิธี Freeze drying มีปริมาณโปรตีนสูงสุดเท่ากับ 54.03% รอง ลงมาคือวิธี Spray drying ส่วนวิธี Oven drying และ Sun drying มีปริมาณโปรตีน ต่ำสุดเท่ากับ 56.45% และ 54.03% ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 24 ภาคผนวก ง) ส่วนปริมาณไขมันของสาหร่ายเกลียวทอง พบว่าสาหร่ายที่ทำแห้งโดยวิธี Freeze drying มีปริมาณไขมันสูงสุดเท่ากับ 2.76% รองลงมาคือวิธี Spray drying, Sun drying และ Oven drying ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.42%, 2.29% และ 2.18% ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือก สาหร่ายที่ทำแห้งโดยวิธี Freeze drying เพื่อใช้เป็นอาหารของกิ้งกูด้าวัยอ่อน ในการ ทดลองขั้นต่อไป

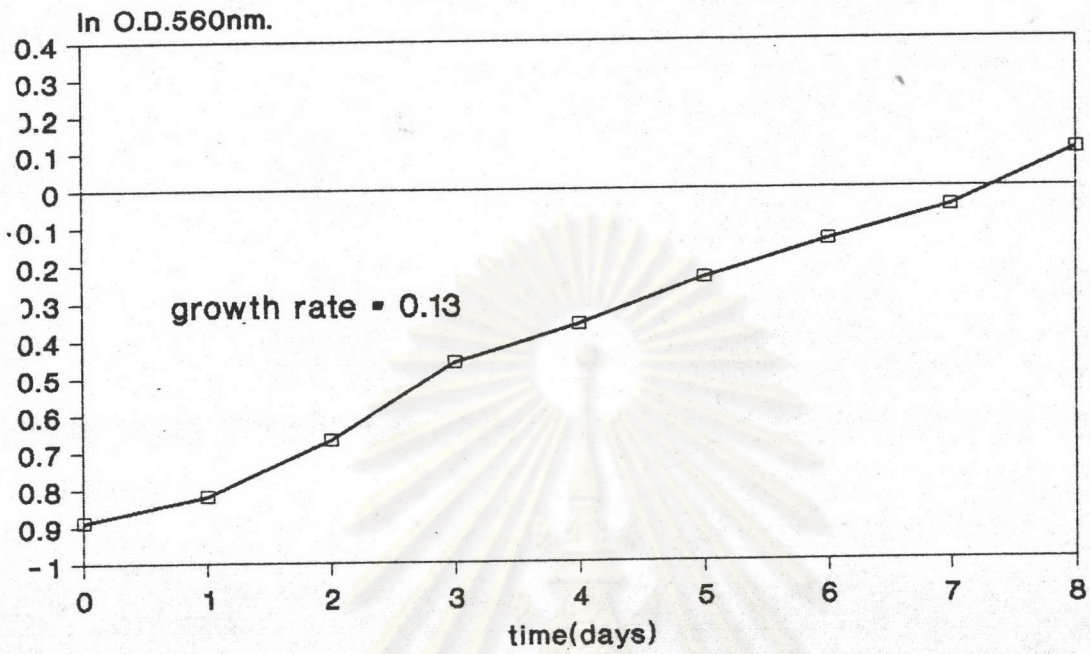
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 ปริมาณโปรตีนและปริมาณไขมัน (ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ที่ได้จากโครงการส่วนพระองค์ส่วนจิตรลดา เมื่อเพาะเลี้ยงในสภาพกลางแจ้ง และนำมาทำแห้งด้วยวิธีต่างกัน 4 วิธี

วิธีการทำแห้ง	ปริมาณโปรตีน (%)	ปริมาณไขมัน (%)
Sun drying	54.03 ^a \pm 0.364	2.287 ^a \pm 0.091
Oven drying	56.45 ^b \pm 2.587	2.180 ^b \pm 0.056
Spray drying	60.53 ^c \pm 1.808	2.417 ^c \pm 0.021
Freeze drying	60.23 ^c \pm 3.286	2.763 ^d \pm 0.031

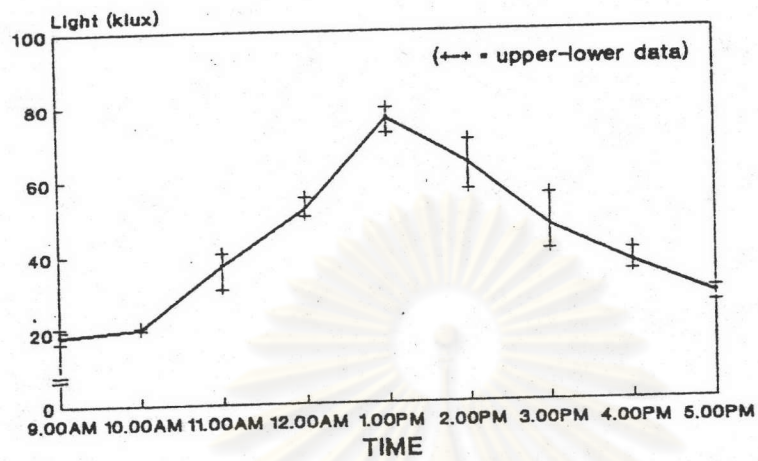
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน (a,b,c,d) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

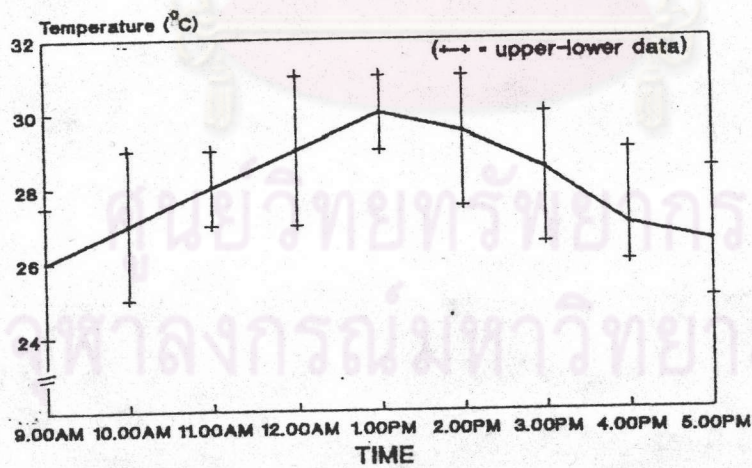


รูปที่ 22 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์จากโครงการส่วนพระองค์ส่วนจิตรลดา เมื่อเพาะเลี้ยงในบ่อสภาพกลางแจ้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

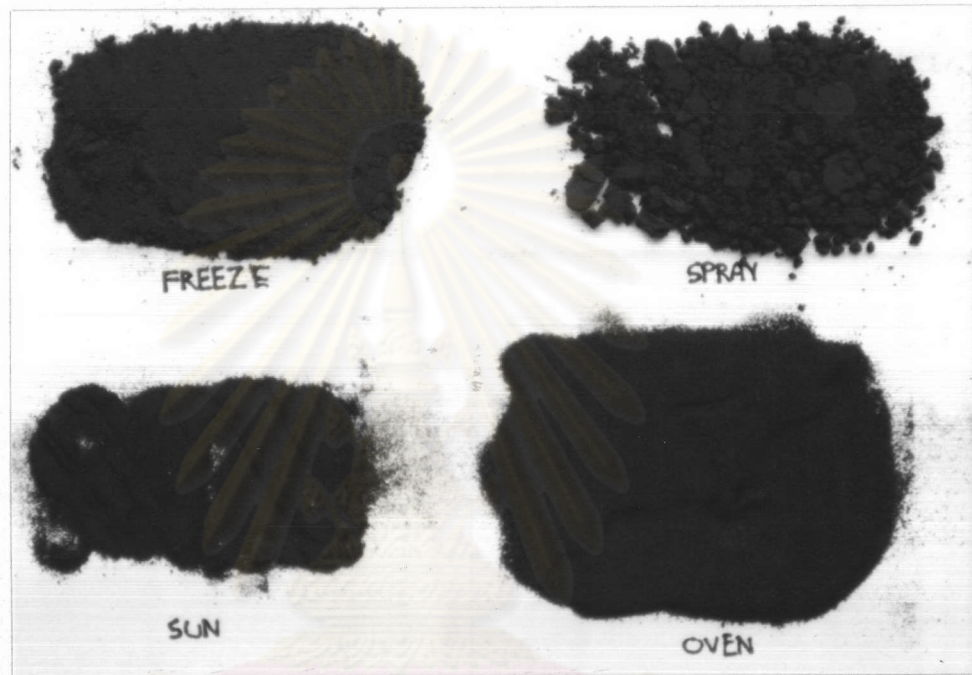


รูปที่ 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มแสงเฉลี่ย 7 วันในเดือนพฤศจิกายนที่เวลาต่างๆกัน บริเวณบ่อเพาะเลี้ยงสภาพกลางแจ้ง



รูปที่ 24 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ย 7 วันในเดือนพฤศจิกายนของสารละลายอาหารที่เพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในบ่อเพาะเลี้ยงสภาพกลางแจ้ง

ลักษณะปรากฏของผงสำหรับแห้งที่ได้จากการอบแห้งด้วยวิธีต่างกัน (รูปที่ 25)
พบว่าสำหรับที่กานแห้งด้วยวิธี Sun drying, Spray drying และ Freeze drying
มีสีเข้ชาเข้ม ส่วนวิธี Oven drying พบว่าผงสำหรับมีสีเข้ชวแกมเหลือง



รูปที่ 23 ลักษณะปรากฏของสำหรับเกล็ดวทองที่ได้จากการอบทำแห้งด้วยวิธีต่างกัน

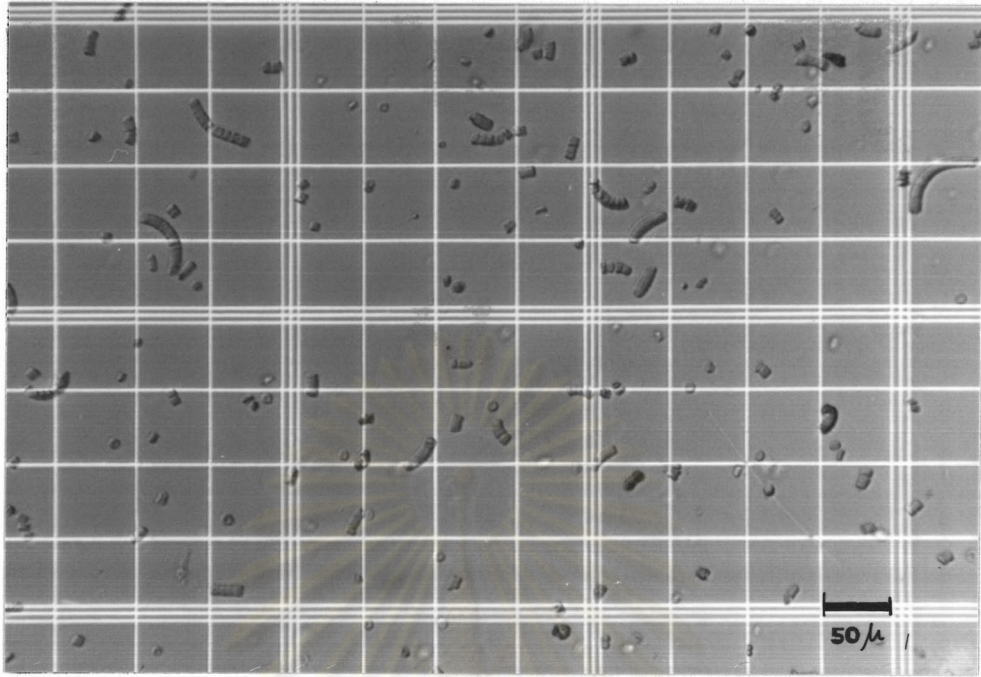
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 ผลของการใช้สาหร่ายเกลียวทองที่มีต่ออัตราการรอดของลูกกุ้งกุลาดำวัยอ่อน

ผลอัตราการรอดของลูกกุ้งกุลาดำวัยอ่อนจากระยะ zoea I ถึงระยะ mysis II (ตารางที่ 9) โดยให้ระยะเวลาในการเลี้ยงประมาณ 7 วัน พบว่า ลูกกุ้งที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสด Chaetoceros เพียงอย่างเดียวและการใช้สาหร่ายสด Chaetoceros ร่วมกับการใช้ผงสาหร่ายเกลียวทอง ในอัตราส่วน 75:25 ให้ผลอัตราการรอดสูงที่สุดเท่ากับ 58% และ 54% เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 25 ภาคผนวก ง) รองลงมาคือการใช้อัตราส่วนของอาหารเท่ากับ 50:50 และ 25:75 โดยให้ผลอัตราการรอดเท่ากับ 30.67% และ 27.00% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการใช้สาหร่ายเกลียวทองเพียงอย่างเดียวให้ผลอัตราการรอดต่ำที่สุดเท่ากับ 19.33% จากการวัดความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของลูกกุ้งพบว่า ลูกกุ้งที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสด Chaetoceros เพียงอย่างเดียว มีความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 0.59 มิลลิเมตร รองลงมาคือการใช้สาหร่ายสด Chaetoceros ร่วมกับการใช้ผงสาหร่ายเกลียวทองในอัตราส่วน 75:25 และ 50:50 มีความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.57 มิลลิเมตร ส่วนการใช้สาหร่ายสด Chaetoceros ร่วมกับการใช้ผงสาหร่ายเกลียวทองในอัตราส่วน 25:75 และการใช้ผงสาหร่ายเกลียวทองเพียงอย่างเดียว ลูกกุ้งมีความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเท่ากันคือ 0.56 มิลลิเมตร แต่เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทุกอัตราส่วนของอาหาร (ตารางที่ 26 ภาคผนวก ง)

จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลในช่วงระหว่างการเลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำ เมื่อให้อัตราส่วนของอาหารต่างกัน (ตารางที่ 10, 11, 12, 13, 14) พบว่า มีคุณภาพใกล้เคียงกัน ยกเว้นปริมาณแอมโมเนียมีค่าสูงขึ้นมา เมื่อให้อัตราส่วนของสาหร่ายสด Chaetoceros:ผงสาหร่ายเกลียวทองเท่ากับ 50:50, 25:75 และการใช้ผงสาหร่ายเกลียวทองเพียงอย่างเดียว

สำหรับขนาดของสาหร่ายเกลียวทองที่ละลายน้ำ และกรองผ่านผ้ากรองขนาด 20 ไมครอน จะมีความยาวระหว่าง 10-20 ไมครอน ดังแสดงในรูปที่ 26



รูปที่ 26 ขนาดอนุภาคของสาหร่ายเกลียวทองที่ใช้เป็นอาหารของกิ้งกูดาค่าวิษอ่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 อัตราการรอดและความยาวเหยียดที่เพิ่มขึ้น (ค่าเฉลี่ย + ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของกิ้งกูด้าวัยอ่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายสด Chaetoceros และผงสาหร่ายเกล็ดทองที่ก่อกำเนิดด้วยวิธี Freeze drying ในอัตราส่วนของอาหารต่างๆกัน

อัตราส่วนของอาหาร	อัตราการรอด(%)	ความยาวเหยียดเฉลี่ยสุดท้าย (มิลลิเมตร)	ความยาวเหยียดเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (มิลลิเมตร)
100:0	58.00 ^a ± 3.00	1.93 ± 0.04	0.59 ^a
75:25	54.00 ^a ± 3.60	1.91 ± 0.03	0.57 ^a
50:50	30.67 ^b ± 3.05	1.91 ± 0.02	0.57 ^a
25:75	27.00 ^b ± 3.00	1.89 ± 0.03	0.56 ^a
0:100	19.33 ^c ± 3.21	1.90 ± 0.02	0.56 ^a

ความยาวเหยียดเฉลี่ยเริ่มต้น 1.34 ± 0.04 มิลลิเมตร

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน (a,b,c) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 คุณสมบัติของน้ำทะเลในช่วงระหว่างการเลี้ยงลูกกุ้ง โดยให้สาหร่ายสด
Chaetoceros sp. เพียงอย่างเดียว

parameter	ปริมาณ
NH ₃ - N (ppm)	0.00 - 0.50
NO ₂ - N (ppm)	0.00 - 0.15
pH	7.00 - 8.00
temperature (°c)	30.0 - 32.0
salinity (ppt)	28.0 - 30.0

ตารางที่ 11 คุณสมบัติของน้ำทะเลในช่วงระหว่างการเลี้ยงลูกกุ้ง โดยให้สาหร่ายสด
Chaetoceros 75% และผงสาหร่ายเกล็ดทอง 25%

parameter	ปริมาณ
NH ₃ - N (ppm)	0.00 - 0.50
NO ₂ - N (ppm)	0.00 - 0.15
pH	7.00 - 8.00
temperature (°c)	30.0 - 32.0
salinity (ppt)	28.0 - 30.0

ตารางที่ 12 คุณสมบัติของน้ำทะเลในช่วงระหว่างการเลี้ยงลูกกุ้ง โดยให้สาหร่ายสด
Chaetoceros 50% และผงสาหร่ายเกล็ดทอง 50%

parameter	ปริมาณ
NH ₃ - N (ppm)	0.00 - 1.00
NO ₂ - N (ppm)	0.00 - 0.15
pH	7.00 - 8.50
temperature (°c)	30.0 - 32.0
salinity (ppt)	28.0 - 31.0

ตารางที่ 13 คุณสมบัติของน้ำทะเลในช่วงระหว่างการเลี้ยงลูกกุ้ง โดยให้สาหร่ายสด
Chaetoceros 25% และผงสาหร่ายเกล็ดทอง 75%

parameter	ปริมาณ
NH ₃ - N (ppm)	0.00 - 1.50
NO ₂ - N (ppm)	0.00 - 0.15
pH	7.00 - 8.50
temperature (°c)	30.0 - 32.0
salinity (ppt)	28.0 - 32.0

ตารางที่ 14 คุณสมบัติของน้ำทะเลในช่วงระหว่างการเลี้ยงลูกกุ้ง โดยใช้ผงสาหร่ายเกลียวทอง
เพียงอย่างเดียว

parameter	ปริมาณ
$\text{NH}_3 - \text{N}$ (ppm)	0.00 - 1.50
$\text{NO}_2 - \text{N}$ (ppm)	0.00 - 0.25
pH	7.00 - 8.50
temperature ($^{\circ}\text{C}$)	30.0 - 32.0
salinity (ppt)	28.0 - 34.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย