

ศึกษาปริมาณของฟอสเฟตและไนเตรทที่เหมาะสม
สำหรับการเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus* sp.
เพื่อผลิตไบโอดีเซลในระบบขยายขนาด

OPTIMUM FOR PHOSPHATE AND NITRATE CONTENT
IN *Scenedesmus* sp. CULTIVATION FOR BIODIESEL
PRODUCTION IN SCALE-UP SYSTEM



T149544

ศศลักษณ์

สุกกมล

ศศิภา

อุทิศผล

อัฐ

เลิศระแสงธรรม

12885678

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 149544
ฉบับเดือน ปี ๙ ๒๕๖๑

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPTIMUM FOR PHOSPHATE AND NITRATE CONTENT
IN *Scenedesmus* sp. CULTIVATION FOR BIODIESEL
PRODUCTION IN SCALE-UP SYSTEM

SASALAK

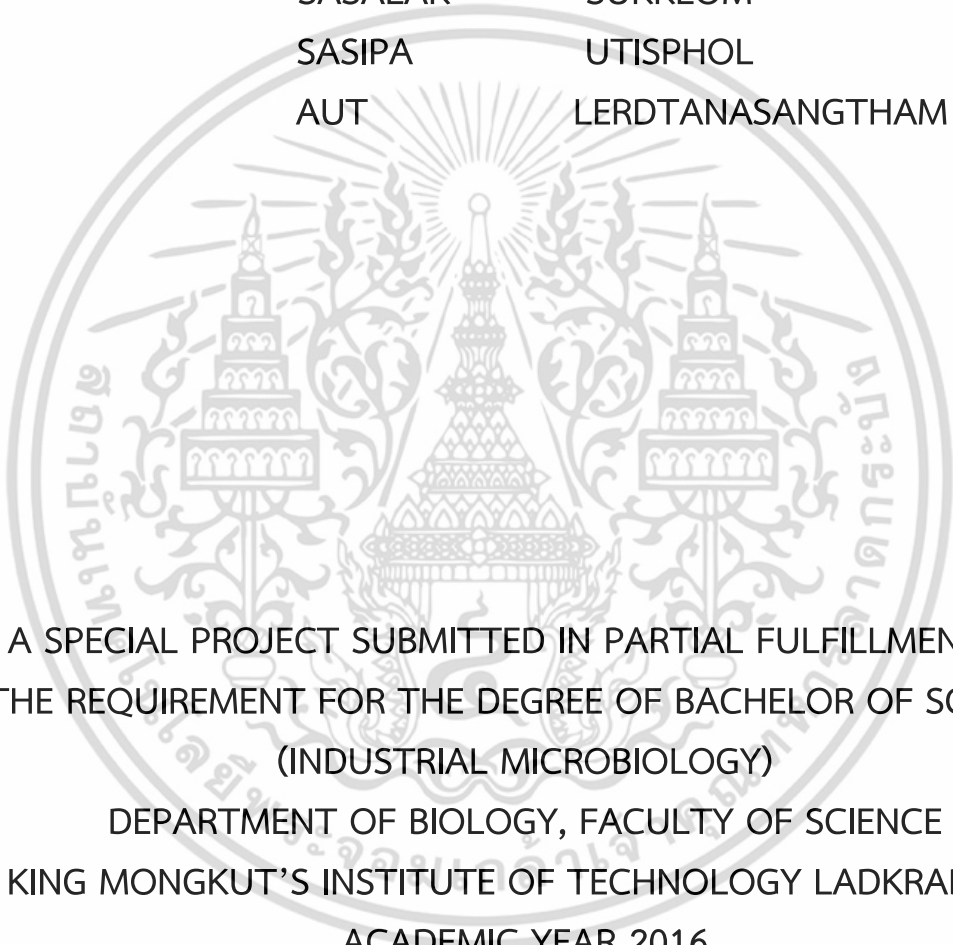
SUKKLOM

SASIPA

UTISPHOL

AUT

LERDTANASANGTHAM



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
(INDUSTRIAL MICROBIOLOGY)

DEPARTMENT OF BIOLOGY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ ศึกษาปริมาณของฟอสเฟตและไนเตรทที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus* sp. เพื่อผลิตไบโอดีเซลในระบบขยายขนาด
Optimum for Phosphate and Nitrate Content in *Scenedesmus* sp. Cultivation for Biodiesel Production in Scale-up System

ชื่อนักศึกษา	นางสาวศศลักษณ์ สุกกล้า	รหัสนักศึกษา	56051075
	นางสาวศศิภา อุทิศผล	รหัสนักศึกษา	56051076
	นายอัฐ เลิศชนะแสงธรรม	รหัสนักศึกษา	56051101

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชา ชีววิทยา

ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงกมล เรือนงาม

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ. วัฒนา ชูโชติ ประธานกรรมการ	
ดร. วิภาวี เดชดีศักดิ์ กรรมการ	
ผศ.ดร. ดวงกมล เรือนงาม กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	ศึกษาปริมาณของฟอสเฟตและไนเตรทที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสาหร่าย <i>Scenedesmus</i> sp. เพื่อผลิตไบโอดีเซลในระบบขยายขนาด		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวศศลักษณ์ สุกกล้า	รหัสนักศึกษา	56051075
	นางสาวศศิภา อุทิศผล	รหัสนักศึกษา	56051076
	นายอัฐ เลิศธนะแสงธรรม	รหัสนักศึกษา	56051101
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)		
ภาควิชา	ชีววิทยา		
ปีการศึกษา	2559		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงกลม เรือนงาม		

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* โดยใช้อาหารหลักเป็น BG-11 และแปรค่าความเข้มข้นของแหล่งโพแทสเซียมฟอสเฟตให้อยู่ในช่วง 0 – 0.08 กรัมต่อมิลลิลิตร และแหล่งโซเดียมไนโตรเจนในช่วง 0 – 3.00 กรัมต่อมิลลิลิตร ทำการเพาะเลี้ยงในพลาสติก ขนาด 250 มิลลิลิตร (ปริมาตรอาหาร 100 มิลลิลิตร) เขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) ความเข้มข้นแสง 1,750 ลักซ์ พบว่าสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในอาหารที่เติมโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร ได้ปริมาณเซลล์ในวันที่ 30 เป็น 6.44×10^5 เซลล์ต่อลิตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร เป็น 3.008 และการวัดน้ำหนักเซลล์แห้งเป็น 0.0410 กรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด (μ_{max}) เป็น 0.1693 ต่อวัน ค่าที่ได้นี้มีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับฟอสเฟตที่ความเข้มข้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 กรัมต่อลิตร พบว่าจากการตรวจสอบผลในวันที่ 30 ของการเพาะเลี้ยงด้วยวิธีการนับเซลล์เป็น 7.44×10^5 เซลล์ต่อลิตร การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร เป็น 3.099 และการวัดน้ำหนักเซลล์แห้งเป็น 0.0477 กรัมต่อลิตร มีค่า μ_{max} เป็น 0.1654 ต่อวัน แต่ไม่แตกต่างกับความเข้มข้น 1.50 สำหรับการขยายในระบบขนาด 6,000 มิลลิลิตร (ปริมาตรอาหาร 5,000 มิลลิลิตร) มีการเติมอากาศโดยผ่านท่อซิลิโคนตรง 30 เซนติเมตร พบว่าจากการตรวจสอบผลในวันที่ 30 ของการเพาะเลี้ยงด้วยวิธีการนับเซลล์เป็น 2.48×10^5 เซลล์ต่อลิตร การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร เป็น 0.952 และการวัดน้ำหนักเซลล์แห้งเป็น 0.063 กรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดเป็น 0.0563 ต่อวัน นำน้ำมันที่ได้จากสาหร่ายไปวิเคราะห์หาชนิดของน้ำมันด้วยเครื่อง GC คาดว่าน้ำมันที่สามารถนำไปผลิตไบโอดีเซลได้คือ คือ C14 และ C18

คำสำคัญ : *Scenedesmus armatus* แหล่งโพแทสเซียมฟอสเฟต แหล่งโซเดียมไนเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Optimum for Phosphate and Nitrate Content in <i>Scenedesmus</i> sp. Cultivation for Biodiesel Production in Scale-up System		
Students	Miss Sasalak Sukklom	Student ID	56051075
	Miss Sasipa Utisphol	Student ID	56051076
	Mr. Aut Lerdtanasangtham	Student ID	56051101
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)		
Department	Biology		
Faculty	Science		
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
Academic Year	2016		
Advisor	Asst.Prof.Dr. Duangkamol Ruen-ngam		

Abstract

This research has the following objectives of effect of modified BG-11 on the growth of *Scenedesmus armatus* by varied potassium phosphate (0 - 0.08 g/ml) and sodium nitrate content (0 - 3.00 g/ml). The culture was cultivated in 250 ml flask with medium volume 100 ml, shaking speed of 120 rpm at room a temperature ($25 \pm 2^\circ \text{C}$), the light intensity of 1,750 lux. The best potassium phosphate concentration to get high yield of algae is potassium phosphate. It was 0.04 g/l at significant of 95% compared to other concentration. At highest yield with the maximum specific growth rate (μ_{max}) of 0.1693 per day, cell count was $6.44 \times 10^5 \text{ cell/l}$, got value of 3.008 at 560 nm and dried cell weight was 0.0410 g/l achieved by 30 day cultivation. For the effect of sodium nitrate, the concentration of 0.75 g/l got the highest yield with μ_{max} 0.1654 per day, however, it was not significantly different compared to other concentration by getting counted cell was $7.44 \times 10^5 \text{ cell/l}$, 3.009 absorbance value, dry cell weight was 0.0477 g/l. Scale up to size 6,000 ml in closed system (medium volume 5,000 ml), air was fed by pumping through 30 cm. straight silicone tube. It was found that cell count got $2.48 \times 10^5 \text{ cell/l}$, absorbance value was 0.952 and the measurement of dry cell weight was 0.063 g/l and had the μ_{max} was 0.0563 per day. The oil derived from algae is analyzed for the type of oil with the GC. It has expected that the oil that can be used to produce biodiesel is C14 and C18.

Keywords : *Scenedesmus armatus* , potassium phosphate sources , sodium nitrate sources

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยได้ก็ด้วยความเสียสละ ความอนุเคราะห์ และน้ำใจจากบุคคลหลายฝ่าย ตลอดจนคณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาและการทำโครงการพิเศษ ผู้วิจัยโครงการพิเศษจึงขอกราบขอบพระคุณในการกรุณาของทุกท่านมา ณ. โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ดวงกมล เรือนงาม ที่ได้ให้คำปรึกษา ให้แนวคิด และช่วยตรวจแก้ไขในส่วนที่บกพร่องต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้น จนกระทั่งเขียนโครงการพิเศษจนสำเร็จเป็นรูปเล่ม

ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์คณะกรรมการควบคุมโครงการพิเศษ ผศ. วีณา ชูโชติ และ ดร. วิภาวี เดชดีศักดิ์ ที่ร่วมแสดงความคิดเห็น แนะนำ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อโครงการพิเศษครั้งนี้เป็นอย่างมาก

ท้ายที่สุดนี้ คุณความดีและกุศลที่พึงบังเกิดมีจากโครงการพิเศษเล่มนี้ เป็นผลมาจากความเมตตา กรุณา ของท่านบิดา มารดา ผู้คอยให้กำลังใจและให้ความสนับสนุนในการศึกษาโดยตลอด และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยา ที่ให้ความช่วยเหลือจนได้รับความสำเร็จในครั้งนี้

ศศลักษณ์ สุกกล้า
ศศิภา อุทิศผล
อัฐ เลิศชนะแสงธรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	ก
Abstract.....	ข
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	63
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	63
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	64
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	64
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	65
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	66
2.1 สาหร่าย	66
2.2 สาหร่าย Scenedesmus sp.	67
2.3 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก (Algal cultivation)	69
2.4 สาหร่ายน้ำมัน	70
2.5 การผลิตไบโอดีเซล	73
2.6 การวิเคราะห์ปริมาณไบโอดีเซลด้วยเทคนิค GC	76
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	77
บทที่ 3.....	82
วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	82
3.1 อุปกรณ์ และสารเคมี	82
3.2 แผนผังการทดลอง	84
3.3 การเก็บรักษาหัวเชื้อบริสุทธิ์	84
3.4 การเตรียมหัวเชื้อบริสุทธิ์	85
3.5 การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การหาความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟต (K_2PO_4) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ สำหรับ	86
3.7 การหาความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสำหรับ	86
3.8 การประดิษฐ์ขวดขนาด 6,000 มิลลิลิตร ให้มีการเติมอากาศแบบปกติ	87
3.9 การขยายขนาดการเพาะเลี้ยง	89
3.10 การตรวจสอบการเจริญเติบโต และการสังเกตปริมาณไขมันของสำหรับ	90
3.11 การวิเคราะห์ทางสถิติ	92
บทที่ 4	93
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	93
4.1 ผลการศึกษาระยะเวลาการเจริญเติบโตของสำหรับ	93
4.2 ผลของความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟตที่แตกต่างกัน	97
4.3 ผลของความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่แตกต่างกัน	102
4.4 ผลของการขยายขนาดในการเพาะเลี้ยง	108
4.5 เปรียบเทียบระบบขนาดเล็กกับระบบขยายขนาด	112
4.6 ผลการวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี	113
บทที่ 5	117
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	117
สรุปผลการทดลอง	117
ข้อเสนอแนะ	117
เอกสารอ้างอิง	118
ภาคผนวก.....	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันจากสาหร่ายเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ	9
2.2 แสดงสภาวะของโครมาโตกราฟีแบบแก๊ส (Gas chromatography condition)	16
4.1 จำนวนเซลล์ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร และน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อ นาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์.....	34
4.2 จำนวนเซลล์ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร และน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโพแทสเซียมฟอสเฟต 0-0.08 กรัมต่อลิตร 11 ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์.....	38
4.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะจากการตรวจผลด้วยวิธีการนับจำนวนเซลล์ของสาหร่ายของ สาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของ โพแทสเซียมฟอสเฟต	43
4.4 จำนวนเซลล์ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร และน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโซเดียมไนเตรท 0-3.00 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์.....	44
4.5 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะจากการตรวจผลด้วยวิธีการนับจำนวนเซลล์ของสาหร่าย ของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้น ของโซเดียมไนเตรท	49
4.6 จำนวนเซลล์ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร และน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้น ของโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร ในถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร.....	50
4.7 เปรียบเทียบจำนวนเซลล์ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร น้ำหนักเซลล์แห้งและ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในระบบขนาดเล็ก และระบบขยายขนาดในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัม ต่อลิตร และโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร.....	53
4.8 องค์ประกอบของตัวอย่างที่พบจากการสกัดสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i>	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.9 องค์ประกอบของกรดไขมันที่พบในสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> จากการเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟรวมเฉพาะกรดไขมันในแต่ละตัวอย่าง	55
4.10 พื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐาน Oleic acid (Ph.Eur) pure ที่วิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี.....	56
4.11 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันคาดว่าพบของกรดไขมันที่พบในสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> จากการคิดเทียบกับกราฟมาตรฐาน	57
ก.1 แสดงสารเคมีที่ใช้เตรียมอาหาร BG-11.....	63
ค.1 ข้อมูลแสดงปริมาณเซลล์ของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i>	65
ค.2 ข้อมูลแสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i>	65
ค.3 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i>	66
ค.4 ข้อมูลแสดงค่ามาตรฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	67
ค.5 ข้อมูลแสดงค่าปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i>	68
ค.6 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร	69
ค.7 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	70
ค.8 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	71
ค.9 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 2.25 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	72
ค.10 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 3.00 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	73
ค.11 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0 กรัมต่อลิตร	74
ค.12 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.02 กรัมต่อลิตร.....	75
ค.13 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.14 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.06 กรัมต่อลิตร.....	77
ค.15 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.08 กรัมต่อลิตร.....	78
ค.16 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร	79
ค.17 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร	80
ค.18 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	81
ค.19 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 2.25 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	82
ค.20 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 3.00 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	83
ค.21 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0 กรัมต่อลิตร	84
ค.22 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.02 กรัมต่อลิตร.....	85
ค.23 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร	86
ค.24 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.06 กรัมต่อลิตร.....	87
ค.25 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.08 กรัมต่อลิตร.....	88
ค.26 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร	89
ค.27 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	90
ค.28 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.29 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 2.25 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	92
ค.30 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 3.00 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	93
ค.31 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0 กรัมต่อลิตร.....	94
ค.32 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.02 กรัมต่อลิตร.....	95
ค.33 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	96
ค.34 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.06 กรัมต่อลิตร.....	97
ค.35 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.08 กรัมต่อลิตร.....	98
ค.36 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	99
ค.37 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	100
ค.38 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	101
ค.39 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 2.25 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	102
ค.40 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 3.00 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	103
ค.41 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0 กรัมต่อลิตร.....	104
ค.42 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.02 กรัมต่อลิตร.....	105
ค.43 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	106

สารบัญตาราง (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่	หน้า
ค.44 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.06 กรัมต่อลิตร.....	107
ค.45 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.08 กรัมต่อลิตร.....	108
ง.1 ข้อมูลแสดงการนับจำนวนเซลล์สาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ภายในถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบ air-lift ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัม ต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	111
ง.2 ข้อมูลแสดงการนับจำนวนเซลล์สาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ภายในถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบธรรมดาที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัม ต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	111
ง.3 ข้อมูลแสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ภายในถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบ air-lift ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	112
ง.4 ข้อมูลแสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ภายในถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบธรรมดาที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	112
ง.5 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ภายในถัง ขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบ air-lift ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	113
ง.6 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ภายในถัง ขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบธรรมดาที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร.....	113
จ.1 ภาพถ่ายขนาดเซลล์สาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่ปรับสภาวะโซเดียมไนเตรท และ โปแทสเซียมฟอสเฟต	115
ช.1 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 2 เท่า	138
ช.2 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 4 เท่า	143
ช.3 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 6 เท่า	149
ช.4 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 8 เท่า	155
ช.5 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 10 เท่า	162
ช.6 ผลวิเคราะห์สารสกัดตัวอย่างจากสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i>	168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เซลล์สาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i>	5
2.2 ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์	13
2.3 กลไกปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์	14
2.4 เทคนิคเครื่อง GC.....	15
3.1 ถังประดิษฐ์ขนาด 6,000 มิลลิลิตร ที่ประกอบเสร็จแล้ว.....	28
3.2 ถังประดิษฐ์ตราสยามขนาด 6,000 มิลลิลิตร ที่ประกอบเสร็จแล้ว(ด้านบน)	29
3.3 ปุ่มเติมอากาศสำหรับใช้เติมอากาศ (HP-8000,Atman)	29
3.4 ฮีมาไซโตมิเตอร์	31
3.5 แสดงส่วนประกอบของฮีมาไซโตมิเตอร์	31
4.1 จำนวนเซลล์ของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ในสภาวะ เขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์.....	35
4.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงใน อาหาร BG-11 ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์	35
4.3 น้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์.....	36
4.4 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์.....	37
4.5 จำนวนเซลล์ของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11ที่เติมโพแทสเซียม ฟอสเฟตความเข้มข้น 0-0.08 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์	40
4.6 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11ที่เติมโพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0-0.08 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์	41
4.7 น้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11ที่เติม โพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0-0.08 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อ นาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750ลักซ์	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 จำนวนเซลล์ของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0-3.00 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์	46
4.9 ค่าการดูดกลืนแสงของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0-3.00 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์	47
4.10 น้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0 – 0.08 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์	48
4.11 จำนวนเซลล์ของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ภายในถังขนาด 6 ลิตร ปรับสูตรอาหาร BG-11 ที่มีโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเติมอากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์	51
4.12 ภาพแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ภายในถังขนาด 6 ลิตร ปรับสูตรอาหาร BG-11 ที่มีโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเติมอากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์	51
4.13 ภาพแสดงน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> ภายในถังขนาด 6 ลิตร ปรับสูตรอาหาร BG-11 ที่มีโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเติมอากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์	52
4.14 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่สกัดจากสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i> จากเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี.....	55
4.15 กราฟมาตรฐานของกรดไขมันไมริสติก (C14:0)	56
4.16 กราฟมาตรฐานของกรดไขมันสเตียริก (C18:0)	57
ค.4 แสดงค่ามาตรฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	67
ค.5 แสดงค่าปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย <i>Scenedesmus armatus</i>	68
ง.1 ถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบ Air-lift	109
ง.2 ถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบธรรมดา.....	109
ง.3 ถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบ Air-lift (ด้านบน)	110
ง.4 ถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบธรรมดา.....	110
ง.5 ลักษณะการไหลของอากาศในถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบ Air-lift.....	110
ข.1 การวิเคราะห์ทางสถิติของจำนวนเซลล์ในวันที่ 30 ที่แปรค่าโพแทสเซียมฟอสเฟต	130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ช.2 การวิเคราะห์ทางสถิติของจำนวนเซลล์ในวันที่ 30 ที่แปรค่าโซเดียมไนเตรท.....	131
ช.3 การวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรในวันที่ 30 ที่แปรค่าโพแทสเซียมฟอสเฟต	132
ช.4 การวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรในวันที่ 30 ที่แปรค่าโซเดียมไนเตรท	133
ช.5 การวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดน้ำหนักเซลล์แห้งในวันที่ 30 ที่แปรค่าโพแทสเซียมฟอสเฟต	134
ช.6 การวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดน้ำหนักเซลล์แห้งในวันที่ 30 ที่แปรค่าโซเดียมไนเตรท	135
ช.7 การวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่แปรค่าโพแทสเซียมฟอสเฟต	136
ช.8 การวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่แปรค่าโซเดียมไนเตรท	137
ช.2 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 4 เท่า	149
ช.3 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 6 เท่า	155
ช.4 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 8 เท่า	161
ช.5 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 10 เท่า	168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทะยานสูงขึ้นมากเนื่องจากปริมาณน้ำมันในธรรมชาติเริ่มลดน้อยลง อาจทำให้เกิดสภาวะขาดแคลนน้ำมันไปทั่วโลก ด้วยเหตุนี้การหาแหล่งเชื้อเพลิงเป็นทางเลือกที่น่าจับตามอง โดยการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงธรรมชาติของสาหร่ายบางชนิดให้กลายเป็นแหล่งผลิตน้ำมัน วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพได้แก่ ข้าวโพด อ้อย ข้าวสาลี มันสำปะหลัง ซึ่งวัตถุประสงค์เหล่านี้ส่วนใหญ่ใช้เป็นอาหารของคนและสัตว์ ดังนั้นหากต้องการเพิ่มปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพให้เพียงพอต่อความต้องการนั้นก็ต้องใช้วัตถุดิบที่มีปริมาณมากขึ้นสูง จากนั้นมีการเปลี่ยนมาใช้พืชชนิดที่ไม่ได้นำมาบริโภคเป็นวัตถุดิบแทน ได้แก่ พางข้าว เศษไม้ ชี้อ้อย และซังข้าวโพด เป็นต้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้ผลผลิตต่อไร่ในปริมาณสูง จึงหันมานิยมใช้สาหร่ายเป็นวัตถุดิบผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ เนื่องจากไม่กระทบต่อห่วงโซ่อาหาร เจริญเติบโตได้รวดเร็วและขยายพันธุ์ได้ง่าย อีกทั้งยังพบตามแหล่งน้ำทั่วไป แหล่งน้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำเสีย สาหร่ายสังเคราะห์ด้วยแสงเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานเคมี โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำซึ่งมีปริมาณมากพอสำหรับการใช้เป็นวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงคือ ไชมันหรือน้ำมัน ซึ่งสามารถสกัดและนำมาผ่านกระบวนการทำให้ได้ผลผลิตเป็นเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน การเพาะเลี้ยงสาหร่ายประกอบด้วยปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง สายพันธุ์ของสาหร่าย สารอาหาร เป็นต้น

ในด้านของสารอาหารที่ส่งผลต่อการเจริญและสะสมไขมันของสาหร่ายได้แก่ แหล่งไนโตรเจน (Wu and Miao, 2014) ซึ่งแหล่งไนโตรเจนที่ดีที่สุดคือ โซเดียมไนเตรท (NaNO_3) (รัตนภรณ์ และงามนิจ, 2010) แหล่งไนโตรเจนและความเข้มข้นของไนโตรเจนมีผลต่อ biomass จากการศึกษาพบว่าแหล่งของไนโตรเจนมีผลต่อ algal biomass โดยเฉพาะในระดับความเข้มข้นที่ 5 และ 10 มิลลิโมลาร์ ส่วนแหล่งไนโตรเจนที่สามารถเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Scenedesmus* sp. ได้ดี คือ โพแทสเซียมฟอสเฟต (0.32 กรัมต่อลิตร) และ โซเดียมไนเตรท (0.28 กรัมต่อลิตร) ในสภาวะที่ขาดไนโตรเจน สาหร่ายมีการผลิตไขมันสูงขึ้น และสามารถผลิตสารประกอบอื่นเพื่อช่วยในการเจริญเติบโต (Fei-Fei และคณะ, 2014) นอกจากนี้ สภาวะในการเลี้ยงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญได้แก่ ปัจจัยทางเคมี เช่น แหล่งไนโตรเจน (เบปโทน ,โซเดียมไนเตรท ,ยูเรีย) จะทำให้สาหร่ายมีพลังงานเพียงพอต่อความต้องการใช้ในกิจกรรมของเซลล์ (Ceron Garcia และคณะ 2006) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ยูเรีย (0.25 กรัมต่อลิตร) ยังให้ผลเทียบเท่าไนเตรททำให้สามารถใช้อูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย(จิรรัตน์ พรหมนารถ และสุนิรัตน์ เรืองสมบูรณ์, 2556)

ในด้านแหล่งฟอสเฟต เป็นสารอาหารที่ส่งผลต่อการเจริญและสะสมไขมันของสาหร่าย *Scenedesmus* sp. ซึ่งได้ศึกษาผลของฟอสเฟตที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์อันใดจากเอกสารนี้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(20 มิลลิกรัมต่อลิตร , 40 มิลลิกรัมต่อลิตร, 60 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยใช้โพแทสเซียมฟอสเฟตในอาหาร BG-11 เพาะเลี้ยงสาหร่ายที่ pH แตกต่างกัน (pH 5, pH 6, pH 7, pH 8 และ pH 9) ความเข้มข้นของฟอสเฟต มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความเข้มข้นของสารชีวมวลและไขมันสูงสุด และความเข้มข้นที่ทำให้ได้ชีวมวลสาหร่ายสูงสุดคือที่ 6000 ลักซ์ ซึ่งความเข้มข้นของฟอสเฟตแตกต่างกันไป มีผลต่อสมบัติของกรดไขมัน ในการผลิตไบโอดีเซล (S.K. Mandotra และคณะ 2016)

แหล่งคาร์บอนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับการสร้างไขมันของสาหร่าย แหล่งคาร์บอนได้แก่ (กลูโคส , ฟรุกโตส , อะซิเตท) โดยพบว่า กลูโคส เป็นแหล่งคาร์บอนที่ดีที่สุด (Cao และคณะ 2014) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายโดยใช้แหล่งคาร์บอนเป็นสารอินทรีย์ ร่วมกับการใช้แสง พลังงานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสงจะเร่งการเผาผลาญน้ำตาลกลูโคสซึ่งสามารถทำให้ผลิตชีวมวลสูง (Yamane และคณะ, 2011) มีการขนส่งกลูโคสเพิ่มขึ้นในเซลล์ ทำให้มีทั้งชีวมวล คาร์โบไฮเดรตและไขมันสูง (Pancha และคณะ 2015)

จากงานวิจัยข้างต้นพบว่ามีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย แตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก *Scenedesmus* sp. อันได้แก่ การทดลองโดยเลือกปรับปรุงสูตรอาหาร BG-11 ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงโดยใช้โพแทสเซียมฟอสเฟตที่ความเข้มข้น 0, 0.02, 0.04, 0.06 และ 0.08 กรัมต่อลิตร โซเดียมไนเตรทที่ความเข้มข้น 0, 0.75, 1.50, 2.25 และ 3.00 กรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นการเพิ่มแหล่งไนโตรเจนและแหล่งฟอสเฟตลงในสูตรอาหาร BG-11 ตามลำดับ โดยเลือกสภาวะที่ดีที่สุดในการทดลองระบบขนาด 250 มิลลิลิตร และ 6000 มิลลิลิตร โดยใช้ปริมาตรอาหาร 100 มิลลิลิตร และ 5000 มิลลิลิตร โดยงานวิจัยนี้จึงจำเป็นต้องศึกษาสารอาหารและสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต โดยศึกษาปัจจัยของในปริมาณที่มาก โดยสาหร่ายขนาดเล็กกำลังได้รับความสนใจจากทั่วโลกในการนำมาค้นคว้าวิจัยเพื่อสร้างสรรค์พลังงานใหม่ในอนาคต ซึ่งสำหรับวัตถุประสงค์ในการผลิตไบโอดีเซลนั้น ในปริมาณของผลผลิตน้ำมันที่เท่ากัน สาหร่ายน้ำมันจะใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกน้อยกว่าพืช น้ำมันทั่วไป มีการเจริญเติบโตได้รวดเร็ว ช่วยลดภาวะโลกร้อน อีกทั้งยังนำมาเป็นเชื้อเพลิง ไม่ได้ทำให้เกิดปัญหาในการแย่งส่วนแบ่งทางอาหารหรือเกษตรกรรมอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาความเข้มข้นของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการผลิตน้ำมันของสาหร่าย *Scenedesmus* sp.
- 1.2.2 ศึกษาความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการผลิตน้ำมันของ สาหร่าย *Scenedesmus* sp.

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาผลความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟตที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายได้แก่ 0,0.02, 0.04, 0.06 และ 0.08 กรัมต่อลิตร
- 1.3.2 ศึกษาผลความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทของสาหร่าย ได้แก่ 0, 0.75, 1.50, 2.25 และ 3.00 กรัมต่อลิตร

- 1.3.3 ในการศึกษาผลของความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟต และโซเดียมไนเตรทที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมในการเลี้ยงในพลาสติก ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาณอาหาร 100 มิลลิลิตร
 ความเข้มแสง 1750 ลักซ์ เขย่าที่ 120 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
 1.3.4 ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายในระบบขยายขนาด 6 ลิตร ความเข้มแสง
 1750 ลักซ์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากงานวิจัยทำให้นักวิจัยทราบถึงหลายปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Scenedesmus* sp. ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงสูตรอาหาร BG-11 โดยใช้โพแทสเซียม ฟอสเฟตและโซเดียมไนเตรท ในการเพาะเลี้ยง ,ทราบระบบที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสาหร่ายเพื่อเพิ่มปริมาณชีวมวล ,ทราบถึงกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากสาหร่าย รวมไปถึง การศึกษากรดไขมันที่พบในเซลล์สาหร่าย นอกเหนือจากนั้น นักวิจัยยังสามารถนำความรู้พื้นฐานสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสายพันธุ์ที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมัน เพื่อใช้ผลิตไบโอดีเซล และนำมาพัฒนาระบบการเลี้ยงสาหร่ายระบบขยายขนาดเพื่อใช้เป็นระบบต้นแบบ สำหรับการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ และเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่มีความสนใจในด้านพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพโดยใช้สาหร่ายขนาดเล็กในระดับอุตสาหกรรมในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สาหร่าย

สาหร่าย เป็นพืชชั้นต่ำที่มีคลอโรฟิลล์ สามารถสังเคราะห์แสงได้ ไม่มีส่วนที่เป็นราก ลำต้น ใบ ที่แท้จริง มีขนาดตั้งแต่เล็กมากประกอบด้วยเซลล์เดียว ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าต้องดูด้วย กล้องจุลทรรศน์ จนถึงขนาดใหญ่ยาวเป็นเมตรประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก อาจมีลักษณะเป็นเส้น สายหรือมีลักษณะคล้ายพืชชั้นสูง โดยมีส่วนที่คล้ายราก ลำต้น และใบรวมเรียกว่า ทัลลัส (ไปรมา, 2546) นอกจากนี้สาหร่ายบางกลุ่มยังมีโครงสร้างเซลล์คล้ายแบคทีเรีย และบางชนิดมีหนวด เคลื่อนที่ได้ขยายสัตว์ สามารถแบ่งกลุ่มสาหร่ายอย่างง่ายได้เป็น 10 กลุ่ม คือกลุ่มที่คล้ายพืช ได้แก่ ส่วนใหญ่ของสาหร่ายสีเขียว สาหร่ายไฟ สาหร่ายสีน้ำตาล สาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง และสาหร่ายสีแดง กลุ่มที่มีลักษณะโครงสร้างเซลล์คล้ายแบคทีเรีย ได้แก่ สาหร่ายสีน้ำตาลเงินแกมเขียว (ไซยาโนแบคทีเรีย) กลุ่มที่คล้ายสัตว์มีหนวดเคลื่อนที่ได้ ได้แก่ บางส่วนของสาหร่ายสีเขียว ยูกลีนาอยด์ ไดโนแฟลกเจลเลต เฮเทอร์โรคอนท์ และคริปโตโมแนส คนรู้จักทั่วไปในชื่อ “ตะไคร่”(บนบก) “ตะไคร่น้ำ”หรือ “ซีแดด” (ในน้ำจืด) หรือ “น้ำแดง” “ซีปลาวาฬ” หรือ “วัชพืชทะเล” (ในทะเล) (อาภารัตน์, 2552)

2.1.1 สาหร่ายขนาดเล็ก

สาหร่ายขนาดเล็ก (Microalgae) อยู่ในอาณาจักรโมเนอรา (Monera) และอาณาจักรโพรติสตา (Protista) โดยจะจำแนกออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ สาหร่ายขนาดใหญ่และสาหร่ายขนาดเล็ก ซึ่งพิจารณาตามขนาดและสรีรวิทยาของสาหร่าย สาหร่ายขนาดเล็กจะไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ช่วยในการดู เช่น คลอเรลลา (*Chlorella*) ส่วนสาหร่ายขนาดใหญ่จะสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์คล้ายกับพืช เช่นสาหร่ายผมนาง (*Gracilaria*) นอกจากนี้ยังแบ่งสาหร่ายออกตามแหล่งการเจริญเติบโตได้ด้วย คือสาหร่ายน้ำจืดและสาหร่ายน้ำเค็ม สาหร่ายสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงเหมือนกับพืชทั่วไป ซึ่งจะเปลี่ยนโมเลกุลคาร์บอนในก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นคาร์บอนในโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่กักเก็บพลังงานเอาไว้ได้ สาหร่ายเซลล์เดียวขนาดเล็กหลายชนิดกำลังได้รับความสนใจในปัจจุบันเนื่องจากสามารถสะสมน้ำมันภายในเซลล์ได้ และมีข้อได้เปรียบกว่าพลังงานทดแทนจากพืชคือมีการสะสมน้ำมันในปริมาณสูง เจริญเติบโตเร็ว และใช้พื้นที่ในการเพาะเลี้ยงน้อยกว่าการปลูกพืช นอกจากนี้ยังตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ได้เช่นเดียวกับพืช ซึ่งเป็นก๊าซที่เป็นต้นเหตุสำคัญของปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลก หรือปัญหาโลกร้อน สาหร่ายเซลล์เดียวขนาดเล็กจึงเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่น่าจะมีความเหมาะสมมากที่สุดในปัจจุบัน

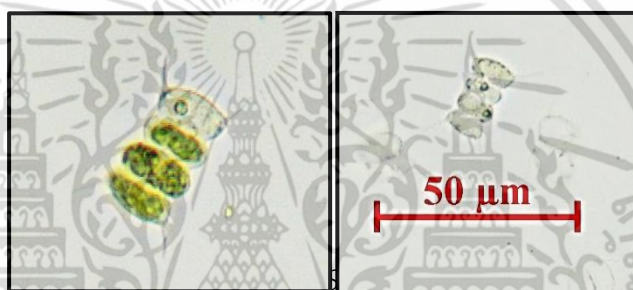
2.1.2 สาหร่ายสีเขียว (Green algae)

สาหร่ายสีเขียวจัดอยู่ใน Division Chlorophyta มีประมาณ 6,000 สปีชีส์ มีลักษณะหลายอย่างที่พอเชื่อได้ว่า พืชชั้นสูงมีวิวัฒนาการมาจากสาหร่ายสีเขียว ส่วนใหญ่เป็นพวกน้ำจืด มีบางสปีชีส์ ที่อยู่ในน้ำเค็มบางชนิดก็อยู่บนบก (Terrestrial) ตามดินหรือหินที่ชุ่มชื้น และตามเปลือกต้นไม้ใหญ่ สาหร่ายมีความหลากหลายมากที่สุดทั้งด้านรูปร่างและวัฏจักรชีวิต ถึงแม้ว่าสาหร่ายสีเขียวเกือบทั้งหมดเป็นพวกอาศัยอยู่ในน้ำ แต่ยังมีบางชนิดที่อยู่ที่แตกต่างกันจำนวนมาก รวมทั้งพวกที่เจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่บนหิมะ บนเปลือกไม้ ในดิน อาศัยร่วมกับบราไโลเคน) สัตว์เซลล์เดียว และไฮดรา เป็นต้น (ปิยรัตน์, 2554) สาหร่ายสีเขียวเป็นพวกเซลล์เดียว (Unicellular) แต่อาจอยู่รวมเป็นกลุ่ม (Colonies) เป็นรูปร่างคล้ายใยไหมหรือเป็นเส้น (Filament) แต่ละเซลล์มี นิวเคลียสอยู่ 1 อัน ผนังเซลล์ ประกอบด้วย cellulose อาหารถูกเก็บไว้ในเซลล์ในรูปของแป้ง ตัวอย่างสาหร่ายสีเขียวน้ำจืด ที่มักพบโดยทั่วไป ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวเซลล์เดี่ยวขนาดเล็ก เช่น *Chlorella* sp. สาหร่ายสีเขียวที่เซลล์รวมกันเป็นกลุ่ม เช่น *Scenedesmus* sp. , *Pedistrum* sp. , *Volvox* sp. และ *Oedogonium* sp. สาหร่ายสีเขียวที่เซลล์ต่อกันเป็นสาย เช่น *Spirogyra* sp. , หรือเท้าน้ำ และ *Urothrix* sp. เป็นต้น สำหรับสาหร่ายสีเขียวที่เป็นสาหร่ายทะเล เช่น *Asetabularia* sp. และ *Ulva Codium* sp. เป็นต้น (ปิยรัตน์, 2554) การจำแนกหมวดหมู่ของสาหร่ายสีเขียว ตามรูปร่างลักษณะของเซลล์ ได้ 3 Class ได้แก่ Class Chlorophyceae, Class Prasinophyceae และ Class Euglenophyceae (Christensen 1962,1966)

2.2 สาหร่าย *Scenedesmus* sp.



ลักษณะทางชีววิทยาของสาหร่าย *Scenedesmus* sp. (ยวดี, 2549) ลำดับอนุกรมวิธานของ *Scenedesmus* sp. เป็นสาหร่ายขนาดเล็กที่มีลำดับอนุกรมวิธานตามระบบการจัดหมวดหมู่ของ Desikachary (1995) ดังนี้

Division Chlorophyta

Class Chlorophyceae

Order Chlorococcales

Family Scenedesmaceae

Genus *Scenedesmus*

2.2.1 Class Chlorophyceae

2.2.1.1 ลักษณะสำคัญประจำคลาส

สารสีสำหรับการสังเคราะห์แสงประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ a และ b ส่วน carotene ได้แก่ Alpha Carotene, β -carotene และ γ -carotene ส่วน Xanthophyll ได้แก่ Lutein, Violaxanthin และ Neoxanthin สารสีจะอยู่ในคลอโรพลาสต์ซึ่งมีหลายแบบเช่น Cup-shape (รูปถ้วย) Girdle-shape (รูปเกือกม้า) Reticulate (เป็นตาข่าย) Spiral (ขดเป็นเกลียว) Stellate (แฉกรูปดาว) และ Band-shape (เป็นแถบ) ผนังเซลล์ ส่วนใหญ่มี 2 ชั้น ชั้นในเป็นพวกเซลล์ลูโลส ชั้นนอกเป็นพวกเพคติน บางชนิดเช่น *Volvox* เป็นโคโลนี ไม่มีเซลล์ลูโลส มีแต่เพคติน Desmids สามารถผลิตสารเมือก (Mucilaginous substances) มาห่อหุ้มเซลล์ แพลกเจลลาพบเฉพาะพวกที่เคลื่อนไหวได้มีจำนวน 1, 2, 4, 8 เส้น หรือเป็นวงรอบเซลล์ มีลักษณะคล้ายเส้น (Acronematic) ถ้ามีแพลกเจลลามากกว่า 2 เส้น ความยาวจะเท่ากัน มี 2 ตำแหน่งคือ Apical และ Subapical cell อาหารสะสม ส่วนใหญ่คือแป้ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Amylose และ Amylopectin สะสมอยู่ใน Pyrenoid ซึ่งอยู่บนคลอโรพลาสต์ ที่เหลือจะสะสมอาหารอยู่ในรูปน้ำมันและกลีเซอรอล (ลัดดา, 2544)

2.2.1.2 รูปร่างลักษณะ

สาหร่ายสีเขียวมีรูปร่างหลายแบบ มีทั้งเซลล์เดี่ยว (Unicell) โคลินี (Colony) และเส้นสาย (Filament) พวกที่เป็นเซลล์เดี่ยวหรือโคลินีมีทั้งที่เคลื่อนไหวได้และไม่ได้ พวกที่เป็นเส้นสายมีทั้งที่แตกแขนงและไม่แตกแขนง สาหร่ายสีเขียวมีนิวเคลียส 1 อันหรือบางชนิดมีมากกว่า 1

2.2.1.3 วัฏจักรชีวิต (Life cycle)

วัฏจักรชีวิตมี 2 แบบคือ แบบ แฮพลอนติก (Haplontic type) การลดจำนวนโครโมโซมเกิดในระยะไซโกตแบ่งตัวเพื่อสร้างสปอร์ พบใน Order Volvocales และแบบ ดิบพลอนติก (Diplontic type) การลดจำนวนโครโมโซมเกิดในระยะสร้างแกมีตพบในบางสกุลของ Order Chlorococcales

2.2.1.4 การสืบพันธุ์

การสืบพันธุ์ มีทั้งแบบ Asexual และ Sexual ทั้งนี้แล้วแต่สปีชีส์แบบ Asexual โดยการแบ่งเซลล์และ Fragmentation หรือสร้างสปอร์ในเซลล์ แบบ Sexual โดยการรวมตัวของ Gametes green algae ที่ถือว่า Primitive ที่สุด เป็นพวกเซลล์เดี่ยวโดด ๆ เซลล์เคลื่อนที่ได้โดยอาศัยแฟลกเจลล่า ตัวอย่างได้แก่ *Chlamydomonas* ซึ่งเป็นพวกที่เก่าแก่และเชื่อว่าเป็นพวกที่วิวัฒนาการไปเป็นพืชชั้นสูง รูปร่างทั่วไปเป็นเซลล์เดี่ยว กลมๆ มีผนังเซลล์เป็นเซลล์ลูโลส ในเซลล์มีคลอโรพลาสต์ใหญ่รูปถ้วย ซึ่งภายในมีไพรีนอยด์เป็นแหล่งเก็บสะสมแป้ง (Starch) นอกจากนี้ยังมี Eye spot สีแดง นิวเคลียสที่กลางเซลล์ 1 อัน และ Contractile vacuole 2 อัน การสืบพันธุ์เป็นแบบ Asexual โดยสร้างสปอร์ 2 – 3 อันในเซลล์สปอร์นี้ว่ายน้ำได้โดยอาศัย Flagella จึงมีชื่อเรียกว่า Zoospore การสืบพันธุ์แบบ Sexual เซลล์สร้าง Gametes โดยแบ่งตัวแบบ Mitosis หลายครั้ง แล้วจึงปล่อย Gametes ออกมาผสมกันภายนอก Zygote ที่ได้แบ่งตัวแบบ Meiosis อีก 1 ครั้งได้ zoospore 4 แต่ละเซลล์จะเติบโตไปเป็น Mature cell ต่อไป ส่วน Green algae หลายชนิดจะอยู่รวมกันเป็นสาย เช่น *Ulothrix*, *Oedogonium*

2.2.2 Order Chlorococcales

แพลงก์ตอนในอันดับนี้มีหลายสกุลและหลายชนิด มีความหลากหลายของเซลล์และกลุ่มเซลล์ ดังนั้นจึงใช้รูปร่างของเซลล์เป็นเกณฑ์ในการจำแนกสกุลได้ เซลล์ปกติจะไม่มีแฟลกเจลลา แต่เซลล์สืบพันธุ์มีหนวด มีจุดตา (Eye spot) และ Contractile vacuole สืบพันธุ์โดยการสร้าง Zoospore

2.2.3 Family Scenedesmaceae

Genus *Scenedesmus* ลักษณะเป็นโคลินีประกอบด้วยเซลล์จำนวน 2, 4, 8 และ 32 เซลล์ รูปร่างเซลล์มีหลายแบบเช่นรูปกระสวย รูปไข่ รูปวงเดือน หรือรูปรี เซลล์เรียงกันโดยใช้ด้านข้างตะแคงกัน อาจจัดเป็นแถวเดี่ยวหรือ 2 แถว ผนังเซลล์อาจเรียบหรือมีหนาม มีคลอโรพลาสต์หนึ่งแผ่นและมีขนาดใหญ่อยู่ที่ขอบเซลล์ มีไพรีนอยด์ 1 อัน เป็นแพลงก์ตอนในน้ำจืดและเป็นสกุลที่ทำให้เกิดการบลูมของน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก (Algal cultivation)

2.3.1 ระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

สาหร่ายต้องการน้ำ แสงแดด และคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตเหมือนพืชชนิดอื่นๆ สาหร่ายสามารถโตได้ดีในพื้นที่ที่มีอากาศร้อนและมีแสงแดดมาก ดังนั้นประเทศไทยจึงเหมาะต่อการเลี้ยงสาหร่าย การเลี้ยงสาหร่ายสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

1) การเพาะเลี้ยงในระบบเปิด (Open-system) เป็นวิธีการเลี้ยงสาหร่ายแบบ ธรรมชาติ เช่น เลี้ยงในบ่อน้ำ คลอง และชายทะเล เป็นต้น แต่การเลี้ยงสาหร่ายโดยวิธีนี้ยากต่อการดูแล ทั้งในเรื่อง การปนเปื้อนของบ่อน้ำ เช่นแบคทีเรีย ที่มีผลกระทบต่อ การเติบโตของสาหร่าย และ การควบคุม อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

2) การเพาะเลี้ยงในระบบปิด (Closed-system bioreactor plants) เป็นการเพาะเลี้ยงที่มีการวิจัยและพัฒนา มากเพราะการเพาะเลี้ยงวิธีนี้สามารถควบคุม อุณหภูมิ และสิ่ง ปนเปื้อนได้ง่าย อีกทั้งยังสามารถพัฒนาและออกแบบให้อยู่ในช่วงที่สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดี ที่สุด นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงระบบปิดสามารถตั้งใกล้กับโรงงานที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย นอกจากนี้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสามารถแบ่งสภาวะการเพาะเลี้ยงออกเป็น 3 สภาวะ ดังนี้

1) แบบออโตโทรฟิก (Autotrophic cultivation) เป็นการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่ใช้แสงและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากธรรมชาติเป็นหลัก ในการเจริญเติบโตและสังเคราะห์สารชีวโมเลกุลต่างๆ หรือ คือการใช้อนินทรีย์คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงาน

2) แบบเฮเทอโรโทรฟิก (Heterotrophic cultivation) เป็นการเพาะเลี้ยงสาหร่ายโดยใช้สารประกอบอินทรีย์ เช่น กลูโคส ซูโครส หรือน้ำตาล เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน ซึ่งจะเพาะเลี้ยงในที่ที่ไม่มีแสงหรือในที่มืดตลอดเวลา

3) แบบมิคโซโทรฟิก (Mixotrophic cultivation) เป็นการเพาะเลี้ยงสาหร่ายโดยใช้สารประกอบอินทรีย์คาร์บอนและแสง เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงาน โดยแสงที่ใช้อาจเป็นแสงจาก ธรรมชาติหรือจากหลอดไฟ ภายในระยะที่เหมาะสม

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่าย

1) ความเข้มแสง เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ถ้าความเข้มของแสงสูง เช่น การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในที่ที่มีแสงแดดจ้า ความสามารถในการใช้พลังงานแสงของสาหร่ายจะลดลง ความเข้มแสง และความลึกของภาชนะมีผลต่อความสามารถในการรับพลังงานแสงของสาหร่าย ปริมาณแสงที่ส่องผ่านจะลดลงตามความลึกของภาชนะ

2) ชนิดของแร่ธาตุอาหาร แร่ธาตุจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของสาหร่ายซึ่งเป็นพืชชั้นต่ำนั้นเป็นชนิดเดียวกันกับแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชชั้นสูง ได้กล่าวถึง แร่ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามปริมาณของแร่ธาตุอาหารที่สาหร่ายต้องการ แร่ธาตุอาหารแต่ละกลุ่ม มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเท่า ๆ กัน ในสาหร่ายก็จำเป็นเช่นนั้น แร่ธาตุอาหารทั้ง 2 กลุ่ม ได้แก่ แร่ธาตุที่สาหร่ายต้องการเป็นปริมาณมาก (macronutrients หรือ major elements) เป็นแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของโมเลกุล ซึ่งเป็นโครงสร้างของสาหร่าย ดังนั้นจึงเป็นแร่ธาตุที่ต้องการเป็นปริมาณมาก ได้แก่ ธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจน ไฮโดรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ และโปตัสเซียม แหล่งของธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ได้มาจากคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และก๊าซออกซิเจน ตามลำดับ ทั้งคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสารหลักภายในพืช ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน แร่ธาตุที่สาหร่ายต้องการเป็นปริมาณน้อย (Micronutrients หรือ Minor elements) คือ ต้องการเป็นปริมาณมิลลิกรัมต่อลิตรหรือต่ำกว่านี้ แร่ธาตุเหล่านี้เป็นส่วนประกอบของโมเลกุลที่สำคัญ เช่น growth factors หรือเอนไซม์ หรือเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ แร่ธาตุเหล่านี้มีอยู่ 7 ชนิด ได้แก่ คลอรีน เหล็ก แมงกานีส โบรอน สังกะสี ทองแดง และโมลิบดีนัม (สุมาลี ดุทยานุกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

3) การกวนน้ำ มีผลต่อการเจริญของสาหร่าย ทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตดี เป็นการเพิ่มการกระจายตัวของสาหร่ายให้ได้รับแสงอย่างสม่ำเสมอ ช่วยลดอัตราการตกตะกอนของสาหร่าย สารอาหารกระจายตัวอย่างทั่วถึง ทำให้เซลล์สาหร่ายดูดซึมสารอาหารต่าง ๆ ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวน้ำ และระดับลึกลงไป หากไม่มีการกวนให้น้ำหมุนเวียนแล้ว ที่ผิวน้ำเมื่ออุณหภูมิถึงระดับหนึ่งจะทำให้เกิด photoinhibition ได้ การกวนควรให้มีความเร็วพอเหมาะ หากเร็วเกินไปจะทำให้เซลล์สาหร่ายแตกได้ง่าย (สุรียัวรรณ เบญจรงค์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

4) อุณหภูมิ อุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมในการเจริญเติบโตของสาหร่ายแต่ละชนิดนั้นจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของสาหร่าย สาหร่ายบางชนิดสามารถที่จะเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิร้อน สาหร่ายบางชนิดเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิเย็น ทำให้อุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายด้วย อีกทั้งอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมยังมีผลต่อเอนไซม์ของสาหร่ายที่ใช้ในการสังเคราะห์อาหารภายในเซลล์อีกด้วย ถ้าหากอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมมีค่าเพิ่มขึ้นก็จะทำให้อัตราในการสังเคราะห์แสงเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ถ้าหากว่าอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้นมากเกินไปก็จะไปทำให้คุณสมบัติของเอนไซม์บางชนิดของสาหร่ายเสียสภาพ ไปทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง จึงไปมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายด้วยเช่นกัน (อภิเชษฐ์ ,2555) สาหร่าย *Scenedesmus* sp. สามารถดำรงชีวิตได้ในช่วงอุณหภูมิกว้าง คือ 8-33 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 24.5 องศาเซลเซียส และสามารถเติบโตได้ดีที่ความเข้มแสงกว้างตั้งแต่ 550-55,000 ลักซ์ (พิมพ์ปวีณ์ ,2557)

2.4 สาหร่ายน้ำมัน

สาหร่ายใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง เช่นเดียวกับพืชทั่วไป และสาเหตุที่สาหร่ายขนาดเล็กได้รับความสนใจในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากภายในเซลล์สาหร่ายบางสายพันธุ์มีการสะสมน้ำมันไว้สูงเกือบร้อยละ 80 ของน้ำหนักแห้ง (Chisti Y., 2007) ทำให้สาหร่ายน้ำมันเป็นวัตถุดิบที่กำลังได้รับการสนใจจากทั่วโลก จากวิกฤตพลังงานในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกทางปริมาณน้ำมันดิบสำรองของโลก เหลือในจำนวนที่ลดลง จึงทำให้นักวิจัยทั่วโลกได้มีการค้นคว้าในด้านการหาแหล่งพลังงานทดแทน น้ำมันเชื้อเพลิงโดยมุ่งเน้นที่จะนำวัสดุชีวภาพมาใช้เพื่อทดแทนพลังงานจากปิโตรเลียมโดยเฉพาะ น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพหรือไบโอดีเซล เป็นพลังงานทดแทนทั้งนี้เพราะไบโอดีเซลสามารถผลิตได้จากพืชน้ำมันหลายชนิดดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.1 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันจากสาหร่ายเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ

ชนิดพืช	ผลผลิตน้ำมัน (ลิตร/เฮกตาร์)	ต้องใช้พื้นที่ (ล้านต่อเฮกตาร์) ^a	% พื้นที่การปลูกพืช ที่มีในสหรัฐอเมริกา ^a
ข้าวโพด (Corn)	172	1,540	846
ถั่วเหลือง (Soybean)	446	594	326
แคโนลา (Canola)	1,190	223	122
สบู่ดำ (Jatropha)	1,892	140	77
มะพร้าว (Coconut)	2,689	99	54
ปาล์มน้ำมัน (Oil Palm)	5,950	45	24
สาหร่ายขนาดเล็ก (Microalgae) ^b	136,900	2	1.1
สาหร่ายขนาดเล็ก (Microalgae) ^c	58,700	4.5	2.5

หมายเหตุ

a คือ 50% ของความต้องการน้ำมันในสหรัฐอเมริกา

b คือ 70% น้ำมัน (โดยน้ำหนัก) ในมวลชีวภาพ

c คือ 30% น้ำมัน (โดยน้ำหนัก) ในมวลชีวภาพ

ที่มา : (Chisti ,2007)

จากตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันจากสาหร่ายเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดต่างๆพบว่า สาหร่ายจะให้น้ำมันอยู่ที่ 136,900 ลิตรต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่งมีปริมาณสูงสุดเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นๆและในปัจจุบันต้นทุนในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลยังมีมูลค่าค่อนข้างสูงถือว่าเป็นอุปสรรคสำคัญในการนำไปโอดีเซลมาใช้ในเชิงปฏิบัติจริง จึงได้มีการค้นคว้าวิจัยถึงแหล่งสารตั้งต้นราคาถูก เช่นจากสาหร่ายสายพันธุ์ขนาดเล็กต่างๆที่สามารถผลิตน้ำมันได้นำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซล โดยสถานะที่ทำให้สาหร่ายเกิดการสะสมของน้ำมันภายในเซลล์สูงขึ้นนั้น พบว่าเกิดจากการที่ขาดแคลนไนโตรเจนภายในเซลล์ (Feng, et al.,2004) และการเพิ่มระดับของธาตุเหล็ก (Fe^{3+}) ที่เหมาะสมให้แก่สาหร่ายในสถานะที่มีการขาดแคลนไนโตรเจนจะเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำมันในเซลล์ของสาหร่ายให้สูงขึ้นด้วย (Miao, X., and Wu, Q., 2004) ดังนั้นจากข้อมูลพื้นฐานโดยทั่วไปพบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตได้ 2 แบบคือการใช้อนินทรีย์คาร์บอน (Inorganic carbon) เป็นแหล่งพลังงานหรือที่เรียกว่าแบบออโตโทรฟิก (Autrophic) เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการใช้อินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon) เช่น กลูโคสเป็นแหล่งพลังงานหรือที่เรียกว่าแบบเฮเทอโรโทรฟิก (Heterotrophic) ซึ่งการควบคุมให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตแบบเฮเทอโรโทรฟิก ทำได้โดยการควบคุมปริมาณสารอาหารที่ใส่ลงไปให้อาหารเพาะเลี้ยงโดยการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ (กลูโคส) และลดปริมาณไนโตรเจนลง (เพ็ญจันทร์ วงศ์วิสุข, 2553)

2.4.1 การเพาะเลี้ยงและเก็บเกี่ยวสาหร่าย

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายทำได้ไม่ยากอีกทั้งยังเติบโตเร็วสามารถเพาะเลี้ยงได้ในน้ำทุกสถานะ เช่น ทะเลสาบ หนอง บึงบ่อเปิด ถังหมักหรือหน่วยถังปฏิกรณ์แสงแดด เป็นต้น สาหร่ายจะเจริญเติบโตได้ดีหากมีการควบคุมแสง ธาตุอาหาร อุณหภูมิ การหมุนเวียนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน รวมถึงการจัดพื้นที่รองรับการเจริญเติบโตที่เหมาะสม ซึ่งน้ำมันที่ได้จากสาหร่าย สามารถนำมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิลได้ อีกทั้งไม่มีซัลเฟอร์เป็น

องค์ประกอบจึงไม่มีพิษและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม การสกัดน้ำมันจากสาหร่ายสามารถทำได้หลายวิธี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นชอบที่จะใช้เอกสารนี้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาทิ การบีบอัดเพื่อให้คลายน้ำมัน (Expeller/Press) การใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายน้ำมัน (Hexane Solvent Method) การใช้เอนไซม์ย่อยผนังเซลล์เพื่อให้ไขมันหลุดออกมา (Enzymatic Extraction) การใช้อัลตราโซนิค กระตุ้นให้เกิดการสั่นจนน้ำมันหลุดออกมา (Ultrasonic-assisted Extraction) และการใช้เทคนิคออสโมซิส โดยอาศัยความต่างของความดัน (Osmotic Shock) หลังจากผ่านกระบวนการสกัดข้างต้นน้ำมันที่ได้จะนำมาผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซล ส่วนจากสาหร่ายซึ่งเป็นผลพลอยได้จากขั้นตอนการสกัดน้ำมันสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ต่างๆ อาทิ อาหารสัตว์ ปุ๋ย และ ยา เป็นต้น (มรกต ตันติเจริญ ,2555)

จากความสำคัญของสาหร่ายที่ได้กล่าวมาจึงได้มีการค้นคว้าวิจัยเพื่อหาแนวทางในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายให้ได้ปริมาณมากและมีประสิทธิภาพสูงเพื่อการแข่งขันในอนาคต นอกจากการคัดเลือกสายพันธุ์และกรรมวิธีการเลี้ยงสาหร่ายแล้ว ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง แม้จากวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันยังมีประสิทธิภาพต่ำหรือหากเป็นกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงก็จะมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงตามไปด้วยซึ่งไม่เหมาะในการขยายขนาดสู่ระดับอุตสาหกรรม

ข้อแตกต่างของเทคนิคการเก็บเกี่ยวสาหร่าย มีดังนี้

1) Centrifugation คือกระบวนการหมุนเหวี่ยงต้องใช้พลังงานสูงเงินลงทุนสูงในการเริ่มต้นสูงและอาจทำให้โครงสร้างเซลล์เกิดความเสียหาย

2) Filtration and screening คือกระบวนการกรอง เงินลงทุนส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนตัวกรองในส่วนของ screen และ membrane ทำให้ใช้เงินลงทุนจำนวนมาก

3) Gravity sedimentation เป็นเทคนิคที่ช่วยกระบวนการตกจม โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกวิธีนี้ถือได้ว่าเป็นวิธีที่ประหยัดที่สุด แต่มีข้อเสียเนื่องจากการตกตะกอนจะทำให้เกิดชั้นขี้มา

4) Electro flotation คือการตกจมโดยใช้ไฟฟ้าต้องมีการเปลี่ยนขั้วไฟฟ้า เมื่อเกิดการชำรุดและมีค่าใช้จ่ายในส่วนของไฟฟ้าสูง

5) Coagulation - Flocculation คือกระบวนการทำให้อนุภาคคอลลอยด์ไม่มีเสถียรภาพและเกิดการรวมตัวกัน เป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานน้อย และสามารถเลือกใช้สารช่วยตะกอนที่มีราคาไม่แพงได้

ที่มา : Uduman, 2010

2.4.2 การสกัดน้ำมันจากสาหร่าย

หลังจากการเก็บเกี่ยวสาหร่าย ขั้นตอนต่อมาคือ การสกัดน้ำมันออกจาก ผนังเซลล์ของสาหร่าย ซึ่งการสกัดน้ำมันจากสาหร่าย (Algal Extraction) สามารถทำได้หลายวิธี อาทิ การบีบอัดเพื่อให้คลายน้ำมัน (Expeller/ Press) การใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายน้ำมัน (Hexane Solvent Method) การใช้เอนไซม์ย่อยผนังเซลล์เพื่อให้ไขมันหลุดออกมา (Enzymatic Extraction) การใช้อัลตราโซนิคกระตุ้นให้เกิดการ สั่นจนน้ำมันหลุดออกมา (Ultrasonic-assisted Extraction) และการใช้เทคนิคออสโมซิสโดยอาศัยความต่างของความดัน (Osmotic Shock) แบ่งวิธีการสกัดน้ำมันจากสาหร่ายเป็น 2 วิธี ดังนี้

2.4.2.1 การสกัดด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical extraction)

1) การบด (Mechanical crushing) โดยการนำสาหร่ายตากแห้ง มาคั้นด้วยเครื่อง Oil press ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ เช่น สกรู หรือลูกสูบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของสาหร่าย ที่ต้องการคั้น วิธีนี้สามารถสกัดน้ำมันได้ประมาณ ร้อยละ 75 ซึ่งส่วนใหญ่มักทำร่วมกับการสกัดด้วย สารเคมี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การสกัดแบบอัลตราโซนิก (Ultrasonic extraction) เป็นวิธีการเร่งกระบวนการสกัดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก ซึ่งคลื่นอัลตราโซนิกจะทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กในตัวทำละลาย เมื่อฟองอากาศแตกใกล้ๆ กับบริเวณผนังเซลล์จะทำให้เกิดคลื่นกระแทก (Shock wave) และลำของเหลว (Liquid jet) ซึ่งสามารถทำให้ผนังเซลล์แตก และปลดปล่อย สิ่งที่อยู่ภายในเซลล์ออกมาในตัวทำละลาย นอกจากนี้ยังสามารถนำวิธีการสกัดนี้ไปใช้ร่วมกับเอนไซม์ ซึ่งจะเรียกว่า การสกัดแบบอัลตราโซนิกเอนไซมาติก (Ultrasonic enzymatic extraction) วิธีนี้ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และมีเอนไซม์เป็นตัวทำลายผนังเซลล์ โดยคลื่นอัลตราโซนิกจะเป็นตัวทำให้เกิดฟองอากาศ ซึ่งฟองอากาศจะช่วยให้เอนไซม์แทรกซึมเข้าไปใน เนื้อเยื่อและทำลายผนังเซลล์ได้เร็วขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดดีขึ้น

2.4.2.2 การสกัดด้วยวิธีทางเคมี (Chemical extraction)

การสกัดด้วยวิธีทางเคมีเป็นวิธีที่นิยมนำมาสกัดน้ำมัน แต่ทว่าวิธีนี้มีข้อดีจากการใช้ตัวทำละลายที่เป็นสารเคมีอันตราย ดังนั้น จึงควรเอาใจใส่ในการทำงานกับสารเคมีเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ตัวทำละลายที่ใช้ส่วนใหญ่คือ เฮกเซน (Hexane) เนื่องจากมีราคาถูก ส่วนเบนซีน (Benzene) และอีเทอร์ (Ether) ก็สามารถสกัดน้ำมันได้ แต่ตัวทำละลายเบนซีนจัดเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง แบ่งการสกัดทางเคมีเป็น 2 วิธี

1) การสกัดแบบซอกซ์เล็ท (Soxh let extraction) เป็นวิธีการสกัดสำหรับใช้ตัวทำละลาย เฮกเซน และปิโตรเลียมอีเทอร์ภายใต้ความร้อน เพื่อให้ตัวทำละลายระเหยขึ้นไปและควบแน่นลงมาในสารถ่าย ทำให้น้ำมันถูกสกัดออกมา ข้อเด่นของ วิธีนี้คือ ตัวทำละลายที่ใช้สกัดจะใช้ซ้ำไปมาอย่างต่อเนื่องเป็นการประหยัดตัวทำละลาย

2) การสกัดวิกฤตยิ่งยวด (Supercritical fluids method) วิธีนี้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลาย โดยจะทำให้คาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในรูปของเหลวภายใต้ความดันและความร้อนซึ่งสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งภายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการสกัดและได้น้ำมันจากสารถ่ายแล้วต่อไปทำให้เป็นไบโอดีเซลด้วยกระบวนการเปลี่ยนเอสเทอร์ หรือกระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) เช่นเดียวกับน้ำมันจากพืชชนิดอื่น

2.5 การผลิตไบโอดีเซล

2.5.1 เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล (พิสมัย และลลิตา 2550)

แบ่งเป็น 3 กระบวนการได้แก่

1. กระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification process) ที่ใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและเมทานอล มีข้อดี คือเทคโนโลยีที่มีการลงทุนไม่มากนัก เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิต่ำ และความดันต่ำกว่า 2 บรรยากาศ ผลได้ของปฏิกิริยาสูงถึงร้อยละ 98 แต่กระบวนการนี้จึงไม่เหมาะกับวัตถุดิบที่มีปริมาณกรดไขมันสูง เนื่องจากจะเกิดสบู่ และส่งผลให้ (Yield) ของกระบวนการผลิตลดลง

2. กระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification process) ที่ใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและเมทานอล สามารถใช้ได้กับวัตถุดิบได้ทุกชนิด และค่ากรดไขมันอิสระทุกระดับ แต่ข้อเสียคือ ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานาน และใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาสูงกว่าการใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จึงทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

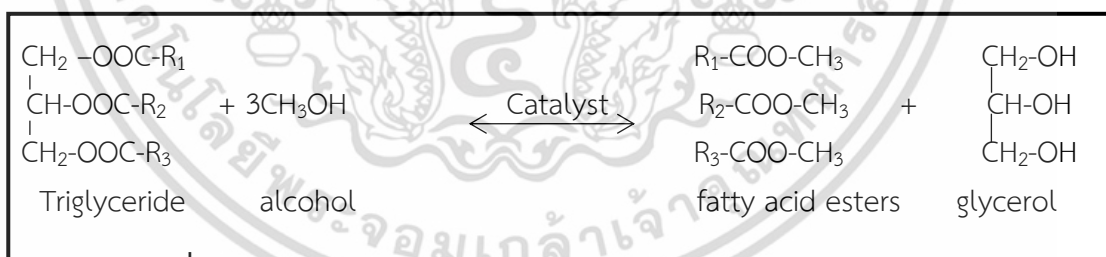
3. กระบวนการ 2 ขั้นตอน (Two-stage process) ขั้นตอนแรกเป็นปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน และขั้นตอนที่สอง คือปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน เป็นการแก้ไขปัญหาคัดย่อยของสอง กระบวนการข้างต้น กล่าวคือ สามารถใช้ได้กับน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระสูง ในขณะที่เดียวกันมีการใช้ พลังงานต่ำโดยหลักการคือ ใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เปลี่ยนกรดไขมันอิสระที่อยู่ในน้ำมันให้เป็นสาร เอสเทอร์ก่อนเป็นปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน จากนั้นใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการ ทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน ถึงแม้ว่ากระบวนการนี้จะใช้พลังงานต่ำกว่ากระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน ที่ใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในขั้นตอนเดียว แต่หากวัตถุดิบมีกรดสูงมากๆ กระบวนการในขั้นตอนแรก จะใช้เวลามากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของไบโอดีเซลสูงขึ้นตามไปด้วย

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อผลได้ (Yield) ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ได้แก่

1. อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา
2. อัตราส่วนระหว่างน้ำมันกับแอลกอฮอล์
3. ชนิดและความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกิริยา
4. การผสมสารตั้งต้น
5. ความบริสุทธิ์ของสารตั้งต้น

2.5.2 ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (นฤตชวรณ, 2556)

ทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) ซึ่งมักจะถูกเรียกว่า แอลกอฮอล์ไลซิส (Alcoholysis) คือกระบวนการตัดโมเลกุลของไขมันจากพืช หรือไขมันจากสัตว์ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อ ลดความหนืดให้กับน้ำมัน และให้น้ำมันมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล โดยเกิดจากการทำ ปฏิกิริยาของน้ำมันหรือไขมันจากพืช และสัตว์กับแอลกอฮอล์ เพื่อเกิดเอสเทอร์ และกลีเซอรอล มักจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยา และให้ได้ผลได้ (Yield) ของปฏิกิริยาสูง เนื่องจากปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ จึงต้องใช้แอลกอฮอล์ที่มากเกินไป เพื่อทำให้สมดุลเลื่อนไปทางด้านของผลได้ไบโอดีเซลให้มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์

ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน ประกอบด้วยปฏิกิริยาย่อยแบบผันกลับได้ที่ต่อเนื่องกัน 3 ขั้นตอน คือเริ่มจากไตรกลีเซอไรด์ เปลี่ยนเป็นไดกลีเซอไรด์ เป็นโมโนกลีเซอไรด์ ตามลำดับ สุดท้าย ได้เป็นเอสเทอร์ กับกลีเซอรอล ดังแสดงในรูป 2.3 จากกลไกข้างล่างพบว่าแต่ละขั้นตอนย่อยจะได้ 1 โมล ของเอสเทอร์ แม้ว่าจะเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ แต่สมดุลจะโน้มเอียงไปทางผลิตภัณฑ์ คือ เอสเทอร์ของกรดไขมัน (Fatty acid ester) และกลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 กลไกปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์

(ที่มา : <https://www.emaze.com/@ATCLZCRW/Untitled>)

แอลกอฮอล์ที่ใช้ต้องเป็นแอลกอฮอล์ปฐมภูมิ หรือทุติยภูมิ สายโซ่ตรงที่มีหมู่ OH เพียงหมู่เดียว ซึ่งที่นิยมใช้มากที่สุดคือ เมทานอล และเอทานอล โดยเฉพาะเมทานอล เนื่องจากมีราคาถูก และมีข้อได้เปรียบในเชิงฟิสิกส์ และเคมีในตัวของมันเอง จากการเป็นแอลกอฮอล์ที่มีขั้ว และมีโซ่ที่สั้นที่สุด ทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ได้อย่างรวดเร็ว และละลายตัวเร่งปฏิกิริยาแอลคาไลน์ได้ง่าย ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันสามารถเกิดได้ที่ความดันบรรยากาศ ตั้งแต่อุณหภูมิห้อง ถึงจุดเดือดของแอลกอฮอล์ (ประมาณ 65 องศาเซลเซียส) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้โดยทั่วไป ไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์ (Homogeneous catalyst) ซึ่งแบบออกเป็น 2 ชนิดคือ กรด และด่าง ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันที่ใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นเร็วกว่าที่ใช้กรดเป็นตัวเร่ง และมักใช้ในอุตสาหกรรม แต่ต้องใช้ไตรกลีเซอไรด์และแอลกอฮอล์ที่ปราศจากน้ำ หรือมีน้ำน้อยที่สุด เนื่องจากน้ำจะทำให้ปฏิกิริยาสะพอนนิฟิเคชัน (Saponification) สบู่ที่เกิดขึ้นจะทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยามีปริมาณน้อยลงผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์ และกลีเซอรอลไม่แยกออกจากกัน หรือใช้เวลานานในการแยก และทำให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลลดลง

2.5.3 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสาหร่าย

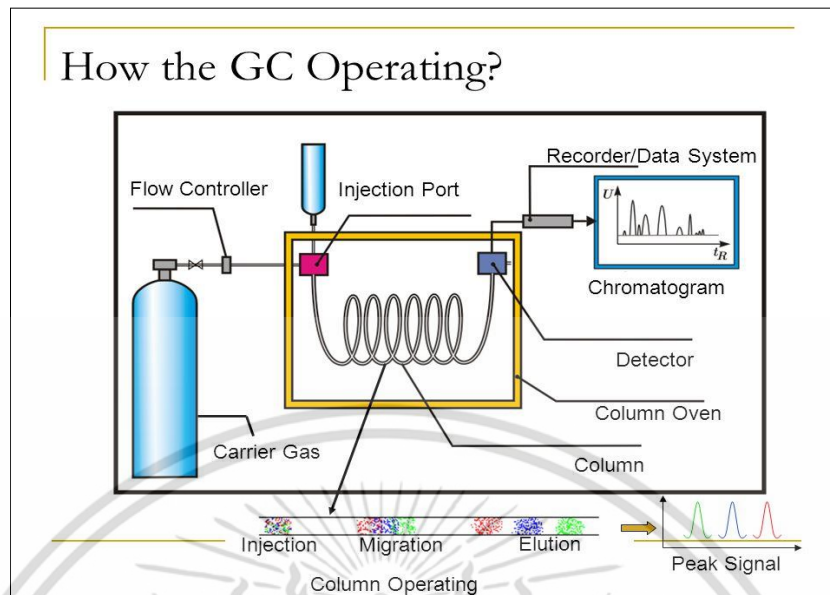
2.5.3.1 การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน

- 1) น้ำมันสาหร่ายที่สกัดได้จะแห้งตัวที่อุณหภูมิห้อง จึงต้องนำมาอุ่นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเตรียม เมทานอล : น้ำมันสาหร่าย ในอัตราส่วน 8:1 และ 10:1 โดยน้ำหนัก
- 2) เตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 และ 2 โดยน้ำหนัก
- 3) อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 70 และ 80 องศาเซลเซียส และเวลาในการทำปฏิกิริยา 60-90 นาที
- 4) ล้างด้วยน้ำอุ่น จนน้ำล้างที่ได้มีพีเอช เท่ากับ 7
- 5) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยน้ำออกจนหมดภายหลังสิ้นสุดการทดลองจะนำไบโอดีเซลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คือ ปริมาณสารเมทิลเอสเทอร์ที่ได้โดยใช้เครื่อง GC และคำนวณร้อยละผลได้ (Yield)

$$\% \text{yield} = \frac{\text{ปริมาณไบโอดีเซลที่ได้}}{\text{ปริมาณน้ำมันสาหร่ายเริ่มต้นที่ใช้}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การวิเคราะห์ปริมาณไบโอดีเซลด้วยเทคนิค GC



รูปที่ 2.4 เทคนิคเครื่อง GC (ที่มา : <http://www.thaitechno.net>)

2.6.1 เทคนิคการวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี

เทคนิคการวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatography; GC) แก๊สโครมาโทกราฟีเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่มีรายงานในวารสารวิชาการมากวิธีหนึ่ง เนื่องจากเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์สารที่สามารถระเหย กลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิพอเหมาะ ดังนั้นเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี จึงสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบ อินทรีย์ในไบโอดีเซล จำพวก โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และ ไตรกลีเซอไรด์ได้ โดยส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับการใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีในการวิเคราะห์หา ปริมาณเมทิลเอสเทอร์คือตัวตรวจวัดหรือดีเทคเตอร์ (Detector) ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ตัวตรวจวัดแบบ Flame-Ionization Detector หรือที่เรียกว่า FID หลักการของ FID คือเมื่อสารตัวอย่างออกจากคอลัมน์จะถูกเผาด้วยเปลวไฟเพื่อทำให้แตกตัวจนเป็นไอออน แล้วเข้าสู่ตัววัดไอออนเพื่อวัดการนำไฟฟ้าของ ไอออน การนำไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับปริมาณสาร เนื่องจากตัวตรวจวัดแบบ FID มีสภาพไวกับ สารอินทรีย์หรือสารที่ติดไฟได้ ดังนั้นตัวตรวจวัดประเภทนี้จึงเป็นที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไบโอดีเซล ส่วนตัวตรวจวัดอีกแบบที่ใช้ในการหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ได้ดีคือ Mass Spectrometry Detector หรือที่เรียกว่า MS หลักการของตัวตรวจวัดแบบ MS นั้นเป็นการตรวจวิเคราะห์โดยใช้อัตราส่วน มวลต่อประจุ (Mass-to-charge ratio; m/z) ซึ่งเทคนิคนี้ใช้ในการหามวลโมเลกุล (Molecular mass) ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสาร และช่วยในการวิเคราะห์โครงสร้างของสารตัวอย่าง โดยสารตัวอย่างจะถูกเปลี่ยนจากสถานะแก๊สให้เป็นไอออนซึ่งอาจทำได้โดยการเข้าชนของอิเล็กตรอน (Electron impact) เมื่อสารตัวอย่างเปลี่ยนเป็นไอออนจะถูกตรวจวิเคราะห์มวลด้วยส่วนที่เรียกว่า Mass analyzer และแสดงผล เป็นกราฟออกมาในรูปแบบแมสสเปกตรัม ซึ่งแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสัมพัทธ์ (Relative intensity) เป็นแกนต์ตั้ง และแกนต์นอนเป็นค่าอัตราส่วนมวลต่อประจุ

ในการหาปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี มีรายงานอยู่ใน

วารสารวิชาการเป็นจำนวนมากซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้สองแบบ โดยแบบที่ (1) เป็นการวัดปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณได้เห็นว่าเว็บไซต์นี้มีการทำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเมทิลเอสเทอร์โดยตรง ซึ่งใช้สารมาตรฐานของเมทิลเอสเทอร์ที่ทราบปริมาณหรือความเข้มข้นมาทำเป็นกราฟมาตรฐาน แบบที่ (2) เพื่อให้การวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ได้ผลดีขึ้นจะทำการเปลี่ยนให้เป็นสารอนุพันธ์ โดยปฏิกิริยาไตรเมทิลไซลิลเลชัน (Trimethylsilylation) ของหมู่ไฮดรอกซิลของสารโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ ดังในรายละเอียดตามวิธีมาตรฐานของ ASTM D6584

การใช้ GC-MS ในการตรวจวิเคราะห์หมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ GC-FID อยู่หลายประการเช่นสามารถวิเคราะห์หามวลของสารตัวอย่างได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้สารมาตรฐาน อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ และโครงสร้างของสารตัวอย่างได้ หากแต่ข้อเสียของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS นั้นมีราคาแพงกว่าการตรวจวิเคราะห์โดยใช้ GC-FID ดังนั้นในทางอุตสาหกรรมในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ เทคนิค GC-FID จึงเป็นที่นิยมมากกว่า GC-MS

2.6.2 สภาวะการทดสอบด้วยเครื่อง GC

ตารางที่ 2.2 แสดงสภาวะของโครมาโตกราฟีแบบแก๊ส (Gas chromatography condition)

โครมาโตกราฟีแบบแก๊ส	Agilent 6850 series II Networked GC System (Agilent Technology, USA)
คอลัมน์ (Column)	HP-ULTRA 2 ยาว 25 เมตร กว้าง 0.22 มิลลิเมตร หนา 0.33 ไมโครเมตร (Agilent J&W GC Column, USA)
อุณหภูมิ (Temperature Program)	ขณะฉีด : 250 องศาเซลเซียส ของตู้อบ : เริ่มต้นที่ 170 องศาเซลเซียส จากนั้นเพิ่มขึ้นจนถึง 288 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นทีละ 28 องศาเซลเซียส/นาที จากนั้นเพิ่มขึ้นจนถึง 310 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นทีละ 60 องศาเซลเซียส/นาที คงสภาวะที่ 310 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที 25 วินาที ขณะวิเคราะห์ : 300 องศาเซลเซียส
วิธีการฉีด (Injection Mode)	วิธี : ฉีดแยก (Split) ปริมาตรตัวอย่าง : 2 ไมโครลิตร อัตราการฉีด : 40 : 1
แก๊สพา (Carrier Gas)	ไฮโดรเจนบริสุทธิ์ ร้อยละ 99.999 (Labgaz Thailand Co., Ltd) ความเร็ว 30 มิลลิลิตร/นาที
ตัวอย่างมาตรฐาน (Calibration Standard)	1300-AA (Microbial ID, Inc., USA) กรดไขมันมาตรฐานเมทิลเอสเทอร์ในเฮกเซน ร้อยละ 0.001 ถึง 0.008 (น้ำหนักโดยปริมาตร)

(ที่มา: อัจฉวน และคณะ, 2556)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

สำหรับขนาดเล็กมีการผลิตและสะสมลิปิดภายในเซลล์โดยองค์ประกอบหลักของลิปิดที่พบเป็น ไตรกลีเซอไรด์ซึ่งอยู่ในรูปหยดน้ำมันเล็กๆ ภายในเซลล์ (microdroplet oils) ปริมาณลิปิดที่สะสมภายใน เซลล์และคุณสมบัติของลิปิดขึ้นกับชนิดสายพันธุ์ของสาหร่ายและสภาวะในการเอกซาร์เป็นเอกซาร์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพาะเลี้ยงน้ำมันหรือลิปิด จากสาหร่ายมีคุณสมบัติคล้ายน้ำมันพืชโดยสามารถนำน้ำมันออกจากเซลล์สาหร่ายโดยการบีบอัดได้ถึง 70% ของลิปิดทั้งหมด สาหร่ายแต่ละชนิดจะมีการสะสมลิปิดต่างกัน เช่น *Scenedesmus dimorphus*, *Chlorella vulgaris*, *Spirogyra sp.*, *Euglena gracilis* และ *Spirulina maxima* สะสมลิปิด 16-40%, 14-22%, 11-21%, 14-20% และ 6-7% ตามลำดับ (Becker, 1994) การเพาะเลี้ยงด้วยการหมักแบบเฮเทโรโทรฟิกนั้นส่วนใหญ่มักพบการสะสมลิปิดของจุลินทรีย์เมื่อเลี้ยงเซลล์ในอาหารที่มีปริมาณแหล่งคาร์บอนมากเกินพอ เช่น น้ำตาล กลีเซอรอล โพลีแซคคาไรด์ และจำกัดปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยทั่วไป คือไนโตรเจน หรือกล่าวได้ว่าค่าอัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) มีผลต่อการสะสมลิปิดในเซลล์สาหร่าย โดยค่า C/N ratio ต่ำมีผลทำให้ลิปิดที่ผลิตโดยสาหร่ายมีส่วนประกอบของกรดไขมัน ชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) อยู่ในปริมาณสูง (Papanikolaou et al, 2001) เมื่ออัตราส่วน ของ C/N ratio ต่ำเซลล์จะมีการเจริญมากกว่าการผลิตลิปิด แต่ในช่วงของการผลิตลิปิดเซลล์ต้องการ คาร์บอนสูงเพื่อนำไปเปลี่ยนเป็นลิปิดจึงต้องการอัตราส่วนของ C/N ratio สูง (Turcotte and Kosaric, 1989)

จิรรัตน์ พรหมนารถ และคณะ (2556) แหล่งไนโตรเจนและความเข้มข้นของไนโตรเจนมีผลต่อ biomass จากการศึกษพบว่าแหล่งของไนโตรเจนมีผลต่อ algal biomass อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในระดับความเข้มข้นที่ 5 และ 10 มิลลิโมลาร์ แหล่งไนโตรเจนที่สามารถเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Scenedesmus sp.* ได้ดี คือ ไนเตรทและโพแทสเซียม (0.32 กรัมต่อลิตร) และ โซเดียมไนเตรท(0.28 กรัมต่อลิตร) นอกจากนี้ยูเรีย (0.25 กรัมต่อลิตร) ยังให้ผลเทียบเท่าไนเตรททำให้สามารถใ้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในเชิงธุรกิจ ไนเตรทเป็นรูปแบบของไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของ *Scenedesmus sp.* โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 5 และ 10 mM แต่จากการศึกษาพบว่ายูเรียที่ความเข้มข้นต่ำ (5 และ 10 มิลลิโมลาร์) สามารถให้ผลดีเทียบเท่าไนเตรท จึงสามารถนำยูเรียมาใช้แทนไนเตรทในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดใหญ่หรือในเชิงธุรกิจได้ เพื่อลดต้นทุน

การเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัดไขมัน เพื่อปรับปรุงคุณภาพไบโอดีเซล โดยใช้สาหร่าย *Scenedesmus obliquus* ในการผลิต ในช่วงระหว่างการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชันของน้ำมันในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล ปฏิกิริยาแรกจะเกิดขึ้นที่ตำแหน่งของพันธะเอสเทอร์ บริเวณไฮดรอกซิล กรดไขมัน ทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างไขมันหรือน้ำมัน (Triglyceride) กับแอลกอฮอล์ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเอสเทอร์และกลีเซอรอล กรดไขมันเอสเทอร์เท่านั้นที่เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ โดยใช้กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ในการศึกษาครั้งนี้ จะศึกษาขั้นตอนในการเพิ่มประสิทธิภาพกรดไขมันเอสเทอร์จากการผลิตไบโอดีเซลโดยสาหร่าย *Scenedesmus obliquus* ผลกระทบจากการผสมสารละลาย (คลอโรฟอร์ม 2: 1 เมทานอล), เวลาในการสกัด, การปรับสภาพและวิธีทำให้เซลล์หยุดชะงัก นำมาตรวจสอบปริมาณกรดไขมันเอสเทอร์และกรดไขมันอิสระภายในเซลล์สาหร่าย โดยใช้สารละลายผสม (คลอโรฟอร์ม 2: 1 เมทานอล) ใช้ในการสกัดไขมันจากสาหร่ายเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากผลการทดลองได้ปริมาณกรดไขมันเอสเทอร์สูงสุด นอกจากนี้หลังจากการทดลองด้วยวิธีทำให้เซลล์หยุดชะงัก พบว่าวิธีนี้ไม่ส่งผลต่อการสกัดไขมันจากเซลล์สาหร่ายเลย ส่วนวิธีการปรับสภาพเซลล์ด้วยคลื่นไมโครเวฟ ช่วยเพิ่มปริมาณกรดไขมันเอสเทอร์ เมื่อนำเซลล์เข้าอบแห้งข้ามคืนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส การทดลองทั้งหมดที่ได้กล่าวมานั้นไม่ส่งผลกับตัวควบคุมการทดลอง ยิ่งไปกว่านั้น การแช่แข็งเซลล์ตลอดทั้งคืนพบว่า 7.7% กรดไขมันเอสเทอร์มีปริมาณลดลง เมื่อเทียบกับตัวควบคุม แต่ขณะที่นำไปปรับสภาพด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 5 นาที พบว่า 13.7% กรดไขมันเอสเทอร์มีปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน เมื่อบ่มเซลล์ตลอดทั้งคืนที่ตู้อบหรือนำไปแช่แข็ง ส่งผลให้กรดไขมันอิสระเพิ่มจนมีปริมาณถึง 7.44 และ 12.47 mgg⁻¹ ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าไม่จำเป็นต้องปรับสภาพสำหรับวิธี hot-water ที่ใช้ไอโซโทพานอล มายับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปส การปรับสภาพด้วยวิธี hot-water ไม่เพียงแต่ไปยับยั้งเอนไซม์ไลเปส แต่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกรดไขมันเอสเทอร์คืนสภาพได้อีกด้วย

แหล่งน้ำกร่อยก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ดีในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อที่จะกำจัดเกลือไปพร้อมกับการผลิตไขมัน โดยใช้สาหร่าย *Scenedesmus obliquus* ทดลองเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่มีการเติมเกลือ (ความเข้มข้นของ NaCl ได้แก่ 1.2 2.8 4.8 6.8 และ 8.8 กรัมต่อลิตร) เป็นเวลา 16 วันพบว่าอัตราการเจริญเติบโตจะลดลงหากความเข้มข้นของเกลือสูง โดยพบการตกตะกอน (ทิ้งไว้เป็นเวลา 60 นาที) เกือบทั้งหมด (77-83%) ในทุกความเข้มข้นยกเว้นที่ความเข้มข้น 8.8 กรัมต่อลิตร จะตกตะกอนเพียง 54% และปริมาณ lipid 21% สำหรับความเข้มข้น 8.8 กรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับค่าควบคุมที่มีไขมันเพียง 16% ซึ่งการกำจัดเกลือจะสูงตามความเข้มข้นของเกลือ ซึ่งตรงกันข้ามกับการผลิตไขมัน หากความเข้มข้นของเกลือสูง การผลิตไขมันก็จะลดลง ความเข้มข้นของเกลือที่เหมาะสมจึงแนะนำ 4.8 กรัมต่อลิตร จะให้ปริมาณการผลิตไขมันถึง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และกำจัดเกลือได้ 1.0 กรัมต่อลิตร นอกจากนี้แล้วยังเป็นผลดีต่อการบำบัดน้ำกร่อยในการกำจัดเกลือไปพร้อมกับการผลิตไขมันในเวลาเดียวกัน

Hong-Yu Ren และคณะ (2014) จากการศึกษาอิทธิพลของ Fe³⁺ (0-0.12 กรัมต่อลิตร) Mg²⁺ (0-0.73 กรัมต่อลิตร) และ Ca²⁺ (0-0.98 กรัมต่อลิตร) การสะสมชีวมวลและไขมันของสาหร่ายขนาดเล็กในที่มีพบว่า การผลิตชีวมวลและไขมันมีแนวโน้มเพิ่มเมื่อความเข้มข้นของไอออนโลหะเพิ่มขึ้น โดยในตัวอย่างที่มี Fe³⁺ 1.2×10⁻³ กรัมต่อลิตร, Mg²⁺ 7.3×10⁻³ กรัมต่อลิตร และ Ca²⁺ 9.8×10⁻⁴ กรัมต่อลิตร มีการผลิตชีวมวล ปริมาณไขมันทั้งหมด และการผลิตไขมันสูงสุด 3.49 กรัมต่อลิตร, 47.4 เปอร์เซ็นต์ และ 275.7 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน ตามลำดับที่สำคัญกว่านั้น การเติม EDTA (1.0×10⁻³ กรัมต่อลิตร) สามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของไอออนโลหะ (เหล็กและแคลเซียม) และเพิ่มปริมาณในสาหร่ายขนาดเล็ก ซึ่งทำให้มีการสะสมไขมันเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมปริมาณไขมันทั้งหมดและการผลิตไขมันเพิ่มขึ้น 28.2 เปอร์เซ็นต์ และ 29.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของไอออนโลหะและ EDTA ในอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นประโยชน์ต่อการสะสมไขมันของเซลล์ *Scenedesmus* sp.

Qiang Lin และคณะ (2012) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของแหล่งและความเข้มข้นของ ferric ion ที่มีผลต่อผลผลิตชีวมวล การผลิต fatty acid methyl esters (FAME) และองค์ประกอบจากสาหร่ายขนาดเล็กที่มีลักษณะคล้าย *Scenedesmus rubescens* ซึ่งพบว่าสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงไว้ใน Fe²⁺ -SO₄²⁻ ต่อ EDTA มีการผลิตชีวมวลแห้งไร้เถ้า (AFDB) และความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ สูงกว่าสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงไว้ใน Fe²⁺ -SO₄²⁻ และ Fe³⁺ -Cl⁻ (P<0.001) ความเข้มข้น Fe²⁺ ที่สูงหรือต่ำเกินไปจะขัดขวางการใช้แอมโมเนียม การสะสม AFDB และ FAME ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร Fe²⁺ สาหร่ายที่มีการผลิต AFDB และ FAME ด้วยความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร Fe²⁺ สาหร่ายที่มีการผลิต AFDB และ FAME สูงที่สุด (341.1 ± 25.8 และ 107.8 ± 19.3 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน) (P<0.001) ปริมาณโดยเฉลี่ยของ C16, C18 ที่ ทุกความเข้มข้นของ Fe²⁺ มีค่าเท่ากับ 88.6 เปอร์เซ็นต์ ± 2.9 เปอร์เซ็นต์ของ FAME ทั้งหมด และลดลงเมื่อความเข้มข้นของ Fe²⁺ เพิ่มขึ้น และใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มของปริมาณกรดไขมัน ปริมาณของ C:18 0, C:18 1n-7 และ C:18 1n-9 เปลี่ยนแปลง ไปอย่างมีนัยสำคัญเมื่อความเข้มข้นของ Fe^{2+} เปลี่ยนไปแต่ปริมาณของ C16 ไม่เปลี่ยนแปลง

Fei-Fei และคณะ (2014) เพื่อศึกษาสารฟอสฟอรัสที่มีผลกระทบต่อการผลิตไบโอดีเซลจาก *Scenedesmus obliquus* โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาวะที่ขาดไนโตรเจนของอาหารทั้ง 6 ชนิด ในการรวมกันของไนโตรเจนที่เพียงพอหรือที่ขาดและฟอสฟอรัสที่เพียงพอหรือที่มีข้อจำกัด และที่ขาดเทียบกับที่มีไนโตรเจนที่เพียงพอพบว่าคาร์บอนไนโตรเจนที่เพียงพอ จะทำให้เชื้อผลิตไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลผลิตไบโอดีเซลจากเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในสภาวะการขาดฟอสฟอรัสที่มีฟอสฟอรัสรวมทั้งสภาวะที่มีฟอสฟอรัสเพียงพอจะได้ผลผลิต FAMES สูงที่สุด 24.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีผลผลิตสูงกว่าถึง 2 เท่าในสูตรอาหารที่มีสารอาหารครบสมบูรณ์ แต่ขาดฟอสฟอรัสซึ่งฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่ในเซลล์มากขึ้นภายใต้สภาวะการขาดไนโตรเจนกับที่มีฟอสฟอรัสเพียงพอ แต่จะไม่มีการสร้างโพลีฟอสเฟตเกิดขึ้น การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าสภาวะที่ขาดไนโตรเจนแต่มีแหล่งฟอสเฟตเพียงพอจะทำให้เกิดสภาวะ lipid trigger อย่างแท้จริงซึ่งก็ยังสามารถผลิต FAMES ได้ดีและนอกจากนี้การศึกษาในปัจจุบันยังแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายที่จะรวมกันกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียและการผลิตไบโอดีเซล

ชินโรสและคณะ (2551) เลี้ยงสาหร่ายทองถิ่นสายพันธุ์ *Chlorella* sp. โดยใช้สูตรอาหารดัดแปลง Watanabe โดยมีการกำจัดปริมาณของไนโตรเจนที่ต่ำพบว่า สาหร่ายมีการผลิตปริมาณไขมันสูงขึ้นและมีการเพิ่มสารประกอบอื่นเพื่อช่วยในการเจริญเติบโตของสาหร่ายด้วย เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลูโคส และเหล็ก ที่อยู่ในรูปสารประกอบเฟอร์ริคคลอไรด์ เป็นต้น พบว่ากลูโคสที่สาหร่ายได้รับไปนั้นจะกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของปริมาณไขมันภายในเซลล์ส่วนสภาวะที่ไม่มีการเติมกลูโคสแต่มีปริมาณไขมันสะสมภายในเซลล์ต่ำ

จิรวรัตน์และสุวีรัตน์ (2556) ศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตไขมันของสาหร่ายขนาดเล็ก *Scenedesmus* sp. โดยเฉพาะเลี้ยงในอาหารสูตร *Chlorella* ซึ่งมีการให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มแสง 20.45 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาทีที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เพาะเลี้ยงที่ความเข้มข้นไนโตรเจน 5 ระดับ ได้แก่ความเข้มข้นที่ 0.17, 0.34, 0.51, 0.68 และ 0.05 กรัมต่อลิตร ศึกษาปริมาณรงควัตถุ ปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต และวิเคราะห์ไขมันด้วยการใช้ตัวทำละลายคลอโรฟอร์มต่อเมทานอลในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 ปริมาตรต่อปริมาตรเมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 20 พบว่า อาหารที่มีความเข้มข้นไนโตรเจน 0.51 กรัมต่อลิตรนั้น ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คาร์โบไฮเดรต ในปริมาณแคโรทีนอยสูงที่สุด โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ a 16.13 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 0.65 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแคโรทีนอย 3.69 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 0.85 กรัมต่อหรือพบว่า สาหร่ายที่มีปริมาณชีวมวลปริมาณไขมันและปริมาณโปรตีนมากที่สุดโดยมีปริมาณชีวมวล 1613 มิลลิกรัมต่อลิตรปริมาณไขมันร้อยละ 25.72 และมีปริมาณโปรตีน 1.58 มิลลิกรัมต่อกรัม

สาหร่ายขนาดเล็กมีการผลิตและสะสมลิปิดภายในเซลล์โดยองค์ประกอบหลักของลิปิดที่พบเป็น ไตรกลีเซอไรด์ซึ่งอยู่ในรูปหยดน้ำมันเล็กๆภายในเซลล์ (microdroplet oils) ปริมาณลิปิดที่สะสมภายใน เซลล์และคุณสมบัติของลิปิดขึ้นกับชนิดสายพันธุ์ของสาหร่ายและสภาวะในการเพาะเลี้ยงน้ำมันหรือลิปิด จากสาหร่ายมีคุณสมบัติคล้ายน้ำมันพืชโดยสามารถนำน้ำมันออกจากเซลล์สาหร่ายโดยการบีบอัดได้ถึง 70% ของลิปิดทั้งหมด สาหร่ายแต่ละชนิดจะมีการสะสมลิปิดต่างกัน เช่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Scenedesmus dimorphus, *Chlorella vulgaris*, *Spirogyra sp.*, *Euglena gracilis* และ *Spirulina maxima* สะสมลิปิด 16-40%, 14-22%, 11-21%, 14-20% และ 6-7% ตามลำดับ (Becker, 1994) การเพาะเลี้ยงด้วยการหมักแบบเฮเทโรโทรฟิกนั้นส่วนใหญ่มักพบการสะสมลิปิดของจุลินทรีย์เมื่อเลี้ยงเซลล์ในอาหารที่มีปริมาณแหล่งคาร์บอนมากเกินพอ เช่น น้ำตาล กลีเซอรอล โพลีแซคคาไรด์ และจำกัดปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยทั่วไป คือไนโตรเจน อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) มีผลต่อการสะสมลิปิดในเซลล์สาหร่าย โดยค่า C/N ratio ต่ำมีผลทำให้ลิปิดที่ผลิตโดยสาหร่ายมีส่วนประกอบของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่ในปริมาณสูง (Papanikolaou et al, 2001) เมื่ออัตราส่วน ของ C/N ratio ต่ำเซลล์จะมีการเจริญมากกว่าการผลิตลิปิด แต่ในช่วงของการผลิตลิปิดเซลล์ต้องการ คาร์บอนสูงเพื่อนำไปเปลี่ยนเป็นลิปิดจึงต้องการอัตราส่วนของ C/N ratio สูง (Turcotte and Kosaric, 1989)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายนั้นมีหลากหลายปัจจัย อันได้แก่ สารอาหาร อากาศ แสง อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และ คาร์บอนไดออกไซด์ ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Arumugam และคณะ (2013) ที่ทำการเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของแหล่งไนโตรเจน 6 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เพื่อทดสอบการเจริญของชีวมวลสาหร่าย *Scenedesmus sp.* จากผลการทดลองพบว่าไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ทำให้ชีวมวลเจริญได้ดีที่สุด รองลงมาคือยูเรีย แต่ในงานวิจัยของ Xin และคณะ (2010) พบว่าการใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจน จะทำให้ได้ความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายสีเขียวในปริมาณสูงที่สุด นอกจากปัจจัยทางด้านสารอาหารแล้ว อุณหภูมิที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสายพันธุ์ *Scenedesmus sp.* LX1 มีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโต ซึ่งพบว่าสามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 10 ถึง 30 องศาเซลเซียสอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตชีวมวลและไขมัน คือ 20 องศาเซลเซียส (ดวงกมล เรืองงาม 2560)

Ho และคณะ (2014) ทำการศึกษาปัจจัยของแสงที่ส่งผลต่อการผลิตลูทีนของสาหร่าย *Scenedesmus obliquus* FSP-3 โดยใช้ หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ต่างๆ ได้แก่ TS5, T8, หลอด Helix ที่มีความเข้มแสงตั้งแต่ 30-600 ไมโครโมลโฟตอนต่อเมตร และ พบว่าการใช้หลอดไฟ LED สีขาวทำให้สาหร่ายผลิตลูทีนได้ดีกว่าการใช้หลอดไฟ LED สีอื่น ในงานวิจัยของ Yin-Hu และคณะ (2016) ทดลองเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus sp.* LX1 ใช้ความเข้มแสงในช่วง 1,000 –5,000 ลักซ์ มี ปริมาณความหนาแน่นของเซลล์ในช่วง $10^6 - 6 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และพบว่าที่ความเข้มแสง 4,000 ลักซ์ มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในหน่วยเซลล์ต่อมิลลิลิตรต่อวัน มากกว่าการเลี้ยงที่ความเข้มแสง 2,500 ลักซ์ ถึง 2.67 เท่า และการศึกษาของ (Abd El Baky และคณะ 2012) ได้ทำการผสมคาร์บอนไดออกไซด์เข้ากับอากาศในปริมาณต่างๆเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จาก สาหร่าย *Scenedesmus obliquus* โดยพบว่าสาหร่ายมีการสะสมไขมันร้อยละ 38 เมื่อให้คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 12 และสะสมไขมันร้อยละ 28 และเสริมด้วย Fe^{3+} ปริมาณ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรลงในอาหาร ซึ่งพบว่ามีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายและการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นงานวิจัยมีเพื่อศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก *Scenedesmus armatus* อันได้แก่ ศึกษาเรื่องสูตรอาหารศึกษาประเภทของหัวฟันทอากาศรูปแบบต่างๆ ศึกษาความเข้มแสง โดยเลือกสภาวะที่ดีที่สุดในการทดลองในระบบ ขนาด 800 มิลลิลิตร และ 5,000 มิลลิลิตร โดยใช้ปริมาณอาหาร 400 มิลลิลิตร และอาหาร 4,000 มิลลิลิตร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์ และสารเคมี

3.1.1 หัวเชื้อสาหร่าย

หัวเชื้อบริสุทธิ์ของ *Scenedesmus armatus*

ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้

1. ตู้ถ่ายเชื้อ (Laminar air flow) (Super Clean, 120BS, Thailand)
2. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ (Autoclave) (TOMY, ES-315, Japan)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air Oven) (WTB binder, ED53, Germany)
4. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (AND, GF-800, Japan)
5. เครื่องเขย่า (Shaker)
6. เครื่องผสมสาร (Vortex) (VORTEX – Genie 2, G560E, USA)
7. เครื่องปั่นเหวี่ยงสาร (Centrifuge) (HERMEL, Z326K, Germany)
8. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) (Thermo SCIENTIFIC, GENESYS 10S UV-VIS, USA)
9. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscope) (Olympus, CH30, Japan)
10. สไลด์สำหรับนับเซลล์ แบบฮีมาไซโตมิเตอร์ (Haemocytometer) (BOECO, deep 1:10 millimeter, Germany)
11. เดซิเคเตอร์ (Desicator) (DURAN, Vackuumfest, England)
12. คิวเวท (Cuvette) (VWR, Germany)
13. กระจกตวง (Graduated cylinder) (VIT LAB, Germany)
14. ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Alcohol burner)
15. ไมโครปิเปต (Micropipette) (BRAND, Transferpette, Germany)
16. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร (Erlenmayer flask) (Pyrex, Germany)
17. หลอดทดลองปริมาตร 10 มิลลิลิตร (Test tube) (Pyrex, Germany)
18. ตะแกรงสำหรับใส่หลอดทดลองขนาด 50 ช่อง (Test tube rack)
19. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) (Pyrex, Germany)
20. กล้องจุลทรรศน์แบบฟลูออเรสเซนซ์

3.1.3 สารเคมีที่ใช้

สำหรับเตรียมอาหาร BG-11 (Blue-Green medium)

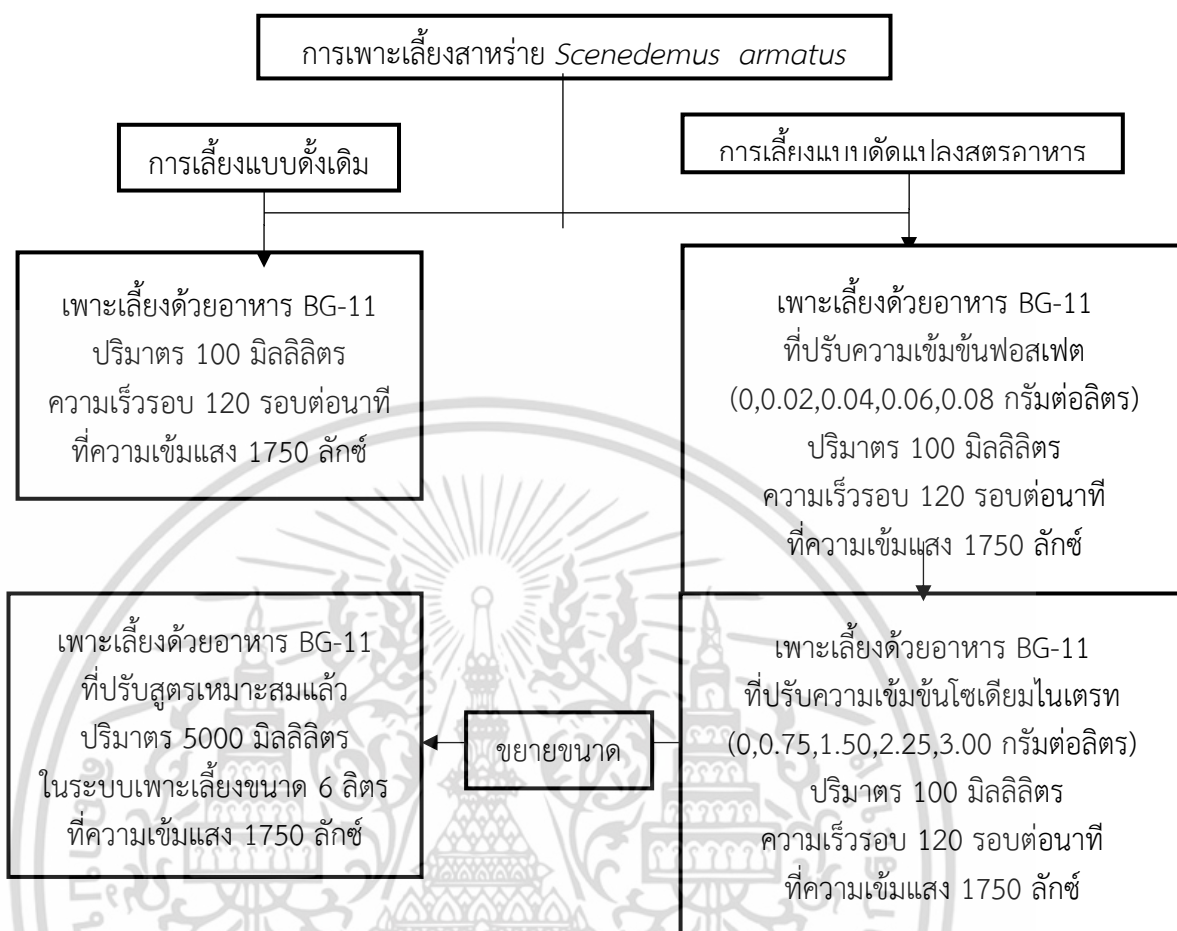
1. โซเดียมไนเตรท (NaNO_3) (UNIVAR, Ajax Finechem Pty Ltd, Australia)
2. ไดโทแทสเซียมฟอสเฟต (K_2HPO_4) (CARLO ERBA REAGENTS, Gralo Erba Reagenti Spa, Milan)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แมกนีเซียมซัลเฟต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (Fluka, Fluka Chemie AG CH-9470 Buchs)
 4. แคลเซียมคลอไรด์ ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (CARLO ERBA REAGENTS, Gralo Erba Reagenti Spa, Milan)
 5. กรดซิตริก ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) (AnalaR NORMAPUR, VWR International bvba, Belgium)
 6. แอมโมเนียมเฟอร์ริกซีเตรท ($\text{NH}_3\text{FeC}_6\text{H}_8\text{O}_7$) (Fluka, Fluka Chemie AG CH-9470 Buchs)
 7. EDTA (Ethylene diamine tetraacetic acid) (AnalaR NORMAPUR, VWR International bvba, Belgium)
 8. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) (CARLO ERBA REAGENTS, Gralo Erba Reagenti Spa, Milan)
 9. กรดบอริก (H_3BO_3) (EMSURE, EMD Millipore Corporation, Germany)
 10. แมงกานีส (II) คลอไรด์ ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (CARLO ERBA REAGENTS, Gralo Erba Reagenti Spa, Milan)
 11. ซิงค์ซัลเฟต ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (CARLO ERBA REAGENTS, Gralo Erba Reagenti Spa, Milan)
 12. โซเดียมโมลิบเดต ($\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (BDH, BDH Chemical Ltd, England)
 13. คอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (CARLO ERBA REAGENTS, Gralo Erba Reagenti Spa, Milan)
 14. โคบอลต์ (II) ไนเตรท ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (MERCK, E. Merck Darmstadt, Germany)
 15. น้ำกลั่น
 16. วุ้น (Agar)
- สำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและตรวจสอบกรดไขมัน
17. กรดซัลฟูริก (Sulphuric acid) ความเข้มข้นร้อยละ 98
 18. ฟีนอล (Phenol)
 19. สีย้อมไนต์เรด (Nile red) (SIGMA, SIGMA-AROLICH, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แผนผังการทดลอง



3.3 การเก็บรักษาหัวเชื้อบริสุทธิ์

3.3.1 การเตรียมอาหารเลี้ยง BG-11

1. ชั่งสารอาหารตามสูตรอาหาร BG-11 ในภาคผนวก ลงในน้ำกลั่น
2. เติมน้ำ 15 กรัมต่อลิตร
3. ปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร
4. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยสารละลาย HCl 0.1 โมล และ NaOH 0.1 โมล และวัดค่าด้วยเครื่อง pH meter ให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0
5. ละลายวุ้นด้วยความร้อนในเตาอบไมโครเวฟ
6. ใช้ปิเปตดูดอาหารใส่ในหลอดทดลอง ปริมาตรหลอดละ 5 มิลลิลิตร และปิดด้วยจุกสำลี
7. ข่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. รอให้อาหารเย็นลงเล็กน้อย และวางเอียงให้ปลายหลอดสูงกว่าก้นหลอด เพื่อให้มีพื้นที่ผิวของหน้าอาหารเพิ่มขึ้น ทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัว และเก็บไว้ในที่สะอาดเพื่อนำไปใช้ต่อ

3.3.2 การเก็บรักษาหัวเชื้อบริสุทธิ์ในอาหารเอียง BG-11

1. นำหลอดอาหารเอียง BG-11 และอุปกรณ์ที่ต้องใช้ เข้าตู้ถ่ายเชื้อ และเปิด UV เพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 30 นาที
2. ใช้ลูปเผาไฟจนร้อนแดง รอให้เย็น และเชี่ยเชื้อบริสุทธิ์ 1 ลูป ถ่ายใส่หลอดอาหารใหม่ โดยใช้เทคนิค simple streak
3. บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส)

3.4 การเตรียมหัวเชื้อบริสุทธิ์

3.4.1 การเตรียมอาหารเหลว

1. ชั่งสารอาหารตามสูตรอาหาร BG-11 ในภาคผนวก ก ลงในน้ำกลั่น
2. ปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร
3. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0
4. บรรจุอาหารเหลว 100 มิลลิลิตร ลงขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และปิดด้วยจุกสำลี
5. ฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3.3.2 การเตรียมหัวเชื้อบริสุทธิ์

1. นำพลาสติกอาหารเหลว BG-11 และอุปกรณ์ที่ต้องใช้ เข้าตู้ถ่ายเชื้อ และเปิด UV เพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 30 นาที
2. ใช้ลูปเผาไฟจนร้อนแดง รอให้เย็น และเชี่ยเชื้อบริสุทธิ์ 1 ลูปจากหลอดอาหารเอียงที่ไม่มีการปนเปื้อน ถ่ายใส่พลาสติกอาหารเหลว BG-11
3. เพาะเลี้ยงในสภาวะเขย่า 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้แสงที่ 1750 ± 50 ลักซ์

3.5 การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย

1. นำพลาสติกอาหารเหลว และอุปกรณ์ที่ใช้ เข้าตู้ถ่ายเชื้อ และเปิด UV เพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 30 นาที
2. นำหัวเชื้อที่วัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 0.3-0.6 นาโนเมตร หรือ มีความเข้มข้นเซลล์ประมาณ 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เติมลงในอาหารเหลว BG-11 ปริมาณร้อยละ 10 ของอาหารเหลว
3. เพาะเลี้ยงในสภาวะเขย่า 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้แสงที่ 1750 ± 50 ลักซ์
4. ตรวจสอบผลการเจริญเติบโตด้วยการนับเซลล์ การวัดค่าดูดกลืนแสง ปริมาณน้ำตาล และการหาน้ำหนักเซลล์แห้ง ทำการตรวจสอบทุก 3 วัน เพื่อหาการเข้าสู่ระยะคงที่ของการเพาะเลี้ยงเซลล์ และทำการวิเคราะห์ผลที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การหาความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟต (K_2PO_4) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

- 3.6.1 การเตรียมอาหารเหลว BG-11 ที่มีโพแทสเซียมฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น ต่าง ๆ
1. ชั่งสารอาหารตามสูตรอาหาร BG-11 โดย มีความเข้มข้นโซเดียมไนเตรทเป็น 0, 0.02, 0.04, 0.06 และ 0.08 กรัมต่อลิตร
 2. ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
 3. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0
 4. บรรจุอาหารเหลว 100 มิลลิลิตร ลงขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และปิดด้วยจุกสำลี
 5. ฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
- 3.6.2 การเพาะเลี้ยงเพื่อหาความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

1. นำฟลาสก์อาหารเหลว และอุปกรณ์ที่ใช้ ฆ่าด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ และเปิด UV เพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 30 นาที
2. นำหัวเชื้อที่วัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 0.3-0.6 นาโนเมตร หรือ มีความเข้มข้นเซลล์ประมาณ 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เติมลงในอาหารเหลว BG-11 ปริมาตรร้อยละ 10 ของอาหารเหลว
3. เพาะเลี้ยงในสภาวะเขย่า 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้แสงที่ 1750 ± 50 ลักซ์
4. ตรวจสอบผลการเจริญเติบโตด้วยการนับเซลล์ การวัดค่าดูดกลืนแสง ปริมาณน้ำตาล และการหาน้ำหนักเซลล์แห้ง ทำการตรวจสอบทุก 3 วัน เพื่อหาการเข้าสู่ระยะคงที่ของการเพาะเลี้ยงเซลล์ และทำการวิเคราะห์ผลที่ได้

3.7 การหาความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

- 3.7.1 การเตรียมอาหารเหลว BG-11 ที่มีโซเดียมไนเตรทที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ
1. ชั่งสารอาหารตามสูตรอาหาร BG-11 โดยมีความเข้มข้นโซเดียมไนเตรทเป็น 0, 0.75, 1.50, 2.25 และ 3.00 กรัมต่อลิตร
 2. ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
 3. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0
 4. บรรจุอาหารเหลว 100 มิลลิลิตร ลงขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และปิดด้วยจุกสำลี
 5. ฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.7.2 การเพาะเลี้ยงเพื่อหาความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต
1. นำพลาสติกอาหารเหลว และอุปกรณ์ที่ใช้ เข้าสู่ถ่ายเชื้อ และเปิด UV เพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 30 นาที
 2. นำหัวเชื้อที่วัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 0.3-0.6 นาโนเมตร หรือ มีความเข้มข้นเซลล์ประมาณ 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เติมลงในอาหารเหลว BG-11 ปริมาตรร้อยละ 10 ของอาหารเหลว
 3. เพาะเลี้ยงในสภาวะเขย่า 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้แสงที่ 1750 ± 50 ลักซ์
 4. ตรวจสอบผลการเจริญเติบโตด้วยการนับเซลล์ การวัดค่าการดูดกลืนแสง ปริมาณน้ำตาล และการหาน้ำหนักเซลล์แห้ง ทำการตรวจสอบทุก 3 วัน เพื่อหาการเข้าสู่ระยะคงที่ของการเพาะเลี้ยงเซลล์ และทำการวิเคราะห์ผลที่ได้

3.8 การประดิษฐ์ขวดขนาด 6,000 มิลลิลิตร ให้มีการเติมอากาศแบบปกติ

3.8.1 การเตรียมท่ออากาศ

1. ใช้สายอากาศหนา 0.1 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร ตัดให้มีความยาวเส้นละ 10 เซนติเมตร จำนวน 3 เส้น ต่อ 1 ถัง และตัดให้มีความยาวประมาณ 30 เซนติเมตร 1 เส้น ต่อ 1 ถัง
2. ที่ปลายสายอากาศจะประกอบข้อต่อที่ปิดวาล์ว ต่อกับข้อต่อที่ถอดวาล์ว เพื่อให้บริเวณที่ถอดวาล์วจะเป็นช่องให้อากาศออก และต่อกับสายอากาศความยาว 10 เซนติเมตร
3. จากนั้นต่อกับข้อต่อถอดวาล์ว และต่อกับสายอากาศความยาว 10 เซนติเมตร ต่อข้อต่อ 3 จนมีข้อต่อถอดวาล์ว ครบ 4 ตัว
4. ต่อสายอากาศยาว 30 เซนติเมตร กับข้อต่อถอดวาล์วตัวที่ 4 เพื่อให้ปลายอีกฝั่งท่ออากาศต่อเข้ากับเครื่องปั๊มอากาศ

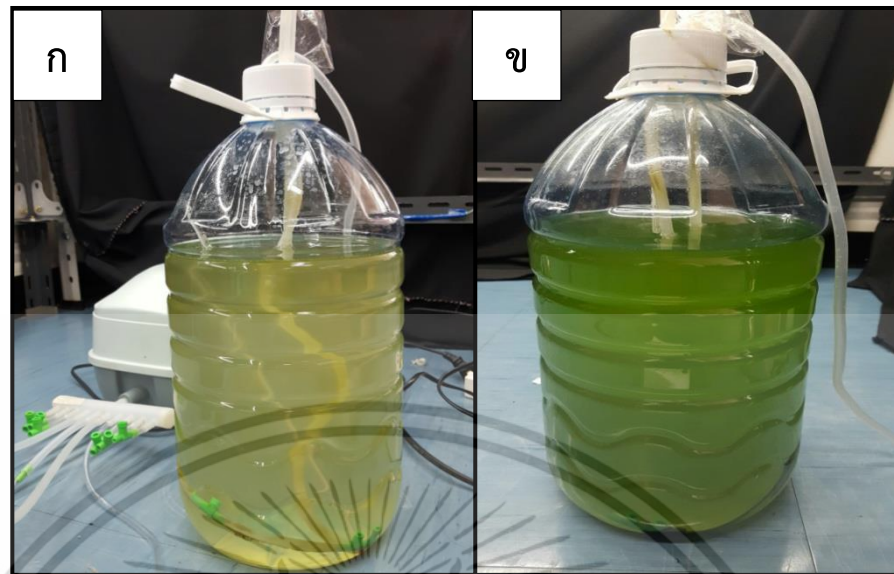
3.8.2 การเตรียมถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร

1. ใช้ถังน้ำดื่มตราสยามขนาด 6,000 มิลลิลิตร ตัดบริเวณปากขวดออก ให้มีปากขวดกว้างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

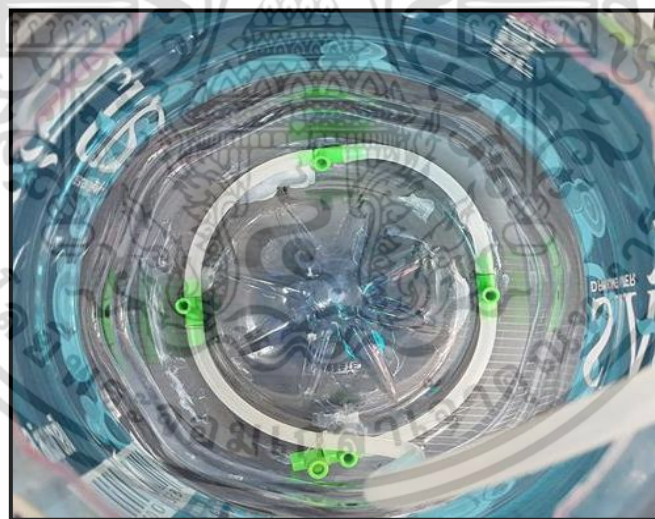
3.8.3 การประกอบถังเพาะเลี้ยงขนาด 6,000 มิลลิลิตร

1. วางสายอากาศที่ประกอบกับข้อต่อไว้บริเวณก้นถังที่เจาะรู โดยให้ข้อต่อหัวขึ้นด้านบน เพื่อให้อากาศออกทางด้านบน
2. ติดสายอากาศไม่ให้ขยับด้วยปืนกาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ถังประดิษฐ์ขนาด 6,000 มิลลิลิตร ที่ประกอบเสร็จแล้ว
 หมายเหตุ ภาพ ก = เพาะเลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 3 วัน
 ภาพ ข = เพาะเลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 21 วัน



รูปที่ 3.2 ถังประดิษฐ์ตราสยามขนาด 6,000 มิลลิลิตร ที่ประกอบเสร็จแล้ว (ด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ป้อนเติมอากาศสำหรับใช้เติมอากาศ (HP-8000, Atman)

3.9 การขยายขนาดการเพาะเลี้ยง

3.9.1 การเตรียมอาหารเหลว BG-11

1. ชั่งสารอาหารตามสูตรอาหาร BG-11
2. ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
3. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0
4. ฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิที่ใช้ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3.9.2 การฆ่าเชื้อ

1. ถอดสายยางที่ไม่ได้ติดด้วยกาวยอก แล้วฆ่าเชื้อด้วยหม้ออบไอน้ำ (Autoclave) ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
2. บริเวณภายในถังจะใช้น้ำต้มเดือดที่อุณหภูมิสูงกว่า 77 องศาเซลเซียส และเขย่าให้ทั่วถึงตลอดเวลาเป็นเวลา 15 นาที หากอุณหภูมิ น้ำลดลงต่ำกว่า 77 องศาเซลเซียส จึงจะทำการเปลี่ยนน้ำใหม่

3.9.3 การเพาะเลี้ยงในขวดขนาด 6,000 มิลลิลิตร (ปริมาตรอาหาร 5,000 มิลลิลิตร)

1. นำถังสำหรับเพาะเลี้ยงขนาด 6,000 มิลลิลิตร อาหารเหลว และอุปกรณ์ที่ใช้เข้าสู่ถังเชื้อ และเปิด UV เพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 30 นาที
2. นำหัวเชื้อที่วัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 0.3-0.6 นาโนเมตร หรือ มีความเข้มข้นเซลล์ประมาณ 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เติมลงในอาหารเหลว BG-11 ปริมาตรร้อยละ 10 ของอาหารเหลว
3. เพาะเลี้ยงในสภาวะอุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้แสงที่ 1750 ± 50 ลักซ์
4. ตรวจสอบผลการเจริญเติบโตด้วยการนับเซลล์ การวัดค่าดูดกลืนแสง ปริมาตรน้ำตาล และการหาหน้าหนักเซลล์แห้ง ทำการตรวจสอบทุก 3 วัน และเก็บเกี่ยวเซลล์สำหรับเพื่อผลิตไบโอดีเซลและทำการวิเคราะห์กรดไขมันต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 การตรวจสอบการเจริญเติบโต และการสังเกตปริมาณไขมันของสาหร่าย

3.10.1 การวัดน้ำหนักเซลล์แห้ง

1. ชั่งน้ำหนักหลอดทดลอง และจัดบันทึกน้ำหนักก่อนใส่ตัวอย่าง
2. คูดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร มาทำการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เพื่อตกตะกอนตัวอย่าง
3. เทสารละลายส่วนใสทิ้ง
4. นำตะกอนไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 1 วัน
5. ชั่งน้ำหนักหลอดทดลองหลังใส่ตัวอย่างแห้ง และคำนวณน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง

การหาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{t}$$

เมื่อ μ = อัตราการเจริญจำเพาะ
 N = ความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายวันสุดท้าย (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)
 N_0 = ความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายวันแรก (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)
 t = เวลา (วัน)

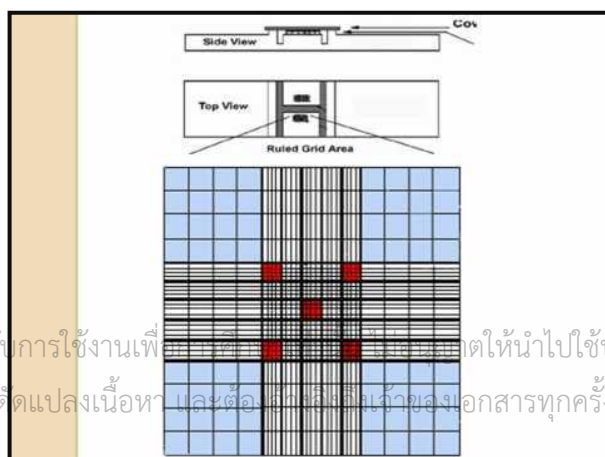
หมายเหตุ ในเล่มนี้จะใช้ μ_{\max} = อัตราการเจริญสูงสุดโดยพิจารณาในช่วง log phase เท่านั้น

3.10.2 การนับจำนวนเซลล์โดยใช้สไลด์ชนิดฮีมาไซโตมิเตอร์ (haemocytometer)

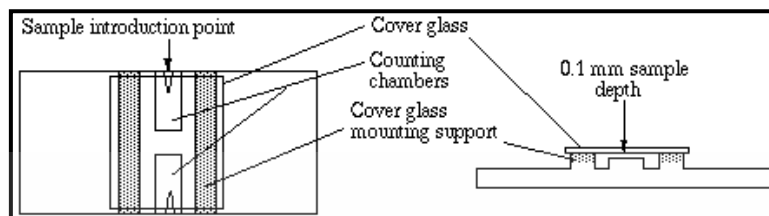
1. หยดตัวอย่างลงบนสไลด์ 1 หยด ในช่องใส่ตัวอย่าง(load port) ของสไลด์ชนิดฮีมาไซโตมิเตอร์ที่มีกระจกสไลด์ปิดอยู่
2. วางสไลด์ทิ้งไว้ 1 นาที เพื่อให้เซลล์สาหร่ายจมลงสู่พื้นสไลด์
3. วางสไลด์บนแท่นวางสไลด์ของกล้องจุลทรรศน์ ปรับกล้องโดยเริ่มจากกำลังขยายต่ำสุดไปยังกำลังขยายสูงขึ้น
4. นับเซลล์สาหร่ายบนช่องสี่เหลี่ยมตรงกลาง (25 ช่องใหญ่ ซึ่งภายในมีตารางขนาดเล็กจำนวน 16 ช่อง)

หมายเหตุ

- ถ้าจำนวนเซลล์หนาแน่นมาก อาจสุ่มนับ 5 ช่อง แต่ผลที่ได้ต้องคูณ 5 หรือ สุ่มนับ 10 ช่อง ผลที่ได้ต้องคูณ 2.5 ถ้าหากเซลล์สาหร่ายทับเส้นให้เลือกนับด้านใดด้านหนึ่ง
- 1) นับด้านเส้นแนวบน และเส้นแนวขวา ไม่นับด้านเส้นแนวล่าง และเส้นแนวซ้าย
 - 2) นับด้านเส้นแนวล่าง และเส้นแนวซ้าย ไม่นับด้านเส้นแนวบน และเส้นแนวขวา



แสดงการเลือกช่องสำหรับนับตัวอย่างเซลล์สาหร่าย
รูปที่ 3.4 ฮีมาไซโตมิเตอร์ (ที่มา : <https://www.ruf.rice.edu>)



รูปที่ 3.5 แสดงส่วนประกอบของฮีมาไซโตมิเตอร์ (ที่มา:<http://www.ruf.rice.edu>)

วิธีการคำนวณหาปริมาณเซลล์

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ 1 ช่องกลางในตารางใหญ่มีค่า} &= 0.2 \times 0.2 = 0.04 \text{ ตารางมิลลิเมตร} \\
 \text{ความลึกระหว่าง cover slip} &= 0.1 \text{ มิลลิเมตร} \\
 \text{ปริมาตรของ 1 ช่องกลาง} &= 0.04 \times 0.1 = 0.004 \text{ ลูกบาศก์มิลลิเมตร} \\
 \text{ปริมาตร 0.004 ลูกบาศก์มิลลิเมตร มีจำนวนเซลล์} &= Z \text{ เซลล์} \\
 \text{ปริมาตร 1000 ลูกบาศก์มิลลิเมตร มีเซลล์} &= (Z \times 1000) / 0.004 \\
 &= (Z \times 1000) / (4 \times 10^{-3}) \\
 &= Z \times 250 \times 10^3 \\
 &= Z \times 2.5 \times 10^5 \text{ เซลล์ต่อมิลลิเมตร}
 \end{aligned}$$

3.10.3 การวัดค่าดูดกลืนแสง (Optical Density : OD)

1. ใส่ตัวอย่างที่ต้องการวัดลงในคิวเวต
2. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร
3. บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

3.10.4 การวัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธีฟีนอล-ซัลฟูริก (Phenol-Sulfuric method)

1. ดูดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร มาทำการปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เพื่อตกตะกอนตัวอย่าง
2. เก็บสารละลายส่วนใสไว้อีกหลอดทดลอง และเติมฟีนอล 5% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร
3. ค่อย ๆ หยดสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นที่ละหยด ปริมาตร 5 มิลลิลิตร
4. ผสมสาร และตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสง และคำนวณหาปริมาณน้ำตาลโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.5 การตรวจสอบการผลิตไขมันในเซลล์สาหร่ายด้วยวิธีไนล์เรด (Nile Red)

1. ดูดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร มาทำการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เพื่อตกตะกอนตัวอย่าง
2. นำส่วนเนื้อเซลล์ที่ตกตะกอนมาเติมไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (DMSO) ความเข้มข้นร้อยละ 25 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร
3. ย้อมด้วยสีไนล์เรด (Nile Red) ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
4. นำไปตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์ หากพบไขมันจะเห็นการเรืองแสงเป็นสีเหลือง

3.11 การวิเคราะห์ทางสถิติ

เป็นการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่ากลางระหว่างประชากรโดยการวิเคราะห์ผ่านค่าความแปรปรวน (Variance) เราเรียกว่า “Analysis of Variance” หรือเรียกง่าย ๆ ว่า ANOVA ซึ่งสามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของประชากรได้พร้อมกันมากกว่า 2 ประชากร ซึ่งถ้าเราใช้ T-Test จะทำได้มากที่สุดแค่ 2 ประชากรเท่านั้น และวิเคราะห์ได้มากกว่า 1 ปัจจัย (Factor) ซึ่ง T-Test จะทำได้เพียงปัจจัยเดียวเท่านั้น ซึ่งในการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของผลการทดลองการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus armatus* จะใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 19 (วิธีวิเคราะห์ตามภาคผนวก ฉ)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

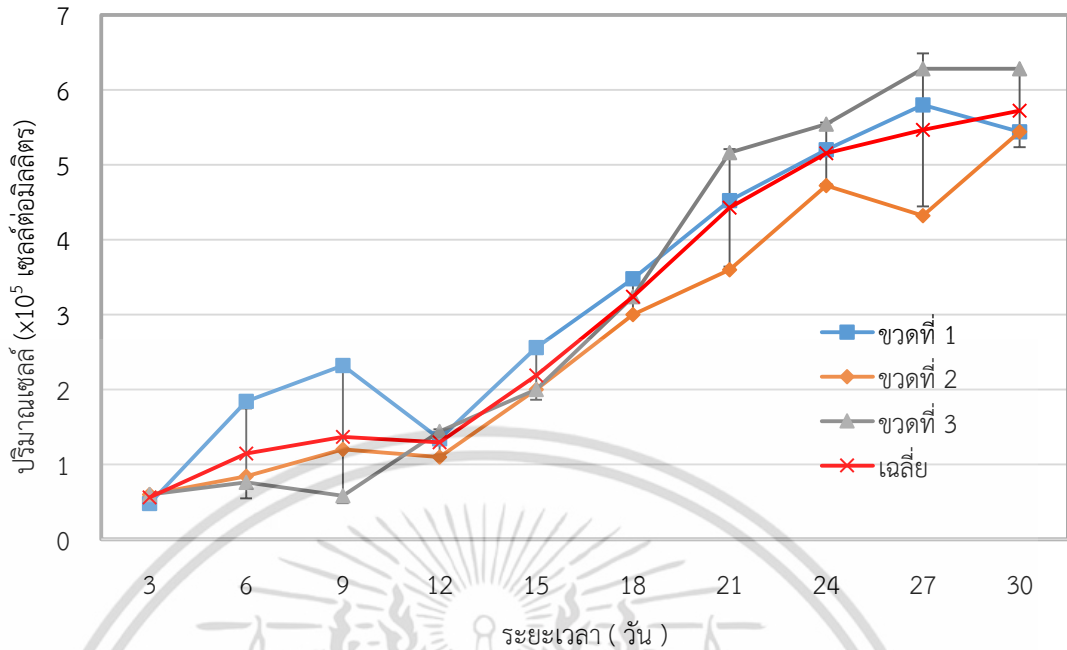
4.1 ผลการศึกษาระยะการเจริญเติบโตของสาหร่าย

การวัดอัตราการเจริญเติบโตด้วยการนับจำนวนเซลล์ การวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร และการหาน้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าที่ได้ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งแสดงผลการวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายและนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟการเจริญดังรูปที่ 4.1-4.3

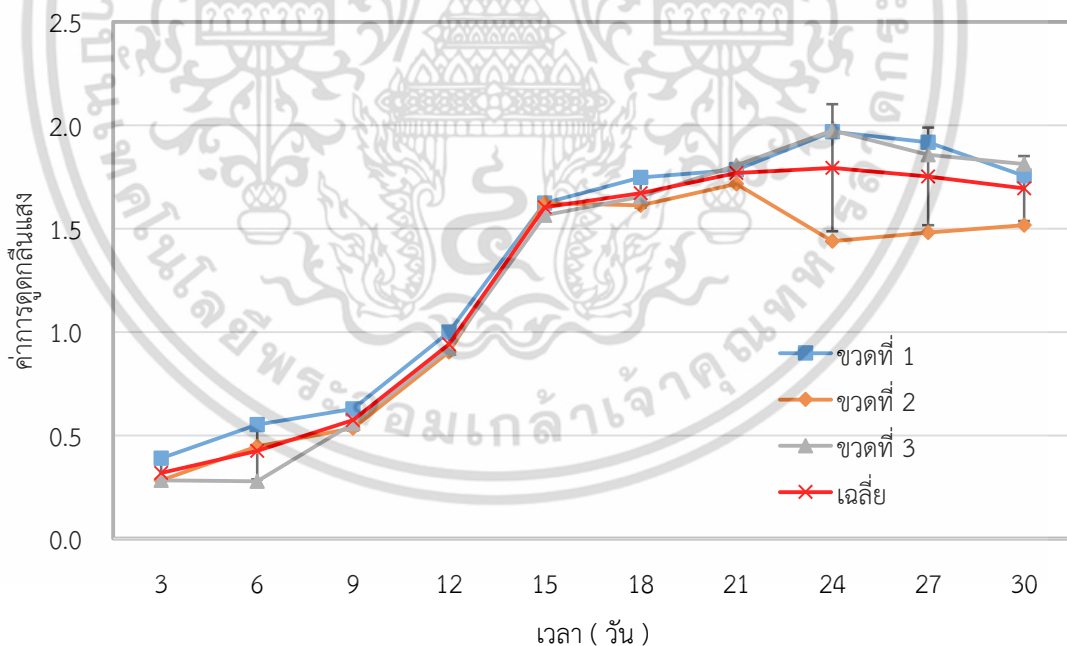
ตารางที่ 4.1 จำนวนเซลล์ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร และน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

วันที่	การวัดการเจริญเติบโต		
	จำนวนเซลล์ $\times 10^5$ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง (OD)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)
3	0.56±0.07	0.319±0.06	0.40±0.07
6	1.15±0.60	0.425±0.13	0.53±0.12
9	1.37±0.88	0.573±0.04	0.60±0.05
12	1.29±0.17	0.941±0.05	0.58±0.08
15	2.19±0.32	1.604±0.03	0.62±0.06
18	3.24±0.24	1.671±0.06	0.63±0.13
21	4.43±0.78	1.769±0.04	0.61±0.10
24	5.15±0.41	1.795±0.30	0.56±0.17
27	5.46±1.02	1.753±0.23	0.54±0.16
30	5.72±0.48	1.695±0.15	0.44±0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

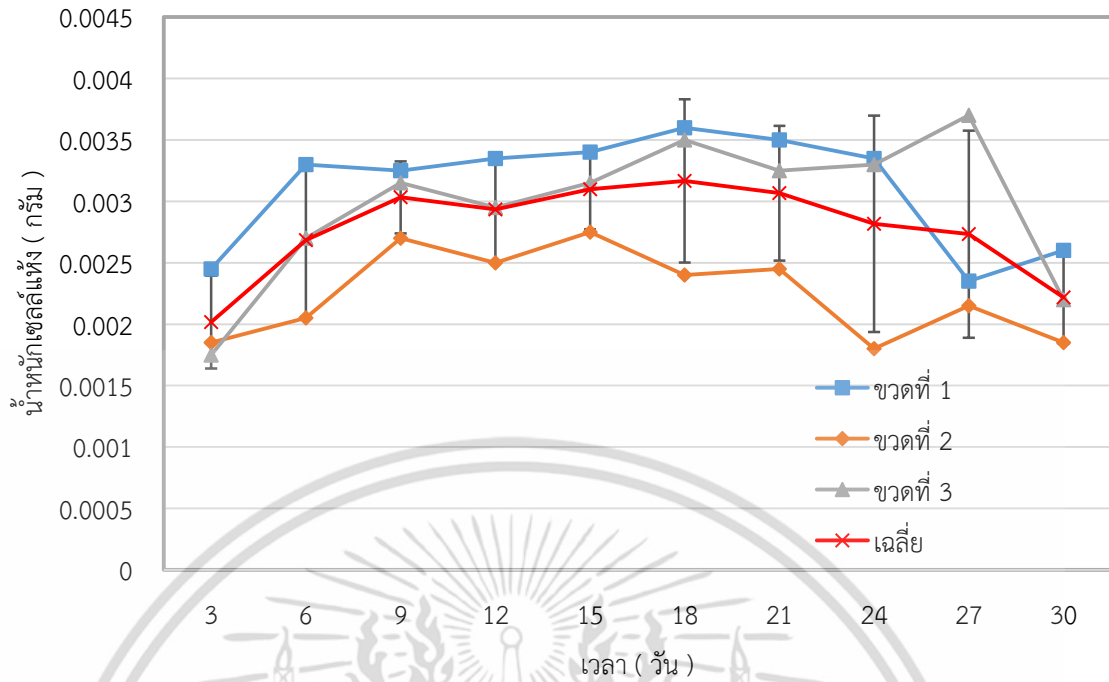


รูปที่ 4.1 จำนวนเซลล์ของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์



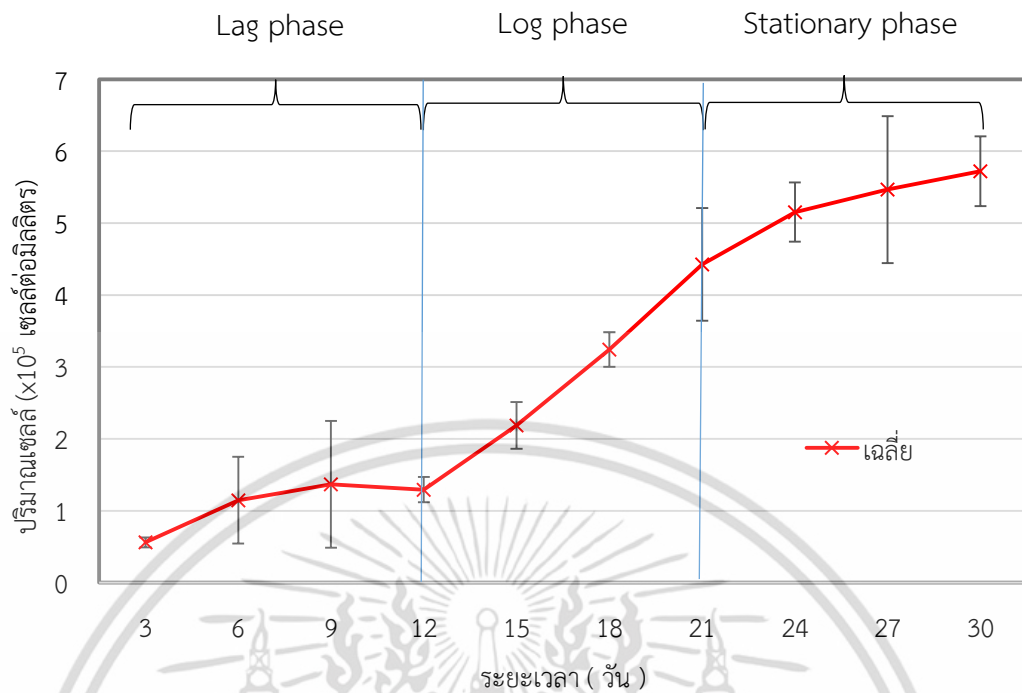
รูปที่ 4.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 น้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

การวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายโดยการนับจำนวนเซลล์ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร) การวัดความหนาแน่นโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Optical density measurement, OD) และการหาน้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร) เป็นวิธีที่ใช้ในการวัดการเจริญเติบโตที่สามารถทำได้สะดวกและตรวจสอบผลได้อย่างรวดเร็ว และการตรวจผลทั้ง 3 วิธีเป็นการยืนยันความถูกต้องของผลการทดลองที่พบว่าจำนวนเซลล์จะมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 12 และเพิ่มจำนวนอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง ซึ่งจำนวนเซลล์จะเริ่มคงที่ มีจำนวนเซลล์เท่ากับ 4.43×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร 1.769 และการหาน้ำหนักเซลล์แห้ง 0.1751 กรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

จากการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus armatus* เพื่อศึกษาระยะเวลาเจริญเติบโตจากข้อมูลดังกล่าวในรูปที่ 4.1-4.3 สามารถแบ่งช่วงของการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ได้ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วง 12 วันแรกของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายจะอยู่ในช่วงของการปรับตัวในเข้ากับอาหารและสภาพแวดล้อม (lag phase) จึงมีการเพิ่มจำนวนเพียงเล็กน้อย หลังจากนั้นสาหร่ายจะเข้าสู่ระยะการแบ่งตัวทวีคูณ (log phase) ซึ่งจะเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็วและจะเริ่มคงที่ (Stationary phase) ในวันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณสารอาหารเริ่มน้อยลง ทำให้การเจริญเติบโตช้าลง และมีอัตราการเกิดใกล้เคียงกับอัตราการตาย และหลังจากนั้นสาหร่ายจะเข้าสู่ระยะการตาย (death phase) ซึ่งสารอาหารจะหมดลง และของเสียที่สาหร่ายสร้างขึ้นมาจะยับยั้งการเจริญเติบโต

4.2 ผลของความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟตที่แตกต่างกัน

การวัดเจริญเติบโตด้วยวิธีการนับจำนวนเซลล์ วัดค่าการดูดกลืนแสง และหาน้ำหนักเซลล์แห้ง ที่มีการปรับความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟตที่ 0 – 0.08 กรัมต่อลิตร ในอาหาร BG-11 แสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งแสดงผลการวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายและนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟการเจริญตั้งรูปที่

ตารางที่ 4.2 จำนวนเซลล์ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร และน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโพแทสเซียมฟอสเฟต 0 – 0.08 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

วันที่	ความเข้มข้น K_2HPO_4 (กรัมต่อลิตร)	การวัดการเจริญเติบโต		
		จำนวนเซลล์ $\times 10^5$ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	ค่าการ ดูดกลืนแสง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)
3	0	0.45±0.09	0.050±0.008	0.0027±0.0006
	0.02	0.37±0.10	0.054±0.015	0.0027±0.0006
	0.04	0.42±0.06	0.049±0.008	0.0020±0.0010
	0.06	0.42±0.04	0.051±0.012	0.0033±0.0006
	0.08	0.35±0.01	0.053±0.004	0.0027±0.0006
6	0	0.65±0.16	0.110±0.028	0.0043±0.0015
	0.02	1.09±0.12	0.179±0.082	0.0040±0.0010
	0.04	1.29±0.18	0.406±0.004	0.0073±0.0006
	0.06	1.18±0.22	0.218±0.013	0.0050±0.0010
	0.08	0.52±0.02	0.161±0.031	0.0060±0.0010
9	0	1.32±0.21	0.404±0.105	0.0093±0.0015
	0.02	1.31±0.10	0.401±0.143	0.0083±0.0006
	0.04	1.71±0.30	0.699±0.020	0.0123±0.0021
	0.06	1.85±0.16	0.489±0.063	0.0087±0.0012
	0.08	1.23±0.02	0.509±0.026	0.0093±0.0015
12	0	1.77±0.12	0.481±0.037	0.0167±0.0005
	0.02	2.56±0.12	0.790±0.156	0.0150±0.0010
	0.04	2.81±0.44	1.099±0.59	0.0267±0.0021

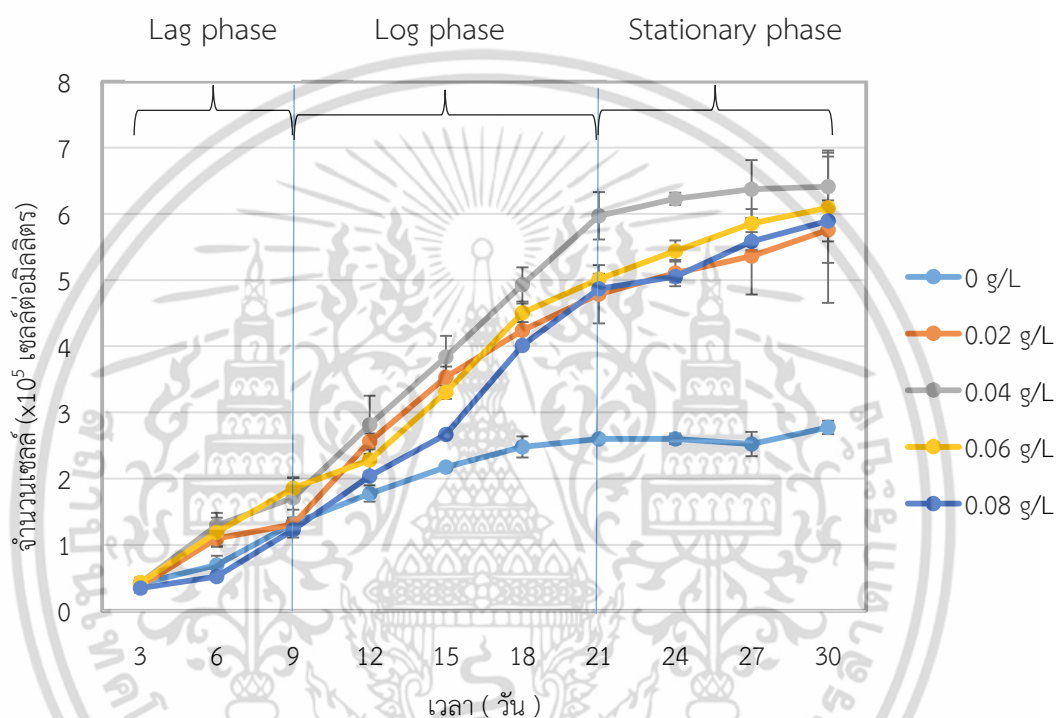
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	0.06	2.28±0.18	0.818±0.039	0.0170±0.0020
	0.08	2.04±0.06	0.817±0.039	0.0173±0.0028
15	0	2.17±0.02	0.609±0.085	0.0177±0.0067
	0.02	3.53±0.16	1.378±0.042	0.0220±0.0010
	0.04	3.84±0.32	1.459±0.077	0.0303±0.0012
	0.06	3.31±0.10	1.366±0.111	0.0170±0.0020
	0.08	2.67±0.02	1.293±0.181	0.0210±0.0035
18	0	2.48±0.16	0.683±0.094	0.0250±0.0035
	0.02	4.24±0.24	1.691±0.071	0.0220±0.0017
	0.04	4.93±0.26	1.906±0.033	0.0330±0.0017
	0.06	4.51±0.14	1.854±0.104	0.0253±0.0015
	0.08	4.01±0.05	1.654±0.047	0.0287±0.0032
21	0	2.60±0.04	0.853±0.091	0.0237±0.0051
	0.02	4.79±0.44	1.934±0.026	0.0243±0.0012
	0.04	5.97±0.36	2.209±0.088	0.0347±0.0015
	0.06	5.01±0.08	2.122±0.083	0.0273±0.0015
	0.08	4.87±0.04	1.611±0.036	0.0310±0.0020
24	0	2.60±0.08	0.628±0.016	0.0228±0.0108
	0.02	5.11±0.19	1.949±0.039	0.0267±0.0032
	0.04	6.23±0.09	2.552±0.055	0.0367±0.0032
	0.06	5.44±0.16	2.412±0.069	0.0323±0.0025
	0.08	5.05±0.09	1.805±0.085	0.0300±0.0030
27	0	2.52±0.18	0.785±0.039	0.0263±0.0031
	0.02	5.36±0.58	2.231±0.070	0.0283±0.0031
	0.04	6.37±0.44	2.398±0.043	0.0407±0.0029
	0.06	5.85±0.22	2.458±0.043	0.0333±0.0006
	0.08	5.59±0.14	1.797±0.057	0.0333±0.0021
30	0	2.77±0.10 ^b	0.955±0.101 ^d	0.0290±0.0017 ^{bc}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	0.02	5.76±1.11 ^a	2.481±0.074 ^b	0.0280±0.0026 ^c
	0.04	6.41±0.54 ^a	3.008±0.077 ^a	0.0410±0.0061 ^a
	0.06	6.09±0.83 ^a	2.891±0.058 ^a	0.0350±0.0010 ^{ab}
	0.08	5.89±0.31 ^a	2.362±0.047 ^c	0.0350±0.0020 ^{ab}

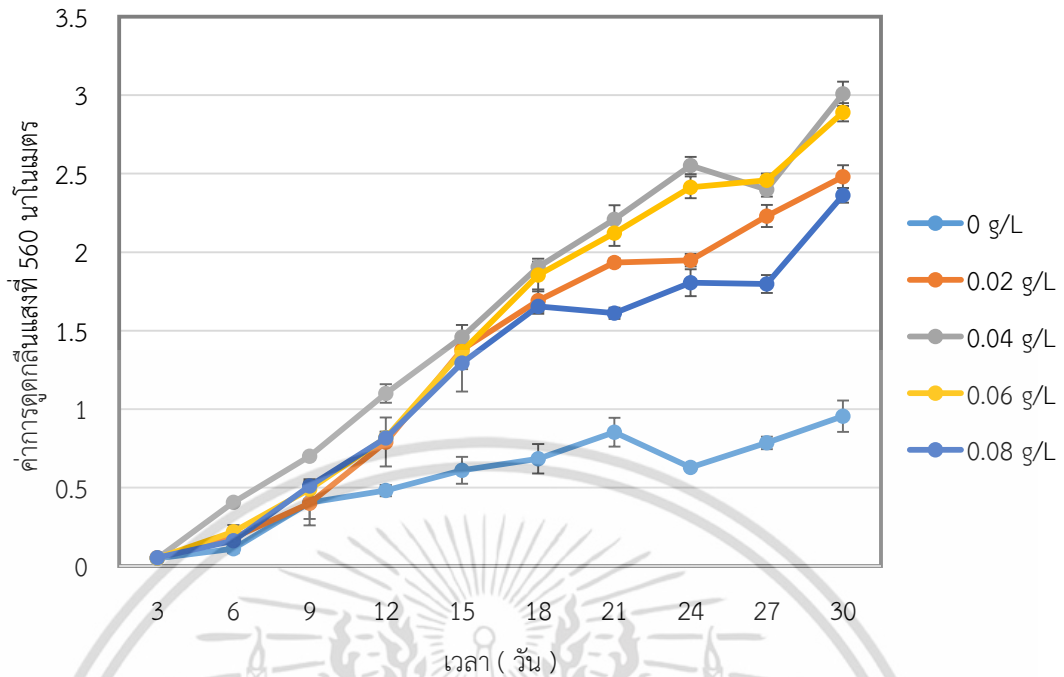
หมายเหตุ : a, b, c และ d หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าเชื่อถือร้อยละ 95



รูปที่ 4.5 จำนวนเซลล์ของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0 – 0.08 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

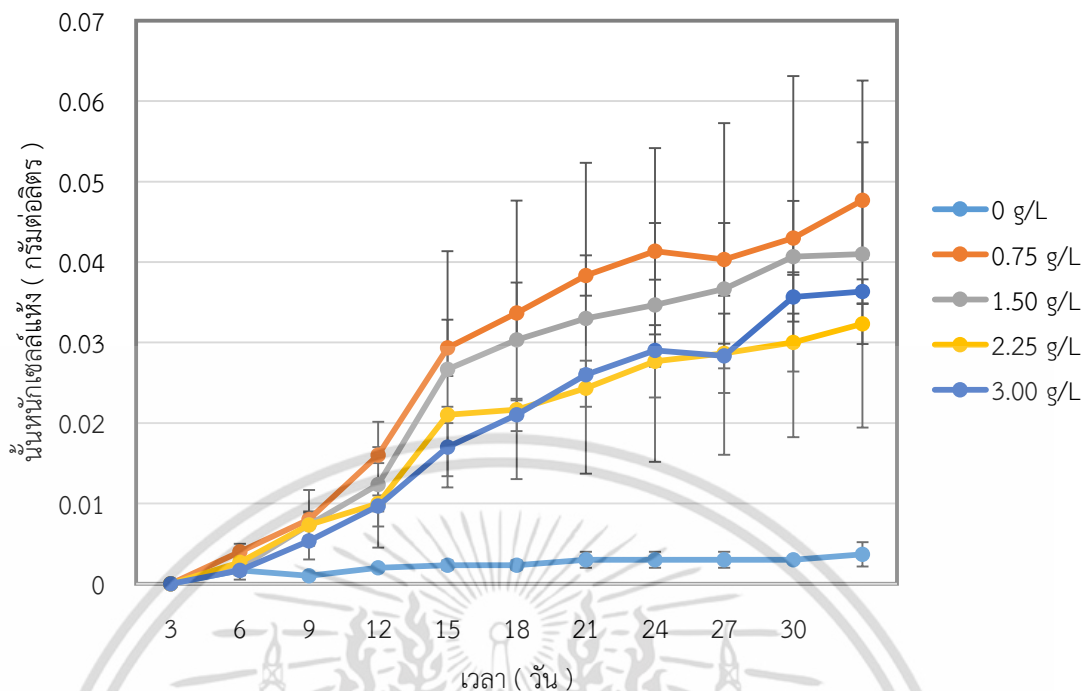
การนับจำนวนเซลล์ของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟต ที่ 0, 0.02, 0.04, 0.06 และ 0.08 กรัมต่อลิตร ได้ผลตามตาราง 4.2 นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟ 4.9 พบว่าในช่วง 9 วันแรกของการเพาะเลี้ยงมีจำนวนเซลล์ที่ใกล้เคียงกัน และหลังวันที่ 9 จะเห็นได้ว่าที่โพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.04 กรัมต่อลิตร มีจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมากกว่าที่โพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0, 0.02, 0.06 และ 0.08 กรัมต่อลิตร โดยจะเข้าสู่ระยะคงที่ในวันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยงโดยที่ไซโตเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.04 กรัมต่อลิตร และมีจำนวนเซลล์สูงสุดในวันที่ 30 มี 6.41×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และพบว่าจำนวนเซลล์ในอาหาร BG-11 ที่มีโพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.04 กรัมต่อลิตร มีจำนวนเซลล์เซลล์มากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างกับโพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.06 กรัมต่อลิตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0 – 0.08 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์ การวัดค่าดูดกลืนแสงของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟต ที่ 0, 0.02, 0.04, 0.06 และ 0.08 กรัมต่อลิตร ได้ผลตามตาราง 4.2 นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟ 4.10 พบว่าในช่วง 9 วันแรกของการเพาะเลี้ยงมีค่าดูดกลืนแสงที่ใกล้เคียงกัน และหลังวันที่ 9 จะเห็นได้ว่าที่โพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.04 และ 0.06 กรัมต่อลิตร มีค่าดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมากกว่าที่โพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0, 0.02 และ 0.08 กรัมต่อลิตร เข้าสู่ระยะคงที่ในวันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง และสูงสุดในวันที่ 30 ของการเพาะเลี้ยงโดยที่โพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.04 กรัมต่อลิตร มีค่าดูดกลืนแสงที่ 3.008 และที่โพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.06 กรัมต่อลิตร มีค่าดูดกลืนแสงที่ 2.891 และพบว่าจำนวนเซลล์ในอาหาร BG-11 ที่มีโพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.04 มีค่าดูดกลืนแสงมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างกับโพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.06 กรัมต่อลิตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 น้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0 – 0.08 กรัมต่อลิตร ในสถานะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

การวัดน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟต ที่ 0, 0.02, 0.04, 0.06 และ 0.08 กรัมต่อลิตร ได้ผลตามตาราง 4.2 นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟ 4.11 พบว่าในช่วง 6 วันแรกของการเพาะเลี้ยงมีน้ำหนักเซลล์แห้งที่ใกล้เคียงกัน และหลังวันที่ 6 จะเห็นได้ว่าที่โพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.04 กรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเซลล์แห้งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมากกว่าที่โพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0, 0.02, 0.06 และ 0.08 กรัมต่อลิตร จนเข้าสู่ในระยะคงที่ในวันที่ 24 และสูงสุดในวันที่ 30 ของการเพาะเลี้ยงโดยที่ไซโตเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.04 กรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเซลล์แห้ง 0.0041 กรัมต่อลิตร และพบว่าน้ำหนักเซลล์แห้งในอาหาร BG-11 ที่มีโพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.04 กรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเซลล์แห้งมากที่สุดและเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างกับโพแทสเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.06 และ 0.08 กรัมต่อลิตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากผลการนับจำนวนเซลล์ของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟต ที่ 0, 0.02, 0.04, 0.06 และ 0.08 กรัมต่อลิตร นำค่าจำนวนเซลล์ที่นับได้มาหาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ_{max}) แสดงผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะจากการตรวจผลด้วยวิธีการนับจำนวนเซลล์ของสาหร่ายของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟต

ความเข้มข้นโพแทสเซียมฟอสเฟต (กรัมต่อลิตร)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ_{max}) (ต่อวัน)
0	0.0738±0.0213 ^c
0.02	0.1074±0.0215 ^{bc}
0.04	0.1693±0.0042 ^a
0.06	0.1246±0.0272 ^b
0.08	0.0830±0.0350 ^{bc}

หมายเหตุ: a,b และ c หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าเชื่อถือร้อยละ 95

จากอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ_{max}) ของสาหร่าย สาหร่าย *Scenedesmus armatus* ดังตารางที่ 4.3 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมไนเตรท 0.04 กรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเป็น 0.1693 ต่อวัน รองลงมาคือ ที่ความเข้มข้น 0.06, 0.02, 0.08 และ 0 กรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเป็น 0.1246, 0.1074, 0.0830 และ 0.0738 ต่อวัน ตามลำดับ และเมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะเห็นว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.04 กรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันกับค่าความเข้มข้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญร้อยละ 95 ที่ให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด จึงเลือกค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไนเตรทที่ 0.04 กรัมต่อลิตร ในการทำการทดลองต่อ

4.3 ผลของความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่แตกต่างกัน

การวัดเจริญเติบโตด้วยวิธีการนับจำนวนเซลล์ วัดค่าการดูดกลืนแสง และหาหน้าหนักเซลล์แห้ง ที่มีการปรับความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่ 0 – 3.00 กรัมต่อลิตร ในอาหาร BG-11 แสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งแสดงผลการวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายและนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟการเจริญเติบโตรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.4 จำนวนเซลล์ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร และน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโซเดียมไนเตรท 0 – 3.00 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

วันที่	ความเข้มข้น NaNO ₃ (กรัมต่อลิตร)	การวัดการเจริญเติบโต		
		จำนวนเซลล์ × 10 ⁵ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	ค่าการ ดูดกลืนแสง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)
3	0	0.29±0.02	0.053±0.005	0.0017±0.0006
	0.75	0.25±0.06	0.046±0.005	0.0040±0.0010
	1.50	0.43±0.06	0.049±0.008	0.0020±0.0015
	2.25	0.53±0.11	0.05±0.006	0.0027±0.0006
	3.00	0.37±0.08	0.054±0.009	0.0017±0.0006
6	0	0.22±0.06	0.081±0.009	0.0010±0
	0.75	0.67±0.18	0.196±0.018	0.0080±0.0010
	1.50	1.29±0.19	0.406±0.004	0.0073±0.0043
	2.25	1.08±0.04	0.203±0.006	0.0073±0.0015
	3.00	0.60±0.11	0.183±0.028	0.0053±0.0006
9	0	0.31±0.08	0.069±0.006	0.0020±0
	0.75	1.48±0.24	0.521±0.034	0.0160±0.0010
	1.50	1.71±0.30	0.699±0.020	0.0123±0.0078
	2.25	1.61±0.26	0.496±0.012	0.0210±0.0010
	3.00	0.91±0.16	0.386±0.063	0.0097±0.0025
12	0	0.34±0.06	0.093±0.011	0.0023±0.0006
	0.75	2.41±0.16	0.812±0.017	0.0293±0.0035
	1.50	2.81±0.44	1.099±0.59	0.0267±0.0147
	2.25	1.97±0.31	0.730±0.090	0.0210±0.0010
	3.00	1.31±0.08	0.806±0.053	0.017±0.0036
15	0	0.29±0.12	0.081±0.011	0.0023±0.0006

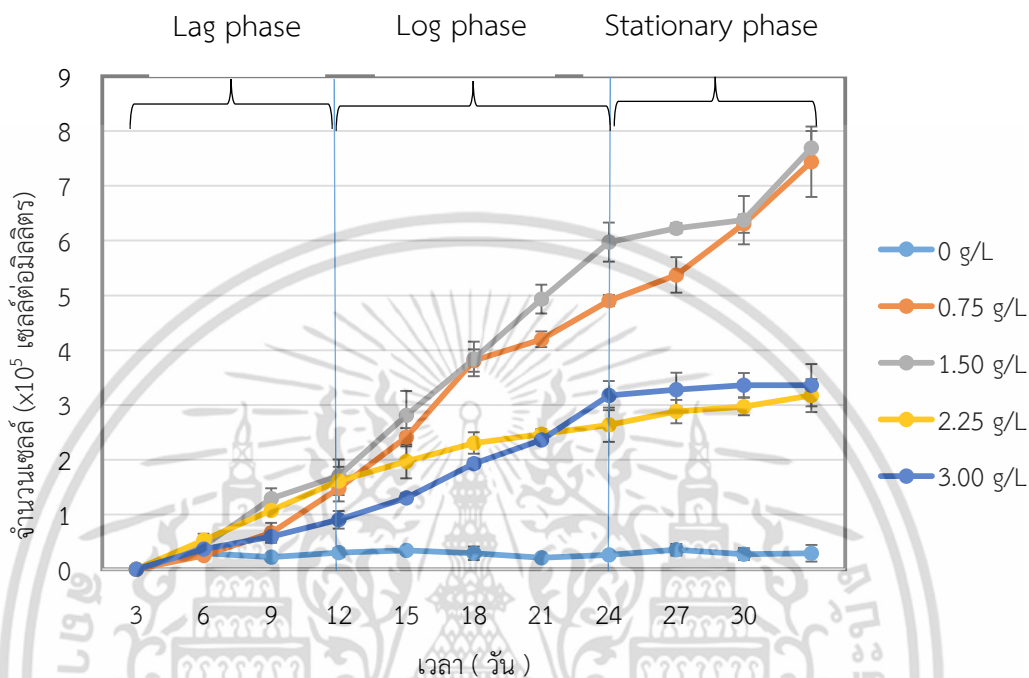
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	0.75	3.81±0.21	1.312±0.106	0.0337±0.0038
	1.50	3.84±0.31	1.459±0.077	0.0303±0.0173
	2.25	2.31±0.19	0.842±0.087	0.0217±0.0010
	3.00	1.93±0.08	0.963±0.151	0.0210±0.0020
18	0	0.21±0.05	0.083±0.009	0.0030±0.0010
	0.75	4.20±0.14	1.921±0.166	0.0383±0.0025
	1.50	4.93±0.26	1.906±0.033	0.033±0.0193
	2.25	2.47±0.92	1.639±0.276	0.0243±0.0023
	3.00	2.36±0.04	1.471±0.270	0.0260±0.0017
21	0	0.26±0.02	0.104±0.017	0.0030±0.0010
	0.75	4.91±0.10	2.198±0.044	0.0413±0.0035
	1.50	5.97±0.36	2.209±0.088	0.0346±0.0015
	2.25	2.64±0.31	1.748±0.063	0.0277±0.0045
	3.00	3.17±0.27	1.788±0.135	0.0290±0.0020
24	0	0.36±0.11	0.102±0.017	0.0030±0.0010
	0.75	5.37±0.32	2.444±0.113	0.0403±0.0045
	1.50	6.22±0.09	2.552±0.055	0.0367±0.0206
	2.25	2.88±0.21	2.056±0.046	0.0287±0.0049
	3.00	3.28±0.31	1.955±0.081	0.0283±0.0015
27	0	0.28±0.11	0.096±0.011	0.0030±0.0001
	0.75	6.31±0.16	2.732±0.081	0.0297±0.0243
	1.50	6.37±0.44	2.398±0.043	0.0430±0.0046
	2.25	2.97±0.16	1.991±0.046	0.0300±0.0036
	3.00	3.36±0.22	2.507±0.055	0.0357±0.0031
30	0	0.29±0.15 ^c	0.116±0.017 ^d	0.0037±0.0015 ^d
	0.75	7.44±0.64 ^a	3.099±0.193 ^a	0.0477±0.0072 ^a
	1.50	7.69±0.30 ^a	3.008±0.077 ^a	0.0410±0.0216 ^{ab}
	2.25	3.17±0.30 ^b	2.745±0.086 ^b	0.0323±0.0025 ^c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

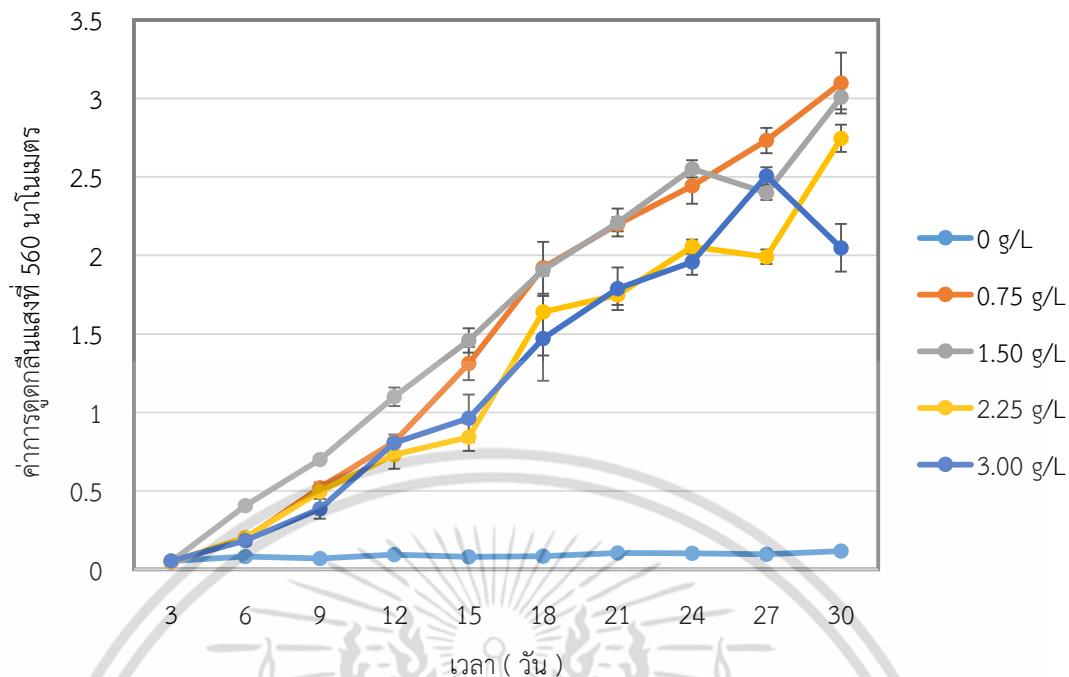
	3.00	3.36±0.39 ^b	2.048±0.152 ^c	0.0363±0.0015 ^{bc}
--	------	------------------------	--------------------------	-----------------------------

หมายเหตุ : a, b, c และ d หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าเชื่อถือร้อยละ 95



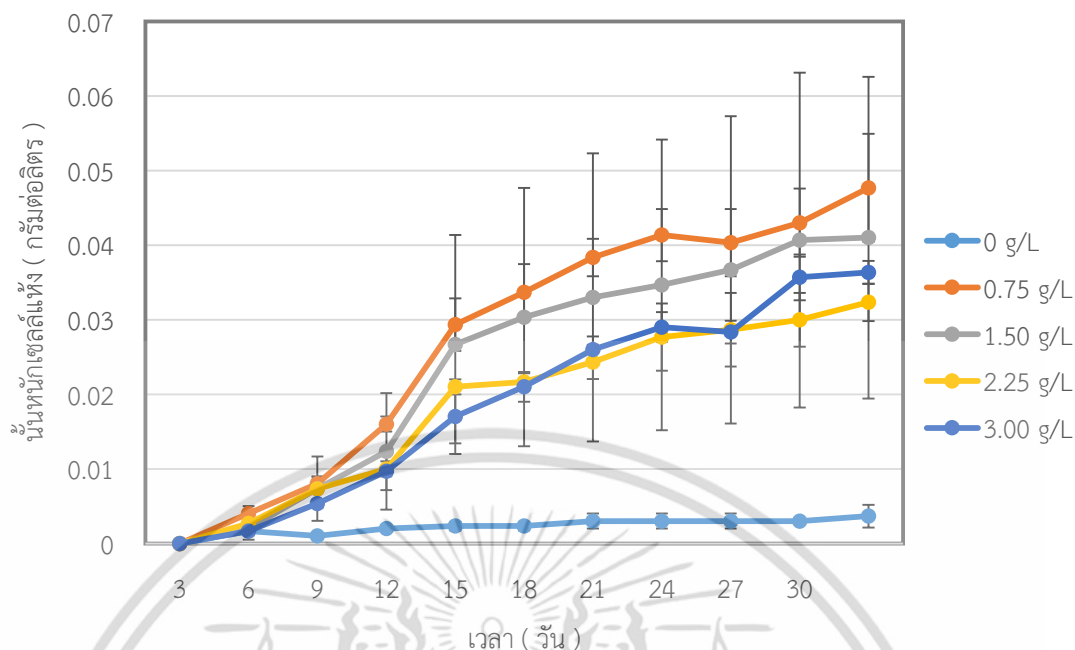
รูปที่ 4.8 จำนวนเซลล์ของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0 – 0.08 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

การนับจำนวนเซลล์ของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรท ที่ 0, 0.75, 1.50, 2.25 และ 3.00 กรัมต่อลิตร ได้ผลตามตาราง 4.2 นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟ 4.5 พบว่าในช่วง 3 วันแรกของการเพาะเลี้ยงมีจำนวนเซลล์ที่ใกล้เคียงกัน และหลังวันที่ 3 จะเห็นได้ว่าที่โซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 และ 1.50 กรัมต่อลิตร มีจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมากกว่าที่โซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0, 2.25 และ 3.00 กรัมต่อลิตร และสูงสุดในวันที่ 30 ของการเพาะเลี้ยงโดยที่โซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 กรัมต่อลิตร มีจำนวนเซลล์ 7.44×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และที่โซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 1.50 กรัม/ลิตร มีจำนวนเซลล์ 7.69×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และพบว่าจำนวนเซลล์ในอาหาร BG-11 ที่มีโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 และ 1.50 กรัมต่อลิตร มีจำนวนเซลล์เซลล์มากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างกับโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 และ 1.50 กรัมต่อลิตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.9 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0 – 0.08 กรัมต่อลิตร ในสถานะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

การวัดค่าดูดกลืนแสงของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรท ที่ 0, 0.75, 1.50, 2.25 และ 3.00 กรัมต่อลิตร ได้ผลตามตาราง 4.2 นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟ 4.6 พบว่าในช่วง 3 วันแรกของการเพาะเลี้ยงมีค่าดูดกลืนแสงที่ใกล้เคียงกัน และหลังจากวันที่ 3 จะเห็นได้ว่าที่โซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 และ 1.50 กรัมต่อลิตร มีค่าดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมากกว่าที่โซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0, 2.25 และ 3.00 กรัมต่อลิตร และสูงสุดในวันที่ 30 ของการเพาะเลี้ยงโดยที่โซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 กรัมต่อลิตร มีค่าดูดกลืนแสงที่ 3.099 และที่โซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 1.50 กรัมต่อลิตร มีค่าดูดกลืนแสงที่ 3.008 และพบว่าจำนวนเซลล์ในอาหาร BG-11 ที่มีโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 และ 1.50 กรัมต่อลิตร มีค่าดูดกลืนแสงมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างกับโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 และ 1.50 กรัมต่อลิตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.10 น้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เติมโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0 – 0.08 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

การวัดน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรท ที่ 0, 0.75, 1.50, 2.25 และ 3.00 กรัมต่อลิตร ได้ผลตามตาราง 4.2 นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟ 4.7 พบว่าในช่วง 3 วันแรกของการเพาะเลี้ยงมีน้ำหนักเซลล์แห้งที่ใกล้เคียงกัน และหลังจากวันที่ 3 จะเห็นได้ว่าที่โซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 และ 1.50 กรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเซลล์แห้งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมากกว่าที่โซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0, 2.25 และ 3.00 กรัมต่อลิตร และสูงสุดในวันที่ 30 ของการเพาะเลี้ยงโดยที่โซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 กรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเซลล์แห้ง 0.0476 กรัมต่อลิตร และที่โซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 1.50 กรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเซลล์แห้ง 0.041 กรัมต่อลิตร และพบว่าจำนวนเซลล์ในอาหาร BG-11 ที่มีโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 และ 1.50 กรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเซลล์แห้งมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างกับโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 และ 1.50 กรัมต่อลิตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.5 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะจากการตรวจผลด้วยวิธีการนับจำนวนเซลล์ของสาหร่ายของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรท

ความเข้มข้นโซเดียมไนเตรท (กรัมต่อลิตร)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ_{max}) (ต่อวัน)
0	0.0478±0.0061 ^c
0.75	0.1654±0.0338 ^a
1.50	0.1693±0.0042 ^a
2.25	0.1153±0.0375 ^b
3.00	0.1356±0.0241 ^{bc}

หมายเหตุ: a,b และ c หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าเชื่อถือร้อยละ 95

จากอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ_{max}) ของสาหร่าย สาหร่าย *Scenedesmus armatus* ดังตารางที่ 4.3 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11ที่มีความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรท 1.50 กรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเป็น 0.1693 ต่อวัน รองลงมาคือ ที่ความเข้มข้น 0.75, 3.00, 2.25 และ 0 กรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเป็น 0.1654, 0.1356, 0.1153 และ 0.0478 ต่อวัน ตามลำดับและเมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะเห็นว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.75 และ 1.50 กรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญร้อยละ 95 ที่ให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด จึงเลือกความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่ 0.75 กรัมต่อลิตร ในการทดลองขยายขนาด

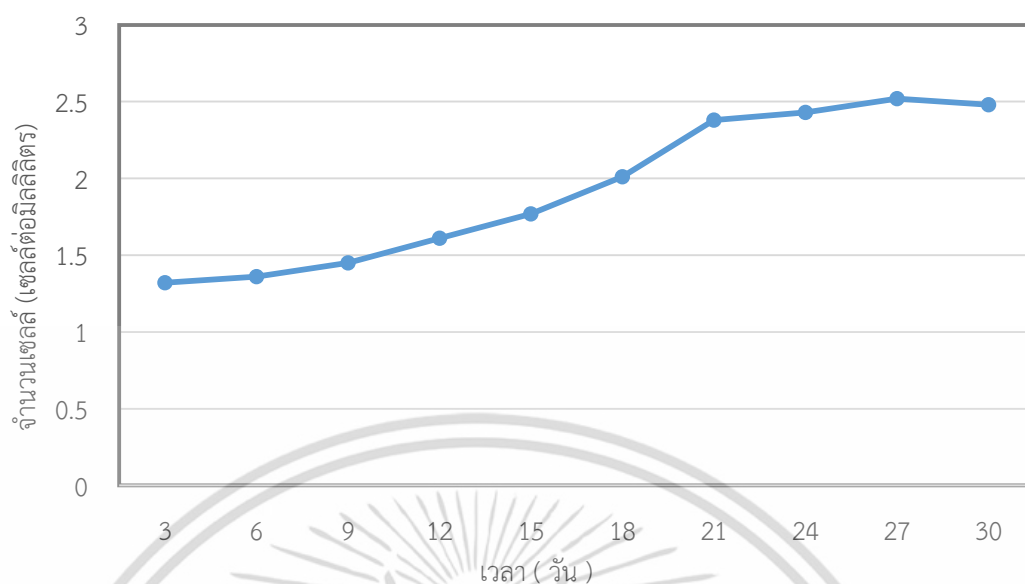
4.4 ผลของการขยายขนาดในการเพาะเลี้ยง

การวัดเจริญเติบโตด้วยวิธีการนับจำนวนเซลล์ วัดค่าการดูดกลืนแสง และหาหน้าหนักเซลล์แห้งในอาหาร BG-11 ที่มีการปรับความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร และโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร แสดงในตารางที่ 4.6 ซึ่งแสดงผลการวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายและนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟการเจริญดังรูปที่ 4.11 – 4.13

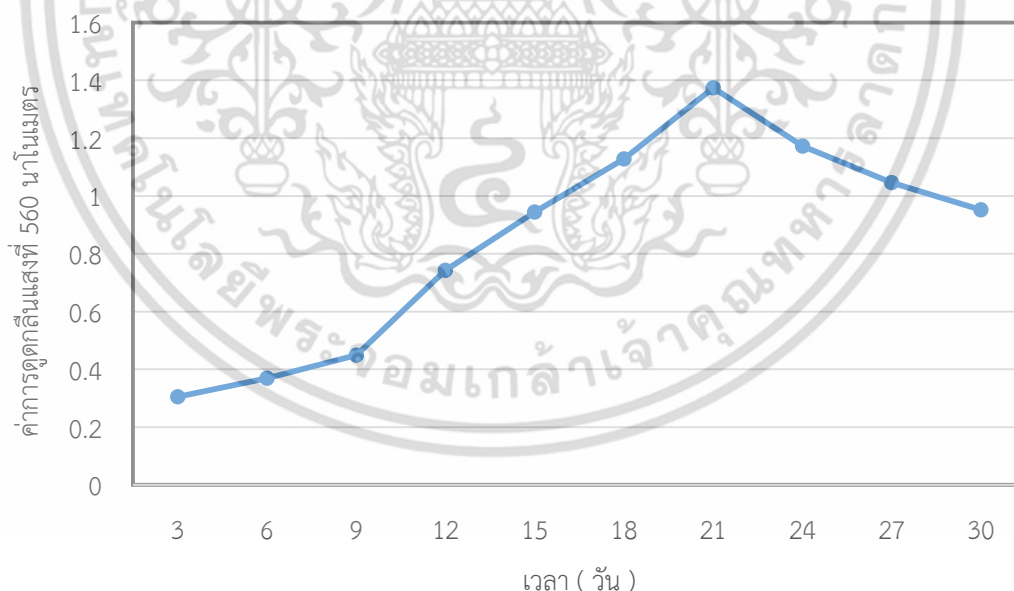
ตารางที่ 4.6 จำนวนเซลล์ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร และน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร ในถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร

วันที่	การวัดการเจริญเติบโต		
	จำนวนเซลล์ $\times 10^5$ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)
3	1.32	0.305	0.0037
6	1.36	0.369	0.0041
9	1.45	0.449	0.0045
12	1.61	0.742	0.0049
15	1.77	0.944	0.0052
18	2.01	1.128	0.0055
21	2.38	1.374	0.0061
24	2.43	1.172	0.0059
27	2.52	1.046	0.0060
30	2.48	0.952	0.0063

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

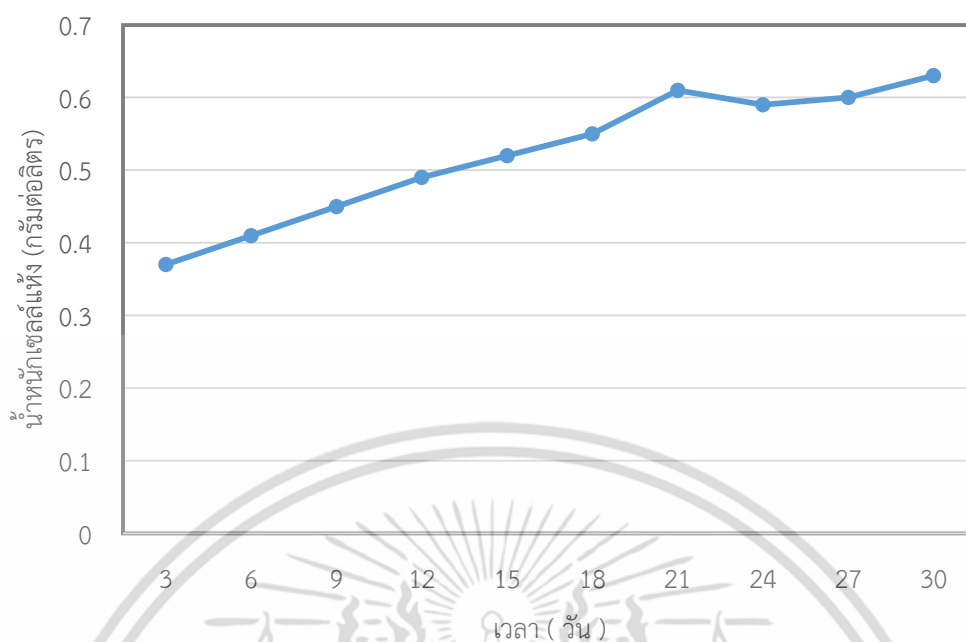


รูปที่ 4.11 จำนวนเซลล์ของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ภายในถังขนาด 6 ลิตร ปรับสูตรอาหาร BG-11 ที่มีโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเต็มอากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์



รูปที่ 4.12 ภาพแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ภายในถังขนาด 6 ลิตร ปรับสูตรอาหาร BG-11 ที่มีโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเต็มอากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ภาพแสดงน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ภายในถังขนาด 6 ลิตร ปรับสูตรอาหาร BG-11 ที่มีโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร ในสภาวะเต็มอากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1750 ลักซ์

จากการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ในขวดขนาด 6,000 มิลลิลิตร ปริมาตรอาหาร 5,000 มิลลิลิตร ด้วยอาหาร BG-11 ที่มีความเข้มข้นโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร และโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร โดยมีการเติมอาหารจากข้อต่อจากสายยาง เพาะเลี้ยงแบบแบทช์ (Batch cultivation) คือ การเก็บเกี่ยวครั้งเดียวหลังจากเข้าสู่ระยะคงที่ โดยจะเก็บเกี่ยวในวันที่ 30 ของการเพาะเลี้ยง ทำการวัดการเจริญเติบโตพบว่ามีจำนวนเซลล์ 2.48×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรเท่ากับ 0.952 มีน้ำหนักเซลล์แห้งเท่ากับ 0.44 กรัมต่อลิตร และมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 0.0563 ต่อวัน

4.5 เปรียบเทียบระบบขนาดเล็กกับระบบขยายขนาด

เปรียบเทียบจำนวนเซลล์ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร น้ำหนักเซลล์แห้ง และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในระบบขนาดเล็ก และระบบขยายขนาดในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร และโซเดียมไนเตรต 0.75 กรัมต่อลิตร แสดงดังตารางที่ 4.7

ตาราง 4.7 เปรียบเทียบจำนวนเซลล์ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร น้ำหนักเซลล์แห้ง และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่เลี้ยงในระบบขนาดเล็ก และระบบขยายขนาดในอาหาร BG-11 ที่ปรับความเข้มข้นของโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร และโซเดียมไนเตรต 0.75 กรัมต่อลิตร

ผลการทดลอง	ระบบขนาดเล็ก	ระบบขยายขนาด
จำนวนเซลล์ $\times 10^5$ วันที่ 30 ของการเพาะเลี้ยง (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	7.44	2.48
ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร วันที่ 30 ของการเพาะเลี้ยง	3.099	0.952
น้ำหนักเซลล์แห้ง วันที่ 30 ของการเพาะเลี้ยง	0.0477	0.0063
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ต่อวัน)	0.1654	0.0563

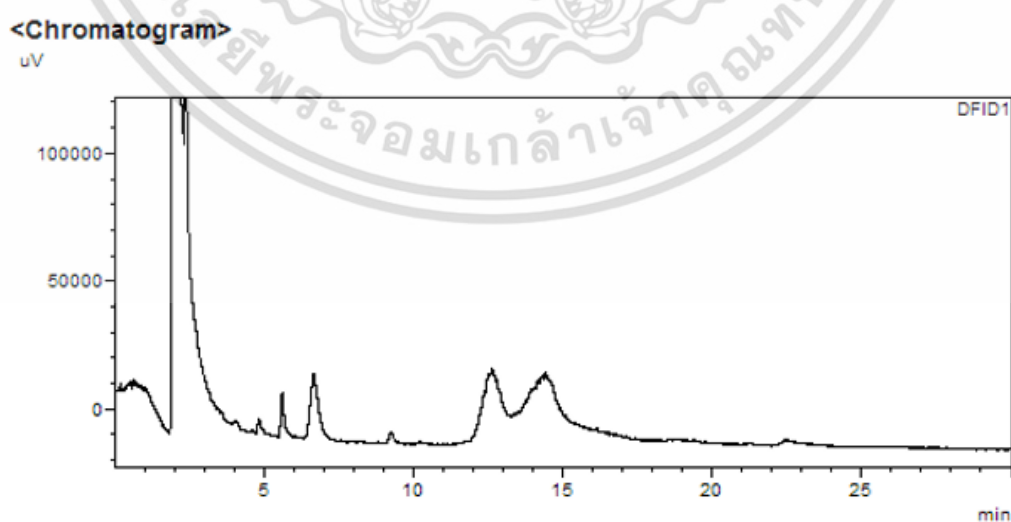
พบว่าผลการทดลองของระบบขยายขนาดค่อนข้างเจริญเติบโตได้น้อยกว่าการเลี้ยงแบบระบบขนาดเล็ก เป็นผลเนื่องมาจากอุณหภูมิที่อาจสูงขึ้นจากการเติมอากาศ เพราะเปิดปั๊มตลอดเวลาเพื่อทำการกวนอาหารเลี้ยงเชื้อทำให้ปั๊มมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจึงทำให้อากาศที่ผ่านปั๊มอุณหภูมิสูงขึ้น และเป็นถึงที่มีทรงสูง แสงจากหลอดไฟที่เปิดให้อาจส่องไปไม่ถึงบริเวณด้านล่างของถัง รวมถึงการที่สาหร่ายบางส่วนมีการเกาะติดกับสายอากาศ ทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้

4.6 ผลการวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี

ผลการวิเคราะห์น้ำมันจากสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BG-11 ที่มีความเข้มข้นไนโตรเจนในเตรทความเข้มข้น 0.75 กรัมต่อลิตร และความเข้มข้นโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร โดยนำน้ำมันที่สกัดได้มาผ่านกระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Tranesterification) ได้จากผลวิเคราะห์พบว่าสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอน 16 และ 18 อะตอม (Guido Breuer และคณะ, 2013) ซึ่งเหมาะสมสำหรับการผลิตไบโอดีเซลปริมาณของกรดไขมันดังตารางที่ 4.8 และคำนวณปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดดังตาราง 4.9 ตามวิธีในภาคผนวก ข.1

ตาราง 4.8 องค์ประกอบของตัวอย่างที่พบจากการสกัดสาหร่าย *Scenedesmus armatus*

ลำดับที่	เวลา (นาที)	พื้นที่ใต้กราฟ	สารที่คาดการณ์
1	1.917	107,305,312	Ethanol
2	2.385	608,260	-
3	5.625	138,954	Lauric acid (C12:0)
4	6.678	476,517	Myristic acid (C14:0)
5	9.266	46,434	Palmitic acid (C16:0)
6	10.203	10,761	Palmitoleic acid (C16:1)
7	12.536	529,435	Stearic acid (C18:0)
8	13.744	174,044	Oleic acid (C18:1)
9	14.567	321,293	Linoleic acid (C18:2)



รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่สกัดจากสาหร่าย *Scenedesmus armatus* จากเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.9 องค์ประกอบของกรดไขมันที่พบในสาหร่าย *Scenedesmus armatus* จากการเทียบกับพื้นที่ได้กราฟรวมเฉพาะกรดไขมันในแต่ละตัวอย่าง

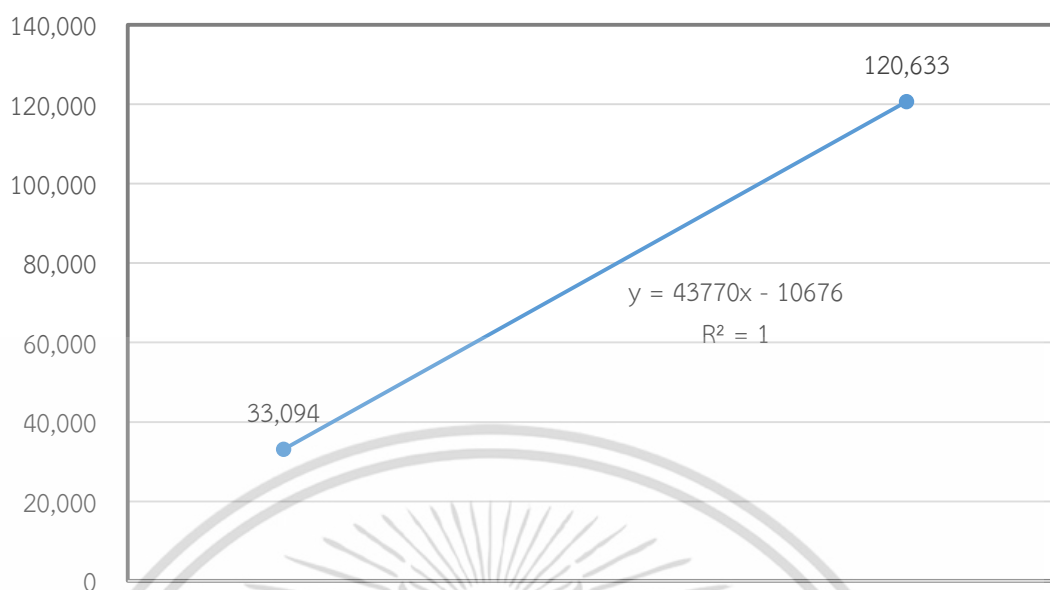
ลำดับที่	ชนิดกรดไขมันที่คาดการณ์	%v/v
1	Lauric acid (C12:0)	8.19
2	Myristic acid (C14:0)	28.07
3	Palmitic acid (C16:0)	2.74
4	Palmitoleic acid (C16:1)	0.63
5	Stearic acid (C18:0)	31.19
6	Oleic acid (C18:1)	10.25
7	Linoleic acid (C18:2)	18.93

จากการวิเคราะห์สารสกัดน้ำมันตัวอย่างจาก *Scenedesmus armatus* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BG-11 ที่มีความเข้มข้นโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 0.75 กรัม/ลิตร และความเข้มข้นโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัม/ลิตร จะพบว่ามีกรดไขมันมากถึง 7 ชนิดดังตารางข้างต้น และทำการวิเคราะห์สารมาตรฐาน Oleic acid (Ph. Eur.) pure ดังตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.14 และ 4.15 เพื่อคำนวณปริมาณกรดไขมันในตารางที่ 4.11

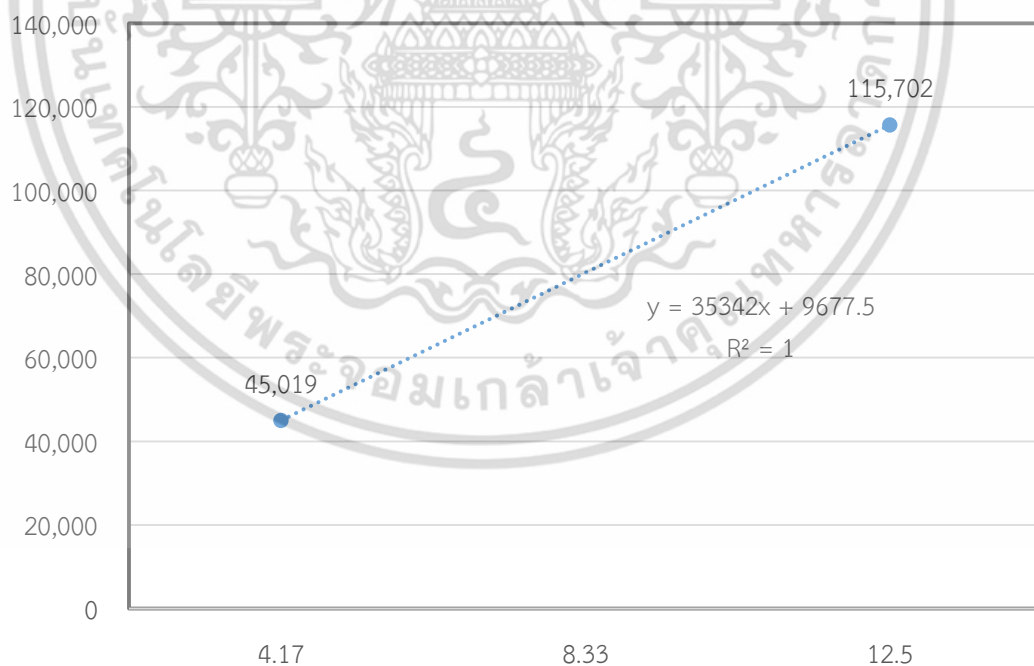
ตาราง 4.10 พื้นที่ได้กราฟของสารมาตรฐาน Oleic acid (Ph. Eur.) pure ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี

ชนิดกรดไขมันที่คาดการณ์	พื้นที่ได้กราฟ ที่ความเข้มข้น 4.17 (%v/v)	พื้นที่ได้กราฟ ที่ความเข้มข้น 12.5 (%v/v)
Myristic acid (C14:0)	33,094	120,633
Stearic acid (C18:0)	45,019	115,702

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 กราฟมาตรฐานของกรดไขมันไมริสติก (C14:0)



รูปที่ 4.16 กราฟมาตรฐานของกรดไขมันสเตียริก (C18:0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.11 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันคาตาว่าพบของกรดไขมันที่พบในสาหร่าย
Scenedesmus armatus จากการคิดเทียบกับกราฟมาตรฐาน

ลำดับที่	ชนิดกรดไขมันที่คาดการณ์	%v/v
1	Myristic acid (C14:0)	49.3767
2	Stearic acid (C18:0)	57.1981



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการศึกษาสภาวะการเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus armatus* เพื่อเพิ่มปริมาณเซลล์ด้วยการตัดแปลงสูตรอาหาร BG-11 ด้วยการปรับโซเดียมไนเตรท 0, 0.75, 1.50, 2.25 และ 3.00 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0, 0.02, 0.04, 0.06 และ 0.08 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ที่เพาะเลี้ยงด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ในอาหารปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่ความเข้มแสง 1750 ลักซ์ พบว่าในสูตรอาหาร BG-11 ที่ตัดแปลงสูตรแล้ว ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร จะให้ปริมาณเซลล์ที่มากกว่าอาหาร BG-11 สูตรที่ไม่ตัดแปลง และยังทำให้อัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น

จากการทดลองพบว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ในถังขนาด 6 ลิตร ด้วยสูตรอาหาร BG-11 ที่ตัดแปลงสูตรแล้ว ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร ปริมาตรอาหาร 5000 มิลลิลิตร ที่ความเข้มแสง 1750 ลักซ์ พบว่าจะได้ปริมาณเซลล์ที่มากขึ้น แต่อัตราการเจริญเติบโตจะช้ากว่าการเลี้ยงในฟラスก์

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาสามารถนำอาหารสูตร BG-11 ที่ตัดแปลงความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร ไปใช้ในการศึกษาเพิ่มเติมในด้านสภาวะการเลี้ยง เช่น อุณหภูมิที่แตกต่างกันอาจทำให้ความเร็วรอบในการเขย่าและความเข้มของแสงที่แตกต่างกันไปเพื่อให้ได้อัตราการเจริญและปริมาณเซลล์เพิ่มขึ้น

ในการขยายขนาดในการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตร BG-11 ที่ตัดแปลงความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรท 0.75 กรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร สามารถนำไปศึกษาต่อในด้านสภาวะของถัง เช่น ขนาดของถัง รูปร่างของถัง และในด้านอัตราการให้อากาศเพื่อให้ได้อัตราการเจริญและปริมาณเซลล์เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- จิรรัตน์ พรหมนารถ และสุนิรัตน์ เรืองสมบูรณ์. 2556. ผลของความเข้มข้นไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตไขมันของสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็ก *Scenedesmus dimorphus*. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. ปีที่ 7 ฉบับที่ S1.
- ชินอรส ศรีศิริ, ยิงยศ ลับภู, ประสงค์ วงศ์วิชา และกันยรัตน์ โทละสุต. 2551. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันของสาหร่ายทองถิ่นเซลล์เดียว. โครงการงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นฤตยวรรณ สัญญาโน. 2556. “การเก็บเกี่ยวและผลิตไบโอดีเซลจากสาหร่ายขนาดเล็ก” วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต ,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ปิยรัตน์ มูลศรี. 2554. “การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากสาหร่ายในท้องถิ่นของจังหวัดเพชรบูรณ์.” รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- ไปรมา ยงมานิตชัย, 2546, สาหร่ายกับสารละลายน้ำ, สำนักบริการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์ปวีณ์ เรืองเกษตรกิจ, รติพรรณ คัมภีร์ญาณนนท์, ปวีณา ตบนิยรวรงค์, และมะลิวัลย์ คุตะโค. 2557. “ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและปริมาณไขมันในสาหร่ายสีเขียว *Scenedesmus armatus*.” หน้า 222-229. ในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ครั้งที่ 5. นครราชสีมา : คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.
- พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล และลลิตา อัดนโธ. 2549. รอบรู้เรื่องราว ไบโอดีเซล. พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี : พีพีพีนิจ การพิมพ์
- เพ็ญจันทร์ วงศ์วิสุข, 2533, การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอนในการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- มรกต ตันติเจริญ, 2555 ,เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายการวินัยพัฒนาเพิ่มการผลิตพลังงาน แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ. 2553. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ Principles and Techniques of Instrumental Analysis PART II Chromatography and Others. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท ชวนพิมพ์ 50 จำกัด
- รัตนภรณ์ สีสิ่ง และงามนิจ นนทโส. 2010. “การผลิตน้ำมันจากสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็กภายใต้การเพาะเลี้ยงแบบเฮเทอโรโทรฟิก.” KKU Res J 15(9) : 787-793.
- ลัดดา, 2544 แพลงก์ตอนพืช , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน คณะประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง ,สำนักหอสมุด ม.เกษตรศาสตร์
- สุมาลี ดุลยอนุกิจ. (2535). ผลของระดับความเข้มข้นต่างๆ ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสูตรอาหาร Zarrouk ต่อการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จากหนังสือวิทยานิพนธ์ "การใช้สาหร่ายเป็นอาหารแกะ" โดย สุรีย์วรรณ เบญจรงค์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- อรรวรรณ สัมฤทธิ์เดชขจร. 2553. “เชื้อเพลิงจากสาหร่าย.” ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. ตุลาคม-ธันวาคม : 29-35.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อารักษ์ มหำขัน. 2552. สหรัย...คำตบสุตทำยของพลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
- อภิเชษฐ์ จินดา. 2555. “การวิเคราะห์พารามิเตอร์ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคอลเรลลา แบบไม่ต่อเนื่องเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับไบโอดีเซลในปฏิกรณ์ชีวภาพเปิดแบบแนวตั้ง.” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Cao, J. Yuan, H. Li, B.Z. and Yang, J.S. 2014. “Significance evaluation of the effects of environmental factors on the lipid accumulation of *Chlorella minutissima* UTEX 2341 under low-nutrition heterotrophic condition.” *Bioresource Technology*.152 : 177-184
- Chisti Y. 2007, *Biodiesel from microalgae*, *Biotechnology Advance*. 25, 294 – 306
- Chisti. Y., 2007 “Biodiesel from Microalgae Beats Bioethanol”, *Trends Biotechnol*, Vol.26, No3, pp. 126-31
- Hong-Yu Ren., Bing-Feng Liu., Fanying Kong., Lei Zhao., Guo-Jun Xie. and Nan-Qi Ren., 2014. Enhanced lipid accumulation of green microalga *Scenedesmus* sp. by metal ions and EDTA addition. *Bioresource Technology* 169 : 763-767
- Metting and Pyne, 1986; Schwartz, 1990; Kay, 1991; Shimizu, 1996, 2003; Borowitzka, 1999; Ghirardi et al., 2000; Akkerman et al., 2002; Banerjee et al., 2002; Melis, 2002; Lorenz and Cysewski, 2003; Metzger and Largeau, 2005; Singh et al., 2005; Spolaore et al., 2006; Walter et al., 2005). “Biodiesel from microalgae”
- Miao, X. and Wu, Q. 2006. Biodiesel production from heterotrophic microalgae oil. *Bioresource Technol.* 97:841-846.
- Pancha, I. Chokshi, K. and Mishra, S. 2015. “Enhanced biofuel production potential with nutritional stress amelioration through optimization of carbon source and light intensity in *Scenedesmus* sp. CCNM 1077,” *Bioresource Technology*.179 : 565-572.
- Qiang Lin., Na Gu. and Junda Lin., 2012. Effect of ferric ion on nitrogen consumption, biomass and oil accumulation of a *Scenedesmus rubescens*-like microalga. *Bioresource Technology* 112 : 242-247
- Uduman, N., et al. 2010. Marine microalgae flocculation and focused beam reflectance measurement. *Chemical Engineering Journal*. 162:935-940.
- Wu, H. and Miao, X. 2014. “Biodiesel quality and biochemical changes of microalgae *Chlorella pyrenoidosa* and *Scenedesmus obliquus* in response to nitrate levels.” *Bioresource Technology*.170 : 421-427.
- Yen Doan, T.T. Sivaloganathan, B. and Obbard, J.P. 2011. “Screening of marine microalgae for biodiesel feedstock.” *Biomass and Bioenergy*.35 : 2534-2544.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

ก-1 สารเคมีที่ใช้เตรียมอาหาร

ตารางที่ ก.1 แสดงสารเคมีที่ใช้เตรียมอาหาร BG-11

สารเคมี	ความเข้มข้น (กรัมต่อลิตร)
NaNO ₃	1.5
K ₂ HPO ₄ ·3H ₂ O	0.05
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.075
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.036
Citric acid	0.006
Ferric ammonium citrate	0.006
EDTA (disodium salt)	0.01
Na ₂ CO ₃	0.02
*Trace element (ใช้ 1 มิลลิลิตร ต่อ ลิตร)	
H ₃ BO ₂	2.86
MnCl ₃ ·4H ₂ O	1.81
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.22
NaMoO ₄ ·2H ₂ O	0.39
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.079
Co(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	0.049

หมายเหตุ กรณีอาหารแข็งใช้วุ้น (Agar) 15 กรัมต่อลิตร

(ที่มา : Wu Hongqin and Miao Xiaoling, 2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

สูตรการคำนวณ

ข-1 การคิดปริมาณอัตราส่วนประกอบน้ำมันจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง
แก๊สโครมาโตกราฟี

$$\text{อัตราส่วน (\%)} = (\text{พื้นที่วิเคราะห์ของสาร} / \text{พื้นที่ทั้งหมดที่วิเคราะห์}) \times 100$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ค่าการวิเคราะห์

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลแสดงปริมาณเซลล์ของสาหร่าย *Scenedesmus armatus*

วันที่	ปริมาณเซลล์ (เซลล์ / มิลลิลิตร)			
	ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	ขวดที่ 3	ค่าเฉลี่ย \pm ค่า เบี่ยงเบนมาตรฐาน
3	180000	132000	96000	136000 \pm 42142
6	184000	136000	84000	134666 \pm 50013
9	232000	144000	124000	166666 \pm 57457
12	204000	140000	144000	162666 \pm 35851
15	256000	200000	200000	218666 \pm 32331
18	348000	244000	276000	289333 \pm 53266
21	452000	324000	380000	385333 \pm 54166
24	460000	388000	460000	436000 \pm 41569
27	580000	432000	492000	501333 \pm 74440
30	544000	544000	440000	509333 \pm 60044

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลแสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรของสาหร่าย *Scenedesmus armatus*

วันที่	ขวดที่ 1			ขวดที่ 2			ขวดที่ 3		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย \pm SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย \pm ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย \pm ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน
3	0.368	0.412	0.390 \pm 0.031	0.281	0.285	0.283 \pm 0.002	0.276	0.289	0.282 \pm 0.009
6	0.561	0.542	0.551 \pm 0.013	0.442	0.450	0.446 \pm 0.005	0.274	0.283	0.278 \pm 0.006
9	0.641	0.615	0.628 \pm 0.018	0.53	0.541	0.535 \pm 0.007	0.55	0.562	0.556 \pm 0.008
12	1.026	0.972	0.999 \pm 0.038	0.884	0.923	0.903 \pm 0.027	0.944	0.897	0.920 \pm 0.033
15	1.638	1.611	1.624 \pm 0.019	1.728	1.521	1.624 \pm 0.146	1.626	1.503	1.564 \pm 0.086
18	1.734	1.761	1.747 \pm 0.019	1.629	1.596	1.612 \pm 0.023	1.614	1.695	1.654 \pm 0.057
21	1.821	1.749	1.785 \pm 0.050	1.738	1.695	1.716 \pm 0.030	1.764	1.851	1.807 \pm 0.061
24	1.989	1.95	1.969 \pm 0.027	1.311	1.569	1.44 \pm 0.182	1.929	2.022	1.975 \pm 0.065
27	1.884	1.953	1.918 \pm 0.048	1.485	1.479	1.482 \pm 0.004	1.848	1.869	1.858 \pm 0.014
30	1.776	1.734	1.755 \pm 0.029	1.494	1.539	1.516 \pm 0.031	1.854	1.773	1.813 \pm 0.057

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus*

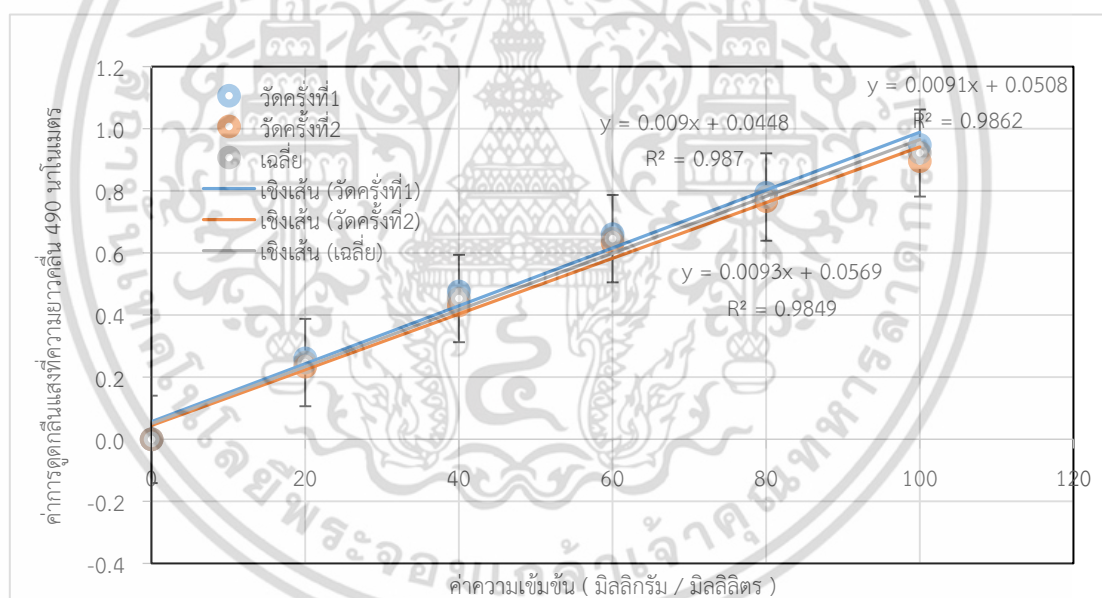
วันที่	ขวดที่ 1		ขวดที่ 2		ขวดที่ 3	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
3	0.0025	0.0024	0.0017	0.0002	0.0018 ± 0.0002	0.0017 ± 0.0001
6	0.0033	0.0033	0.0021	0.0002	0.0020 ± 0.0001	0.0027 ± 0.0002
9	0.0033	0.0032	0.0029	0.0025	0.0027 ± 0.0002	0.0031 ± 0.0002
12	0.0032	0.0035	0.0023	0.0027	0.0025 ± 0.0002	0.0029 ± 0.0002
15	0.0034	0.0034	0.0027	0.0028	0.0027 ± 0.0001	0.0031 ± 0.0001
18	0.0035	0.0037	0.0022	0.0026	0.0024 ± 0.0002	0.0035 ± 0.0001
21	0.0035	0.0035	0.0026	0.0023	0.0024 ± 0.0002	0.0032 ± 0.0001
24	0.0035	0.0032	0.0015	0.0021	0.0018 ± 0.0004	0.0033 ± 0.0002
27	0.0021	0.0026	0.0023	0.0002	0.0021 ± 0.0002	0.0037 ± 0.0005
30	0.0025	0.0027	0.0019	0.0018	0.0018 ± 0.0001	0.0022 ± 0.0005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการตรวจสอบผลการเจริญเติบโตมีการตรวจสอบปริมาณน้ำตาลในอาหาร BG-11 ที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus armatus* เพื่อดูปริมาณน้ำตาลในอาหารเลี้ยงเชื้อ

ตารางที่ ค.4 ข้อมูลแสดงค่ามาตรฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ตาราง	ความเข้มข้น (มิลลิกรัม / มิลลิลิตร)					
	0	20	40	60	80	100
วัดครั้งที่1	0	0.26	0.476	0.66	0.793	0.948
วัดครั้งที่2	0	0.234	0.43	0.632	0.766	0.895
เฉลี่ย	0	0.247	0.453	0.646	0.779	0.921
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0	0.018	0.032	0.019	0.019	0.037

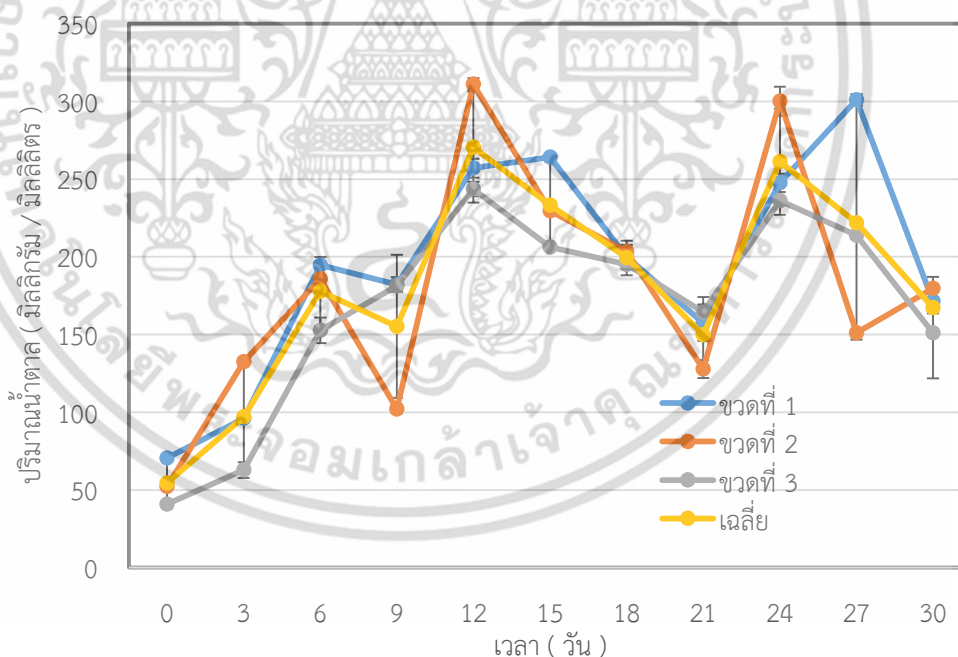


รูปที่ ค.4 แสดงค่ามาตรฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 ข้อมูลแสดงค่าปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย *Scenedesmus armatus*

วันที่	ปริมาณน้ำตาล (มิลลิกรัม / มิลลิลิตร)			
	ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	ขวดที่ 3	ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3	96.0000	132.4286	62.86813	97.0989 \pm 34.7932
6	194.7363	185.8352	152.7033	177.7582 \pm 22.1499
9	182.2088	102.0989	181.3846	155.2308 \pm 46.0153
12	257.0110	311.0769	243.6044	270.5641 \pm 35.7197
15	264.0440	229.5385	206.2418	233.2747 \pm 29.0816
18	200.0879	203.3846	195.0330	199.5018 \pm 4.2065
21	157.4505	127.7802	164.4835	149.9048 \pm 19.4804
24	247.5604	300.0879	236.1099	261.2527 \pm 34.1160
27	300.9670	151.0769	213.9341	221.9927 \pm 75.2692
30	171.5165	179.6484	151.0769	167.4139 \pm 14.7209



รูปที่ ค.5 แสดงค่าปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาหร่าย *Scenedesmus armatus*

พบว่าบางช่วงเวลามีค่าที่สูงขึ้น เป็นผลมาจากตัวเซลล์ที่เทออกไม่หมดและเข้าทำปฏิกิริยา เนื่องจากการทำปฏิกิริยาของ Phenol-Sulphuric มีสถานะที่เป็นกรดความเข้มข้นสูง และมีความร้อนสูงทำให้เป็นการย่อยเซลล์ที่มีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาล และส่งผลให้กราฟในบางช่วงเวลาสูงขึ้นกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสายสำหรับ *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 0 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร												เฉลี่ย	SD				
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3									
	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ						
3	1	2	เซลล์ต่อ	1	2	เฉลี่ย <td>1</td> <td>2</td> <td>เฉลี่ย <td>1</td> <td>2</td> <td>เฉลี่ย <td>1</td> <td>2</td> <td>เซลล์ต่อ</td> <td>32000</td> <td>29333.33</td> <td>2309.401</td> </td></td>	1	2	เฉลี่ย <td>1</td> <td>2</td> <td>เฉลี่ย <td>1</td> <td>2</td> <td>เซลล์ต่อ</td> <td>32000</td> <td>29333.33</td> <td>2309.401</td> </td>	1	2	เฉลี่ย <td>1</td> <td>2</td> <td>เซลล์ต่อ</td> <td>32000</td> <td>29333.33</td> <td>2309.401</td>	1	2	เซลล์ต่อ	32000	29333.33	2309.401
6	3	3	28000	3	4	3.5	2	2	2.0	2	5	3.5	5	3	16000	22666.67	6110.101	
9	2	5	28000	6	4	5.0	4	4	5.0	3	3	3.0	3	3	40000	30666.67	8326.664	
12	5	4	36000	4	6	5.0	4	6	5.0	5	2	3.5	5	2	40000	34666.67	6110.101	
15	6	2	32000	2	2	2.0	2	2	2.0	4	6	5.0	4	6	16000	29333.33	12220.200	
18	1	3	16000	1	5	3.0	1	5	3.0	2	4	3.0	2	4	24000	21333.33	4618.802	
21	2	4	24000	4	3	3.5	4	3	3.5	5	2	3.5	5	2	28000	26666.67	2309.401	
24	4	6	40000	2	4	3.0	2	4	3.0	6	5	5.5	6	5	24000	36000.00	10583.010	
27	3	1	16000	3	5	4.0	3	5	4.0	5	4	4.5	5	4	32000	28000.00	10583.010	
30	5	5	40000	1	2	1.5	1	2	1.5	5	4	4.5	5	4	12000	29333.33	15143.76	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.7 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาย Scenedesmus armatus ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร															เฉลี่ย	SD
	ชุดที่ 1					ชุดที่ 2					ชุดที่ 3						
	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ		
3	1	2	32000	4	2	24000	1	2	20000	2	2	24000	3	2	20000	25333.33	6110.101
6	9	12	84000	7	10	68000	5	7	48000	6	8.5	68000	5	7	48000	66666.67	18037.000
9	17	14	124000	20	23	172000	19	18	148000	12	28.5	228000	32	27	236000	148000.00	24000.000
15	48	53	404000	44	50	376000	44	47	364000	15	50.5	404000	44	50	376000	381333.30	20526.410
18	53	51	416000	50	52	408000	57	52	436000	18	52.0	416000	50	52	408000	420000.00	14422.210
21	64	59	492000	58	62	480000	63	62	500000	21	61.5	492000	58	62	480000	490666.70	10066.450
24	73	66	556000	66	59	500000	71	68	556000	24	69.5	556000	66	59	500000	537333.30	32331.620
27	78	81	636000	72	81	612000	86	81	644000	27	79.5	636000	72	81	644000	630666.70	16653.330
30	93	95	752000	91	78	676000	98	103	804000	30	94.0	752000	91	78	676000	744000.00	64373.910

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.8 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาย Scenedesmus armatus ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร																	
	ขวดที่ 1						ขวดที่ 2						ขวดที่ 3					
	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ
	1	2	มิลลิลิตร	1	2	มิลลิลิตร	1	2	มิลลิลิตร	1	2	มิลลิลิตร	1	2	มิลลิลิตร	1	2	มิลลิลิตร
3	7	4	5.5	44000	3	6	4.5	36000	5	7	6.0	48000	42666.67	6110.101				
6	18	16	17.0	136000	12	15	13.5	108000	15	21	18.0	144000	129333.30	18903.260				
9	23	20	21.5	172000	18	17	17.5	140000	27	23	25.0	200000	170666.70	30022.210				
12	34	37	35.5	284000	31	28	29.5	236000	39	42	40.5	324000	281333.30	44060.560				
15	49	50	49.5	396000	47	40	43.5	348000	54	48	51.0	408000	384000.00	31749.020				
18	64	59	61.5	492000	59	58	58.5	468000	68	62	65.0	520000	493333.30	26025.630				
21	76	78	77.0	616000	72	67	69.5	556000	81	74	77.5	620000	597333.30	35851.550				
24	81	76	78.5	628000	74	79	76.5	612000	85	72	78.5	628000	622666.70	9237.604				
27	84	88	86.0	688000	80	74	77.0	616000	78	74	76.0	608000	637333.30	44060.560				
30	102	92	97.0	776000	94	105	99.5	796000	89	95	92.0	736000	769333.30	30550.500				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.9 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสายพันธุ์ *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 2.25 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 2.25 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร														เฉลี่ย	SD
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3							
	ครั้งที่ 1	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ มิลลิลิตร	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ มิลลิลิตร	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ มิลลิลิตร	ครั้งที่ 1	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ มิลลิลิตร	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย		
3	1	7.5	60000	2	5.0	40000	1	2	7.5	60000	6	9	7.5	60000	53333.33	11547.010
6	15	14.0	112000	12	13.5	108000	14	12	13.0	104000	14	12	13.0	104000	108000.00	4000.000
9	21	22.5	180000	14	16.5	132000	23	20	21.5	172000	23	20	21.5	172000	161333.30	25716.400
12	25	23.5	188000	20	21.5	172000	31	27	29.0	232000	31	27	29.0	232000	197333.30	31069.810
15	29	30.0	240000	27	26.0	208000	30	31	30.5	244000	30	31	30.5	244000	230666.70	19731.530
18	28	31.5	252000	27	29.5	236000	29	34	31.5	252000	29	34	31.5	252000	246666.70	9237.6040
21	35	31.0	248000	30	30.5	244000	36	39	37.5	300000	36	39	37.5	300000	264000.00	31241.000
24	39	37.0	296000	35	33.0	264000	41	35	38.0	304000	41	35	38.0	304000	288000.00	21166.010
27	36	39.0	312000	33	35.0	280000	38	37	37.5	300000	38	37	37.5	300000	297333.30	16165.810
30	40	43.5	348000	30	36.0	288000	35	42	39.5	316000	35	44	39.5	316000	317333.30	30022.210

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.10 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาย Scenedesmus armatus ที่ปรับ สภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 3.00 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 3.00 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร												เฉลี่ย	SD
	ชุดที่ 1				ชุดที่ 2				ชุดที่ 3					
	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ		
3	1	2	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ <td>1</td> <td>2</td> <td>เฉลี่ย</td> <td>เซลล์ต่อ <td>1</td> <td>2</td> <td>เฉลี่ย</td> <td>เซลล์ต่อ <td>37333.33</td> <td>8326.664</td> </td></td>	1	2	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ <td>1</td> <td>2</td> <td>เฉลี่ย</td> <td>เซลล์ต่อ <td>37333.33</td> <td>8326.664</td> </td>	1	2	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ <td>37333.33</td> <td>8326.664</td>	37333.33	8326.664
6	5	9	5.0	40000	7	4	5.5	44000	3	4	3.5	28000	60000.00	10583.010
9	13	17	8.0	64000	8	9	8.5	68000	5	7	6.0	48000	90666.67	16165.810
12	15	26	11.0	88000	15	12	13.5	108000	10	9	9.5	76000	130666.70	8326.664
15	20	28	16.0	128000	17	18	17.5	140000	13	18	15.5	124000	193333.30	8326.664
18	32	41	23.0	184000	27	23	25.0	200000	24	25	24.5	196000	236000.00	4000.000
21	42	45	30.0	240000	29	30	29.5	236000	31	27	29.0	232000	317333.30	26633.310
24	46	41	43.5	348000	38	37	37.5	300000	35	41	38.0	304000	328000.00	31241.000
27	45	45	43.5	348000	44	42	43.0	344000	39	34	36.5	292000	336000.00	22271.060
30	41	47	44.0	352000	33	40	36.5	292000	40	40	45.5	364000	336000.00	38574.600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.11 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาย Scenedesmus armatus ที่ปรับ สภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0 กรัมต่อลิตร																			
	वादत 1						वादत 2						वादत 3						เฉลี่ย	SD
	उरुंगत 1	उरुंगत 2	उरुंगत 3	उरुंगत 4	उरुंगत 5	उरुंगत 6	उरुंगत 7	उरुंगत 8	उरुंगत 9	उरुंगत 10	उरुंगत 11	उरुंगत 12	उरुंगत 13	उरुंगत 14	उरुंगत 15	उरुंगत 16	उरुंगत 17	उरुंगत 18		
	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	उरुंगत	
3	2	4	4.5	36000	1	2	7	4.5	36000	8	5	6.5	52000	41333.33	9237.604					
6	7	7	56000	10	11	10.5	84000	8	9	8.5	68000	69333.33	14047.540							
9	14	14	116000	21	18	19.5	156000	12	19	15.5	124000	132000.00	21166.010							
12	24	24	180000	23	24	23.5	188000	21	20	20.5	164000	177333.30	12220.200							
15	28	28	216000	28	26	27	216000	24	31	27.5	220000	217333.30	2309.401							
18	27	27	232000	30	32	31	248000	32	34	33	264000	248000.00	16000.000							
21	35	35	260000	34	30	32	256000	35	31	33	264000	260000.00	4000.000							
24	32	32	260000	35	32	33.5	268000	33	30	31.5	252000	260000.00	8000.000							
27	30	30	248000	31	28	29.5	236000	36	32	34	272000	252000.00	18330.300							
30	31	31	276000	30	37	33.5	268000	32	40	36	288000	277333.30	10066.450							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.12 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสาย Scenedesmus armatus ที่ปรับ สภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.02 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.02 กรัมต่อลิตร																	
	ขวดที่ 1						ขวดที่ 2						ขวดที่ 3					
	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ
	1	2	มิลลิลิตร	1	2	มิลลิลิตร	1	2	มิลลิลิตร	1	2	มิลลิลิตร	1	2	มิลลิลิตร	1	2	มิลลิลิตร
3	5	4	4.5	36000	4	8	6.0	48000	3	4	3.5	28000	37333.33	10066.450				
6	12	17	14.5	116000	13	11	12.0	96000	15	14	14.5	116000	109333.30	11547.010				
9	17	16	16.5	132000	16	14	15.0	120000	18	17	17.5	140000	130666.70	10066.450				
12	31	33	32.0	256000	28	33	30.5	244000	37	30	33.5	268000	256000.00	12000.000				
15	47	46	46.5	372000	44	42	43.0	344000	45	41	43.0	344000	353333.30	16165.810				
18	58	52	55.0	440000	54	55	54.5	436000	51	48	49.5	396000	424000.00	24331.050				
21	60	66	63.0	504000	59	67	63.0	504000	56	51	53.5	428000	478666.70	43878.620				
24	63	67	65.0	520000	64	67	65.5	524000	58	64	61.0	488000	510666.70	19731.530				
27	72	74	73.0	584000	68	70	69.0	552000	55	63	59.0	472000	536000.00	57688.820				
30	79	87	83.0	664000	71	82	76.5	612000	61	52	56.5	452000	576000.00	110489.800				

ตารางที่ ค.13 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสายพันธุ์ *Scenedesmus armatus* ที่ปรับ สภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร												เฉลี่ย	SD
	ชุดที่ 1				ชุดที่ 2				ชุดที่ 3					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	เซลล์ต่อมิลลิลิตร	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	เซลล์ต่อมิลลิลิตร	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	เซลล์ต่อมิลลิลิตร		
3	7	4	5.5	44000	3	6	4.5	36000	5	7	6.0	48000	42666.67	6110.101
6	18	16	17.0	136000	12	15	13.5	108000	15	21	18.0	144000	129333.30	18903.260
9	23	20	21.5	172000	18	17	17.5	140000	27	23	25.0	200000	170666.70	30022.210
12	34	37	35.5	284000	31	28	29.5	236000	39	42	40.5	324000	281333.30	44060.560
15	49	50	49.5	396000	47	40	43.5	348000	54	48	51.0	408000	384000.00	31749.020
18	64	59	61.5	492000	59	58	58.5	468000	68	62	65.0	520000	493333.30	26025.630
21	76	78	77.0	616000	72	67	69.5	556000	81	74	77.5	620000	597333.30	35851.550
24	81	76	78.5	628000	74	79	76.5	612000	85	72	78.5	628000	622666.70	9237.604
27	84	88	86.0	688000	80	74	77.0	616000	78	74	76.0	608000	637333.30	44060.560
30	102	92	97.0	776000	94	105	99.5	796000	89	95	92.0	736000	769333.30	30550.500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.14 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสายสำหรับ *Scenedesmus armatus* ที่ปรับ สภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.06 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.06 กรัมต่อลิตร												เฉลี่ย	SD
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3					
	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ		
3	1	2	เฉลี่ย	48000	1	2	เฉลี่ย	40000	1	2	เฉลี่ย	40000	42666.67	4618.802
6	15	12	13.5	108000	14	12	13.0	104000	15	21	18.0	144000	118666.70	22030.280
9	20	23	21.5	172000	27	24	25.5	204000	24	21	22.5	180000	185333.30	16653.330
12	31	27	29.0	232000	38	23	30.5	244000	25	27	26.0	208000	228000.00	18330.300
15	43	37	40.0	320000	40	45	42.5	340000	45	38	41.5	332000	330666.70	10066.450
18	57	59	58.0	464000	57	52	54.5	436000	57	56	56.5	452000	450666.70	14047.540
21	69	58	63.5	508000	62	64	63.0	504000	64	59	61.5	492000	501333.30	8326.664
24	71	65	68.0	544000	72	68	70.0	560000	68	64	66.0	528000	544000.00	16000.000
27	67	73	70.0	560000	69	80	74.5	596000	76	74	75.0	600000	585333.30	22030.280
30	61	68	64.5	516000	72	87	79.5	636000	81	88	84.5	676000	609333.30	83266.640

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.15 ข้อมูลแสดงค่าจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสายสำหรับ *Scenedesmus armatus* ที่ปรับ สภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.08 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.08 กรัมต่อลิตร										เฉลี่ย	SD					
	ชุดที่ 1					ชุดที่ 2							ชุดที่ 3				
	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่			เฉลี่ย	เซลล์ต่อ	ครั้งที่	เฉลี่ย	เซลล์ต่อ
3	1	3.5	28000	2	4.5	36000	3	5	7	5	40000	4	6.5	52000	5	1222.020	
6	4	8	64000	7	5.0	40000	9	6.5	4	6.5	52000	11	14.5	116000	14	2400.000	
9	14	15.0	120000	15	16.5	132000	17	21	17	14.5	116000	20	21	168000	21	1665.333	
12	26	28.5	228000	23	27.0	216000	22	20	22	20	168000	20	21	168000	21	204000.00	
15	36	34.5	276000	34	32.5	260000	34	33	32	33	264000	32	33	264000	33	1665.333	
18	54	52.5	420000	42	46.5	372000	48	51.5	55	51.5	412000	48	51.5	412000	51.5	5143.280	
21	66	63.0	504000	62	58.5	468000	59	61	63	61	488000	63	61	488000	61	3607.400	
24	69	60.5	484000	62	59.5	476000	67	69.5	72	69.5	556000	72	69.5	556000	69.5	8812.113	
27	64	61.0	488000	69	70.5	564000	75	78	81	78	624000	75	78	624000	78	13631.340	
30	76	70.5	564000	89	72.5	580000	82	78	74	78	624000	82	78	624000	78	31069.81	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.16 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสายสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 0 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร													
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)	SD	เฉลี่ย	SD
3	0.002	0.002	0.002	0	0.002	0	0.001	0.0014	0.002	0.002	0.002	0	0.0016	0.0005
6	0.002	0	0.001	0.0014	0	0.002	0.001	0.0014	0.002	0	0.001	0.0014	0.0010	0
9	0	0.004	0.002	0.0028	0.002	0.002	0.002	0	0.004	0	0.002	0.0028	0.0020	0
12	0.004	0.002	0.003	0.0014	0.002	0.002	0.002	0	0.002	0.002	0.002	0	0.0023	0.0005
15	0.002	0.002	0.002	0	0.002	0.002	0.002	0	0.004	0.002	0.003	0.0014	0.0023	0.0005
18	0.004	0.004	0.004	0	0.002	0.004	0.003	0.0014	0.002	0.002	0.002	0	0.0030	0.001
21	0.004	0.004	0.004	0	0.002	0.002	0.002	0	0.004	0.002	0.003	0.0014	0.0030	0.001
24	0.004	0.002	0.003	0.0014	0.004	0.004	0.004	0	0.002	0.002	0.002	0	0.0030	0.001
27	0.002	0.004	0.003	0.0014	0.002	0.004	0.003	0.0014	0.004	0.002	0.003	0.0014	0.0030	0
30	0.006	0.004	0.005	0.0014	0.004	0.004	0.004	0	0.002	0.002	0.002	0	0.0036	0.0015

ตารางที่ ค.17 ข้อมูลแสดงค่าความทนทานของสารละลาย *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร																	
	ชุดที่ 1						ชุดที่ 2						ชุดที่ 3					
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD
3	0.004	0.002	0.003	0.0014	0.004	0.004	0	0.004	0.004	0.006	0.006	0.004	0.004	0.005	0.0014	0.0040	0.0010	
6	0.008	0.006	0.007	0.0014	0.010	0.006	0.008	0.0020	0.008	0.010	0.010	0.0020	0.008	0.009	0.0014	0.0080	0.0010	
9	0.016	0.014	0.015	0.0014	0.018	0.016	0.017	0.0014	0.016	0.016	0.016	0.0014	0.016	0.016	0	0.0160	0.0010	
12	0.024	0.028	0.026	0.0020	0.030	0.028	0.029	0.0014	0.032	0.034	0.034	0.0014	0.032	0.033	0.0014	0.0293	0.0035	
15	0.032	0.030	0.031	0.0014	0.034	0.030	0.032	0.0020	0.040	0.036	0.036	0.0020	0.040	0.038	0.0020	0.0336	0.0037	
18	0.036	0.040	0.038	0.0020	0.034	0.038	0.036	0.0020	0.042	0.040	0.040	0.0020	0.042	0.041	0.0014	0.0383	0.0025	
21	0.038	0.044	0.041	0.0040	0.036	0.040	0.038	0.0020	0.046	0.044	0.044	0.0020	0.046	0.045	0.0014	0.0413	0.0035	
24	0.034	0.038	0.036	0.0020	0.040	0.040	0.04	0	0.044	0.046	0.046	0	0.044	0.045	0.0014	0.0403	0.0045	
27	0.044	0.040	0.042	0.0020	0.040	0.038	0.039	0.0014	0.050	0.056	0.056	0.0014	0.050	0.048	0.0020	0.0430	0.0045	
30	0.040	0.048	0.044	0.0040	0.044	0.042	0.043	0.0014	0.054	0.058	0.058	0.0014	0.054	0.056	0.0020	0.0476	0.0072	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.18 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสายสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร													
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD		
3	0.002	0.002	0.002	0	0.004	0.002	0.003	0.0014	0	0.002	0.001	0.0014	0.0020	0.0014
6	0.004	0.005	0.007	0.0014	0.008	0.008	0.008	0	0.008	0.006	0.007	0.0014	0.0073	0.0043
9	0.014	0.012	0.013	0.0014	0.016	0.012	0.014	0.0020	0.010	0.010	0.010	0	0.0123	0.0078
12	0.024	0.026	0.025	0.0014	0.024	0.028	0.026	0.0020	0.030	0.028	0.029	0.0014	0.0266	0.0146
15	0.030	0.032	0.031	0.0014	0.028	0.030	0.029	0.0014	0.032	0.030	0.031	0.0014	0.0303	0.0173
18	0.034	0.036	0.035	0.0014	0.030	0.034	0.032	0.0020	0.030	0.034	0.032	0.0028	0.0330	0.0193
21	0.036	0.034	0.035	0.0014	0.034	0.032	0.033	0.0014	0.032	0.040	0.036	0.0056	0.0346	0.0194
24	0.042	0.034	0.038	0.0040	0.028	0.038	0.033	0.0070	0.040	0.039	0.039	0.0014	0.0366	0.0206
27	0.038	0.040	0.039	0.0014	0.038	0.040	0.039	0.0014	0.042	0.026	0.044	0.0028	0.0406	0.0224
30	0.040	0.036	0.038	0.0020	0.032	0.042	0.037	0.0070	0.046	0.050	0.048	0.0028	0.0410	0.0215

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.19 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสายสาย *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 2.25 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 2.25 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร											
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD
3	0.004	0.002	0.003	0.0014	0.002	0.004	0.003	0.0014	0	0.004	0.002	0.0028
6	0.006	0.008	0.007	0.0014	0.010	0.008	0.009	0.0014	0.006	0.006	0.006	0
9	0.012	0.008	0.01	0.0028	0.012	0.010	0.011	0.0014	0.010	0.008	0.009	0.0014
12	0.024	0.020	0.022	0.0028	0.018	0.022	0.02	0.0028	0.020	0.022	0.021	0.0014
15	0.024	0.022	0.023	0.0014	0.022	0.020	0.021	0.0014	0.022	0.020	0.021	0.0014
18	0.026	0.028	0.027	0.0014	0.020	0.026	0.023	0.0042	0.026	0.020	0.023	0.0042
21	0.030	0.026	0.028	0.0028	0.030	0.034	0.032	0.0028	0.022	0.024	0.023	0.0014
24	0.032	0.032	0.032	0	0.030	0.032	0.031	0.0014	0.020	0.026	0.023	0.0042
27	0.032	0.030	0.031	0.0014	0.036	0.030	0.033	0.0042	0.022	0.030	0.026	0.0054
30	0.034	0.030	0.032	0.0028	0.034	0.036	0.035	0.0014	0.028	0.032	0.03	0.0028

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.20 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสายพันธุ์ *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 3.00 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 3.00 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร											
	ขวดที่ 1			ขวดที่ 2			ขวดที่ 3			เฉลี่ย	SD	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD			
3	0.002	0	0.0014	0.004	0	0.002	0.0028	0.002	0.002	0	0.0016	0.0005
6	0.004	0.0003	0.0014	0.004	0.008	0.006	0.0028	0.004	0.006	0.0014	0.0053	0.0005
9	0.01	0.0005	0	0.014	0.010	0.012	0.0028	0.008	0.006	0.0014	0.0096	0.0025
12	0.016	0.001	0.018	0.018	0.022	0.02	0.0028	0.014	0.012	0.0014	0.0170	0.0036
15	0.022	0.001	0.021	0.022	0.024	0.023	0.0014	0.018	0.020	0.0014	0.0210	0.0020
18	0.024	0.0015	0.027	0.026	0.028	0.027	0.0014	0.026	0.022	0.0028	0.0260	0.0017
21	0.030	0.0014	0.029	0.028	0.030	0.027	0.0042	0.032	0.030	0.0014	0.0290	0.0020
24	0.028	0.0013	0.027	0.030	0.026	0.028	0.0028	0.026	0.034	0.0056	0.0283	0.0015
27	0.036	0.0017	0.035	0.034	0.032	0.033	0.0014	0.038	0.040	0.0014	0.0356	0.0030
30	0.002	0.0016	0.036	0.034	0.036	0.035	0.0014	0.038	0.038	0	0.0363	0.0015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.21 ข้อมูลแสดงค่าความทนทานต่อเชื้อแบคทีเรียของสาหร่ายสายพันธุ์ *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0 กรัมต่อลิตร											
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD
3	0.004	0.002	0.003	0.0014	0.002	0.002	0.002	0	0.004	0.002	0.003	0.0014
6	0.006	0.006	0.006	0	0.004	0.002	0.003	0.0014	0.004	0.004	0.004	0
9	0.010	0.012	0.011	0.0014	0.008	0.008	0.008	0	0.010	0.008	0.009	0.0014
12	0.014	0.018	0.016	0.0028	0.018	0.016	0.017	0.0014	0.014	0.020	0.017	0.0042
15	0.018	0.002	0.01	0.0011	0.020	0.022	0.021	0.0014	0.018	0.026	0.022	0.0056
18	0.022	0.024	0.023	0.0014	0.024	0.022	0.023	0.0014	0.028	0.030	0.029	0.0014
21	0.020	0.016	0.018	0.0028	0.026	0.024	0.025	0.0014	0.028	0.028	0.028	0
24	0.026	0.028	0.022	0.0056	0.030	0.026	0.028	0.0028	0.034	0.026	0.03	0.0056
27	0.022	0.024	0.023	0.0014	0.026	0.028	0.027	0.0014	0.028	0.030	0.029	0.0014
30	0.024	0.022	0.028	0.0082	0.030	0.026	0.028	0.0028	0.032	0.030	0.031	0.0014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.22 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสายพันธุ์ *Scenedesmus armatus* ปรับสภาพ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.02 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.02 กรัมต่อลิตร																	
	ขวดที่ 1						ขวดที่ 2						ขวดที่ 3					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD		
3	0.002	0.002	0.002	0	0.002	0.004	0.003	0.0014	0.004	0.002	0.0014	0.004	0.002	0.003	0.0014	0.0005		
6	0.006	0.004	0.005	0.0014	0.004	0.004	0.004	0	0.002	0.004	0.004	0.002	0.004	0.003	0.0014	0.0010		
9	0.010	0.006	0.008	0.0028	0.008	0.008	0.008	0	0.010	0.008	0.008	0.010	0.008	0.009	0.0014	0.0005		
12	0.016	0.012	0.014	0.0028	0.014	0.016	0.015	0.0014	0.016	0.016	0.015	0.016	0.016	0.016	0	0.0010		
15	0.024	0.022	0.023	0.0014	0.020	0.022	0.021	0.0014	0.022	0.022	0.021	0.0014	0.022	0.022	0	0.0010		
18	0.018	0.024	0.021	0.0042	0.022	0.026	0.024	0.0028	0.022	0.026	0.024	0.0028	0.022	0.021	0.0014	0.0017		
21	0.024	0.022	0.023	0.0014	0.026	0.024	0.025	0.0014	0.024	0.026	0.025	0.0014	0.024	0.025	0.0014	0.0011		
24	0.024	0.022	0.023	0.0014	0.030	0.028	0.029	0.0014	0.028	0.028	0.029	0.0014	0.028	0.028	0	0.0032		
27	0.024	0.026	0.025	0.0014	0.030	0.032	0.031	0.0014	0.030	0.032	0.031	0.0014	0.030	0.029	0.0014	0.0030		
30	0.026	0.024	0.025	0.0014	0.034	0.026	0.03	0.0056	0.028	0.030	0.028	0.0056	0.028	0.029	0.0014	0.0026		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.23 ข้อมูลแสดงค่าความทนทานของสาหร่ายสายพันธุ์ *Scenedesmus armatus* ปรับสภาพจะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร											
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD
3	0.002	0.002	0.002	0	0.004	0.002	0.003	0.0014	0	0.002	0.001	0.0014
6	0.004	0.005	0.007	0.0014	0.008	0.008	0.008	0	0.008	0.006	0.007	0.0014
9	0.014	0.012	0.013	0.0014	0.016	0.012	0.014	0.0020	0.010	0.010	0.010	0
12	0.024	0.026	0.025	0.0014	0.024	0.028	0.026	0.0020	0.030	0.028	0.029	0.0014
15	0.030	0.032	0.031	0.0014	0.028	0.030	0.029	0.0014	0.032	0.030	0.031	0.0014
18	0.034	0.036	0.035	0.0014	0.030	0.034	0.032	0.0020	0.030	0.034	0.032	0.0028
21	0.036	0.034	0.035	0.0014	0.034	0.032	0.033	0.0014	0.032	0.040	0.036	0.0056
24	0.042	0.034	0.038	0.0040	0.028	0.038	0.033	0.0070	0.040	0.039	0.039	0.0014
27	0.038	0.040	0.039	0.0014	0.038	0.040	0.039	0.0014	0.042	0.026	0.044	0.0028
30	0.040	0.036	0.038	0.0020	0.032	0.042	0.037	0.0070	0.046	0.050	0.048	0.0028

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.24 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายสายพันธุ์ *Scenedesmus armatus* ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.06 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.06 กรัมต่อลิตร												
	หมวดที่ 1			หมวดที่ 2			หมวดที่ 3			เฉลี่ย	SD		
	ครั้งที่	ครั้งที่	SD	ครั้งที่	ครั้งที่	SD	ครั้งที่	ครั้งที่	SD				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.002	0.006	0.0028	0.004	0.002	0.0014	0.003	0.0014	0.002	0.002	0.0003	0.0014	0.0005
6	0.006	0.004	0.0014	0.006	0.002	0.004	0.004	0	0.008	0.004	0.006	0.0028	0.0010
9	0.010	0.010	0	0.008	0.008	0.008	0.008	0	0.006	0.010	0.008	0.0028	0.0011
12	0.018	0.016	0.0014	0.020	0.018	0.019	0.019	0.0014	0.012	0.018	0.015	0.0042	0.0020
15	0.026	0.024	0.0014	0.028	0.024	0.026	0.026	0.0028	0.016	0.018	0.017	0.0014	0.0049
18	0.026	0.022	0.0028	0.026	0.028	0.027	0.027	0.0014	0.024	0.026	0.025	0.0014	0.0015
21	0.028	0.030	0.0014	0.032	0.022	0.027	0.027	0.0070	0.024	0.028	0.026	0.0028	0.0015
24	0.034	0.030	0.0028	0.036	0.034	0.035	0.035	0.0014	0.028	0.032	0.03	0.0028	0.0025
27	0.032	0.036	0.0028	0.034	0.032	0.033	0.033	0.0014	0.032	0.034	0.033	0.0014	0.0005
30	0.036	0.034	0.0014	0.038	0.034	0.036	0.036	0.0028	0.032	0.026	0.034	0.0028	0.0010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.25 ข้อมูลแสดงค่าความเข้มข้นของสารพิษ Scenedesmus armatus ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.08 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.08 กรัมต่อลิตร														
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3				เฉลี่ย	SD	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.002	0.002	0.002	0	0.002	0.002	0.003	0.0014	0.004	0.004	0.002	0.003	0.0014	0.0026	0.0005
6	0.008	0.006	0.007	0.0014	0.004	0.006	0.005	0.0014	0.006	0.006	0.006	0.006	0	0.0060	0.0010
9	0.010	0.006	0.008	0.0028	0.012	0.010	0.011	0.0014	0.008	0.010	0.010	0.009	0.0014	0.0093	0.0015
12	0.012	0.016	0.014	0.0028	0.022	0.016	0.019	0.0042	0.018	0.020	0.020	0.019	0.0014	0.0173	0.0028
15	0.014	0.020	0.017	0.0042	0.020	0.026	0.023	0.0042	0.022	0.024	0.024	0.023	0.0014	0.0210	0.0034
18	0.024	0.026	0.025	0.0014	0.032	0.030	0.031	0.0014	0.032	0.028	0.028	0.03	0.0028	0.0287	0.0032
21	0.030	0.028	0.029	0.0014	0.036	0.030	0.033	0.0042	0.030	0.032	0.032	0.031	0.0014	0.0310	0.0020
24	0.022	0.032	0.027	0.0070	0.034	0.032	0.033	0.0014	0.028	0.032	0.032	0.03	0.0028	0.0300	0.0030
27	0.030	0.032	0.031	0.0014	0.032	0.032	0.034	0.0028	0.034	0.036	0.036	0.035	0.001	0.0333	0.0020
30	0.032	0.034	0.033	0.0014	0.036	0.034	0.035	0.0014	0.040	0.034	0.034	0.037	0.0042	0.0350	0.0020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.26 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ปรับสภาพ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 0 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร											
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD
3	0.052	0.057	0.0545	0.0035	0.053	0.042	0.0475	0.0077	0.051	0.064	0.0575	0.0091
6	0.074	0.069	0.0715	0.0035	0.075	0.091	0.0830	0.0113	0.075	0.104	0.0895	0.0205
9	0.084	0.057	0.0705	0.0190	0.068	0.057	0.0625	0.0077	0.085	0.067	0.0760	0.0127
12	0.101	0.113	0.1070	0.0084	0.094	0.074	0.0840	0.0141	0.098	0.083	0.0905	0.0106
15	0.09	0.084	0.0870	0.0042	0.064	0.072	0.0680	0.0056	0.098	0.079	0.0885	0.0134
18	0.099	0.078	0.0885	0.0148	0.058	0.088	0.0730	0.0212	0.083	0.094	0.0885	0.0077
21	0.091	0.105	0.0980	0.0098	0.088	0.092	0.0900	0.0028	0.154	0.094	0.1240	0.0424
24	0.101	0.074	0.0875	0.0190	0.11	0.084	0.0970	0.0183	0.134	0.108	0.1210	0.0183
27	0.073	0.105	0.0890	0.0226	0.121	0.097	0.1090	0.0169	0.101	0.078	0.0895	0.0162
30	0.146	0.118	0.1320	0.0197	0.102	0.094	0.0980	0.0056	0.152	0.083	0.1175	0.0487

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.27 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาย *Scenedesmus armatus* ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร											
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD
3	0.046	0.044	0.0450	0.0014	0.053	0.051	0.0520	0.0014	0.036	0.047	0.0415	0.0077
6	0.145	0.204	0.1745	0.0417	0.175	0.236	0.2055	0.0431	0.165	0.251	0.2080	0.0608
9	0.456	0.652	0.5540	0.1385	0.446	0.598	0.5220	0.1074	0.512	0.459	0.4855	0.0374
12	0.830	0.764	0.7970	0.0466	0.773	0.842	0.8075	0.0487	0.941	0.723	0.8320	0.1541
15	1.110	1.421	1.2655	0.2199	1.327	1.541	1.4340	0.1513	1.127	1.349	1.2380	0.1569
18	1.626	1.875	1.7505	0.1760	2.144	2.020	2.0820	0.0876	1.974	1.889	1.9315	0.0601
21	2.289	2.084	2.1865	0.1449	2.154	2.342	2.2480	0.1329	1.978	2.344	2.1610	0.2588
24	2.440	2.248	2.3440	0.1357	2.620	2.516	2.5680	0.0735	2.308	2.532	2.4200	0.1583
27	2.760	2.884	2.8220	0.0876	2.840	2.580	2.7100	0.1838	2.576	2.752	2.6640	0.1244
30	3.152	2.984	3.0680	0.1187	3.448	3.164	3.3060	0.2008	2.788	3.056	2.9220	0.1895

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.28 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสายสำหรับ *Scenedesmus armatus* ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร													
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3				เฉลี่ย	SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD		
3	0.051	0.031	0.0410	0.0141	0.038	0.059	0.0485	0.0148	0.054	0.061	0.0575	0.0049	0.0490	0.0082
6	0.384	0.417	0.4005	0.0233	0.367	0.451	0.4090	0.0593	0.355	0.461	0.4080	0.0749	0.4058	0.0046
9	0.741	0.685	0.7130	0.0395	0.742	0.678	0.7100	0.0452	0.711	0.641	0.6760	0.0494	0.6996	0.0205
12	1.228	0.842	1.0350	0.2729	1.144	1.084	1.1140	0.0424	1.047	1.254	1.1505	0.1463	1.0998	0.0590
15	1.220	1.542	1.3810	0.2276	1.473	1.447	1.4600	0.0183	1.614	1.456	1.5350	0.1117	1.4586	0.0770
18	2.004	1.852	1.9280	0.1074	1.980	1.756	1.8680	0.1583	1.928	1.917	1.9225	0.0077	1.9061	0.0331
21	2.394	2.145	2.2695	0.1760	2.272	1.943	2.1075	0.2326	2.198	2.304	2.2510	0.0749	2.2093	0.0886
24	2.544	2.632	2.5880	0.0622	2.724	2.436	2.5800	0.2036	2.532	2.444	2.4880	0.0622	2.5520	0.0555
27	2.428	2.348	2.3880	0.0565	2.352	2.540	2.4460	0.1329	2.192	2.528	2.3600	0.2375	2.3980	0.0438
30	3.144	3.016	3.0800	0.0905	3.060	2.792	2.9260	0.1895	3.152	2.884	3.0180	0.1895	3.0080	0.0774

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.29 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสายสำหรับ *Scenedesmus armatus* ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 2.25 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 2.25 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร														
	ขวดที่ 1			ขวดที่ 2			ขวดที่ 3			เฉลี่ย	SD				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD						
										ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
3	0.047	0.053	0.0500	0.0042	0.038	0.049	0.0435	0.0077	0.052	0.061	0.0565	0.0063	0.0500	0.0065	
6	0.233	0.186	0.2095	0.0332	0.219	0.175	0.1970	0.0311	0.217	0.188	0.2025	0.0205	0.2030	0.0062	
9	0.438	0.544	0.4910	0.0749	0.471	0.503	0.4870	0.0226	0.559	0.461	0.5100	0.0692	0.4960	0.0122	
12	0.714	0.648	0.6810	0.0466	0.714	0.638	0.6760	0.0537	0.712	0.958	0.8350	0.1739	0.7306	0.0903	
15	0.990	0.895	0.9425	0.0671	0.814	0.751	0.7825	0.0445	0.851	0.752	0.8015	0.0700	0.8421	0.0874	
18	1.188	1.465	1.3265	0.1958	1.841	1.645	1.7430	0.1385	1.751	1.947	1.8490	0.1385	1.6395	0.2761	
21	1.482	1.893	1.6875	0.2906	1.673	1.955	1.8140	0.1994	1.642	1.843	1.7420	0.1421	1.7480	0.0634	
24	2.181	1.932	2.0565	0.1760	2.031	2.172	2.1015	0.0997	2.007	2.013	2.0100	0.0042	2.0560	0.0457	
27	1.908	2.164	2.0360	0.1810	2.084	1.904	1.9940	0.1272	2.012	1.876	1.9440	0.0961	1.9913	0.0460	
30	2.936	2.740	2.8380	0.1385	2.5922	2.872	2.7321	0.1978	2.804	2.528	2.6660	0.1951	2.7453	0.0867	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.30 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสายสำหรับ *Scenedesmus armatus* ปรับสภาพ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 3.00 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 3.00 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร											
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD
3	0.092	0.038	0.0650	0.0381	0.058	0.037	0.0475	0.0148	0.049	0.053	0.0510	0.0028
6	0.241	0.191	0.2160	0.0353	0.149	0.184	0.1665	0.0247	0.192	0.145	0.1685	0.0332
9	0.375	0.488	0.4315	0.0799	0.374	0.254	0.3140	0.0848	0.388	0.437	0.4125	0.0346
12	0.723	0.854	0.7885	0.0926	0.674	0.854	0.7640	0.1272	0.781	0.951	0.8660	0.1202
15	0.930	0.688	0.8090	0.1711	1.154	0.789	0.9715	0.2580	0.898	1.323	1.1105	0.3005
18	1.286	1.058	1.1720	0.1612	1.117	1.973	1.5450	0.6052	1.543	1.853	1.6980	0.2192
21	1.442	1.886	1.6640	0.3139	2.154	1.712	1.9330	0.3125	1.942	1.594	1.7680	0.2460
24	2.088	1.932	2.0100	0.1103	1.965	2.034	1.9995	0.0487	1.764	1.965	1.8645	0.1421
27	2.640	2.448	2.5440	0.1357	2.348	2.540	2.4440	0.1357	2.656	2.412	2.5340	0.1725
30	2.156	2.284	2.2200	0.0905	1.904	2.088	1.9960	0.1301	1.752	2.108	1.9300	0.2517

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.31 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาย Scenedesmus armatus ปรึบสถานะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0 กรัมต่อลิตร											
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD
3	0.051	0.054	0.0525	0.0021	0.063	0.051	0.057	0.0084	0.038	0.044	0.0410	0.0042
6	0.124	0.108	0.1160	0.0113	0.172	0.097	0.1345	0.0530	0.082	0.077	0.0795	0.0035
9	0.401	0.422	0.4115	0.0148	0.464	0.546	0.505	0.0579	0.177	0.415	0.2960	0.1682
12	0.388	0.502	0.4450	0.0806	0.431	0.527	0.479	0.0678	0.412	0.624	0.5180	0.1499
15	0.482	0.575	0.5285	0.0657	0.743	0.654	0.6985	0.0629	0.541	0.663	0.6020	0.0862
18	0.704	0.446	0.5750	0.1824	0.698	0.752	0.725	0.0381	0.874	0.625	0.7495	0.1760
21	0.846	0.649	0.7475	0.1393	0.861	0.953	0.907	0.0650	1.058	0.751	0.9045	0.2170
24	0.598	0.642	0.6200	0.0311	0.623	0.671	0.647	0.0339	0.653	0.582	0.6175	0.0502
27	0.765	0.718	0.7415	0.0332	0.812	0.776	0.794	0.0254	0.856	0.782	0.8190	0.0523
30	1.089	0.904	0.9965	0.1308	0.788	0.892	0.84	0.0735	0.954	1.102	1.0280	0.1046

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.32 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสายสำหรับ *Scenedesmus armatus* ปรับสภาพ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.02 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.02 กรัมต่อลิตร													
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD		
3	0.048	0.092	0.0700	0.0311	0.037	0.064	0.0505	0.0190	0.039	0.041	0.0400	0.0014	0.0535	0.0152
6	0.295	0.235	0.2650	0.0424	0.089	0.112	0.1005	0.0162	0.204	0.144	0.1740	0.0424	0.1798	0.0824
9	0.641	0.457	0.5490	0.1301	0.324	0.455	0.3895	0.0926	0.295	0.234	0.2645	0.0431	0.4010	0.1425
12	0.898	0.942	0.9200	0.0311	0.714	0.953	0.8335	0.1689	0.782	0.452	0.6170	0.2333	0.7901	0.1560
15	1.288	1.452	1.3700	0.1159	1.533	1.314	1.4235	0.1548	1.451	1.231	1.3410	0.1555	1.3781	0.0418
18	1.719	1.678	1.69850	0.0289	1.545	1.689	1.6170	0.1018	1.894	1.621	1.7575	0.1930	1.6910	0.0705
21	2.031	1.846	1.93850	0.1308	1.792	2.124	1.9580	0.2347	1.945	1.868	1.9065	0.0544	1.9343	0.0260
24	2.016	1.914	1.9650	0.0721	1.926	2.031	1.9785	0.0742	1.842	1.965	1.9035	0.0869	1.9490	0.0399
27	2.277	2.145	2.2110	0.0933	2.385	2.232	2.3085	0.1081	2.118	2.226	2.1720	0.0763	2.2305	0.0703
30	2.700	2.332	2.5160	0.2602	2.372	2.688	2.5300	0.2234	2.480	2.312	2.3960	0.1187	2.4806	0.0736

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.33 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสาย Scenedesmus armatus ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร											
	ชุดที่ 1			ชุดที่ 2			ชุดที่ 3			เฉลี่ย	SD	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD			
3	0.051	0.031	0.0141	0.038	0.059	0.0148	0.054	0.061	0.0575	0.0049	0.0082	
6	0.384	0.417	0.4005	0.367	0.451	0.4090	0.355	0.461	0.4080	0.0749	0.0046	
9	0.741	0.685	0.7130	0.742	0.678	0.7100	0.711	0.641	0.6760	0.0494	0.0205	
12	1.228	0.842	1.0350	1.144	1.084	1.1140	1.047	1.254	1.1505	0.1463	0.0590	
15	1.220	1.542	1.3810	1.473	1.447	1.4600	1.614	1.456	1.5350	0.1117	0.0770	
18	2.004	1.852	1.9280	1.980	1.756	1.8680	1.928	1.917	1.9225	0.0077	0.0331	
21	2.394	2.145	2.2695	2.272	1.943	2.1075	2.198	2.304	2.2510	0.0749	0.0886	
24	2.544	2.632	2.5880	2.724	2.436	2.5800	2.532	2.444	2.4880	0.0622	0.0555	
27	2.428	2.348	2.3880	2.352	2.540	2.4460	2.192	2.528	2.3600	0.2375	0.0438	
30	3.144	3.016	3.0800	3.060	2.792	2.9260	3.152	2.884	3.0180	0.1895	0.0774	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.34 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสายสำหรับ *Scenedesmus armatus* ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.06 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.06 กรัมต่อลิตร														
	वादतुतु 1					वादतुतु 2					वादतुतु 3				
	कुुरुतुतु 1	कुुरुतुतु 2	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	कुुरुतुतु 1	कुुरुतुतु 2	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	कुुरुतुतु 1	कुुरुतुतु 2	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु
	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु	ओओतुतु
3	0.024	0.074	0.0490	0.0353	0.059	0.067	0.0630	0.0056	0.041	0.038	0.0395	0.0021	0.0505	0.0118	
6	0.192	0.231	0.2115	0.0275	0.146	0.271	0.2085	0.0883	0.288	0.177	0.2325	0.0784	0.2175	0.0130	
9	0.411	0.504	0.4575	0.0657	0.449	0.450	0.4495	0.0007	0.513	0.612	0.5625	0.0700	0.4898	0.0630	
12	0.861	0.743	0.8020	0.0834	0.942	0.784	0.8630	0.1117	0.864	0.714	0.7890	0.1060	0.8180	0.0395	
15	1.211	1.374	1.2925	0.1152	1.447	1.541	1.4940	0.0664	1.382	1.242	1.3120	0.0989	1.3660	0.1111	
18	1.698	1.944	1.8210	0.1739	1.864	2.078	1.9710	0.1513	1.568	1.975	1.7715	0.2877	1.8545	0.1038	
21	2.346	2.087	2.2165	0.1831	1.889	2.231	2.0600	0.2418	2.144	2.036	2.0900	0.0763	2.1221	0.0830	
24	2.408	2.352	2.3800	0.0395	2.420	2.312	2.3660	0.0763	2.540	2.444	2.4920	0.0678	2.4126	0.0690	
27	2.532	2.436	2.4840	0.0678	2.420	2.396	2.4080	0.0169	2.312	2.652	2.4820	0.2404	2.4580	0.0433	
30	2.992	2.904	2.9480	0.0622	2.872	2.792	2.8320	0.0565	2.844	2.944	2.8940	0.0707	2.8913	0.0580	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.35 ข้อมูลแสดงค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายสายสาย *Scenedesmus armatus* ปรับสภาพ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.08 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.08 กรัมต่อลิตร											
	ขวดที่ 1			ขวดที่ 2			ขวดที่ 3			เฉลี่ย	SD	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD			
3	0.055	0.061	0.0042	0.055	0.048	0.0049	0.057	0.042	0.0495	0.0106	0.0530	0.0044
6	0.141	0.137	0.0028	0.114	0.182	0.0480	0.224	0.168	0.1960	0.0395	0.1610	0.0306
9	0.492	0.467	0.0176	0.475	0.571	0.0678	0.412	0.641	0.5265	0.1619	0.5096	0.0261
12	0.770	0.953	0.1294	0.812	0.768	0.0311	0.912	0.684	0.7980	0.1612	0.8165	0.0391
15	0.955	1.243	0.2036	1.342	1.571	1.4565	1.354	1.294	1.3240	0.0424	1.2931	0.1807
18	1.593	1.623	1.6080	1.545	1.859	1.7020	1.562	1.74	1.6510	0.1258	1.6536	0.0470
21	1.479	1.701	0.1569	1.568	1.612	1.5900	1.852	1.452	1.6520	0.2828	1.6106	0.0357
24	1.845	1.797	1.8210	1.800	1.626	1.7130	2.022	1.743	1.8825	0.1972	1.8055	0.0858
27	1.785	1.752	1.7685	1.806	1.713	1.7595	1.893	1.833	1.8630	0.0424	1.7970	0.0573
30	2.436	2.184	2.3100	2.492	2.308	2.4000	2.408	2.348	2.3780	0.0424	2.3626	0.0469

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.36 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาของสาหร่ายสายพันธุ์ *Scenedesmus armatus* ปรับสภาพ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 0 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร												
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	น้ำตา	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	น้ำตา	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	น้ำตา	เฉลี่ย	
3	0.324	0.465	0.3945	0.37692	0.549	0.648	0.5985	60.1868	0.438	0.314	0.3760	44.5641	13.5677
6	0.541	0.398	0.4695	46.0109	0.687	0.452	0.5695	57.0000	0.248	0.612	0.4300	48.2271	7.9014
9	0.541	0.647	0.5940	59.6923	0.648	0.547	0.5975	60.0769	0.640	0.691	0.6655	62.4395	4.4294
12	0.542	0.647	0.5945	59.7472	0.456	0.484	0.4700	46.0659	0.450	0.550	0.5000	51.7252	7.1401
15	0.621	0.367	0.4940	48.7032	0.548	0.655	0.6015	60.5164	0.645	0.641	0.6430	58.0989	8.4502
18	0.842	0.588	0.7150	72.9890	0.698	0.651	0.6745	68.5384	0.412	0.627	0.5195	64.3443	11.3392
21	0.612	0.485	0.5485	54.6923	0.418	0.459	0.4385	42.6043	0.484	0.648	0.5660	51.3040	7.5952
24	0.514	0.654	0.5840	58.5934	0.547	0.870	0.7085	72.2747	0.498	0.681	0.5895	63.3553	7.7303
27	0.942	0.318	0.6300	63.6483	0.642	0.640	0.6410	64.8571	0.648	0.556	0.6020	63.0256	2.2096
30	0.442	0.841	0.6415	64.9120	0.647	0.547	0.5970	60.0219	0.513	0.484	0.4985	58.0439	8.0417

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.37 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาของสาหร่ายสาย Scenedesmus armatus ปรึบภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร													
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3				เฉลี่ย	SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาล	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาล	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาล		
3	0.514	0.387	0.4505	43.9230	0.362	0.455	0.4085	39.3076	0.732	0.613	0.6725	68.3186	50.5164	15.5889
6	0.532	1.042	0.7870	80.9010	0.345	0.512	0.4285	41.5054	0.645	0.451	0.5480	54.6373	59.0146	20.0592
9	0.641	0.781	0.7110	72.5494	0.511	0.972	0.7415	75.9010	0.648	0.541	0.5945	59.7472	69.3992	8.5252
12	0.342	0.514	0.4280	41.4505	0.461	0.743	0.6020	60.5714	0.841	0.530	0.6855	69.7472	57.2564	14.4366
15	1.247	0.671	0.9590	99.8021	0.641	1.389	1.0150	105.9560	0.594	0.684	0.6390	64.6373	90.1318	22.2922
18	0.893	0.645	0.7690	78.9230	0.517	0.667	0.5920	59.4725	1.556	0.541	1.0485	109.6373	82.6776	25.2922
21	0.642	1.648	1.1450	120.2417	1.577	0.671	1.1240	117.9340	0.912	0.641	0.7765	79.7472	105.9743	22.7426
24	0.550	0.701	0.6255	63.1538	0.846	0.644	0.7450	76.2857	0.513	0.942	0.7275	74.3626	71.2673	7.0920
27	0.955	0.643	0.7990	82.2197	0.651	0.594	0.6225	62.8241	0.342	0.458	0.4000	38.3736	61.1391	21.9715
30	0.742	0.561	0.6515	66.0109	2.043	0.877	1.4600	154.8571	0.448	0.861	0.6545	66.3406	95.7362	51.2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.38 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสายสำหรับ *Scenedesmus armatus* ปรึบสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร													
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	น้ำตาล	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาล	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาล		
3	0.641	0.544	0.5925	0.5925	0.684	0.560	0.6220	62.7692	0.641	0.641	0.641	64.8571	62.3846	2.6855
6	0.531	0.647	0.5890	0.5890	0.641	0.450	0.5455	54.3626	0.612	0.541	0.5765	57.7692	57.0915	2.4611
9	0.679	1.113	0.8960	0.8960	0.648	0.614	0.6310	63.7582	0.671	0.348	0.5095	50.4065	69.0146	21.7186
12	0.842	0.614	0.7280	0.7280	0.584	0.645	0.6145	61.9450	0.314	0.741	0.5275	52.3846	62.9157	11.0485
15	0.689	0.647	0.6680	0.6680	0.613	0.521	0.5670	56.7252	0.642	0.541	0.5915	59.4175	61.3223	5.7894
18	0.452	0.528	0.4900	0.4900	0.891	1.042	0.9665	100.6263	0.647	0.841	0.7440	76.1758	75.0219	26.2003
21	0.942	0.647	0.7945	0.7945	0.674	0.561	0.6175	62.2747	0.513	0.452	0.4825	47.4395	63.8131	17.1945
24	1.874	0.347	1.1105	1.1105	0.692	0.640	0.6660	67.6043	0.456	0.970	0.7130	72.7692	85.6080	26.8349
27	0.556	0.941	0.7485	0.7485	0.664	0.712	0.6880	70.0219	1.560	0.694	1.1270	118.2637	88.3186	26.1453
30	0.624	0.596	0.6100	0.6100	0.952	0.642	0.7970	82.0000	0.542	0.614	0.5780	57.9340	67.1282	12.9988

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.39 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาของสาหร่ายสายพันธุ์ *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 2.25 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 2.25 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร													
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3				เฉลี่ย	SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตา	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตา	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตา		
3	0.307	0.569	0.4380	42.5494	0.614	0.444	0.5290	52.5494	0.512	0.423	0.4675	45.7912	46.9633	5.1020
6	0.977	0.402	0.6895	70.1868	0.641	0.69	0.6655	67.5494	0.468	0.621	0.5445	54.2527	63.9963	8.5406
9	0.508	0.614	0.5610	56.0659	0.325	0.781	0.5530	55.1868	0.624	0.891	0.7575	77.6593	62.9706	12.7283
12	0.671	0.618	0.6445	65.2417	0.542	0.687	0.6145	61.9450	0.514	0.984	0.7490	76.7252	67.9706	7.7588
15	0.595	1.407	1.0010	104.4175	0.971	0.634	0.8025	82.6043	0.397	0.542	0.4695	46.0109	77.6776	29.5133
18	0.368	0.566	0.4670	45.7362	0.648	0.942	0.7950	81.7802	0.547	0.634	0.5905	59.3076	62.2747	18.2042
21	0.898	0.617	0.7575	77.6593	0.815	0.624	0.7195	73.4835	1.254	0.512	0.8830	91.4505	80.8644	9.4025
24	1.125	0.888	1.0065	105.0219	0.614	0.547	0.5805	58.2087	0.981	0.631	0.8060	82.9890	82.0732	23.4200
27	0.510	0.694	0.6020	60.5714	0.523	0.445	0.4840	47.6043	0.684	0.778	0.7310	74.7472	60.9743	13.5759
30	0.607	0.751	0.6790	69.0329	0.591	1.255	0.9230	95.8461	0.458	0.974	0.7160	73.0989	79.3260	14.4505

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.40 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสายสำหรับ *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 3.00 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 3.00 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร															
	वादतुी 1				वादतुी 2				वादतुी 3				เฉลี่ย	SD		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	น้ำตาล	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาล	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาล				
3	0.365	0.814	0.5895	59.1978	0.841	0.647	0.7440	76.1758	0.371	0.411	0.3910	37.3846	57.5860	19.4457		
6	0.641	0.452	0.5465	54.4725	0.570	0.357	0.4635	45.3516	0.579	0.762	0.6705	68.0989	55.9743	11.4477		
9	0.314	0.645	0.4795	47.1098	0.912	0.536	0.7240	73.9780	0.561	0.741	0.6510	65.9560	62.3479	13.7926		
12	0.514	1.541	1.0275	107.3296	0.547	0.872	0.7095	72.3846	0.944	0.494	0.7190	73.4285	84.3809	19.8810		
15	0.631	0.523	0.5770	57.8241	0.647	0.647	0.6470	65.5164	0.635	0.547	0.5910	59.3626	60.9010	4.0703		
18	0.682	0.513	0.5975	60.0769	0.417	0.664	0.5405	53.8131	0.412	1.089	0.7505	76.8901	63.5934	11.9335		
21	0.425	0.947	0.6860	69.8021	0.561	0.581	0.5710	57.1648	0.355	0.987	0.6710	68.1538	65.0402	6.8699		
24	0.634	0.874	0.7540	77.2747	0.439	0.684	0.5615	56.1208	0.894	0.598	0.7460	76.3956	69.9304	11.9674		
27	0.871	0.914	0.8925	92.4945	0.581	1.345	0.9630	100.2417	1.289	0.621	0.9550	99.3626	97.3663	4.2419		
30	0.348	0.541	0.4445	43.2637	0.924	0.782	0.8530	88.1538	0.551	0.478	0.5145	50.9560	60.7912	24.0068		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.41 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำหนักของสาหร่ายสายสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0 กรัมต่อลิตร													
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3				เฉลี่ย	SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำหนัก	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำหนัก	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำหนัก		
3	0.993	0.514	0.7535	77.2197	0.523	0.711	0.6170	62.2197	0.641	0.751	0.6960	70.9010	70.1135	0.0685
6	0.647	0.647	0.6470	65.5164	0.468	0.915	0.6915	70.4065	0.899	0.526	0.7125	72.7142	69.5457	0.0334
9	0.697	0.452	0.5745	57.5494	0.624	0.648	0.6360	64.3076	0.523	0.614	0.5685	56.8901	59.5824	0.0373
12	0.547	0.987	0.7670	78.7032	0.256	0.35	0.3030	27.7142	0.741	0.671	0.7060	72.0000	59.4725	0.2521
15	0.943	0.758	0.8505	87.8791	0.592	1.235	0.9135	94.8021	0.636	0.485	0.5605	56.0109	79.5641	0.1882
18	0.647	0.478	0.5625	56.2307	0.697	0.634	0.6655	67.5494	0.48	0.678	0.5790	58.0439	60.6080	0.0553
21	0.761	1.144	0.9525	99.0879	0.745	0.852	0.7985	82.1648	0.987	0.458	0.7225	73.8131	85.0219	0.1171
24	0.842	0.547	0.6945	70.7362	0.361	0.697	0.5290	52.5494	0.689	0.789	0.7390	75.6263	66.3040	0.1106
27	0.598	0.984	0.7910	81.3406	1.344	0.785	1.0645	111.3956	0.853	0.568	0.7105	72.4945	88.4102	0.1855
30	0.647	0.761	0.7040	71.7802	0.953	0.487	0.7200	73.5384	0.989	1.446	1.2175	128.2087	91.1758	0.2919

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.42 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสายสำหรับ *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.02 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.02 กรัมต่อลิตร													
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3				เฉลี่ย	SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาล	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาล	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาล		
3	0.478	0.478	0.4780	46.9450	0.614	0.942	0.7780	79.9120	0.668	0.647	0.6575	66.6703	64.5091	16.5894
6	0.658	0.647	0.6525	66.1208	0.541	0.689	0.6150	62.0000	0.975	0.842	0.9085	94.2527	74.1245	17.5528
9	0.312	0.942	0.6270	63.3186	0.358	0.648	0.5030	49.6923	0.453	0.588	0.5205	51.6153	54.8754	7.3749
12	0.654	0.654	0.6540	66.2857	0.964	0.871	0.9175	95.2417	0.684	0.987	0.8355	86.2307	82.5860	14.8180
15	0.358	0.547	0.4525	44.1428	0.614	0.64	0.6270	63.3186	0.952	0.670	0.8110	83.5384	63.6666	19.7001
18	0.975	0.812	0.8935	92.6043	0.368	0.967	0.6675	67.7692	0.475	0.358	0.4165	40.1868	66.8534	26.2207
21	0.982	0.648	0.8150	83.9780	0.218	0.258	0.2380	20.5714	1.250	0.314	0.7820	80.3516	61.6337	35.6071
24	0.640	0.647	0.6435	65.1318	0.974	1.345	1.1595	121.8351	0.697	0.548	0.6225	62.8241	83.2637	33.4237
27	0.872	0.964	0.9180	95.2967	0.478	0.638	0.5580	55.7362	0.594	0.987	0.7905	81.2857	77.4395	20.0587
30	0.648	0.584	0.6160	62.1098	0.891	0.548	0.7195	73.4835	0.875	0.698	0.7865	80.8461	72.1465	9.4394

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.43 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาของสาหร่ายสายสำหรับ *Scenedesmus armatus* ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร											
	ชุดที่ 1			ชุดที่ 2			ชุดที่ 3			เฉลี่ย	SD	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	SD			
3	0.051	0.031	0.0141	0.038	0.059	0.0148	0.054	0.061	0.0575	0.0049	0.0082	
6	0.384	0.417	0.4005	0.367	0.451	0.4090	0.355	0.461	0.4080	0.0749	0.0046	
9	0.741	0.685	0.7130	0.742	0.678	0.7100	0.711	0.641	0.6760	0.0494	0.0205	
12	1.228	0.842	1.0350	1.144	1.084	1.1140	1.047	1.254	1.1505	0.1463	0.0590	
15	1.220	1.542	1.3810	1.473	1.447	1.4600	1.614	1.456	1.5350	0.1117	0.0770	
18	2.004	1.852	1.9280	1.980	1.756	1.8680	1.928	1.917	1.9225	0.0077	0.0331	
21	2.394	2.145	2.2695	2.272	1.943	2.1075	2.198	2.304	2.2510	0.0749	0.0886	
24	2.544	2.632	2.5880	2.724	2.436	2.5800	2.532	2.444	2.4880	0.0622	0.0555	
27	2.428	2.348	2.3880	2.352	2.540	2.4460	2.192	2.528	2.3600	0.2375	0.0438	
30	3.144	3.016	3.0800	3.060	2.792	2.9260	3.152	2.884	3.0180	0.1895	0.0774	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.44 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาลของสาหร่ายสาย Scenedesmus armatus ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.06 กรัมต่อลิตร

วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.06 กรัมต่อลิตร														
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3				เฉลี่ย	SD	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	น้ำตาล	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	น้ำตาล	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	น้ำตาล	เฉลี่ย			
3	0.647	0.689	0.6680	0.6680	0.978	0.614	0.7960	0.7960	0.621	0.842	0.7315	0.7315	74.8021	74.8388	7.0330
6	0.98	0.917	0.9485	0.9485	0.624	0.648	0.6360	0.6360	0.548	0.539	0.5435	0.5435	54.1428	72.3663	23.3214
9	0.678	0.758	0.7180	0.7180	0.614	0.258	0.4360	0.4360	0.359	0.987	0.6730	0.6730	68.3736	61.3406	16.6486
12	0.568	0.946	0.7570	0.7570	0.513	0.781	0.6470	0.6470	0.617	0.581	0.5990	0.5990	60.2417	67.7875	8.9013
15	0.942	0.689	0.8155	0.8155	0.898	0.658	0.7780	0.7780	0.698	0.974	0.8360	0.8360	86.2857	83.4102	3.2321
18	0.477	0.914	0.6955	0.6955	0.589	0.354	0.4715	0.4715	0.789	0.356	0.5725	0.5725	57.3296	58.1355	12.3274
21	1.294	0.687	0.9905	0.9905	0.651	0.631	0.6410	0.6410	0.945	0.418	0.6815	0.6815	69.3076	79.1428	21.0074
24	0.586	0.568	0.5770	0.5770	0.715	0.617	0.6660	0.6660	0.659	0.955	0.8070	0.8070	83.0989	69.5091	12.7445
27	0.257	0.647	0.4520	0.4520	0.618	0.843	0.7305	0.7305	0.847	0.543	0.6950	0.6950	70.7912	63.1904	16.6578
30	0.234	0.895	0.5645	0.5645	1.117	0.63	0.8735	0.8735	0.358	0.845	0.6015	0.6015	60.5164	69.1245	18.5425

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.45 ข้อมูลแสดงปริมาณน้ำตาดของสาหร่ายสาย Scenedesmus armatus ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.08 กรัมต่อลิตร

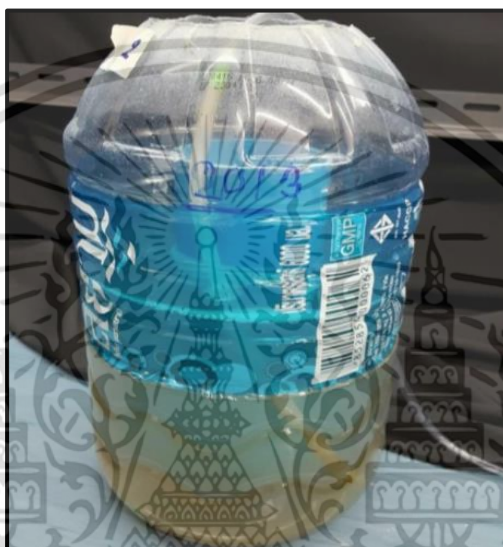
วันที่	ความเข้มข้น NaNO_3 1.50 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.08 กรัมต่อลิตร												เฉลี่ย	SD
	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				ขวดที่ 3					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาด	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาด	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	น้ำตาด		
	1	2			1	2			1	2				
3	0.972	0.625	0.7985	82.1648	0.489	0.782	0.6355	64.2527	0.345	0.523	0.4340	42.1098	62.8424	20.0646
6	0.488	0.541	0.5145	50.9560	0.647	0.547	0.5970	60.0219	0.562	0.584	0.5730	57.3846	56.1208	4.6632
9	0.458	0.785	0.6215	62.7142	0.458	0.698	0.5780	57.9340	0.465	0.987	0.7260	74.1978	64.9487	8.3589
12	0.614	0.391	0.5025	49.6373	0.614	0.845	0.7295	74.5824	0.425	0.589	0.5070	50.1318	58.1172	14.2614
15	0.947	0.544	0.7455	76.3406	0.358	0.745	0.5515	55.0219	0.314	0.984	0.6490	65.7362	65.6996	10.6593
18	0.314	0.457	0.3855	36.7802	0.658	0.985	0.8215	84.6923	0.896	0.369	0.6325	63.9230	61.7985	24.0265
21	0.586	0.699	0.6425	65.0219	0.658	0.475	0.5665	56.6703	0.845	0.745	0.7950	81.7802	67.8241	12.7873
24	0.548	0.874	0.7110	72.5494	0.694	0.625	0.6595	66.8901	0.562	1.455	1.0085	105.2412	81.5604	20.7029
27	0.647	0.871	0.7590	77.8241	0.587	0.547	0.5670	56.7252	0.345	0.569	0.4570	44.6373	59.7289	16.7960
30	0.785	0.878	0.8315	85.7912	0.854	0.958	0.9060	93.9780	0.289	0.874	0.5815	58.3186	79.3626	18.6786

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

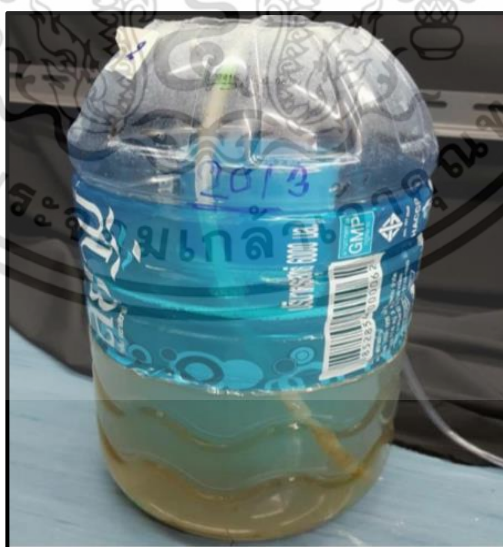
ภาคผนวก ง

ผลการทดลองระบบการขยายขนาดแบบเปิด Air-lift Contactar (นอกเหนือจากเล่ม)

การทดลองในการประดิษฐ์ถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร โดยมีการใส่ท่อ PVC ตรงกลาง เพื่อให้
เกิดเป็นช่องในการนำอากาศคล้ายกับระบบ Air-lift และมีการเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่ท่อ PVC โดย
เติมอากาศด้วยสายยางดังในรูปที่ ง.1 – ง.4

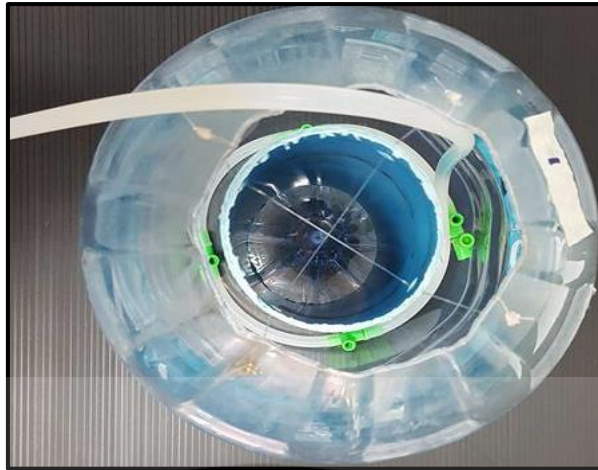


รูปที่ ง.1 ถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบ Air-lift

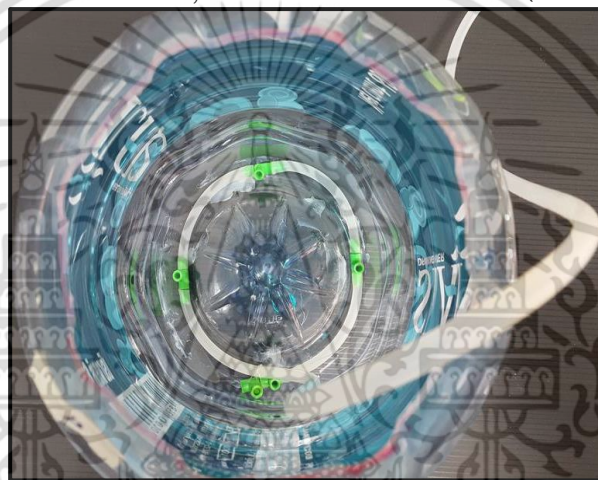


รูปที่ ง.2 ถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ง.3 ถึงขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบ Air-lift (ด้านบน)



รูปที่ ง.4 ถึงขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบธรรมดา



รูปที่ ง.5 ลักษณะการไหลของอากาศในถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบ Air-lift

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ข้อมูลแสดงการนับจำนวนเซลล์สาหร่าย *Scenedesmus armatus* ภายในถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบ air-lift ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				เฉลี่ย	SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD		
0	0	1	0.5	0.7071	2	1	1.5	0.7071	1.00	0.7071
3	2	1	1.5	0.7071	1	1	1.0	0	1.25	0.3535
6	2	3	2.5	0.7071	2	4	3.0	1.4142	2.75	0.3535
9	2	2	2.0	0	3	2	2.5	0.7071	2.25	0.3535
12	3	2	2.5	0.7071	5	2	3.5	2.1213	3.00	0.7071
15	4	3	3.5	0.7071	3	2	2.5	0.7071	3.00	0.7071
18	3	2	2.5	0.7071	3	2	2.5	0.7071	2.50	0
21	5	2	3.5	2.1213	4	4	4.0	0	3.75	0.3535

ตารางที่ ง.2 ข้อมูลแสดงการนับจำนวนเซลล์สาหร่าย *Scenedesmus armatus* ภายในถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบธรรมดาที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				เฉลี่ย	SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD		
0	1	5	3.0	2.8284	4	6	5.0	1.4142	2.6666	1.4142
3	2	3	2.5	0.7071	2	4	3.0	1.4142	1.8333	0.3535
6	5	5	5.0	0	3	4	3.5	0.7071	2.8333	1.0606
9	4	4	4.0	0	4	5	4.5	0.7071	2.8333	0.3535
12	6	1	3.5	3.5355	0	4	2.0	2.8284	1.8333	1.0606
15	4	2	3.0	1.4142	5	6	5.5	0.7071	2.8333	1.7677
18	5	5	5.0	0	1	5	3.0	2.8284	2.6666	1.4142
21	3	2	2.5	0.7071	3	2	2.5	0.7071	1.6666	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 ข้อมูลแสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรสำหรับ *Scenedesmus armatus* ภายในถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบ air-lift ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				เฉลี่ย	SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD		
0	0.124	0.089	0.1065	0.0247	0.145	0.204	0.1745	0.0417	0.1405	0.0480
3	0.187	0.162	0.1745	0.0176	0.151	0.193	0.172	0.0296	0.1732	0.0017
6	0.194	0.229	0.2115	0.0247	0.158	0.182	0.170	0.0169	0.1907	0.0293
9	0.215	0.222	0.2185	0.0049	0.154	0.204	0.179	0.0353	0.1987	0.0279
12	0.342	0.316	0.3290	0.0183	0.222	0.253	0.2375	0.0219	0.2832	0.0647
15	0.275	0.322	0.2985	0.0332	0.214	0.245	0.2295	0.0219	0.2640	0.0487
18	0.264	0.339	0.3015	0.0530	0.201	0.288	0.2445	0.0615	0.2730	0.0403
21	0.305	0.288	0.2965	0.0120	0.311	0.278	0.2945	0.0233	0.2955	0.0014

ตารางที่ ง.4 ข้อมูลแสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรสำหรับ *Scenedesmus armatus* ภายในถังขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบธรรมดาที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				เฉลี่ย	SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD		
0	0.114	0.132	0.1230	0.0127	0.124	0.132	0.128	0.0056	0.0836	0.0035355
3	0.156	0.167	0.1615	0.0077	0.154	0.121	0.1375	0.0233	0.0996	0.0169706
6	0.231	0.201	0.2160	0.0212	0.204	0.238	0.221	0.0240	0.1456	0.0035355
9	0.196	0.234	0.2150	0.0268	0.274	0.245	0.2595	0.0205	0.1581	0.0314663
12	0.284	0.245	0.2645	0.0275	0.216	0.294	0.255	0.0551	0.1731	0.0067175
15	0.311	0.244	0.2775	0.0473	0.255	0.312	0.2835	0.0403	0.1870	0.0042426
18	0.278	0.294	0.2860	0.0113	0.341	0.288	0.3145	0.0374	0.2001	0.0201525
21	0.304	0.271	0.2875	0.0233	0.244	0.302	0.273	0.0410	0.1868	0.010253

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.5 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ภายในถัง ขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบ air-lift ที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				เฉลี่ย	SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD		
0	0.0013	0.0011	0.0012	0.0001	0.0014	0.0011	0.0012	0.00021	0.0012	0.0001
3	0.0015	0.0018	0.0016	0.0002	0.0017	0.0012	0.0014	0.00035	0.0015	0.0001
6	0.0013	0.0011	0.0012	0.0001	0.0016	0.0021	0.0018	0.00035	0.0015	0.0004
9	0.0014	0.0015	0.0014	0.0001	0.0021	0.0019	0.0020	0.00014	0.0017	0.0003
12	0.0014	0.0017	0.0015	0.0002	0.0022	0.0017	0.0019	0.00035	0.0017	0.0002
15	0.0018	0.0024	0.0021	0.0004	0.0018	0.002	0.0019	0.00014	0.0020	0.0001
18	0.0021	0.0025	0.0023	0.0002	0.0019	0.0019	0.0019	0	0.0021	0.0002
21	0.0017	0.0021	0.0019	0.0002	0.0024	0.0018	0.0021	0.00042	0.0020	0.0001

ตารางที่ ง.6 ข้อมูลแสดงค่าน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ภายในถัง ขนาด 6,000 มิลลิลิตร แบบธรรมดาที่ปรับสภาวะ BG-11 ที่ความเข้มข้น NaNO_3 0.75 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.04 กรัมต่อลิตร

วันที่	ขวดที่ 1				ขวดที่ 2				เฉลี่ย	SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD		
0	0.0024	0.0013	0.0018	0.0007	0.0009	0.0011	0.0010	0.0001414	0.0009	0.0006
3	0.0017	0.0021	0.0019	0.0002	0.0017	0.0015	0.0016	0.0001414	0.0011	0.0002
6	0.0011	0.0017	0.0014	0.0004	0.0011	0.0017	0.0014	0.0004243	0.0009	0
9	0.0018	0.0016	0.0017	0.0001	0.0016	0.0011	0.0013	0.0003536	0.0010	0.0002
12	0.0019	0.0013	0.0016	0.0004	0.0022	0.0017	0.0019	0.0003536	0.0011	0.0002
15	0.0017	0.0021	0.0019	0.0002	0.0014	0.0016	0.0015	0.0001414	0.0011	0.0002
18	0.0021	0.0017	0.0019	0.0002	0.0017	0.0021	0.0019	0.0002828	0.0012	0
21	0.0022	0.0018	0.0020	0.0002	0.0020	0.0022	0.0021	0.0001414	0.0013	0.0001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus armatus* ในอาหาร BG-11 ที่เติมโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.04 กรัมต่อลิตร และโซเดียมไนเตรต 0.75 กรัมต่อลิตร ได้ผลดังตารางที่ ง.1-ง.6 จะเห็นว่าสาหร่ายมีการเจริญได้น้อย เมื่อเทียบกับการเจริญเติบโตแบบระบบขนาดเล็ก หรือการขยายขนาด (ในบทที่ 4) เนื่องจากเป็นระบบเปิดที่มีการเปิดฝาลังทำให้อาจเกิดการปนเปื้อนกับเชื้ออื่นๆ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการเติมอากาศด้วยปั๊ม และสาหร่ายมีการเปลี่ยนของสีจากเขียว เป็นสีเหลืองในวันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง ดังนั้นการเพาะเลี้ยงในระบบเปิด แบบ air-lift และแบบธรรมดาไม่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus armatus*


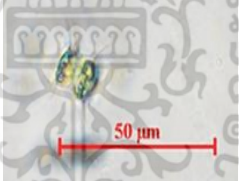
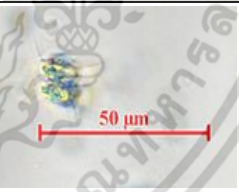
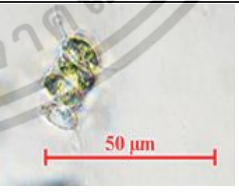
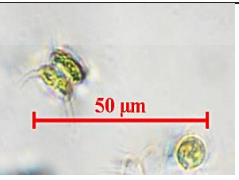
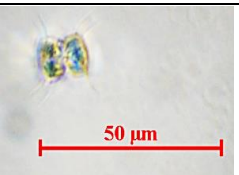


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

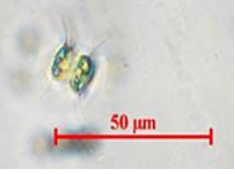
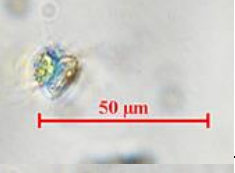

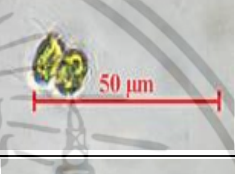
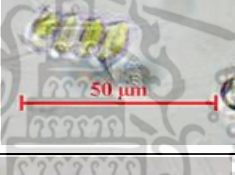
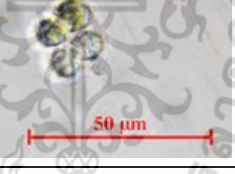


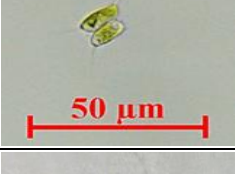

ภาคผนวก จ

ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์

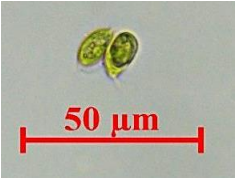
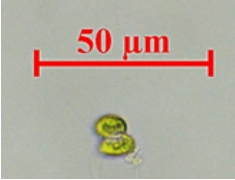
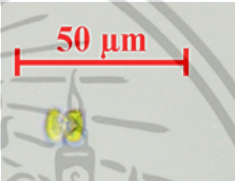

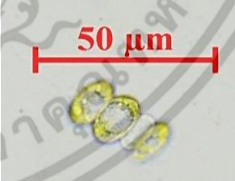


ตารางที่ จ.1 ภาพถ่ายขนาดเซลล์สำหรับย่าย *Scenedesmus armatus* ที่ปรับสภาวะโซเดียมไนเตรท และโพแทสเซียมฟอสเฟต

วันที่	การปรับ สภาวะ	ระดับความ เข้มข้น (กรัมต่อลิตร)	กล้องจุลทรรศน์ แบบใช้แสง กำลังขยาย 40 เท่า
30/12/2560	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.00 0.04	ไม่พบเซลล์สาหร่าย
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.75 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	2.25 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	3.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.00	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.02	

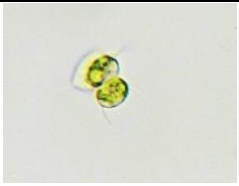
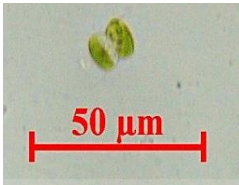
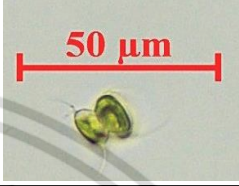


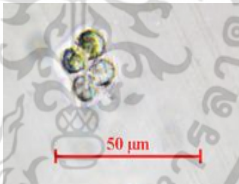


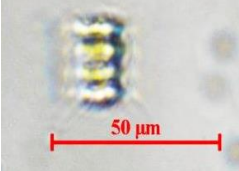
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.06	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.08	
2/01/2560	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.75 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	2.25 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	3.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.02	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	

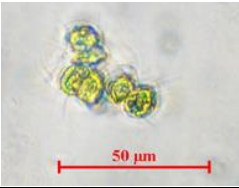
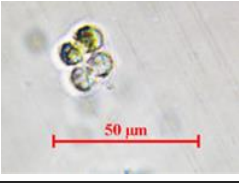
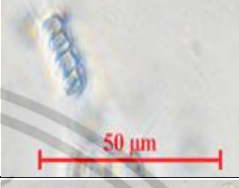
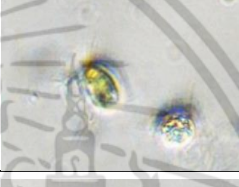
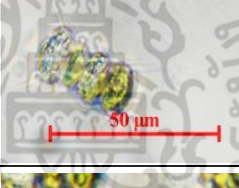

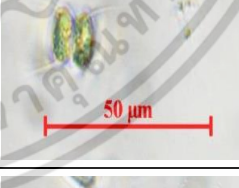
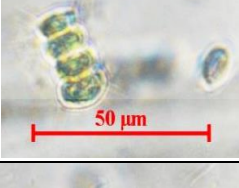
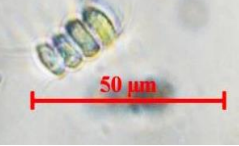
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.06	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.08	
5/01/60	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.00 0.04	ไม่พบเซลล์สาหร่าย
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.75 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	2.25 0.04	ไม่พบเซลล์สาหร่าย
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	3.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.00	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.02	

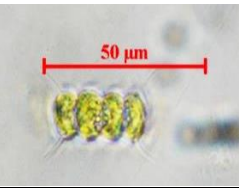
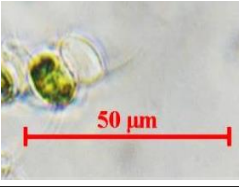
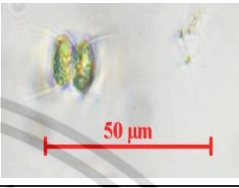
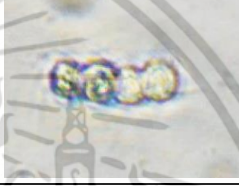
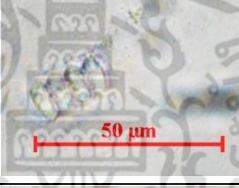
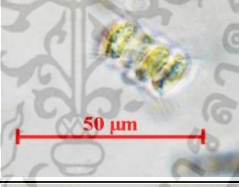



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.06	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.08	
8/01/2560	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.75 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	2.25 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	3.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.00	

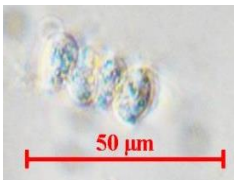
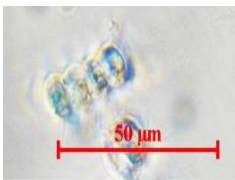
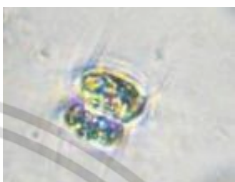
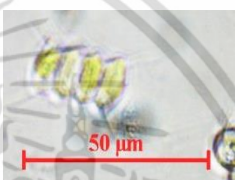

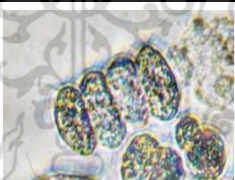
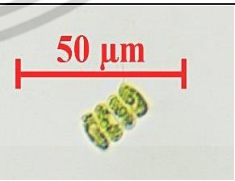

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.02	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.06	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.08	
11/01/2560	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.75 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	2.25 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	3.00 0.04	


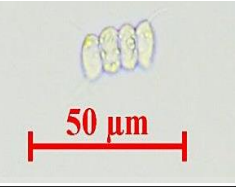
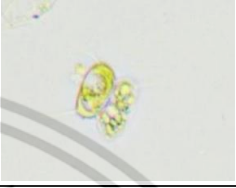
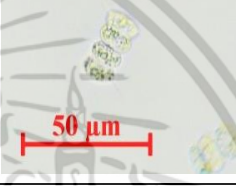

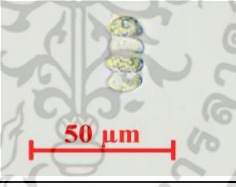
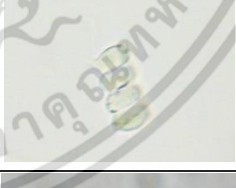
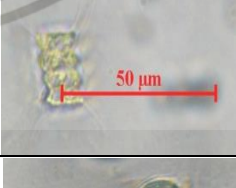
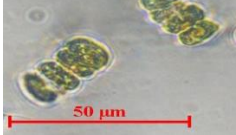
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.00	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.02	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.06	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.08	
14/01/2560	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.75 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	2.25 0.04	


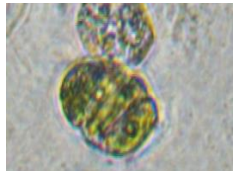
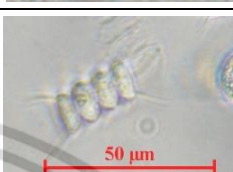
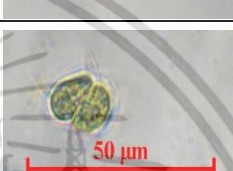

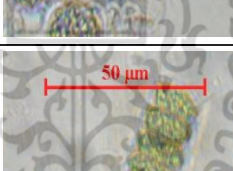

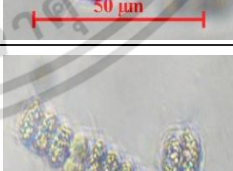

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	3.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.00	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.02	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.06	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.08	
17/01/2560	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.00 0.04	ไม่พบเซลล์สำหรับ
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.75 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	

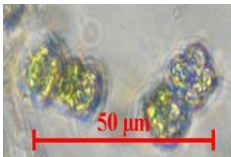


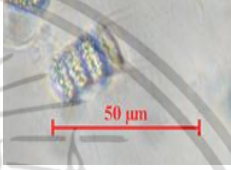




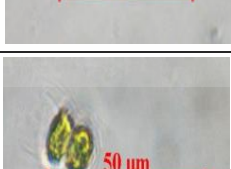
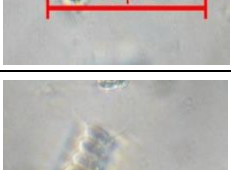
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	2.25 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	3.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.00	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.02	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.06	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.08	
20/01/2560	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.75 0.04	

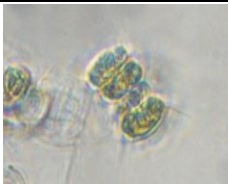
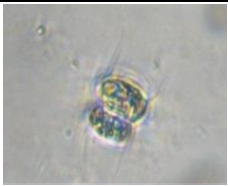
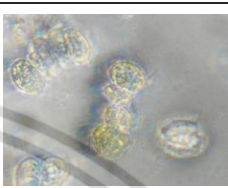
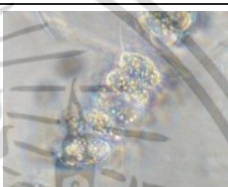


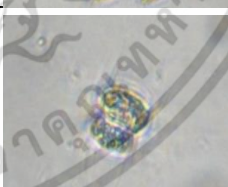
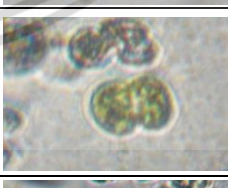
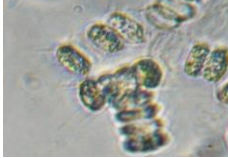
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	2.25 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	3.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.00	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.02	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.06	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.08	
23/01/2560	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.00 0.04	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.75 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	2.25 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	3.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.00	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.02	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.06	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.08	
26/01/2560	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.00 0.04	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

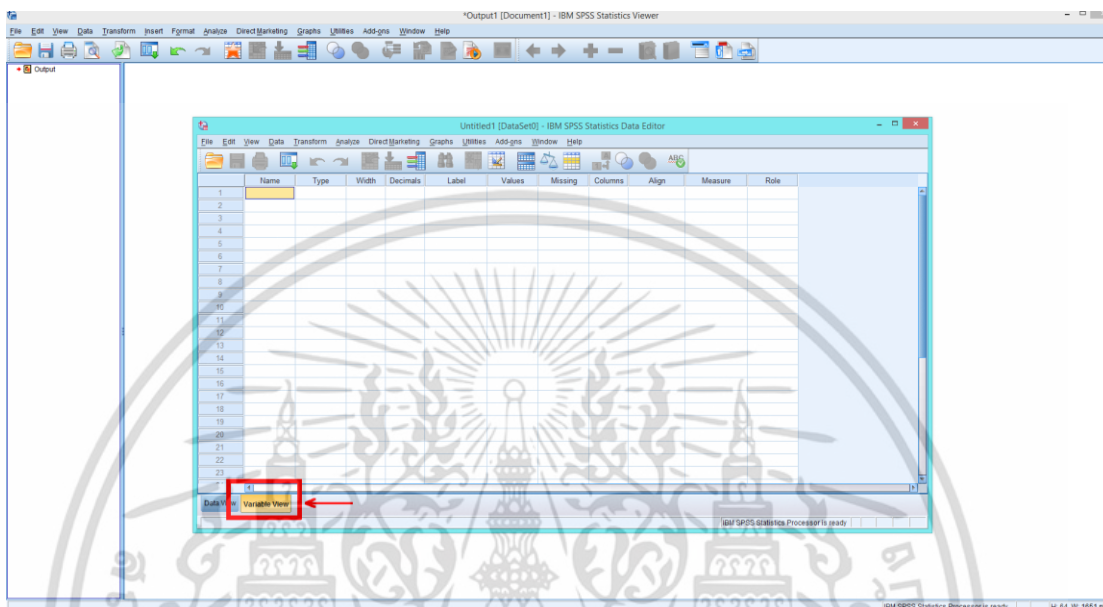
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	0.75 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	2.25 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	3.00 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.00	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.02	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.04	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.06	
	NaNO ₃ K ₂ HPO ₄	1.50 0.08	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

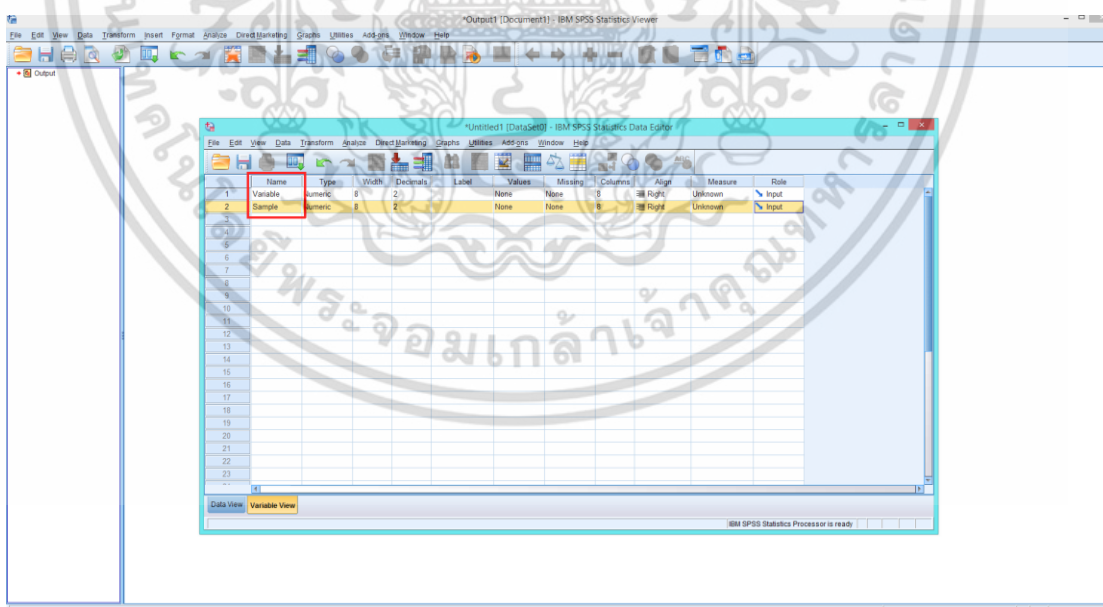
ภาคผนวก ฉ

วิธีวิเคราะห์ทางสถิติ

1. เปิดโปรแกรม IBM SPSS Statistics 19 จากนั้นเลือกหัวข้อ Variable View

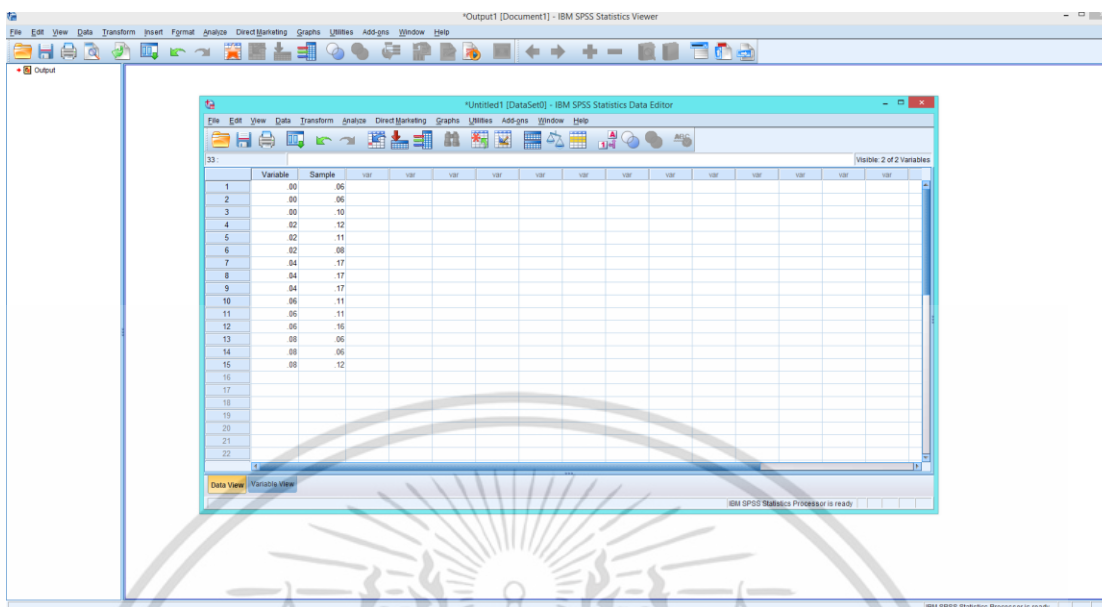


2. พิมพ์หัวข้อลงในช่อง Name และกด Enter

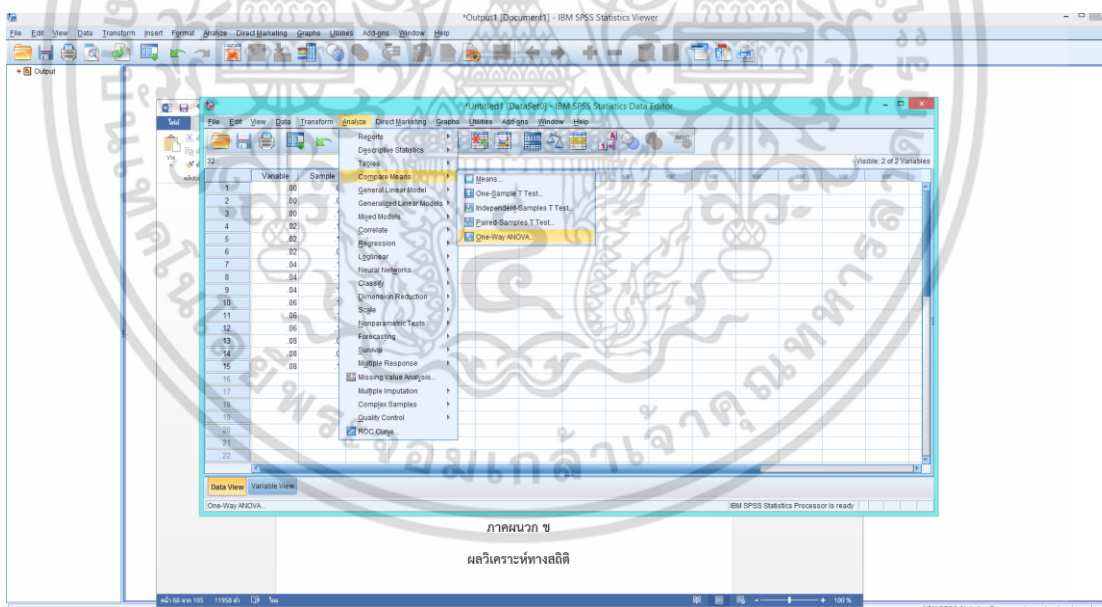


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรอกข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ลงในตาราง

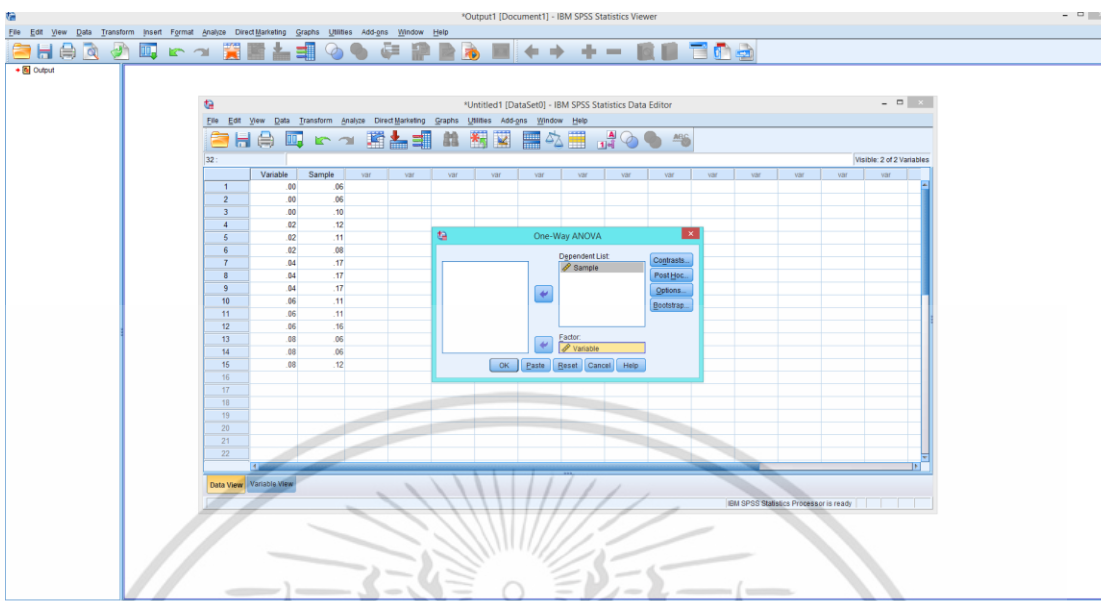


4. เลือกหัวข้อ Analyze จากนั้นเลือก Compare Means และเลือก One-Way ANOVA

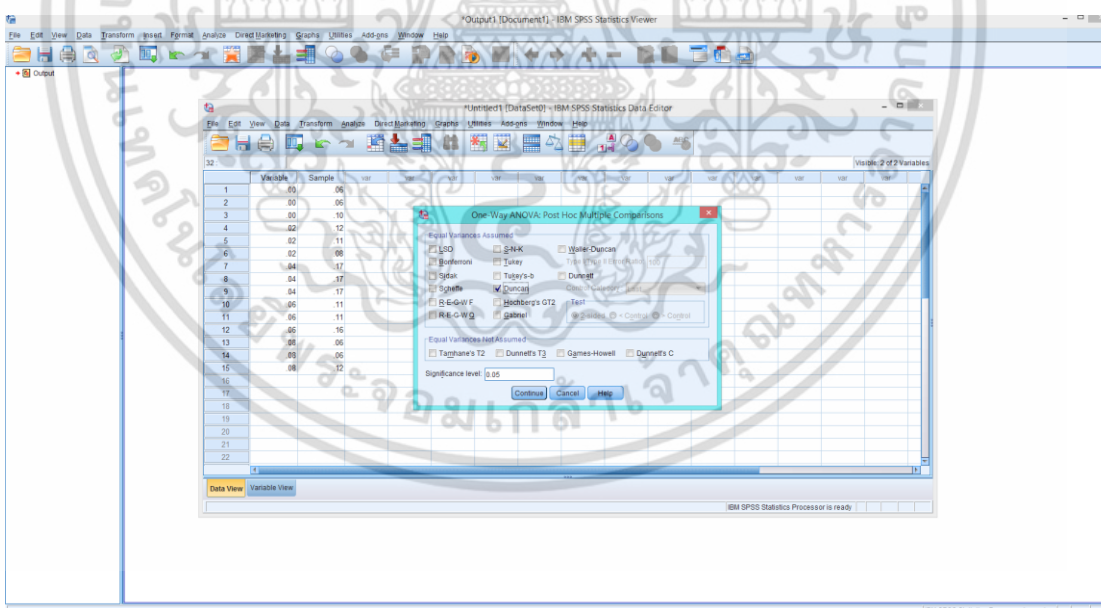


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กดเลือกข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ไว้ห้วข้อด้านบน และกดตัวแปรไว้ในห้วข้อด้านล่าง

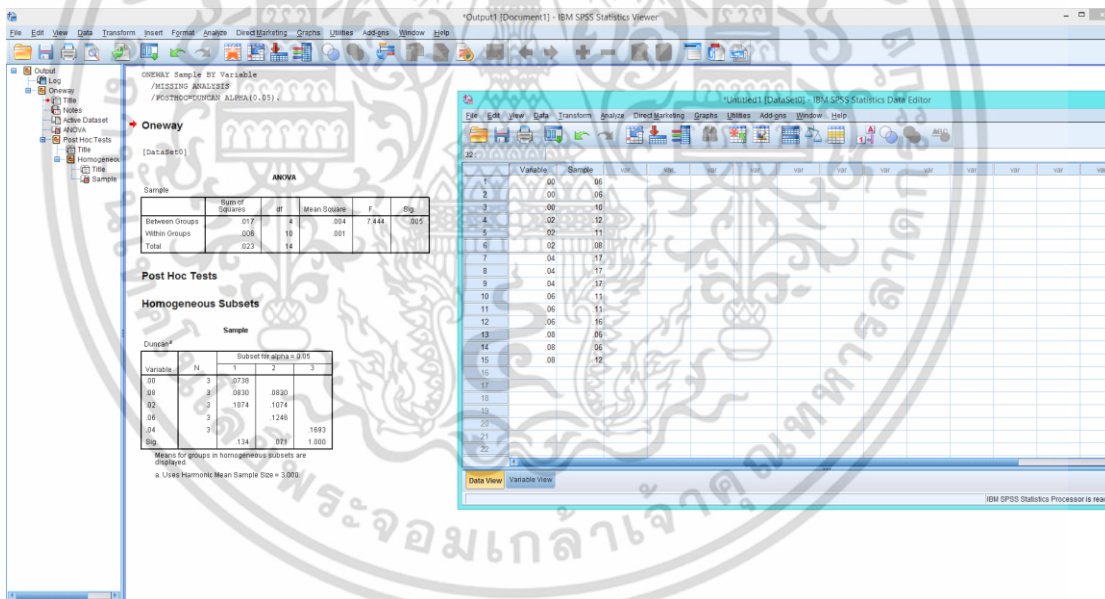
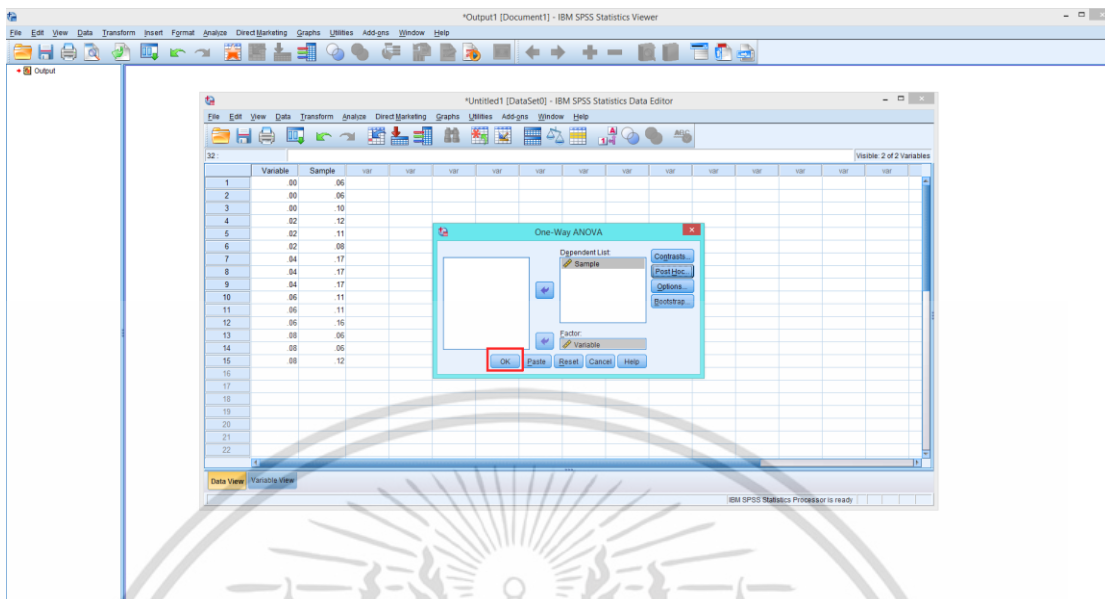


6. กด Post Hoc จากนั้นกดเครื่องหมายถูกที่วิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan ใส่ระดับความเชื่อมั่นในการวิเคราะห์ในช่องด้านล่าง และกด Continue



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กด OK เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข ผลวิเคราะห์ทางสถิติ

Oneway

[DataSet0]

ANOVA

Sample	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26.337	4	6.584	14.207	.000
Within Groups	4.635	10	.463		
Total	30.972	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Concentrate	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
.00	3	2.7733	
.02	3		5.7600
.08	3		5.8933
.06	3		6.0933
.04	3		6.4133
Sig.		1.000	.298

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

รูปที่ ข.1 การวิเคราะห์ทางสถิติของจำนวนเซลล์ในวันที่ 30 ที่แปรค่าโพแทสเซียมฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oneway

[DataSet0]

ANOVA

Sample

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	118.615	4	29.654	192.657	.000
Within Groups	1.539	10	.154		
Total	120.154	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Sample

Duncan^a

Concentrate	N	Subset for alpha = 0,05		
		1	2	3
.00	3	.2933		
2.25	3		3.1733	
3.00	3		3.3600	
.75	3			7.4400
1.50	3			7.6933
Sig.		1.000	.573	.447

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

รูปที่ ข.2 การวิเคราะห์ทางสถิติของจำนวนเซลล์ในวันที่ 30 ที่แปรค่าโซเดียมไนเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oneway

[DataSet0]

ANOVA

Sample

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.066	4	2.016	380.095	.000
Within Groups	.053	10	.005		
Total	8.119	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Sample

Duncan^a

Concentrate	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
.00	3	.9548			
.08	3		2.3320		
.02	3			2.4807	
.06	3				2.8913
.04	3				3.0080
Sig.		1.000	1.000	1.000	.078

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

รูปที่ ข.3 การวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรในวันที่ 30 ที่แปรค่าโพแทสเซียมฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oneway

[DataSet0]

ANOVA

Sample

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18.518	4	4.629	309.303	.000
Within Groups	.150	10	.015		
Total	18.667	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Sample

Duncan^a

Concentrate	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
.00	3	.1043			
3.00	3		2.0487		
2.25	3			2.7454	
1.50	3				3.0080
.75	3				3.0987
Sig.		1.000	1.000	1.000	.385

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

รูปที่ ข.4 การวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรในวันที่ 30 ที่แปรค่า โขเดียมไนเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oneway

[DataSet0]

ANOVA

Sample

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	4	.000	8.403	.003
Within Groups	.000	10	.000		
Total	.000	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Sample

Duncan^a

Concentrate	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
.02	3	.0277		
.00	3	.0290	.0290	
.06	3		.0350	.0350
.08	3		.0350	.0350
.04	3			.0410
Sig.		.621	.053	.053

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

รูปที่ ข.5 การวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดน้ำหนักเซลล์แห้งในวันที่ 30 ที่แปรค่าโพแทสเซียม ฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oneway

[DataSet0]

ANOVA

Sample

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.003	4	.001	42.904	.000
Within Groups	.000	10	.000		
Total	.004	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Sample

Duncan^a

Concentrate	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
.00	3	.0037			
2.25	3		.0323		
3.00	3		.0363	.0363	
1.50	3			.0410	.0410
.75	3				.0477
Sig.		1.000	.300	.231	.098

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

รูปที่ ข.6 การวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดน้ำหนักเซลล์แห้งในวันที่ 30 ที่แปรค่าโซเดียมไนเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oneway

[DataSet0]

ANOVA

Sample

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.017	4	.004	7.444	.005
Within Groups	.006	10	.001		
Total	.023	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Sample

Duncan^a

Concentrate	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
.00	3	.0738		
.08	3	.0830	.0830	
.02	3	.1074	.1074	
.06	3		.1246	
.04	3			.1693
Sig.		.134	.071	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

รูปที่ ข.7 การวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่แปรค่าโพแทสเซียมฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oneway

[DataSet0]

ANOVA

Sample

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.029	4	.007	11.498	.001
Within Groups	.006	10	.001		
Total	.036	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Sample

Duncan^a

Concentrate	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
.00	3	.0478		
2.25	3		.1153	
3.00	3		.1356	.1356
.75	3			.1654
1.50	3			.1693
Sig.		1.000	.347	.150

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

รูปที่ ข.8 การวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่แปรค่าโซเดียมไนเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

ผลวิเคราะห์จากแก๊สโครมาโตกราฟี

ตาราง ซ.1 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 2 เท่า

<Peak Table>

DFID1	Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
	1	0.317	1053	426	0.000			
	2	1.548	1140	332	0.000			
	3	1.650	1554	415	0.000		V	
	4	1.774	1185	284	0.000		V	
	5	1.919	94170941	38703938	0.000		SV	
	6	3.893	1129	276	0.000		T	
	7	4.042	2798	988	0.000		T	
	8	4.079	5366	1408	0.000		TV	
	9	4.658	1064	330	0.000		T	
	10	4.827	1083	453	0.000		TV	
	11	4.875	2185	535	0.000		TV	
	12	5.030	1511	429	0.000		TV	
	13	5.770	74307	5918	0.000		T	
	14	6.025	7675	1462	0.000		TV	
	15	6.123	4801	1104	0.000		TV	
	16	6.215	6160	997	0.000		TV	
	17	6.315	1584	847	0.000		TV	
	18	6.533	68570	6206	0.000		TV	
	19	6.744	3420	1081	0.000		TV	
	20	6.805	3274	930	0.000		TV	
	21	6.870	1632	698	0.000		TV	
	22	6.912	2423	622	0.000		TV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
23	6.992	2183	615	0.000		TV	
24	7.069	1780	439	0.000		TV	
25	7.179	2673	433	0.000		TV	
26	7.322	1563	441	0.000		TV	
27	7.396	1331	539	0.000		TV	
28	7.452	1243	424	0.000		TV	
29	7.541	2732	529	0.000		TV	
30	7.639	1864	369	0.000		TV	
31	7.734	1506	574	0.000		TV	
32	7.785	1476	514	0.000		TV	
33	7.828	1636	541	0.000		TV	
34	7.895	2022	483	0.000		TV	
35	8.062	2354	601	0.000		TV	
36	8.118	1171	516	0.000		TV	
37	8.204	4017	878	0.000		TV	
38	8.291	3103	773	0.000		TV	
39	8.354	3514	807	0.000		TV	
40	8.427	1539	676	0.000		TV	
41	8.505	3312	701	0.000		TV	
42	8.573	2715	884	0.000		TV	
43	8.657	5133	944	0.000		TV	
44	8.737	4136	1028	0.000		TV	
45	8.809	6178	1050	0.000		TV	
46	8.938	3939	841	0.000		TV	
47	8.992	3400	831	0.000		TV	
48	9.068	1859	763	0.000		TV	
49	9.133	4308	908	0.000		TV	
50	9.193	1865	736	0.000		TV	
51	9.246	2128	833	0.000		TV	
52	9.299	2083	802	0.000		TV	
53	9.343	2208	770	0.000		TV	
54	9.397	2134	763	0.000		TV	
55	9.473	4000	726	0.000		TV	
56	9.556	2288	494	0.000		TV	
57	9.668	1607	462	0.000		TV	
58	9.726	1039	346	0.000		TV	
59	9.857	1239	320	0.000		TV	
60	10.361	2687	578	0.000		TV	
61	10.417	2306	791	0.000		TV	
62	10.455	2901	699	0.000		TV	
63	10.579	2787	615	0.000		TV	
64	10.667	2149	580	0.000		TV	
65	10.732	1973	590	0.000		TV	
66	10.787	1603	480	0.000		TV	
67	10.900	1179	491	0.000		TV	
68	10.957	1325	436	0.000		TV	
69	11.049	2000	484	0.000		TV	
70	11.129	1503	360	0.000		TV	
71	11.335	1652	332	0.000		TV	
72	11.790	141062	7347	0.000		TV	
73	12.167	7368	2363	0.000		TV	
74	12.239	8791	1991	0.000		TV	
75	12.299	12793	1710	0.000		TV	
76	12.465	2996	904	0.000		TV	
77	12.531	1977	751	0.000		TV	
78	12.572	2509	725	0.000		TV	
79	12.647	1968	457	0.000		TV	
80	12.832	1202	363	0.000		TV	
81	12.932	1609	355	0.000		TV	
82	13.057	2120	476	0.000		TV	
83	13.113	1248	399	0.000		TV	
84	13.167	1341	491	0.000		TV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
85	13.559	4649	671	0.000		T	
86	13.653	3153	737	0.000		TV	
87	13.697	1517	635	0.000		TV	
88	13.755	2592	748	0.000		TV	
89	13.809	1622	629	0.000		TV	
90	13.867	1951	680	0.000		TV	
91	13.917	1905	656	0.000		TV	
92	13.959	2128	754	0.000		TV	
93	14.029	1618	531	0.000		TV	
94	14.094	2087	656	0.000		TV	
95	14.135	1445	608	0.000		TV	
96	14.206	3138	680	0.000		TV	
97	14.264	3002	850	0.000		TV	
98	14.318	1666	723	0.000		TV	
99	14.389	2626	767	0.000		TV	
100	14.472	4067	710	0.000		TV	
101	14.553	2263	647	0.000		TV	
102	14.623	1945	697	0.000		TV	
103	14.698	2988	722	0.000		TV	
104	14.764	3865	856	0.000		TV	
105	14.849	2122	770	0.000		TV	
106	14.892	1907	752	0.000		TV	
107	14.950	2249	692	0.000		TV	
108	15.003	1804	793	0.000		TV	
109	15.102	8187	944	0.000		TV	
110	15.260	5547	877	0.000		TV	
111	15.349	2322	852	0.000		TV	
112	15.380	2099	888	0.000		TV	
113	15.426	3507	900	0.000		TV	
114	15.514	2105	732	0.000		TV	
115	15.555	1850	783	0.000		TV	
116	15.593	3320	870	0.000		TV	
117	15.695	3941	926	0.000		TV	
118	15.761	3921	1061	0.000		TV	
119	15.814	2432	858	0.000		TV	
120	15.905	5756	943	0.000		TV	
121	16.020	5242	1122	0.000		TV	
122	16.085	3917	1051	0.000		TV	
123	16.165	3325	1090	0.000		TV	
124	16.225	3672	1179	0.000		TV	
125	16.293	7307	1490	0.000		TV	
126	16.355	3401	1345	0.000		TV	
127	16.398	3686	1189	0.000		TV	
128	16.455	2872	1042	0.000		TV	
129	16.499	4049	1084	0.000		TV	
130	16.600	6343	1148	0.000		TV	
131	16.679	2614	962	0.000		TV	
132	16.758	3897	911	0.000		TV	
133	16.818	2384	920	0.000		TV	
134	16.873	3356	945	0.000		TV	
135	16.946	5926	999	0.000		TV	
136	17.069	2400	691	0.000		TV	
137	17.118	1871	622	0.000		TV	
138	17.196	3944	913	0.000		TV	
139	17.294	5525	885	0.000		TV	
140	17.383	2415	840	0.000		TV	
141	17.449	3179	886	0.000		TV	
142	17.497	2791	899	0.000		TV	
143	17.590	4269	952	0.000		TV	
144	17.658	5168	965	0.000		TV	
145	17.768	3209	865	0.000		TV	
146	17.843	3904	858	0.000		TV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

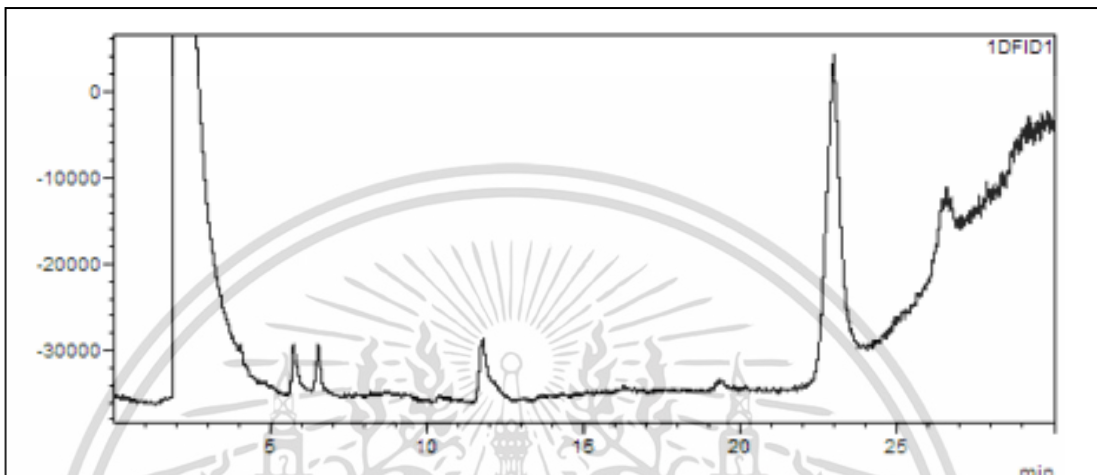
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
147	17.940	4729	831	0.000		TV	
148	18.013	1586	681	0.000		TV	
149	18.127	4934	827	0.000		TV	
150	18.167	2002	875	0.000		TV	
151	18.211	2275	809	0.000		TV	
152	18.263	1773	768	0.000		TV	
153	18.299	1404	668	0.000		TV	
154	18.359	2339	717	0.000		TV	
155	18.405	3040	836	0.000		TV	
156	18.495	1793	567	0.000		TV	
157	18.556	2875	721	0.000		TV	
158	18.612	1352	580	0.000		TV	
159	18.659	2936	652	0.000		TV	
160	18.743	1859	745	0.000		TV	
161	18.802	2338	612	0.000		TV	
162	18.901	2908	573	0.000		TV	
163	18.968	2433	697	0.000		TV	
164	19.031	1611	574	0.000		TV	
165	19.091	3041	929	0.000		TV	
166	19.146	2581	848	0.000		TV	
167	19.210	4254	1350	0.000		TV	
168	19.325	12593	1882	0.000		TV	
169	19.414	13948	1631	0.000		TV	
170	19.587	5047	1054	0.000		TV	
171	19.652	1881	849	0.000		TV	
172	19.702	2419	867	0.000		TV	
173	19.750	1519	803	0.000		TV	
174	19.799	3635	1013	0.000		TV	
175	19.898	4861	831	0.000		TV	
176	20.009	4772	827	0.000		TV	
177	20.105	1773	737	0.000		TV	
178	20.173	3768	882	0.000		TV	
179	20.221	3331	723	0.000		TV	
180	20.360	2431	583	0.000		TV	
181	20.419	1946	539	0.000		TV	
182	20.481	1436	558	0.000		TV	
183	20.534	1298	607	0.000		TV	
184	20.617	3854	607	0.000		TV	
185	20.800	3795	577	0.000		TV	
186	20.926	1064	302	0.000		TV	
187	21.046	2354	593	0.000		TV	
188	21.150	2054	499	0.000		TV	
189	21.313	2057	522	0.000		TV	
190	21.541	1117	320	0.000		TV	
191	21.740	2615	662	0.000		TV	
192	21.862	1862	533	0.000		T	
193	21.972	1043	445	0.000		T	
194	22.279	1836	504	0.000		T	
195	22.977	1116936	36518	0.000		TV	
196	23.694	7425	1828	0.000		TV	
197	23.780	5462	1392	0.000		TV	
198	23.852	2661	1039	0.000		TV	
199	23.909	5874	1153	0.000		TV	
200	23.992	1521	721	0.000		TV	
201	24.079	2353	763	0.000		TV	
202	24.125	2621	720	0.000		TV	
203	24.227	1732	878	0.000		T	
204	24.280	2236	812	0.000		TV	
205	24.388	2175	469	0.000		TV	
206	24.517	1698	664	0.000		TV	
207	24.557	1574	804	0.000		TV	
208	24.591	1334	740	0.000		TV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
209	24.676	1943	723	0.000		T	
210	24.747	2301	698	0.000		TV	
211	24.831	1722	637	0.000		TV	
212	24.903	5076	1433	0.000		TV	
213	24.988	2862	1167	0.000		TV	
214	25.045	4177	1042	0.000		TV	
215	25.146	3347	1206	0.000		TV	
216	25.194	3175	1051	0.000		TV	
217	25.273	1837	954	0.000		T	
218	25.308	1745	794	0.000		TV	
219	25.461	2447	646	0.000		TV	
220	25.535	1808	537	0.000		TV	
221	25.632	2319	1117	0.000		TV	
222	25.688	2535	890	0.000		TV	
223	25.844	5587	979	0.000		TV	
224	25.960	3414	801	0.000		TV	
225	26.110	13466	2729	0.000		TV	
226	26.212	17806	3585	0.000		TV	
227	26.345	39065	6870	0.000		TV	
228	26.429	41643	8403	0.000		TV	
229	26.484	21239	7824	0.000		TV	
230	26.521	16662	7558	0.000		TV	
231	26.572	56844	9095	0.000		TV	
232	26.700	42322	7298	0.000		TV	
233	26.802	12000	4834	0.000		TV	
234	26.874	23687	4113	0.000		TV	
235	26.965	4436	2726	0.000		TV	
236	27.011	12532	3773	0.000		TV	
237	27.093	12416	3355	0.000		TV	
238	27.153	7871	2698	0.000		TV	
239	27.209	14079	2839	0.000		TV	
240	27.312	9772	2866	0.000		TV	
241	27.400	8811	2730	0.000		TV	
242	27.446	6777	2879	0.000		TV	
243	27.494	4471	2303	0.000		TV	
244	27.540	7546	2409	0.000		TV	
245	27.596	7936	3324	0.000		TV	
246	27.647	3549	1836	0.000		TV	
247	27.710	7902	2624	0.000		TV	
248	27.773	3631	1401	0.000		TV	
249	27.838	11132	3789	0.000		TV	
250	27.900	6884	2763	0.000		TV	
251	27.947	6780	2511	0.000		TV	
252	28.018	10583	2858	0.000		TV	
253	28.103	3729	1759	0.000		TV	
254	28.147	7683	2169	0.000		TV	
255	28.215	3530	1499	0.000		TV	
256	28.320	12943	2751	0.000		TV	
257	28.403	6657	1986	0.000		TV	
258	28.516	8411	2178	0.000		TV	
259	28.634	17355	3756	0.000		TV	
260	28.679	8553	3468	0.000		TV	
261	28.744	11451	4172	0.000		TV	
262	28.800	14079	4535	0.000		TV	
263	28.845	10936	4063	0.000		TV	
264	28.915	22418	4404	0.000		TV	
265	29.003	18136	4601	0.000		TV	
266	29.078	18341	4687	0.000		TV	
267	29.186	25059	5209	0.000		TV	
268	29.295	14505	4046	0.000		TV	
269	29.356	6998	2580	0.000		TV	
270	29.410	7781	3340	0.000		TV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
271	29.451	8828	3478	0.000		TV	
272	29.508	10923	3063	0.000		TV	
273	29.596	20234	3723	0.000		TV	
274	29.718	3669	1951	0.000		TV	
275	29.793	13570	3065	0.000		TV	
276	29.903	6473	1761	0.000		TV	
Tota		96933521	39121073				



รูปที่ ซ.1 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 2 เท่า

ตาราง ซ.2 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 4 เท่า

<Peak Table>

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	0.076	10397	3547	0.000			
2	0.117	17725	5551	0.000		V	
3	0.225	19879	7730	0.000			
4	0.269	23997	8401	0.000		V	
5	0.343	41163	10153	0.000		V	
6	0.427	46359	11788	0.000		V	
7	0.483	30575	12772	0.000		V	
8	0.522	22448	11200	0.000		V	
9	0.577	36234	12839	0.000		V	
10	0.625	43360	13216	0.000		V	
11	0.717	60170	13488	0.000		V	
12	0.773	32666	10795	0.000		V	
13	0.845	45350	14122	0.000		V	
14	0.886	35637	12871	0.000		V	
15	0.949	47133	14562	0.000		V	
16	1.048	112864	15917	0.000		V	
17	1.145	48901	18727	0.000		V	
18	1.185	92211	18350	0.000		V	
19	1.289	70855	18182	0.000		V	
20	1.391	73588	19451	0.000		V	
21	1.416	70853	19488	0.000		V	
22	1.496	62241	20419	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
23	1.553	84912	19823	0.000		V	
24	1.607	50366	18571	0.000		V	
25	1.679	78243	22409	0.000		V	
26	1.735	49332	20968	0.000		V	
27	1.818	114395	23807	0.000		V	
28	1.915	132451909	40913529	0.000		SV	
29	2.407	6195	3908	0.000		T	
30	2.598	11370	4709	0.000		T	
31	2.679	4460	1603	0.000		T	
32	2.815	10814	5242	0.000		TV	
33	2.909	6285	4407	0.000		T	
34	2.950	7573	4897	0.000		TV	
35	3.019	9636	3997	0.000		T	
36	3.083	15627	3572	0.000		TV	
37	3.207	7786	5138	0.000		T	
38	3.264	23863	5364	0.000		T	
39	3.386	3442	3106	0.000		TV	
40	3.421	5092	3709	0.000		TV	
41	3.503	22027	9535	0.000		T	
42	3.561	3692	1598	0.000		T	
43	3.640	29848	9543	0.000		TV	
44	3.737	11513	3707	0.000		TV	
45	3.791	14963	5361	0.000		TV	
46	3.863	5211	3791	0.000		TV	
47	3.929	15327	5969	0.000		TV	
48	4.020	31110	9054	0.000		TV	
49	4.091	16660	6988	0.000		T	
50	4.166	8744	5234	0.000		TV	
51	4.208	21701	8027	0.000		TV	
52	4.298	50976	9296	0.000		TV	
53	4.426	16864	8248	0.000		TV	
54	4.505	47567	11624	0.000		TV	
55	4.569	31715	10620	0.000		TV	
56	4.640	50570	11892	0.000		TV	
57	4.706	11134	6601	0.000		TV	
58	4.759	29681	10672	0.000		TV	
59	4.820	26975	10205	0.000		TV	
60	4.879	41375	12121	0.000		TV	
61	4.966	51962	11343	0.000		TV	
62	5.111	109987	17012	0.000		TV	
63	5.173	37687	15879	0.000		TV	
64	5.241	64891	17480	0.000		TV	
65	5.315	56840	17960	0.000		TV	
66	5.369	38469	14694	0.000		TV	
67	5.412	40650	16886	0.000		TV	
68	5.448	48766	17766	0.000		TV	
69	5.493	60053	18902	0.000		TV	
70	5.568	64397	21193	0.000		TV	
71	5.618	95131	22903	0.000		TV	
72	5.720	162667	27901	0.000		TV	
73	5.898	191102	24565	0.000		TV	
74	5.969	57929	22077	0.000		TV	
75	6.003	71012	24506	0.000		TV	
76	6.048	66221	24684	0.000		TV	
77	6.109	76518	26135	0.000		TV	
78	6.151	51325	27079	0.000		TV	
79	6.179	106712	27715	0.000		TV	
80	6.244	45789	27755	0.000		TV	
81	6.279	85158	29109	0.000		TV	
82	6.342	76950	28357	0.000		TV	
83	6.365	84267	28089	0.000		TV	
84	6.433	74538	32489	0.000		TV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
85	6.490	158579	34954	0.000		TV	
86	6.593	254766	40477	0.000		TV	
87	6.666	137361	34646	0.000		TV	
88	6.764	268212	38486	0.000		TV	
89	6.907	192275	40839	0.000		TV	
90	6.993	228705	43990	0.000		TV	
91	7.062	98722	41230	0.000		TV	
92	7.167	425419	46994	0.000		TV	
93	7.292	246380	46712	0.000		TV	
94	7.365	254467	51352	0.000		TV	
95	7.442	117543	47378	0.000		TV	
96	7.509	225586	53229	0.000		TV	
97	7.564	131525	53902	0.000		TV	
98	7.595	131177	52690	0.000		TV	
99	7.670	217989	57678	0.000		TV	
100	7.714	189222	59344	0.000		TV	
101	7.780	258198	61303	0.000		TV	
102	7.883	315296	60648	0.000		TV	
103	7.940	338763	69078	0.000		TV	
104	8.056	390967	71382	0.000		TV	
105	8.132	345933	74115	0.000		TV	
106	8.233	388712	76775	0.000		TV	
107	8.317	411510	80815	0.000		TV	
108	8.377	350209	81067	0.000		TV	
109	8.469	348781	87482	0.000		TV	
110	8.560	770607	94321	0.000		TV	
111	8.712	654492	99874	0.000		TV	
112	8.794	321618	99611	0.000		TV	
113	8.863	442923	101843	0.000		TV	
114	8.969	621795	106309	0.000		TV	
115	9.019	319422	105700	0.000		TV	
116	9.111	879599	112398	0.000		TV	
117	9.232	398802	112042	0.000		TV	
118	9.276	377737	113870	0.000		TV	
119	9.373	931915	122430	0.000		TV	
120	9.486	648877	126053	0.000		TV	
121	9.543	456649	128239	0.000		TV	
122	9.606	452300	128535	0.000		TV	
123	9.667	432933	135193	0.000		TV	
124	9.718	283646	128744	0.000		TV	
125	9.779	628314	137778	0.000		TV	
126	9.834	323412	131220	0.000		TV	
127	9.907	677018	140600	0.000		TV	
128	9.957	1242299	135665	0.000		TV	
129	10.136	407087	92135	0.000		TV	
130	10.215	317518	77377	0.000		TV	
131	10.290	255323	80205	0.000		TV	
132	10.354	297020	78369	0.000		TV	
133	10.465	496628	79949	0.000		TV	
134	10.525	347635	80758	0.000		TV	
135	10.596	289757	85647	0.000		TV	
136	10.666	334131	81793	0.000		TV	
137	10.715	153527	78985	0.000		TV	
138	10.752	175097	78966	0.000		TV	
139	10.802	492271	85577	0.000		TV	
140	10.898	214813	77861	0.000		TV	
141	11.006	639330	83389	0.000		TV	
142	11.077	254982	86040	0.000		TV	
143	11.132	277658	84415	0.000		TV	
144	11.182	508733	85361	0.000		TV	
145	11.281	183713	84013	0.000		TV	
146	11.329	358181	90730	0.000		TV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
147	11.391	436274	85259	0.000		TV	
148	11.483	425337	85309	0.000		TV	
149	11.592	456327	85385	0.000		TV	
150	11.711	632158	86836	0.000		TV	
151	11.802	312728	82648	0.000		TV	
152	11.905	487889	82169	0.000		TV	
153	11.977	364293	78526	0.000		TV	
154	12.026	203892	75632	0.000		TV	
155	12.074	724480	71420	0.000		TV	
156	12.534	2423	1314	0.000			
157	12.672	2956	1317	0.000			
158	12.713	4975	2223	0.000		V	
159	12.816	18432	3653	0.000		V	
160	12.885	7868	3860	0.000		V	
161	12.960	23997	5460	0.000		V	
162	13.060	39451	7350	0.000		V	
163	13.133	29964	8108	0.000		V	
164	13.193	33508	9214	0.000		V	
165	13.259	45869	12093	0.000		V	
166	13.318	41150	13155	0.000		V	
167	13.424	80053	13848	0.000		V	
168	13.499	84592	17238	0.000		V	
169	13.621	128917	18362	0.000		V	
170	13.754	150542	21478	0.000		V	
171	13.821	99302	23445	0.000		V	
172	13.904	126947	24203	0.000		V	
173	13.969	217499	22272	0.000		V	
174	14.329	1136	585	0.000			
175	14.573	1677	1062	0.000			
176	14.684	3060	847	0.000		V	
177	14.768	4224	1293	0.000		V	
178	14.845	8945	2052	0.000		V	
179	14.938	4860	1266	0.000		V	
180	15.006	4590	1612	0.000		V	
181	15.091	10780	2872	0.000		V	
182	15.141	10888	2340	0.000		V	
183	15.230	9997	2993	0.000		V	
184	15.309	9695	3246	0.000		V	
185	15.366	11777	3705	0.000		V	
186	15.485	21841	3384	0.000		V	
187	15.556	23769	4345	0.000		V	
188	15.627	6989	4207	0.000		V	
189	15.663	9492	4377	0.000		V	
190	15.702	9733	4478	0.000		V	
191	15.758	26976	4935	0.000		V	
192	15.856	23381	5407	0.000		V	
193	15.927	20151	5954	0.000		V	
194	15.969	19907	5739	0.000		V	
195	16.038	13620	5714	0.000		V	
196	16.098	25743	6537	0.000		V	
197	16.222	51217	7633	0.000		V	
198	16.287	20325	7577	0.000		V	
199	16.324	23048	7702	0.000		V	
200	16.388	40464	8876	0.000		V	
201	16.518	64506	9549	0.000		V	
202	16.575	22416	9168	0.000		V	
203	16.675	57064	10485	0.000		V	
204	16.760	54853	11227	0.000		V	
205	16.817	35546	11015	0.000		V	
206	16.884	43990	10891	0.000		V	
207	16.961	73098	12314	0.000		V	
208	17.060	43824	11477	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

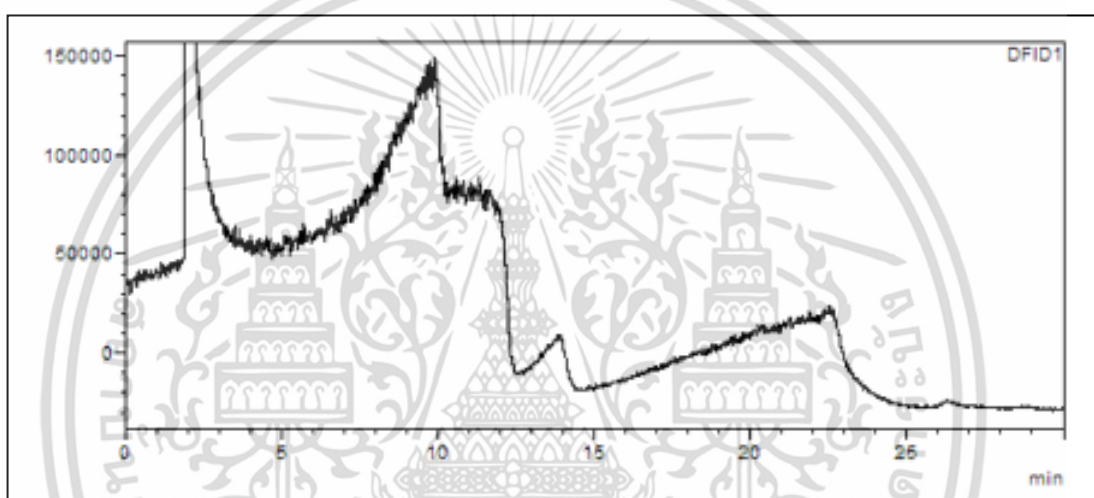
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
209	17.155	98346	13019	0.000		V	
210	17.291	80816	13521	0.000		V	
211	17.352	35528	13048	0.000		V	
212	17.420	67165	15472	0.000		V	
213	17.475	63390	14821	0.000		V	
214	17.566	101444	17400	0.000		V	
215	17.671	61171	16608	0.000		V	
216	17.733	101102	17207	0.000		V	
217	17.836	54408	16825	0.000		V	
218	17.890	51220	17077	0.000		V	
219	17.933	42735	17200	0.000		V	
220	17.961	38136	17157	0.000		V	
221	18.004	33336	17063	0.000		V	
222	18.054	59092	18117	0.000		V	
223	18.099	50747	18845	0.000		V	
224	18.155	61399	18776	0.000		V	
225	18.239	100160	19614	0.000		V	
226	18.294	52229	19012	0.000		V	
227	18.340	49609	20546	0.000		V	
228	18.373	80854	19902	0.000		V	
229	18.481	99848	21123	0.000		V	
230	18.541	87748	20532	0.000		V	
231	18.622	110110	21664	0.000		V	
232	18.690	56104	20427	0.000		V	
233	18.773	104076	23014	0.000		V	
234	18.817	65838	21672	0.000		V	
235	18.893	105041	23435	0.000		V	
236	18.996	155958	22356	0.000		V	
237	19.135	161816	24461	0.000		V	
238	19.225	146012	25320	0.000		V	
239	19.288	45822	23766	0.000		V	
240	19.374	159951	26699	0.000		V	
241	19.470	165575	28366	0.000		V	
242	19.577	113774	25979	0.000		V	
243	19.619	88483	26627	0.000		V	
244	19.685	123428	27134	0.000		V	
245	19.762	147953	29264	0.000		V	
246	19.848	76126	27750	0.000		V	
247	19.942	172652	29484	0.000		V	
248	19.992	70688	28887	0.000		V	
249	20.024	47916	28759	0.000		V	
250	20.108	241174	30916	0.000		V	
251	20.248	179388	33078	0.000		V	
252	20.304	183375	31986	0.000		V	
253	20.400	150765	32831	0.000		V	
254	20.492	190131	32448	0.000		V	
255	20.585	103041	31359	0.000		V	
256	20.662	165078	31910	0.000		V	
257	20.749	255299	33178	0.000		V	
258	20.884	219697	34502	0.000		V	
259	20.990	116280	33170	0.000		V	
260	21.031	185773	34617	0.000		V	
261	21.124	130309	33624	0.000		V	
262	21.265	273752	36767	0.000		V	
263	21.319	138938	33683	0.000		V	
264	21.420	142823	34621	0.000		V	
265	21.518	188147	36874	0.000		V	
266	21.550	150073	37049	0.000		V	
267	21.648	179988	37639	0.000		V	
268	21.706	159119	36351	0.000		V	
269	21.785	140802	37293	0.000		V	
270	21.881	219860	39635	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
271	21.946	89619	36039	0.000		V	
272	21.989	161567	36902	0.000		V	
273	22.091	255539	37686	0.000		V	
274	22.182	122776	38300	0.000		V	
275	22.303	285974	40058	0.000		V	
276	22.364	145712	41164	0.000		V	
277	22.408	167084	40267	0.000		V	
278	22.501	220674	43267	0.000		V	
279	22.572	132003	40211	0.000		V	
280	22.649	722944	40978	0.000		V	
281	23.075	53988	13148	0.000		V	
282	23.152	56949	11644	0.000		V	
283	23.241	34760	8966	0.000		V	
284	23.306	18982	7384	0.000		V	
285	23.361	19237	6661	0.000		V	
286	23.408	25654	6104	0.000		V	
287	23.502	27796	4252	0.000		V	
288	23.660	8382	2414	0.000		V	
289	23.766	2451	737	0.000			
290	23.860	1248	631	0.000			
291	23.941	1197	577	0.000			
292	24.102	2523	958	0.000			
293	24.199	1311	638	0.000			
294	24.391	4866	1643	0.000			
295	24.522	2360	671	0.000		V	
296	24.770	1356	486	0.000			
297	24.890	1339	558	0.000			
298	25.033	3110	782	0.000			
299	25.122	4949	799	0.000			
300	25.300	2400	1026	0.000			
301	25.351	2247	869	0.000		V	
302	25.471	1223	384	0.000		V	
303	25.519	1206	451	0.000		V	
304	25.556	1017	495	0.000		V	
305	25.660	3489	801	0.000		V	
306	25.717	1288	432	0.000		V	
307	25.850	1298	660	0.000			
308	25.960	3581	1052	0.000		V	
309	26.043	10223	1853	0.000		V	
310	26.203	17126	2924	0.000		V	
311	26.286	23930	3617	0.000		V	
312	26.366	9891	3098	0.000		V	
313	26.418	5932	2837	0.000		V	
314	26.463	13501	2777	0.000		V	
315	26.559	6799	2165	0.000		V	
316	26.640	7096	1809	0.000		V	
317	26.714	3605	1269	0.000		V	
318	26.783	5798	1249	0.000		V	
319	26.857	2341	868	0.000		V	
320	26.925	4864	1439	0.000		V	
321	27.012	5179	1339	0.000		V	
322	27.083	2379	1050	0.000		V	
323	27.135	3341	1172	0.000		V	
324	27.227	4393	1115	0.000		V	
325	27.333	2213	693	0.000		V	
326	27.386	4445	826	0.000		V	
327	27.615	1443	595	0.000			
328	27.746	3434	680	0.000			
329	27.879	1348	390	0.000			
330	27.993	1580	602	0.000			
331	28.043	1501	576	0.000		V	
332	28.355	1848	536	0.000			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
333	28.431	4135	1015	0.000		V	
334	28.504	4024	1016	0.000		V	
335	28.606	2857	1049	0.000		V	
336	28.657	5263	1481	0.000		V	
337	28.723	2912	1258	0.000		V	
338	28.776	9070	1666	0.000		V	
339	28.884	5061	1378	0.000		V	
340	28.981	4127	1092	0.000		V	
341	29.036	1432	614	0.000		V	
342	29.082	2152	820	0.000		V	
343	29.136	1898	777	0.000		V	
344	29.279	1329	414	0.000		V	
345	29.362	2228	590	0.000		V	
346	29.458	2087	667	0.000		V	
347	29.574	5511	950	0.000		V	
348	29.711	3079	1112	0.000		V	
349	29.783	1667	521	0.000		V	
Total		175678802	50475567				



รูปที่ ซ.2 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 4 เท่า

ตาราง ซ.3 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 6 เท่า

<Peak Table>

DFID1	Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
	1	0.165	1398	664	0.000			
	2	0.227	1137	350	0.000		V	
	3	0.290	1637	816	0.000		V	
	4	0.323	1718	782	0.000		V	
	5	0.385	2077	856	0.000		V	
	6	0.436	3241	1178	0.000		V	
	7	0.508	1268	626	0.000		V	
	8	0.579	1433	639	0.000			
	9	0.639	1706	630	0.000		V	
	10	0.697	1100	643	0.000			
	11	0.738	1260	661	0.000		V	
	12	0.808	1258	505	0.000			
	13	0.844	1270	616	0.000		V	
	14	1.057	1879	696	0.000		V	
	15	1.223	4515	926	0.000			
	16	1.374	2134	588	0.000			
	17	1.440	3369	808	0.000		V	
	18	1.589	5031	871	0.000		V	
	19	1.696	1044	552	0.000		V	
	20	1.779	2748	753	0.000		V	
	21	1.911	132811994	42775228	0.000		SV	
	22	3.647	2024	449	0.000		T	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
23	3.797	2343	881	0.000		T	
24	3.855	1378	262	0.000		TV	
25	3.962	1146	568	0.000		T	
26	4.002	1594	674	0.000		TV	
27	4.056	1646	481	0.000		TV	
28	4.267	1773	366	0.000		T	
29	4.387	1085	478	0.000		TV	
30	4.453	1445	599	0.000		T	
31	4.550	1068	400	0.000		T	
32	4.838	1179	431	0.000		V	
33	4.903	1005	429	0.000		V	
34	5.013	1591	610	0.000			
35	5.093	1162	549	0.000		V	
36	5.167	2593	885	0.000		V	
37	5.256	1749	623	0.000			
38	5.437	2826	595	0.000			
39	5.754	5393	1131	0.000		V	
40	5.797	3324	1111	0.000		V	
41	5.861	5118	1134	0.000		V	
42	5.965	2047	739	0.000		V	
43	6.018	1476	573	0.000		V	
44	6.142	2115	746	0.000			
45	6.227	2060	534	0.000		V	
46	6.330	1689	601	0.000			
47	6.386	1471	612	0.000		V	
48	6.548	33094	2448	0.000		V	
49	6.756	2718	1183	0.000		V	
50	6.809	4620	1154	0.000		V	
51	6.907	4987	1080	0.000		V	
52	7.046	3877	821	0.000		V	
53	7.109	3366	868	0.000		V	
54	7.227	4292	740	0.000		V	
55	7.302	2524	777	0.000		V	
56	7.362	2336	682	0.000		V	
57	7.411	1653	658	0.000		V	
58	7.517	3347	931	0.000		V	
59	7.583	3875	1109	0.000		V	
60	7.635	3617	1134	0.000		V	
61	7.728	6247	1175	0.000		V	
62	7.831	4448	1216	0.000		V	
63	7.877	5597	1152	0.000		V	
64	7.988	4464	1121	0.000		V	
65	8.154	9637	1249	0.000		V	
66	8.233	2547	1075	0.000		V	
67	8.312	4672	1214	0.000		V	
68	8.363	2367	977	0.000		V	
69	8.415	3332	1030	0.000		V	
70	8.489	5508	1258	0.000		V	
71	8.569	5393	1367	0.000		V	
72	8.653	6947	1031	0.000		V	
73	8.836	5293	1075	0.000		V	
74	8.925	4527	1194	0.000		V	
75	8.971	2004	892	0.000		V	
76	9.033	5064	1091	0.000		V	
77	9.122	1957	741	0.000		V	
78	9.181	1531	473	0.000		V	
79	9.303	1996	562	0.000			
80	9.460	1010	506	0.000			
81	9.508	1948	683	0.000		V	
82	9.563	1963	532	0.000		V	
83	9.694	3485	779	0.000		V	
84	9.746	2697	806	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
85	9.809	1753	640	0.000		V	
86	9.902	2442	835	0.000			
87	10.001	3423	812	0.000		V	
88	10.057	1858	645	0.000		V	
89	10.121	1234	458	0.000		V	
90	10.194	3145	734	0.000		V	
91	10.312	4273	988	0.000		V	
92	10.365	1456	816	0.000		V	
93	10.431	3345	914	0.000		V	
94	10.476	3005	1091	0.000		V	
95	10.546	4842	1175	0.000		V	
96	10.646	5000	1055	0.000		V	
97	10.751	5021	959	0.000		V	
98	10.815	2919	1025	0.000		V	
99	10.881	8180	1567	0.000		V	
100	10.978	7299	1253	0.000		V	
101	11.089	3615	1273	0.000		V	
102	11.142	3436	1336	0.000		V	
103	11.205	5485	1551	0.000		V	
104	11.275	5675	1576	0.000		V	
105	11.335	5977	1784	0.000		V	
106	11.401	3781	1470	0.000		V	
107	11.451	6108	1611	0.000		V	
108	11.514	4085	1593	0.000		V	
109	11.567	6278	2147	0.000		V	
110	11.657	13235	2899	0.000		V	
111	11.731	12454	3484	0.000		V	
112	11.796	16144	3626	0.000		V	
113	11.861	17779	3732	0.000		V	
114	11.946	14957	4003	0.000		V	
115	12.045	25285	5058	0.000		V	
116	12.244	71754	7959	0.000		V	
117	12.352	60101	10087	0.000		V	
118	12.481	92540	12184	0.000		V	
119	12.551	45019	12674	0.000		V	
120	12.686	107818	15513	0.000		V	
121	12.722	34935	15762	0.000		V	
122	12.773	51041	16905	0.000		V	
123	12.918	159776	19764	0.000		V	
124	13.058	176480	22681	0.000		V	
125	13.176	171365	24908	0.000		V	
126	13.219	70064	25649	0.000		V	
127	13.267	69812	25717	0.000		V	
128	13.365	145656	27563	0.000		V	
129	13.492	229114	31350	0.000		V	
130	13.558	125255	32943	0.000		V	
131	13.734	353008	36017	0.000		V	
132	13.785	165471	38251	0.000		V	
133	13.890	179262	39163	0.000		V	
134	13.925	131480	39558	0.000		V	
135	13.981	88700	40357	0.000		V	
136	14.071	250383	42362	0.000		V	
137	14.155	689252	40764	0.000		V	
138	14.502	87935	17004	0.000		V	
139	14.604	72871	12953	0.000		V	
140	14.708	71943	10847	0.000		V	
141	14.854	29286	8115	0.000		V	
142	14.887	60298	8017	0.000		V	
143	15.027	10473	6315	0.000		V	
144	15.055	15121	6225	0.000		V	
145	15.143	36311	6281	0.000		V	
146	15.239	34321	5631	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
147	15.343	38961	5144	0.000		V	
148	15.455	24160	4343	0.000		V	
149	15.550	14026	4277	0.000		V	
150	15.618	13370	4066	0.000		V	
151	15.677	11192	3528	0.000		V	
152	15.718	6227	3235	0.000		V	
153	15.755	7063	3201	0.000		V	
154	15.787	6313	3301	0.000		V	
155	15.839	15746	3364	0.000		V	
156	15.920	11906	3254	0.000		V	
157	15.978	13291	2961	0.000		V	
158	16.063	5387	2452	0.000		V	
159	16.094	6688	2487	0.000		V	
160	16.150	5899	2458	0.000		V	
161	16.193	9734	2635	0.000		V	
162	16.244	7693	2391	0.000		V	
163	16.311	5165	2413	0.000		V	
164	16.344	10345	2440	0.000		V	
165	16.437	18833	2673	0.000		V	
166	16.586	8689	2116	0.000		V	
167	16.637	10126	2094	0.000		V	
168	16.781	14952	2573	0.000		V	
169	16.857	16613	2450	0.000		V	
170	17.020	13731	2453	0.000		V	
171	17.099	10208	2607	0.000		V	
172	17.153	9612	3071	0.000		V	
173	17.237	15211	3250	0.000		V	
174	17.303	10146	3546	0.000		V	
175	17.393	21036	3796	0.000		V	
176	17.468	21736	4593	0.000		V	
177	17.555	27114	5319	0.000		V	
178	17.667	37998	7020	0.000		V	
179	17.762	38389	8368	0.000		V	
180	17.850	52719	9608	0.000		V	
181	17.986	88145	11848	0.000		V	
182	18.042	41248	12754	0.000		V	
183	18.087	32987	13543	0.000		V	
184	18.128	30077	13704	0.000		V	
185	18.189	56289	14795	0.000		V	
186	18.233	45985	15205	0.000		V	
187	18.307	68835	15902	0.000		V	
188	18.352	88063	15640	0.000		V	
189	18.427	37040	14822	0.000		V	
190	18.481	60609	14877	0.000		V	
191	18.548	71440	13739	0.000		V	
192	18.628	165901	12632	0.000		V	
193	18.929	16009	5905	0.000		V	
194	18.969	44555	5516	0.000		V	
195	19.145	15281	4142	0.000		V	
196	19.203	15241	3796	0.000		V	
197	19.278	13748	3063	0.000		V	
198	19.378	8707	2718	0.000		V	
199	19.416	9555	2815	0.000		V	
200	19.491	8059	2617	0.000		V	
201	19.535	6767	2387	0.000		V	
202	19.592	9525	2248	0.000		V	
203	19.666	4030	1834	0.000		V	
204	19.703	4154	1905	0.000		V	
205	19.740	4660	1899	0.000		V	
206	19.791	6096	1871	0.000		V	
207	19.850	5708	1928	0.000		V	
208	19.921	7312	1779	0.000		V	

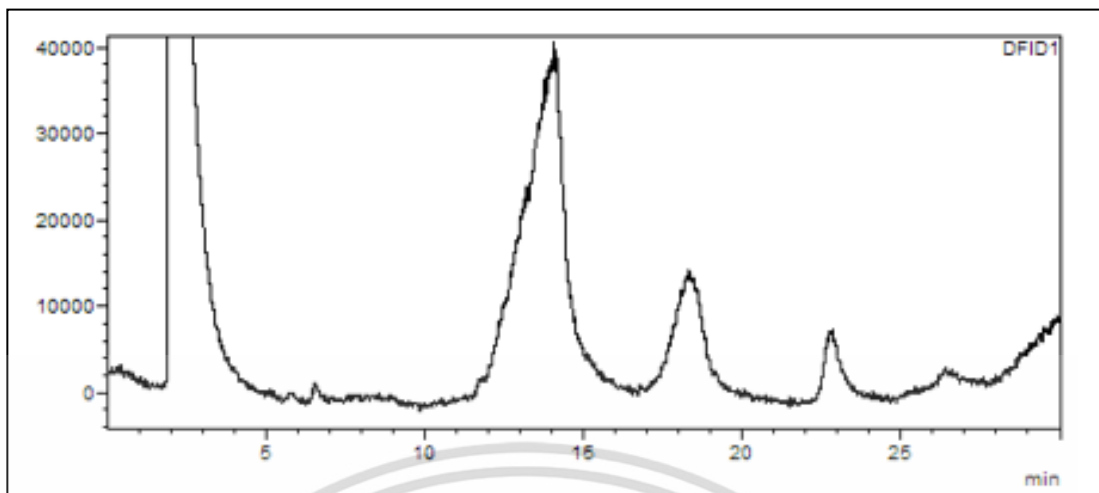
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
209	20.009	6268	1635	0.000		V	
210	20.066	9333	1956	0.000		V	
211	20.166	5370	1483	0.000		V	
212	20.217	7188	1544	0.000		V	
213	20.318	4508	1339	0.000		V	
214	20.405	4527	1133	0.000		V	
215	20.496	5596	1305	0.000		V	
216	20.568	3532	1070	0.000		V	
217	20.619	3260	1117	0.000		V	
218	20.685	4103	1124	0.000		V	
219	20.767	5275	1204	0.000		V	
220	20.868	2393	763	0.000		V	
221	20.938	3510	992	0.000		V	
222	21.013	2443	773	0.000		V	
223	21.072	3862	807	0.000		V	
224	21.155	1329	635	0.000		V	
225	21.215	2164	687	0.000		V	
226	21.272	1392	575	0.000		V	
227	21.355	2792	555	0.000		V	
228	21.419	1236	515	0.000		V	
229	21.501	2618	1014	0.000		V	
230	21.585	2365	717	0.000		V	
231	21.670	3304	855	0.000		V	
232	21.796	1173	408	0.000		V	
233	21.878	2644	707	0.000		V	
234	21.956	3421	583	0.000		V	
235	22.044	1257	582	0.000		V	
236	22.085	2130	551	0.000		V	
237	22.169	1360	547	0.000		V	
238	22.217	3031	816	0.000		V	
239	22.278	1168	650	0.000		V	
240	22.353	4038	1182	0.000		V	
241	22.403	4429	1633	0.000		V	
242	22.652	62903	6914	0.000		V	
243	22.741	42023	8383	0.000		V	
244	22.845	64377	8649	0.000		V	
245	22.906	53644	7568	0.000		V	
246	23.042	31933	5212	0.000		V	
247	23.158	25160	4135	0.000		V	
248	23.287	11308	3137	0.000		V	
249	23.348	16017	2655	0.000		V	
250	23.457	6457	2206	0.000		V	
251	23.528	8318	2016	0.000		V	
252	23.591	3663	1527	0.000		V	
253	23.662	8351	1512	0.000		V	
254	23.735	1984	1219	0.000		V	
255	23.781	4959	1466	0.000		V	
256	23.847	3934	1112	0.000		V	
257	23.899	1866	1027	0.000		V	
258	23.944	5090	1284	0.000		V	
259	24.010	2372	917	0.000		V	
260	24.119	6986	1413	0.000		V	
261	24.230	3797	939	0.000		V	
262	24.286	1440	732	0.000		V	
263	24.323	4022	937	0.000		V	
264	24.441	3660	788	0.000		V	
265	24.522	2512	862	0.000		V	
266	24.602	3144	867	0.000		V	
267	24.750	2971	755	0.000		V	
268	24.808	1796	704	0.000		V	
269	24.955	3697	610	0.000		V	
270	25.005	1240	640	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
271	25.045	1899	780	0.000		V	
272	25.142	4007	770	0.000		V	
273	25.211	3374	1132	0.000		V	
274	25.279	4201	1040	0.000		V	
275	25.439	10189	1284	0.000		V	
276	25.550	4526	1073	0.000		V	
277	25.621	4654	1070	0.000		V	
278	25.705	4514	1282	0.000		V	
279	25.761	2117	1035	0.000		V	
280	25.801	3489	1229	0.000		V	
281	25.845	4176	1203	0.000		V	
282	25.947	4641	1206	0.000		V	
283	25.990	5195	1431	0.000		V	
284	26.084	5558	1511	0.000		V	
285	26.119	2759	1535	0.000		V	
286	26.170	7771	2150	0.000		V	
287	26.277	14232	2410	0.000		V	
288	26.336	5845	2434	0.000		V	
289	26.388	8134	2936	0.000		V	
290	26.426	15210	2808	0.000		V	
291	26.588	18934	2709	0.000		V	
292	26.682	6851	2252	0.000		V	
293	26.742	10138	2141	0.000		V	
294	26.814	4413	1486	0.000		V	
295	26.893	5374	1509	0.000		V	
296	26.959	7305	1459	0.000		V	
297	27.039	5927	1192	0.000		V	
298	27.125	3123	1107	0.000		V	
299	27.197	4498	1198	0.000		V	
300	27.256	3046	1149	0.000		V	
301	27.327	5080	983	0.000		V	
302	27.427	2353	850	0.000		V	
303	27.477	2821	863	0.000		V	
304	27.596	5974	1136	0.000		V	
305	27.690	2471	661	0.000		V	
306	27.872	1696	611	0.000		V	
307	27.989	2527	879	0.000		V	
308	28.100	1974	557	0.000		V	
309	28.167	1316	628	0.000		V	
310	28.227	2544	822	0.000		V	
311	28.311	4232	908	0.000		V	
312	28.432	2980	931	0.000		V	
313	28.588	4291	1191	0.000		V	
314	28.668	3735	1141	0.000		V	
315	28.745	2945	1158	0.000		V	
316	28.815	3298	1004	0.000		V	
317	28.852	1485	743	0.000		V	
318	28.909	4723	1107	0.000		V	
319	29.023	4704	1338	0.000		V	
320	29.088	2302	1060	0.000		V	
321	29.141	1376	643	0.000		V	
322	29.203	3646	1056	0.000		V	
323	29.367	8362	1341	0.000		V	
324	29.507	4130	1393	0.000		V	
325	29.557	2536	999	0.000		V	
326	29.640	1806	781	0.000		V	
327	29.737	2986	1160	0.000		V	
328	29.775	1805	1096	0.000		V	
329	29.901	6144	974	0.000		V	
Total		139436084	44069794				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 6 เท่า

ตาราง ข.4 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 8 เท่า

<Peak Table>

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	0.021	1460	665	0.000			
2	0.112	11512	3715	0.000			
3	0.161	5853	2094	0.000		V	
4	0.274	16083	3666	0.000		V	
5	0.340	13935	3449	0.000		V	
6	0.421	15774	5052	0.000		V	
7	0.509	23067	5075	0.000		V	
8	0.633	34174	5555	0.000		V	
9	0.723	15949	4493	0.000		V	
10	0.816	20249	4836	0.000		V	
11	0.870	15386	4806	0.000		V	
12	0.954	27752	6945	0.000		V	
13	1.059	41409	7323	0.000		V	
14	1.172	56026	8295	0.000		V	
15	1.250	15856	7668	0.000		V	
16	1.297	40104	9443	0.000		V	
17	1.377	63822	9799	0.000		V	
18	1.537	66992	10875	0.000		V	
19	1.612	48521	12117	0.000		V	
20	1.687	43092	11731	0.000		V	
21	1.756	35596	12483	0.000		V	
22	1.796	57104	12830	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
23	1.912	136559972	42270345	0.000		SV	
24	2.848	3110	2020	0.000		T	
25	2.947	10155	3384	0.000		TV	
26	2.993	14680	3614	0.000		TV	
27	3.100	8084	2982	0.000		T	
28	3.160	10919	2712	0.000		TV	
29	3.284	7918	2788	0.000		T	
30	3.327	4181	2552	0.000		TV	
31	3.376	1503	1191	0.000		T	
32	3.425	3810	2192	0.000		TV	
33	3.485	14424	4647	0.000		TV	
34	3.595	22713	5089	0.000		T	
35	3.675	7226	2815	0.000		TV	
36	3.739	2533	1698	0.000		TV	
37	3.809	7442	3222	0.000		TV	
38	3.847	6711	2699	0.000		TV	
39	3.946	18076	5065	0.000		TV	
40	4.082	14599	4224	0.000		T	
41	4.128	6957	2714	0.000		TV	
42	4.235	14266	3893	0.000		TV	
43	4.296	11282	5158	0.000		TV	
44	4.344	23181	6729	0.000		TV	
45	4.457	27342	6458	0.000		TV	
46	4.514	15349	5429	0.000		TV	
47	4.555	9697	5053	0.000		TV	
48	4.640	45708	9061	0.000		TV	
49	4.745	27744	6749	0.000		TV	
50	4.835	33739	9132	0.000		TV	
51	4.884	31339	9959	0.000		TV	
52	4.935	19924	8933	0.000		TV	
53	4.978	21299	9676	0.000		TV	
54	5.046	38431	9151	0.000		TV	
55	5.134	44453	10870	0.000		TV	
56	5.187	28036	10527	0.000		TV	
57	5.276	49476	11527	0.000		TV	
58	5.315	25291	11905	0.000		TV	
59	5.353	29088	12436	0.000		TV	
60	5.400	32743	12493	0.000		TV	
61	5.439	28406	11619	0.000		TV	
62	5.481	23714	12808	0.000		TV	
63	5.520	65039	14926	0.000		TV	
64	5.600	48404	15017	0.000		TV	
65	5.715	150966	16216	0.000		TV	
66	5.834	46888	16965	0.000		TV	
67	5.903	88840	17169	0.000		TV	
68	5.975	45571	16827	0.000		TV	
69	6.055	89202	19492	0.000		TV	
70	6.098	49731	18570	0.000		TV	
71	6.159	62447	20421	0.000		TV	
72	6.206	35324	18449	0.000		TV	
73	6.275	115538	20063	0.000		TV	
74	6.412	136153	21187	0.000		TV	
75	6.467	87199	21645	0.000		TV	
76	6.560	114434	24584	0.000		TV	
77	6.638	168460	28429	0.000		TV	
78	6.754	108357	26313	0.000		TV	
79	6.807	79325	25344	0.000		TV	
80	6.875	138323	25355	0.000		TV	
81	6.982	94148	25661	0.000		TV	
82	7.022	91507	25981	0.000		TV	
83	7.138	187690	27678	0.000		TV	
84	7.213	154987	28492	0.000		TV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
85	7.310	141393	30420	0.000		TV	
86	7.377	58024	26390	0.000		TV	
87	7.428	128117	28218	0.000		TV	
88	7.528	115869	30226	0.000		TV	
89	7.572	88085	29260	0.000		TV	
90	7.688	213677	32093	0.000		TV	
91	7.757	93484	32007	0.000		TV	
92	7.787	95959	31522	0.000		TV	
93	7.841	92741	31332	0.000		TV	
94	7.957	223206	35118	0.000		TV	
95	8.011	80153	32634	0.000		TV	
96	8.050	61784	32137	0.000		TV	
97	8.080	78350	32016	0.000		TV	
98	8.133	138851	35283	0.000		TV	
99	8.219	129636	34169	0.000		TV	
100	8.264	73851	33272	0.000		TV	
101	8.297	55423	33510	0.000		TV	
102	8.354	183264	38220	0.000		TV	
103	8.428	214556	37300	0.000		TV	
104	8.526	79519	36437	0.000		TV	
105	8.555	130239	36667	0.000		TV	
106	8.619	126797	36247	0.000		TV	
107	8.685	68659	35924	0.000		TV	
108	8.736	153402	37258	0.000		TV	
109	8.797	148499	39686	0.000		TV	
110	8.852	112103	37752	0.000		TV	
111	8.905	116010	38922	0.000		TV	
112	8.999	261282	41091	0.000		TV	
113	9.071	114801	38416	0.000		TV	
114	9.109	95254	38243	0.000		TV	
115	9.165	153378	40611	0.000		TV	
116	9.243	131287	40566	0.000		TV	
117	9.323	241562	44101	0.000		TV	
118	9.385	208941	43601	0.000		TV	
119	9.453	78392	40719	0.000		TV	
120	9.499	115365	42219	0.000		TV	
121	9.536	117722	43276	0.000		TV	
122	9.587	138197	41573	0.000		TV	
123	9.648	152695	44242	0.000		TV	
124	9.728	167087	44816	0.000		TV	
125	9.801	277898	47568	0.000		TV	
126	9.893	197240	45935	0.000		TV	
127	9.964	151262	46449	0.000		TV	
128	10.002	144136	49101	0.000		TV	
129	10.047	183679	44624	0.000		TV	
130	10.166	300866	46522	0.000		TV	
131	10.243	156158	48304	0.000		TV	
132	10.295	148733	50172	0.000		TV	
133	10.347	187911	48981	0.000		TV	
134	10.399	90822	47186	0.000		TV	
135	10.446	133454	49110	0.000		TV	
136	10.507	273749	51436	0.000		TV	
137	10.607	273536	51321	0.000		TV	
138	10.704	221798	51061	0.000		TV	
139	10.753	207776	51026	0.000		TV	
140	10.832	286078	51352	0.000		TV	
141	10.925	134850	49285	0.000		TV	
142	10.957	149815	49193	0.000		TV	
143	11.041	330900	51562	0.000		TV	
144	11.119	217578	47779	0.000		TV	
145	11.245	235879	47858	0.000		TV	
146	11.286	105867	43983	0.000		TV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
147	11.337	518817	43890	0.000		TV	
148	11.944	1667	748	0.000			
149	12.230	1194	367	0.000			
150	12.295	1387	615	0.000		V	
151	12.379	1332	474	0.000			
152	12.675	1746	731	0.000			
153	12.740	2372	756	0.000		V	
154	12.843	5829	1057	0.000		V	
155	13.018	23548	3061	0.000		V	
156	13.086	12644	3752	0.000		V	
157	13.347	89536	8153	0.000		V	
158	13.411	36567	9386	0.000		V	
159	13.660	175601	14415	0.000		V	
160	13.795	127982	17010	0.000		V	
161	13.842	49614	16355	0.000		V	
162	13.923	86577	19074	0.000		V	
163	13.970	42890	19511	0.000		V	
164	14.000	43170	19436	0.000		V	
165	14.078	105039	20419	0.000		V	
166	14.170	103259	22734	0.000		V	
167	14.239	88327	22804	0.000		V	
168	14.288	82515	23107	0.000		V	
169	14.376	137162	23993	0.000		V	
170	14.445	160948	24051	0.000		V	
171	14.545	52034	21107	0.000		V	
172	14.588	91674	20578	0.000		V	
173	14.667	140877	17839	0.000		V	
174	14.821	77483	12794	0.000		V	
175	14.989	32378	9420	0.000		V	
176	15.010	54448	8196	0.000		V	
177	15.143	42869	6585	0.000		V	
178	15.270	20935	4801	0.000		V	
179	15.339	17746	3990	0.000		V	
180	15.417	20108	4252	0.000		V	
181	15.520	12423	3294	0.000		V	
182	15.591	8292	2960	0.000		V	
183	15.661	15281	2718	0.000		V	
184	15.763	11663	2195	0.000		V	
185	15.833	4430	1824	0.000		V	
186	15.896	7000	1981	0.000		V	
187	15.982	5042	1157	0.000		V	
188	16.087	1734	604	0.000		V	
189	16.135	1761	691	0.000		V	
190	16.173	1026	584	0.000		V	
191	16.216	2057	739	0.000		V	
192	16.417	2888	708	0.000		V	
193	16.609	1903	572	0.000		V	
194	16.848	2792	696	0.000		V	
195	16.949	1188	577	0.000		V	
196	17.023	1559	529	0.000		V	
197	17.081	1305	541	0.000		V	
198	17.137	1718	728	0.000		V	
199	17.317	1515	684	0.000		V	
200	17.391	2239	766	0.000		V	
201	17.469	4146	1003	0.000		V	
202	17.542	1953	834	0.000		V	
203	17.582	2738	1182	0.000		V	
204	17.638	3525	1191	0.000		V	
205	17.733	9109	2099	0.000		V	
206	17.785	4685	1726	0.000		V	
207	17.840	8030	2394	0.000		V	
208	17.906	11128	2642	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

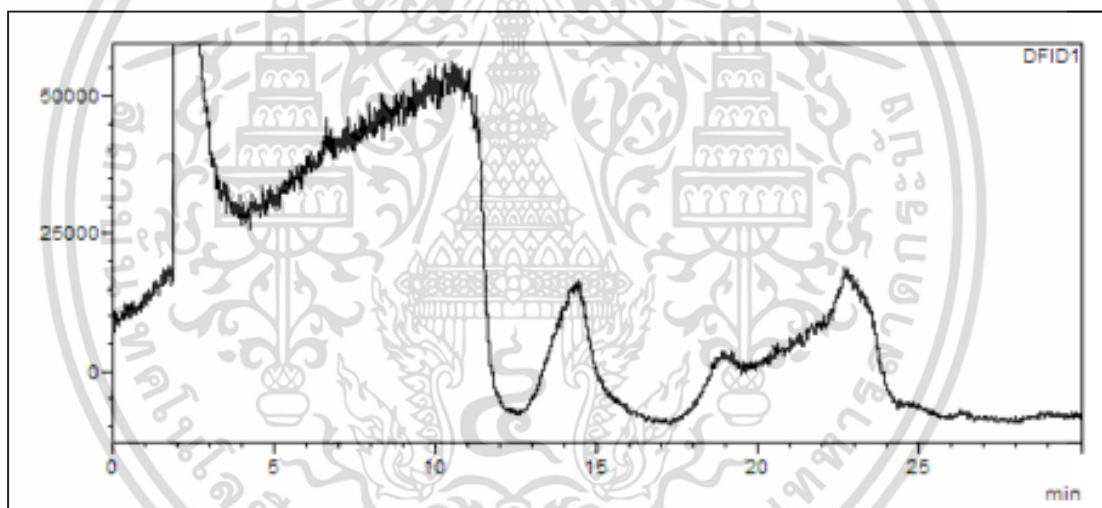
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
209	18.021	18758	3786	0.000		V	
210	18.074	12609	4068	0.000		V	
211	18.217	40785	5333	0.000		V	
212	18.382	61450	7192	0.000		V	
213	18.470	44190	8492	0.000		V	
214	18.596	87016	10758	0.000		V	
215	18.662	20055	10353	0.000		V	
216	18.711	37366	11756	0.000		V	
217	18.746	22826	11781	0.000		V	
218	18.807	39688	12018	0.000		V	
219	18.875	62777	13086	0.000		V	
220	18.929	52065	12934	0.000		V	
221	19.000	79030	12966	0.000		V	
222	19.108	50103	12415	0.000		V	
223	19.201	90275	12883	0.000		V	
224	19.313	50079	11551	0.000		V	
225	19.367	30126	11315	0.000		V	
226	19.440	60534	11014	0.000		V	
227	19.539	65553	11174	0.000		V	
228	19.649	44685	10698	0.000		V	
229	19.748	55300	10940	0.000		V	
230	19.784	29955	11123	0.000		V	
231	19.861	61149	10795	0.000		V	
232	19.952	50978	11248	0.000		V	
233	20.067	69905	11300	0.000		V	
234	20.160	66432	11807	0.000		V	
235	20.244	41941	11887	0.000		V	
236	20.287	42471	12139	0.000		V	
237	20.348	43572	13005	0.000		V	
238	20.456	70502	12415	0.000		V	
239	20.507	61849	14249	0.000		V	
240	20.607	70618	14287	0.000		V	
241	20.662	22359	13458	0.000		V	
242	20.739	107340	13568	0.000		V	
243	20.850	51922	13616	0.000		V	
244	20.907	34163	13711	0.000		V	
245	20.935	41615	13744	0.000		V	
246	21.012	69073	15485	0.000		V	
247	21.071	40225	14730	0.000		V	
248	21.111	28489	14706	0.000		V	
249	21.166	58559	15527	0.000		V	
250	21.205	24762	14811	0.000		V	
251	21.277	89800	16195	0.000		V	
252	21.353	71974	15833	0.000		V	
253	21.484	109314	17028	0.000		V	
254	21.532	40550	16499	0.000		V	
255	21.589	70082	17255	0.000		V	
256	21.648	38555	17643	0.000		V	
257	21.685	110757	18216	0.000		V	
258	21.800	49079	18097	0.000		V	
259	21.868	76029	18391	0.000		V	
260	21.901	94103	18136	0.000		V	
261	22.032	102064	19431	0.000		V	
262	22.084	45016	18272	0.000		V	
263	22.238	211075	20737	0.000		V	
264	22.324	55862	20492	0.000		V	
265	22.435	155134	23215	0.000		V	
266	22.531	145901	24435	0.000		V	
267	22.597	77255	25906	0.000		V	
268	22.669	197109	28387	0.000		V	
269	22.782	174064	27993	0.000		V	
270	22.884	158706	26974	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
271	22.979	90131	25131	0.000		V	
272	23.031	99471	26086	0.000		V	
273	23.081	82049	25009	0.000		V	
274	23.144	77678	23786	0.000		V	
275	23.245	173134	23824	0.000		V	
276	23.329	86341	22686	0.000		V	
277	23.393	118082	21798	0.000		V	
278	23.497	93650	21076	0.000		V	
279	23.567	261325	18547	0.000		V	
280	23.883	78237	9267	0.000		V	
281	24.069	18139	5730	0.000		V	
282	24.126	18321	5113	0.000		V	
283	24.224	36519	4509	0.000		V	
284	24.392	21313	4102	0.000		V	
285	24.461	17801	3927	0.000		V	
286	24.529	8444	3439	0.000		V	
287	24.600	17171	3994	0.000		V	
288	24.671	14247	3635	0.000		V	
289	24.735	10462	3318	0.000		V	
290	24.794	24790	3987	0.000		V	
291	24.904	9102	3112	0.000		V	
292	24.963	12126	3415	0.000		V	
293	25.026	16748	3188	0.000		V	
294	25.131	9088	2590	0.000		V	
295	25.176	6512	2445	0.000		V	
296	25.224	6901	2719	0.000		V	
297	25.267	7608	2380	0.000		V	
298	25.385	13243	2436	0.000		V	
299	25.442	13185	2169	0.000		V	
300	25.584	3275	1389	0.000		V	
301	25.620	4673	1492	0.000		V	
302	25.716	7909	1316	0.000		V	
303	25.828	3571	1162	0.000		V	
304	25.870	3564	1285	0.000		V	
305	25.947	7292	1728	0.000		V	
306	26.031	2800	1219	0.000		V	
307	26.059	2378	1229	0.000		V	
308	26.120	7860	1743	0.000		V	
309	26.254	19278	2355	0.000		V	
310	26.374	8575	2108	0.000		V	
311	26.436	8514	2011	0.000		V	
312	26.547	13787	1881	0.000		V	
313	26.717	1634	732	0.000		V	
314	26.770	3820	1172	0.000		V	
315	26.859	4069	1127	0.000		V	
316	26.899	1525	822	0.000		V	
317	26.980	5373	1128	0.000		V	
318	27.026	1512	847	0.000		V	
319	27.078	3589	1201	0.000		V	
320	27.137	2691	874	0.000		V	
321	27.230	7383	1121	0.000		V	
322	27.340	3851	1066	0.000		V	
323	27.420	1126	504	0.000		V	
324	27.473	2508	923	0.000		V	
325	27.537	1736	681	0.000		V	
326	27.581	1841	759	0.000		V	
327	27.638	1612	614	0.000		V	
328	27.683	2039	723	0.000		V	
329	27.781	2283	690	0.000		V	
330	27.860	2332	791	0.000		V	
331	27.912	1697	625	0.000		V	
332	27.975	3219	1075	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
333	28.080	1998	618	0.000		V	
334	28.166	1937	774	0.000		V	
335	28.221	2842	1098	0.000		V	
336	28.290	2370	864	0.000		V	
337	28.334	2636	930	0.000		V	
338	28.389	2297	898	0.000		V	
339	28.437	1622	822	0.000		V	
340	28.518	4817	1104	0.000		V	
341	28.555	2462	1065	0.000		V	
342	28.614	2712	871	0.000		V	
343	28.674	4758	1321	0.000		V	
344	28.756	4391	1518	0.000		V	
345	28.806	3911	1239	0.000		V	
346	28.943	11514	1643	0.000		V	
347	29.065	5722	1263	0.000		V	
348	29.153	2022	1016	0.000		V	
349	29.180	4472	1016	0.000		V	
350	29.296	5130	1347	0.000		V	
351	29.390	2257	899	0.000		V	
352	29.454	4198	943	0.000		V	
353	29.576	4784	975	0.000		V	
354	29.731	3564	949	0.000		V	
355	29.824	3970	1129	0.000		V	
356	29.925	1738	616	0.000		V	
Total		158169666	47383591				



รูปที่ ๗.4 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 8 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ซ.5 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 10 เท่า

<Peak Table>

DFID1	Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
	1	0.140	1746	608	0.000		V	
	2	0.220	1275	509	0.000			
	3	0.308	1947	845	0.000		V	
	4	0.362	2478	847	0.000		V	
	5	0.462	2247	767	0.000		V	
	6	0.548	5435	1029	0.000		V	
	7	0.668	4209	690	0.000		V	
	8	0.802	1298	699	0.000		V	
	9	0.837	2996	780	0.000		V	
	10	1.049	1133	457	0.000		V	
	11	1.086	1386	681	0.000		V	
	12	1.269	1812	562	0.000		V	
	13	1.378	1204	505	0.000		V	
	14	1.455	2397	654	0.000		V	
	15	1.621	2424	1081	0.000			
	16	1.689	1702	758	0.000		V	
	17	1.769	4814	1100	0.000		V	
	18	1.909	144932177	43887716	0.000		SV	
	19	3.215	1107	755	0.000		T	
	20	3.289	4309	1431	0.000		T	
	21	3.474	1346	725	0.000		T	
	22	3.552	2830	1386	0.000		T	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
23	3.656	2165	641	0.000		TV	
24	3.798	3345	1310	0.000		T	
25	3.842	1913	575	0.000		TV	
26	3.915	3275	1135	0.000		TV	
27	3.969	1378	650	0.000		TV	
28	4.066	7806	1914	0.000		TV	
29	4.162	3662	1251	0.000		T	
30	4.237	5647	1871	0.000		TV	
31	4.293	1596	776	0.000		TV	
32	4.340	4700	1622	0.000		TV	
33	4.399	3857	1413	0.000		TV	
34	4.481	6972	2176	0.000		TV	
35	4.521	8552	2190	0.000		TV	
36	4.612	8277	2428	0.000		TV	
37	4.674	6528	2429	0.000		TV	
38	4.735	17282	3245	0.000		TV	
39	4.825	8239	3139	0.000		TV	
40	4.861	9079	3695	0.000		TV	
41	4.905	7487	3139	0.000		TV	
42	4.969	21066	4384	0.000		TV	
43	5.068	17271	4976	0.000		TV	
44	5.102	13558	4629	0.000		TV	
45	5.171	15665	5070	0.000		TV	
46	5.217	10338	5571	0.000		TV	
47	5.252	14863	5617	0.000		TV	
48	5.296	13212	5319	0.000		TV	
49	5.357	13411	5135	0.000		TV	
50	5.384	19786	5176	0.000		TV	
51	5.533	54127	7715	0.000		TV	
52	5.611	58699	7427	0.000		TV	
53	5.752	14981	6968	0.000		TV	
54	5.804	24068	7577	0.000		TV	
55	5.892	68583	8930	0.000		TV	
56	6.040	87707	9260	0.000		TV	
57	6.168	63930	11061	0.000		TV	
58	6.221	19039	9859	0.000		TV	
59	6.302	51805	11207	0.000		TV	
60	6.355	46705	11778	0.000		TV	
61	6.445	56282	12207	0.000		TV	
62	6.519	67897	13854	0.000		TV	
63	6.604	50419	13448	0.000		TV	
64	6.676	81676	14571	0.000		TV	
65	6.753	34549	14170	0.000		TV	
66	6.800	65892	16730	0.000		TV	
67	6.883	49749	14659	0.000		TV	
68	6.927	34058	13641	0.000		TV	
69	6.996	89749	15388	0.000		TV	
70	7.082	109614	16060	0.000		TV	
71	7.208	55933	16377	0.000		TV	
72	7.266	74421	16329	0.000		TV	
73	7.360	71375	16824	0.000		TV	
74	7.437	162688	18382	0.000		TV	
75	7.575	108363	18554	0.000		TV	
76	7.677	63182	17973	0.000		TV	
77	7.756	81882	19287	0.000		TV	
78	7.819	64870	18473	0.000		TV	
79	7.880	81716	21417	0.000		TV	
80	7.937	55150	20948	0.000		TV	
81	8.016	89560	21343	0.000		TV	
82	8.063	110783	22000	0.000		TV	
83	8.148	56811	21086	0.000		TV	
84	8.194	50805	20923	0.000		TV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
85	8.258	78927	20713	0.000		TV	
86	8.298	106118	21985	0.000		TV	
87	8.386	88232	22200	0.000		TV	
88	8.468	79429	23347	0.000		TV	
89	8.530	71291	21718	0.000		TV	
90	8.561	53592	21739	0.000		TV	
91	8.611	91495	22469	0.000		TV	
92	8.679	61723	22392	0.000		TV	
93	8.733	92610	22651	0.000		TV	
94	8.807	75815	23502	0.000		TV	
95	8.862	145123	24693	0.000		TV	
96	8.975	107079	25519	0.000		TV	
97	9.060	100756	25727	0.000		TV	
98	9.108	71871	26035	0.000		TV	
99	9.159	118737	27052	0.000		TV	
100	9.264	143484	27749	0.000		TV	
101	9.331	125918	27035	0.000		TV	
102	9.420	126684	27558	0.000		TV	
103	9.505	112186	28263	0.000		TV	
104	9.551	98590	27494	0.000		TV	
105	9.608	92561	27851	0.000		TV	
106	9.671	91019	28044	0.000		TV	
107	9.780	161106	28820	0.000		TV	
108	9.833	127429	29635	0.000		TV	
109	9.901	82733	30647	0.000		TV	
110	9.943	164623	31002	0.000		TV	
111	10.057	113619	30258	0.000		TV	
112	10.103	93025	30675	0.000		TV	
113	10.181	126817	31185	0.000		TV	
114	10.261	190362	33856	0.000		TV	
115	10.333	130330	31831	0.000		TV	
116	10.407	106748	32497	0.000		TV	
117	10.468	212920	32820	0.000		TV	
118	10.613	191811	33758	0.000		TV	
119	10.679	125285	33115	0.000		TV	
120	10.728	159184	34733	0.000		TV	
121	10.806	117461	33803	0.000		TV	
122	10.915	206348	35047	0.000		TV	
123	10.965	86693	35276	0.000		TV	
124	11.018	125944	35892	0.000		TV	
125	11.080	121968	38083	0.000		TV	
126	11.140	158517	36638	0.000		TV	
127	11.220	150806	37436	0.000		TV	
128	11.274	124365	38347	0.000		TV	
129	11.360	200128	39026	0.000		TV	
130	11.435	190986	39667	0.000		TV	
131	11.516	197740	38871	0.000		TV	
132	11.610	231644	39034	0.000		TV	
133	11.688	167344	37801	0.000		TV	
134	11.798	180658	39002	0.000		TV	
135	11.885	308974	40584	0.000		TV	
136	11.990	120522	39548	0.000		TV	
137	12.031	144806	41186	0.000		TV	
138	12.116	219927	43689	0.000		TV	
139	12.189	112723	40766	0.000		TV	
140	12.255	303335	43159	0.000		TV	
141	12.350	212184	41380	0.000		TV	
142	12.460	196617	40660	0.000		TV	
143	12.511	73669	38244	0.000		TV	
144	12.569	135455	37885	0.000		TV	
145	12.625	376432	37922	0.000		TV	
146	12.789	92333	34150	0.000		TV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
147	12.840	453418	32601	0.000		TV	
148	13.188	66539	12277	0.000		TV	
149	13.277	50819	10947	0.000		TV	
150	13.359	35509	10950	0.000		TV	
151	13.438	47205	11979	0.000		TV	
152	13.481	25322	11523	0.000		TV	
153	13.539	55751	13094	0.000		TV	
154	13.645	105621	15009	0.000		TV	
155	13.751	75705	15788	0.000		TV	
156	13.842	78106	17302	0.000		TV	
157	13.892	48502	17696	0.000		TV	
158	13.934	83521	18020	0.000		TV	
159	14.020	54840	18256	0.000		TV	
160	14.061	93899	18362	0.000		TV	
161	14.164	82988	17415	0.000		TV	
162	14.236	104658	15962	0.000		TV	
163	14.351	152135	14088	0.000		TV	
164	14.574	74126	8095	0.000		TV	
165	14.795	23485	4830	0.000		TV	
166	14.892	15508	3497	0.000		TV	
167	14.959	8220	2847	0.000		TV	
168	15.008	12041	3012	0.000		TV	
169	15.084	12942	2286	0.000		TV	
170	15.204	6658	1482	0.000		TV	
171	15.288	8029	1872	0.000		TV	
172	15.431	4014	898	0.000		TV	
173	15.524	2539	612	0.000		TV	
174	15.649	1927	473	0.000			
175	15.792	1785	467	0.000			
176	15.927	2250	925	0.000			
177	15.994	2386	646	0.000		V	
178	16.126	1802	630	0.000			
179	16.370	4096	735	0.000			
180	16.531	1270	409	0.000			
181	16.762	2937	743	0.000			
182	16.875	1642	535	0.000			
183	16.985	2382	629	0.000			
184	17.090	2035	779	0.000			
185	17.166	4468	899	0.000		V	
186	17.232	3224	868	0.000		V	
187	17.338	4425	1010	0.000		V	
188	17.402	2976	893	0.000		V	
189	17.463	1721	768	0.000		V	
190	17.540	5656	1588	0.000		V	
191	17.625	5481	1530	0.000		V	
192	17.709	6708	1638	0.000		V	
193	17.797	9723	2061	0.000		V	
194	17.919	10923	2040	0.000		V	
195	17.987	8457	2597	0.000		V	
196	18.058	13984	3316	0.000		V	
197	18.117	12957	3483	0.000		V	
198	18.185	16443	3857	0.000		V	
199	18.372	45258	5457	0.000		V	
200	18.405	10266	5340	0.000		V	
201	18.494	49418	6824	0.000		V	
202	18.610	49979	6449	0.000		V	
203	18.733	24752	6115	0.000		V	
204	18.805	33073	6107	0.000		V	
205	18.880	12820	5257	0.000		V	
206	18.950	23458	5262	0.000		V	
207	19.000	24883	4423	0.000		V	
208	19.098	25005	3932	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

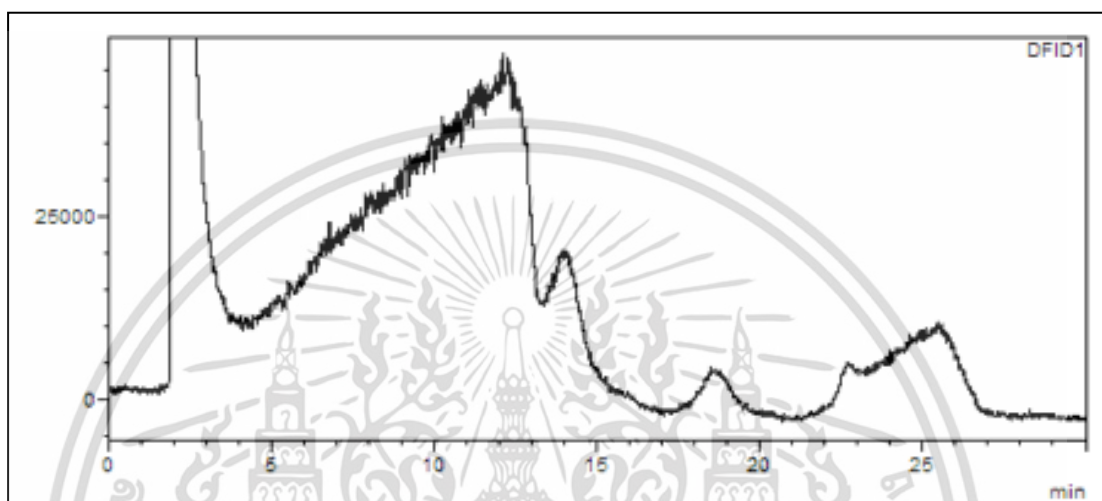
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
209	19.229	17830	2919	0.000		V	
210	19.346	16331	2172	0.000		V	
211	19.488	2705	1431	0.000		V	
212	19.580	10768	1657	0.000		V	
213	19.662	2521	853	0.000		V	
214	19.739	4029	835	0.000		V	
215	19.839	2464	751	0.000		V	
216	19.898	2297	744	0.000		V	
217	19.966	1462	531	0.000		V	
218	20.012	1277	689	0.000		V	
219	20.047	1843	803	0.000		V	
220	20.118	1096	501	0.000		V	
221	20.195	1200	523	0.000		V	
222	20.261	2013	689	0.000		V	
223	20.380	3361	727	0.000		V	
224	20.624	1454	649	0.000		V	
225	20.729	3513	916	0.000		V	
226	20.798	1989	547	0.000		V	
227	20.868	1765	609	0.000		V	
228	20.929	1308	419	0.000		V	
229	21.018	1652	544	0.000		V	
230	21.138	2328	698	0.000		V	
231	21.179	1367	622	0.000		V	
232	21.252	1909	518	0.000		V	
233	21.360	3490	788	0.000		V	
234	21.414	2497	753	0.000		V	
235	21.489	3375	994	0.000		V	
236	21.541	1649	810	0.000		V	
237	21.587	3520	1290	0.000		V	
238	21.630	2120	1112	0.000		V	
239	21.713	5460	1227	0.000		V	
240	21.826	7813	1467	0.000		V	
241	21.866	6912	1697	0.000		V	
242	21.958	8353	2091	0.000		V	
243	22.046	8600	1912	0.000		V	
244	22.115	6978	2300	0.000		V	
245	22.159	7628	2480	0.000		V	
246	22.349	29889	3624	0.000		V	
247	22.407	17566	4596	0.000		V	
248	22.479	21442	6165	0.000		V	
249	22.530	30723	6694	0.000		V	
250	22.614	24191	7462	0.000		V	
251	22.856	20994	7661	0.000		V	
252	22.712	49669	7977	0.000		V	
253	22.815	23172	7626	0.000		V	
254	22.853	32331	7544	0.000		V	
255	22.993	55391	7176	0.000		V	
256	23.087	22631	6928	0.000		V	
257	23.119	30108	6930	0.000		V	
258	23.229	31942	7004	0.000		V	
259	23.294	30918	7424	0.000		V	
260	23.379	44170	7419	0.000		V	
261	23.517	53995	7823	0.000		V	
262	23.616	50921	7827	0.000		V	
263	23.711	23958	7885	0.000		V	
264	23.766	42554	8306	0.000		V	
265	23.836	17480	7872	0.000		V	
266	23.897	39797	8799	0.000		V	
267	23.997	57772	9542	0.000		V	
268	24.201	108538	9866	0.000		V	
269	24.282	34566	9903	0.000		V	
270	24.349	32358	9855	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
271	24.414	46381	9901	0.000		V	
272	24.500	60614	10760	0.000		V	
273	24.617	87999	11677	0.000		V	
274	24.715	40161	11279	0.000		V	
275	24.754	21463	11053	0.000		V	
276	24.797	31128	11424	0.000		V	
277	24.874	71201	12015	0.000		V	
278	24.951	45782	12271	0.000		V	
279	25.001	24876	11258	0.000		V	
280	25.080	62308	12661	0.000		V	
281	25.125	22538	11585	0.000		V	
282	25.174	36181	11860	0.000		V	
283	25.201	29498	11737	0.000		V	
284	25.265	57760	12489	0.000		V	
285	25.336	30531	12256	0.000		V	
286	25.380	41221	12513	0.000		V	
287	25.453	50070	13309	0.000		V	
288	25.494	17990	12937	0.000		V	
289	25.523	38760	12931	0.000		V	
290	25.580	42069	13124	0.000		V	
291	25.642	33774	12253	0.000		V	
292	25.671	30231	12207	0.000		V	
293	25.720	38937	12166	0.000		V	
294	25.799	80747	11841	0.000		V	
295	25.917	75742	10585	0.000		V	
296	26.033	53855	9096	0.000		V	
297	26.162	48647	7708	0.000		V	
298	26.253	31618	6749	0.000		V	
299	26.333	35734	5565	0.000		V	
300	26.448	23008	4641	0.000		V	
301	26.546	17347	4046	0.000		V	
302	26.639	12289	2919	0.000		V	
303	26.714	8468	2179	0.000		V	
304	26.800	7268	1718	0.000		V	
305	26.881	5605	1484	0.000		V	
306	26.976	6338	1600	0.000		V	
307	27.037	3825	1408	0.000		V	
308	27.081	2214	1099	0.000		V	
309	27.137	4520	1157	0.000		V	
310	27.228	2921	748	0.000		V	
311	27.322	7430	1330	0.000		V	
312	27.442	2810	1074	0.000		V	
313	27.484	4635	1247	0.000		V	
314	27.567	1412	770	0.000		V	
315	27.585	1591	736	0.000		V	
316	27.657	3305	830	0.000		V	
317	27.770	4693	978	0.000		V	
318	27.842	2579	877	0.000		V	
319	27.926	3605	874	0.000		V	
320	28.004	1611	645	0.000		V	
321	28.075	1498	566	0.000		V	
322	28.147	4865	995	0.000		V	
323	28.224	1152	644	0.000		V	
324	28.283	6456	1476	0.000		V	
325	28.383	2749	872	0.000		V	
326	28.457	2506	859	0.000		V	
327	28.519	4072	972	0.000		V	
328	28.618	2879	892	0.000		V	
329	28.694	3640	844	0.000		V	
330	28.800	3983	947	0.000		V	
331	28.886	4284	838	0.000		V	
332	29.026	4576	846	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
333	29.102	1002	487	0.000		V	
334	29.151	1580	664	0.000		V	
335	29.190	1179	508	0.000		V	
336	29.298	2296	579	0.000		V	
337	29.388	1120	472	0.000		V	
338	29.465	1965	614	0.000		V	
339	29.628	2839	677	0.000		V	
340	29.733	2536	721	0.000		V	
341	29.839	1753	464	0.000		V	
Total		160917911	47481213				



รูปที่ ข.5 ผลวิเคราะห์สารมาตรฐานกรดโอเลอิกที่ความเจือจาง 10 เท่า

ตาราง ข.6 ผลวิเคราะห์สารสกัดตัวอย่างจากสาหร่าย *Scenedesmus armatus*

<Peak Table>

DFID1	Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
	1	0.082	2194	716	0.000			
	2	0.205	13808	3389	0.000		V	
	3	0.261	2117	1379	0.000		V	
	4	0.320	7914	2047	0.000		V	
	5	0.386	7979	2564	0.000		V	
	6	0.443	9421	3578	0.000		V	
	7	0.534	27012	5124	0.000		V	
	8	0.644	23464	5983	0.000		V	
	9	0.734	33009	5589	0.000		V	
	10	0.815	9274	3995	0.000		V	
	11	0.860	11790	4220	0.000		V	
	12	0.926	20552	3822	0.000		V	
	13	1.049	9841	3513	0.000		V	
	14	1.097	4648	1811	0.000		V	
	15	1.175	3445	992	0.000			
	16	1.273	1736	434	0.000			
	17	1.432	4229	528	0.000			
	18	1.656	1292	656	0.000			
	19	1.917	107305312	31245277	0.000		S	
	20	2.314	41270	13715	0.000		T	
	21	2.385	608260	198896	0.000		TV	
	22	3.442	3619	632	0.000		T	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
23	3.583	9223	1964	0.000		T	
24	3.756	1064	309	0.000		T	
25	3.935	1047	461	0.000		T	
26	4.046	14127	1995	0.000		TV	
27	4.126	7783	2119	0.000		TV	
28	4.381	1673	478	0.000		TV	
29	4.601	5909	1014	0.000		TV	
30	4.843	49926	6127	0.000			
31	5.194	1695	468	0.000			
32	5.625	138954	17641	0.000			
33	5.862	11192	1969	0.000		V	
34	6.060	2939	634	0.000		V	
35	6.103	1623	606	0.000		V	
36	6.678	476517	25293	0.000			
37	7.383	1189	362	0.000		V	
38	7.569	1316	411	0.000		V	
39	7.841	1008	338	0.000			
40	7.928	1350	323	0.000		V	
41	8.067	1914	504	0.000		V	
42	8.153	1572	564	0.000			
43	8.268	2930	564	0.000		V	
44	8.958	1507	368	0.000			
45	9.266	46434	4291	0.000		V	
46	9.530	1574	556	0.000		V	
47	9.789	1395	359	0.000			
48	10.099	1438	383	0.000			
49	10.203	10761	1249	0.000		V	
50	10.348	2367	922	0.000		V	
51	10.424	3953	910	0.000		V	
52	10.839	1320	507	0.000		V	
53	10.971	1418	399	0.000		V	
54	11.018	2025	587	0.000		V	
55	11.150	1476	400	0.000		V	
56	11.266	1297	382	0.000		V	
57	11.303	1654	435	0.000		V	
58	11.462	2160	558	0.000		V	
59	11.506	1781	676	0.000		V	
60	11.627	6115	953	0.000		V	
61	11.736	7965	1382	0.000		V	
62	11.798	4033	1414	0.000		V	
63	12.536	529435	27426	0.000		V	
64	12.633	454835	29938	0.000		V	
65	12.867	342666	22039	0.000		V	
66	13.253	61188	11868	0.000		V	
67	13.409	89422	12492	0.000		V	
68	13.458	31158	12503	0.000		V	
69	13.513	39397	13007	0.000		V	
70	13.562	43729	13234	0.000		V	
71	13.744	174044	17201	0.000		V	
72	13.872	124403	19757	0.000		V	
73	13.928	75328	21602	0.000		V	
74	13.966	65768	21456	0.000		V	
75	14.026	61246	22260	0.000		V	
76	14.073	74895	22772	0.000		V	
77	14.177	178754	25771	0.000		V	
78	14.310	159860	26776	0.000		V	
79	14.342	59192	26820	0.000		V	
80	14.387	75359	27476	0.000		V	
81	14.437	151572	28213	0.000		V	
82	14.523	79060	26127	0.000		V	
83	14.567	321293	25255	0.000		V	
84	14.813	93741	16928	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
85	14.914	54527	14445	0.000		V	
86	14.974	42782	13383	0.000		V	
87	15.047	49158	12065	0.000		V	
88	15.104	97715	11388	0.000		V	
89	15.289	72286	9044	0.000		V	
90	15.435	39851	8608	0.000		V	
91	15.488	47677	7981	0.000		V	
92	15.604	45064	7573	0.000		V	
93	15.717	52669	7237	0.000		V	
94	15.825	23718	6708	0.000		V	
95	15.910	31907	6460	0.000		V	
96	15.971	20348	6229	0.000		V	
97	16.030	39164	6133	0.000		V	
98	16.152	28101	6380	0.000		V	
99	16.222	16477	5458	0.000		V	
100	16.282	22615	5492	0.000		V	
101	16.335	14696	5398	0.000		V	
102	16.374	28799	5157	0.000		V	
103	16.510	34919	4939	0.000		V	
104	16.613	13257	4416	0.000		V	
105	16.655	26274	4485	0.000		V	
106	16.773	27107	4106	0.000		V	
107	16.897	14001	3802	0.000		V	
108	16.956	22111	3681	0.000		V	
109	17.057	7186	3261	0.000		V	
110	17.097	16909	3332	0.000		V	
111	17.237	19005	2909	0.000		V	
112	17.300	12519	2587	0.000		V	
113	17.405	15543	2607	0.000		V	
114	17.522	12322	2459	0.000		V	
115	17.630	9503	2172	0.000		V	
116	17.691	12519	2246	0.000		V	
117	17.796	8795	2124	0.000		V	
118	17.864	6766	2097	0.000		V	
119	17.921	7653	2096	0.000		V	
120	17.998	12284	2132	0.000		V	
121	18.126	8447	1995	0.000		V	
122	18.166	6565	2045	0.000		V	
123	18.239	7481	2022	0.000		V	
124	18.282	7449	1994	0.000		V	
125	18.341	3511	1829	0.000		V	
126	18.410	10920	1822	0.000		V	
127	18.488	4856	2052	0.000		V	
128	18.566	12076	2329	0.000		V	
129	18.632	8143	2237	0.000		V	
130	18.706	10235	2353	0.000		V	
131	18.801	12126	2301	0.000		V	
132	18.856	6187	2103	0.000		V	
133	18.909	5666	2128	0.000		V	
134	18.960	8482	2180	0.000		V	
135	19.048	9128	1980	0.000		V	
136	19.153	15729	2227	0.000		V	
137	19.249	6711	1837	0.000		V	
138	19.312	5071	1677	0.000		V	
139	19.352	4025	1663	0.000		V	
140	19.408	10394	2051	0.000		V	
141	19.493	3438	1377	0.000		V	
142	19.543	5563	1473	0.000		V	
143	19.609	4582	1277	0.000		V	
144	19.669	3628	1111	0.000		V	
145	19.735	3446	1180	0.000		V	
146	19.803	5799	1204	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
147	19.885	2471	1053	0.000		V	
148	19.914	3472	1078	0.000		V	
149	20.000	2691	899	0.000		V	
150	20.059	7824	1074	0.000		V	
151	20.223	3468	816	0.000		V	
152	20.306	2160	507	0.000		V	
153	20.394	1918	560	0.000		V	
154	20.535	2745	582	0.000		V	
155	20.584	1805	565	0.000		V	
156	20.656	2314	550	0.000		V	
157	20.774	1343	430	0.000		V	
158	20.865	1737	484	0.000		V	
159	20.997	1037	339	0.000		V	
160	21.080	1379	564	0.000		V	
161	21.118	1507	637	0.000		V	
162	21.173	3098	771	0.000		V	
163	21.274	2588	676	0.000		V	
164	21.314	1899	647	0.000		V	
165	21.365	2420	565	0.000		V	
166	21.506	1015	255	0.000		V	
167	22.181	1903	590	0.000		V	
168	22.374	14492	1832	0.000		V	
169	22.443	8418	2326	0.000		V	
170	22.520	19778	2740	0.000		V	
171	22.620	9763	2256	0.000		V	
172	22.695	11037	2177	0.000		V	
173	22.797	6359	1725	0.000		V	
174	22.868	6522	1462	0.000		V	
175	22.941	3527	1215	0.000		V	
176	22.989	3263	1132	0.000		V	
177	23.076	5571	1185	0.000		V	
178	23.134	2619	1027	0.000		V	
179	23.194	4235	1083	0.000		V	
180	23.294	6556	1033	0.000		V	
181	23.376	3239	863	0.000		V	
182	23.469	2532	771	0.000		V	
183	23.540	3395	746	0.000		V	
184	23.628	1776	580	0.000		V	
185	23.691	1951	524	0.000		V	
186	23.803	1601	368	0.000		V	
187	23.959	1109	307	0.000		V	
188	24.506	1457	386	0.000		V	
189	24.581	1471	442	0.000		V	
190	24.666	2177	433	0.000		V	
191	24.785	1716	429	0.000		V	
192	24.942	1255	299	0.000		V	
193	25.069	1803	444	0.000		V	
194	25.170	1226	349	0.000		V	
195	25.352	1046	400	0.000		V	
196	25.510	2200	484	0.000		V	
197	25.747	1032	323	0.000		V	
198	25.878	1378	412	0.000		V	
199	26.003	1264	364	0.000		V	
200	26.058	1123	384	0.000		V	
201	26.139	1251	392	0.000		V	
202	26.204	1806	467	0.000		V	
203	26.261	1113	522	0.000		V	
204	26.343	1798	382	0.000		V	
205	26.557	1681	395	0.000		V	
206	26.692	1039	310	0.000		V	
207	26.918	1476	407	0.000		V	
208	27.221	1111	420	0.000		V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
209	27.322	1047	474	0.000		V	
210	27.371	2026	499	0.000		V	
211	27.464	1826	539	0.000		V	
212	27.528	1126	374	0.000		V	
213	27.590	1128	406	0.000		V	
214	27.662	1125	203	0.000		V	
215	27.837	2380	474	0.000		V	
216	28.866	1096	341	0.000			
217	29.000	1757	379	0.000		V	
218	29.271	1002	325	0.000		V	
219	29.367	1328	335	0.000		V	
220	29.445	1043	219	0.000		V	
Total		113685885	32361705				



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้