589.39593
จ 237ก
ว 3

อัตราการผลิตของสาหร่าย Volvox gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ (Knop's Solution) ที่ระดับอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาต่างกัน

ปริญญานิพนธ์

ของ

จีระพรรณ รักษ์มณี

7 พ.ค. 2535

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
มกราคม 2525

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

178423

อัตราการผลิตของสาหร่าย Volvox gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ (Knop's Solution) ที่ระดับอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาต่างกัน

บทคัดย่อ

ของ

จีระพรรณ รักษ์มณี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
มกราคม 2525

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายคือศึกษาอัตราการผลิตของสาหร่าย Volvox gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ (Knop's Solution) ในอุณหภูมิ 3 ระดับคือ 25, 28 และ 31 องศาเซลเซียส และการเคลื่อนตัวของน้ำ 3 ระดับคือน้ำมีการเคลื่อนตัวเป็น 1, 1.5 และ 2 เท่าของน้ำนิ่ง ทำการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการสาหร่ายวิทยาของภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร โดยควบคุมความเข้มของแสง 2454 ลักส์ และให้แสงวันละ 12 ชั่วโมง ตลอดเวลาที่ทำการเพาะเลี้ยง ทำการตรวจนับจำนวนโคโลนีเมื่อเพาะเลี้ยงมาได้ 10, 15 และ 20 วันตามลำดับ ผลจากการเพาะเลี้ยงมีดังนี้ ระดับอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาต่างก็ส่งผลให้อัตราการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอัตราการผลิตสูงสุดคือ อัตราการผลิตในระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่งโดยมีอัตราการผลิตสูงสุดในทุกช่วงเวลาของการเพาะเลี้ยง อัตราการผลิตสูงรองลงไปคือ อัตราการผลิตในระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่ง ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลานั้นปรากฏว่า อุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลา มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อุณหภูมิกับช่วงเวลา และการเคลื่อนตัวของน้ำกับช่วงเวลามีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

PRODUCTIVITY OF VOLVOX GIGAS IN KNOP'S SOLUTION AT DIFFERENT TEMPERATURES, WATER MOVEMENT AND CULTURE DURATION

AN ABSTRACT

BY

JEERAPAN RAKSMANEE

Present in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree

at Srinakharinwirot University

January 1982

The purpose of this experiment was to study productivity of Volvox gigas in Knop's solution utilizing three different temperatures, i.e., 25°C, 28°C and 31°C, and three degrees of water movement, i.e., 1, 1.5 and 2 times of still water. The alga were cultured for different periods of time, i.e., 10, 15 and 20 days, under the luminous intensity of 2454 lux for 12 hours per day. The observation was performed by checking the number of colonies. The results of this experiment revealed that Volvox gigas in different temperatures, water movement and culture duration had different productivity, and V. gigas cultured at 25°C in the lowest water movement for all length of culture duration had the largest number of colonies. By using analysis of variance, no significant interaction of temperature, water movement and culture duration was found. The interaction between temperature and water movement was not significant, but the interaction between temperature and culture duration and between water movement and culture duration were significant.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา		คณะกรรมการสอบ	
.....	ประธาน	.....	ประธาน
.....	กรรมการ	.....	กรรมการ
		.....	กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือแนะนำอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์สมศักดิ์ แสนสุข อาจารย์สุรจิต วรรณจันทร์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ไว้ ณ ที่นี้

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ขอขอบคุณ พี่ น้อง เพื่อน ๆ ทุกคน คุณฉลอง เมืองสนธ์ และ คุณรัตนา พุกพูน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมา

จีระพรรณ รักษ์มณี

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับเงินอุดหนุนส่วนหนึ่ง จาก
ทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2523 ของ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สารบาญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	4
	สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	4
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	4
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	4
	คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	การศึกษารูปร่างลักษณะ	7
	การสืบพันธุ์และการขยายพันธุ์	8
	การดำรงชีพและสถานที่พบ	9
	การเพาะเลี้ยง อาหารและวิธีการเพาะเลี้ยง	10
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	16
	วัสดุอุปกรณ์	16
	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	17
	การเตรียม Stock Culture	
	การแยก Volvox gigas เพื่อนำไปเพาะเลี้ยงใน Soil - Water Medium	17
	การเตรียม Knop's Solution	18
	การเพาะเลี้ยงใน Knop's Solution	19

บทที่ หน้า

การจัดสภาพแวดล้อมในการเพาะเลี้ยง 19
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 20

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง 21
ตอนที่ 1 21
ตอนที่ 2 27

5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 49
บทย่อ 49
ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า 49
กลุ่มตัวอย่าง 49
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า 49
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 50
สรุปผลจากการค้นคว้า 50
อภิปรายผล 51
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป 53

บรรณานุกรม 56

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่ระดับอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาต่างกัน	22
2	ค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่ระดับอุณหภูมิ และช่วงเวลาต่างกัน	24
3	ค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาต่างกัน	25
4	ค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่ระดับอุณหภูมิและการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกัน	26
5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความแตกต่างของอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่ระดับอุณหภูมิการเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาต่างกัน	28
6	เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่ง	31
7	เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1.5 เท่าของน้ำนิ่ง	32

ตาราง หน้า

8 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่ง 33

9 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในระดับอุณหภูมิต่างกันเป็นเวลา 10 วัน 34

10 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในระดับอุณหภูมิต่างกันเป็นเวลา 15 วัน 35

11 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในระดับอุณหภูมิต่างกันเป็นเวลา 20 วัน 36

12 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกัน 37

13 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสและมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกัน 38

14 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในระดับอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียสและมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกัน 39

15 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวต่างกันเป็นเวลา 10 วัน 40

16 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวต่างกันเป็นเวลา 15 วัน 41

17 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวต่างกันเป็นเวลา 20 วัน 42

ตาราง หน้า

18 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่ง ในช่วงเวลาต่างกัน 43

19 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1.5 เท่าของน้ำนิ่ง ในช่วงเวลาต่างกัน 44

20 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่ง ในช่วงเวลาต่างกัน 45

21 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและในช่วงเวลาต่างกัน 46

22 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสและในช่วงเวลาต่างกัน 47

23 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียสและในช่วงเวลาต่างกัน 48

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 เส้นภาพแสดงจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่อุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาต่างกัน 30

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในภาวะที่ประชากรโลกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นปัจจุบันนี้ ก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนอาหารติดตามมานอกเหนือจากปัญหาทางด้านนิเวศนวิทยาอื่น ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะพื้นที่สำหรับใช้ในการผลิตอาหารมีจำกัดเท่าเดิม หรืออาจจะลดลงเพราะถูกเปลี่ยนแปลงมาเป็นที่อยู่อาศัยของประชากรที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์และนักเทคนิควิทยานอกจากจะต้องแสวงหาวิธีการที่จะผลิตอาหารจากแหล่งที่มนุษย์คุ้นเคยให้ได้ทั้งปริมาณและคุณภาพที่เพิ่มขึ้นแล้ว ยังจำเป็นต้องมองหาลู่ทางหรือแสวงหาวิธีการเพื่อการผลิตและนำเอาแหล่งอาหารที่มนุษย์ยังไม่คุ้นเคยมาใช้ เพื่อเสริมและทดแทนให้เพียงพอกับความต้องการของประชากรโลกในปัจจุบันและสำหรับอนาคตด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารโปรตีน เพราะโปรตีนเป็นอาหารที่มีความสำคัญไม่แต่เฉพาะต่อการเจริญเติบโตทางร่างกายเท่านั้น ยังมีความสำคัญต่อสติปัญญาของมวลมนุษยชาติด้วย ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์กำลังให้ความสนใจและค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับการผลิตอาหารโปรตีนจากสิ่งที่มีชีวิตเซลเดียว เช่น จากยีสต์และจากสาหร่าย ในบรรดาสิ่งมีชีวิตเซลเดียวที่ให้ปริมาณโปรตีนสูงนั้น ดูเหมือนว่าสาหร่ายจะมีข้อได้เปรียบมากกว่ายีสต์ เพราะสาหร่ายมีความสามารถพิเศษที่สามารถสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารได้เอง จึงน่าจะเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีและง่ายต่อการผลิตมากกว่า สาหร่ายที่นิยมนำมาศึกษามักจะเป็นสาหร่ายสีเขียวเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพราะสาหร่ายสีเขียวมีคุณสมบัติที่ดีและเหมาะสมหลายประการ (ครุฑี นิติมานพ 2520 : 7 – 11) กล่าวคือ สาหร่ายสีเขียวมีโปรตีนเฉลี่ยประมาณ 50 – 60 เปอร์เซนต์ มีกรดอมิโนอย่างครบถ้วน และมีวิตามินหลายชนิดโดยเฉพาะวิตามินเอ บี และ ดี นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุต่าง ๆ ตลอดจนมีไขมันด้วย ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายนั้นต้องการใช้พื้นที่สำหรับเพาะเลี้ยง ใช้ปุ๋ยและน้ำในปริมาณที่น้อยกว่าการเพาะปลูกพืชอย่างอื่น แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่ได้จากสาหร่ายและจากพืชอื่น ๆ เช่น ถั่วเหลือง แล้วจะเห็นว่าสาหร่ายให้ปริมาณโปรตีนที่มากกว่าถั่วเหลือง กล่าวคือ

ในพื้นที่การเพาะปลูกที่เท่ากัน สาหร่ายจะให้ผลผลิตโปรตีนสูงกว่าถึง 20 เท่าของผลผลิตที่ได้จากถั่วเหลือง และผลผลิตจากสาหร่ายใช้รับประทานได้หมด ไม่มีกากเหลือหรือส่วนที่ต้องทิ้ง เพราะสาหร่ายไม่มีการสร้างผนังเซลชั้นที่สองและไม่มีการสะสมสารลิกนินอย่างในพืชชั้นสูง นอกจากนั้นยังพบว่าสาหร่ายที่ผ่านความร้อนหรือทำให้แห้งแล้วจะถูกย่อยได้ถึง 80 เปอร์เซนต์

แต่เดิมนั้นคนส่วนใหญ่ยังมองไม่ค่อยเห็นความสำคัญของสาหร่ายเท่าใดนัก ได้มีการนำเอาสาหร่ายบางชนิดมาใช้ในการบริโภคเป็นอาหารเท่านั้น เช่น เทาน้ำ (Spirogyra sp.) จี่ฉ่าย (Porphyra sp.) ชาวบ้านแถบชายฝั่งทะเลบางแห่งใช้สาหร่ายสีน้ำตาล เช่น Sargassum sp. หรือสาหร่ายสีแดง เช่น Gracilaria sp. มาปรุงอาหารแทนผัก แต่ในปัจจุบันเริ่มมองเห็นความสำคัญและประโยชน์ของสาหร่ายที่มีต่อมวลมนุษย์มากขึ้น ดังจะเห็นได้ว่าอากาศบริสุทธิ์ที่ใช้หายใจอยู่ทุกวันนี้ส่วนใหญ่เป็นผลพลอยได้จากขบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายมากกว่าพืชชนิดอื่น และสาหร่ายขนาดเล็กโดยเฉพาะสาหร่ายที่เป็นแพลงตอน ซึ่งถือว่าเป็นผู้ผลิตปฐมภูมิที่สำคัญที่สุดในห่วงโซ่อาหารนั้นยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสิ่งที่มีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารได้เองอีกด้วย จึงกล่าวได้ว่าสาหร่ายเป็นพืชที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง เพราะเป็นพืชที่มีคุณค่าต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ อันได้แก่สัตว์และมนุษย์ และยังเป็นพืชที่จะนำไปใช้ในการผลิตอาหาร ทั้งนี้เพราะสาหร่ายเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะสาหร่ายเซลเดียวสีเขียว จากการวิเคราะห์หาปริมาณและคุณภาพโปรตีนจากสาหร่ายพบว่า สาหร่าย Chlorella ellipsoidea, Chlorella vulgaris, Scenedesmus sp., Volvox sp. มีโปรตีนเฉลี่ยประมาณ 40 – 50 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้ง สาหร่ายที่มีปริมาณโปรตีนสูงสุดคือ Spirulina maxima มีโปรตีนสูงถึง 63 – 68 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้สาหร่ายยังมีความสามารถพิเศษในด้านความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ในช่วงกว้าง คือ ตั้งแต่ -60 ถึง 85 องศาเซลเซียส และทนต่อความเค็มของเกลือได้ถึง 27 เปอร์เซนต์ สาหร่ายพบได้ทั่วไปตามธรรมชาติทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำทะเล ทั้งในสภาพน้ำนิ่งและน้ำไหล สาหร่ายมีการดำรงชีวิตอย่างอิสระ แต่บางชนิดก็สามารถอยู่รวมกับสิ่งมีชีวิตอื่นแบบพึ่งพาอาศัยกันหรือแบบพาราสิตได้ โปรตีนจากสาหร่ายเหล่านั้นนอกจากมนุษย์จะใช้เป็นอาหารโดยตรงแล้ว โดยทางอ้อมยังใช้เป็นอาหารหรือใช้ผสมอาหารสัตว์เพื่อผลิตโปรตีนจากเนื้อสัตว์ได้อีกด้วย

นอกจากประเทศในแถบยุโรปและอเมริกาซึ่งได้ทำการศึกษาวิจัยและผลิตอาหารโปรตีนจากสาหร่ายบางชนิดมานานแล้ว ประเทศใกล้เคียงแถบเอเชีย เช่น อินเดีย ญี่ปุ่น จีน เกาหลี และฟิลิปปินส์ ก็ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสาหร่ายอย่างกว้างขวางจนสามารถผลิตเป็นอุตสาหกรรมได้ ในราวปี พ.ศ. 2520 เชาวญี่ปุ่นได้มาลงทุนตั้งบริษัทสยามแอลจี จำกัดขึ้นในประเทศไทยโดยมีโรงงานอยู่ที่ตำบลบางเสาธง อ.บางพลี จ. สมุทรปราการ เพื่อผลิตโปรตีนจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวในสกุลสไปรูลินา (Spirulina) นับเป็นครั้งแรกที่มีโรงงานประเภทนี้ก่อตั้งขึ้นในประเทศไทย นอกจากนี้สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ทำการทดลองเพาะเลี้ยงและนำเอาสาหร่ายสีเขียวในสกุลซีเนเดสมัส (Scenedesmus) มาผสมในอาหารเพื่อเผยแพร่ให้ประชาชนใช้บริโภคเป็นอาหารเสริมสุขภาพด้วย ดังนั้นสาหร่ายจึงเป็นที่พึ่งอันสำคัญของมนุษย์ที่จะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารโปรตีนของโลกได้ กล่าวคือสาหร่ายจะเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์

Volvox gigas เป็นสาหร่ายสีเขียวชนิดหนึ่งที่มีขนาดค่อนข้างโต และเป็นชนิดที่พบแพร่หลายมากที่สุดในประเทศไทย มีปริมาณโปรตีนสูงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทั้งทางตรงและทางอ้อมได้ สาหร่ายสีเขียวนั้นมีประโยชน์มาก แต่ปัญหาที่เราไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ เนื่องจากเรายังขาดความรู้เกี่ยวกับสาหร่ายในเรื่องต่าง ๆ อยู่มาก เช่น การคัดเลือกพันธุ์ วิธีการเพาะเลี้ยง ปัจจัยในการเพาะเลี้ยง ตลอดจนถึงปัจจัยในการเจริญเติบโต เช่น แสง อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง สูตรอาหาร และแหล่งแร่ธาตุที่ไม่ซับซ้อนเพื่อประหยัดและให้ได้ผลคุ้มค่ามากที่สุด (สุรชัย จันทรรังสรรค์ 2520 : 42 – 45) การศึกษาถึงปัจจัยในการเพาะเลี้ยงเหล่านี้ในประเทศไทยนับเป็นสิ่งจำเป็นและน่าสนใจมาก เพราะเป็นปัจจัยในการผลิตเบื้องต้นที่สำคัญเพื่อนำไปใช้ผลิตเป็นอุตสาหกรรม อันจะก่อประโยชน์ในทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเพาะเลี้ยงสาหร่าย Volvox gigas เพื่อหาอัตราการผลิตของสาหร่ายชนิดนี้ โดยทำการเพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ (Knop's Solution) ในระดับอุณหภูมิต่างกัน การเคลื่อนตัวของน้ำต่างกัน และในช่วงเวลาที่ต่างกันด้วย

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อศึกษาอัตราการผลิตของสาหร่าย Volvox gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ในระดับอุณหภูมิต่างกัน การเคลื่อนตัวของน้ำต่างกัน และในช่วงเวลาต่างกัน

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

ระดับอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาที่ต่างกัน มีผลต่ออัตราการผลิตของสาหร่าย Volvox gigas แตกต่างกัน ที่ทำการเพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ผลจากการศึกษาครั้งนี้อาจเป็นการเริ่มต้นที่จะชักนำความสนใจ ทำให้มองเห็นลู่ทางการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อเป็นแหล่งอาหาร และสามารถนำผลไปใช้เป็นพื้นฐานการเพาะเลี้ยงเบื้องต้นในอุตสาหกรรม อันจะก่อประโยชน์ในทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

2. ผลและวิธีการในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเพื่อการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสาหร่ายด้านอื่น ๆ ต่อไป

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. กลุ่มตัวอย่างสาหร่าย V. gigas จากแม่พันธุ์ที่ใช้ในการศึกษา คัดเลือกมาจาก Stock Culture จำนวน 810 โคโลนี ที่เพาะเลี้ยงใน Soil - Water Medium

2. ตัวแปรในการศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ

2.1.1 ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 25, 28 และ 31 องศาเซลเซียส

2.1.2 การเคลื่อนตัวของน้ำแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ การเคลื่อนตัวเป็น 1, 1.5 และ 2 เท่าของน้ำนิ่ง

2.1.3 ช่วงเวลาในการเพาะเลี้ยงแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลาคือ 10, 15 และ 20 วัน

2.2 ตัวแปรตาม คืออัตราการผลิตของสาหร่ายซึ่งวัดจากอัตราการเจริญเติบโตโดยการเพิ่มจำนวนโคโลนีของ Volvox gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพในระดับอุณหภูมิ อัตราการเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาที่ต่างกัน

คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ

1. การเคลื่อนตัวของน้ำ หมายถึง การเคลื่อนที่ของน้ำที่เกิดจากการใช้ Aquarium Air Pump ซึ่งการเคลื่อนที่ของน้ำนี้คำนวณจากน้ำหนักของปูนพลาสเตอร์ ($CaSO_4.2H_2O$) ที่เพรอออกไปในขณะที่น้ำเคลื่อนตัว

2. อัตราการผลิต หมายถึง จำนวนโคโลนีของสาหร่าย V. gigas ในน้ำหนึ่งมิลลิลิตรในเวลาที่กำหนดวัดโดยวิธีแจงนับด้วยมือภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3. อาหารเลี้ยง หมายถึง อาหารที่เตรียมจากสูตรของนอพ (Knop) ที่เพิ่มวิตามินบีสิบสอง เพื่อเป็นตัวเร่งการเจริญเติบโตโดยใช้ในปริมาณ 0.0004 กรัมต่อลิตร

4. ห้องปฏิบัติการ หมายถึง ห้องปฏิบัติการวิชาสาหร่ายวิทยา ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

5. แม่พันธุ์สาหร่าย V. gigas หมายถึง สาหร่าย V. gigas ที่ได้มาจากสระน้ำหน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. Stock Culture ของสาหร่าย V. gigas หมายถึง การเพาะเลี้ยงกักตุนสาหร่าย V. gigas ไว้เพื่อทำการทดลอง ในที่นี้คือ สาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงใน Soil - Water Medium

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สาหร่าย (Algae) เป็นสิ่งมีชีวิตจำพวกหนึ่งที่มีสีเขียว เนื่องจากโครงสร้างของเซลมีสารสีเขียวที่เรียกว่าคลอโรฟิลอยู่ภายในคลอโรพลาสต์จึงมีความสามารถในการสังเคราะห์แสงสร้างอาหารได้ สีที่ปรากฏอาจแปรผันเป็นอย่างอื่นเพราะมีรงควัตถุบางอย่างเจือปนอยู่ด้วย สาหร่ายจัดเป็นสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำก็เพราะการจัดเรียงตัวของโครงสร้างยังไม่สลับซับซ้อนนัก นักสาหร่ายวิทยาได้อธิบายไว้ว่าสิ่งมีชีวิตจำพวกสาหร่ายนั้นนอกจากจะมีลักษณะโครงสร้างและรูปร่างแตกต่างกันไปหลายแบบตามชนิดและหมู่พวกแล้ว ยังมีลักษณะเฉพาะเด่น ๆ ร่วมกันอยู่ 2 ประการใหญ่ ๆ คือ (Pantastico and Zafaralla. 1976 : 1 - 3)

1. อวัยวะเพศ หรืออวัยวะสร้างสปอร์เป็นเซลเดียว ถ้าหากมีหลายเซลทุกเซลจะไม่เป็นหมัน

2. ไซซึ่งปฏิสนธิแล้วจะไม่มีการเจริญพัฒนาขึ้นมาเป็นคัพภะในขณะที่อยู่ภายในโครงสร้างสำหรับสืบพันธุ์ของเพศเมีย

Volvox มาจากภาษาละตินว่า Volvere แปลว่าหมุน (Bold. 1978 : 94) Volvox จัดเป็นสาหร่ายสีเขียวชนิดหนึ่งซึ่ง ลีเวนฮุค (Leewenhock) เป็นคนแรกที่พบและได้บันทึกไว้เมื่อวันที่ 2 มกราคม ค.ศ. 1700 ว่าเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม ค.ศ. 1698 ได้พบสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งเป็นทรงกลม และได้ให้ชื่อสิ่งที่พบว่า Animalcules (Manwell. 1968:276) ต่อมา ค.ศ. 1758 ลินเนียส (Linnaeus) ได้ให้ชื่อสิ่งมีชีวิตนั้นใหม่ว่า Volvox (Smith. 1944 : 265 - 310)

Volvox เป็นสิ่งที่มีชีวิตที่ถูกจัดไว้ให้เป็นทั้งพืชและสัตว์ โดยสมิธ (Smith) และโบล (Bold) ได้จัดไว้ในอาณาจักรพืชสกุลหนึ่งใน Division Chlorophyta, Class Chlorophyceae (Smith. 1950 : 64 - 105, Bold. 1973 : 32 - 34) ส่วนเชชเตอร์ (Schechter) และคุโด (Kudo) ได้จัดไว้ในอาณาจักรสัตว์ใน Phylum

Protozoa, Class Mastigophora, Order Phytomonadida, Family Volvocidae (Schechter. 1959 : 53 - 55, Kudo. 1971 : 330 - 340) ปัจจุบันนี้จัด Volvox ไว้ในอาณาจักรโปรติสตา (ทบวงมหาวิทยาลัย 2523 : 508)

สาหร่าย Volvox gigas มีลักษณะที่สำคัญคือประกอบด้วยเซลจำนวนมากอยู่รวมกันเป็นโคโลนีรูปทรงกลม เส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนียาว 1615 – 2800 ไมครอน ด้านที่ผ่านข้วยาว 1700 – 3135 ไมครอน ในหนึ่งโคโลนีประกอบด้วยเซลประมาณ 1000 – 3000 เซล โคโลนีเพศเมียรูปร่างเกือบกลม ขนาดและจำนวนเซลใกล้เคียงกับโคโลนีที่ไม่แสดงเพศ ขนาดของโคโลนีเพศผู้มีเส้นผ่าศูนย์กลางยาว 732 – 1141 ไมครอน ด้านที่ผ่านข้วยาว 794 – 1292 ไมครอน โคโลนีมีลักษณะเป็นรูปไข่ จำนวนเซลในโคโลนีมีประมาณ 1000 เซล รูปร่างเซลก่อนข้างรี มีสายไซโตพลาสซึมเชื่อมต่อระหว่างเซล (Smith. 1944 : 265 - 310) โดยเซลจะเรียงตัวเป็นชั้นเดียวที่ผิวของโคโลนี ภายในจะมีโคโลนีที่เกิดใหม่เคลื่อนไหวอยู่ประมาณ 13 – 25 โคโลนี ซึ่งเรียกว่าโคโลนีลูกและเรียงตัวอยู่ทั่วไป ยกเว้นส่วนหน้าสุดของโคโลนีเท่านั้น

เซลที่ประกอบกันเป็นโคโลนีที่แต่ละเซลมีรูปร่างกลมรีหรือรูปไข่นั้น ถ้ามองจากด้านข้วจะเห็นรูปร่างกลม มีแฟลกเจลลา 2 เส้นอยู่ทางด้านหน้าของเซล มีคลอโรพลาสต์รูปกลมรีหรือรูปถ้วยเป็นแผ่นขนาดใหญ่อยู่ทางด้านท้ายของเซล มีไพรีนอยด์หนึ่งอันหรือหลายอันกระจายอยู่ในคลอโรพลาสต์ มีคอนแทรกไทล์แวกคิวโอล 2 อันหรือมากกว่าอยู่ทางด้านหน้าของเซล มีนิวเคลียสหนึ่งอันอยู่ตรงกลางเซลใกล้ ๆ ฐานของแฟลกเจลลา และมีเส้นใยนิวโรมอเตอร์เชื่อมต่อกับแฟลกเจลลา มีอายสปอตหรือสติกมาหนึ่งอัน ซึ่งทำหน้าที่คล้ายอวัยวะรับแสงของสัตว์อยู่บริเวณส่วนหน้าของเซล (Kumar. 1971 : 65 - 82) เซลที่อยู่บริเวณส่วนหน้าของโคโลนีมีอายสปอตขนาดใหญ่กว่าของเซลที่อยู่บริเวณส่วนหลังอย่างเห็นได้ชัด เซลเหล่านี้จะรวมตัวกันเป็นโคโลนีโดยเรียงตัวชั้นเดียวอยู่ที่ผิวภายในวุ้นและแต่ละเซลก็มีสารคล้ายวุ้นหุ้มอยู่ เซลเหล่านี้เชื่อมติดต่อกันตลอด ภายในโคโลนีมีของเหลวลักษณะเป็นคอลลอยด์บรรจุอยู่ และอาจมีโคโลนีลูกอยู่ภายในด้วย (Dittmer. 1968 : 41) เซลแต่ละเซลมีวุ้นหุ้มหนาไม่เท่ากัน ในโคโลนีที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วเซลที่อยู่บริเวณหน้าจะมีวุ้นหุ้มหนากว่าเซลที่อยู่บริเวณหลัง และเซลที่อยู่บริเวณ

อีเควเตอร์จะมีวุ้นหุ้มหนาประมาณหนึ่งถึงสองเท่าของตัวเซล เนื่องจากเซลที่อยู่ใกล้ชิดกันจะเบียดกันจึงทำให้วุ้นที่หุ้มมีลักษณะเป็นรูปหกเหลี่ยม (Smith. 1950 : 104 - 106) บริเวณส่วนหน้าของโคโลนีประกอบด้วยเซลขนาดเล็ก แต่มีอายสปอตขนาดใหญ่ บริเวณส่วนหลังจะประกอบด้วยเซลขนาดใหญ่ แต่มีอายสปอตขนาดเล็ก (Jameison. 1967 : 45-46, Bold. 1978:94-99)

V. gigas ดำรงชีพเป็นอิสระอยู่ในลักษณะที่เรียกว่าแพลงตอน (Plankton) ในน้ำจืดบริเวณที่แสงสว่างส่องถึง โดยจะเพิ่มจำนวนอย่างมากมายในฤดูใบไม้ผลิจนทำให้น้ำในบริเวณนั้นเป็นสีเขียว (Kumar. 1971: 65-82) ในการเคลื่อนที่ใช้แฟลกเจลลาโบกพัดน้ำเป็นเหตุให้โคโลนีหมุนไปข้างหน้าคล้ายการกลิ้งของลูกบอล

การสืบพันธุ์ของ V. gigas แบ่งเป็น 3 ระยะคือ (Kochert. 1968 : 437 - 452) ระยะปลดปล่อย (Release) เป็นระยะที่มีการปล่อยโคโลนีลูกออกจากโคโลนีเดิมและโกนิเดียเริ่มแบ่งตัว ต่อมาจะมีการแบ่งเซล (Cleavage) ซึ่งเป็นระยะต่อจากระยะปลดปล่อยจนกระทั่งโคโลนีเริ่มกลับข้างในออก ระยะสุดท้ายคือ การกลับข้างในออก (Inversion) เป็นระยะที่โคโลนีกลับข้างในออกจนกระทั่งเสร็จเรียบร้อย ยิ่งไปกว่านั้น การสืบพันธุ์ของสาหร่ายชนิดนี้ยังมีความสัมพันธ์กับฤดูกาลด้วยซึ่งแยกเป็น 2 ประเภทคือ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศในฤดูใบไม้ผลิ โดยที่เซลบริเวณส่วนท้ายที่เรียกว่าโกนิเดียจะมีขนาดโตขึ้นแล้วแบ่งเซลสร้างโคโลนีใหม่ขึ้นมา ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะเกิดขึ้นตอนปลายฤดูที่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของวอลวอกซ์จะเป็นแบบโอโอกามัส (Oogamous) คือมีการสร้างเซลสืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียขึ้นมา โดยอาจจะอยู่ภายในโคโลนีเดียวกันหรืออยู่กันคนละโคโลนีก็ได้ เมื่อสเปอร์มเข้าผสมกับไข่แล้วจะกลายเป็นไซโกต (Zygote) ที่มีผนังหนาหุ้มไว้ เมื่อโคโลนีแม่สลายไปไซโกตจะหลุดออกมาเป็นอิสระอยู่ระยะหนึ่ง จนกระทั่งสภาวะแวดล้อมเหมาะสมจึงมีการแบ่งเซลแบบไมโอซีสเกิดขึ้น ได้ซูสปอร์ (Zoospore) ที่มีจำนวนโครโมโซมเพียงครึ่งหนึ่งของไซโกต ซูสปอร์จะเจริญพัฒนาเป็นโคโลนีใหม่ในฤดูใบไม้ผลิต่อไป (Cronquist. 1961 : 142 - 143, Dittmer. 1963 : 41)

การเจริญของโคโลนีที่ไม่แสดงเพศนั้น โคโลนีที่เกิดใหม่ซึ่งยังไม่หลุดออกจากโคโลนีเดิมจะประกอบด้วยเซลสองชนิดคือ เซลร่างกายซึ่งมีขนาดเล็กและมีจำนวนมาก เซลอีกชนิดหนึ่งมีขนาด

ใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลางยาวกว่าของเซลร่างกายมากกว่าสิบเท่าขึ้นไป มีโกนิเดียประมาณ 13 – 30 โกนิเดีย เซลเหล่านี้ไม่มีแฟลกเจลลาและไม่มีอายสปอต มีคลอโรพลาสต์เป็นแผ่นขนาดใหญ่ โกนิเดียเรียงตัวอยู่ทั่วไปยกเว้นส่วนหน้า โกนิเดียจะขยายใหญ่ขึ้นมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 50 – 70 ไมครอน และมีสีเข้มกว่าเดิม แวกคิวโอลมีขนาดใหญ่เห็นได้ชัด ไพรินอยด์มีจำนวนมากขึ้นแล้วเริ่มแบ่งตัวออกเป็น 2 เซล และมีการแบ่งตัวต่อไปอีกเรื่อย ๆ จนได้จำนวนเซลประมาณ 32 – 64 เซล หลังจากนั้นเซลที่มีขนาดใหญ่จะหยุดแบ่งตัวและเจริญต่อไปเป็นโกนิเดีย ส่วนเซลที่เหลือจะเรียงตัวใหม่เป็นแนวโค้งมากขึ้นจนกระทั่งเกือบเป็นทรงกลม มีแฟลกเจลลาเกิดขึ้นตรงส่วนหน้าของเซล เมื่อเซลแบ่งตัวได้ 11 – 12 ครั้งก็จะหยุดแบ่งตัวได้กลุ่มเซลเป็นรูปวงกลมมีจำนวนเซลประมาณ 3000 – 4000 เซล มีรูเปิดอยู่ทางด้านหนึ่งเรียกว่า ฟิลาโรพอร์ (Philaropore) ต่อมากลุ่มเซลทรงกลมนี้จะมีการม้วนตัวกลับเอาด้านในออก (Inversion) โดยที่กลุ่มเซลบริเวณส่วนท้ายดันตัวเองผ่านฟิลาโรพอร์ออกมาทีละน้อย จนกระทั่งรูเปิดกลับไปอยู่ส่วนท้าย และรูนี้จะปิดในภายหลังก็จะได้เป็นโคโลนีใหม่มีรูปทรงกลมเคลื่อนที่อยู่ภายในโคโลนีเดิม เมื่อโคโลนีใหม่มีขนาดใหญ่ขึ้นก็จะหลุดออกจากโคโลนีเดิมซึ่งแตกสลายไป เมื่อโคโลนีใหม่ออกมาจากโคโลนีเดิมแล้ววุ้นที่หุ้มเซลเอาไว้จะถูกสร้างเพิ่มให้มีความหนามากขึ้น ทำให้แต่ละเซลอยู่ห่างกันมากขึ้นเป็นเหตุให้โคโลนีขยายตามคือมีขนาดใหญ่ขึ้น (พรรณี คงสวี 2517 : 24–25)

จากการศึกษาของสมิธ (Smith) ในสหรัฐอเมริกาพบว่า Volvox อาศัยอยู่ในน้ำจืดบริเวณที่เป็นคู ท้องร่อง แอ่งน้ำ พบมากในฤดูใบไม้ผลิ และพบมากเพียง 2 ชนิดคือ Volvox globator L. และ Volvox aureus Ehr. นอกจากนี้ยังพบชนิดอื่น ๆ อีก 6 ชนิด แต่ไม่ปรากฏว่าพบ Volvox gigas (Smith. 1950 : 106) ในประเทศไทยจากรายงานการศึกษาของนิสิตปริญญาโทมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร พบว่า Volvox อาศัยอยู่ในน้ำจืด บริเวณที่เป็น คู คลอง ร่องสวน มีแหน หญ้า ผักบุ้งขึ้นปะปนอยู่บ้าง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำบริเวณที่พบประมาณ 6.5 – 7.5 เป็นบริเวณที่ได้รับแสงสว่างรำไรหรือได้รับแสงสว่างตลอดทั้งวัน และจะพบมากในฤดูฝน (พเยาว์ กุฎาคาร 2518 : 32 – 53, สุนันทา มนัสมงคล 2518 : 113, มานี เตื้อสกุล 2520 : 27–30) พรรณี คงสวี พบ Volvox gigas ในบริเวณร่องน้ำในสระหน้าวัดสุทธิสะอาด ตำบล

สามวาตะวันออก เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร (พรรณี คงสวี 2517 : 19) นอกจากนี้ยังพบในสระน้ำบริเวณด้านข้างของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ด้วย

สิ่งที่จำเป็นในการเพาะเลี้ยงและการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้แก่ แสงสว่าง อุณหภูมิ ปริมาณกาซโดยเฉพาะกาซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนประกอบของสารอาหาร แร่ธาตุ ในระดับความเข้มข้นที่พอเหมาะซึ่งความต้องการองค์ประกอบเหล่านี้จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของสาหร่าย (Smith. 1950 : 10 - 17, Venkataraman. 1969 : 39)

ในปี ค.ศ. 1896 โมลิช (Molish) ได้ศึกษาพบว่า สาหร่ายต้องการสารอาหารจำพวกแร่ธาตุไม่แตกต่างไปจากพืชชั้นสูง แร่ธาตุที่พืชต้องการมากได้แก่ คาร์บอน ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน กำมะถัน โปตัสเซียม และแมกเนเซียม ส่วนเหล็ก มังกานีส พืชต้องการในปริมาณน้อย ส่วนแร่ธาตุที่จำเป็นแต่พืชต้องการน้อยมากได้แก่ โคบอลท์ สังกะสี โบรอน ทองแดง และโมลิบดีนัม (Venkataraman. 1969 : 111)

สาหร่ายสามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงซึ่งเป็นสารละลายที่ประกอบไปด้วยแคลเซียม แมกเนเซียม โปตัสเซียม ฟอสฟอรัส กำมะถัน เหล็ก และอาจจะต้องการธาตุต่อไปนี้เพียงเล็กน้อยได้แก่ ลิเธียม ทองแดง สังกะสี โบรอน อาลูมิเนียม ตีบุก มังกานีส นิเกิล โคบอลท์ ไอโอดีน และซิลิกอน (Smith. 1951 : 349) สาหร่ายส่วนใหญ่เลี้ยงให้เจริญเติบโตได้โดยใช้สูตรอาหารสังเคราะห์ที่ประกอบด้วยสารอนินทรีย์ มีสาหร่ายบางชนิดเท่านั้นที่ต้องการสารประกอบอินทรีย์ในการเจริญเติบโต สำหรับสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายมีหลายชนิดด้วยกัน แต่ไม่มีสูตรอาหารเลี้ยงชนิดใดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดสำหรับสาหร่ายชนิดหนึ่งชนิดใดโดยเฉพาะ

แซค (Sachs) และนอพ (Knop) ได้ทดลองเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่าง ๆ ที่สามารถเจริญได้ในสารละลายที่มีเกลือซึ่งเป็นที่รู้จักคุ้นเคยกัน 2 – 3 ชนิด และสารละลายเหล่านี้มีส่วนประกอบของแร่ธาตุที่สำคัญคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม ไนโตรเจน กำมะถัน แคลเซียม และเหล็ก พบว่าธาตุทั้งหมดนี้พืชต้องการในปริมาณมาก ยกเว้นธาตุเหล็กที่ต้องการเพียงเล็กน้อย ถ้าสารละลายขาดธาตุที่จำเป็นดังกล่าว

ในไม่ช้าพืชจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารและตายในที่สุด (Machlis. 1959 : 42) การเพาะเลี้ยงพืชโดยใช้สูตรอาหารของนอพจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนสารละลายอาหารบ่อยๆ และยังพบว่าสารละลายของนอพเหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวก Chlorophyceae (Mclean. 1963 : 95)

ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายนั้นมีวิธีการอยู่หลายวิธี แต่ละวิธีก็มีเทคนิคที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งในบางครั้งผู้ทำการเพาะเลี้ยงต้องทำการทดลองศึกษามาก่อน แล้วพยายามดัดแปลงเพื่อนำเทคนิคอื่น ๆ ที่ง่ายกว่าและเหมาะสมกว่ามาใช้เพื่อให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทั้งนี้โดยทั่วไปก็ยังคงยึดหลักการเดิมอยู่คือ สารละลายที่ใช้เพาะเลี้ยงจะต้องมีสารอาหารต่าง ๆ ที่เหมาะสมตามความต้องการ และสภาพการณ์ต่าง ๆ ต้องคล้ายคลึงกับสภาพธรรมชาติของสาหร่ายที่ต้องการเพาะเลี้ยงมากที่สุด นอกจากนี้ยังต้องคำนึงด้วยว่าสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงนั้นจะต้องมีเพียงชนิดเดียวที่ต้องการเท่านั้น จะต้องไม่มีสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ มาปะปนโดยเฉพาะพวกแบคทีเรียซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้พวกสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงโทรมและตายในที่สุด วิธีการที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายโดยทั่วไปแยกเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ การเลี้ยงในอาหารเลี้ยงที่ทราบสูตรอาหารแน่นอนแล้ว (Defined Medium) โดยการใส่พวกแคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมไนเตรท และสารเคมีอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตลงไป ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการเลี้ยงในอาหารเลี้ยงที่ไม่ทราบสูตรอาหารแน่นอน (Undefined Medium) โดยการใส่พวกเปปโตน เนื้อสกัด และยีสต์สกัดลงไป

พริงไซม์และโบล (Pringsheim and Bold) กล่าวถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไว้ดังนี้ (Pringsheim. 1967 : 54 - 61, Bold. 1978:269-274) น้ำที่จะใช้เลี้ยงสาหร่ายจะต้องไม่มีสารพิษเจือปนอยู่ อาจจะนำมากลั่น นำมาทดสอบทางเคมีหรือทดสอบทางชีววิทยาก่อน เช่น การใช้พวก Spirogyra sp. ทดสอบความเป็นพิษก่อนนำไปใช้ น้ำนั้นไม่ควรฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธีการนึ่งในหม้อนึ่งความดันสูง ๆ เพราะจะทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนไป ควรใช้วิธีการต้มหรือนึ่งโดยไม่ใช้ความกดดันของอากาศ ถ้าสาหร่ายที่ต้องการเพาะเลี้ยงเป็นสาหร่ายทะเล เราสามารถสังเคราะห์น้ำทะเลขึ้นมาใช้ได้เองในห้องปฏิบัติการ

โดยการนำสารเคมีบางชนิดมาผสมกัน จากการทดลองพบว่าโซเดียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซนต์ แมกเนเซียมคลอไรด์ 0.4 เปอร์เซนต์ โปตัสเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซนต์ แมกเนเซียมซัลเฟต 0.5 เปอร์เซนต์ และแคลเซียมซัลเฟต 0.5 เปอร์เซนต์ เป็นส่วนผสมที่สามารถเพาะเลี้ยงสาหร่ายทะเลได้ ภาชนะที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายก็มีความสำคัญเช่นกัน ควรใช้หลอดทดลองที่มีรูปร่างและขนาดพอเหมาะ และควรใช้สำลีปิดปากหลอดเพื่อไม่ให้น้ำหรือสารละลายระเหยออกมา ในการเพาะเลี้ยงโดยทั่วไปควรใช้ภาชนะที่ช่วยให้สาหร่ายเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ เพื่อจะได้เลี้ยงไว้ได้นานวันโดยไม่ต้องเปลี่ยนสารละลายบ่อย ๆ สารละลายพวกเกลือแร่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายซึ่งจะมีผลต่อความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายอาหาร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายนี้โดยทั่วไปควรอยู่ในระดับกลาง คือมีค่าเป็น 7 ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้สาหร่ายเติบโตได้รวดเร็ว สารละลายอาหารอาจเป็นด่างเล็กน้อย แต่อย่าให้เป็นกรดมากเกินไป ดังนั้นสารอนินทรีย์ที่เติมลงไปในสารละลายจะต้องคำนึงถึงสารที่เป็นตัว Buffer ที่รักษาความสมดุลย์ของความเป็นกรดเป็นด่างไว้ด้วย นอกจากนี้สารละลายพวกเกลือแร่ยังมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงประจุของเซลสาหร่ายที่มีผลต่อการนำสารอนินทรีย์บางตัวไปใช้ด้วย อินทรียสารไม่ได้มีผลเกี่ยวกับสาหร่ายโดยตรง แต่ใช้เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ทำการเพาะเลี้ยง อินทรียสารที่นิยมใช้กันมากได้แก่ธิวมัส หรือสารช่วยเจริญอื่น ๆ เช่น เปปโตน คาร์โบ-ไฮเดรต ฯลฯ สาหร่ายส่วนใหญ่มีความสามารถสร้างอินทรียสารบางชนิดได้เอง มีสาหร่ายเพียง 2 – 3 ชนิดเท่านั้นที่จำเป็นต้องเพิ่มอาหารบางอย่างลงไป เช่น ยูกลีนา ควรเพิ่มเมล็ดถั่วลงไปในอาหารเพาะเลี้ยงด้วย สำหรับสารช่วยเจริญบางอย่างที่สาหร่ายสังเคราะห์ขึ้นมาเองไม่ได้ เช่น เนื้อสกัด ยีสต์สกัด เราจำเป็นต้องใส่ลงในอาหารเพาะเลี้ยง

Soil – Water Medium : เป็นสารละลายอาหารที่นิยมใช้ภาชนะพวกหลอดทดลองหรือขวดนมเป็นภาชนะเพาะเลี้ยง ดินที่ใช้ต้องเป็นดินตามท้องร่อง คู คลอง หรือสวน โดยต้องนำมาผึ่งให้แห้ง โดยไม่ให้ถูกแสงแดดแล้วบดให้ละเอียด เมื่อจะใช้ต้องเติมปูนขาวลงไปด้วยเล็กน้อย ดินที่เติมลงไปในหลอดทดลองควรให้สูงจากก้นหลอดขึ้นมา 2 – 3 มิลลิเมตร หรืออาจถึง 5 มิลลิเมตรเป็นอย่างมาก แล้วเติมน้ำกลั่นที่บริสุทธิ์หรือน้ำฝนลงไปจนเกือบเต็มหลอดให้ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าปากหลอด 5 – 10 มิลลิเมตร ใช้สำลีหรือฝาจุกปิดปากหลอด แล้วนำไปนึ่งทุกวันวันละ

ชั่วโมงเป็นเวลาสามวันติดต่อกัน การนึ่งเช่นนี้จะมีผลเท่ากับการใช้หม้อนึ่งความดันที่ใช้ความดัน 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 30 นาที แต่ที่เราไม่ใช้หม้อนึ่งความดันเพราะจะทำให้สารบางอย่างในอาหารเพาะเลี้ยงเปลี่ยนคุณสมบัติไป จากนั้นเก็บไว้ประมาณ 1 สัปดาห์จึงนำมาใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายได้

สมิธ (Smith) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่สำคัญในการเจริญเติบโตของสาหร่ายว่าในการเพาะเลี้ยงโดยทั่วไปนอกจากจะต้องคำนึงถึงอัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นแล้ว ยังต้องคำนึงถึงสภาพทางเคมีและฟิสิกส์ของสาหร่ายชนิดนั้นด้วย และได้กล่าวเพิ่มเติมว่า แสงมีบทบาทในการสังเคราะห์แสงเพื่อการดำรงชีวิตของสาหร่ายทั่วไป สาหร่ายแต่ละชนิดต้องการแสงในระดับความเข้มที่แตกต่างกันออกไป และต่างก็มีความทนทานต่อความเข้มของแสงต่างกันด้วย โดยเฉพาะสาหร่ายที่อยู่ในบริเวณน้ำลึกที่ระดับความลึกต่างกันออกไป (Smith. 1950 : 14-17)

สโพ และมิลเนอร์ (Spoehe and Milner) ศึกษาพบว่าในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายนอกห้องปฏิบัติการโดยเฉพาะในกลางแจ้งแล้วปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตคือคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทั่วไปแล้วจะเพิ่มให้มากกว่าปริมาณที่มีในบรรยากาศคือ จากเดิม 0.03 เปอร์เซนต์เป็น 5 เปอร์เซนต์ นอกจากนี้เราอาจจะเพิ่มไนโตรเจน แมกเนเซียม ฟอสฟอรัส หรือสารเคมีบางอย่างลงไปด้วยก็ได้

อุณหภูมิก็นับเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญและมีบทบาทในการเร่งอัตราการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของสาหร่าย แต่อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมบางระดับก็อาจเป็นปัจจัยจำกัดของการเจริญเติบโตด้วย อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสาหร่ายในเขตร้อนและเขตอบอุ่นจะแตกต่างกันออกไปตามสภาพทางภูมิศาสตร์เป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามมีสาหร่ายเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่ทนต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ในช่วงกว้าง จากการทดลองค้นคว้าของนักชีววิทยาทำให้เราทราบว่าในระดับอุณหภูมิ 26.67 องศาเซลเซียส สาหร่ายคลอเรลลาจะชะงักการเจริญเติบโตทันที

เกี่ยวกับอิทธิพลของสารอินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายนั้น ฟอกก์ (Fogg) ได้กล่าวไว้เมื่อปี ค.ศ. 1965 ว่าทั้งวิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสิบสอง และไบโอทินต่างก็จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายหลายชนิด (Fogg. 1965:5) ส่วนเลวิน (Lewin) พบว่ามีสาหร่ายประมาณ 65 ชนิดต้องการวิตามินบีสิบสองช่วยในการเจริญเติบโต นอกจากนี้เรายังพบว่า

สาหร่ายบางชนิดยังสามารถใช้สารซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายวิตามินบีสิบสอง เป็นต้นว่า 5, 6 --- dichlorobenzimidazole และอื่น ๆ ในการเร่งการเจริญเติบโตของมันได้ (Round. 1966 : 154) และจากการศึกษาเราพบว่าวิตามินบีสิบสองนอกจากจะช่วยในการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ยังมีบทบาทในการดำรงไว้ซึ่งสุขภาพที่ดี โดยมีส่วนส่งเสริม Metabolism ของเกลือแร่ กรดอะมิโน กรดไขมัน และการใช้กำลังงานให้เป็นไปตามปกติ ในสัตว์วิตามินบีสิบสองเป็นส่วนประกอบของโคเอนไซม์ซึ่งจำเป็นสำหรับการสร้างเม็ดเลือดในไขกระดูก และช่วยเอนไซม์อื่น ๆ ในการสังเคราะห์และเคลื่อนย้ายกรดอะมิโนบางชนิด นอกจากนี้ยังมีความสำคัญในการเผาผลาญของ Folic acid ด้วย

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายชีเนเดสมัสโดยให้ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้คาร์บอนไดออกไซด์ในอัตรา 2 เปอร์เซนต์ของบรรยากาศปกติ และควบคุมอุณหภูมิที่ 31 องศาเซลเซียส ราตรี ไกรสิทธิ์ ได้ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพที่มีตัวทำละลายและความเข้มข้นต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าอัตราเฉลี่ยของโคโลนีเพิ่มมากที่สุดในตัวทำละลายที่เป็นน้ำคลองและน้ำประปา และระดับความเข้มข้นของอาหารเลี้ยงซึ่งมีปริมาตรของตัวทำละลาย 1200 และ 1400 มิลลิลิตรทำให้จำนวนโคโลนีเพิ่มมากที่สุด โดยได้ทำการควบคุมความเข้มของแสงในระดับ 2454 ลักส์ให้ได้รับแสงเพียงวันละ 12 ชั่วโมง และเพาะเลี้ยงในอุณหภูมิคงที่ระหว่าง 26 – 31 องศาเซลเซียส (ราตรี ไกรสิทธิ์ 2523 : 56) ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของสำนักงานสถิติแห่งชาติที่กล่าวถึงอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในฤดูฝนของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2521 ถึง พ.ศ. 2522 ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 27.4 ถึง 29.3 องศาเซลเซียส จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยเลือกระดับอุณหภูมิในการศึกษาครั้งนี้ 3 ระดับคือ 25, 28 และ 31 องศาเซลเซียส เลือกเพาะเลี้ยงในระดับความเข้มข้นของแสง 2454 ลักส์ และเพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพโดยเพิ่มสาร Cyanocobalamin ในอัตราความเข้มข้น 0.0004 กรัมต่อลิตรเพื่อเร่งอัตราการเจริญเติบโต สาหร่ายทั่วไปมีช่วงการเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวแตกต่างกันออกไป แต่ส่วนใหญ่จะมีช่วงกว้างคือระหว่าง 4 – 18 วัน ราตรี ไกรสิทธิ์ ได้ศึกษาและพบว่าอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดของสาหร่าย V. gigas ในสารละลายของ

นอพคือ 15 วัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดช่วงเวลาในการเพาะเลี้ยงครั้งนี้ออกเป็น 3 ช่วงคือ 10, 15 และ 20 วันตามลำดับ.

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

วัสดุและอุปกรณ์ ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งวัสดุและอุปกรณ์เป็น 2 ประเภทคือ

1. สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ได้แก่

โปตัสเซียมไนเตรท (KNO_3)

แมกเนเซียมซัลเฟต ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)

แคลเซียมไนเตรท ($Ca(NO_3)_2$)

แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$)

โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)

Ferric Salt of Ethylene-diaminetertaacetic acid (Fe-EDTA)

Cyanocobalamin

2. อุปกรณ์

ในการทดลองครั้งนี้มีอุปกรณ์ดังนี้

แผงไฟขนาด 1.40 + 1.20 เมตร ติดหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด Day Light กำลังไฟ 40 วัตต์ จำนวน 7 หลอด

แผงแขวนหลอดทดลองขนาด 1.40 + 1.20 เมตร

กล้องสเตอริโอ Forty Model American Optical Company

เครื่องชั่งไฟฟ้า R52 80 g. MAX ของ Oerting London

Photometer Model L I - 185A ของ LAMBDA Instruments Corporation

pH - meter Model 230 ของ Fisher

Aquarium Air Pump, NS - B1 ของ Nissei

ชนิด Double Vibrator

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ประชากรสาหร่าย V. gigas ที่ใช้ศึกษานำมาจากสระน้ำหน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แล้วนำมาแยกเพาะเลี้ยงใน Stock Culture เพื่อใช้เป็นแม่พันธุ์ของสาหร่าย V. gigas

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. เตรียม Stock Culture ของสาหร่าย โดยใช้ Soil - Water Medium ทำการเตรียมตามวิธีการของพริงไชม์ (Pringsheim) ตามลำดับดังนี้

1.1 ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตลงในหลอดทดลองที่สะอาดหลอดละ 0.5 กรัม จำนวนทั้งหมด 10 หลอด

1.2 ใส่ดินร่วนที่ผ่านการกรองมาแล้วลงไปในหลอดที่ได้จากข้อ 1.1 ทุกหลอด ในปริมาณหลอดละ 5 มิลลิลิตร

1.3 เติมน้ำกลั่นลงไปในหลอดจากข้อ 1.2 ทุกหลอดประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของหลอด ปิดจุกด้วยสำลีแล้วใช้กระดาษตะกั่วหุ้มอีกครั้งหนึ่ง

1.4 นำหลอดจากข้อ 1.3 ไปนึ่งโดยใช้ไอน้ำเดือดในระดับความกดดันอากาศปกติ ใช้เวลานึ่งวันละหนึ่งชั่วโมง 3 วันติดต่อกัน แล้วทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์

2. วิธีเตรียมประชากรสาหร่าย V. gigas จากแม่พันธุ์เพื่อใช้ในการทดลอง โดยแยก V. gigas ออกจากสาหร่ายอื่นแล้วนำไปเพาะเลี้ยงใน Soil - Water Medium เพื่อทำเป็น Stock Culture โดยใช้วิธีการของสมศักดิ์ แสนสุข และประเสริฐ เกียรติประวัติ (สมศักดิ์ แสนสุข และประเสริฐ เกียรติประวัติ ม.ป.ป. 5 – 6) ซึ่งขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

2.1 นำน้ำที่มีสาหร่าย V. gigas ปนอยู่กับสาหร่ายชนิดอื่นจากสระน้ำหน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เทลงไปในจานแก้ว แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยายต่ำสุด เพื่อหาโคโลนีของ V. gigas ใช้ปาสเตอร์ปิเปตดูดโคโลนีที่พบออกมาใส่ในสไลด์หลุมที่มีน้ำกลั่นบริสุทธิ์อยู่

2.2 ใช้ปาสเตอร์ปิเปตดูดโคโลนี V. gigas จากสไลด์หลุมในข้อ 2.1 มาใส่ในสไลด์หลุมที่มีน้ำกลั่นอยู่อีกหลุมหนึ่ง

2.3 ทำวิธีเดียวกับข้อ 2.2 อีกประมาณ 3 – 4 ครั้ง จนกระทั่งใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงสุดส่องดูแล้วไม่ปรากฏว่ามีสาหร่ายอื่นปะปนอยู่

2.4 ใช้ปาสเตอร์ปิเปตขนาดเล็กดูดโคโลนีลูกที่แตกออกมาจากโคโลนีเดิม (จากข้อ 2.3) มาใส่ในสไลด์หลุมอีกหลุมที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่

2.5 ทำวิธีเดียวกับข้อ 2.2 อีกประมาณ 4 – 5 ครั้ง

2.6 ใช้ปาสเตอร์ปิเปตดูดโคโลนีลูกจากข้อ 2.5 ใส่ในหลอดทดลองที่มี Soil - Water Medium ที่ได้จากข้อ 1.4 โดยใส่หลอดละประมาณ 5 โคโลนีทุกหลอด

2.7 นำหลอดทั้งหมดไปเลี้ยงในห้องปฏิบัติการเพื่อเตรียมเป็นกลุ่มตัวอย่างสาหร่าย V. gigas สำหรับแต่ละตัวแปร

3. เตรียมอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย V. gigas โดยใช้สูตรอาหารของ นอพ 0.35 เปอร์เซนต์ ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ (Venkataraman. 1969 : 237)

ส่วนที่ 1

แคลเซียมไนเตรท	2 กรัม
น้ำประปา	500 มิลลิลิตร

ส่วนที่ 2

โปตัสเซียมไนเตรท	0.5 กรัม
แมกเนเซียมซัลเฟต	0.5 กรัม
โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	0.5 กรัม
Fe-EDTA	0.006 กรัม
น้ำประปา	500 มิลลิลิตร

วิธีการเตรียมสารละลายของนอพมีขั้นตอนการเตรียมตามลำดับขั้นดังนี้

3.1 เตรียมส่วนที่ 1 โดยใส่แคลเซียมไนเตรทลงไปในน้ำประปาที่ต้มสุกและทิ้งไว้ให้เย็น คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้

3.2 เตรียมส่วนที่ 2 โดยใส่โปตัสเซียมไนเตรทลงในน้ำประปาต้มสุกที่เย็นแล้ว คนให้ละลายแล้วใส่โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต แมกเนเซียมซัลเฟต และ Fe - EDTA ตามลำดับ คนให้ละลายปนเป็นเนื้อเดียวกัน

3.3 นำส่วนที่ 2 เทรวมกับส่วนที่ 1 คนให้เข้ากัน ปรับสารละลายให้มีความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 7.00 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.4 นำสารละลายจากข้อ 3.3 ไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความกัน ภายใต้ความกดดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 45 นาที

4. ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงสาหร่าย V. gigas ในสารอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเพื่อหาอัตราการผลิต

4.1 เทอาหารเพาะเลี้ยงจากข้อ 3.4 ปริมาตร 3000 มิลลิลิตร ลงในโถแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 21 เซ็นติเมตรที่ทำการฆ่าเชื้อแล้ว ใช้แผ่นพลาสติคขาวใสคลุมปากโถและใช้ยางรัดให้แน่น ทำทั้งหมด 27 โถ

4.2 เติมสาร Cyanocobalamin ลงไปในโถทั้ง 27 โถ โดยเติมโถละ 0.0004 กรัมต่อลิตรแล้วคนให้ละลาย

4.3 การนำกลุ่มตัวอย่าง V. gigas จากแม่พันธุ์ใน Stock Culture ที่ได้จากข้อ 2.7 มาเพาะเลี้ยงในโถแก้วตามวิธีการดังนี้

4.3.1 ใช้ปาสเตอร์ปิเปตดูดโคโลนีของ V. gigas จาก Stock Culture มาใส่ในจานแก้วที่มี Soil Extract บรรจุอยู่

4.3.2 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอรีโอกำลังขยายต่ำสุด ใช้ปาสเตอร์ปิเปตดูดโคโลนีที่พบแบบสุ่ม (Random Sampling) ใส่ลงไปในโถแก้วในปริมาณ 30 โคโลนีต่อโถ

4.4 จัดสภาพแวดล้อมในการเพาะเลี้ยงดังนี้

4.4.1 วางโถแก้วบนชั้นให้ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด Day Light ที่มีความเข้มของแสง 2454 ลักซ์ โดยให้ได้รับแสงทั้งทางด้านข้างและข้างบน และให้ได้รับแสงวันละ 12 ชั่วโมง ตลอดเวลาที่ทำการเพาะเลี้ยง

4.4.2 ควบคุมระดับอุณหภูมิให้อยู่ใน 3 ระดับคือ 26, 28 และ 31 องศาเซลเซียสโดยใช้เครื่องปรับอากาศปรับให้ได้อุณหภูมิตามระดับที่ต้องการตลอดเวลาของการเพาะเลี้ยง

4.4.3 ควบคุมอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำให้ได้ระดับตามต้องการทั้ง 3 ระดับ โดยใช้ Aquarium Air Pump ตลอดเวลาที่ทำการเพาะเลี้ยง อัตราการเคลื่อนตัวของน้ำคำนวณจากน้ำหนักของปูเพลาสเตอร์ที่แพร่ออกไปในขณะน้ำเคลื่อนที่เปรียบเทียบกับในขณะน้ำนิ่ง

4.4.4 ควบคุมความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเลี้ยงให้อยู่ในระดับ 7.00 ตลอดเวลาของการเพาะเลี้ยงโดยปรับด้วยแกลเซียมคาร์บอเนตและทำการตรวจวัดทุก 12 ชั่วโมง

5. การหาค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas

5.1 การหาค่าเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas โดยทำการสุ่มสาหร่าย V. gigas ในสารละลาย 10 มิลลิลิตร จากสาหร่าย V. gigas ในสารละลายทั้งหมด 3000 มิลลิลิตร ในโถแก้ว นำมานับจำนวนโคโลนีที่ได้จากการสุ่มนั้น ทำการสุ่ม 5 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสุ่มทั้ง 5 ครั้งนั้น แล้วมาคำนวณหาจำนวนโคโลนีทั้งหมดในโถแก้วอีกครั้งหนึ่ง ค่าเฉลี่ยที่ได้ครั้งหลังสุดเป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีทั้งหมดในโถแก้ว

5.2 การหาอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas โดยการนำค่าเฉลี่ยที่ได้ครั้งหลังสุดจากข้อ 5.1 มาคำนวณเป็นจำนวนโคโลนีในสารละลายหนึ่งมิลลิลิตร ในเวลาที่กำหนด

อนึ่งในการดำเนินการทดลองนี้ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือในการทดลองมาทำการฆ่าเชื้อก่อนทุกครั้ง และกระทำภายใต้สภาวะปลอดการติดเชื้อ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้ 3 x 3 x 3 Factorial Design แบบ Three Factors Experiment with Repeated Measure (Case II) (Winer. 1962 : 559 - 571)

ห้องสมุดบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอเป็นลำดับขั้นดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ที่ทำการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาต่าง ๆ

ตอนที่ 2 เป็นผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีของสาหร่าย V. gigas ที่จำแนกตามอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาเพาะเลี้ยง

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ที่ทำการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาต่าง ๆ

1.1 ค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ซึ่งทำการเพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ โดยทำการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25, 28 และ 31 องศาเซลเซียส และการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1, 1.5 และ 2 เท่าของน้ำนิ่งทำการวัดอัตราการผลิตใน 3 ช่วงเวลาคือ หลังจากทำการเพาะเลี้ยงได้ 10, 15 และ 20 วันตามลำดับ ปรากฏผลดังแสดงไว้ในตาราง 1

178423

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่อุณหภูมิการเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาต่าง ๆ กัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การเคลื่อนตัวของน้ำ (เท่าของน้ำนิ่ง)	ช่วงเวลาเพาะเลี้ยง						รวม	
		10 วัน		15 วัน		20 วัน			
		$\bar{X}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)	$\bar{X}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)	$\bar{X}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)	$\bar{X}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)
25	1	420	0.1400	940	0.3133	1450	0.4833	2810	0.9366
	1.5	370	0.1233	580	0.1933	1020	0.3400	1970	0.6566
	2	250	0.0833	350	0.1167	660	0.2200	1260	0.4200
28	1	370	0.1233	750	0.2500	1300	0.4333	2420	0.8066
	1.5	340	0.1133	630	0.2100	1050	0.3500	2020	0.6733
	2	190	0.0633	240	0.0800	270	0.0900	700	0.2333
31	1	110	0.0367	180	0.0600	250	0.0833	540	0.1800
	1.5	90	0.0300	160	0.0533	210	0.0700	460	0.1533
	2	80	0.0267	130	0.0433	190	0.0633	400	0.1333
		2220	0.0822	3960	0.1466	6400	0.2370	12580	0.4658

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 1 มีดังต่อไปนี้

1. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย V. gigas ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 10, 15 และ 20 วัน ปรากฏว่า

1.1 เมื่อการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตเป็น 0.1400, 0.3133 และ 0.4833 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 420, 940 และ 1450)

1.2 เมื่อการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1.5 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตเป็น 0.1233, 0.1933 และ 0.3400 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 370, 580 และ 1020)

1.3 เมื่อการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตเป็น 0.0833, 0.1167 และ 0.2200 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 250, 350 และ 660)

2. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย V. gigas ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 10, 15 และ 20 วัน ปรากฏว่า

2.1 เมื่อการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตเป็น 0.1233 0.2500 และ 0.4333 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ($\bar{X}$ = 370, 750 และ 1300)

2.2 เมื่อการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1.5 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตเป็น 0.1133, 0.2100 และ 0.3500 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 340, 630, 1050)

2.3 เมื่อการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตเป็น 0.0633, 0.0800 และ 0.0900 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 190, 240 และ 270)

3. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย V. gigas ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 10, 15 และ 20 วัน ปรากฏว่า

3.1 เมื่อการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตเป็น 0.0367, 0.0600 และ 0.0833 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 110, 180 และ 250)

3.2 เมื่อการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1.5 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตเป็น 0.0300, 0.0533 และ 0.0700 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 90, 160 และ 210)

3.3 เมื่อการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตเป็น 0.0267, 0.0433 และ 0.0633 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ($\bar{X}$ = 80, 130 และ 190)

นั่นคือเมื่อคำนึงถึงปัจจัยด้านอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาแล้วพบว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่าย V. gigas มีอัตราการผลิตสูงสุดที่ระดับอุณหภูมิต่ำสุด(คือ 25 องศาเซลเซียส) การเคลื่อนตัวของน้ำต่ำสุด (1 เท่าของน้ำนิ่ง) และในช่วงเวลาเพาะเลี้ยงนานที่สุด (20 วัน)

1.2 ค่าเฉลี่ยและอัตราการเจริญของสาหร่าย V. gigas ซึ่งทำการเพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพที่อุณหภูมิและช่วงเวลาต่างกัน ในทุกระดับการเคลื่อนตัวของน้ำ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยและอัตราการเจริญของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่อุณหภูมิและช่วงเวลาต่างกัน จากค่าเฉลี่ยของทุกระดับการเคลื่อนตัวของน้ำ

อุณหภูมิ (T)	ช่วงเวลาเพาะเลี้ยง (D)						รวม	
	10วัน		15 วัน		20 วัน			
	$\bar{X}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)	$\bar{X}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)	$\bar{X}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)	$\bar{X}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)
25 องศาเซลเซียส	346.67	0.1155	623.33	0.2078	1043.33	0.3477	2013.33	0.6711
28 องศาเซลเซียส	300.00	0.1000	540.00	0.1800	873.33	0.2911	1713.33	0.5711
31 องศาเซลเซียส	93.33	0.0311	156.67	0.0522	216.67	0.0722	466.67	0.1555
	740	0.2466	1320.00	0.4400	2133.33	0.7111	4193.33	0.4659

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 2 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงสาหร่าย V. gigas ในทุกระดับการเคลื่อนตัวของน้ำในช่วง 10, 15 และ 20 วัน มีดังต่อไปนี้

1. ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อัตราการผลิตเป็น 0.1155, 0.2078 และ 0.3477 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 346.67, 623.33 และ 1043.33)

2. ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส อัตราการผลิตเป็น 0.1000, 0.1800 และ 0.2911 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 300, 540 และ 873.33)

3. ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส อัตราการผลิตเป็น 0.0311, 0.0522 และ 0.0722 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 93.33, 156.67 และ 216.67)

นั่นคือเมื่อคำนึงถึงปัจจัยด้านช่วงเวลาและอุณหภูมิแล้วพบว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่าย V. gigas มีอัตราการผลิตสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำสุด (25 องศาเซลเซียส) ในช่วงเวลาเพาะเลี้ยงนานที่สุด (20 วัน)

1.3 ค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำและช่วงเวลาต่างกัน ในทุกระดับอุณหภูมิ ปรากฏผลตามตาราง 3

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำและช่วงเวลาเพาะเลี้ยงต่างกันจากค่าเฉลี่ยของทุกระดับอุณหภูมิ

การเคลื่อนตัวของน้ำ (M)	ช่วงเวลาเพาะเลี้ยง (D)						รวม	
	10 วัน		15 วัน		20 วัน			
	$\bar{X}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)	$\bar{X}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)	$\bar{X}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)	$\bar{X}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)
1 เท่าของน้ำนิ่ง	300	0.1000	623.33	0.2077	1000.00	0.3333	1923.33	0.6411
1.5 เท่าของน้ำนิ่ง	266.67	0.0889	456.67	0.1522	760.00	0.2533	1483.34	0.4944
2 เท่าของน้ำนิ่ง	173.33	0.0578	240.00	0.0800	373.33	0.1244	786.66	0.2622
	740.00	0.2466	1320.00	0.4400	2133.33	0.7111	4193.33	0.4659

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 3 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงสาหร่าย V. gigas ในทุกระดับอุณหภูมิในช่วง 10, 15 และ 20 วัน มีดังต่อไปนี้

1. เมื่อการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตเป็น 0.1000, 0.2077 และ 0.3333 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{x}$ = 300, 623.33 และ 1000)

2. เมื่อการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1.5 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตเป็น 0.0889, 0.1522 และ 0.2533 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{x}$ = 266.67, 456.67 และ 760)

3. เมื่อการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตเป็น 0.0578, 0.0800 และ 0.1244 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{x}$ = 173.33, 240 และ 373.33)

นั่นคือเมื่อคำนึงถึงปัจจัยด้านช่วงเวลาและการเคลื่อนตัวของน้ำแล้วพบว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *V. gigas* มีอัตราการผลิตสูงสุดที่การเคลื่อนตัวของน้ำต่ำสุด (1 เท่าของน้ำนิ่ง) ในช่วงเวลาเพาะเลี้ยงนานที่สุด (20 วัน)

1.4 ค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย *V. gigas* ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่อุณหภูมิและการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกัน ในทุกช่วงเวลา ปรากฏผลดังแสดงไว้ในตาราง 4

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยและอัตราการผลิตของสาหร่าย *V. gigas* ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพที่อุณหภูมิและการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกันจากค่าเฉลี่ยของทุกช่วงเวลาเพาะเลี้ยง

อุณหภูมิ (T)	การเคลื่อนตัวของน้ำ (M)						รวม	
	1 เท่าของน้ำนิ่ง		1.5 เท่าของน้ำนิ่ง		2 เท่าของน้ำนิ่ง			
	$\bar{x}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)	$\bar{x}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)	$\bar{x}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)	$\bar{x}$	อัตราการผลิต (โคโลนี/มิลลิลิตร)
25 องศาเซลเซียส	2810	0.9367	1970	0.6567	1260	0.4200	6040	0.6711
28 องศาเซลเซียส	2420	0.8067	2020	0.6733	700	0.2333	5140	0.5711
31 องศาเซลเซียส	540	0.1800	460	0.1533	400	0.1333	1400	0.1555
	5770	0.6411	4450	0.4944	2360	0.2622	12580	0.4659

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 4 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *V. gigas*

ในทุกช่วงเวลา ที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1, 1.5 และ 2 เท่าของน้ำนิ่ง มีดังต่อไปนี้

1. ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อัตราการผลิตเป็น 0.9367, 0.6567 และ 0.42 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 2810, 1970 และ 1260)

2. ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส อัตราการผลิตเป็น 0.8067, 0.6733 และ 0.2333 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 2420, 2020 และ 700)

3. ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส อัตราการผลิตเป็น 0.1800, 0.1533 และ 0.1333 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ($\bar{X}$ = 540, 460 และ 400)

นั่นคือเมื่อคำนึงถึงปัจจัยด้านอุณหภูมิและการเคลื่อนตัวของน้ำแล้ว พบว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่าย V. gigas มีอัตราการผลิตสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำสุด (25 องศาเซลเซียส) การเคลื่อนตัวของน้ำต่ำสุด (1 เท่าของน้ำนิ่ง)

ตอนที่ 2 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีของสาหร่าย V. gigas โดยจำแนกตามอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาเพาะเลี้ยง

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำผลการตรวจนับจำนวนโคโลนีในแต่ละระดับอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลามาวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบ Three Factors Experiment with Repeated Measure (Case II) ดังปรากฏผลตามตาราง 5 ถ้าพบความแตกต่างก็ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่โดยใช้ t - test

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความแตกต่างของจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ซึ่งเพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่ระดับอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาต่างกัน

Source of Variation	SS	df	MS	F
between subjects	9061356	26	348513.69	
T	4036326	2	2018163	16.581584*
M	1970934	2	985467	8.0967711*
TM	863296	4	215824	1.7732481
subj. w. groups [error (between)]	2190800	18	121711.11	
Within subjects	5587200	54	103466.67	4.1121662*
D. (trials)	2939275	2	1469637.5	58.409086*
TD	836355	4	209088.75	8.309967*
MD	571147	4	142786.75	5.6748985*
TMD	334623	8	41827.875	1.6624018
subj. w. groups [error (within)]	905800	36	25161.11	

F(.05) 2, 18 = 3.55
F(.05) 4, 18 = 2.93
F(.05) 2, 36 = 3.27
F(.05) 4, 36 = 2.64
F(.05) 8, 36 = 2.22

T หมายถึง อุณหภูมิ
M หมายถึง การเคลื่อนตัวของน้ำ
D หมายถึง ช่วงเวลาเพาะเลี้ยง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 5 จำแนกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. การวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มการเพาะเลี้ยง ปรากฏว่า

1.1 ที่อุณหภูมิกับการเคลื่อนตัวของน้ำในระดับต่างกันไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แสดงว่า การเพาะเลี้ยงที่แต่ละระดับอุณหภูมิในแต่ละการเคลื่อนตัวของน้ำมีอัตราการผลิตที่ทัดเทียมกัน

1.2 ที่อุณหภูมิต่างกันมีอัตราการผลิตต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า การเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิต่างกันมีอัตราการผลิตสูงไม่เท่ากัน

1.3 ที่การเคลื่อนตัวของน้ำต่างกันมีอัตราการผลิตต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า การเพาะเลี้ยงที่การเคลื่อนตัวของน้ำต่างกัน มีอัตราการผลิตสูงไม่เท่ากัน

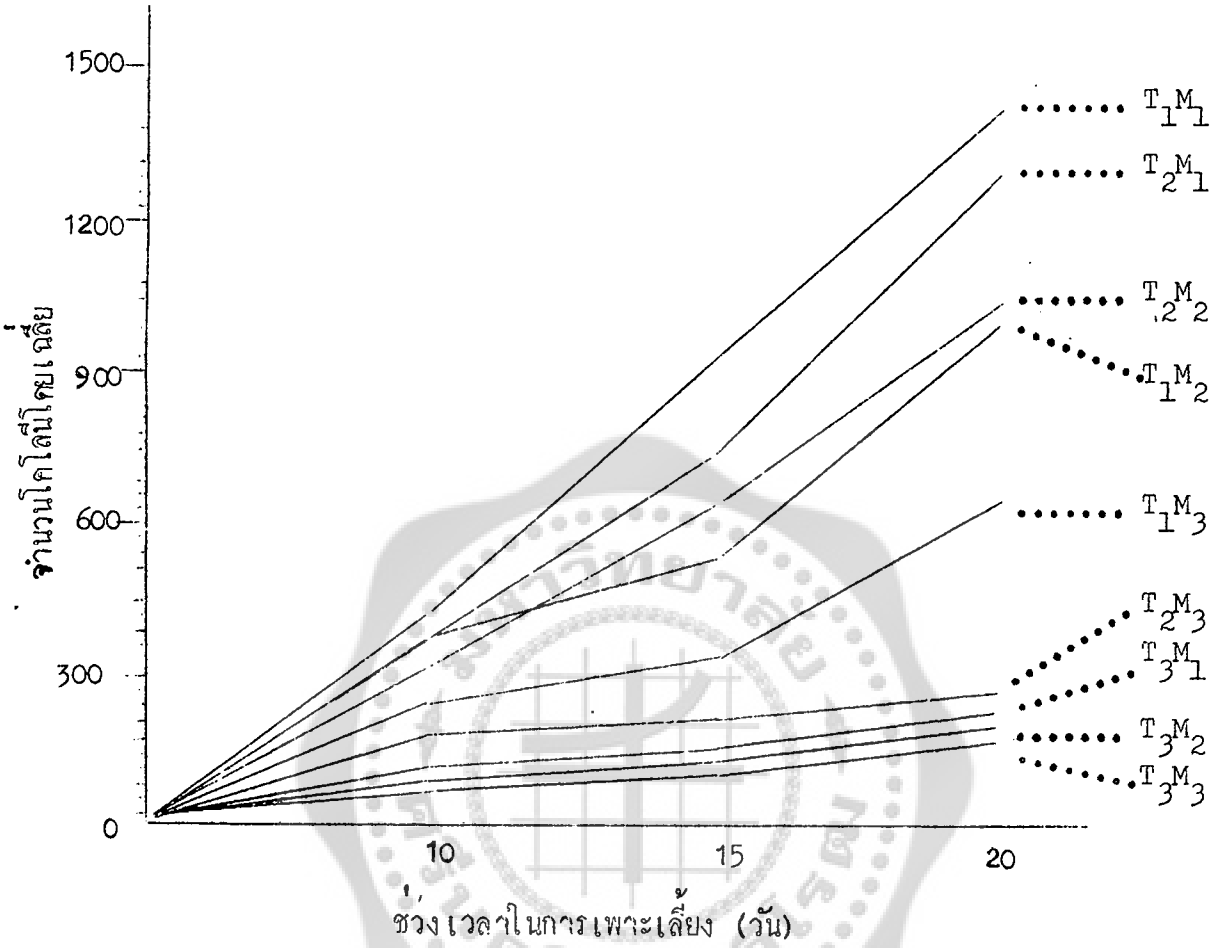
2. การวิเคราะห์ภายในกลุ่มการเพาะเลี้ยง ปรากฏว่า

2.1 อุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แสดงว่า การเพาะเลี้ยงที่แต่ละระดับอุณหภูมิ ในแต่ละการเคลื่อนตัวของน้ำ ของแต่ละช่วงเวลามีอัตราการผลิตทัดเทียมกัน

2.2 ที่อุณหภูมิกับช่วงเวลาต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า ที่แต่ละระดับอุณหภูมิของแต่ละช่วงเวลามีอัตราการผลิตสูงไม่เท่ากัน

2.3 ที่การเคลื่อนตัวของน้ำกับช่วงเวลาต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า ที่แต่ละการเคลื่อนตัวของน้ำ ของแต่ละช่วงเวลามีอัตราการผลิตสูงไม่เท่ากัน

2.4 ที่ช่วงเวลาต่างกันมีอัตราการผลิตต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า การเพาะเลี้ยงในช่วงเวลาต่างกัน มีอัตราการผลิต ไม่เท่ากัน เพื่อให้เห็นรายละเอียดดังกล่าวข้างต้นชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้นำผลที่ได้มาแสดงเป็นเส้นภาพ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1 และได้นำข้อมูลมาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ ดังแสดงในตาราง 6 ถึง 23



ช่วงเวลาในการเพาะเลี้ยง (วัน)

T_1 หมายถึง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

T_2 หมายถึง อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส

T_3 หมายถึง อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส

M_1 หมายถึง การเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่ง

M_2 หมายถึง การเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1.5 เท่าของน้ำนิ่ง

M_3 หมายถึง การเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่ง

ภาพประกอบ 1 เส้นภาพแสดงจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพที่อุณหภูมิและการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกันในช่วงเวลาต่างกัน

ตาราง 6 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่ง ในระดับอุณหภูมิที่ต่างกัน ทุกช่วงเวลาเพาะเลี้ยง

ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		25	28	31
	$\bar{X}$	2810	2420	540
25	2810	—	390 *	2270 *
28	2420		—	1880 *
31	540			—

d = 284.51486

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 6 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่ง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีอัตราการผลิตสูงสุดและแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 28 และ 31 องศาเซลเซียสตามลำดับ นอกจากนั้นที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสยังมีอัตราการผลิตแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้วย

ตาราง 7 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่มีการเคลื่อนที่ของน้ำเป็น 1.5 เท่าของน้ำนิ่ง ในระดับอุณหภูมิที่ต่างกันในทุกช่วงเวลาเพาะเลี้ยง

ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		25	28	31
	$\bar{X}$	1970	2020	460
25	1970	–	50	1510*
28	2020		–	1560*
31	460			–

d = 284.51486

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 7 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1.5 เท่าของน้ำนิ่ง อัตราการผลิตที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียสแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 25 และ 28 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนอัตราการผลิตที่อุณหภูมิ 25 และ 28 องศาเซลเซียสไม่แตกต่างกัน

ตาราง 8 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของจำนวนโคโลนี่โดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่มีการเคลื่อนที่ของน้ำเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่ง ในระดับอุณหภูมิที่ต่างกัน ในทุกช่วงเวลาเพาะเลี้ยง

ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		25	28	31
	$\bar{X}$	1260	700	400
25	1260	–	560*	860*
28	700		–	300*
31	400			–

d = 284.51486

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 8 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีอัตราการผลิตสูงสุดและแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 28 และ 31 องศาเซลเซียสตามลำดับ นอกจากนี้ อัตราการผลิตที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสยังแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้วย

ตาราง 9 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ในช่วงเวลา 10 วัน ในระดับอุณหภูมิต่างกัน ในทุกระดับการเคลื่อนตัวของน้ำ

ระดับอุณหภูมิ		25	28	31
(องศาเซลเซียส)	$\bar{X}$	346.67	300.00	93.33
25	346.67	–	46.67	253.34*
28	300.00		–	206.67*
31	93.33			–

d = 111.44867

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 9 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงในช่วงเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีอัตราการผลิตสูงสุด และแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสมีอัตราการผลิตแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้วย

ตาราง 15 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกันในช่วงเวลาเพาะเลี้ยง 10 วัน ในทุกระดับอุณหภูมิ

การเคลื่อนตัวของน้ำ		1	1.5	2
(จำนวนเท่าของน้ำนิ่ง)	$\bar{X}$	300.00	266.67	173.33
1	300.00	–	33.33	126.67*
1.5	266.67		–	93.34
2	173.33			–

d = 111.44@67

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 15 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงในช่วงเวลา 10 วัน ในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่งมีอัตราการผลิตสูงสุดและแตกต่างจากในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าเฉลี่ยคู่อื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน

ตาราง 10 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ในช่วงเวลา 15 วัน ในระดับอุณหภูมิต่างกัน ในทุกระดับการเคลื่อนตัวของน้ำ

ระดับอุณหภูมิ		25	28	31
(องศาเซลเซียส)	$\bar{X}$	623.33	540.00	156.67
25	623.33	–	83.33	466.66*
28	540.00		–	383.33*
31	156.67			–

d = 111.44867

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 10 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงในช่วงเวลา 15 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีอัตราการผลิตสูงสุด และแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสมีอัตราการผลิตแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียสด้วย

ตาราง 11 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่มีระดับอุณหภูมิต่างกัน ในช่วงเวลา 20 วัน ในทุกระดับการเคลื่อนตัวของน้ำ

ระดับอุณหภูมิ		25	28	31
(องศาเซลเซียส)	$\bar{X}$	1043.33	873.33	216.66
25	1043.33	–	170*	826.67*
28	873.33		–	656.67*
31	216.66			–

d = 111.44867

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 11 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงในช่วงเวลา 20 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีอัตราการผลิตสูงสุดและแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 28 และ 31 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสมีอัตราการผลิตแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียสด้วย

ตาราง 12 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ในระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกันในทุกช่วงเวลาเพาะเลี้ยง

การเคลื่อนตัวของน้ำ		1	1.5	2
(จำนวนเท่าของน้ำนิ่ง)	$\bar{X}$	2810	1970	1260
1	2810	–	840 *	1550 *
1.5	1970		–	710 *
2	1260			–

d = 284.51486

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 12 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่งมีอัตราการผลิตสูงสุดและแตกต่างจากน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1.5 และ 2 เท่าของน้ำนิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1.5 เท่าก็มีอัตราการผลิตแตกต่างจากในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่งด้วย

ตาราง 13 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ในระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส และมีการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกันในทุกช่วงเวลาเพาะเลี้ยง

การเคลื่อนตัวของน้ำ		1	1.5	2
(จำนวนเท่าของน้ำนิ่ง)	$\bar{X}$	2420	2020	700
1	2420	–	400 *	1720 *
1.5	2020		–	1320 *
2	700			–

d = 284.51486

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 13 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่งมีอัตราการผลิตสูงสุดและแตกต่างจากในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1.5 และ 2 เท่าของน้ำนิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1.5 เท่าของน้ำนิ่งก็มีอัตราการผลิตแตกต่างจากในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่งด้วย

ตาราง 14 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ในระดับอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส และมีการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกันในทุกช่วงเวลาเพาะเลี้ยง

การเคลื่อนตัวของน้ำ		1	1.5	2
(จำนวนเท่าของน้ำนิ่ง)	$\bar{X}$	540	460	400
1	540	–	80	140
1.5	460		–	60
2	400			–

d = 284.51486

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 14 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1, 1.5 และ 2 เท่าของน้ำนิ่งมีอัตราการผลิตไม่แตกต่างกัน โดยในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่งมีอัตราการผลิตสูงสุด

ตาราง 16 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่มีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกันในช่วงเวลาเพาะเลี้ยง 15 วัน ในทุกระดับอุณหภูมิ

การเคลื่อนตัวของน้ำ		1	1.5	2
(จำนวนเท่าของน้ำนิ่ง)	$\bar{X}$	623.33	456.67	240.00
1	623.33	–	166.66*	383.33*
1.5	456.67		–	216.67*
2	240.00			–

d = 111.44867

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 16 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงในช่วงเวลา 15 วัน ในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่งมีอัตราการผลิตสูงสุดและแตกต่างจากในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1.5 และ 2 เท่าของน้ำนิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1.5 เท่าก็มีอัตราการผลิตแตกต่างจากในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่งด้วย

ตาราง 17 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำต่างกันในช่วงเวลาเพาะเลี้ยง 20 วัน ในทุกระดับอุณหภูมิ

การเคลื่อนตัวของน้ำ		1	1.5	2
(จำนวนเท่าของน้ำนิ่ง)	$\bar{X}$	1000.00	760.00	373.33
1	1000.00	–	240*	626.67*
1.5	760.00		–	386.67*
2	373.33			–

$d = 111.44867$

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 17 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงในช่วงเวลา 20 วัน ในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่งมีอัตราการผลิตสูงสุดและแตกต่างจากในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1.5 และ 2 เท่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1.5 เท่าก็มีอัตราการผลิตแตกต่างจากในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่งด้วย

ตาราง 18 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่ง และในช่วงเวลาการเพาะเลี้ยงต่างกัน ในทุกระดับอุณหภูมิ

ช่วงเวลาการเพาะเลี้ยง		10	15	20
(วัน)	$\bar{X}$	300.00	623.33	1000.00
10	300.00	–	323.33*	700.00*
15	623.33		–	376.67*
20	1000.00			–

$d = 126.3704$

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 18 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่ง ในช่วงเวลา 20 วันมีอัตราการผลิตสูงสุดแตกต่างจากช่วงเวลา 15 และ 10 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในช่วงเวลา 15 วัน ก็มีอัตราการผลิตแตกต่างจากช่วงเวลา 10 วันด้วย

ตาราง 19 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่มีการเคลื่อนที่ของน้ำเป็น 1.5 เท่าของน้ำนิ่ง และในช่วงเวลาเพาะเลี้ยงต่างกัน ในทุกระดับอุณหภูมิ

ช่วงเวลาการเพาะเลี้ยง		10	15	20
(วัน)	$\bar{X}$	266.67	456.67	760.00
10	266.67	–	190*	493.33*
15	456.67		–	303.33*
20	760.00			–

d = 126.3704

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 19 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1.5 เท่าของน้ำนิ่งที่ช่วงเวลา 20 วัน มีอัตราการผลิตสูงสุดและแตกต่างจากที่ช่วงเวลา 10 และ 15 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ช่วงเวลา 15 วัน ก็มีอัตราการผลิตแตกต่างจากช่วงเวลา 10 วันด้วย

ตาราง 20 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่ง และในช่วงเวลาการเพาะเลี้ยงต่างกัน ในทุกระดับอุณหภูมิ

ช่วงเวลาการเพาะเลี้ยง		10	15	20
(วัน)	$\bar{X}$	173.33	240.00	373.33
10	173.33	–	66.67	200.00*
15	240.00		–	133.33*
20	373.33			–

d = 126.3704

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 20 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่ง ที่ช่วงเวลา 20 วัน มีอัตราการผลิตสูงสุดและแตกต่างจากอัตราการผลิตที่ช่วงเวลา 10 และ 15 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 21 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ในระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาเพาะเลี้ยงต่างกันในทุกระดับการเคลื่อนตัวของน้ำ

ช่วงเวลาการเพาะเลี้ยง		10	15	20
(วัน)	$\bar{X}$	346.67	623.33	1043.33
10	346.67	–	276.66*	696.67*
15	623.33		–	420.00*
20	1043.33			–

d = 126.3704

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 21 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ช่วงเวลา 20 วัน มีอัตราการผลิตสูงสุดและแตกต่างจากที่ช่วงเวลา 10 และ 15 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ที่ช่วงเวลา 10 วัน ก็มีอัตราการผลิตแตกต่างจากช่วงเวลา 15 วันด้วย

ตาราง 22 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ในระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส และในช่วงเวลาเพาะเลี้ยงต่างกันในทุกระดับการเคลื่อนตัวของน้ำ

ช่วงเวลาการเพาะเลี้ยง		10	15	20
(วัน)	$\bar{X}$	300.00	540.00	873.33
10	300.00	–	240*	573.33*
15	540.00		–	333.33*
20	873.33			–

d = 126.3704

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 22 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงในอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ที่ช่วงเวลา 20 วัน มีอัตราการผลิตสูงสุดและแตกต่างจากที่ช่วงเวลา 10 และ 15 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ช่วงเวลา 10 วัน ก็มีอัตราการผลิตแตกต่างจากที่ช่วงเวลา 15 วัน ด้วย

ตาราง 23 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีโดยเฉลี่ยของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ในระดับอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส และในช่วงเวลาเพาะเลี้ยงต่างกันในทุกระดับการเคลื่อนตัวของน้ำ

ช่วงเวลาการเพาะเลี้ยง		10	15	20
(วัน)	$\bar{X}$	93.33	156.67	216.67
10	93.33	–	63.34	123.34
15	156.67		–	60
20	216.67			–

d = 126.3704

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตาราง 23 ปรากฏว่า การเพาะเลี้ยงในอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ที่ช่วงเวลาเพาะเลี้ยง 10, 15 และ 20 วัน มีอัตราการผลิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ.

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อศึกษาอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ ในระดับอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาต่างกัน

กลุ่มตัวอย่างสาหร่าย V. gigas ที่ใช้ในการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างสาหร่าย V. gigas จากแม่พันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาคัดเลือกมาจาก Stock Culture จำนวน 810 โคโลนี ที่ทำการเพาะเลี้ยงใน Soil - Water Medium

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาค้นคว้าได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนตามลำดับดังนี้

1. เตรียม Soil - Water Medium เพื่อใช้เพาะเลี้ยง
2. แยกสาหร่าย V. gigas ออกจากสาหร่ายชนิดอื่นและทำให้บริสุทธิ์ เพื่อนำไปเพาะเลี้ยงเป็น Stock Culture ใน Soil - Water Medium
3. เตรียมอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงตามสูตรสารละลายของนอพ (Knop's Solution)
4. คัดเลือกโคโลนีของ V. gigas จาก Stock Culture และนำไปเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยง โดยทำการควบคุมระดับอุณหภูมิและการเคลื่อนตัวของน้ำ ตามระดับที่ต้องการ ตลอดจนจัดสภาพแวดล้อมในการเพาะเลี้ยงให้เหมาะกับการเจริญเติบโต
5. วัดอัตราการผลิตของ V. gigas ตามช่วงเวลาการเพาะเลี้ยงที่ต้องการ โดยใช้วิธีแจงนับด้วยมือ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

6. คำนวณหาอัตราการผลิตของ V. gigas โดยใช้สถิติช่วยในการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล การคำนวณใช้เครื่องคำนวณ Scientific Calculator รุ่น fx - 68

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA) โดยใช้ 3 x 3 x 3 Factorial Design แบบ Three Factors Experiment with Repeated Measure (Case II)

สรุปผลจากการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาอัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas สรุปได้ดังนี้

1. อัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายของนอพ จำแนกตามอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาเพาะเลี้ยง พบว่า

1.1 เมื่อคำนึงถึงปัจจัยด้านอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาเพาะเลี้ยงสาหร่าย V. gigas มีอัตราการผลิตสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำสุด (25 องศาเซลเซียส) การเคลื่อนตัวของน้ำต่ำสุด (1 เท่าของน้ำนิ่ง) และในช่วงเวลานานที่สุด (20 วัน)

1.2 เมื่อคำนึงถึงปัจจัยด้านอุณหภูมิและช่วงเวลาเพาะเลี้ยง พบว่า ในทุกช่วงเวลาเพาะเลี้ยง สาหร่าย V. gigas มีอัตราการผลิตสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำสุด (25 องศาเซลเซียส)

1.3 เมื่อคำนึงถึงปัจจัยด้านการเคลื่อนตัวของน้ำและช่วงเวลาเพาะเลี้ยง พบว่า ในทุกช่วงเวลาเพาะเลี้ยง สาหร่าย V. gigas มีอัตราการผลิตสูงสุดที่การเคลื่อนตัวของน้ำต่ำสุด (1 เท่าของน้ำนิ่ง)

1.4 เมื่อคำนึงถึงปัจจัยด้านอุณหภูมิและการเคลื่อนตัวของน้ำ พบว่า ที่การเคลื่อนตัวของน้ำต่ำสุด (1 เท่าของน้ำนิ่ง) และสูงสุด (2 เท่าของน้ำนิ่ง) นั้น อัตราการผลิตสูงสุดอยู่ที่อุณหภูมิต่ำสุด (25 องศาเซลเซียส) และที่การเคลื่อนตัวของน้ำปานกลาง (1.5 เท่าของน้ำนิ่ง) อัตราการผลิตสูงสุดจะอยู่ที่อุณหภูมิปานกลาง (28 องศาเซลเซียส)

2. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีของสาหร่าย V. gigas ที่จำแนกตามอุณหภูมิการเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาเพาะเลี้ยง พบว่า การเพาะเลี้ยง

2.1 ที่อุณหภูมิกับการเคลื่อนตัวของน้ำระดับต่างกันไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่ออัตราการผลิต

2.2 ที่อุณหภูมิต่างกันมีอัตราการผลิตต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 ที่การเคลื่อนตัวของน้ำต่างกันมีอัตราการผลิตต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 ที่ช่วงเวลาเพาะเลี้ยงต่างกันมีอัตราการผลิตต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.5 ที่อุณหภูมิกับช่วงเวลาต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กันต่ออัตราการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.6 ที่การเคลื่อนตัวของน้ำกับช่วงเวลาต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กันต่ออัตราการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.7 อุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาเพาะเลี้ยงไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่ออัตราการผลิต

<u>อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า</u>

การศึกษาเพาะเลี้ยงสาหร่าย V. gigas ในครั้งนี้พบว่าระดับอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับคือ 25, 28 และ 31 องศาเซลเซียสส่งผลต่ออัตราการผลิตของสาหร่าย V. gigas ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีอัตราการผลิตรวมสูงสุด (0.6711 โคโลนีต่อมิลลิลิตร) ที่อุณหภูมิ 28 และ 31 องศาเซลเซียสมีอัตราการผลิตรองลงมา คือ อัตราการผลิตเป็น 0.5711 และ 0.1555 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ และอัตราการผลิตนี้จะสูงในทุกช่วงเวลาและทุกระดับการเคลื่อนตัวของน้ำ นั่นคือที่ระดับอุณหภูมิต่ำจะมีอัตราการผลิตสูงหรือระดับอุณหภูมิและอัตราการผลิตเป็นปฏิภาคผกผันกันนั่นเอง ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับความเป็นจริงที่ว่า เราจะพบสาหร่ายชนิดนี้เฉพาะในปลายฤดูฝนจนกระทั่งต้นฤดูหนาว และจะพบใน

บริเวณที่มีแสงรำไร ในตอนเที่ยงวันจะพบในระดับลึกกว่าในตอนเช้าหรือใกล้ค่ำ (พเยาว์ กุฎาคาร 2518 : 32 – 53) ในเขตกรุงเทพมหานครเราจะพบสาหร่ายนี้ในบริเวณสระน้ำในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ซึ่งเป็นสระขนาดใหญ่ มีจอกแหนผักบุ้งปกคลุมผิวน้ำบริเวณขอบสระมีต้นไม้ใหญ่ขึ้นปกคลุม โดยเฉลี่ยอุณหภูมิในเขตกรุงเทพ ฯ ในฤดูฝนใน พ.ศ. 2521 – 2522 ปรากฏว่าอยู่ระหว่าง 27.4 – 29.3 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำย่อมต่ำกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ ประกอบกับสภาพแวดล้อมของสระดังกล่าวข้างต้นจึงทำให้น้ำในสระมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในบรรยากาศ ทำให้สาหร่าย V. gigas สามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อย ๆ ได้ ในฤดูร้อนซึ่งอุณหภูมิสูงขึ้นจากฤดูฝนมากจะไม่ปรากฏว่าพบสาหร่ายชนิดนี้ในบริเวณนั้นเลย

การเคลื่อนตัวของน้ำที่ต่างกันส่งผลต่ออัตราการผลิตต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่อัตราการผลิตในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่งจะมีอัตราการผลิตสูงสุด คือจะเพิ่มเป็น 0.6411 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ในทุกช่วงเวลาและทุกระดับอุณหภูมิ ซึ่งจะต่างจากอัตราการผลิตในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเป็น 1.5 เท่าและ 2 เท่าตามลำดับ โดยอัตราการผลิตจะเพิ่มเป็น 0.4944 และ 0.2622 โคโลนีต่อมิลลิลิตร กล่าวคือ ในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวช้าจะมีอัตราการผลิตสูงกว่าในน้ำที่มีการเคลื่อนตัวเร็ว ในทางตรงข้าม น้ำที่มีการเคลื่อนตัวเร็วจะมีอัตราการผลิตต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเคลื่อนตัวของน้ำในอัตราเร็วสูงนั้นมีผลกระทบต่อรูปร่าง โครงสร้าง ตลอดจนอัตราการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของสาหร่าย โดยจะไปทำให้โคโลนีผิดรูปร่างไป ทำให้ชะงักการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ หรือไปทำให้โคโลนีถูกกระแทกจนแตกสลายไป ในธรรมชาติส่วนใหญ่เราจะพบสาหร่ายชนิดนี้ในบริเวณที่เป็นคู สระ หรือร่องน้ำที่เป็นน้ำนิ่งมากกว่าบริเวณที่น้ำไหลแรง หรือในแม่น้ำ คลองขนาดใหญ่ ซึ่งผลการทดลองนี้เป็นไปตามที่สมิธ (Smith) กล่าวไว้ว่า Volvox อาศัยอยู่ในน้ำจืดบริเวณที่เป็นคู คลอง ท้องร่อง และแอ่งน้ำ

พบว่าช่วงเวลาเพาะเลี้ยงก็ส่งผลต่ออัตราการผลิตต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้วย นั่นคือการเพาะเลี้ยงในช่วงเวลา 20 วันจะให้อัตราการผลิตเพิ่มสูงสุดถึง 0.7111 โคโลนีต่อมิลลิลิตร รองลงไปได้แก่การเพาะเลี้ยงในช่วง 15 วันและ 10 วันตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการผลิตเพิ่มเป็น 0.4400 และ 0.2466 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ กล่าวคือ ช่วงเวลา

เพาะเลี้ยงเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอัตราการผลิต การเพาะเลี้ยงในช่วงเวลานานขึ้นทำให้อัตราการผลิตสูงเพิ่มมากขึ้น แต่ทั้งนี้เราต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมหรือปัจจัยอื่น ๆ เช่น สารอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตจะต้องมีอย่างพอเพียงตลอดเวลา ตลอดจนถึงพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงก็ต้องคำนึงถึงด้วย ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดความหนาแน่นมากเกินไปจะทำให้อัตราการผลิตลดต่ำลงได้

อุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาเพาะเลี้ยงไม่มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อุณหภูมิกับการเคลื่อนตัวของน้ำก็ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย แต่ระหว่างอุณหภูมิกับช่วงเวลา และการเคลื่อนตัวของน้ำกับช่วงเวลามีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือ อัตราการผลิตในอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำและช่วงเวลาใด ๆ จะมีอัตราการผลิตใกล้เคียงกัน แต่อัตราการผลิตในอุณหภูมิกับช่วงเวลาที่ต่างกันจะแตกต่างกัน คือ อัตราการผลิตในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 10 วัน จะแตกต่างจากอัตราการผลิตในอุณหภูมิ 28 และ 31 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิต่ำและการเคลื่อนตัวของน้ำที่ต่ำจะให้อัตราการผลิตสูงกว่าในอุณหภูมิและการเคลื่อนตัวของน้ำสูง คือ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่งจะมีอัตราการผลิตสูงสุด และในอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่งจะมีอัตราการผลิตสูงรองลงมา อัตราการผลิตต่ำสุดจะอยู่ในอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียสและมีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 2 เท่าของน้ำนิ่ง และในช่วงเวลาเพาะเลี้ยง 20 วันเป็นช่วงที่อัตราการผลิตเพิ่มสูงกว่าในช่วง 10 และ 15 วัน จากตาราง 1 จะเห็นว่าการเพาะเลี้ยงในอุณหภูมิ 25 และ 28 องศาเซลเซียสที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่งมีอัตราการผลิตเพิ่มอย่างน่าสังเกต เพื่อยืนยันผลการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเพาะเลี้ยงสาหราย *V. gigas* ในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสที่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็น 1 เท่าของน้ำนิ่งอีกครั้งหนึ่ง ผลการทดลองปรากฏว่า อัตราการผลิตที่ได้ใกล้เคียงกับการเพาะเลี้ยงครั้งแรก สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะ ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมบางอย่างให้เหมือนครั้งแรกได้ เช่น อุณหภูมิในครั้งหลังไม่สม่ำเสมอเหมือนครั้งแรก ถ้าสามารถจัดสภาพแวดล้อมทุกอย่างให้เหมือนครั้งแรกได้เชื่อว่าอัตราการผลิตครั้งหลังจะต้องเท่ากับครั้งแรก จะเห็นว่าเราสามารถควบคุมปัจจัยในเรื่องอุณหภูมิ การเคลื่อนตัวของน้ำช่วงเวลาการเพาะเลี้ยงให้สูงหรือต่ำแตกต่างกันเพื่อให้อัตราการผลิตเป็นไปตามที่เราต้องการได้ และจากอัตราการผลิตในแต่ละช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้นนั้นสามารถนำมาใช้ในการกำหนดวันเก็บเกี่ยวได้ตามต้องการด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการศึกษาเพื่อหาสาหร่าย V. aureus มาวิเคราะห์หาคุณค่าทางอาหาร

2. ควรจะมีการศึกษาวิจัยเพื่อแปรรูปโปรตีนจากสาหร่าย V. aureus มาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น เป็นอาหารเสริม ใช้ประกอบอาหารแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ หรือใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอุตสาหกรรมอาหาร

3. ควรจะมีการศึกษาเพาะเลี้ยง Volvox ชนิดอื่น หรือสาหร่ายอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบอัตราการผลิตกับ V. aureus

4. ควรจะมีการศึกษาเพาะเลี้ยง V. aureus ในระดับอุณหภูมิ อัตราการเคลื่อนตัวของน้ำ และช่วงเวลาการเพาะเลี้ยงที่ระดับแตกต่างจากนี้ออกไป และทำการเพาะเลี้ยงในหลายๆ ระดับ เพราะจะทำให้ทราบแนวโน้มของอัตราการผลิตได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ดรุณี นิติมานพ "โปรตีนจากสาหร่าย" สารสิ่งแวดล้อม 3 : 7 – 11 สิงหาคม – กันยายน 2520

ทบวงมหาวิทยาลัย ชีววิทยาเล่ม 2 สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2523, 952 หน้า

พเยาว์ กุฎาคาร การสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอเมืองและปากเกล็ด จังหวัดนนทบุรี ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2518, 119 หน้า อัดสำเนา

พรรณี คงสวี การศึกษาสาหร่าย Volvox ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2517, 42 หน้า อัดสำเนา

มานี เตื้อสกุล การสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2520, 123 หน้า อัดสำเนา

ราตรี ไกรสิทธิ์ การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายวอลวอกซ์ในสูตรอาหารของนอพที่มีตัวทำละลาย และความเข้มข้นต่างกัน ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2523, 65 หน้า อัดสำเนา

สุนันทา มนัสมงคล การสำรวจสาหร่ายเขตราชภัฏบูรณะ กรุงเทพมหานคร ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2518, 129 หน้า อัดสำเนา

สุรชัย จันทรรังสรรค์ "อาหารการกินและโปรตีนราคาถูก" อุตสาหกรรมสาร 20 : 42 – 45 มกราคม 2520

สมศักดิ์ แสนสุข และ ประเสริฐ เกียรติประวัติ การรวบรวมพันธุ์สาหร่ายเพื่อการสอนและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ม.ป.ป. 14 หน้า

Bold, Harold C. Morphology of Plant. Third edition, New York, Harper International Edition, 1973. 668 p.

Bold, Harold C. and Michael J. Wyne. Introduction to the Algae. New Jersey, Prentice Hall, 1978. 706 p.

Cronquist, Arthur. Introductory Botany. New York, Harper & Row, 1961. 902 p.

Dittmer, Howard J. Phylogeny and Form in the Plant Kingdom. New Jersey, D. Van Nostrand Company, Inc., 1968. 642 p.

Fogg, G.E. Algal Culture and Phyto-plankton Ecology. Wisconsin, Wisconsin University Press, 1965. 547 p.

Jamieson, B.G.M. and J.F. Reynolds. Tropical Plant Types. New York, Pergamon Press Ltd., 1967. 347 p.

Kasetsart University, Institute of Food Research and Product Development. Algae Project. Second Report on the Production and Utilization of Microalgae as a Protein Source in Thailand, 1971. 61 p.

Kochert, Gary. "Differentiation of Reproductive Cells in Volvox cartori" J. Protozoal. 15 : 438 - 452. 1968.

Kudo, Richard R. Protozoology. Springfield, Charles C. Thomas Publisher, 1971. 543 p.

Kumar, H.D. and H.N. Singh. A Textbook on Algae. New Delhi, Affiliated East-West Press PVT, Ltd., 1971. 200 p.

Lindquist, E.F. Design and Analysis of Experiments in Psychology and Education. Boston, Houghton Mifflin Company, 1956. 393 p.

Machlis, Leonard and John G. Torrey. Plants in Action. San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1959. 280 p.

Manwell, Reginald D. Introduction to Protozoology. New York, Dover Publication, Inc., 1968. 642 p.

Mclean, R.C. and W.R. Ivirney. Plant Science Formulae. London, Macmillan & Co. Ltd., 1963. 205 p.

Pantastico J.B. and H. Hoffman. General Botany : A Complete Guide to the Lower Forms. Agrix Publishing Corp, Philippines, 1976. 125 p.

Pringsheim, E.G. Pure Cultures of Algae. New York, Hafher Publishing Company, 1967. 119 p.

Round, F.E. Introduction to the Lower Plants. New York, Plenum Press, 1969. 170 p.

Schechter, Victor. Invertebrate Zoology. New Jersey, Prentice Hall, 1959. 530 p.

Smith, Gilbert M. "Comparative Study of the Spicies of Volvox" Transections of American Microscopial Society. LXIII (4) : 265 - 310, October 1944.

_____. Fresh - Water Algae of the United States. New York, McGraw-Hill Book Company, 1950. 719 p.

_____. Manual of Phycology. New York, Ronald Press Company, 1951. 375 p.

Venkataraman, G.S. The Cultivation of Algae. New Delhi, Indian Council of Agriculture Research, 1969. 319 p.

Winer, B.J. Statistical Principles in Experimental Design. Second Edition, New York, McGraw-Hill 1962. 907 p.