

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ



T104542

เรื่อง
 ผลของระบบหมุนเวียนน้ำต่อผลผลิตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp.
 The effect of water circulation system on blue-green algae (*Oscillatoria* sp.) production



โดย

ร/ว.

นางสาวจุฑามาศ สงวนสุข

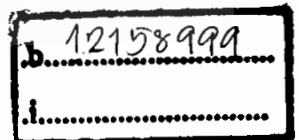
จ 628 อ

2550

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 104542

วัน,เดือน,ปี... 5 พ.ย. 2552



ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
 คณะเทคโนโลยีการเกษตร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

ผลของระบบหมุนเวียนน้ำต่อผลผลิตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp.
The effect of water circulation system on blue-green algae (*Oscillatoria* sp.) production

ชื่อนักศึกษา นางสาวจุฑามาศ สงวนสุข

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....
.....

(ดร.ปวีณา ทวีกิจการ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้ประโยชน์ในการค้า
เมื่อวันที่ 8 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของระบบหมุนเวียนน้ำต่อผลผลิตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp.

The effect of water circulation system on blue-green algae (*Oscillatoria* sp.) production

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีการออกแบบระบบเพื่อที่จะเพิ่มผลผลิตของสาหร่ายขนาดเล็กในสกุล *Oscillatoria* sp. ซึ่งภายในระบบการเพาะเลี้ยงจะเกี่ยวข้องกับการลักษณะการไหลของน้ำภายในระบบ โดยภายในในระบบที่ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายจะส่งผลอย่างไรต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายจึงได้มีออกแบบระบบที่จะใช้ในการทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขึ้นมา โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบ คือ ระบบหัวฉีดได้น้ำ (water injection), ระบบการกระจายน้ำขึ้นสู่อากาศ (water scatter), ระบบการหมุนเวียนได้น้ำ (water circulation) จากผลการทดลองพบว่า ลักษณะการไหลเวียนน้ำแบบการหมุนวน ภายในระบบการหมุนเวียนได้น้ำส่งผลทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ เพิ่มสูงขึ้นที่สุด 0.0016 $\mu\text{g/L}$ เมื่อเทียบกับระบบหมุนเวียนน้ำอื่นๆ โดยระบบที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ รองลงมาเป็นอันดับถัดไปคือ ระบบการกระจายน้ำขึ้นสู่อากาศ 0.0007 $\mu\text{g/L}$ โดยระบบที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่วัดได้น้อยที่สุดในทั้งสามระบบคือ ระบบหัวฉีดได้น้ำ 0.0006 $\mu\text{g/L}$ ในวันที่ 6 ของการทดลอง โดยที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่วัดได้แสดงถึงความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายที่เพิ่มขึ้น ที่เป็นผลมาจากระบบการหมุนเวียนน้ำที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ที่ช่วยเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้อย่างพร้อมทั้งกับคำแนะนำ ที่เป็นประโยชน์ต่างๆ จึงทำให้การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้นำสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณบุปผา จงพัฒน์ คุณชิตชนก สวัสดิ์ศรี คุณนภพล เผ่าพันธ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำการใช้อุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษ และ คุณธนิกานต์ บัวจันทร์ คุณสุภาณี นิลวงศ์ เป็นพี่สาวที่คอยแนะนำวิธีการต่างๆ และช่วยสอนการปฏิบัติงานในการทำปัญหาพิเศษ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณ นายสจยศ วรรณางกูร ที่คอยช่วยเหลือในทุกๆ เรื่องตั้งแต่ริเริ่มจนเสร็จสิ้นในการทำปัญหาพิเศษ และที่ขาดไม่ได้ขอขอบพระคุณครอบครัว สงวนสุข สำหรับความช่วยเหลือและกำลังใจที่ดีๆ ตลอดมาจนทำให้การทำปัญหาพิเศษสำเร็จไปได้ด้วยดี

นางสาวจุฑามาศ สงวนสุข

มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	8
ผลการทดลองและวิจารณ์	13
สรุป	21
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก	24



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของการเทคนิคในการ เพาะเลี้ยงสาหร่าย	7
2	แสดงค่าการประมาณ ในระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่าย ในทางการค้า	19
3	แสดงเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่อยู่ในสาหร่ายขนาดเล็ก	20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กราฟระยะการเจริญเติบโตของสาหร่ายมวลของ	5
2	ระบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้ในการทำการทดลอง	10
3	ลักษณะทิศทางการไหลของระบบหมุนเวียนน้ำ	11
4	ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่เพิ่มภายในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ	13
5	ลักษณะการหมุนเวียนน้ำที่มีความคล้ายคลึงกับระบบหมุนเวียนได้น้ำ	14
6	ช่วงอุณหภูมิของระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ ในระหว่างทำการทดลอง	15
7	ช่วงความเข้มแสงในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ ในระหว่างทำการทดลอง	15
8	ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ ในระหว่างทำการทดลอง	16
9	ค่าความนำไฟฟ้า ในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ ในระหว่างทำการทดลอง	16
10	แอมโมเนีย - ไนโตรเจน ในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ	17
11	ไนโตรท์ – ไนโตรเจน ในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ	17
12	ไนเตรท – ไนโตรเจน ในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ	18
13	ค่าฟอสฟอรัสในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ	18
14	ผลผลิตของ Spirulina ในโลกที่เพิ่มมากขึ้น	20

คำนำ

ในปัจจุบันมีความต้องการผลผลิตสาหร่ายขนาดเล็ก (microalgal) เป็นจำนวนมากขึ้น เนื่องจากสาหร่ายขนาดเล็ก มีบทบาทสำคัญต่อในโลกยุคปัจจุบันมาก อาทิเช่น ใช้เป็นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพ ใช้เป็นอาหารเพื่ออนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนหรือแม้กระทั่งนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรและอุตสาหกรรม

ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้จะขอลำถึงระบบการเพาะเลี้ยงที่มีการออกแบบระบบเพื่อที่จะเพิ่มผลผลิตของสาหร่ายขนาดเล็กในสกุล *Oscillatoria* sp. ซึ่งภายในระบบการเพาะเลี้ยงจะเกี่ยวข้องกับการหมุนเวียนของน้ำภายในระบบว่าจะมีผลอย่างไรต่ออัตราการเจริญเติบโตและปริมาณของผลผลิตระบบการเพาะเลี้ยงที่ดีก็จะส่งผลทำให้ได้ผลผลิตมีคุณภาพและมีปริมาณของผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น

เท่าที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้อยู่ว่าเป็นแนวทางที่ดีที่จะสามารถพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายให้มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น และในอนาคตอาจสามารถพัฒนาระบบเพิ่มเติมให้ใช้ได้จริงในอุตสาหกรรมในการผลิตสาหร่าย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบหมุนเวียนน้ำในการผลิตสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในสกุล *Oscillatoria* sp.

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำหลักการและรูปแบบของระบบหมุนเวียนน้ำไปปรับปรุงและประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กเชิงอุตสาหกรรมได้

การตรวจเอกสาร

1. ชีวิตวิทยาของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

ลัดดา (2542) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria* sp. เป็นสาหร่ายที่จัดอยู่ใน Order Oscillatoriales สาหร่ายในกลุ่มนี้ลักษณะเป็นเส้นสายไม่แตกแขนง เป็นเส้นสายเดี่ยวๆ หรืออยู่เป็นกลุ่มเซลล์ที่หนาแน่น โดยมีลักษณะที่สำคัญดังนี้

- 1.1 โครงสร้างของเซลล์ เป็นแบบเส้นสาย unbranched filament เส้นสายไม่แตกแขนง
- 1.2 ผนังเซลล์ ผนังเซลล์ (cell wall) ซึ่งมี 2 ชั้นได้แก่ผนังเซลล์ชั้นนอกและผนังเซลล์ชั้นใน เซลล์ที่มาเรียงต่อกันเป็นเส้นสาย trichome เป็นแบบไม่มี sheath หุ้ม heterocyst มักพบในสาหร่ายพวกเส้นสาย คือช่วยให้เซลล์ขาดตอนเป็น hormogone เพื่อไปงอกเป็นเส้นสายใหม่
- 1.3 การเคลื่อนที่ (movement) สาหร่ายมีการเคลื่อนไหวแบบเดินหน้า ถอยหลังหรือแกว่งซ้ายขวา
- 1.4 การสืบพันธุ์ การแบ่งเซลล์ทำให้ trichome ยืดยาวออก และจะขาดตอน เมื่อมีการกระทบกระเทือน แต่ละตอนจะเจริญเป็น trichome ใหม่
- 1.5 ลักษณะพิเศษ *Oscillatoria* sp. สามารถสร้างสารเคมีเช่น สารจีโออสมิน และสารพวก 2-methylisoborneol ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นเหม็นโคลนในเนื้อสัตว์น้ำ
- 1.6 การตรึงไนโตรเจน Nitrogen fixation ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถใช้ประโยชน์จากแก๊สไนโตรเจนได้โดยตรง ไม่ต้องอยู่ในรูปไนเตรท แอมโมเนีย หรือกรดอะมิโน

2. อนุกรมวิธานของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria* sp.

Division Cyanophyta

Class Cyanophyceae

Order Oscillatoriales

Genus *Oscillatoria*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

Lavens and Sorgeloos (1996) กล่าวว่าปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีดังต่อไปนี้

3.1 ปัจจัยทางฟิสิกส์

3.1.1 แสงสว่าง (Illumination) เป็นปัจจัยที่ช่วยให้สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดี สาหร่ายในแต่ละกลุ่ม แต่ละชนิดมีความต้องการของแสงในปริมาณที่ไม่เท่ากัน

3.1.2 อุณหภูมิ (Temperature) การเลี้ยงสาหร่ายนั้นอุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของสาหร่าย ซึ่งสาหร่ายแต่ละชนิดก็มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน

3.1.3 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยทั่วไปสาหร่ายในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมักพบในแหล่งน้ำที่มีค่า pH เป็นกลาง (6.5-7.5)

3.1.4 ความเค็ม (Salinity) ความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายทะเลคือ 28-30 ppt

3.1.5 ปัจจัยอื่นๆ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสง ค่าออกซิเจน ความกระด้างของน้ำ เป็นปัจจัยทางอ้อมของสาหร่ายในการนำอาหารไปใช้

3.2 ปัจจัยทางเคมี

เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโภชนาการของสาหร่าย การเติบโตของสาหร่ายขึ้นกับอาหารธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของสาหร่าย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มธาตุอาหารหลักเป็นส่วนประกอบหลักของโครงสร้างของสาหร่าย จำเป็นต้องใช้ในปริมาณมากและ กลุ่มธาตุอาหารรอง เป็นส่วนประกอบของโมเลกุลที่จำเป็นเช่น เอนไซม์ สาหร่ายมีความต้องการใช้ธาตุอาหารรองในปริมาณน้อย

3.2.1 ธาตุอาหารหลัก (Macronutrients)

คาร์บอน อยู่ในรูปอนินทรีย์คาร์บอน อยู่ในรูป CO_2 ที่ละลายน้ำ และคาร์บอนในรูปอินทรีย์คาร์บอนจะช่วยในการเจริญเติบโต เช่น น้ำตาลกลูโคส ซูโตส กาแลกโตส

ไนโตรเจน หน้าที่หลักช่วยในการสังเคราะห์แสง การใช้ไนโตรเจนในอาหารเลี้ยงสาหร่ายอยู่ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น กรดอะมิโน กรดกลูตามิก และในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น แกลิอไนเตรท ไนไตรท์ และในรูปแก๊สไนโตรเจน มีเฉพาะในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ใช้ได้

ฟอสฟอรัส เกี่ยวข้องกับการขบวนการถ่ายถอดพลังงาน ถ้าขาดฟอสฟอรัสจะทำให้ปริมาณโปรตีน คลอโรฟิลล์ DNA RNA ของสาหร่ายลดลง

ซิลเฟอร์ มีความจำเป็นต่อสาหร่ายทุกชนิด ส่วนใหญ่จะใช้ซิลเฟอร์ในรูปอนินทรีย์ คือ แกลิอซิลเฟต ซัลไฟท์ ซัลไฟด์

แคลเซียม มีความจำเป็นต่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยใช้แคลเซียมในการสร้างโครงสร้างของสาหร่าย

โซเดียม สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีความต้องการโซเดียมมากกว่าสาหร่ายชนิดอื่นๆ โดยใช้เกี่ยวกับกิจกรรมของเอนไซม์ เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์

แมกนีเซียม มีความสำคัญต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์

3.2.2 ธาตุอาหารรอง (Micronutrients)

เหล็ก ช่วยในการดูดซึมไนโตรเจนและกระบวนการสังเคราะห์แสง คือช่วยสร้างคลอโรฟิลล์ เอ ถ้าสาหร่ายขาดธาตุเหล็กจะมีผลต่อการเติบโตและสรีรวิทยา

โบรอน ไม่ทราบหน้าที่ที่ชัดเจน แต่มีความสำคัญกับสาหร่ายในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและไดอะตอม

แมงกานีส ทองแดง สังกะสี เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง ถ้าขาดไปจะทำให้ การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายลดลง

โมลิบดีนัม วานาเดียม โคบอลต์ นิเกิล ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีหน้าที่ตรง
ในโตรเจน เป็นส่วนประกอบเอนไซม์ในการสังเคราะห์แสง

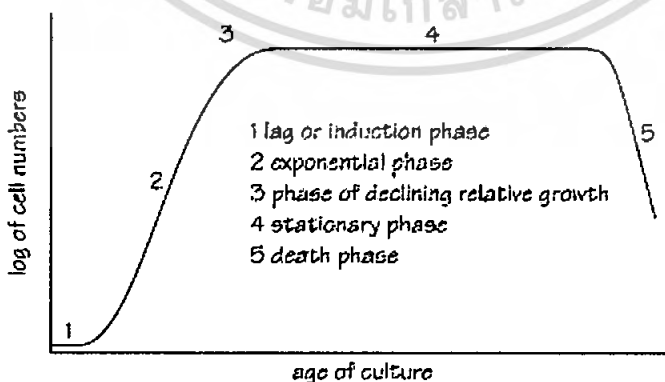
ซิลิกา เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นในกลุ่มพวกไดอะตอมเพื่อสร้างผนังเซลล์

เซลเนียม ถ้าในแหล่งน้ำมีปริมาณเซลเนียมที่สูงจะพบว่ามีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
เพิ่มขึ้น

4. ระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก

การศึกษาระยะต่างๆของการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กนั้น มีประโยชน์ในการ
ตรวจสอบ ประสิทธิภาพของการเพาะเลี้ยง ทั้งนี้ในการทำกรเพาะเลี้ยงสาหร่ายควรเข้าใจ
ลักษณะการเจริญเติบโตของ สาหร่ายขนาดเล็ก ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 5 ระยะ คือ

1. ระยะปรับตัว (Lag phase or inductional phase)
2. ระยะเอ็กโพเนนเชียล (Exponential phase)
3. ระยะเฉื่อย (Retardation phase or phase of declining relative growth)
4. ระยะคงที่ (Stationary phase)
5. ระยะตาย (Death phase)



ภาพที่ 1 กราฟระยะการเจริญเติบโตของสาหร่าย

ที่มา: Lavens and Sorgeloos (1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟสามารถอธิบายระยะการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้ดังนี้

Lavens and Sorgeloos (1996) กล่าวไว้ว่าในระยะพักเซลล์ (lag phase) เป็นระยะที่เซลล์มีการปรับตัวให้เข้ากับอาหารและสภาพแวดล้อมใหม่ๆ ทำให้ไม่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์ขึ้นแต่เซลล์จะมีขนาดใหญ่ขึ้น

ระยะทวีคูณ (Exponential phase) เป็นระยะที่สาหร่ายมีการเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วพร้อมทั้งความเข้มข้นของสารอาหารจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากสาหร่ายมีการนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

ระยะเฉื่อย (Phase of declining growth rate) เป็นระยะที่เซลล์เริ่มมีการเติบโตช้าลงเนื่องจากปัจจัยในการเจริญเติบโตของสาหร่ายเริ่มลดน้อยลง

ระยะคงที่ (Stationary phase) เป็นระยะที่ความหนาแน่นของเซลล์สูงสุดและเข้าสู่สภาวะคงที่ให้อัตราการแบ่งเซลล์และอัตราการตายเท่ากัน

ระยะตาย (Death phase) เป็นระยะที่เซลล์ของสาหร่ายจะตายอย่างรวดเร็วเนื่องจากขาดสารอาหารและมีปริมาณของเสียเพิ่มสูงขึ้น

5. เทคนิคในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายต่างๆกัน แต่ทั้งนี้ความเหมาะสมในการใช้แต่ละเทคนิคในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายนั้นก็ขึ้นอยู่กับ ชนิดของสาหร่ายและจุดประสงค์ในการเพาะเลี้ยง

Indoor/Outdoor: Indoor จะเป็นการเพาะเลี้ยงที่มีการควบคุมปริมาณของแสง, อุณหภูมิ, สารอาหาร รวมทั้งการปนเปื้อนของสาหร่ายชนิดอื่นๆ ส่วน Outdoor นั้นเป็นเรื่องอยากที่จะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีการเพาะเลี้ยงเป็นระยะยาวนาน

Open/Closed: การเพาะเลี้ยงแบบระบบเปิดคล้ายกับการทำที่ไม่ได้มีการปิดบ่อหรือถังไว้ ซึ่งในระบบเปิดจะมีการปนเปื้อนมากกว่าแบบระบบปิด ที่อยู่ใน หลอดทดลองหรือถุงเพาะเลี้ยง

Axenic (=sterile)/Xenic: เป็นการเพาะเลี้ยงที่อยู่ในสภาพปลอดเชื้อ มีขั้นตอนในการผ่าน sterile ก่อน เพื่อป้องกันการเจือปนของสิ่งที่ไม่ต้องการ

Batch, Continuous, and Semi-Continuous: ทั้งหมดนี้เป็นรูปแบบเบื้องต้นของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก

ตารางที่ 1 ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของการเทคนิคในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

Culture type	Advantages	Disadvantages
Indoors	A high degree of control (predictable)	Expensive
Outdoors	Cheaper	Little control (less predictable)
Closed	Contamination less likely	Expensive
Open	Cheaper	Contamination more likely
Axenic	Predictable, less prone to crashes	Expensive, difficult
Non-axenic	Cheaper, less difficult	More prone to crashes
Continuous	Efficient, provides a consistent supply of high-quality cells, automation, highest rate of production over extended periods	Difficult, usually only possible to culture small quantities, complex, equipment expenses may be high
Semi-continuous	Easier, somewhat efficient	Sporadic quality, less reliable
Batch	Easiest, most reliable	Least efficient, quality may be inconsistent

ที่มา: Lavens and Sorgeloos (1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ถังสี่เหลี่ยม
2. บิ๊มน้ำ
3. ท่อน้ำ PVC
4. ท่อน้ำ PVC
5. ซ็องจ 90°
6. ข้อต่อสามทาง
7. สายยาง
8. หัวน้ำพุ
9. เทอร์โมมิเตอร์
10. แผ่นพลาสติก
11. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์แอมโมเนียม,ไนไตรท์,ไนเตรท,SRP,Alkalinity,คลอโรฟิลล์-a
12. บิวส์ตูด 15/15/15
13. สูตรอาหารเลี้ยงสาหร่าย BG 11
14. หลอดพลาสติก
15. หลอดแก้ว
16. ขวดรูปชมพู่
17. Micropipate
18. เครื่อง Centrifuge
19. เครื่อง Spectrophotometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนในการออกแบบระบบก่อนทำการเพาะเลี้ยงกับ ขั้นตอนในการทำการเพาะเลี้ยงที่ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการตรวจสอบผลการทดลอง

1. ขั้นตอนในการออกแบบระบบการเพาะเลี้ยง ได้มีแนวความคิดว่าการไหลของน้ำในระบบที่ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายจะส่งผลอย่างไรต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายในระบบที่ทำการเพาะเลี้ยงขนาดใหญ่ (Mass production) จึงได้มีออกแบบระบบที่จะใช้ในการทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขึ้นมา โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบ คือ ระบบหัวฉีดได้น้ำ (water injection), ระบบการกระจายน้ำขึ้นสู่อากาศ (water scatter), ระบบการหมุนเวียนได้น้ำ (water circulation) โดยในแต่ละระบบมีส่วนประกอบหลักๆดังต่อไปนี้

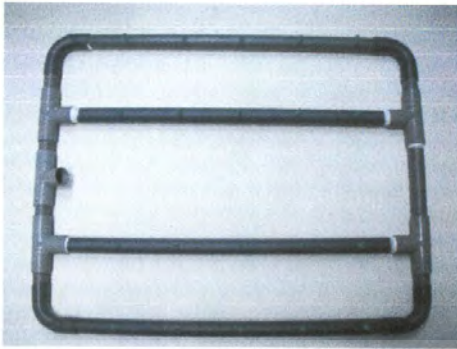
ระบบส่งน้ำ ได้แก่ บั๊มน้ำขนาด 15 วัตต์

ช่องทางในการกระจายน้ำเพื่อให้เกิดการหมุนเวียน

1.1 หลักการทำงานภายในระบบหัวฉีดได้น้ำ (Water injection) ทำการติดตั้งบั๊มน้ำขนาด 15 วัตต์ ที่มีแรงดันแรงดันสูง 10 เมตร ผ่านท่อที่ได้ทำการออกแบบไว้ไปสู่หัวฉีดแต่ละหัวฉีดทั้งหมด 20 หัว เพื่อให้สามารถหมุนเวียนน้ำโดยผ่านหัวฉีดในแต่ละหัว จากใต้พื้นถึงชั้นผิวหน้าในแบบลักษณะหัวฉีดได้น้ำ

1.2 หลักการทำงานภายในระบบการกระจายน้ำขึ้นสู่อากาศ (Water scatter) ทำการติดตั้งบั๊มน้ำขนาด 15 วัตต์ ตามแนวตั้งแล้วติดตั้งอุปกรณ์กระจายน้ำต่อกับบั๊มน้ำ จะทำให้น้ำที่อยู่ภายในถังถูกดูดส่งผ่านไปยังหัวฝักบัวทั้ง 4 หัว ซึ่งการหมุนเวียนน้ำภายในระบบนี้ น้ำจะมีการสัมผัสกับอากาศ เนื่องจากน้ำจะถูกพ่นออกมาให้เหนือผิวน้ำแล้วน้ำก็จะตกลงสู่บ่อ

1.3 หลักการทำงานภายในระบบการหมุนเวียนได้น้ำ (Water circulation) ทำการติดตั้งบั๊มน้ำขนาด 15 วัตต์ ตามแนวนอนแล้วนำชุดอุปกรณ์ติดตั้งตรงปลายทางออกของบั๊มน้ำ ซึ่งน้ำที่ส่งผ่านไปนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ทิศทาง โดยแต่ละทิศทางทำมุมเท่ากับ 90° โดยจะสามารถทำให้เกิดการหมุนวนของน้ำที่พื้นถังได้ และสามารถทำให้มีการเวียนของตะกอนที่อยู่ภายในถังด้วย



ก

ข



ค

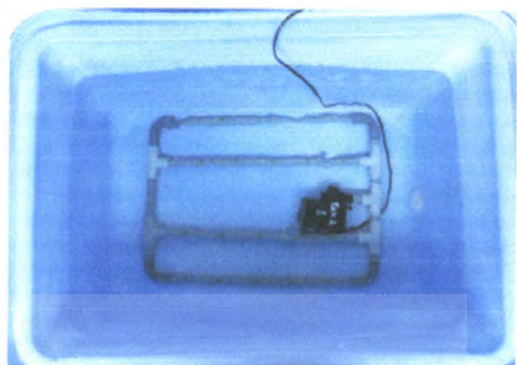
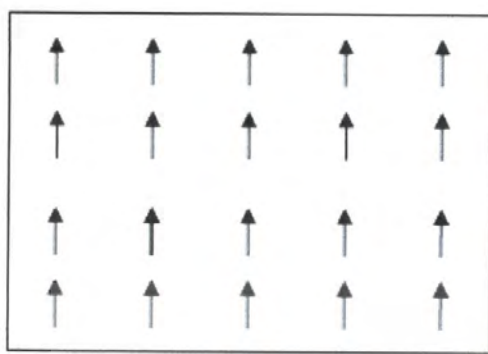
ภาพที่ 2 ระบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้ในการทำการทดลอง

(ก) ระบบหัวฉีดได้น้ำ water injection

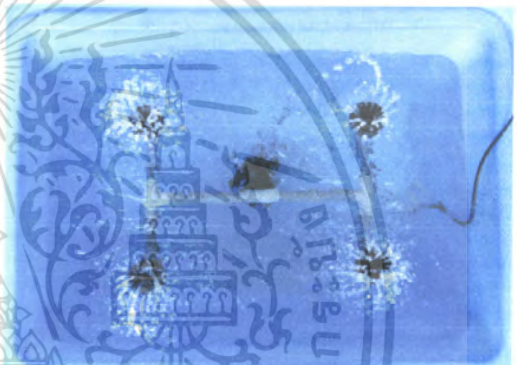
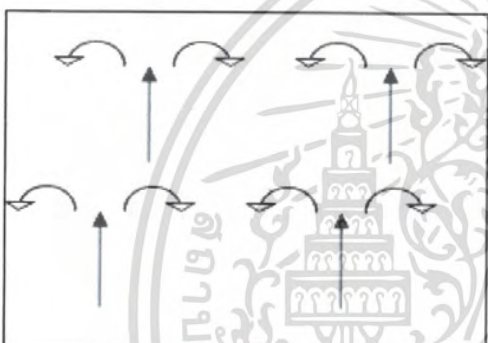
(ข) ระบบการกระจายน้ำขึ้นสู่อากาศ water scatter

(ค) ระบบการหมุนเวียนได้น้ำ water circulation

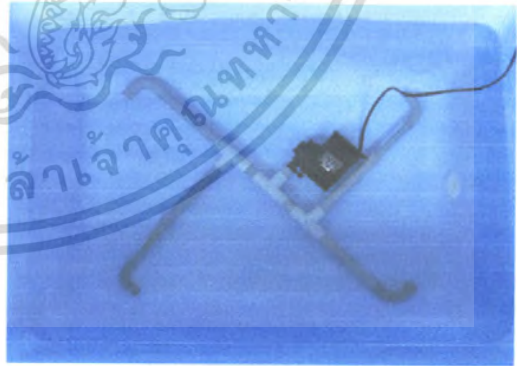
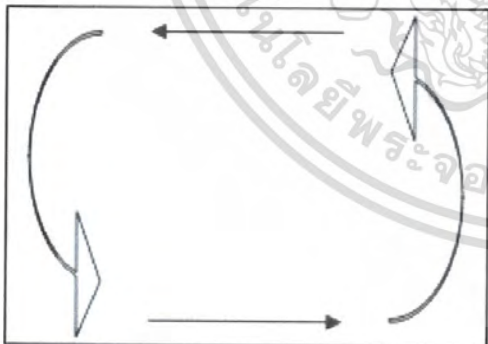
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก



ข



ค

ภาพที่ 3 (ก) ลักษณะทิศทางการไหลของน้ำพุ่งขึ้นสู่ผิวน้ำ

(ข) ลักษณะทิศทางการไหลของน้ำพุ่งขึ้นอย่างกระจายตัว

(ค) ลักษณะทิศทางการไหลของน้ำเวียนรอบถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนในการเลี้ยง

2.1 เตรียมหัวเชื้อสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ทำการเพาะเลี้ยงหัวเชื้อสาหร่ายภายในขวดน้ำเกลือขนาด 1 ลิตร โดยใช้สูตรอาหารเหลว BG11 และทำการขยายหัวเชื้อเพิ่มในตู้แก้วขนาด 30 ลิตร ก่อนที่จะทำการเพาะเลี้ยง

2.2 เตรียมความพร้อมของระบบในการเพาะเลี้ยง หลังจากที่ได้เตรียมหัวเชื้อไว้แล้วนั้นก็มาทำการติดตั้งระบบทั้งสามระบบ ลงในถังขนาด 100 ลิตร จำนวน 9 ใบ โดยหนึ่งระบบจะติดตั้ง 3 ถัง เมื่อทำการติดตั้งระบบเสร็จก็ทำการเติมน้ำโดยผ่านถุงกรอง ลงในถังแต่ละถัง จนครบทุกระบบ และทำการทรีตคลอรีน ภายในถัง ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน พร้อมทั้งเปิดระบบทิ้งไว้

2.3 ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายลงในระบบ หลังจากทรีตน้ำไว้ 1 วันแล้ว วันถัดมาก็ทำการเตรียมอาหารที่จะใช้เพาะเลี้ยง โดยจะใช้อาหารเหลว BG11 จำนวน 100 ml และปุ๋ยสูตร 15/15/15 จำนวน 5 กรัม ละลายลงในแต่ละถัง จนครบทั้ง 9 ถัง หลังจากใส่อาหารแล้ว ก็ทำการใส่หัวเชื้อที่เตรียมไว้ลงในถัง โดยใส่หัวเชื้อแต่ละถังถังละ 2 ลิตร

การบันทึกข้อมูล

ทำการตรวจเช็คคุณภาพน้ำแอมโมเนีย,ไนโตรเจน,ไนเตรท,SRP, OD, วัดอุณหภูมิ, แสง, pH, conductivity, คลอโรฟิลล์-a ทุกๆ 3 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลที่เก็บได้มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกระบวนการทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และ Microsoft Excel และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ one way analysis (ANOVA) ใช้ระดับค่าความแปรปรวนที่ $p < 0.05$ และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธีการของ Duncan

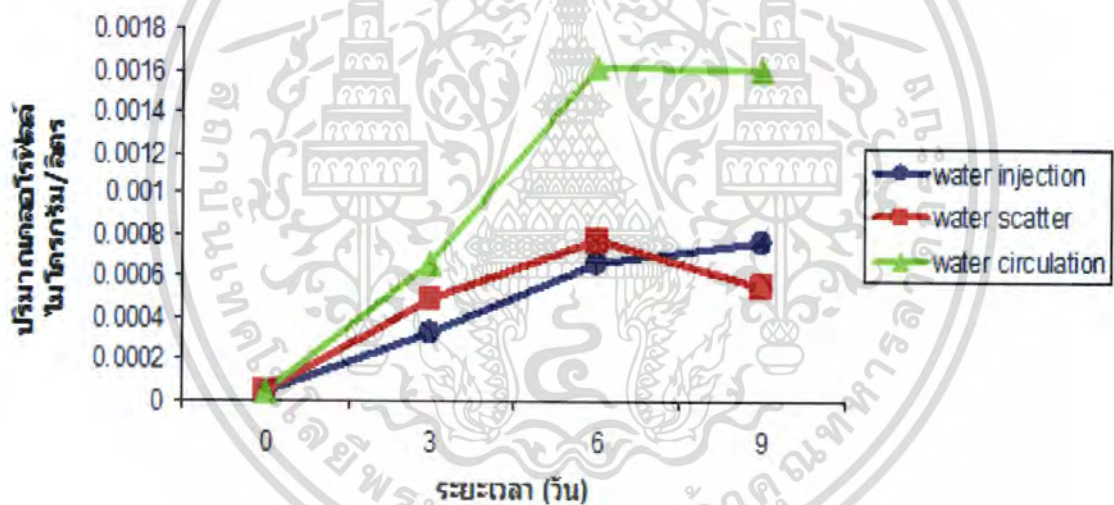
ระยะเวลาและสถานที่ในการทำการทดลอง

ระยะเวลาเดือน พฤศจิกายน 2550 – กุมภาพันธ์ 2551 ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ในระบบหมุนเวียนน้ำแบบระบบ หัวฉีดได้น้ำ (Water injection), ระบบการกระจายน้ำขึ้นสู่อากาศ (Water scatter), ระบบการ หมุนเวียนได้น้ำ (Water circulation)

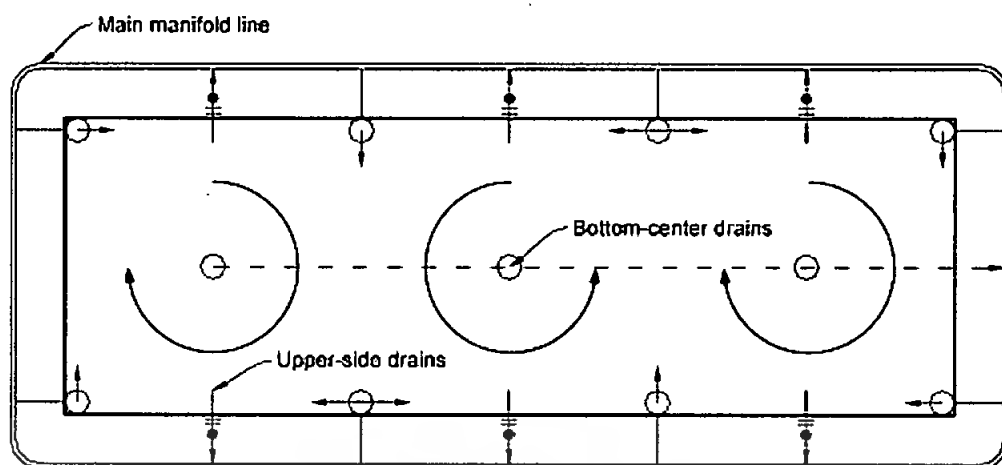
การทดลองเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในสกุล *Oscillatoria* sp. ในระบบการ หมุนเวียนน้ำทั้งสามระบบพบว่าสาหร่ายออกซิลาโทเลีย มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจนมีความหนาแน่นสูงสุดในระบบหมุนเวียนน้ำแบบ ระบบการหมุนเวียนได้น้ำ (Water circulation) โดยดู จากปริมาณคลอโรฟิลล์ 0.0016 $\mu\text{g/L}$ ในวันที่ 6 ของการทดลอง หลังจากนั้นสาหร่ายจะมีการเจริญเติบโตในระยะคงที่ (Stationary phase) และเริ่มมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงในวันที่ 9 ของ การทดลอง



ภาพที่ 4 ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่เพิ่มภายในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ

ผลของระบบหมุนเวียนน้ำ Acien (2001) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายแบบ outdoors นั้นเป็นการง่ายที่จะสามารถได้รับก๊าซออกซิเจนและการไหลหมุนวนของน้ำช่วยทำให้การผสมของน้ำในแต่ละชั้นนั้นจะทำให้มีการให้อากาศรอบๆและทำให้รูปแบบการหมุนส่งผลต่อลักษณะการผสมของเซลล์สาหร่าย (Rodrigo et al., 2007) กล่าวไว้ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการทดลองในระบบการหมุนเวียนได้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ลักษณะการหมุนเวียนน้ำที่มีความคล้ายคลึงกับระบบหมุนเวียนได้น้ำ

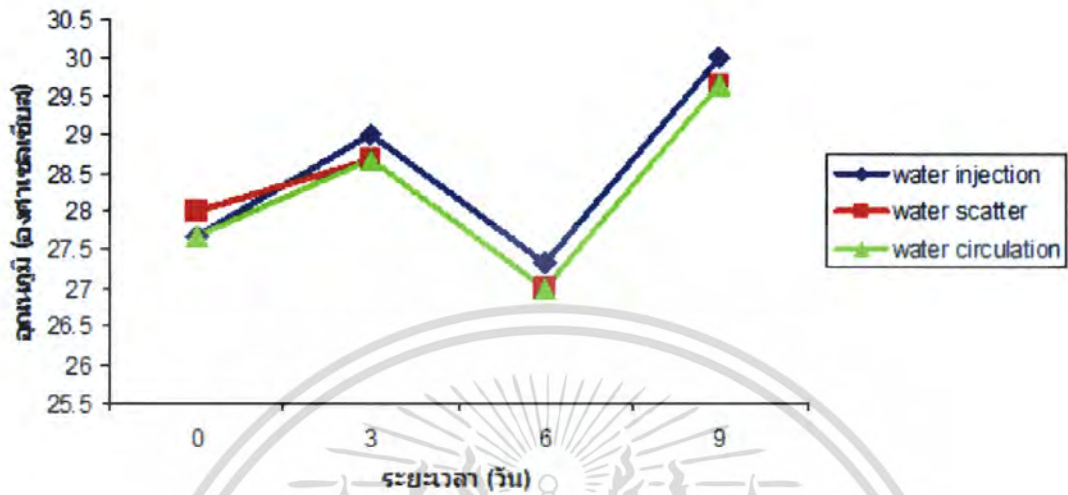
ที่มา: Rodrigo et al. (2007)

Kelly and Michael (2003) ได้กล่าวอีกว่าการไหลในรูปแบบ turbulence เป็นตัวแปรหลักที่จะควบคุมการเติบโตของสาหร่าย โดยเมื่อการไหลทำให้เกิดฟองอากาศเพื่อช่วยให้สารอาหารสัมผัสกับผิวของเซลล์ เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าฟองอากาศเป็นต้นเหตุของการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่พืชสามารถนำไปสร้างอาหารได้แล้วส่งผลทำให้การพัฒนาของจำนวนเซลล์เพิ่มสูงขึ้น

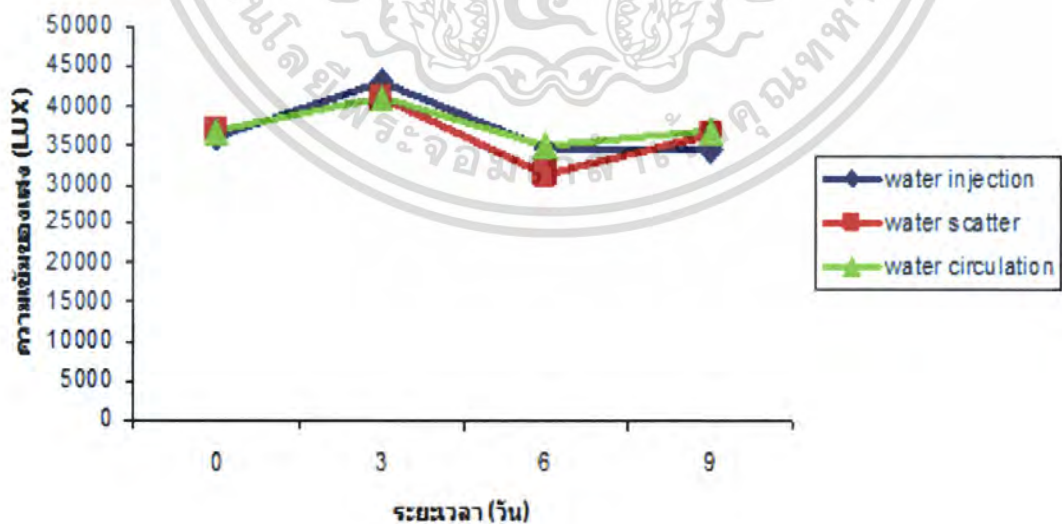
ผลของอุณหภูมิและแสง ในการทดลองระบบการเพาะเลี้ยงในครั้งเป็นการเลี้ยงที่อยู่ในรูปแบบ outdoors ซึ่งอุณหภูมิและแสงที่วัดได้ในขณะทำการเพาะเลี้ยงมีค่าอยู่ที่ $27-30^\circ\text{C}$ และแสงมีค่า $34000-36000$ LUX ซึ่งผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายแบบ outdoors ในการค้าทางตอนเหนือของประเทศเม็กซิกัน López Elias (2003)

ผลของค่า pH และค่า Conductivity Carlos (2003) กล่าวว่าในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินแบบบ่อเปิดที่มีลักษณะการหมุนเวียนน้ำแบบ raceway pond นั้นควรที่จะรักษาค่า pH ของน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงให้อยู่ในช่วง $8.0 - 9.5$ ส่วนในค่า Conductivity ไม่สามารถบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญได้ จากที่ Carlos ได้กล่าวมานั้น มีความสอดคล้องกับผลของค่า pH ในทุกระบบของการเพาะเลี้ยง โดยที่ ค่า PH อยู่ที่ $7.34 - 8.97$ และค่า conductivity อยู่ที่ $555 - 645$ $\mu\text{s/cm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

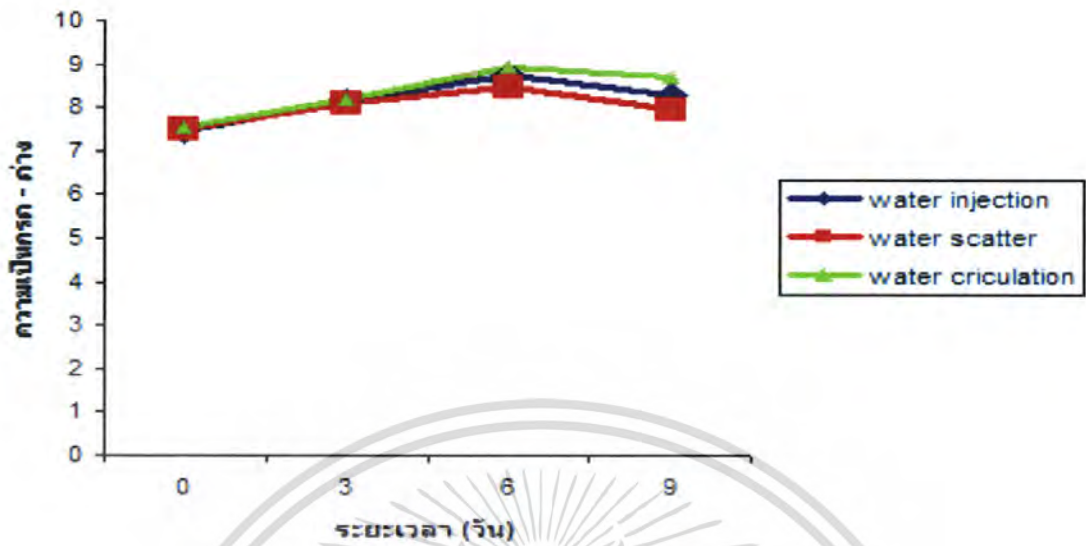


ภาพที่ 6 ช่วงอุณหภูมิของระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ ในระหว่างทำการทดลอง

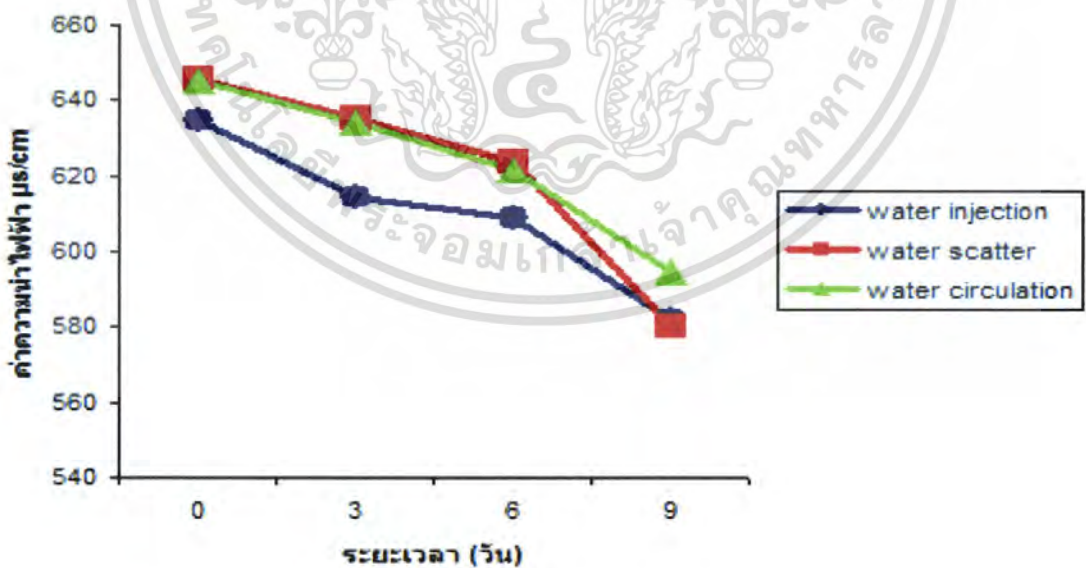


ภาพที่ 7 ช่วงความเข้มแสงในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ ในระหว่างทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



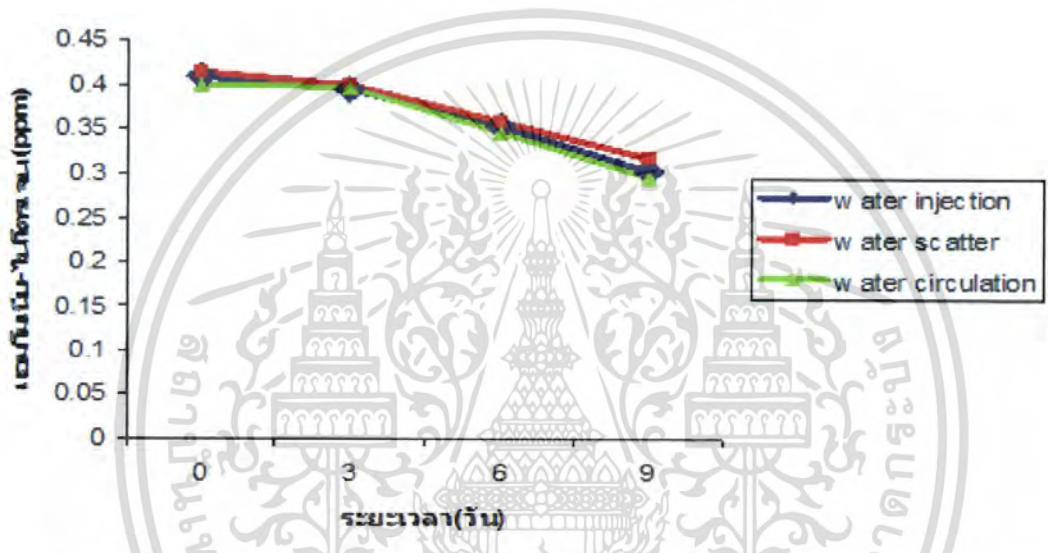
ภาพที่ 8 ค่าความเป็นกรก - ก้าง ในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ ในระหว่างทำการทดลอง



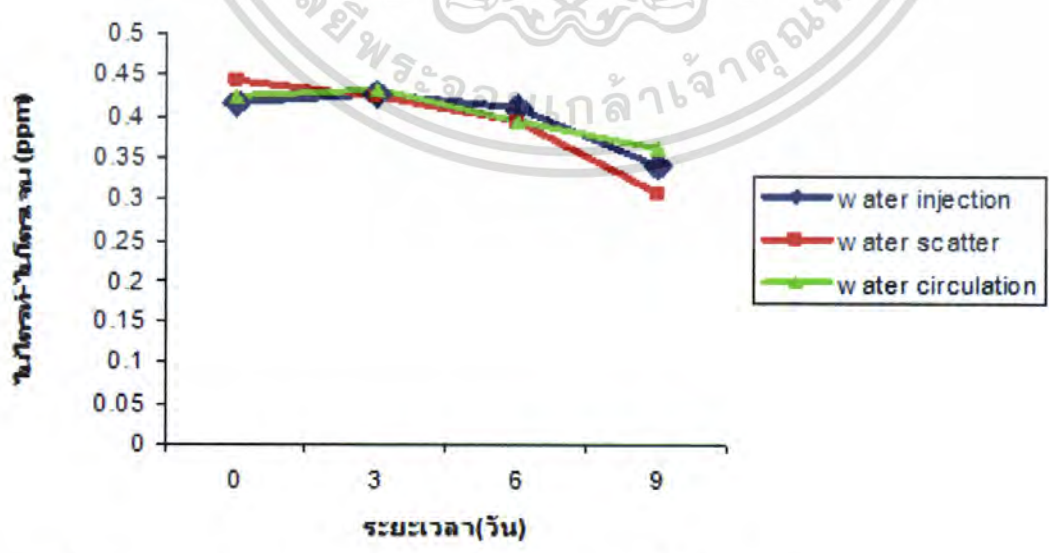
ภาพที่ 9 ค่าความนำไฟฟ้า ในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ ในระหว่างทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยง จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในระหว่างทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายพบว่าค่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรท์-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส มีแนวโน้มลดลงในทุกระบบการหมุนเวียนน้ำเนื่องมาจาก สาหร่ายในสกุล *Oscillatoria* sp. ได้มีการนำธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตของสาหร่ายทำให้ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรท์-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส มีค่าลดลงตลอดในช่วงการทดลอง และในทุกระบบการหมุนเวียนน้ำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกระบบการหมุนเวียนน้ำ

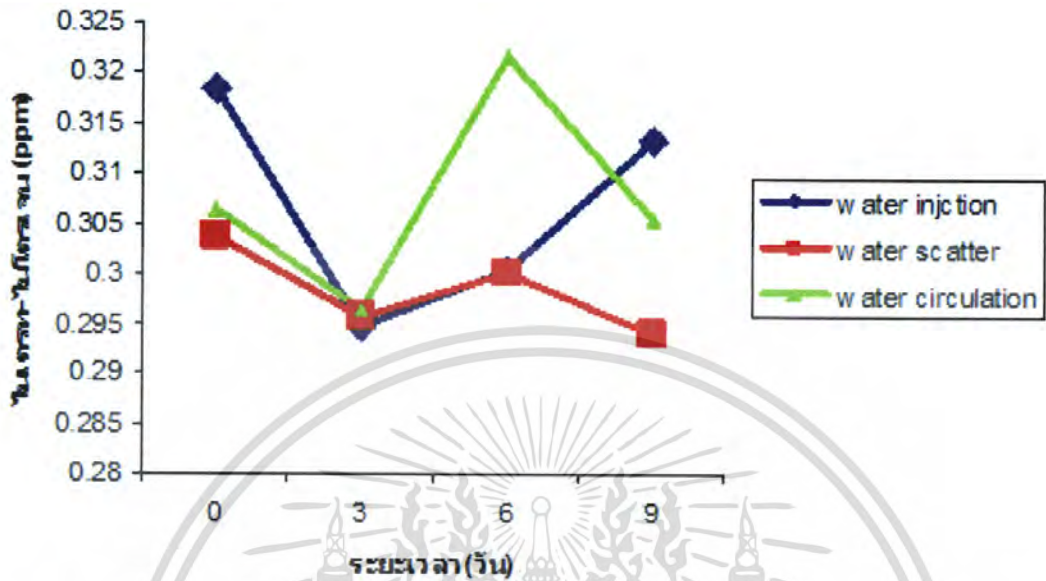


ภาพที่ 10 แอมโมเนีย -ไนโตรเจน ในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ

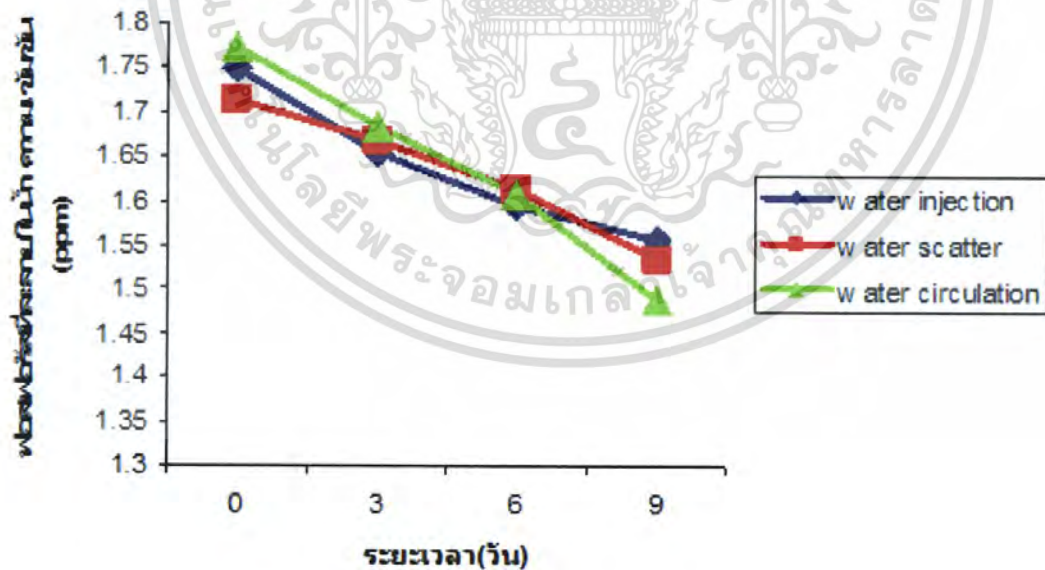


ภาพที่ 11 ไนไตรท์ -ไนโตรเจน ในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 12 ไนเตรท - ไนโตรเจน ในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ



ภาพที่ 13 ค่าฟอสฟอรัสในระบบการหมุนเวียนน้ำทั้ง 3 ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ประโยชน์ของสาหร่ายในเชิงการค้าและอุตสาหกรรม

การพัฒนากระบวนการเพาะเลี้ยง Microalgae ในทางการค้า เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่และกำลังเติบโตเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เนื่องจาก Microalgae มีส่วนประกอบที่สำคัญหลายอย่าง อาทิเช่น โปรตีน, วิตามิน A, C, B1, B2, B12, E, D ซึ่งวิตามินและแร่ธาตุเหล่านี้มีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระช่วยล้างพิษในตับ ไต กระแสเลือด ลำไส้ ช่วยย่อยอาหาร ช่วยดูดซึมธาตุเหล็ก และช่วยควบคุมปริมาณแคลเซียมในร่างกายด้วย จึงทำให้มีความต้องการผลผลิตที่มาก อีกทั้งในด้านทางอุตสาหกรรมทางด้านพลังงานทดแทน ก็ได้มีการนำสาหร่ายขนาดเล็กมาผลิตเพื่อทำ Biodiesel from microalgae Yusuf Chisti (2007) กล่าวว่าเนื่องจากภายในส่วนประกอบของสาหร่ายมีองค์ประกอบที่เป็นส่วนของน้ำมัน อยู่เช่นเดียวกับพืชน้ำมันดังนั้นน้ำมันที่ได้จากสาหร่ายขนาดเล็กก็สามารถที่จะนำมาทำ Biodiesel ได้

ดังนั้นเราจึงต้องพัฒนาระบบในการเพาะเลี้ยงขึ้นเพื่อให้ทันต่อความต้องการ โดยในการพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงมีความสอดคล้องกับการพัฒนาระบบ (HISTAR) Kelly and Michael (2003) โดยดูจากภาพที่ 5 ในการพัฒนาระบบในการเพาะเลี้ยงนั้น เพื่อที่จะทำให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้นและได้คุณภาพตามความต้องการ เราต้องคำนึงถึงความต้องการของ Microalgae ด้วยเพราะใน Microalgae แต่ละชนิดมีความต้องการไม่เหมือนกัน โดยผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับ Michael (1999) ที่ศึกษาและรวบรวมวิธีการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกันในแต่ละชนิดของสาหร่ายและในภูมิภาคที่แตกต่างกันโดยดูได้จากตารางที่ 1

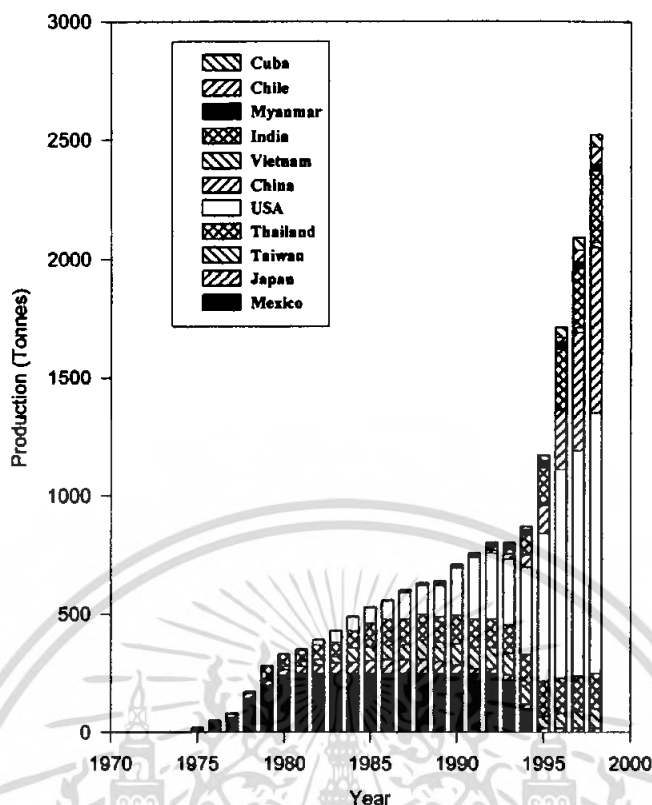
ตารางที่ 2 แสดงค่าการประมาณ ในระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในทางการค้า

Culture system	Algae	Approximate maximum volume (l) ^a	Location
Tanks	Many species (for aquaculture)	1×10^4	World Wide
Extensive open ponds	<i>Droonaliella salina</i>	1×10^9	Australia
Circular ponds with rotating arm	<i>Chlorella</i> spp.	1.5×10^4	Taiwan, Japan
Raceway ponds	<i>Chlorella</i> spp., <i>Spirulina</i> spp., <i>Droonaliella salina</i>	3×10^4	Japan, Taiwan, USA, Thailand, China, India, Vietnam, Chile, USA, Israel, China
Cascade system with baffles	<i>Chlorella</i> spp.	3×10^4	Czech Republic, Bulgaria
Large bags	Many species (used for aquaculture)	1×10^3	World wide
Fermenters (heterotrophic)	<i>Chlorella</i> spp., <i>Cryptocodinium cohnii</i>	$> 10^3$	Japan, Taiwan, Indonesia, USA
Two-stage system (indoors in closed reactor and then outdoors in paddlewheel ponds)	<i>Haematococcus pluvialis</i>	?	USA

^a These are order of magnitude estimates only.

ที่มา : Michael (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 14 ผลผลิตของ Spirulina ในโลกที่เพิ่มมากขึ้น

ที่มา : Michael (1999)

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่อยู่ในสาหร่ายขนาดเล็ก

Oil content of some microalgae

Microalga	Oil content (% dry wt)
<i>Botryococcus braunii</i>	25–75
<i>Chlorella</i> sp.	28–32
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	20
<i>Cylindrotheca</i> sp.	16–37
<i>Dunaliella primolecta</i>	23
<i>Isochrysis</i> sp.	25–33
<i>Monallanthus salina</i>	>20
<i>Nannochloris</i> sp.	20–35
<i>Nannochloropsis</i> sp.	31–68
<i>Neochloris oleabundans</i>	35–54
<i>Nitzschia</i> sp.	45–47
<i>Phaeodactylum tricoratum</i>	20–30
<i>Schizochytrium</i> sp.	50–77
<i>Tetraselmis sueica</i>	15–23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากผลการทดลองระบบหมุนเวียนน้ำต่อผลผลิตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. พบว่า ระบบหมุนเวียนได้น้ำ water circulation ส่งผลทำให้มีปริมาณของผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นดีที่สุดโดยดูจากปริมาณคลอโรฟิลล์เอ 0.0016 ไมโครกรัม/ลิตร ในวันที่ 6 ของการทดลอง จึงทำให้สรุปได้ว่า ลักษณะการหมุนเวียนของน้ำที่มีลักษณะการไหลเป็นแบบไหลเวียนส่งผลช่วยให้เซลล์ ได้มีการกระจายตัวมากขึ้น ทำให้เซลล์สามารถที่จะเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ดี จึงทำให้เซลล์สาหร่ายสามารถนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้อย่างทั่วถึงและมีการเจริญเติบโตที่ดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ลัดดา วงศ์รัตน์.2542.คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.117 หน้า.

Acien . F.G., J. M. Fernandez Sevilla, J. A. Sanchez Perez.,E.M.Grima,and Y. Chisti.2001. Airlift-driven external-loop tubular photobioreactors for outdoor production of microalgae: assessment of design and performance. Chemical Engineering Science 56: 2721-2732

Carlos J.N., B.R. Cossio., F. X.Niella., Relationship between physicochemical variables and productivity in open ponds for the production of Spirulina: a predictive model of algal yield .J. Aquaculture 221: 331-345

Kelly,A.R., J.M. Christensen.2003. The hydraulically integrated serial turbidostat algal reactor (HISTAR) for microalgal production. Aquacultural Engineering 27:249-264

Lavens.p., P.Sorgeloos. 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper.NO.361.Rome, FAO.295p

López J.A., D. Voltolina ., C.O. Chavira.,B.B. Rodriguez., L.M. Gaxiola .,B.C. Esquivel.,and M. Nieves.2003. Mass production of microalgae in six commercial shrimp hatcheries of the Mexican northwest. Aquacultural Engineering 29: 155-164

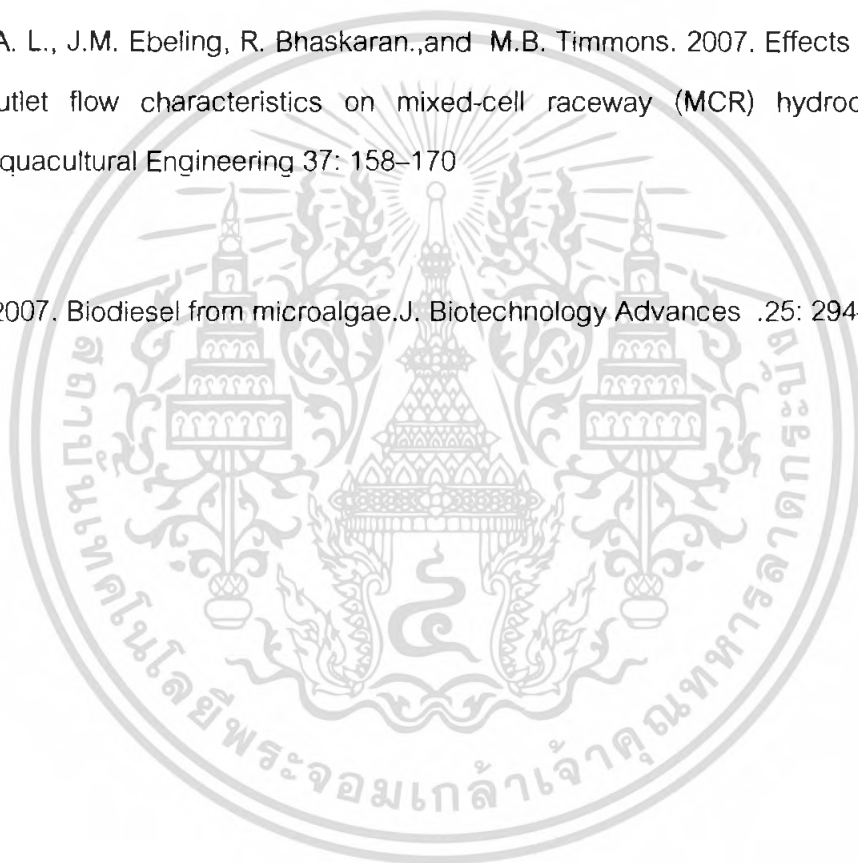
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Michael,A.B. 1999. Commercial production of microalgae:ponds,tanks,tubes,and fermenters. *Biotechnology* 70:313-321

Rippka, R., J. Deruelles, J. Waterbury, M. Herdman and R. Stanier.1979. Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *J. Gen. Microbiol.* 111: 1-61

Rodrigo A. L., J.M. Ebeling, R. Bhaskaran.,and M.B. Timmons. 2007. Effects of inlet and outlet flow characteristics on mixed-cell raceway (MCR) hydrodynamics.*J. Aquacultural Engineering* 37: 158–170

Yusuf,C.2007. Biodiesel from microalgae.*J. Biotechnology Advances* .25: 294–306



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

Rippka et al. (1979) กล่าวว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมที่จะใช้เลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและส่งผลทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตได้ดีนั้นคือ BG11

BG11

Stock	Solution	ml/Litre
1. NaNO ₃	150 g/L	10 ml
2. K ₂ HPO ₄ .3H ₂ O or *K ₂ HPO ₄	40 g/L or *30 g/L	1 ml
3. MgSO ₄ .7H ₂ O	75 g/L	1 ml
4. CaCl ₂ .2H ₂ O	36 g/L	1 ml
5. Citric Acid combined with Ferric Ammonium Citrate	6 g/L	1 ml
6. EDTA	1 g/L	1 ml
7. Na ₂ CO ₃	20 g/L	1 ml
8. Trace Metal solution	See below	1 ml

สารละลายสูตรอาหารนี้หลังผ่านการนึ่งในหม้อฆ่าเชื้อ (Autoclave) และเย็นแล้ว pH จะเท่ากับ 7.4

Trace Metal Solution:

Substance	g/Litre
1. H ₃ BO ₃	2.86 g
2. MnCl ₂ .4H ₂ O	1.81 g
3. ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.222 g
4. Na MoO ₄ .5H ₂ O	0.390 g
5. CuSO ₄ .5H ₂ O	0.079 g
6. Co(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	0.0494 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้