การศึกษาฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระจากสาหร่ายขนาดเล็ก

STUDY ON THE EFFECTS OF ANTIOXIDANTS FROM MICROALGAE

ณัฐธิดา เจือนาค

ปัทมวรรณ ปราบคะเชน

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การศึกษาฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระจากสาหร่ายขนาดเล็ก

STUDY ON THE EFFECTS OF ANTIOXIDANTS FROM MICROALGAE

ณัฐธิดา เจือนาค

ปัทมวรรณ ปราบคะเชน

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

STUDY ON THE EFFECTS OF ANTIOXIDANTS FROM MICROALGAE

NATTIDA JUENAK

PATTHAMAWAN PRAPKHACHEN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF SCIENCE (INDUSTRIAL MICROBIOLOGY)

DEPARTMENT OF APPLIED BIOLOGY, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2017

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระจากสาหร่ายขนาดเล็ก

Study on the effects of antioxidants from microalgae

ชื่อนักศึกษา นางสาวณัฐธิดา เจือนาค รหัสนักศึกษา 57050826

นางสาวปัทมวรรณ ปราบคะเชน รหัสนักศึกษา 57050851

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชา ชีววิทยา

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.วีนา ชูโชติ

คณะวิทยาศาลตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.จิตติ ท่าไว ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม กรรมการ	
ผศ.วีนา ชูโชติ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระจากสาหร่ายขนาดเล็ก
ชื่อนักศึกษา	นางสาวณัฐธิดา เจือนาค รหัสนักศึกษา 57050826
	นางสาวปัทมวรรณ ปราบคะเชน รหัสนักศึกษา 57050851
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	ชีววิทยา
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล)
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วีนา ชูโชติ

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์ต่อการผลิตสารฟีนอลิกในอาหารสูตร N8 ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7 ผลการทดลองพบว่าสาหร่ายขนาดเล็ก 3 สายพันธุ์ที่มีปริมาณสารฟีประกอบนอลิกสูงคือ *Chlamydomonas* sp. P2-59, *Scenedesmus* sp.M10 และ *Chlorococcum* sp. AB1 หลังจากนั้นนำสาหร่ายที่คัดเลือก 3 สายพันธุ์มาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร N8 ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.5 พบว่า *Scenedesmus* sp. M10 มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงที่สุด มีค่าเป็น 0.042±0.01 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด (ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu), 0.330±0.07 มิลลิกรัมต่อกรัม (ด้วยHPLC) และร้อยละ18.61±8.06 (ด้วยวิธีDPPH)

คำสำคัญ : สาหร่ายขนาดเล็ก สารฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ การต้านอนุมูลอิสระ

Title	Study on the Effects of Antioxidants from Microalgae
Students	Miss. Nattida Juenak Student ID 57050826
	Miss. Patthamawan Prapkhachen Studant ID 57050851
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)
Department	Biology
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of technology ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2017
Advisor	Asst. Prof. Weena Choochote

Abstract

Study on growth and phenolic content of 15 microalgae strains, the culture were grown in N8 medium at pH 7. The results showed that three microalgae strains: *Chlamydomonas* sp. P2-59, *Scenedesmus* sp. M10 and *Chlorococcum* sp. AB1 were the high phenolic content. After that, the selected three microalgae strains were grown in N8 medium at pH 8.5. The results showed that *Scenedesmus* sp. M10 was the highest phenolic content, with values of 0.042±0.01 mg GAE/g in Folin-Ciocalteu, 0.33±0.07 mg/g in HPLC and 18.61±8.06% in the DPPH assay.

Keywords: Microalgae, Phenolic, Carotenoid, Antioxidant activity.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงงานพิเศษในหัวข้อเรื่อง การศึกษาฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระจากสาหร่ายขนาดเล็ก รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก ผศ.วีนา ชูโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ในการแก้ไขความบกพร่องต่างๆ รวมถึงการติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี รวมถึง รศ.ดร.จิตติ ท่าไว ประธานกรรมการสอบโครงงานพิเศษ และผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม กรรมการ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำข้อบกพร่อง เพื่อให้รายงานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ คุณวิทยา เขียวเขิน และนักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ สารเคมี อุปกรณ์ และคอยให้คำแนะนำเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนทุนในงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่ให้ความสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำโครงงานพิเศษ พี่นักศึกษาปริญญาโท และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการทำโครงงานพิเศษนี้ให้สำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานพิเศษนี้จะเป็นประโยชน์ด้านการศึกษาให้แก่ผู้อ่าน หากโครงงานวิจัยฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้จัดทำก็ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ณัฐธิดา เจือนาค

ปัทมวรรณ ปราบคะเชน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขต	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 สาหร่ายสีเขียว	4
2.2.1 *Chlorella* sp.	4
2.2.2 *Scenedesmus* sp	5
2.2.3 *Chlamydomonas* sp	6
2.2.4 *Chlorococcum* sp.	7
2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)	8
2.2.1 การศึกษาฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ	10
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 13

3.1 เชื้อสาหร่าย 13

3.2 สารเคมี 13

3.3 อุปกรณ์ 14

3.4 วิธีการทดลอง 14

3.4.1 การคัดแยกสาหร่ายขนาดเล็กจากแหล่งน้ำธรรมชาติ 14

3.4.2 การศึกษาการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กจำนวน 15 สายพันธุ์ 15

3.4.3 การศึกษาการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดเลือกมาจำนวน 3 สายพันธุ์ 16

3.4.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายขนาดเล็ก 16

3.5 ศึกษาคุณสมบัติของสารฟีนอลิก 18

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 18

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 19

4.1 การคัดแยกสาหร่ายขนาดเล็กจากแหล่งน้ำธรรมชาติ 19

4.2 ผลการศึกษาการเจริญของสาหร่ายขนาดต่อการผลิตสารประกอบฟีนอลิก 21

4.3 ผลการศึกษาการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดเลือกมาจำนวน 3 สายพันธุ์ 28

4.4 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายขนาดเล็ก 36

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 45

5.1 สรุปผลการทดลอง 45

5.2 ข้อเสนอแนะ 46

เอกสารอ้างอิง 47

ภาคผนวก ก 53

ภาคผนวก ข 54

ภาคผนวก ค 57

ภาคผนวก ง 59

ภาคผนวก จ 128

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงรายชื่อสาหร่ายที่ทำการคัดแยก	19
4.2 ค่าพารามิเตอร์การดูดกลืนแสง จำนวนเซลล์ น้ำหนักแห้ง อัตราการเจริญจำเพาะ ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ ที่ระยะการเจริญเติบโตคงที่	32
4.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แคโรทีนอยด์(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์	33
4.4 สารประกอบฟีนอลิก (mg GAE/g) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ ที่สกัดด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อและเม็ดลูกแก้ว	34
4.5 ปริมาณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ ที่สกัดด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อและเม็ดลูกแก้ว	35
4.6 ค่าพารามิเตอร์การดูดกลืนแสง จำนวนเซลล์ น้ำหนักแห้ง อัตราการเจริญจำเพาะ ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่เพาะเลี้ยงในค่าพีเอชที่ 8.5	42
4.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่เพาะเลี้ยงในค่าพีเอชที่ 8.5	43
4.8 ปริมาณแคโรทีนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วย DPPH และสารประกอบฟีนอลิกที่ทดสอบด้วยเครื่อง HPLC	44
ค-1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิก	57
ค-2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ สารประกอบฟีนอลิก	58
ตารางที่ ง-1 ผลการศึกษาระยะการเจริญของสาหร่าย 15 สายพันธุ์	59
ง-1.1 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlorella* sp. 3	59
ง-1.2 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlorella* sp. N11	60
ง-1.3 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlorella* sp. V55	61
ง-1.4 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlorella* sp. B	62
ง-1.5 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlorella* sp. VB55	63
ง-1.6 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. P2-59	64

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-1.7 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. B1-59 65

ง-1.8 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. PN2-60 66

ง-1.9 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. PN3-60 67

ง-1.10 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. PN5-60 68

ง-1.11 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. PN7-60 69

ง-1.12 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Scenedesmus* sp. M10 70

ง-1.13 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Scenedesmus* sp. M14 71

ง-1.14 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlorococcum* sp. AB1 72

ง-1.15 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlorococcum* sp. P1-60 73

ง-1.16 สรุปผลการศึกษาระยะการเจริญ (ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ 74

ง-1.17 สรุปผลการศึกษาระยะการเจริญ (น้ำหนักแห้ง) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ 77

ง-1.18 สรุปผลการศึกษาระยะการเจริญ (จำนวนเซลล์) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ 80

ตารางที่ ง-2 ผลการศึกษาระยะการเจริญของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ที่เลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 8.5 83

ง-2.1 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. P2-59 83

ง-2.2 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Scenedesmus* sp. M.10 84

ง-2.3 แสดงระยะการเจริญของสาหร่าย *Chlorococcum* sp. AB1 85

ง-2.4 สรุปผลการศึกษาระยะการเจริญ (ค่าการดูดกลืนแสง) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ที่เพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 8.5 86

ง-2.5 สรุปผลการศึกษาระยะการเจริญ (น้ำหนักแห้ง) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ที่เพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 8.5 87

ง-2.6 สรุปผลการศึกษาระยะการเจริญ (จำนวนเซลล์) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ที่เพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 8.5 88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ ง-3 ค่าพารามิเตอร์ของค่าการดูดกลืนแสง จำนวนเซลล์ น้ำหนักแห้ง และอัตราการเจริญจำเพาะ ในวันที่เข้าสู่ระยะการเจริญคงที่ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ 89

ง-3.1 แสดงอัตราการเจริญจำเพาะของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ 90

ง-3.2 แสดงอัตราการเจริญจำเพาะของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่เพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 8.5 91

ตารางที่ ง-4 ตารางผลการศึกษาปริมาณคลอโรฟิล์เอ บี แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบจากวิธี DPPH ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ 92

ง-4.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ 93

ง-4.1.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. 3 93

ง-4.1.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. N11 93

ง-4.1.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. V55 94

ง-4.1.4 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. B 94

ง-4.1.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. VB55 95

ง-4.1.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. P2-59 95

ง-4.1.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. B1-59 96

ง-4.1.8 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN2-60 96

ง-4.1.9 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN3-60 97

ง-4.1.10 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN5-60 97

ง-4.1.11 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN7-60 98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-4.1.12 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M10 98

ง-4.1.13 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M14 99

ง-4.1.14 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. AB1 99

ง-4.1.15 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. PN1-60 100

ง-4.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ 101

ง-4.2.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. 3 101

ง-4.2.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. N11 101

ง-4.2.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. V55 102

ง-4.2.4 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. B 102

ง-4.2.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. VB55 103

ง-4.2.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. P2-59 103

ง-4.2.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. B1-59 104

ง-4.2.8 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN2-60 104

ง-4.2.9 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN3-60 105

ง-4.2.10 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN5-60 105

ง-4.2.11 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN7-60 106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-4.2.12 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M10 106

ง-4.2.13 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M14 107

ง-4.2.14 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. AB1 107

ง-4.2.15 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. PN1-60 108

ง-4.3 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ 109

ง-4.3.1 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. 3 109

ง-4.3.2 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. N11 109

ง-4.3.3 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. V55 110

ง-4.3.4 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. B 110

ง-4.3.5 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. VB55 111

ง-4.3.6 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. P2-59 111

ง-4.3.7 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. B1-59 112

ง-4.3.8 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN2-60 112

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-4.3.9 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN3-60 113

ง-4.3.10 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN5-60 113

ง-4.3.11 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN7-60 114

ง-4.3.12 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M10 114

ง-4.3.13 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M14 115

ง-4.3.14 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. AB1 115

ง-4.3.15 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. PN1-60 116

ง-4.4 ปริมาณสารฟีนอลิก (mg GAE/g) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ 117

ง-4.5 ปริมาณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ 118

ตารางที่ ง-5 ตารางผลการศึกษาปริมาณคลอโรฟิล์เอ บี แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบจากวิธี DPPH เครื่อง HPLC ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5 119

ง-5.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5 120

ง-5.1.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. P2-59 120

ง-5.1.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M10 120

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-5.1.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. AB1 121

ง-5.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5 122

ง-5.2.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. P2-59 122

ง-5.2.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M10 123

ง-5.2.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. AB1 123

ง-5.3 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5 124

ง-5.3.1 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. P2-59 124

ง-5.3.2 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M10 125

ง-5.3.3 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. AB1 125

ง-5.4 ปริมาณสารฟีนอลิก (mg GAE/g) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5 126

ง-5.5 ปริมาณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5 126

ง-5.6 ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ ที่ทดสอบด้วยเครื่อง HPLC ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5 127

จ-1 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการเจริญของ 15 สายพันธุ์ 128

จ-1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าการดูดกลืนแสง จำนวนเซลล์ น้ำหนักแห้ง และอัตราการเจริญจำเพาะของ 15 สายพันธุ์ 129

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ-1.2 ตาราง ANOVA การเจริญของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ 138

จ-1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคลอโรฟิลล์เอ บี แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ 15 สายพันธุ์ 140

จ-1.4 ตาราง ANOVA ของคลอโรฟิลล์เอ บี แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ 15 สายพันธุ์ 154

จ-2 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการเจริญของ 3 สายพันธุ์คือ *Chlamydomonas* sp. P2-59, *Scenedesmus* sp. M10, *Chlorococcum* sp. AB1 ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 8.5 157

จ-2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญของ 3 สายพันธุ์ 157

จ-2.2 ตาราง ANOVA ของค่าการดูดกลืนแสง จำนวนเซลล์ น้ำหนักแห้ง และอัตราการเจริญจำเพาะของ 3 สายพันธุ์ เพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5 165

จ-2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคลอโรฟิลล์เอ บี แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH และเครื่อง HPLC ของ 3 สายพันธุ์ เพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 7.0 และ8.5 167

จ-2.4 ตาราง ANOVA ของคลอโรฟิลล์เอ บี แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH และเครื่อง HPLC ของ 3 สายพันธุ์ เพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5 183

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 *Chlorella* sp.	5
2.2 *Scenedesmus* sp.	6
2.3 *Chlamydomonas* sp.	7
2.4 *Chlorococcum* sp.	8
4.1 (ก.) *Chlamydomonas* sp. PN2-60 และ (ข.) *Chlamydomonas* sp. PN3-60 ที่คัดแยกจากบ่อน้ำคณะเกษตร ที่กำลังขยาย 40 เท่า	20
4.2 (ก.) *Chlamydomonas* sp. PN5-60 และ (ข.) *Chlamydomonas* sp. PN7-60 ที่คัดแยกจากบ่อน้ำคณะเกษตร ที่กำลังขยาย 40 เท่า	20
4.3 *Chlorococcum* sp. PN1-60 ที่คัดแยกจากบ่อน้ำคณะเกษตร ที่กำลังขยาย 40 เท่า	21
4.4 ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร) ของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์	29
4.5 จำนวนเซลล์ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์	30
4.6 น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อลิตร) ของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์	31
4.7 ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์	39
4.8 จำนวนเซลล์ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์	40
4.9 น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อลิตร)ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์	41
ข-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก	57
ข-2 กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก (วัดด้วยเครื่อง HPLC)	58

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ทำหน้าที่ปกป้องสิ่งมีชีวิตจากอนุมูลอิสระ (Free Radical) ที่ทำลายภูมิคุ้มกันของร่างกายทำให้ภูมิคุ้มกันของร่างกายอ่อนแอและอนุมูลอิสระสามารถทำลายเซลล์ร่างกายมนุษย์ (Venkatachalam, 2014) การทำลายของอนุมูลอิสระที่แสดงให้เห็นได้ชัดคือ การเกิดริ้วรอย แก่กว่าวัย โดยในร่างกายของเรามีอนุมูลอิสระตั้งแต่เกิด แต่ในช่วงอายุที่ยังน้อยร่างกายของเราสามารถที่จะต่อสู้กับอนุมูลอิสระได้ แต่พออายุมากขึ้นร่างกายมีการสะสมอนุมูลอิสระทั้งที่รับมาและที่มีอยู่ทำให้เวลาที่เราเครียด หรือพักผ่อนน้อยร่างกายก็จะอ่อนแอและไม่สามารถต่อสู้กับอนุมูลอิสระได้ ซึ่งในปัจจุบันมีการบริโภคสารต้านอนุมูลอิสระกันอย่างแพร่หลายในรูปแบบของอาหารเสริมที่สามารถเพิ่มภูมิคุ้มกันให้เราได้ เช่น การบริโภควิตามิน โดยการบริโภคสารต้านอนุมูลอิสระในรูปแบบของวิตามินนี้จะช่วยลดกระบวนการออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในร่างกาย เช่น การหายใจเราต้องการออกซิเจนในอากาศเข้าสู่ร่างกายเพื่อที่จะนำไปใช้ในการเผาผลาญอาหาร แต่ก็มีผลพลอยได้จากการหายใจคือ หายใจรับเอาฝุ่นควัน อากาศเป็นพิษทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลสำคัญในร่างกาย เช่น DNA ไขมัน โปรตีน (ธัชชัย, 2560) ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ ร่างกายอ่อนแอหรืออาจทำให้ถึงตายโดยโรคที่เห็นได้ชัดคือ โรคหัวใจขาดเลือด และโรคมะเร็ง (Poljsak, 2011)

สาหร่ายขนาดเล็ก (Microalgae) จัดอยู่ในอาณาจักรโมเนอรา (Monera) และอาณาจักรโปรติสตา (Protista) สาหร่ายขนาดเล็กมีการปรับตัวได้สูง สามารถเจริญได้ทั้งน้ำเค็ม น้ำจืด และน้ำกร่อย ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า สาหร่ายขนาดเล็กมีคุณสมบัติหลากหลาย เช่น ใช้เป็นแหล่งอาหาร การเกษตร สิ่งแวดล้อม และทางการแพทย์ ซึ่งอุดมไปด้วยคุณประโยชน์ที่หลากหลายรวมทั้งมีสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ ไขมัน เป็นต้น (ลัดดา, 2544)

ปัจจุบันมีการพัฒนาและมีการใช้สารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดจากสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ มีการเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไปในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง โดยสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากธรรมชาติสามารถนำมาใช้ทดแทนสารต้านอนุมูลอิสระที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมา (Jeong, et al. 2016) ซึ่งสาหร่ายขนาดเล็กเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้ในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ ในสาหร่าย

ขนาดเล็กมีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ และไฟโคไซยานิน ในอุตสาหกรรมอาหารจะมีการนำสารฟีนอลิกสังเคราะห์มาใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร สารฟีนอลิกสังเคราะห์ที่ใช้กันคือ BHA (Butylated hydroxyanisole) และBHT (Butylated hydroxytoluene) โดยใช้เป็นสารกันหืน สารฟีนอลิกจะใช้ตัวเองเป็นตัวรับอนุมูลอิสระและเป็นตัวรับไอออนของโลหะซึ่งจะยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ ทำให้ยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ที่มีอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุ (พิมพ์เพ็ญ, 2558) แต่ในประเทศแคนาดาได้ระบุว่า BHA และBHT เป็นสารอันตรายและเป็นพิษต่อร่างกายโดยเข้าไปรบกวนต่อมไร้ท่อ (Jeong, et al. 2016)

จากปัญหาการใช้สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์คือ BHA และBHT ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ดังนั้นโครงงานพิเศษนี้จึงได้ศึกษาฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระจากสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อนำสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้มาใช้ทดแทน BHA และBHT เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการบริโภคสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถผลิตได้จากสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติและไม่เป็นพิษต่อร่างกาย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กต่อการผลิตสารสีแคโรทีนอยด์ และสารฟีนอลิก 15 สายพันธุ์

2. เปรียบเทียบการสกัดสารสีแคโรทีนอยด์ สารประกอบฟีนอลิกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ และเม็ดลูกแก้ว

3. คัดเลือกสายพันธุ์ของสาหร่ายที่มีการผลิตสารสีแคโรทีนอยด์ และสารฟีนอลิกในปริมาณมากที่สุดจำนวน 3 สายพันธุ์ เพื่อนำมาขยายการเพาะเลี้ยงและทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และเครื่อง HPCL

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

คัดเลือกสายพันธุ์สาหร่ายขนาดเล็กจำนวน 15 สายพันธุ์ที่มีสารสีแคโรทีนอยด์ และสารฟีนอ-ลิก ในระยะการเจริญคงที่ของสาหร่าย แล้วนำมาสกัดด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อและเม็ดลูกแก้ว เพื่อให้ได้สาหร่ายขนาดเล็กจำนวน 3 สายพันธุ์ที่มีสารสีแคโรทีนอยด์ และสารฟีนอลิกสูงที่สุดที่คัดเลือกจากข้อ 1 โดยนำมาทดสอบสารสีแคโรทีนอยด์ด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย และทดสอบสารฟีนอลิกด้วยวิธี DPPH และเครื่อง HPCL

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กจำนวน 15 สายพันธุ์ที่มีการผลิตสารสีแคโรทีนอยด์และสารฟีนอลิก
2. ทราบวิธีการสกัดที่สามารถสกัดสารต้านอนุมูลอิสระออกมาได้ดีที่สุด

ทราบสายพันธุ์ของสาหร่ายที่มีการผลิตสารสีแคโรทีนอยด์ และสารฟีนอลิก ที่คัดเลือกสายพันธุ์จากข้อ 1 มาจำนวน 3 สายพันธุ์ ที่นำมาเพาะเลี้ยง และทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และเครื่อง HPCL

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สาหร่ายสีเขียว

สาหร่ายสีเขียว (Green algae) สาหร่ายสีเขียวจัดอยู่ในดิวิชันคลอโรไฟตา (Division Chlorophyta) รูปร่างเซลล์ของสาหร่ายสีเขียวมีหลายแบบ เช่น กลม รี กระสวย อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ และบางชนิดมีรูปร่างแบบเส้นสาย พบได้ทั่วไปในน้ำจืด มีส่วนน้อยที่สามารถเจริญได้ในน้ำทะเล สาหร่ายสีเขียวมีรงควัตถุจำพวกคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บีจำนวนมาก และมีแคโรทีนอยด์ซึ่งอยู่รวมกันในคลอโรพลาสต์ มีการสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจะเกิดจากการแตกหักเป็นท่อน (Fragmentation) ซูโอสปอร์ (Zoospore อะพลาโนสปอร์ (Aplanospore) และออโตสปอร์ (Autospore) การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเกิดจากแกมีทต่างเพศมีการรวมกันและปฏิสนธิเป็นไซโกต การรวมตัวกันของแกมีทแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบตามรูปร่างของแกมีทคือ ไอโซแกมี (Isogamy) แอนไอโซแกมี (Anisogamy) และโอโอแกมี (Oogamy) (ลัดดา, 2544)

2.2.1 *Chlorella* sp. (ลัดดา, 2544)

อนุกรมวิธาน

Division Chlorophyta

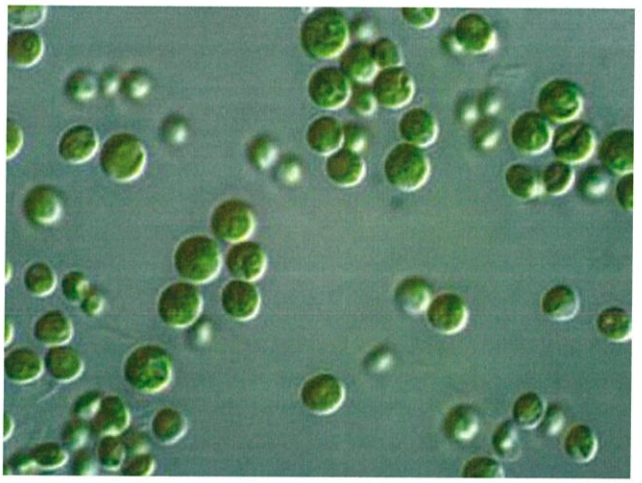
Class Chlorophyceae

Order Chlorellales

Family Chlorellaceae

Genus *Chlorella*

Chlorella sp. เป็นสาหร่ายเซลล์เดี่ยวขนาดเล็ก รูปร่างกลมหรือรูปไข่มีสีเขียว (รูปที่ 2.1) คลอโรพลาสต์เป็นรูปถ้วย ผนังเซลล์บาง เจริญเติบโตได้ในน้ำจืดและน้ำเค็ม พบอยู่ร่วมกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อยู่ในน้ำบางชนิด เป็นสาหร่ายที่ให้คุณค่าทางอาหารสูง มีไขมันร้อยละ 2-22 โปรตีนร้อยละ 51-58 และกรดนิวคลีอิกร้อยละ 4-5 ของน้ำหนัก (ลัดดา, 2544) มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการสร้างออโตสปอร์ สารต้านอนุมูลอิสระที่พบ เช่น คลอโรฟิลล์เอ (ดวงกมล, 2560)



รูปที่ 2.1 *Chlorella* sp.

ที่มา : https://healthbenefitsofeating.com

2.2.2 *Scenedesmus* sp. (ยุวดี, 2546)

อนุกรมวิธาน

Division Chlorophyta

Class Chlorophyceae

Order Sphaeropleales

Family Scenedesmaceae

Genus *Scenedesmus*

Scenedesmus sp. เป็นสาหร่ายที่อยู่รวมกันเป็นโคโลนี มีจำนวน 4-8 เซลล์เรียงต่อกันด้านข้าง เซลล์มีรูปร่างรียาวหรือรูปไข่ หัวท้ายแหลมหรือมน เซลล์ริมสุดทั้งสองด้านบางชนิดอาจมีหนามยื่นออกมา มีคลอโรพลาสต์เป็นแถบยาวและมีไพรีนอยด์ 1 อัน บางชนิดอาจไม่มีคลอโรพลาสต์ มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการสร้างสปอร์ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมีการรวมกันของแกมีทแบบไอโซแกมี สามารถเจริญได้ในแหล่งน้ำธรรมชาติ สารต้านอนุมูลอิสระที่พบ เช่น คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี เบตาแคโรทีน ไลโคปีน (ดวงกมล, 2560)

รูปที่ 2.2 *Scenedesmus* sp.

ที่มา : http://www.plingfactory.de/science/*Scenedesmus*.html

2.2.3 *Chlamydomonas* sp. (ยุวดี, 2646)

อนุกรมวิธาน

Division Chlorophyta

Class Chlorophyceae

Order Volvocales

Family Chlamydomonadaceae

Genus *Chlamydomonas*

Chlamydomonas sp. เป็นสาหร่ายเซลล์เดียว เซลล์มีรูปร่างกลมหรือรี มีแฟลกเจลลา 2 เส้น คลอโรพลาสต์รูปถ้วยหรือรูปตัว“H”เป็นแถบข้างเซลล์พบทั่วไปตามแหล่งน้ำจืดในประเทศไทย ในน้ำทะเลอาจจะพบได้เล็กน้อยทาง การเกษตรนิยมนำมาเลี้ยงเพื่ออนุบาลสัตว์น้ำ *Chlamydomonas* sp. มีการสืบพันธุ์ 2 แบบ คือการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการสร้างแกมีท เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมจะสร้างแคโรทีนอยด์ทุติยภูมิทำให้ผนังเซลล์หนาขึ้นกลายเป็นอะคินีท จึงให้สีเป็นสีส้มหรือสีแดง การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เซลล์แม่จะสร้างซูโดสปอร์ เมื่อสปอร์ออกสู่สภาพแวดล้อมภายนอกจะได้เซลล์ใหม่และสร้างแฟลกเจลลาขึ้น สารต้านอนุมูลอิสระที่พบ เช่น สารประกอบฟีนอลิก (ลินจง และคณะ, 2554)

รูปที่ 2.3 *Chlamydomonas* sp.

ที่มา : https://www.google,co.th/*Chlamydomonas*+sp

2.2.4 *Chlorococcum* sp. (ยุวดี, 2546)

อนุกรมวิธาน

Division Chlorophyta

Class chlorophyceae

Order Chlorellales

Family Palmellaceae

Genus *Chlorococcum*

Chlorococcum sp. เป็นสาหร่ายเซลล์เดี่ยวขนาดเล็ก เซลล์มีรูปร่างกลมมีไพรีนอยด์ 1 อัน หรือหลายอันอยู่ในคลอโรพลาสต์ มีคลอโรพลาสต์เป็นรูปถ้วย หรือเป็นแถบอยู่ข้างเซลล์ มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยมีการสร้างแกมีท ที่มีการรวมกันแบบไอโซแกมี และการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการสร้างซูโอสปอร์ หรืออะพลาโนสปอร์ สามารถพบได้ในน้ำจืด ผิวดิน หรือดินชื้น สารต้านอนุมูลอิสระที่พบ เช่น แคโรทีนอยด์ (Zhang et al, 1997)

รูปที่ 2.4 *Chlorococcum* sp.

ที่มา : http://protist.i.hosei.ac.jp/*Chlorococcum*.html

2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารประกอบที่สามารถป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชันได้หลายรูปแบบ เช่น กระบวนการออกซิเดชันที่เกิดภายในร่างกาย เช่น การย่อยสลายโปรตีนและไขมันจากอาหารที่กินเข้าไป โดยในแต่ละกลไกลจะใช้สารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันในการหยุดกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งในอีกแง่มุมหนึ่งกระบวนการเกิดออกซิเดชันเป็นกระบวนการที่สำคัญต่อร่างกาย เช่น การใช้ออกซิเจนจากอากาศที่หายใจเข้าไปไป เผาผลาญอาหารที่ร่างกายได้รับให้เป็นพลังงานสำหรับการทำงานของเซลล์ต่างๆ แต่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเป็นผลพลอยได้ อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลที่สำคัญในร่างกาย เช่น ไขมัน โปรตีน ดีเอ็นเอ จึงทำให้เกิดความเสียหายกับโมเลกุลดังกล่าว (ธัชชัย, 2560)

สารต้านอนุมูลที่พบสามารถพบได้ในอาหารหลายประเภท ได้แก่ พืช และผัก ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารประเภท วิตามินซี เบตาแคโรทีน แคโรทีนอยด์ สารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอลิก เช่น ฟลาโวนอยด์ ฟีนิลโพรพานอยด์ เป็นต้น ปัจจุบันพบว่าสารประกอบในกลุ่มโพลีฟีนอลิกเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้จาก *Chlorella* sp. *Chlorococcum* sp. *Scenedesmus* sp. เป็นต้น

1. วิตามินเอ

ในธรรมชาติจะพบวิตามินเอ เฉพาะในสัตว์เท่านั้น แต่ในพืชจะมีสารประกอบ แคโรทีนอยด์ที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ จัดเป็น Precursor ของวิตามินเอ เรียกว่า โปรวิตามิน มักพบในพืชผักใบเขียว ผักผลไม้ที่มีสีเหลือง หรือสีส้มแดง และสาหร่ายสีเขียว เช่น *Chlorella vulgaris* (Jaime, and Concepcion, 1990)

2. วิตามินบี

วิตามินบี เป็นวิตามินที่ละลายน้ำได้พบได้ในผลไม้ ธัญพืช สาหร่าย และปลาชนิดต่างๆ ประโยชน์ของวิตามินบี มีหลากหลายยกตัวอย่างเช่น ช่วยบำรุงประสาท กล้ามเนื้อ ทำให้หัวใจทำงานเป็นปกติ ช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตของร่างกาย และทำให้กระเพาะสามารถย่อยอาหารจำพวกแป้งได้ดี สาหร่ายที่พบวิตามินบี เช่น *Chlorella* sp. (Pratt and Johnson, 1968)

3. แคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุทั่วไปที่พบในธรรมชาติ จะถูกสังเคราะห์ขึ้นในคลอโรพลาสต์ของพืช และพบมากในผัก ผลไม้ และสาหร่ายสีเขียว แคโรทีนอยด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามองค์ประกอบ ดังนี้

1. แคโรทีน (Carotene) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่านั้น เช่น เบตาแคโรทีน อัลฟาแคโรทีน แกมมาแคโรทีน ไลโคปีน เป็นต้น ซึ่งเบตา-แคโรทีนเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ การเปลี่ยนรูปจากเบตาแคโรทีนไปเป็นวิตามินเอโดยการแตกพันธะคู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของโมเลกุล โดยใช้เอนไซม์ carotene deoxygenase เมื่อเบตาแคโรทีนสามารถดักจับอนุมูลอิสระเข้าไว้ในโมเลกุลแล้วโมเลกุลของเบตาแคโรทีนจะ อยู่ในลักษณะที่มีความเสถียร *Chlorococcum* sp. *Chlorella* sp. (กษิดิศ และสรวิศ, 2557)

2. ออกโซแคโรทีนอยด์ หรือ แซนโทฟิล เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลบริเวณวงแหวนประกอบด้วยกลุ่มอื่นนอกเหนือจากคาร์บอนและไฮโดรเจน เช่น เบตาคริบโทแซนทิน และลูทีน พบในสาหร่าย *Chlorococcum* sp. (Zhang, et al., 1997)

3. สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารกลุ่มใหญ่ที่พบในพืช สาหร่ายสีเขียวที่พบสารประกอบฟีนอลิก เช่น *Chlamydomonas* sp. (ลินจง และคณะ, 2554) ซึ่งโครงสร้างหลักประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติก แทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซี โดยมากเป็นสารที่มีขั้วละลายในตัวทำละลายจำพวกแอลกอฮอล์ได้ดี โครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบฟีนอลิกจะเกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลน้ำตาลตั้งแต่ 1 โมเลกุลขึ้นไปรวมกับหมู่ไฮดรอกซิล น้ำตาลที่พบมากที่สุดของในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก คือ กลูโคส นอกจากนั้นจึงพบว่าอาจมาจากการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลด้วยกันเองหรือสารประกอบฟีนอลกับสารประกอบอื่นๆ เช่น กรดคาร์บอกซิลิก กรดอินทรีย์ อะมีน และไขมัน (ศรีวัฒนา, 2547)

2.2.1 การศึกษาฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดความเสียงต่อโรคหลายโรคโดยเฉพาะโรคเรื้อรังที่สัมพันธ์กับอาหาร เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคสมอง (เช่น อัลไซเมอร์) เป็นต้น รวมทั้งชะลอกระบวนการบางขั้นตอนที่ทำให้เกิดการแก่โดยปกติร่างกายสามารถกำจัดอนุมูลอิสระก่อนที่มันจะทำอันตราย แต่ถ้ามีการสร้างอนุมูลอิสระเร็วหรือสร้างมากเกินกว่าร่างกายจะกำจัดได้ทัน อนุมูลอิสระจะสร้างความเสียหายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อได้ (ศรีวัฒนา, 2547)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลินจง และคณะ (2554) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็ก โดยทำการสกัดด้วยเอทานอล พบว่า *Chlamydomonas* sp. W53 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดอยู่ที่ 54.70 ±2.97 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ รองลงมาคือ *Chlorella* sp. ED53 ให้ค่าสารสกัดอยู่ที่ 39.70±10.32 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด

ดวงกมล (2560) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus armatus* และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารที่สกัด ทำการเพาะเลี้ยงในอาหาร BG11, N8 และBBM พบว่า BG11 สามารถเลี้ยงสาหร่ายได้มีความเข้มข้นเซลล์มากกว่าอาหารชนิดอื่น ที่มีความเข้มแสง 3,400 ลักซ์ จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้ ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ และบี เบต้าแคโรทีน และไลโคปีน เป็น 28.61, 11.02, 8.24 และ 7.08 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ

Ludmila (2015) ศึกษาสารฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยทำการสกัดสารด้วยน้ำ เมทานอล และอะซิโตน สาหร่ายที่ใช้คือ *Chlorella pyrenoidosa* สกัดที่อุณหภูมิและความเข้มข้นของสารสกัดแตกต่างกัน ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดโดยใช้เมทานอลร้อยละ100 ในการสกัดที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ให้ค่าสารสกัดที่ 25.8 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด

Zakaria, et al. (2017) ศึกษาเทคโนโลยีการใช้น้ำสำหรับการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากสาหร่าย *Chlorella* sp. และการประเมินผลเกี่ยวกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ จากการศึกษาทำการสกัดที่อุณหภูมิ 163 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที โดยใช้ความเข้มข้นของสาหร่ายร้อยละ 20 โดยน้ำหนักเซลล์แห้ง ผลการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ 58.73 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด

Karunamoorthy, et al. (2012) ศึกษาการประเมินคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของสาหร่าย *Chlorella marina* โดยทำการสกัดด้วยเมทานอลแล้วนำมาทดสอบด้วย folin-Ciocaiteu โดยใช้ตัวอย่าง 800 ไมโครลิตร เติม folin-Ciocaiteu รอเป็นเวลา 4 นาที แล้วเติมโซเดียมคาร์บอเนต 70 กรัมต่อลิตร เก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร ได้ค่าสารฟีนอลิกสูงสุดที่ 0.647±0.052 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด

Safafar, et al. (2015) ศึกษาแคโรทีนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก และโทโคฟีรอล ที่มีส่วนในการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายบางสายพันธุ์ที่เจริญในน้ำเสียอุตสาหกรรม ด้วยสาหร่าย *Chlorella sorokinia* 2 สายพันธุ์ คือ *Chlorella sorokinia* S1 และ *Chlorella sorokinia* S2 โดยทำการศึกษาองค์ประกอบของสารประกอบฟีนอลิกด้วยเครื่อง HPLC ทดสอบสารประกอบฟีนอลิกด้วย Folin method และทำการศึกษาองค์ประกอบของสารสีของคลอโรฟิลล์เอ และบี ผลการทดลองที่ได้ ให้ค่าสารประกอบฟีนอลิกของ *Chlorella sorokinia* S1 เท่ากับ 5.86±0.06 มิลลิกรัมต่อกรัม *Chlorella sorokinia* S2 มีค่าเท่ากับ 5.76±0.12 มิลลิกรัมต่อกรัม ให้ค่าแคโรทีนอยด์ที่ 4.978±0.06 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 2.92±0.15 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าของสารสีคลอโรฟิลล์เอมีค่าอยู่ที่ 1455±3.9 ไมโครกรัมต่อกรัม คลอโรฟิลล์บีมีค่าเท่ากับ 389.3±19 ไมโครกรัมต่อกรัม

Catarina, et al. (2013) ศึกษาการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเซลล์สาหร่ายขนาดเล็ก โดยทำการทดสอบด้วยวิธี ABTS ใช้สาหร่าย *Scenedesmus obliquus* M2-1 ในการศึกษา พบว่า *Scenedesmus obliquus* M2-1 มีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดอยู่ที่ 149±47 AAU

Ana, et al. (2011) ศึกษาสาหร่ายขนาดเล็กที่เป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์ โดยทำการศึกษาจากสาหร่าย *Chlorella valgaris* และ *Scenedesmus almeriensis* ทำการทดสอบด้วยกระบวนการทางชีวภาพ จากการสกัดชีวมวลจากตัวทำละลาย และสารสกัดจากตัวทำละลายอินทรีย์ โดยตั้งเงื่อนไขในการสกัดด้วยการใช้ความดันและอุณหภูมิต่างกัน 3 ค่า แต่ใช้เวลาในการสกัดเท่ากันทั้ง 3 ค่า พบว่าได้ค่าแคโรทีนอยด์สูงสุดอยู่ที่ 0.080 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ของชีวมวล โดยใช้ความดันที่ 350 บาร์ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที ส่วน *Scenedesmus almeriensis* ไม่พบค่าแคโรทีนอยด์จากการสกัดดังกล่าว

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เชื้อสาหร่าย

เชื้อสาหร่ายขนาดเล็กจำนวน 15 สายพันธุ์ เป็นสาหร่ายที่คัดแยกได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติ จำนวน 5 สายพันธุ์คือ *Chalmydomonas* sp. PN2-60, *Chalmydomonas* sp. PN3-60, *Chalmydomonas* sp. PN5-60, *Chalmydomonas* sp. PN7-60 และ *Chlorococcum sp.* PN1-60 เชื้อสาหร่ายขนาดเล็กจากห้องปฏิบัติการจำนวน 10 สายพันธุ์คือ *Chlorella* sp. 3, *Chlorella* sp. N11, *Chlorella* sp. V55, *Chlorella* sp. B, *Chlorella* sp. VB55, *Chalmydomonas* sp. P2-59, *Chalmydomonas* sp. B1-59, *Scenedesmus* sp. M10, *Scenedesmus* sp. M14 และ *Chlorococcum* sp. AB1

3.2 สารเคมี

3.2.1 อะซิโตน (Acetone) (RCI Labscan เกรด LR)

3.2.2 กรดแกลลิก (Gallic acid) (Sigma-aldrich เกรด AR)

3.2.3 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate: Na_2CO_3) (Ajax finechem เกรด AR)

3.2.4 โฟลินซิโอคาตูฟีนอลรีเอเจนท์ (Folin & Ciocalteu's phenol reagen) (Sigma-aldrich เกรด AR)

3.2.5 ดีพีพีเอช (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil: DPPH°) (Sigma-aldrich เกรด AR)

3.2.6 บิวทิวไฮดรอกซีโทลูอีน (Butylhydroxytoluene: BHT) (Sigma-aldrich เกรด AR)

3.2.7 เมทานอล (Methanol) (RCI Labscan เกรด LR)

3.2.8 อะซิโตไนไตรล์ (Acetonitrile) (RCI Labscan เกรด HPLC)

3.2.9 กรดอะซิติก (Acetic acid) (Ajax finechem เกรด LR)

3.2.10 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) (Ajax finechem เกรด AR)

3.3 อุปกรณ์

3.3.1 เครื่องเขย่า (Shaker) (GALLENKAMP รุ่น: SG9309025)

3.3.2 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centifuge) (Eppendorf Centrifuge รุ่น: 5415R) (Heraeus Megafuge 8R Centifuge)

3.3.3 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ (Autoclave) (Tomy High-Pressure Steam Sterilizer รุ่น: ES-315)

3.3.4 ตู้ปลอดเชื้อ (Lean Line รุ่น: LA-CLEANE BS-120)

3.3.5 กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light Microscope) (OLYMPUS รุ่น: CH30RF200)

3.3.6 เครื่องสเปกโตรโฟโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) (SHIMADZU รุ่น: UV-1280)

3.3.7 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (WTB Binder รุ่น: EP-53)

3.3.8 เครื่องชั่งแบบละเอียด (Sartorius รุ่น: BSA2245-CW)

3.3.9 โถดูดความชื้น (Desiccator) (Glaswerk Wertheim รุ่น: GL32)

3.3.10 เครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (Microplate reader) (Biochrom รุ่น: EZ Read 2000)

3.3.11 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (Yokokawa Electric รุ่น: PHB2)

3.3.12 เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography: HPLC) (SHIMADZU รุ่น: Nexera X2)

3.3.13 เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ เช่น ช้อนตักสาร เครื่องแก้ว จุกสาลี

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การคัดแยกสาหร่ายขนาดเล็กจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

3.4.1.1 เก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำที่สนใจมาตรวจหาสาหร่ายขนาดเล็กโดยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

3.4.1.2 ทำการแยกสาหร่ายขนาดเล็กด้วยเทคนิค spread plate โดยปิเปตตัวอย่างน้ำปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหารวุ้น N8 นำแท่งแก้วรูปตัวแอลลนไฟเกลี่ยตัวอย่างน้ำให้กระจายอย่างทั่วถึง ปิดฝาจานเพาะเชื้อจากนั้นนำไปวางในที่ที่มีแสงสว่างและอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 5-7 วัน

3.4.1.3 ทำการแยกสาหร่ายขนาดเล็กให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค streak plate นำโคโลนีเดี่ยวของตัวอย่างจากขั้นตอนที่ 3.4.1.2 มาใส่ในจานเพาะเชื้อที่มีอาหารวุ้น N8 บริเวณใกล้ขอบจานเพาะเชื้อ นำปลายห่วงเขี่ยเชื้อลนไฟ แล้วแตะที่โคโลนีเดี่ยวที่นำมา ลากเส้นขนานออกไป 3-4 เส้นโดยลากเส้นบนอาหารวุ้นเป็นรูป 5 เหลี่ยม เมื่อลากห่วงเขี่ยเชื้อมาแต่ละมุมของ 5 เหลี่ยมนี้ต้องเผาห่วงเขี่ยเชื้อซ้ำทุกครั้งเพื่อฆ่าเชื้อและให้ใช้เซลล์ที่ปลายสุดของการลากครั้งสุดท้ายเป็นเชื้อสำหรับการลากเส้น ปิดฝาจานเพาะเชื้อพลิกเอาก้นจานเพาะเชื้ออยู่ข้างบน รินอาหารเหลวหรือน้ำประปาฆ่าเชื้อที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วลงไปในจานเล็กน้อย เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารวุ้นแห้ง จากนั้นนำไปวางในที่ที่มีแสงสว่างและอุณหภูมิที่เหมาะสม ประมาณ 5-7 วัน

3.4.1.4 ตรวจสอบโคโลนีสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดแยกได้จากขั้นตอนที่ 3.4.1.3 โดยเขี่ยโคโลนีเดี่ยวของสาหร่ายมาตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยใช้ห่วงเขี่ยเชื้อเผาไฟแล้วเขี่ยเชื้อสาหร่ายบางส่วนของโคโลนีไปทาการเตรียมสไลด์สด (wet mount) ถ้าเซลล์สาหร่ายที่เขี่ยมาเป็นชนิดเดียวกัน (บริสุทธิ์) ให้ถ่ายเชื้อสาหร่ายลงในอาหารวุ้น N8 ชุดใหม่ โดยทำการลากบนอาหารวุ้น N8 เป็นรูป 5 เหลี่ยมในอาหารวุ้น N8 จานใหม่ จะทำให้เชื้อสาหร่ายมีความบริสุทธิ์ ถ่ายเชื้อสาหร่ายที่บริสุทธิ์ลงในหลอดทดลองที่มีอาหารวุ้น N8 แบบเอียง (slant) เพื่อเก็บไว้เป็น Stock culture

3.4.2 การศึกษาการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กจำนวน 15 สายพันธุ์

3.4.2.1 การเตรียมหัวเชื้อเริ่มต้นของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์ โดยเพาะเลี้ยงด้วยอาหาร N8 ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.0 ปริมาตร 200 มิลลิลิตรในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ให้แสงที่ความเข้มแสงเท่ากับ 2,000 ลักซ์ ตลอด 24 ชั่วโมง ทำการต่อเชื้อ (subculture) เมื่อมีความหนาแน่นของเซลล์มาก และตรวจสอบการปนเปื้อนอย่างสม่ำเสมอโดยส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรจนมีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.3-0.5

3.4.2.2 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กจำนวน 15 สายพันธุ์ โดยเพาะเลี้ยงในอาหาร N8 ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.0 ปริมาตร 200 มิลลิลิตรในในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ให้แสงที่ความเข้มแสงเท่ากับ 2,000 ลักซ์ ตลอด 24 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตรทุก 2 วัน จนกว่าการเจริญเติบโตถึงระยะคงที่ โดยวัดการเจริญดังนี้ วัดค่าการดูดกลืนแสง วัดปริมาณน้ำหนักแห้ง นับจำนวนเซลล์ด้วยฮีมาไซโตมิเตอร์ วัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (ภาคผนวก ข)

3.4.3 การศึกษาการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดเลือกมาจำนวน 3 สายพันธุ์

3.4.4.1 การเตรียมหัวเชื้อเริ่มต้นของสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดเลือกมาจำนวน 3 สายพันธุ์ โดยเพาะเลี้ยงด้วยอาหาร N8 ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 8.5 ปริมาตร 200 มิลลิลิตรในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ให้แสงที่ความเข้มแสงเท่ากับ 2,000 ลักซ์ ตลอด 24 ชั่วโมง ทำการต่อเชื้อ (subculture) เมื่อมีความหนาแน่นของเซลล์มาก และตรวจสอบการปนเปื้อนอย่างสม่ำเสมอโดยส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรจนมีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.3-0.5

3.4.4.2 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดเลือกมาจำนวน 3 สายพันธุ์ โดยเพาะเลี้ยงในอาหาร N8 ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 8.5 ปริมาตร 200 มิลลิลิตรในในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ให้แสงที่ความเข้มแสงเท่ากับ 2,000 ลักซ์ ตลอด 24 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตรทุก 2 วัน จนกว่าการเจริญเติบโตถึงระยะคงที่ โดยวัดการเจริญ ดังนี้ วัดค่าการดูดกลืนแสง วัดปริมาณน้ำหนักแห้ง นับจำนวนเซลล์ด้วยฮีมาไซโต-มิเตอร์ วัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (ภาคผนวก ข)

3.4.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายขนาดเล็ก

3.4.4.1 การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากสาหร่ายขนาดเล็กจำนวน 15 สายพันธุ์

1. การสกัดด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (ดัดแปลงมาจาก วสันต์ และคณะ, 2557) สกัดโดยนำตัวอย่างสาหร่ายขนาดเล็กแบบสดสกัดด้วยน้ำร้อน โดยใช้ตัวอย่างสด 1 กรัม ปั่นผสมรวมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วนระหว่างสาหร่ายต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1 ต่อ 9 น้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นให้ความร้อนกับสาหร่ายที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ครบเวลาแล้วนำสาหร่ายที่ได้ไปแยกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง โดยปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บส่วนใสไว้เพื่อทำการวิเคราะห์

2. การสกัดด้วยเม็ดลูกแก้ว (ดัดแปลงมาจาก Ismaiel. et al. 2014) เตรียมการสกัดโดยการผสมสาหร่าย (น้ำหนักแห้ง) 1 กรัม และลูกแก้ว (เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.45-0.55 มิลลิเมตร) 1 กรัม ในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 9 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสในช่องแช่แข็งของตู้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็งมาตรวจสอบว่าเซลล์สาหร่ายแตกโดยสมบูรณ์ผ่านกล้องจุลทรรศน์ นำตัวอย่างที่ผ่านการตรวจสอบว่าเซลล์แตกโดยสมบูรณ์แล้วมาปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสไว้ทำการวิเคราะห์

3.4.4.2 การตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-ciocalteu

1. นำตัวอย่างสาหร่ายที่ผ่านการสกัดจากขั้นตอนที่ 3.4.3.1 ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และน้ำกลั่น 0.4 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม Folin – ciocalteu phenol reagent ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยมีอัตราส่วนระหว่าง Folin – ciocalteu phenol reagent ต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 10 ต่อ 90 ปริมาตรต่อปริมาตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 8 นาที

2. นำตัวอย่างที่ตั้งทิ้งไว้จนครบเวลามาเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตร ปิดปากหลอดทดลองด้วยพาราฟิล์ม ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อนหรือจนกว่าจะมีสีน้ำเงิน

3. นำตัวอย่างจากขั้นตอนที่ 2 มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (ภาคผนวก ค) รายงานผลในหน่วย มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด

3.4.4.3 การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายขนาดเล็กด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil) (Brand-Wil liams. et al. 1995)

1. เติมสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.4 มิลลิโมล ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในช่องบนไมโครเพลทแถว A เพื่อเป็น Blank

2. เติมสารสกัดจากสาหร่ายทั้ง 15 สายพันธุ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.4.3.1 ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และสารละลายในเมทานอลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยมีอัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อน้ำกลั่นเป็น 20 ต่อ 80 ปริมาตรต่อปริมาตร ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงในช่องไมโครเพลทแถว B โดยเรียงลำดับจากช่องหมายเลข 1 ถึง 12 ผสมให้เข้ากัน ทำจำนวน 3 ซ้ำ เพื่อเป็น Background

3. เติมสารสกัดจากสาหร่ายทั้ง 15 สายพันธุ์ ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.4.3.1 ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.4 มิลลิโมล ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลทแถว C ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เพื่อดูการทำปฏิกิริยาระหว่างตัวอย่างกับสารละลาย DPPH (Sample) ทำจำนวน 3 ซ้ำ

4. วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโคเพลท ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร

$$\text{การต้านอนุมูลอิสระ (\%)} = A_{Blank} - \left(\frac{A_{Sample} - A_{Blackground}}{A_{Blank}}\right) \times 100$$

เมื่อ A_{Blank} คือการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH เพียงอย่างเดียว

A_{Sample} คือการดูดกลืนแสงของตัวอย่างในสารละลาย DPPH

$A_{Background}$ คือการดูดกลืนแสงของตัวอย่างในสารละลายเมทานอล

3.5 ศึกษาคุณสมบัติของสารฟีนอลิก

วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) ใช้ตัวอย่างสาหร่ายขนาดเล็ก 3 สายพันธุ์ที่มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงที่สุด โดยใช้คอลัมน์ C18 reverse phase ซึ่งจะสามารถแยกสารโดยทั่วไปได้ดี ใช้สารมาตรฐานคือกรดแกลลิกที่มีระดับความเข้มข้นดังนี้ 10, 20, 30, 40 และ60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้กรดอะซิติกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นตัวทำละลาย และใช้กรดอะซิติกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และอะซิโตไนไตรล์ เป็นโมบายเฟส ทำการวิเคราะห์ที่อัตราการไหลของสาร 0.7 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ที่ความยาวคลื่น 310 นาโนเมตร (Seal. 2016)

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ด้วยโปรแกรม IMB SPSS Statics 24 ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีวิเคราะห์ของ Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

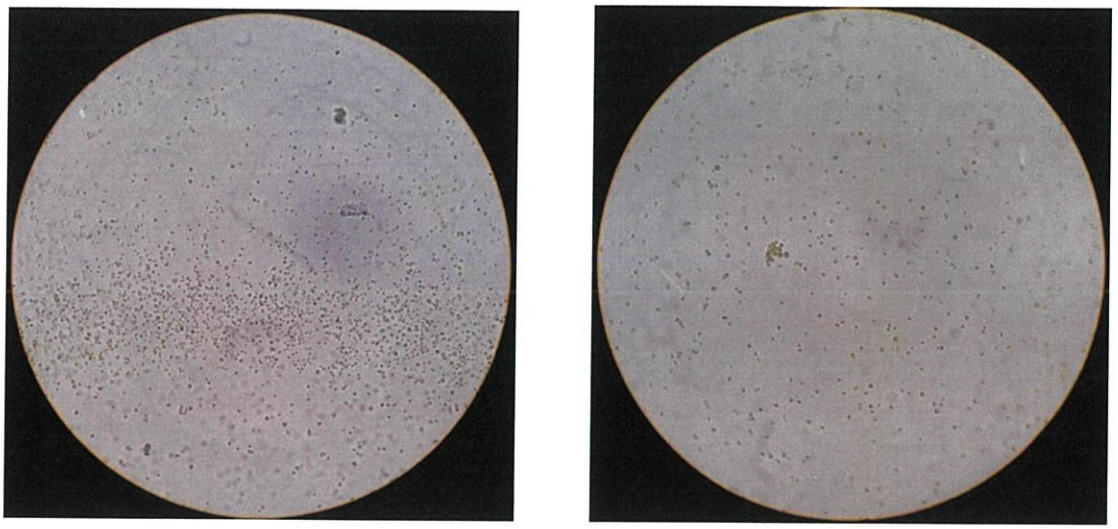
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การคัดแยกสาหร่ายขนาดเล็กจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

ทำการคัดแยกสาหร่ายขนาดเล็ก โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ นำมาคัดแยกด้วยเทคนิค spread plate และstreak plate สามารถคัดแยกสาหร่ายขนาดเล็กได้จำนวน 5 สาย-พันธุ์ คือ *Chlamydomonas* sp. PN2-60 (รูปที่ 4.1 ก. ตารางที่ 4.1), *Chlamydomonas* sp. PN3-60 (รูปที่ 4.1 ข.ตารางที่ 4.1) *Chlamydomonas* sp. PN5-60 (รูปที่ 4.2 ก.ตารางที่ 4.1), *Chlamydomonas* sp. PN7-60 (รูปที่ 4.2 ข.ตารางที่ 4.1) และ *Chlorococcum* sp. PN1-60 (รูปที่ 4.3. ตารางที่ 4.1)

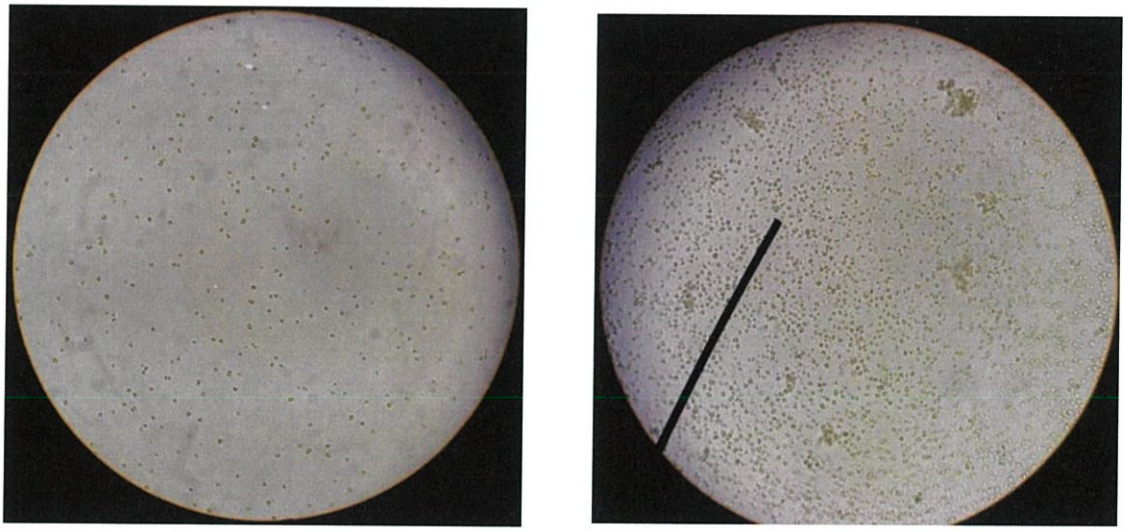
ตารางที่ 4.1 แสดงรายชื่อสาหร่ายที่ทำการคัดแยก และสายพันธุ์ที่คัดแยกจากห้องปฏิบัติการสาหร่าย

สาหร่าย	สถานที่เก็บ	วันที่
Chlamydomonas sp. PN2-60	บ่อน้ำคณะเกษตร	25 มกราคม 2561
Chlamydomonas sp. PN3-60	บ่อน้ำคณะเกษตร	25 มกราคม 2561
Chlamydomonas sp. PN5-60	บ่อน้ำคณะเกษตร	25 มกราคม 2561
Chlamydomonas sp. PN7-60	บ่อน้ำคณะเกษตร	25 มกราคม 2561
Chlamydomonas sp. P2-59	จากห้องปฏิบัติการสาหร่าย	-
Chlamydomonas sp. B1-59	จากห้องปฏิบัติการสาหร่าย	-
Chlorella sp. 3	จากห้องปฏิบัติการสาหร่าย	-
Chlorella sp. N-11	จากห้องปฏิบัติการสาหร่าย	-
Chlorella sp. V55	จากห้องปฏิบัติการสาหร่าย	-
Chlorella sp. VB55	จากห้องปฏิบัติการสาหร่าย	-
Chlorella sp. B	จากห้องปฏิบัติการสาหร่าย	-
Scenedesmus sp. M10	จากห้องปฏิบัติการสาหร่าย	-
Scenedesmus sp. M14	จากห้องปฏิบัติการสาหร่าย	-
Chlorococcum sp. AB1	จากห้องปฏิบัติการสาหร่าย	-
Chlorococcum sp. PN1-60	บ่อน้ำคณะเกษตร	25 มกราคม 2561



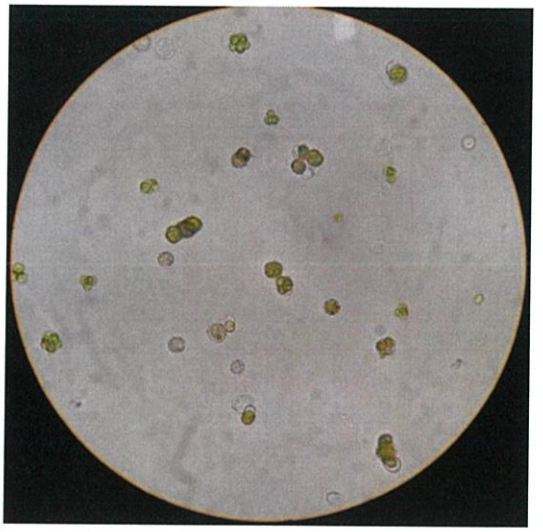
(ก.) (ข.)

รูปที่ 4.1 (ก.) *Chlamydomonas* sp. PN2-60 และ (ข.) *Chlamydomonas* sp. PN3-60 คัดแยกจากบ่อน้ำคณะเกษตร (กำลังขยาย 400 เท่า)



(ก.) (ข.)

รูปที่ 4.2 (ก.) *Chlamydomonas* sp. PN5-60 และ (ข.) *Chlamydomonas* sp. PN7-60 คัดแยกจากบ่อน้ำคณะเกษตร (กำลังขยาย 400 เท่า)



รูปที่ 4.3 *Chlorococcum* sp. PN1-60 คัดแยกจากบ่อน้ำคณะเกษตร (กำลังขยาย 400 เท่า)

4.2 ผลการศึกษาการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กต่อการผลิตสารประกอบฟีนอลิก

ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กจำนวน 15 สายพันธุ์ โดยเพาะเลี้ยงในอาหาร N8 ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ให้แสงที่ความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ ตลอด 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตรทุก 2 วัน จนกว่าการเจริญเติบโตจะคงที่ วัดการเจริญของสาหร่าย โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร นับจำนวนเซลล์ วัดค่าน้ำหนักแห้ง หาอัตราการเจริญจำเพาะ วัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ เมื่อการเจริญเติบโตถึงระยะคงที่นำสาหร่ายขนาดเล็กทั้ง 15 สายพันธุ์ มาทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ และเม็ดลูกแก้ว นำสารสกัดที่ได้มาทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-cioculteu (mg GAE/g) (ตารางที่ 4.2-4.5 และรูปที่ 4.4-4.6)

ในสภาวะการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีค่าพีเอช 7.0 สาหร่ายขนาดเล็กที่มีค่าการเจริญเติบโตสูงที่สุดโดยเลือกจากค่าการดูดกลืนแสง และน้ำหนักเซลล์แห้งเนื่องจากค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กัน คือ *Chlorococcum* sp. PN1-60 (ตารางที่ 4.2 และ4.3, รูปที่4.4 และ4.6) มีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 2.643±0.03 มีค่าปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้งเท่ากับ 3.733±1.16 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 22.00±0.58 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 18.27±0.70 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 75.87±0.81 มิลลิกรัมต่อลิตร

สาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตรองลงมาเป็นอับดับที่ 2 คือ *Scenedesmus* sp. M14 (ตารางที่ 4.2 และ 4.3, รูปที่4.4 และ4.6) มีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 2.555±0.04 มีค่าปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง 2.700±0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 11.26±0.73 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 9.00±0.66 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 31.95±0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร และสาหร่ายขนาดเล็กที่มีการเจริญเติบโตเป็นลำดับที่ 3 คือ *Chlamydomonas* sp. PN2-60 (ตารางที่ 4.2 และ4.3, รูปที่4.4 และ4.6) ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 2.456±0.03 มีค่าปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง 1.767±0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 55.69±0.37 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 18.15±0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 53.37±0.12 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยการเปรียบเทียบกับค่าการเจริญของสาหร่ายทั้ง 15 สายพันธุ์ แต่การเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กไม่สัมพันธ์กันกับการผลิตสารประกอบฟีนอลิก (ตารางที่ 4.2 และ4.3) เนื่องจากสาหร่ายขนาดเล็กที่มีการเจริญสูงจะผลิตสารประกอบฟีนอลิกต่ำ และสาหร่ายขนาดเล็กที่มีการเจริญต่ำจะผลิตสารประกอบฟีนอลิกสูง โดยสาหร่ายขนาดเล็กที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดคือ *Scenedesmus* sp. M10, *Chlorococcum* sp. AB1 และ *Chlamydomonas* sp. P2-59 (ตารางที่ 4.4) ค่าที่ได้จากวิธีการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 0.017±0, 0.021±0 และ0.017±0 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ และวิธีการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 0.027±0.01, 0.025±0 และ0.025±0 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ โดยสาหร่ายขนาดเล็กที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดคือ *Scenedesmus* sp. M10, *Chlorococcum* sp. AB1 และ *Chlamydomonas* sp. P2-59 (ตารางที่ 4.4) ค่าที่ได้จากวิธีการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 0.017±0, 0.021±0 และ 0.017±0 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ และวิธีการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 0.027±0.01, 0.025±0 และ0.025±0 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ โดยมีงานวิจัยของ Ismaiel. et al. (2014) ศึกษาผลของค่าพีเอชต่อสารต้านอนุมูลอิสระใน *Spirulina platensis* เพาะเลี้ยงในอาหาร Zarrouk ที่พีเอชแตกต่างกันได้แก่ 7.0 , 8.0 , 8.5, 9.0, 9.5, 10.0, 10.5 และ 11.0 พบว่าที่พีเอช 9.5 และ10.0 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ 12.1 และ11.9 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัดของการสกัด ตามลำดับ และที่ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสาหร่ายลดปริมาณการผลิตรงควัตถุในกรณีนี้การลดลงของการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงจะได้รับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงทดแทน

โดยมีผลการวิจัยของ ลินจง และคณะ (2554) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็ก โดยทำการสกัดด้วยเอทานอล พบว่า *Chlamydomonas* sp. W53 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดอยู่ที่ 54.70 ±2.97 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ รองลงมาคือ *Chlorella* sp. ED53 ให้ค่าสารสกัดอยู่ที่ 39.70±10.32 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด และเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Ludmila. (2015) ศึกษาสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยทำการสกัดสารด้วยน้ำ เมทานอล และอะซิโตน สาหร่ายที่ใช้คือ *Chlorella pyrenoidosa* สกัดที่อุณหภูมิและความเข้มข้นของสารสกัดแตกต่างกัน ได้ปริมาณสารฟีนอลิกสูงที่สุดโดยใช้เมทานอลร้อยละ100 ในการสกัดที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ให้ค่าสารสกัดที่ 25.8 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด และจากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ทดสอบได้ พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้วมีปริมาณสูงกว่าสารประกอบฟีนอลิกที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ แสดงให้เห็นว่าการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้วนั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

Chlorella sp. 3 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 8 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 1.810±0.01 จำนวนเซลล์เท่ากับ $4.67\pm0.13\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 0.700±0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 2.20±0 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 35.55±0.21 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 24.87±1.18 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 23.56±0.73 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3)

Chlorella sp. N-11 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 8 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 1.672±0.03 จำนวนเซลล์เท่ากับ $3.87\pm0.62\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 0.800±0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 2.17±0.03 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 20.52±1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 18.36±1.43 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 16.76±1.30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3)

Chlorella sp. V55 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 8 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 1.620±0.03 จำนวนเซลล์เท่ากับ $2.52\pm0.74\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 0.700±0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 2.13±0.04 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 12.01±0.76 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 14.93±1.39 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 9.13±0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3)

Chlorella sp. B อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 14 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 1.948±0.04 จำนวนเซลล์เท่ากับ $4.04\pm4.97\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 0.867±0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 1.20±0.09 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 42.98±0.44 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 13.37±0.80 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 40.86±0.63 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3)

Chlorella sp. VB55 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 14 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 2.376±0.01 จำนวนเซลล์เท่ากับ $7.63\pm0.24\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 1.100±0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 1.29±0 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 21.71±0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 11.72±0.91 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 21.47±0.07มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3)) เมื่อเปรียบเทียบผลจากการศึกษาของเบญจพร และคณะ (2555) เพาะเลี้ยง *Chlorella* sp. ในอาหารสูตร BG-11 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ในสภาวะการเขย่าที่ 160 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องภายใต้การให้แสงฟูออเรสเซนต์อย่างต่อเนื่องที่มีความเข้มแสงที่ 2,000 ลักซ์พบว่า *Chlorella* sp. มีการเจริญที่เข้าสู่ระยะคงที่ในช่วงวันที่ 14-24 ของการเพาะเลี้ยง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ *Chlorella* sp. 3 *Chlorella* sp. N-11, *Chlorella* sp. V55, *Chlorella* sp. B และ *Chlorella* sp. VB55 พบว่า *Chlorella* sp. เข้าสู่ระยะการเจริญคงที่ใกล้เคียงกับ *Chlorella* sp. B และ *Chlorella* sp. VB55 ส่วนสายพันธุ์อื่นเข้าสู่ระยะการเจริญคงที่เร็วกว่า

Chlamydomonas sp. P2-59 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 14 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 2.355±0.03 จำนวนเซลล์เท่ากับ $5.35\pm0.35\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 2.133±0.68 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 1.27±0 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 28.68±0.49 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 17.92±1.27 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 87.35±1.29มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3)

Chlamydomonas sp. B1-59 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 14 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 2.044±0.02 จำนวนเซลล์เท่ากับ $8.41\pm1.31\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 1.200±0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 1.30±0.01 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 63.74±0.36 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 28.00±0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 60.38±0.44 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3)

Chlamydomonas sp. PN2-60 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 2.456±0.03 จำนวนเซลล์เท่ากับ $5.42\pm0.30\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 1.767±0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 1.11±0 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 55.69±0.37 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 18.15±0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 53.37±0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3)

Chlamydomonas sp. PN3-60 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 14 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 2.363±0.02 จำนวนเซลล์เท่ากับ $5.42\pm0.21\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 1.467±0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 1.27±0 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 20.11±0.29 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 11.58±0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 69.42±1.37มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3)

Chlamydomonas sp. PN5-60 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 2.080±0.03 จำนวนเซลล์เท่ากับ $13.89\pm0.66\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 1.200±0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 1.17±0 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 55.74±0.37 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 31.37±2.29 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 33.01±1.40 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3)

Chlamydomonas sp. PN7-60 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 8 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 0.749±0.03 จำนวนเซลล์เท่ากับ $0.67\pm0.11\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 0.900±0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 1.96±0.02 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 32.39±1.23 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 12.16±0.86 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 38.32±1.51 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3) เมื่อเปรียบเทียบผลจากการศึกษาของ เบญจพร และคณะ (2555) เพาะเลี้ยง *Chlamydomonas* sp. ในอาหารสูตร BG-11 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ในสภาวะการเขย่าที่ 160 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องภายใต้การให้แสงฟูออเรสเซนต์อย่างต่อเนื่องที่มีความเข้มแสงที่ 2,000 ลักซ์พบว่า *Chlamydomonas* sp. มีการเจริญเข้าสู่ระยะคงที่ในวันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสาหร่ายสายพันธุ์ *Chlamydomonas* sp. P2-59, *Chlamydomonas* sp. B1-59, *Chlamydomonas* sp. PN2-60, *Chlamydomonas* sp. PN5-60 และ *Chlamydomonas* sp. PN3-60 พบว่ามีระยะการเจริญคงที่ใกล้เคียงกัน แต่มีสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. PN7-60 ที่มีการเจริญเข้าสู่ระยะที่คงที่เร็วกว่า

Scenedesmus sp. M10 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 1.216±0.02 จำนวนเซลล์เท่ากับ $0.14\pm0.02\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 0.933±0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 2.32±0.03 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 5.97±0.54 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 9.87±2.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 112.98±0.99 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3)

Scenedesmus sp. M14 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 2.555±0.04 จำนวนเซลล์เท่ากับ $0.53\pm0.15\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 2.700±0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 0.86±0.02 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 11.26±0.73 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 9.00±0.66 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 31.95±0.50มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3) เมื่อเปรียบเทียบผลจากการศึกษาของ เบญจพร และคณะ (2012) เพาะเลี้ยง *Chlamydomonas* sp. ในอาหารสูตร BG-11 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ในสภาวะการเขย่าที่ 160 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องภายใต้การให้แสงฟูออเรสเซนต์อย่างต่อเนื่องที่มีความเข้มแสงที่ 2,000 ลักซ์พบว่า *Chlamydomonas* sp. มีการเจริญเข้าสู่ระยะคงที่ในวันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสาหร่ายสายพันธุ์ *Chlamydomonas* sp. P2-59, *Chlamydomonas* sp. B1-59, *Chlamydomonas* sp. PN2-60, *Chlamydomonas* sp. PN5-60 และ *Chlamydomonas* sp. PN3-60 พบว่ามีระยะการเจริญคงที่ใกล้เคียงกัน แต่มีสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. PN7-60 ที่มีการเจริญเข้าสู่ระยะที่คงที่เร็วกว่า

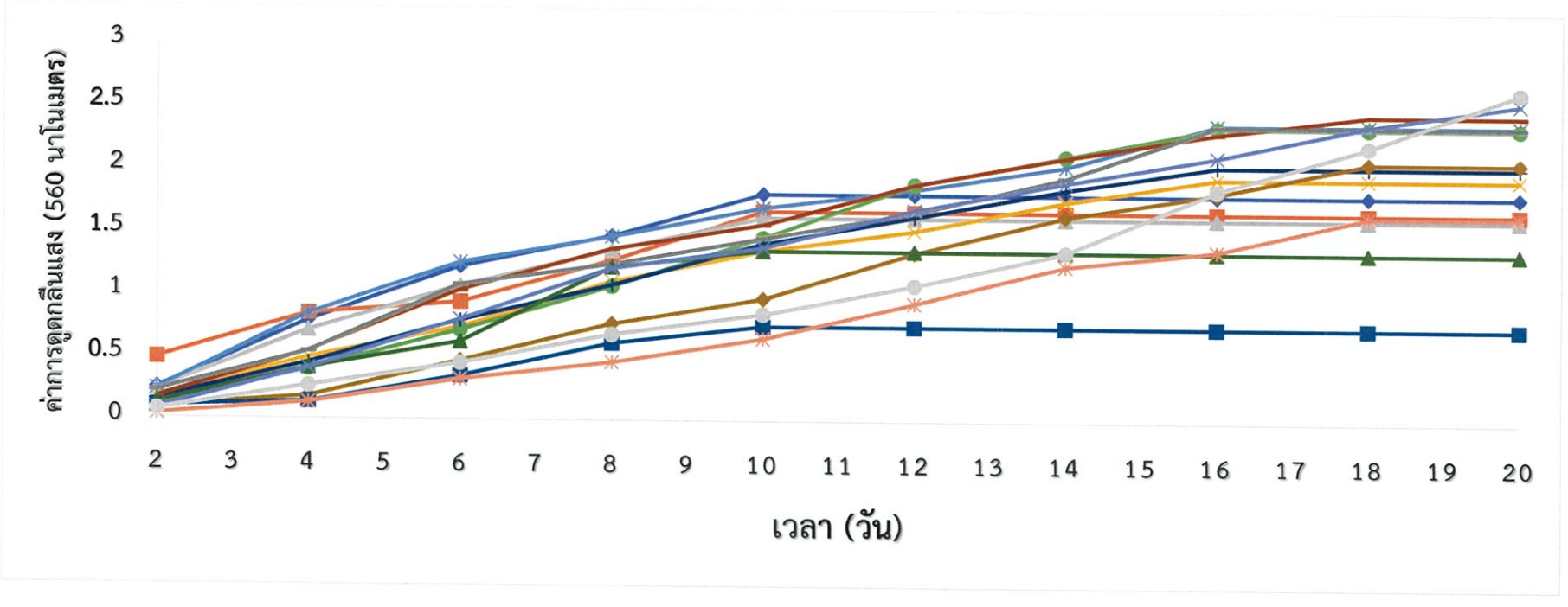
Chlorococcum sp. AB1 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 1.651±0.04 จำนวนเซลล์เท่ากับ $0.70\pm0.12\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 1.500±0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 1.08±0.10 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 7.77±0.44 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 13.36±0.93 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 211.86±0.75มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3)

Chlorococcum sp. PN1-60 อัตราการเจริญเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่วันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 2.643±0.03 จำนวนเซลล์เท่ากับ $0.66\pm0.02\times10^{7}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 3.733±1.16 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 0.87±0 ต่อวัน สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 22.00±0.58 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บี 18.27±0.70 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 75.87±0.81 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.2 และ4.3) และเมื่อเปรียบเทียบผลจากการศึกษาของ กัญญาณัท และคณะ (2559) เพาะเลี้ยง *Chlorococcum* sp. ในอาหารสูตร N-8 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ในสภาวะการเขย่าที่ 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องภายใต้การให้แสงฟรูออเรสเซนต์อย่างต่อเนื่องที่มีความเข้มแสงที่ 2,000 ลักซ์พบว่า *Chlorococcum* sp. เข้าสู่ระยะการเจริญคงที่วันที่ 14 ของการเพาะเลี้ยง

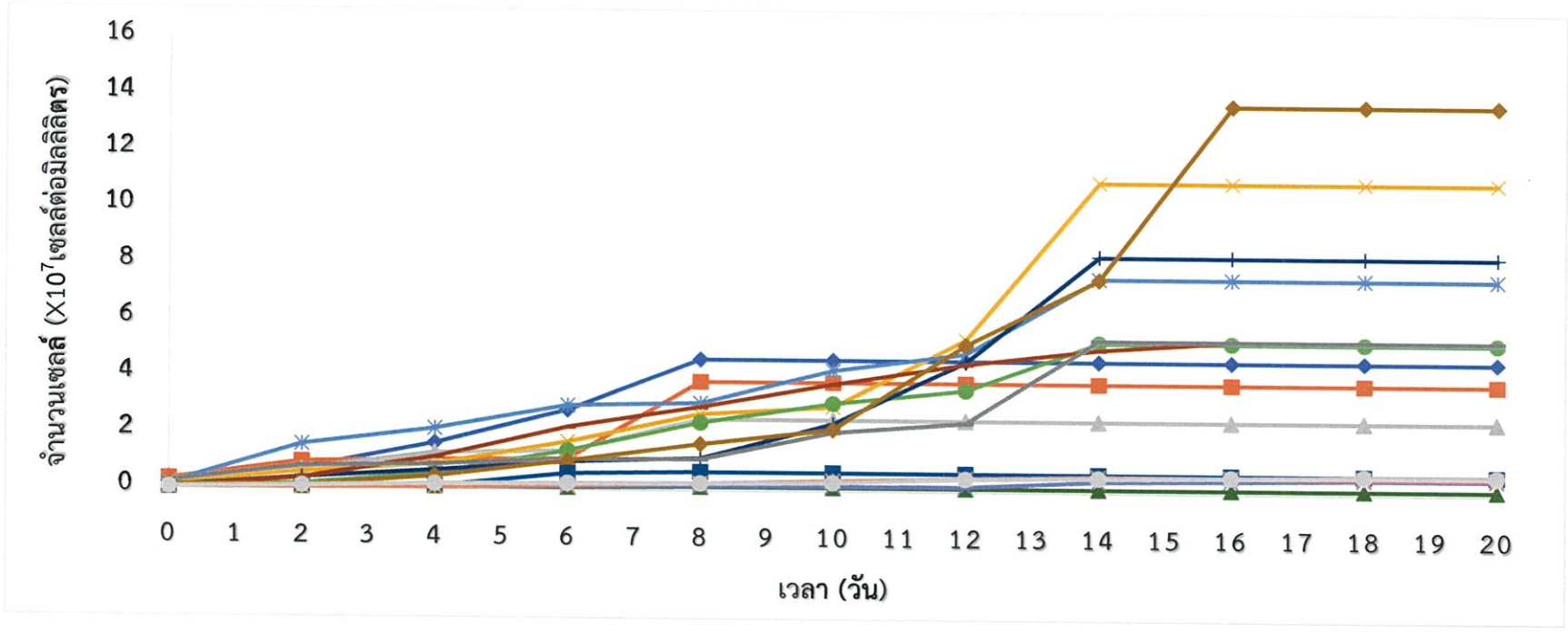
ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระยะการเจริญกับสาหร่ายสายพันธุ์ *Chlorococcum* sp. AB1 และ *Chlorococcum* sp. PN1-60 พบว่ามีระยะการเจริญคงที่ใกล้เคียงกัน

4.3 ผลการศึกษาการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดเลือกมาจำนวน 3 สายพันธุ์

คัดเลือกสาหร่ายขนาดเล็กที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดจำนวน 3 สายพันธุ์ คือ *Chlamydomonas* sp. P2-59, *Scenedesmus* sp. M10 และ *Chlorococcum* sp. AB1 โดยเพาะเลี้ยงในอาหาร N8 ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.5 ปริมาตร 200 มิลลิลิตรในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที โดยให้แสงที่ความเข้มแสงเท่ากับ 2,000 ลักซ์ ตลอด 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตรทุก 2 วัน จนกว่าการเจริญเติบโตจะถึงระยะคงที่ วัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่คัดเลือกมาทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร นับจำนวนเซลล์ วัดค่าน้ำหนักแห้ง หาอัตราการเจริญจำเพาะ วัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (ตารางที่ 4.6 และ4.7, รูปที่ 4.7-4.9)

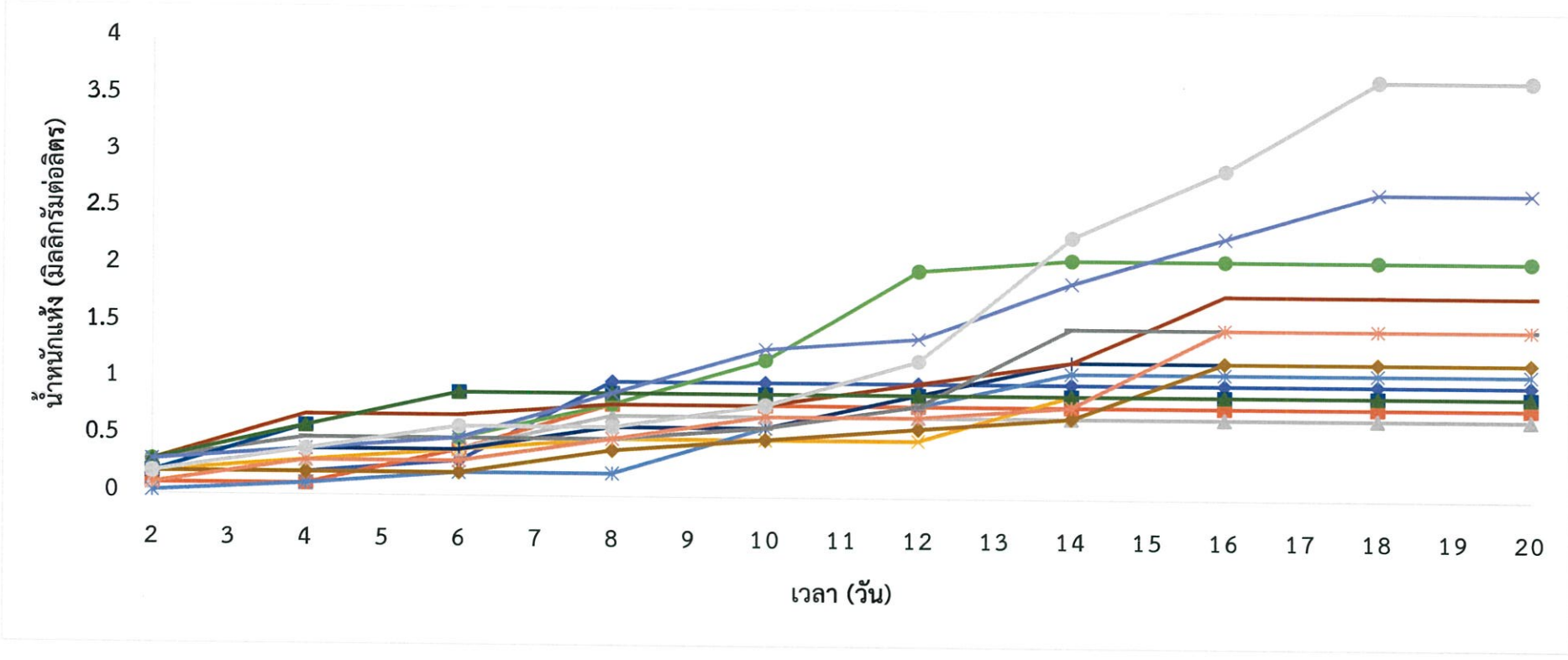


รูปที่ 4.4 ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร) ของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์



รูปที่ 4.5 จำนวนเซลล์ (x10^{7}เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์ คือ

Chlorella sp. 3, *Chlorella* sp. N -11, *Chlorella* sp. V55, *Chlorella* sp. B, *Chlorella* sp. VB55, *Chlamydomonas* sp. P2-59, *Chlamydomonas* sp. B1-59, *Chlamydomonas* sp. PN2-60, *Chlamydomonas* sp. PN3-60, *Chlamydomonas* sp. PN5-60, *Chlamydomonas* sp. PN7-60, *Scenedesmus* sp. M10, *Scenedesmus* sp. M14, *Chlorococcum* sp. AB1, *Chlorococcum* sp. PN1-60



รูปที่ 4.6 น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์

ตารางที่ 4.2 ค่าการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0

สายพันธุ์สาหร่าย	วันที่เข้าสู่ระยะคงที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)	จำนวนเซลล์ ($\times 10^7$เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	อัตราการเจริญจำเพาะ ($\times 10^7$ต่อวัน)
Chlorella sp. 3	8	1.810 ± 0.01^{g}	4.67 ± 0.13^{de}	0.700 ± 0.53^{ef}	2.20 ± 0^{b}
Chlorella sp. N-11	8	1.672 ± 0.03^{h}	3.87 ± 0.62^{de}	0.800 ± 0.12^{ef}	2.17 ± 0.03^{bc}
Chlorella sp. V55	8	1.620 ± 0.03^{i}	2.52 ± 0.74^{ef}	0.700 ± 0^{ef}	2.13 ± 0.04^{c}
Chlorella sp. B	14	1.948 ± 0.04^{f}	4.04 ± 4.97^{de}	0.867 ± 0.12^{ef}	1.20 ± 0.09^{fg}
Chlorella sp. VB55	14	2.376 ± 0.01^{d}	7.63 ± 0.24^{bc}	1.100 ± 0.10^{def}	1.29 ± 0^{e}
Chlamydomonas sp. P2-59	14	2.355 ± 0.03^{d}	5.35 ± 0.35^{cd}	2.133 ± 0.68^{bc}	1.27 ± 0^{ef}
Chlamydomonas sp. B1-59	14	2.044 ± 0.02^{e}	8.41 ± 1.31^{b}	1.200 ± 0.10^{def}	1.30 ± 0.01^{e}
Chlamydomonas sp. PN2-60	16	2.456 ± 0.03^{c}	5.42 ± 0.30^{cd}	1.767 ± 0.06^{cd}	1.11 ± 0^{hi}
Chlamydomonas sp. PN3-60	14	2.363 ± 0.02^{d}	5.42 ± 0.21^{cd}	1.467 ± 0.40^{cde}	1.27 ± 0^{ef}
Chlamydomonas sp. PN5-60	16	2.080 ± 0.03^{e}	13.89 ± 0.66^{a}	1.2 ± 0.10^{def}	1.17 ± 0^{gh}
Chlamydomonas sp. PN7-60	8	0.749 ± 0.03^{k}	0.67 ± 0.11^{f}	0.900 ± 0.20^{ef}	1.96 ± 0.02^{d}
Scenedesmus sp. M10	6	1.216 ± 0.02^{j}	0.14 ± 0.02^{f}	0.933 ± 0.15^{ef}	2.32 ± 0.03^{a}
Scenedesmus sp. M14	18	2.555 ± 0.04^{b}	0.53 ± 0.15^{f}	2.700 ± 0.40^{b}	0.86 ± 0.02^{j}
Chlorococcum sp. AB1	16	1.651 ± 0.04^{hi}	0.70 ± 0.12^{f}	1.500 ± 0^{cde}	1.08 ± 0.10^{i}
Chlorococcum sp. PN1-60	18	2.643 ± 0.03^{a}	0.66 ± 0.02^{f}	3.733 ± 1.16^{a}	0.87 ± 0^{j}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD)

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึง ความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มในคอลัมน์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ตารางที่ 4.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แคโรทีนอยด์ ของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0

สายพันธุ์สาหร่าย	วันที่เข้าสู่ระยะคงที่	คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Chlorella sp. 3	8	35.55±0.21^{d}	24.87±1.18^{c}	23.56±0.73^{k}
Chlorella sp. N-11	8	20.52±1.00^{h}	18.36±1.43^{d}	16.76±1.30^{m}
Chlorella sp. V55	8	12.01±0.76^{i}	14.93±1.39^{e}	9.13±0.22^{n}
Chlorella sp. B	14	42.98±0.44^{c}	13.37±0.80^{ef}	40.86±0.63^{h}
Chlorella sp. VB55	14	21.71±0.50^{g}	11.72±0.91^{fg}	21.47±0.07^{l}
Chlamydomonas sp. P2-59	14	28.68±0.49^{f}	17.92±1.27^{d}	87.35±1.29^{c}
Chlamydomonas sp. B1-59	14	63.74±0.36^{a}	28.00±0.14^{b}	60.38±0.44^{f}
Chlamydomonas sp. PN2-60	16	55.69±0.37^{b}	18.15±0.53^{d}	53.37±0.12^{g}
Chlamydomonas sp. PN3-60	14	20.11±0.29^{h}	11.58±0.53^{fg}	69.42±1.37^{e}
Chlamydomonas sp. PN5-60	16	55.74±0.37^{b}	31.37±2.29^{a}	33.01±1.40^{j}
Chlamydomonas sp. PN7-60	8	32.39±1.23^{e}	12.16±0.86^{f}	38.32±1.51^{i}
Scenedesmus sp. M10	6	5.97±0.54^{k}	9.87±2.05^{gh}	112.98±0.99^{b}
Scenedesmus sp. M14	18	11.26±0.73^{i}	9.00±0.66^{h}	31.95±0.50^{j}
Chlorococcum sp. AB1	16	7.77±0.44^{j}	13.36±0.93^{ef}	211.86±0.75^{a}
Chlorococcum sp. PN1-60	18	22.00±0.58^{g}	18.27±0.70^{d}	75.87±0.81^{d}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD)

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึง ความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มในคอลัมน์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (mg GAE/g) ของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์ ที่ทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อและเม็ดลูกแก้ว ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0

สายพันธุ์สาหร่าย	สารประกอบฟีนอลิก (mg GAE/g)	
	สกัดด้วยหม้อนึ่งน้ำ	สกัดด้วยเม็ดลูกแก้ว
Chlorella sp. 3	0.012 ± 0^{de}	0.015 ± 0^{bc}
Chlorella sp. N-11	0.014 ± 0^{bcde}	0.015 ± 0^{bc}
Chlorella sp. V55	0.014 ± 0^{bcd}	0.014 ± 0^{bc}
Chlorella sp. B	0.013 ± 0^{bcde}	0.015 ± 0^{bc}
Chlorella sp. VB55	0.017 ± 0^{b}	0.022 ± 0.01^{abc}
Chlamydomonas sp. P2-59	0.017 ± 0^{bc}	0.025 ± 0^{ab}
Chlamydomonas sp. B1-59	0.012 ± 0^{de}	0.013 ± 0^{c}
Chlamydomonas sp. PN2-60	0.010 ± 0^{e}	0.016 ± 0^{abc}
Chlamydomonas sp. PN3-60	0.016 ± 0^{bc}	0.019 ± 0^{abc}
Chlamydomonas sp. PN5-60	0.012 ± 0^{de}	0.013 ± 0^{c}
Chlamydomonas sp. PN7-60	0.013 ± 0^{cde}	0.016 ± 0^{abc}
Scenedesmus sp. M10	0.017 ± 0^{b}	0.027 ± 0.01^{a}
Scenedesmus sp. M14	0.014 ± 0^{bcd}	0.016 ± 0^{abc}
Chlorococcum sp. AB1	0.021 ± 0^{a}	0.025 ± 0^{ab}
Chlorococcum sp. PN1-60	0.016 ± 0^{bc}	0.019 ± 0^{abc}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD)

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึง ความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มในคอลัมน์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ตารางที่ 4.5 ปริมาณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ ที่ทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อและเม็ดลูกแก้ว ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0

สายพันธุ์สาหร่าย	DPPH ร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ	
	สกัดด้วยหม้อนึ่งน้ำ	สกัดด้วยเม็ดลูกแก้ว
Chlorella sp. 3	2.36±3.39^{ab}	13.61±-3.78^{cd}
Chlorella sp. N-11	2.78±1.97^{ab}	11.67±5.79^{d}
Chlorella sp. V55	4.03±5.28^{abc}	13.05±2.55^{cd}
Chlorella sp. B	12.2±5.2^{abcde}	18.89±6.19^{bcd}
Chlorella sp. VB55	7.78±6.3^{abcde}	20.14±3.59^{bcd}
Chlamydomonas sp. P2-59	16.95±9.22^{de}	40.97±6.99^{a}
Chlamydomonas sp. B1-59	0.93±1.62^{a}	10.42±1.10^{d}
Chlamydomonas sp. PN2-60	10.3±3.7^{abcde}	13.19±7.18^{cd}
Chlamydomonas sp. PN3-60	3.61±3.07^{abc}	10.00±8.61^{d}
Chlamydomonas sp. PN5-60	2.50±4.33^{ab}	21.67±8.05^{bcd}
Chlamydomonas sp. PN7-60	15.8±13.8^{cde}	21.67±8.05^{bcd}
Scenedesmus sp. M10	19.31±5.04^{e}	25.14±4.74^{bc}
Scenedesmus sp. M14	15.28±9.7^{cde}	26.11±2.95^{b}
Chlorococcum sp. AB1	14.72±4.4^{bcde}	41.08±11.48^{a}
Chlorococcum sp. PN1-60	5.55±6.10^{abcd}	9.72±8.66^{d}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD)

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึง ความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มในคอลัมน์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

4.4 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายขนาดเล็ก

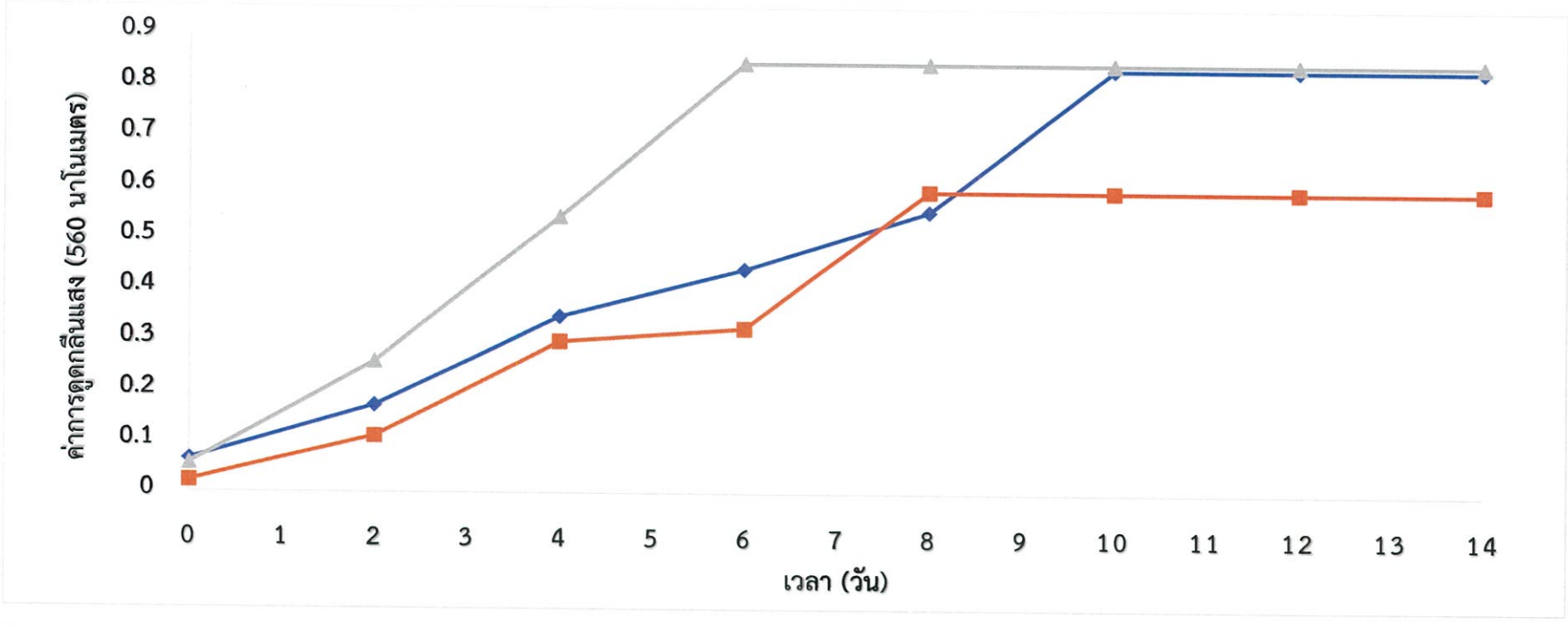
ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดเลือกมาจำนวน 3 สายพันธุ์ โดยวิเคราะห์ร้อยละการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้เครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกด้วยเครื่อง HPLC มีสารละลายกรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน พบว่าในสภาวะการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.5 สาหร่ายขนาดเล็กที่มีค่าการเจริญเติบโตสูงที่สุดโดยเลือกจากน้ำหนักแห้ง และจำนวนเซลล์ เนื่องจากค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กัน คือ *Chlamydomonas* sp. P2-59 (ตารางที่ 4.6 และ4.7, รูปที่ 4.7-4.9) มีค่า จำนวนเซลล์เท่ากับ 0.72±0.04 เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีค่าปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้งเท่ากับ 0.867±0.46 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะอยู่ที่ 1.58±0x10^7 ต่อวัน ค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.834±0.03 สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 6.45±0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 7.12±0.66 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 13.09±1.06 มิลลิกรัมต่อลิตร สาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตรองลงมาเป็นอับดับที่ 2 คือ *Scenedesmus* sp. M10 (ตารางที่ 4.6 และ4.7, รูปที่ 4.7-4.9) มีค่าจำนวนเซลล์เท่ากับ 0.09±0.05 เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีค่าปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง 0.433±0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะอยู่ที่ 2.26±0.11x10^7 ต่อวัน ค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.844±0.02 สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 3.27±0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 4.55±0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 19.19±0.93 มิลลิกรัมต่อลิตร และสาหร่ายขนาดเล็กที่มีการเจริญเติบโตเป็นลำดับที่ 3 คือ *Chlorococcum* sp. AB1 (ตารางที่ 4.6 และ 4.7, รูปที่ 4.7-4.9) ซึ่งมีค่าจำนวนเซลล์ 0.13±0.05 เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีค่าปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง 0.867±0.55 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญจำเพาะอยู่ที่ 1.75±0.05x10^7ต่อวัน ค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.596±0 สามารถผลิตคลอโรฟิลล์เอได้ 3.56±0.36 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตคลอโรฟิลล์บีได้ 4.17±0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ 13.33±0.77 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสาหร่ายขนาดเล็กที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดคือ *Scenedesmus* sp. M10 อันดับที่ 2 คือ *Chlorococcum* sp. AB1 และสาหร่ายที่ให้ค่าสารฟีนอลิกต่ำที่สุดคือ *Chlamydomonas* sp. P2-59 (ตารางที่ 4.8) มีปริมาณสารประกอบฟี-นอลิกที่ทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับ 0.026±0, 0.022±0 และ0.023±0 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้วเท่ากับ 0.042±0.01, 0.032±0 และ0.025±0 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัดของการสกัดตามลำดับ โดยมีงานวิจัยของ Ismaiel. et al. (2014) ศึกษาผลของค่าความเป็นกรด-ด่างต่อสารต้านอนุมูลอิสระใน *Spirulina platensis* เพาะเลี้ยงในอาหาร Zarrouk ที่พีเอชแตกต่างกันได้แก่ 7.0 , 8.0 , 8.5,

9.0, 9.5, 10.0, 10.5 และ 11.0 พบว่าที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 9.5 และ10.0 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ 12.1 และ11.9 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัดของการสกัดตามลำดับ และที่ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสาหร่ายลดปริมาณการผลิตรงควัตถุในกรณีนี้การลดลงของการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงจะได้รับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงทดแทน

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายขนาดเล็กจำนวน 15 สายพันธุ์ที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0 พบว่าสาหร่ายขนาดเล็กที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดที่ทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อคือ *Chlorococcum* sp. AB1 อันดับ 2 คือ *Chlamydomonas* sp. P2-59 และอันดับสุดท้ายคือ *Scenedesmus* sp. M10 (ตารางที่ 4.5) มีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 14.72±4.40, 16.95±9.22 และ19.31±5.04 ตามลำดับ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดที่ทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับ 41.08±11.48, 40.97±6.99 และ 25.14±4.74 ตามลำดับ

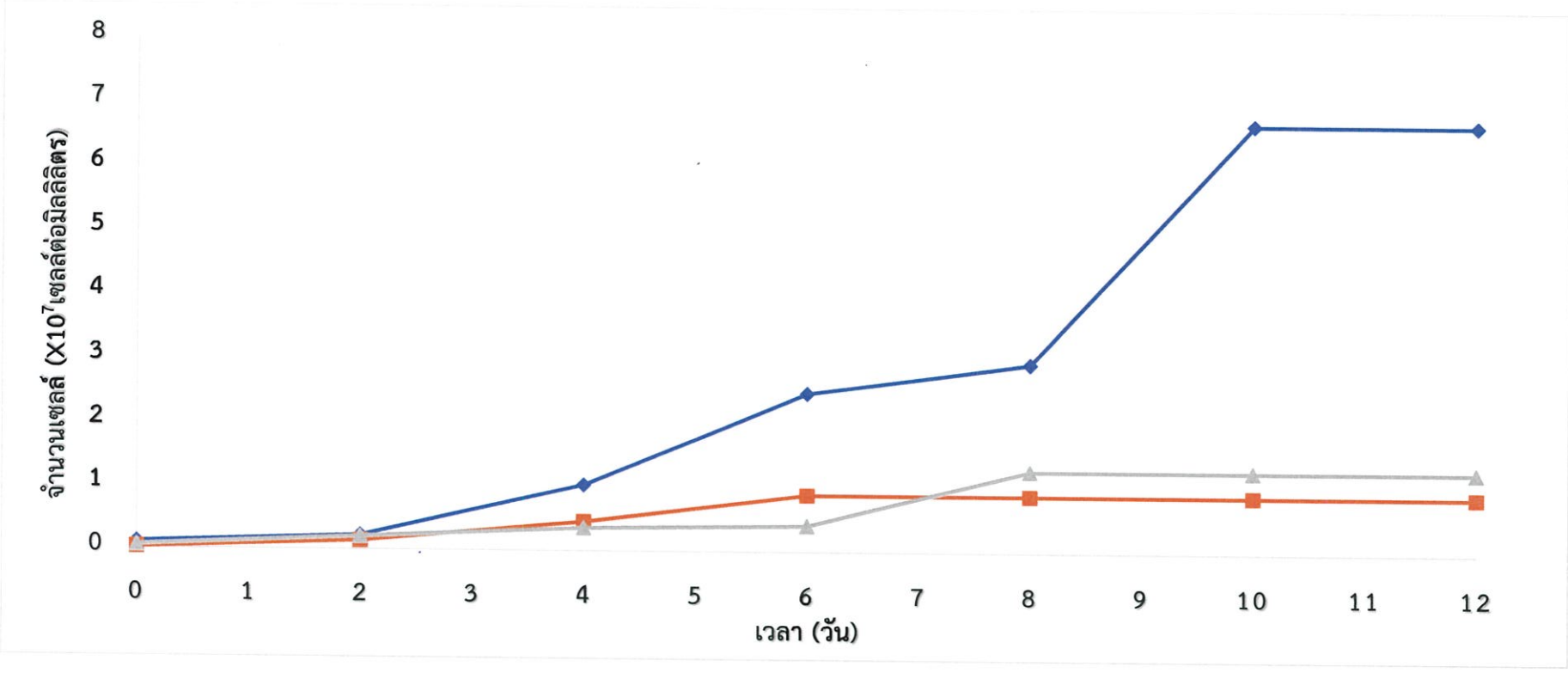
จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดเลือกมาจำนวน 3 สายพันธุ์ที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.5 พบว่าสาหร่ายขนาดเล็กที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดคือ *Scenedesmus* sp. M10 มีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 14.31±15.05 จากการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ และ18.61±8.06 จากการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว และมีค่าสารประกอบฟีนอลิกที่วิเคราะห์ได้จากเครื่อง HPLC เท่ากับ 0.013±0 และ0.330±0.07 มิลลิกรัมต่อกรัม ของการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ และการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว ตามลำดับ รองลงมาคือ *Chlorococcum* sp. AB1 (แสดงในตารางที่ 4.8) มีค่า ร้อยละการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 2.22±2.55 จากการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ และ17.08±4.64 จากการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว และมีค่าสารประกอบฟีนอลิกที่วิเคราะห์ได้จากเครื่อง HPLC เท่ากับ 0.004±0 และ0.217±0.03 มิลลิกรัมต่อกรัม ของการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ และการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว ตามลำดับ และสาหร่ายขนาดเล็กที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดคือ *Chlamydomonas* sp. P2-59 (แสดงในตารางที่ 4.8) มีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 1.11±0.96 จากการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ และ13.20±0.87จากการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว และมีค่าสารประกอบฟีนอลิกที่วิเคราะห์ได้จากเครื่อง HPLC เท่ากับ 0.001±0 และ 0.008±0 มิลลิกรัมต่อกรัม ของการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ และการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว ตามลำดับ สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.5 ให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.5 สูงกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0

โดยมีงานวิจัยของ Ludmila (2015) ศึกษาปริมาณสารฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์อาหารที่ผสมสาหร่ายขนาดเล็กคือ *Chlorella pyrenoidosa* และ *Spirulina platensis* พบว่าชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยเครื่อง HPLC โดยการใช้น้ำเป็นตัวทำละลายผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยเครื่อง HPLC คือ *Chlorella pyrenoidosa* 5.0 ± 0.2 และ *Spirulina platensis* 0.0 ไมโครกรัมต่อกรัมของตัวอย่างเมื่อเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิก

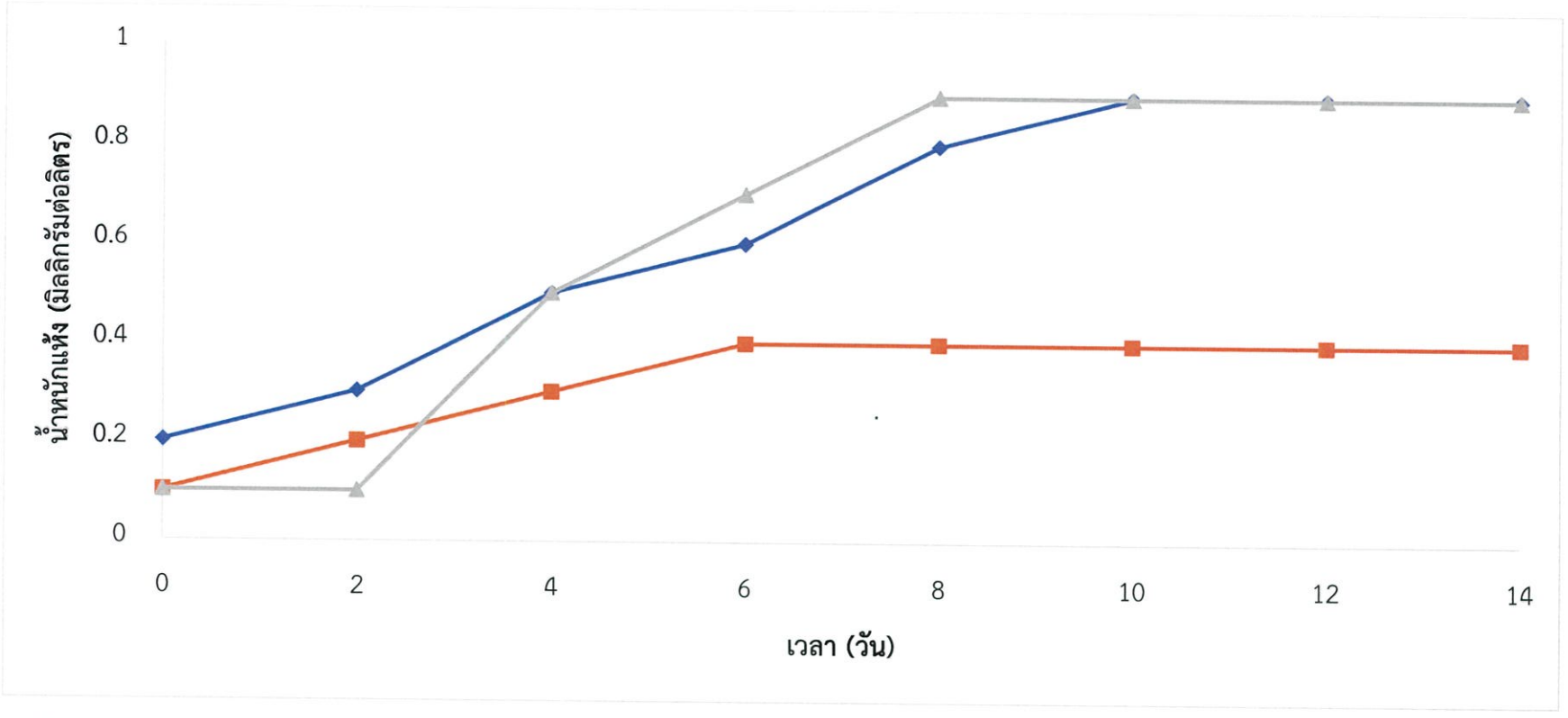


รูปที่ 4.7 ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร) ของสาหร่ายขนาดเล็ก 3 สายพันธุ์

Chlamydomonas sp. P2-59 *Scenedesmus* sp. 10 *Chlorococcum* sp. AB1



รูปที่ 4.8 จำนวนเซลล์ (x10^{7}เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ของสาหร่ายขนาดเล็ก 3 สายพันธุ์



รูปที่ 4.9 น้ำหนักแห้ง ของสาหร่ายขนาดเล็ก 3 สายพันธุ์ คือ

ตารางที่ 4.6 ค่าการดูดกลืนแสง จำนวนเซลล์ น้ำหนักเซลล์แห้ง อัตราการเจริญจำเพาะ ของสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดเลือกมาจำนวน 3 สายพันธุ์ ที่เพาะเลี้ยงในค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.0 และ8.5

สายพันธุ์สาหร่าย	pH	วันที่เข้าสู่ระยะคงที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)	จำนวนเซลล์ ($x10^7$เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	อัตราการเจริญจำเพาะ (ต่อวัน)
Chlamydomonas sp. P2-59	7.0	14	2.355 ± 0.03^{a}	5.35 ± 0.35^{a}	2.133 ± 0.68^{a}	1.27 ± 0^{d}
	8.5	10	0.834 ± 0.03^{d}	0.72 ± 0.04^{b}	0.867 ± 0.46^{bc}	1.58 ± 0^{c}
Scenedesmus sp. M10	7.0	6	1.216 ± 0.02^{c}	0.14 ± 0.02^{c}	0.933 ± 0.15^{bc}	2.32 ± 0.03^{a}
	8.5	6	0.844 ± 0.02^{d}	0.09 ± 0.05^{c}	0.433 ± 0.06^{c}	2.26 ± 0.11^{a}
Chlorococcum sp. AB1	7.0	16	1.620 ± 0.03^{b}	0.70 ± 0.12^{b}	1.500 ± 0.55^{ab}	1.08 ± 0.10^{e}
	8.5	8	0.596 ± 0^{e}	0.13 ± 0.05^{c}	0.867 ± 0.55^{bc}	1.75 ± 0.05^{b}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD)

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึง ความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มในคอลัมน์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณคลอดรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี ของสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดเลือกมาจำนวน 3 สายพันธุ์ ที่เพาะเลี้ยงในค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.0 และ 8.5

สายพันธุ์สาหร่าย	pH	คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Chlamydomonas sp. P2-59	7.0	28.68±0.49^{a}	17.92±1.27^{a}	87.35±1.29^{c}
	8.5	6.45±0.08^{c}	7.12±0.66^{d}	13.09±1.06^{e}
Scenedesmus sp. M10	7.0	5.97±0.54^{c}	9.87±2.05^{c}	112.98±0.99^{b}
	8.5	3.27±0.32^{d}	4.55±0.60^{e}	19.19±0.05^{d}
Chlorococcum sp. AB1	7.0	7.77±0.44^{b}	13.36±0.93^{b}	211.86±0.75^{a}
	8.5	3.56±0.36^{d}	4.17±0.13^{e}	13.33±0.77^{e}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD)

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึง ความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มในคอลัมน์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณของแคโรทีนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วย DPPH และสารประกอบฟีนอลิกที่ทดสอบด้วยเครื่อง HPLC

สายพันธุ์สาหร่าย		สารประกอบฟีนอลิก (mg GAE/g)		% Radical scavenging activity (DPPH)		สารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมต่อกรัม) (HPLC)	
		การทำให้เซลล์ด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ	การทำให้เซลล์ด้วยเม็ดลูกแก้ว	การทำให้เซลล์ด้วยหม้อนึ่งน้ำ	การทำให้เซลล์ด้วยเม็ดลูกแก้ว	การทำให้เซลล์ด้วยหม้อนึ่งน้ำ	การทำให้เซลล์ด้วยเม็ดลูกแก้ว
Chlamydomonas sp. P2-59	7.0	0.017 ± 0^{b}	0.025 ± 0^{a}	16.95 ± 9.22^{ab}	40.97 ± 6.99^{a}	-	-
	8.5	0.023 ± 0^{ab}	0.025 ± 0^{a}	1.11 ± 0.96^{c}	13.20 ± 0.87^{b}	0.001 ± 0^{a}	0.008 ± 0^{a}
Scenedesmus sp. M10	7.0	0.017 ± 0^{b}	0.027 ± 0.01^{a}	19.31 ± 5.04^{a}	25.14 ± 4.74^{b}	-	-
	8.5	0.026 ± 0^{a}	0.042 ± 0.01^{a}	14.31 ± 15.05^{abc}	18.61 ± 8.06^{b}	0.013 ± 0^{a}	0.330 ± 0.07^{b}
Chlorococcum sp. AB1	7.0	0.021 ± 0^{ab}	0.025 ± 0^{a}	14.72 ± 4.40^{abc}	41.08 ± 11.48^{a}	-	-
	8.5	0.022 ± 0^{ab}	0.032 ± 0^{a}	2.22 ± 2.55^{bc}	17.08 ± 4.64^{b}	0.004 ± 0^{a}	0.217 ± 0.03^{b}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD)

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึง ความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มในคอลัมน์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ศึกษาการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กต่อการผลิตสารประกอบฟีนอลิกในอาหารที่ความเป็นกรด-ด่าง 7.0 พบว่าสาหร่ายขนาดเล็กที่มีการเจริญสูงที่สุดคือ *Chlorococcum* sp. PN1-60รองลงมาคือ *Scenedesmus* sp. M14 และ *Chlamydomonas* sp. PN2-60 มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรคือ 2.643±0.003, 2.555±0.004 และ2.456±0.003 ตามลำดับ มีค่าปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้งคือ 3.733±1.16, 2.700±0.40 และ1.767±0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และสาหร่ายขนาดเล็กที่ทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดคือ *Scenedesmus* sp. M10 รองลงมาคือ *Chlorococcum* sp. AB1 และ *Chlamydomonas* sp. P2-59 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 0.027±0.01, 0.025±0 และ0.025±0 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัดของการสกัด

5.1.2 ศึกษาการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กที่คัดเลือก 3 สายพันธุ์ต่อการผลิตสารประกอบฟีนอลิกในอาหารที่ความเป็นกรด-ด่าง 7.0 และ8.5 พบว่าที่ความเป็นกรด-ด่าง 7.0 สาหร่ายมีการเจริญ และค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าที่ความเป็นกรด-ด่าง 8.5 โดยสาหร่ายขนาดเล็กที่มีการเจริญสูงที่สุดคือ *Chlamydomonas* sp. P2-59 รองลงมาคือ *Chlorococcum* sp. AB1 และ *Scenedesmus* sp. M10 มีค่าปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้งคือ 2.133±0.68, 1.500±0.55 และ 0.933±0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่าจำนวนเซลล์คือ $5.35\pm0.35\times10^7$, $0.70\pm0.12\times10^7$ และ $0.14\pm0.02\times10^7$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และสาหร่ายขนาดเล็กที่มีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดคือ *Chlorococcum* sp. AB1 รองลงมาคือ *Chlamydomonas* sp. P2-59 และ *Scenedesmus* sp. M10 มีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระคือ 41.08±11.48, 40.97±6.99 และ25.14±4.74 ตามลำดับ ที่ความเป็นกรด-ด่าง 8.5 พบว่าสาหร่ายขนาดเล็กที่ทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้วมีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดคือ *Scenedesmus* sp. M10 รองลงมาคือ *Chlorococcum* sp. AB1 และ*Chlamydomonas* sp. P2-59 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกคือ 0.042±0.01, 0.032±0 และ0.025±0 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด (วิธี Folin-cioculteu) และ0.033±0.07,0.217±0.03 และ0.008±0 มิลลิกรัมต่อกรัม (HPLC) ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 คัดแยกสาหร่ายขนาดเล็กจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีความหลากหลาย เช่น ทะเล น้ำตก และแม่น้ำ เป็นต้น เพื่อนำมาศึกษาการเจริญต่อการผลิตสารประกอบฟีนอลิก การผลิตสารสี และศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กษิดิศ หนูทอง และสรวิศ เผ่าทองสุข. 2557. "การเติบโตและการเพิ่มผลผลิตแคโรทีนอยด์ในจุลสาหร่าย *Chlorococcum humicola* ในการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กัญญาณัท ศรีเทียน, จิตชาดา เมฆวะทัต และชลาลัย พูนพอกสิน. 2559. "การคัดแยกสาหร่ายน้ำจืดขนาดเล็กที่ผลิตซัลเฟตพอลิเซคคาไรด์และฤทธิ์ทางชีวภาพ" โครงงานพิเศษ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

ดวงกมล เรือนงาม. 2560. สภาวะที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus armatus* และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารที่สกัด วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม 12 (1): 59-70.

เบญจพร สุขอุ้ม, เสาวลักษณ์ อาดำ และเจ๊ะนูรีดา เวาะเลง. 2555. "การศึกษาการเจริญองค์ประกอบของเซลล์และการผลิตไขมันในสาหร่ายขนาดเล็ก" โครงงานพิเศษ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

ภัทระ ทรวงสุรัตนกุล, ณัฐภาส ผู้พัฒน์, สาโรจน์ ศิริศันสนียกุล, วิรัตน์ วาณิชย์ศรีรัตนา และประมุข ภระกูลสุขสถิตย์. 2555. "การคัดเลือกสาหร่าย *Chlorella* spp. สายพันธุ์ที่มีปริมาณลิพิดสูงเพื่อผลิตไบโอดีเซล. หน้า1- 453. ในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2546. สาหร่ายวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544. แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton). ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

ลินจง สุขลำภู, วีนา ชูโชติ และดวงใจ โอชัยกุล. 2554. "ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็ก และการประยุกต์ใช้ร่วมกับแผ่นฟิล์มเซลลูโลสเพื่อชะลอการเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์เนื้อ." โครงงานวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

วสันต์ สุมินทิลี่, ปนิดา บรรจงสินศิริ, จันทนา ไพรบูรณ์ และวรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์. 2557. "กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายพวงองุ่น (*Ceulerpa lintillifera)* สาหร่ายทุ่น (*Sargassum oligocystum*) และสาหร่ายเขากวาง (*Gracilaria changii*)" วารสารเทคโนโลยีการอาหาร. 9:65-75.

Ana, C.G., Helena, M.A. and Francisco, X.M. 2011. Microglgae as sources of carotenoids. Marine Drungs. 9:625-644.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995 Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science and Technology. 28 (1):25-30.

Catarina Guedes, A., Giao, M., Seabra, R., silva Ferreira, A., Tamagnimi, P., Moradas-Ferreira, P. and Xavier Malcata, F. 2013. Evaluation of the antioxidant activity of cell extracts from microalgae. Marine Drugs. 11:1256-1270.

Hiscox, J.D. and Israelstam, G.F. 1979. Method for extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian Journal of Botany. 57:1332-1334.

Jaime, F. and Concepcion, H. 1990. Vitamin content of four marine mucroalgea potential use as source of vitamins in nutrition. Journal of industrial Microbiology. 5:259-264.

Jeong,Y., Fernando, I.P.S., Kim, M., son, K.T. and Jeon, Y.J. 2016. Antioxidant activity of marine algal poluphenolic compounds: a mechanistic approach. Journal of Medicinal Food. 19 (7):615-628.

Machu, L., Misurcova, L., Vavra Ambrizova, J., Orsavova, J., Mlcek, J. and Jurikova, T. 2015. Phenolic content and antioxidant capacity in algae food products. Molecules. 20:1118-1133.

Manivannan, K., Anantharaman, P. and Balasubramanian, T. 2012. Evaluation of antioxidant properties of marine microalga *Chlorella marina*. Journal of Tropical Biomedicine. S342-S346.

Morae, C., Sala, L., Cerveira, G. and Kalil, S. 2011. C-phycocyanin extraction from *Spirulina platensis* wet biomass. Brazilian Journal of Chemical Engineering. 28 (1):45 – 49.

Ismaiel, M.M.S., El-Ayouty, Y.M. and Piercey-Normore, M. 2014. Role of pH on antioxidants production by *Spirulina (Arthrospira) platensis*. Brazilian journal of microbiology. 47:298–304.

Pallabi, K., Anitha K. and Ramani, N. 2016. Feeding impact of the vegetable mite, *Tetranychidae neocaledonicus* André (Acari: Tetranychidae) on *Mentha rotundifolia* L. International Journal of Recent Scientific Research. 7 (4):10406-10409.

Pratt, R. and Johnson, E. 1968. Deficiency of vitamin B_{12} in *Chlorella* sp. Journal of Pharmaceutical Sciences. 57 (6):1040-1041

Petrova,T., Pozmogova, I.N., Rabotnova, I.L. andKaravaĭko, G.T. 1981. Method of calculating the specific growth rate of microorganisms by measurement of the substrate or product concentration. Mikrobiologiia. 50 (5):7-934.

Poljsak, B. 2011. Strategies for reducing or preventing. generation of oxidative stress. Laboratory for oxidative Stress research, Faculty of Health Sciences, University of Ljubljana, Zdravstvena.

Safafar, H., Van Wagenen, J., Moller, P. and Jacobsen, C. 2015. Caroteniods, phenolic compounds and tocopherols contribute to the antioxidant properties of some microalgae species grown on industrial wastewater. Marine Drugs. 13:7339-7356.

Sanaa, M.M.S., Soha,S.M.M., Emad, A.S. and Ghada, I.M. 2012. Aqueous extracts of microalgae exhibit antioxidant and anticancer activities. Journal of Tropical Biomedicine. 2 (8):608-615.

Silva, A.S, Moreira, L.M, Magalhaes, W.T, Farias, W.R.L, Rocha, M.V.P. and Bastos, A.K.P. 2017. Extraction of biomolecules from *Spirulina platensis* using non-conventional processes and harmless solvents. Journal of Environmental Chemical Engineering. 5:2101-2106.

Seal, T. 2016. Quantitative HPLC analysis of phenolic acids, flavonoids and ascorbic acid in four different solvent extracts of two wild edible leaves, *Sonchus arvensis* and *Oenanthe linearis* of North-Eastern region in India. Journal of Applied Pharmaceutical Science. 6 (2):157-166

Venkatachalam, K., Pangasamy, R. and Krishna, V. 2014. Total antioxidant activity and radical scavenging capacity of selected fruits and vetables from South India. Journal of International Food Research. 21 (3):1038-1043.

Zakaria, S.M., Kamal, S.M.,Harun, M.R., Omar, R. and siajam, S.I. 2017. Subcritical water technology for extraction of phenolic compounds from *Chlorella* sp. Microalgae and assessment on it's antioxidant activity. Molecules. 22:1105.

Zhang, D.H., Ng, Y.K. and Phang, S.M. 1997. Composition and accumulation of secondary earotenoids in *Chlorococcum* sp. Journal of Applied Phycology. 9:1-147.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2558. Oxidaion reaction/ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน. [online]. Available:http://www.foodnetworksolution.com/oxidation-reaction. ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2561.

ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบูรณ์. 2547. สารต้านอนุมูลอิสระจำเป็นต่อร่างกายอย่างไร. [online]. Available: https://www.doctor.or.th/article/detail/1345. ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2561

ธัชชัย ตระกูลเลิศยศ. 2560. สารต้านอนุมูลอิสระคืออะไรแน่. [online]. Available: http://www.Scimath.org/article-biology/item ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2561.

Healthyfating Health Benefits of row and natural food. 2014. 11 Health benefits of *Chlorella.* [online]. Available: https://healthbenefitsofeating.com ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2561.

Laboratory of Phytoplankton Ecology. 2005. Fytoplankton. *Chlamydomonas* sp. [online]. Available: https://www.google,co.th/*Chlamydomonas*+sp ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2561.

Plingfactory. 2008. *Scenedesmus*sp.

[online]. Available: http://www.plingfactory.de/science/*Scenedesmus*.html.

ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2561.

Tsokii, Y. 1977. Protist .*Chlorococcum* sp.

[online]. Available: http://protist.i.hosei.ac.jp/*Chlorococcum*.html.

ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2561

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

1. อาหารเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก

สาร	ปริมาตร (มิลลิกรัมต่อลิตร)
$Na_2HPO_4.2H_2O$	260.0
KH_2PO_4	740.0
$CaCl_2$	10.0
Fe EDTA	10.0
$MgHO_4.7H_2O$	50.0
KNO_3	1000.0
Trace element mixture*	1 มิลลิลิตร
*Trace metal solution	(กรัมต่อลิตร)
$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$	3.58
$MnCl_2.4H_2O$	12.98
$CuSO_4.5H_2O$	1.83
$ZnSO_4.7H_2O$	3.20

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์

1. การวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์

1.1 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

1.2 วัดปริมาณน้ำหนักแห้ง โดยชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของหลอดปั่นเหวี่ยงที่ผ่านการอบจนน้ำหนักคงที่ นำตัวอย่างสาหร่ายปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดปั่นเหวี่ยง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสทิ้งจนเหลือแต่ตะกอนเซลล์ นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำตัวอย่างออกจากตู้อบมาใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักหลอดปั่นเหวี่ยงที่มีตัวอย่างสาหร่ายนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำหนักแห้งตามสมการดังนี้

$$\text{น้ำหนักแห้ง } (DW)(\text{มิลลิกรัมต่อลิตร}) = \frac{(\mathrm{B} - \mathrm{A}) \times 1{,}000}{V}$$

เมื่อ A คือน้ำหนักของหลอดปั่นเหวี่ยง

B คือน้ำหนักของหลอดปั่นเหวี่ยงและตัวอย่างสาหร่าย

V คือปริมาตรของตัวอย่างสาหร่าย (มิลลิลิตร)

นำค่าน้ำหนักแห้งที่ได้มาคำนวณอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate : μ) และระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของเซลล์ (Petrova. et al. 1981)

$$\mu = \frac{ln(N1/N0)}{t}$$

เมื่อ μ คืออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ต่อวัน)

N1 คือความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายวันเก็บตัวอย่าง (กรัมต่อลิตร)

N0 คือความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายวันแรก (กรัมต่อลิตร)

t คือเวลา (วัน)

1.3 วิธีการนับจำนวนเซลล์ด้วยฮีมาไซโตมิเตอร์ (Heamacytometer) โดยทำความสะอาดฮีมาไซโตมิเตอร์แล้วเช็ดให้แห้งวางกระจกปิดสไลด์ลงไปบริเวณกึ่งกลาง เตรียมตัวอย่างสาหร่ายขนาดเล็ก โดยถ้าตัวอย่างมีปริมาณเซลล์มากให้ทำเจือจางด้วยน้ำกลั่น ใช้ไมโครปิเปต (Micropipette) ขนาด 200 ไมโครลิตร ดูดตัวอย่างหยดบริเวณขอบของกระจกปิดสไลด์ทั้ง 2 ข้าง ปล่อยให้ตัวอย่างไหลเข้าไปในช่องใต้กระจกปิดสไลด์จนเต็มพอดีอย่าให้มีฟองอากาศ และอย่าให้ตัวอย่างที่หยดล้นลงไปในร่องของฮีมาไซโตมิเตอร์ นำไปนับจำนวนเซลล์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า ปรับความชัดให้เห็นตารางบริเวณกึ่งกลางของฮีมาไซโตมิเตอร์ซึ่งจะมีช่องอยู่จำนวน 25 ช่อง ซึ่ง 1 ช่องใหญ่จะมีช่องภายในอีก 16 ช่องเล็ก ทำการนับจำนวนเซลล์ในช่องใหญ่จำนวน 5 ช่องในแนวทะแยงมุม (หรือแนวกากบาท) รวมจำนวนที่นับได้หารด้วยจำนวน นำมาคำนวณหาปริมาณเซลล์

$$\text{จำนวนเซลล์ต่อมิลลิลิตร} = \text{จำนวนสาหร่ายเฉลี่ย } 5 \text{ ช่อง} \times \frac{1}{4} \times 10^6 \text{ เซลล์ต่อมิลลิลิตร}$$

1.1 วัดปริมาณแคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี โดยนำตัวอย่างสาหร่ายปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสทิ้ง นำตัวอย่างมาเติมอะซิโตนเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำมาปั่นเหวี่ยงอีกครั้งด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำส่วนสีเขียวใสที่ได้ไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470, 663 และ645 นาโนเมตรตามลำดับ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาคลอโรฟิลล์เอตามสมการ (Hiscox and Israelstam. 1979) ดังนี้

$$\text{คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = (12.7(A_{663}) - 2.69(A_{645})) \times \frac{V}{1{,}000 \times m}$$

เมื่อ A_{663} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663 นาโนเมตร

A_{645} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 นาโนเมตร

V คือ ปริมาตรอะซิโตน

m คือ ปริมาณตัวอย่าง

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาคลอโรฟิลล์บีตามสมการ (Hiscox and Israelstam. 1979) ดังนี้

$$\text{คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = (22.9(A_{645}) - 4.68(A_{663})) \times \frac{V}{1{,}000 \times m}$$

เมื่อ A_{663} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663 นาโนเมตร

A_{645} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 นาโนเมตร

V คือ ปริมาตรอะซิโตน

m คือ ปริมาณตัวอย่าง

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาแคโรทีนอยด์ตามสมการ (Pallabi. et al. 2016) ดังนี้

$$\text{แคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = (1{,}000(A_{470}) + 3.27(A - B)) \times \frac{V}{m \times 229}$$

เมื่อ A_{470} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 470 นาโนเมตร

V คือ ปริมาตรอะซิโตน

m คือ ปริมาณตัวอย่าง

ภาคผนวก ค

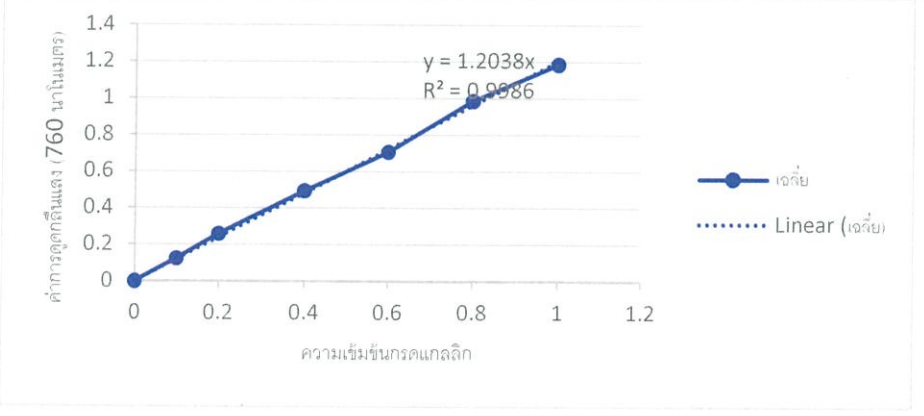
การเตรียมการทดลอง

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-cioculteu

การเตรียมสารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยชั่งกรดแกลลิก 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร นำมาเจือจางเพื่อเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 10 มิลลิลิตร

ตารางที่ ค-1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกวิธี Folin-cioculteu

ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ปริมาตรสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)
0.1	1	9
0.2	2	8
0.4	4	6
0.6	6	4
0.8	8	2
1.0	10	0



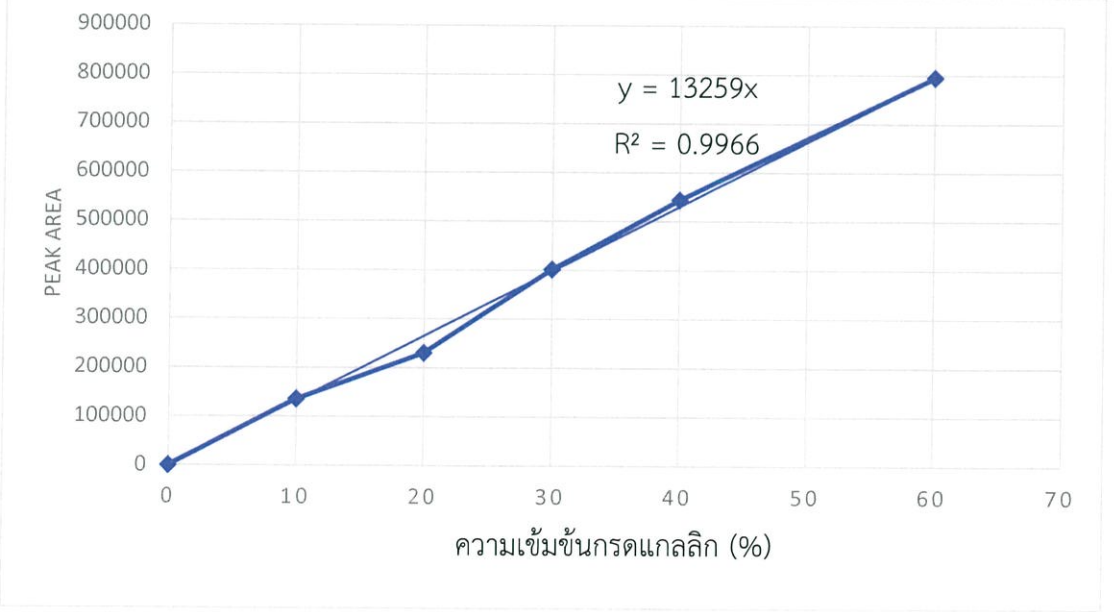
รูปที่ ข-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก

1. **การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกด้วยเครื่องHPLC**

การเตรียมสารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยชั่งกรดแกลลิก 0.001 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร นำมาเจือจางเพื่อเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 2 มิลลิลิตร

ตารางที่ ค-2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยเครื่อง HPLC

ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ปริมาตรสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)
10	0.2	1.8
20	0.4	1.6
30	0.6	1.4
40	0.8	1.2
60	1.2	0.8



รูปที่ ข-2 กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก (วัดด้วยเครื่อง HPLC)

ภาคผนวก ง

แสดงตารางผลการทดลอง

ตารางที่ ง-1 ผลการศึกษาการเจริญของสาหร่าย 15 สายพันธุ์

ตารางที่ ง-1.1 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlorella* sp. 3

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.252	0.263	0.209	0.241±0.03	0.215	0.375	0.405	0.332±0.10	0.1	0.2	0	0.100±0.01
2	0.767	0.800	0.777	0.781±0.02	0.525	0.755	0.825	0.702±0.16	0.2	0.2	0.1	0.167±0.06
4	1.203	1.210	1.230	1.214±0.01	1.75	1.65	1.49	1.63±0.13	0.2	0.2	0.1	0.167±0.06
6	1.462	1.456	1.487	1.468±0.02	2.85	2.75	2.85	2.817±0.06	0.2	0.4	0.4	0.333±0.12
8	1.808	1.800	1.823	1.810±0.01	4.735	4.515	4.745	4.665±0.13	1.1	0.9	1.0	1±0.10
10	1.773	1.751	1.790	1.771±0.02	4.545	4.44	4.96	4.678±0.27	1.0	0.8	0.9	0.9±0.10
12	1.720	1.710	1.734	1.721±0.01	3.11	3.105	3.27	3.162±0.09	0.5	0.6	0.3	0.467±0.15

ตารางที่ ง-1.2 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlorella* sp. N11

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ ($x10^7$เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.451	0.465	0.531	0.482±0.04	0.25	0.405	0.27	0.308±0.08	0.1	0	0.1	0.067±0.06
2	0.831	0.794	0.888	0.838±0.05	1.305	0.785	0.75	0.947±0.31	0.2	0	0.2	0.133±0.12
4	0.945	0.882	0.969	0.932±0.04	1.335	0.89	0.905	1.043±0.25	0.1	0.2	0.3	0.200±0.10
6	1.251	1.299	1.262	1.271±0.03	1.255	0.99	1.06	1.102±0.14	0.3	0.5	0.4	0.400±0.10
8	1.684	1.635	1.697	1.672±0.03	4.21	3.15	4.235	3.865±0.62	0.7	0.9	0.9	0.833±0.12
10	1.575	1.492	1.596	1.554±0.05	2.485	2.815	2.63	2.643±0.17	0.6	0.8	0.8	0.733±0.12

ตารางที่ ง-1.3 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlorella* sp. V55

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ ($x10^7$เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.208	0.199	0.287	0.231±0.05	0.05	0.03	0.085	0.055±0.03	0	0.1	0.1	0.067±0.06
2	0.692	0.668	0.742	0.701±0.04	0.59	0.67	0.7	0.653±0.06	0	0.1	0.1	0.067±0.06
4	1.040	1.029	1.107	1.059±0.04	1.195	1.1	1.555	1.283±0.24	0.3	0.3	0.4	0.333±0.56
6	1.375	1.354	1.332	1.354±0.02	1.425	1.25	1.44	1.372±0.11	0.4	0.2	0.7	0.433±0.25
8	1.597	1.649	1.613	1.620±0.03	3.125	1.7	2.74	2.522±0.73	0.7	0.7	0.7	0.700±0
10	1.491	1.397	1.402	1.430±0.05	1.125	1.245	1.475	1.282±0.18	0.6	0.4	1.0	0.667±0.31
12	1.317	1.287	1.340	1.315±0.03	1.14	1.09	1.435	1.222±0.19	0.6	0.4	0.7	0.567±0.15

ตารางที่ ง-1.4 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlorella* sp. B

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.171	0.174	0.170	0.172±0.02	0.12	0.15	0.205	0.158±0.04	0.1	0.2	0	0.100±0.10
2	0.446	0.486	0.528	0.487±0.04	0.64	0.55	0.55	0.58±0.05	0.3	0.3	0.1	0.233±0.12
4	0.718	0.751	0.730	0.733±0.02	0.725	0.805	1.12	0.883±0.21	0.1	0.2	0.5	0.267±0.21
6	1.072	1.139	1.094	1.102±0.03	1.845	1.705	1.565	1.705±0.14	0.2	0.4	0.6	0.400±0.20
8	1.355	1.353	1.354	1.354±0.01	2.39	2.92	2.805	2.705±0.28	0.5	0.4	0.6	0.500±0.10
10	1.504	1.524	1.534	1.521±0.02	2.4	3	3.565	2.988±0.58	0.4	0.7	0.4	0.500±0.17
12	1.731	1.764	1.792	1.762±0.03	5.305	6.035	4.945	5.428±0.56	0.6	0.5	0.5	0.533±0.58
14	1.968	1.904	1.971	1.948±0.04	9.775	1.0865	1.245	1.103±4.97	0.8	1.0	0.8	0.867±0.12
16	1.822	1.876	1.833	1.844±0.03	8.055	7.575	5.17	6.733±1.55	0.4	0.8	0.5	0.567±0.21

ตารางที่ ง-1.5 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlorella* sp. VB55

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.218	0.231	0.242	0.230±0.01	0.135	0.135	0.155	0.1417±0.01	0	0	0.1	0.033±0.58
2	0.829	0.832	0.838	0.833±0	1.035	1.97	1.545	1.567±0.47	0	0	0.1	0.033±0.58
4	1.245	1.231	1.266	1.247±0.02	2.185	2.005	2.24	2.143±0.12	0.1	0.1	0.1	0.100±0
6	1.465	1.442	1.479	1.462±0.02	2.955	3.215	2.865	2.982±0.18	0.2	0.2	0.3	0.233±0.58
8	1.717	1.683	1.696	1.699±0.02	3.35	2.795	3.145	3.097±0.28	0.1	0.3	0.3	0.233±0.12
10	1.831	1.844	1.871	1.849±0.02	3.955	4.285	4.65	4.297±0.35	0.6	0.5	0.6	0.567±0.06
12	2.046	2.032	2.039	2.039±0.01	5.045	4.96	4.75	4.918±0.15	0.9	0.7	0.9	0.833±0.12
14	2.368	2.378	2.381	2.376±0.01	7.9	7.435	7.54	7.625±0.24	1.0	1.2	1.1	1.100±0.10
16	2.200	2.215	2.205	2.207±0.01	5.74	6.965	5.97	6.225±0.65	1.4	0.8	0.8	1±0.35

ตารางที่ ง-1.6 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. P2-59

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.087	0.151	0.085	0.108±0.04	0.02	0.015	0.005	0.013±0.01	0	0.3	0.2	0.167±0
2	0.379	0.394	0.401	0.391±0.01	0.125	0.225	0.175	0.175±0.05	0.4	0.3	0.3	0.333±0.58
4	0.708	0.758	0.655	0.707±0.05	0.475	0.525	0.625	0.5417±0.08	0.5	0.4	0.3	0.400±0.10
6	1.101	1.018	1.064	1.061±0.04	1.05	1.675	1.475	1.4±0.32	0.6	0.5	0.4	0.500±0.10
8	1.492	1.407	1.475	1.458±0.04	2.225	2.625	2.375	2.408±0.20	0.9	0.8	0.7	0.800±0.10
10	1.891	1.915	1.865	1.890±0.03	3.075	3.45	2.8	3.108±0.33	1.2	1.3	1.0	1.167±0.15
12	2.118	2.153	2.084	2.118±0.03	4.26	3.875	2.675	3.603±0.83	1.5	2.9	1.7	2.033±0.76
14	2.395	2.340	2.331	2.355±0.03	5.59	5.5	4.95	5.347±0.35	1.9	2.9	1.6	2.133±0.68
16	2.253	2.202	2.192	2.217±0.03	4.13	4.485	3.865	4.160±0.31	1.3	1.7	1.4	1.467±0.77

ตารางที่ ง-1.7 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. B1-59

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.147	0.185	0.137	0.156±0.03	0.045	0.025	0.08	0.05±0.03	0.1	0.4	0.2	0.233±0.15
2	0.412	0.447	0.476	0.445±0.03	0.46	0345	0.37	0.392±0.06	0.2	0.2	0.1	0.167±0.06
4	0.732	0.826	0.799	0.786±0.05	0.55	0.75	0.685	0.662±0.10	0.5	0.3	0.4	0.400±0.10
6	1.046	1.123	1.049	1.073±0.04	0.95	1.05	0.97	0.99±0.05	0.3	0.3	0.6	0.400±0.17
8	1.459	1.377	1.394	1.410±0.04	1.06	1.24	1.155	1.152±0.09	0.9	0.4	0.6	0.633±0.25
10	1.615	1.633	1.642	1.630±0.01	0.565	1.28	5.32	2.388±2.56	0.6	0.5	0.8	0.633±0.15
12	1.891	1.824	1.854	1.856±0.03	3.945	4.855	5.035	4.622±0.58	0.9	1.0	0.9	0.933±0.06
14	2.055	2.051	2.025	2.044±0.02	9.35	8.96	6.92	8.41±1.31	1.1	1.2	1.3	1.200±0.10
16	1.915	1.929	1.964	1.936±0.03	5.235	6.8	6.79	6.275±0.90	0.7	1.0	1.1	0.933±0.21

ตารางที่ ง-1.8 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. PN2-60

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.158	0.191	0.062	0.170±0.02	0.01	0.01	0.005	0.008±0	0.2	0.1	0	0.100±0.10
2	0.566	0.505	0.542	0.538±0.03	0.505	0.23	0.375	0.37±0.14	0.4	0.2	0.3	0.300±0.10
4	1.071	0.968	1.052	1.030±0.05	1.105	1.17	1.15	1.142±0.03	0.9	0.5	0.8	0.733±0.21
6	1.369	1.334	1.391	1.365±0.03	2.94	1.695	2.03	2.222±0.64	0.5	1.0	0.7	0.733±0.25
8	1.579	1.540	1.575	1.565±0.02	2.925	3	2.975	2.967±0.04	1.0	0.7	0.8	0.833±0.15
10	1.879	1.904	1.891	1.891±0.01	3.635	3.925	3.85	3.803±0.15	0.7	1.0	0.8	0.833±0.15
12	2.054	2.157	2.124	2.112±0.05	5.04	4.2	4.4	4.547±0.44	1.1	1.0	1.0	1.033±0.06
14	2.254	2.310	2.361	2.308±0.05	5.075	5.05	5.15	5.092±0.05	1.2	1.2	1.1	1.167±0.06
16	2.481	2.428	2.459	2.456±0.03	5.69	5.09	5.475	5.418±0.30	1.8	1.7	1.8	1.767±0.06
18	2.493	2.407	2.462	2.454±0.04	4.615	5.16	4.875	4.883±0.27	1.6	1.6	1.6	1.600±0

ตารางที่ ง-1.9 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. PN3-60

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.201	0.239	0.210	0.217±0.02	0.25	0.26	0.165	0.225±0.05	0.5	0.2	0	0.233±0.25
2	0.537	0.550	0.514	0.534±0.02	0.62	0.525	0.119	0.778±0.36	0.5	0.1	0.4	0.333±0.21
4	1.056	1.064	1.096	1.072±0.02	1.17	0.645	0.8	0.872±0.27	0.6	0.4	0.5	0.500±0.11
6	1.243	1.247	1.231	1.240±0.01	1.415	2.12	1.0050^7	1.089±0.99	0.6	0.4	0.6	0.533±0.10
8	1.435	1.494	1.436	1.455±0.03	1.265	1.01	1.04	1.105±0.14	0.5	0.4	0.6	0.500±0.10
10	1.675	1.657	1.657	1.663±0.01	2.915	1.83	1.505	2.083±0.74	0.7	0.5	0.5	0.567±0.12
12	1.941	1.929	1.977	1.949±0.02	2.76	2.415	2.145	2.44±0.31	0.7	0.6	1.0	0.767±0.21
14	2.380	2.345	2.364	2.363±0.02	5.48	5.185	5.59	5.418±0.21	1.1	1.9	1.4	1.467±0.40
16	2.227	2.205	2.256	2.230±0.03	3.53	3.97	4.31	3.937±0.39	0.9	0.9	1.2	1±0.17

ตารางที่ ง-1.10 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. PN5-60

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.071	0.090	0.106	0.089±0.02	0.06	0.155	0.12	0.1117±0.05	0.1	0.1	0.1	0.100±0
2	0.166	0.181	0.188	0.178±0.01	0.1	0.1	0.12	0.1067±0.01	0.4	0	0.2	0.200±0.20
4	0.440	0.481	0.481	0.467±0.02	0.27	0.515	0.585	0.4567±0.17	0.3	0.2	0	0.167±0.15
6	0.746	0.757	0.793	0.765±0.02	9.75	1.165	9.35	1.025±0.12	0.1	0	0.4	0.167±0.21
8	0.931	0.992	0.987	0.970±0.03	1.05	1.6	2.305	1.652±0.63	0.4	0.3	0.5	0.400±0.10
10	1.304	1.371	1.355	1.343±0.03	1.48	1.86	3.235	2.192±0.92	0.4	0.6	0.4	0.467±0.12
12	1.607	1.641	1.668	1.639±0.03	3.35	6.21	6.16	5.24±1.64	0.7	0.4	0.8	0.633±0.21
14	1.815	1.834	1.848	1.832±0.02	5.78	8.84	8.16	7.593±1.61	0.6	0.8	0.7	0.700±0.10
16	2.095	2.046	2.099	2.080±0.03	13.105	13.87	14.41	13.80±0.66	1.3	1.2	1.1	1.200±0.10
18	1.941	1.902	1.940	1.928±0.02	8.475	8.675	9.275	8.808±0.42	0.9	0.8	0.7	0.800±0.10

ตารางที่ ง-1.11 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. PN7-60

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.095	0.099	0.098	0.097±0.02	0	0.025	0.005	0.01±0.01	0	0.1	0	0.033±0.06
2	0.162	0.121	0.119	0.134±0.02	0.08	0.05	0.025	0.0517±0.03	0.2	0.1	0.2	0.167±0.06
4	0.376	0.321	0.339	0.345±0.03	0.135	0.105	0.09	0.11±0.02	0.6	0.5	0.6	0.567±0.06
6	0.600	0.621	0.613	0.611±0.01	0.765	0.63	0.34	0.5783±0.22	0.9	0.9	1.0	0.933±0.06
8	0.782	0.752	0.714	0.749±0.03	0.7	0.76	0.545	0.668±0.11	0.7	0.9	1.1	0.900±0.20
10	0.694	0.659	0.686	0.680±0.02	0.87	0.64	0.28	0.597±0.30	0.8	0.8	0.8	0.800±0

ตารางที่ ง-1.12 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Scenedesmus* sp. M10

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.086	0.172	0.120	0.126±0.04	0.025	0.025	0.03	2.667±0	0.2	0.2	0	0.133±0.12
2	0.355	0.458	0.404	0.406±0.05	0.05	0.055	0.05	5.167±0	0.1	0.4	0.3	0.2667±0.15
4	0.674	0.989	0.789	0.615±0.05	0.1	0.09	0.08	0.09±0.01	0.6	0.6	0.6	0.600±0
6	1.206	1.207	1.235	1.216±0.02	0.115	0.15	0.145	0.1367±0.02	0.9	1.1	0.8	0.933±0.15
8	1.295	1.391	1.373	1.353±0.05	8.5	1	9.5	9.333±0	0.6	0.9	0.5	0.667±0.21
10	1.012	1.086	1.083	1.060±0.04	1.05	7.5	6.5	8.167±0.02	0.7	0.9	0.6	0.733±0.15

ตารางที่ ง-1.13 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Scenedesmus* sp. M14

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.113	0.027	0.096	0.079±0.05	0.005	0	0.005	0.003±0	0.3	0.2	0.2	0.233±0.06
2	0.451	0.394	0.359	0.401±0.05	0.04	0.025	0.03	0.317±0.01	0.3	0.3	0.4	0.333±0.06
4	0.844	0.794	0.743	0.794±0.05	0.07	0.055	0.05	0.0583±0.01	0.2	0.4	0.5	0.367±0.15
6	1.238	1.192	1.191	1.207±0.03	0.165	0.09	0.09	0.115±0.04	0.6	0.5	0.3	0.467±0.15
8	1.412	1.351	1.375	1.379±0.03	0.19	0.16	0.165	0.172±0.02	0.9	0.9	0.8	0.867±0.06
10	1.724	1.698	1.634	1.685±0.05	0.195	0.16	0.17	0.176±0.02	1.3	1.3	1.3	1.300±0
12	1.960	1.902	1.869	1.910±0.05	0.225	0.195	0.195	0.205±0.02	1.3	1.4	1.4	1.367±0.06
14	2.135	2.129	2.095	2.120±0.02	0.28	0.465	0.52	0.422±0.13	2.0	1.9	1.9	1.933±0.06
16	2.414	2.393	2.320	2.376±0.05	0.425	0.575	0.41	0.468±0.09	2.8	2.2	1.8	2.267±0.50
18	2.518	2.559	2.588	2.555±0.04	0.4	0.5	0.695	0.532±0.15	3.1	2.7	2.3	2.700±0.40
20	2.431	2.403	2.436	2.423±0.02	0.415	0.46	0.555	0.4767±0.07	2.1	2.2	2.3	2.200±0.10

ตารางที่ ง-1.14 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlorococcum* sp. AB1

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.036	0.029	0.031	0.032±0.04	0.005	0.015	0.01	0.01±0	0	0.2	0	0.067±0.12
2	0.157	0.127	0.107	0.130±0.03	0.02	0.025	0.03	0.025±0	0.1	0	0.1	0.067±0.06
4	0.301	0.375	0.284	0.320±0.05	0.065	0.06	0.065	0.0633±0	0.3	0.2	0.3	0.267±0.06
6	0.476	0.456	0.452	0.461±0.01	0.195	0.165	0.135	0.165±0.03	0.2	0.3	0.3	0.267±0.06
8	0.679	0.624	0.651	0.651±0.03	0.3	0.25	0.25	0.267±0.03	0.5	0.6	0.5	0.533±0.06
10	0.922	0.919	0.972	0.938±0.03	0.425	0.475	0.265	0.388±0.11	0.8	0.5	0.7	0.667±0.15
12	1.268	1.245	1.214	1.242±0.03	0.4	0.555	0.55	0.502±0.09	0.7	0.8	0.5	0.667±0.15
14	1.374	1.379	1.358	1.370±0.01	0.865	0.595	0.285	0.5817±0.29	0.8	0.9	0.6	0.767±0.15
16	1.637	1.625	1.691	1.651±0.04	0.575	0.815	0.705	0.698±0.12	1.5	1.5	1.5	1.500±0
18	1.592	1.522	1.530	1.548±0.04	0.385	0.76	0.59	0.578±0.19	1.1	1.0	0.8	0.967±0.15

ตารางที่ ง-1.15 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlorococcum* sp. P1-60

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.064	0.056	0.081	0.067±0.01	0.015	0.025	0.01	0.0167±0.01	0.1	0.1	0.2	0.133±0.06
2	0.292	0.208	0.87	0.262±0.05	0.16	0.105	0.04	0.102±0.06	0.2	0.2	0.1	0.167±0.96
4	0.442	0.456	0.444	0.447±0.01	0.135	0.185	0.24	0.187±0.05	0.4	0.6	0.3	0.433±0.15
6	0.672	0.681	0.685	0.679±0.01	0.11	0.275	0.3	0.228±0.10	1.0	0.4	0.5	0.633±0.32
8	0.842	0.823	0.873	0.846±0.03	0.295	0.245	0.255	0.265±0.03	1.0	0.5	0.5	0.667±0.29
10	1.079	1.060	1.095	0.108±0.02	0.35	0.31	0.295	0.318±0.03	0.9	1.0	0.5	0.800±0.26
12	1.325	1.341	1.387	0.135±0.03	0.505	0.41	0.53	0.482±0.06	1.3	1.3	1.1	1.233±0.12
14	1.821	1.893	1.855	1.856±0.04	5.45	0.475	0.61	0.543±0.07	2.6	2.5	1.9	2.333±0.38
16	2.224	2.197	2.201	2.207±0.01	5.65	0.585	0.625	0.592±0.03	3.6	3.3	1.9	2.933±0.91
18	2.669	2.614	2.647	2.643±0.03	0.655	0.675	0.635	0.655±0.02	4.5	4.3	2.4	3.733±1.16
20	2.447	2.430	2.449	2.442±0.01	0.625	0.605	0.595	0.608±0.02	4.6	3.5	2.3	3.467±1.15

ตารางที่ ง-1.16 สรุปผลการศึกษาการเจริญ (ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์

วันที่ \ สายพันธุ์	ค่าการดูดกลืนแสง 560 นาโนเมตร				
	Chlorella sp. 3	*Chlorella* sp. N11	*Chlorella* sp. V55	*Chlorella* sp. B	*Chlorella* sp. VB55
0	0.241±0.03	0.482±0.04	0.231±0.05	0.172±0.02	0.230±0.01
2	0.781±0.02	0.838±0.05	0.701±0.04	0.487±0.04	0.833±0
4	1.214±0.01	0.932±0.04	1.059±0.04	0.733±0.02	1.247±0.02
6	1.468±0.02	1.271±0.03	1.354±0.02	1.102±0.03	1.462±0.02
8	1.810±0.01	1.672±0.03	1.620±0.03	1.354±0.01	1.699±0.02
10	1.771±0.02	1.554±0.05	1.430±0.05	1.521±0.02	1.849±0.02
12	1.721±0.01	1.339±0.04	1.315±0.03	1.762±0.03	2.039±0.01
14	1.670±0.03	-	-	1.948±0.04	2.376±0.01
16	-	-	-	1.844±0.03	2.207±0.01
18	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-

ตารางที่ ง-1.16 สรุปผลการศึกษาการเจริญ (ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ (ต่อ)

วันที่ \ สายพันธุ์	ค่าการดูดกลืนแสง 560 นาโนเมตร				
	Chlamydomonas sp. P2-59	*Chlamydomonas* sp. B1-59	*Chlamydomonas* sp. PN2-60	*Chlamydomonas* sp. PN3-60	*Chlamydomonas* sp. PN5-60
0	0.108±0.04	0.156±0.03	0.170±0.02	0.217±0.02	0.089±0.02
2	0.391±0.01	0.445±0.03	0.538±0.03	0.534±0.02	0.178±0.01
4	0.707±0.05	0.786±0.05	1.030±0.05	1.072±0.02	0.467±0.02
6	1.061±0.04	1.073±0.04	1.365±0.03	1.240±0.01	0.765±0.02
8	1.458±0.04	1.410±0.04	1.565±0.02	1.455±0.03	0.970±0.03
10	1.890±0.03	1.630±0.01	1.891±0.01	1.663±0.01	1.343±0.03
12	2.118±0.03	1.856±0.03	2.112±0.05	1.949±0.02	1.639±0.03
14	2.355±0.03	2.044±0.02	2.308±0.05	2.363±0.02	1.832±0.02
16	2.217±0.03	1.936±0.03	2.456±0.03	2.230±0.03	2.080±0.03
18	-	-	2.454±0.04	-	1.928±0.02
20	-	-	-	-	-

ตารางที่ ง-1.16 สรุปผลการศึกษาการเจริญ (ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ (ต่อ)

สายพันธุ์ / วันที่	ค่าการดุดกลืนแสง 560 นาโนเมตร				
	Chlamydomonas sp. PN7-60	*Scenedesmus* sp. M10	*Scenedesmus* sp. M14	*Chlorococcum* sp. AB1	*Chlorococcum* sp. P1-60
0	0.097±0.02	0.126±0.04	0.079±0.05	0.032±0.04	0.067±0.01
2	0.134±0.02	0.406±0.05	0.401±0.05	0.130±0.03	0.262±0.05
4	0.345±0.03	0.615±0.05	0.794±0.05	0.320±0.05	0.447±0.01
6	0.611±0.01	1.216±0.02	1.207±0.03	0.461±0.01	0.679±0.01
8	0.749±0.03	1.353±0.05	1.379±0.03	0.651±0.03	0.846±0.03
10	0.680±0.02	1.060±0.04	1.685±0.05	0.938±0.03	0.108±0.02
12	-	-	1.910±0.05	1.242±0.03	0.135±0.03
14	-	-	2.120±0.02	1.370±0.01	1.856±0.04
16	-	-	2.376±0.05	1.651±0.04	2.207±0.01
18	-	-	2.555±0.04	1.548±0.04	2.643±0.03
20	-	-	2.423±0.02	-	2.442±0.01

ตารางที่ ง-1.17 สรุปผลการศึกษาการเจริญ (น้ำหนักแห้ง) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์

สายพันธุ์ / วันที่	น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	Chlorella sp. 3	*Chlorella* sp. N11	*Chlorella* sp. V55	*Chlorella* sp. B	*Chlorella* sp. VB55
0	0.100±0.01	0.067±0.06	0.067±0.06	0.100±0.10	0.033±0.58
2	0.167±0.06	0.133±0.12	0.067±0.06	0.233±0.12	0.033±0.58
4	0.167±0.06	0.200±0.10	0.333±0.56	0.267±0.21	0.100±0
6	0.333±0.12	0.400±0.10	0.433±0.25	0.400±0.20	0.233±0.58
8	1±0.10	0.833±0.12	0.700±0	0.500±0.10	0.233±0.12
10	0.9±0.10	0.733±0.12	0.667±0.31	0.500±0.17	0.567±0.06
12	0.467±0.15	0.600±0.17	0.567±0.15	0.533±0.58	0.833±0.12
14	0.500±0.17	-	-	0.867±0.12	1.100±0.10
16	-	-	-	0.567±0.21	1±0.35
18	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-

ตารางที่ ง-1.17 สรุปผลการศึกษาการเจริญ (น้ำหนักแห้ง) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ (ต่อ)

วันที่ \ สายพันธุ์	น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	Chlamydomonas sp. P2-59	*Chlamydomonas* sp. B1-59	*Chlamydomonas* sp. PN2-60	*Chlamydomonas* sp. PN3-60	*Chlamydomonas* sp. PN5-60
0	0.167±0	0.233±0.15	0.100±0.10	0.233±0.25	0.100±0
2	0.333±0.58	0.167±0.06	0.300±0.10	0.333±0.21	0.200±0.20
4	0.400±0.10	0.400±0.10	0.733±0.21	0.500±0.11	0.167±0.15
6	0.500±0.10	0.400±0.17	0.733±0.25	0.533±0.10	0.167±0.21
8	0.800±0.10	0.633±0.25	0.833±0.15	0.500±0.10	0.400±0.10
10	1.167±0.15	0.633±0.15	0.833±0.15	0.567±0.12	0.467±0.12
12	2.033±0.76	0.933±0.06	1.033±0.06	0.767±0.21	0.633±0.21
14	2.133±0.68	1.200±0.10	1.167±0.06	1.467±0.40	0.700±0.10
16	1.467±0.77	0.933±0.21	1.767±0.06	1±0.17	1.200±0.10
18	-	-	1.600±0	-	0.800±0.10
20	-	-	-	-	-

ตารางที่ ง-1.17 สรุปผลการศึกษาการเจริญ (น้ำหนักแห้ง) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ (ต่อ)

สายพันธุ์ / วันที่	น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	Chlamydomonas sp. PN7-60	*Scenedesmus* sp. M10	*Scenedesmus* sp. M14	*Chlorococcum* sp. AB1	*Chlorococcum* sp. P1-60
0	0.033±0.06	0.133±0.12	0.233±0.06	0.067±0.12	0.133±0.06
2	0.167±0.06	0.2667±0.15	0.333±0.06	0.067±0.06	0.167±0.96
4	0.567±0.06	0.600±0	0.367±0.15	0.267±0.06	0.433±0.15
6	0.933±0.06	0.933±0.15	0.467±0.15	0.267±0.06	0.633±0.32
8	0.900±0.20	0.667±0.21	0.867±0.06	0.533±0.06	0.667±0.29
10	0.800±0	0.733±0.15	1.300±0	0.667±0.15	0.800±0.26
12	-	-	1.367±0.06	0.667±0.15	1.233±0.12
14	-	-	1.933±0.06	0.767±0.15	2.333±0.38
16	-	-	2.267±0.50	1.500±0	2.933±0.91
18	-	-	2.700±0.40	0.967±0.15	3.733±1.16
20	-	-	2.200±0.10	-	3.467±1.15

ตารางที่ ง-1.18 สรุปผลการศึกษาการเจริญ (จำนวนเซลล์) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์

วันที่ \ สายพันธุ์	จำนวนเซลล์ ($x10^7$เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				
	Chlorella sp. 3	*Chlorella* sp. N11	*Chlorella* sp. V55	*Chlorella* sp. B	*Chlorella* sp. VB55
0	0.332±0.10	0.308±0.08	0.055±0.03	0.158±0.04	0.1417±0.01
2	0.702±0.16	0.947±0.31	0.653±0.06	0.58±0.05	1.567±0.47
4	1.63±0.13	1.043±0.25	1.283±0.24	0.883±0.21	2.143±0.12
6	2.817±0.06	1.102±0.14	1.372±0.11	1.705±0.14	2.982±0.18
8	4.665±0.13	3.865±0.62	2.522±0.73	2.705±0.28	3.097±0.28
10	4.678±0.27	2.643±0.17	1.282±0.18	2.988±0.58	4.297±0.35
12	3.162±0.09	1.423±0.17	1.222±0.19	5.428±0.56	4.918±0.15
14	2.875±0.15	-	-	1.103±4.97	7.625±0.24
16	-	-	-	6.733±1.55	6.225±0.65
18	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-

ตารางที่ ง-1.18 สรุปผลการศึกษาการเจริญ (จำนวนเซลล์) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ (ต่อ)

วันที่ \ สายพันธุ์	จำนวนเซลล์ ($x10^7$เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				
	Chlamydomonas sp. P2-59	*Chlamydomonas* sp. B1-59	*Chlamydomonas* sp. PN2-60	*Chlamydomonas* sp. PN3-60	*Chlamydomonas* sp. PN5-60
0	0.013±0.01	0.05±0.03	0.008±0	0.225±0.05	0.1117±0.05
2	0.175±0.05	0.392±0.06	0.37±0.14	0.778±0.36	0.1067±0.01
4	0.5417±0.08	0.662±0.10	1.142±0.03	0.872±0.27	0.4567±0.17
6	1.4±0.32	0.99±0.05	2.222±0.64	1.089±0.99	1.025±0.12
8	2.408±0.20	1.152±0.09	2.967±0.04	1.105±0.14	1.652±0.63
10	3.108±0.33	2.388±2.56	3.803±0.15	2.083±0.74	2.192±0.92
12	3.603±0.83	4.622±0.58	4.547±0.44	2.44±0.31	5.24±1.64
14	5.347±0.35	8.41±1.31	5.092±0.05	5.418±0.21	7.593±1.61
16	4.160±0.31	6.275±0.90	5.418±0.30	3.937±0.39	13.80±0.66
18	-	-	4.883±0.27	-	8.808±0.42
20	-	-	-	-	-

ตารางที่ ง-1.18 สรุปผลการศึกษาการเจริญ (จำนวนเซลล์) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์ (ต่อ)

วันที่ \ สายพันธุ์	จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				
	Chlamydomonas sp. PN7-60	*Scenedesmus* sp. M10	*Scenedesmus* sp. M14	*Chlorococcum* sp. AB1	*Chlorococcum* sp. P1-60
0	0.01±0.01	2.667±0	0.003±0	0.01±0	0.0167±0.01
2	0.0517±0.03	5.167±0	0.317±0.01	0.025±0	0.102±0.06
4	0.11±0.02	0.09±0.01	0.0583±0.01	0.0633±0	0.187±0.05
6	0.5783±0.22	0.1367±0.02	0.115±0.04	0.165±0.03	0.228±0.10
8	0.668±0.11	9.333±0	0.172±0.02	0.267±0.03	0.265±0.03
10	0.597±0.30	8.167±0.02	0.176±0.02	0.388±0.11	0.318±0.03
12	-	-	0.205±0.02	0.502±0.09	0.482±0.06
14	-	-	0.422±0.13	0.5817±0.29	0.543±0.07
16	-	-	0.468±0.09	0.698±0.12	0.592±0.03
18	-	-	0.532±0.15	0.578±0.19	0.655±0.02
20	-	-	0.4767±0.07	-	0.608±0.02

ตารางที่ ง-2 ผลการศึกษาการเจริญของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ที่เลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง 8.5

ตารางที่ ง-2.1 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlamydomonas* sp. P2-59

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.067	0.049	0.079	0.065±0.02	0.01	0.015	0.005	0.01±0.01	0.3	0.2	0.1	0.200±0.10
2	0.158	0.167	0.193	0.173±0.02	0.015	0.02	0.03	0.022±0.01	0.3	0.3	0.3	0.300±0
4	0.362	0.376	0.304	0.347±0.04	0.075	0.125	0.105	0.102±0.03	0.4	0.5	0.6	0.500±0.10
6	0.407	0.447	0.466	0.440±0.03	0.375	0.175	0.195	0.2483±1.10	0.4	0.6	0.7	0.567±0.15
8	0.531	0.574	0.563	0.556±0.02	0.225	0.3	0.36	0.295±0.07	0.7	0.8	0.8	0.767±0.06
10	0.825	0.809	0.867	0.834±0.03	0.746	0.675	0.745	0.67±0.08	1.4	0.6	0.6	0.867±0.46
12	0.774	0.840	0.764	0.793±0.04	0.425	0.6	0.74	0.588±0.16	0.6	1.0	1.2	0.933±0.31

ตารางที่ ง-2.2 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Scenedesmus* sp. M.10

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ ($x10^7$เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.048	0.069	0.051	0.056±0.01	0.005	0	0	0.0017±0	0.1	0.1	0.2	0.133±0.06
2	0.254	0.292	0.232	0.259±0.03	0.02	0.01	0.01	0.013±0.01	0.2	0.3	0.2	0.233±0.06
4	0.553	0.493	0.557	0.543±0.04	0.055	0.045	0.035	0.045±0.01	0.3	0.3	0.3	0.300±0
6	0.817	0.858	0.857	0.844±0.02	0.12	0.035	0.11	0.088±0.05	0.5	0.4	0.4	0.433±0.06
8	0.753	0.790	0.808	0.784±0.03	0.04	0.03	0.07	0.047±0.03	0.3	0.6	0.4	0.433±0.15

ตารางที่ ง-2.3 แสดงการเจริญของสาหร่าย *Chlorococcum* sp. AB1

วันที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)				จำนวนเซลล์ (x10^7เซลล์ต่อมิลลิลิตร)				น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0	0.020	0.020	0.026	0.022±0	0.005	0.005	0.005	0.005±0	0.1	0. 1	0	0.050±0.07
2	0.095	0.114	0.127	0.112±0.02	0.015	0.015	0.03	0.02±0.01	0.1	0.2	0	0.100±0.10
4	0.252	0.292	0.353	0.299±0.05	0.03	0.035	0.04	0.035±0.01	0.6	0.4	0.5	0.500±0.10
6	0.311	0.340	0.323	0.325±0.01	0.02	0.04	0.03	0.03±0.01	0.8	0.7	0.6	0.700±0.10
8	0.596	0.595	0.597	0.596±	0.105	0.095	0.18	0.127±0.05	0.3	0.9	1.4	0.867±0.55
10	0.433	0.476	0.496	0.468±0.03	0.11	0.07	0.185	0.122±0.06	0.3	0.6	0.6	0.500±0.17

ตารางที่ ง-2.4 สรุปผลการศึกษาการเจริญ (ค่าการดูดกลืนแสง) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่เพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 8.5

วันที่ \ สายพันธุ์	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)		
	Chlamydomonas sp. P2-59	*Scenedesmus* sp. M.10	*Chlorococcum* sp. AB1
0	0.065±0.02	0.056±0.01	0.022±0
2	0.173±0.02	0.259±0.03	0.112±0.02
4	0.347±0.04	0.543±0.04	0.299±0.05
6	0.440±0.03	0.844±0.02	0.325±0.01
8	0.556±0.02	0.784±0.03	0.596±0
10	0.834±0.03	-	0.468±0.03
12	0.793±0.04	-	-

ตารางที่ ง-2.5 สรุปผลการศึกษาการเจริญ (น้ำหนักแห้ง) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่เพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 8.5

วันที่ \ สายพันธุ์	น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	Chlamydomonas sp. P2-59	*Scenedesmus* sp. M.10	*Chlorococcum* sp. AB1
0	0.200±0.10	0.133±0.06	0.050±0.07
2	0.300±0	0.233±0.06	0.100±0.10
4	0.500±0.10	0.300±0	0.500±0.10
6	0.567±0.15	0.433±0.06	0.700±0.10
8	0.767±0.06	0.433±0.15	0.867±0.55
10	0.867±0.46	-	0.500±0.17
12	0.933±0.31	-	-

ตารางที่ ง-2.6 สรุปผลการศึกษาการเจริญ (จำนวนเซลล์) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่เพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 8.5

วันที่ \ สายพันธุ์	จำนวนเซลล์ ($x10^7$เซลล์ต่อมิลลิลิตร)		
	Chlamydomonas sp. P2-59	*Scenedesmus* sp. M.10	*Chlorococcum* sp. AB1
0	0.01±0.01	0.0017±0	0.005±0
2	0.022±0.01	0.013±0.01	0.02±0.01
4	0.102±0.03	0.045±0.01	0.035±0.01
6	0.2483±1.10	0.088±0.05	0.03±0.01
8	0.295±0.07	0.047±0.03	0.127±0.05
10	0.67±0.08	-	0.122±0.06
12	0.588±0.16	-	-

ตารางที่ ง-3 ค่าการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็ก 15 สายพันธุ์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0

สายพันธุ์สาหร่าย	วันที่เข้าสู่ระยะคงที่	ค่าการดูดกลืนแสง (560 นาโนเมตร)	จำนวนเซลล์ ($x10^7$เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	อัตราการเจริญจำเพาะ ($x10^7$ต่อวัน)
Chlorella sp. 3	8	1.810 ± 0.01^{e}	4.67 ± 0.13^{bc}	0.001 ± 0^{ab}	2.20 ± 0^{i}
Chlorella sp. N-11	8	1.672 ± 0.03^{d}	3.87 ± 0.62^{bc}	0.0008 ± 0^{ab}	2.17 ± 0.03^{hi}
Chlorella sp. V55	8	1.620 ± 0.03^{c}	2.52 ± 0.74^{ab}	0.0007 ± 0^{a}	2.13 ± 0.04^{h}
Chlorella sp. B	14	1.948 ± 0.04^{f}	4.04 ± 4.97^{bc}	0.0009 ± 0^{ab}	1.20 ± 0.09^{de}
Chlorella sp. VB55	14	2.376 ± 0.01^{h}	7.63 ± 0.24^{de}	0.0011 ± 0^{abc}	1.29 ± 0^{f}
Chlamydomonas sp. P2-59	14	2.355 ± 0.03^{h}	5.35 ± 0.35^{cd}	0.0021 ± 0^{de}	1.27 ± 0^{ef}
Chlamydomonas sp. B1-59	14	2.044 ± 0.02^{g}	8.41 ± 1.31^{e}	0.0012 ± 0^{abc}	1.30 ± 0.01^{f}
Chlamydomonas sp. PN2-60	16	2.456 ± 0.03^{i}	5.42 ± 0.30^{cd}	0.0018 ± 0^{cd}	1.11 ± 0^{bc}
Chlamydomonas sp. PN3-60	14	2.363 ± 0.02^{h}	5.42 ± 0.21^{cd}	0.0015 ± 0^{bcd}	1.27 ± 0^{ef}
Chlamydomonas sp. PN5-60	16	2.080 ± 0.03^{g}	13.89 ± 0.66^{f}	0.0012 ± 0^{abc}	1.17 ± 0^{cd}
Chlamydomonas sp. PN7-60	8	0.749 ± 0.03^{a}	0.67 ± 0.11^{a}	0.0009 ± 0^{ab}	1.96 ± 0.02^{g}
Scenedesmus sp. M10	6	1.216 ± 0.02^{b}	0.14 ± 0.02^{a}	0.0009 ± 0^{ab}	2.32 ± 0.03^{j}
Scenedesmus sp. M14	18	2.555 ± 0.04^{j}	0.53 ± 0.15^{a}	0.0027 ± 0^{e}	0.86 ± 0.02^{a}
Chlorococcum sp. AB1	16	1.651 ± 0.04^{cd}	0.70 ± 0.12^{a}	0.0015 ± 0^{bcd}	1.08 ± 0.10^{b}
Chlorococcum sp. PN1-60	18	2.643 ± 0.03^{k}	0.66 ± 0.02^{a}	0.0037 ± 0^{f}	0.87 ± 0^{a}

ตารางที่ ง-3.1 แสดงอัตราการเจริญจำเพาะของสาหร่าย 15 สายพันธุ์

สายพันธุ์สาหร่าย	อัตราการเจริญจำเพาะ (ต่อวัน)			
	1	2	3	เฉลี่ย
Chlorella sp. 3	2.20	2.19	2.20	2.20 ± 0^{i}
Chlorella sp. N-11	2.19	2.14	2.19	2.17 ± 0.03^{hi}
Chlorella sp. V55	2.16	2.08	2.14	2.13 ± 0.04^{h}
Chlorella sp. B	1.31	1.15	1.15	1.20 ± 0.09^{de}
Chlorella sp. VB55	1.30	1.29	1.29	1.29 ± 0^{f}
Chlamydomonas sp. P2-59	1.27	1.27	1.27	1.27 ± 0^{ef}
Chlamydomonas sp. B1-59	1.31	1.31	1.29	1.30 ± 0.01^{f}
Chlamydomonas sp. PN2-60	1.12	1.11	1.11	1.11 ± 0^{bc}
Chlamydomonas sp. PN3-60	1.27	1.27	1.27	1.27 ± 0^{ef}
Chlamydomonas sp. PN5-60	1.17	1.17	1.17	1.17 ± 0^{cd}
Chlamydomonas sp. PN7-60	1.97	1.98	1.94	1.96 ± 0.02^{g}
Scenedesmus sp. M10	2.29	2.34	2.33	2.32 ± 0.03^{j}
Scenedesmus sp. M14	0.84	0.86	0.87	0.86 ± 0.02^{a}
Chlorococcum sp. AB1	0.97	1.14	1.13	1.08 ± 0.10^{b}
Chlorococcum sp. PN1-60	0.87	0.87	0.87	0.87 ± 0^{a}

ตารางที่ ง-3.2 แสดงอัตราการเจริญจำเพาะของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่เพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง 8.5

สายพันธุ์สาหร่าย	อัตราการเจริญจำเพาะ (ต่อวัน)			
	1	2	3	เฉลี่ย
Chlamydomonas sp. P2-59	1.58	1.57	1.58	1.58±0
Scenedesmus sp. M10	2.33	2.13	2.32	2.26±0.11
Chlorococcum sp. AB1	1.73	1.71	1.80	1.75±0.05

ตารางที่ ง-4 ตารางผลการศึกษาปริมาณคลอโรฟิล์เอ บี แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบจากวิธี DPPH ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์

สายพันธุ์สาหร่าย	วันที่เข้าสู่ระยะคงที่	คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	สารประกอบฟีนอลิก (mg GAE/g)		DPPH ร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ	
					การทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งน้ำ	การทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งน้ำ	การทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว	การทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว
Chlorella sp. 3	8	35.55 ± 0.21^{d}	24.87 ± 1.18^{c}	23.56 ± 0.73^{k}	0.012 ± 0^{de}	2.36 ± 3.39^{ab}	13.61 ± -3.78^{ab}	0.015 ± 0^{bc}
Chlorella sp. N-11	8	20.52 ± 1.00^{h}	18.36 ± 1.43^{d}	16.76 ± 1.30^{m}	0.014 ± 0^{bcde}	2.78 ± 1.97^{ab}	11.67 ± 5.79^{a}	0.015 ± 0^{bc}
Chlorella sp. V55	8	12.01 ± 0.76^{i}	14.93 ± 1.39^{e}	9.13 ± 0.22^{n}	0.014 ± 0^{bcd}	4.03 ± 5.28^{abc}	13.05 ± 2.55^{ab}	0.014 ± 0^{bc}
Chlorella sp. B	14	42.98 ± 0.44^{c}	13.37 ± 0.80^{ef}	40.86 ± 0.63^{h}	0.013 ± 0^{bcde}	12.2 ± 5.2^{abcde}	18.89 ± 6.19^{abc}	0.015 ± 0^{bc}
Chlorella sp. VB55	14	21.71 ± 0.50^{g}	11.72 ± 0.91^{fg}	21.47 ± 0.07^{l}	0.017 ± 0^{b}	7.78 ± 6.3^{abcde}	20.14 ± 3.59^{abc}	0.022 ± 0.01^{abc}
Chlamydomonas sp. P2-59	14	28.68 ± 0.49^{f}	17.92 ± 1.27^{d}	87.35 ± 1.29^{c}	0.017 ± 0^{bc}	16.95 ± 9.22^{de}	40.97 ± 6.99^{d}	0.025 ± 0^{ab}
Chlamydomonas sp. B1-59	14	63.74 ± 0.36^{a}	28.00 ± 0.14^{b}	60.38 ± 0.44^{f}	0.012 ± 0^{de}	0.93 ± 1.62^{a}	10.42 ± 1.10^{a}	0.013 ± 0^{c}
Chlamydomonas sp. PN2-60	16	55.69 ± 0.37^{b}	18.15 ± 0.53^{d}	53.37 ± 0.12^{g}	0.010 ± 0^{e}	10.3 ± 3.7^{abcde}	13.19 ± 7.18^{ab}	0.016 ± 0^{abc}
Chlamydomonas sp. PN3-60	14	20.11 ± 0.29^{h}	11.58 ± 0.53^{fg}	69.42 ± 1.37^{e}	0.016 ± 0^{bc}	3.61 ± 3.07^{abc}	10.00 ± 8.61^{a}	0.019 ± 0^{abc}
Chlamydomonas sp. PN5-60	16	55.74 ± 0.37^{b}	31.37 ± 2.29^{a}	33.01 ± 1.40^{j}	0.012 ± 0^{de}	2.50 ± 4.33^{ab}	19.58 ± 2.32^{abc}	0.013 ± 0^{c}
Chlamydomonas sp. PN7-60	8	32.39 ± 1.23^{e}	12.16 ± 0.86^{f}	38.32 ± 1.51^{i}	0.013 ± 0^{cde}	15.8 ± 13.8^{cde}	21.67 ± 8.05^{abc}	0.016 ± 0^{abc}
Scenedesmus sp. M10	6	5.97 ± 0.54^{k}	9.87 ± 2.05^{gh}	112.98 ± 0.99^{b}	0.017 ± 0^{b}	19.31 ± 5.04^{e}	25.14 ± 4.74^{bc}	0.027 ± 0.01^{a}
Scenedesmus sp. M14	18	11.26 ± 0.73^{i}	9.00 ± 0.66^{h}	31.95 ± 0.50^{j}	0.014 ± 0^{bcd}	15.28 ± 9.7^{cde}	26.11 ± 2.95^{c}	0.016 ± 0^{abc}
Chlorococcum sp. AB1	16	7.77 ± 0.44^{j}	13.36 ± 0.93^{ef}	211.86 ± 0.75^{a}	0.021 ± 0^{a}	14.72 ± 4.4^{bcde}	41.08 ± 11.48^{d}	0.025 ± 0^{ab}
Chlorococcum sp. PN1-60	18	22.00 ± 0.58^{g}	18.27 ± 0.70^{d}	75.87 ± 0.81^{d}	0.016 ± 0^{bc}	5.55 ± 6.10^{abcd}	9.72 ± 8.66^{a}	0.019 ± 0^{abc}

ตารางที่ ง-4.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์

ตารางที่ ง-4.1.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. 3

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
1	7.50	19.34	28.79	31.79	35.80	24.25	18.07	11.12
2	6.81	19.21	28.16	30.66	35.43	24.38	18.21	10.35
3	6.95	19.34	28.16	30.16	35.43	23.75	17.57	10.35
เฉลี่ย	7.09±0.36	19.30±0.08	28.37±0.36	30.87±0.84	35.55±0.21	24.13±0.33	17.95±0.33	10.61±0.44

ตารางที่ ง-4.1.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. N11

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
1	3.41	7.58	10.68	15.03	20.13	6.91	2.37
2	3.41	7.58	11.32	15.30	21.67	7.81	3.00
3	3.54	8.35	10.95	15.93	19.77	7.31	2.37
เฉลี่ย	3.45±0.08	7.84±0.44	10.98±0.32	15.42±0.46	20.52±1.00	7.34±0.45	2.58±0.36

ตารางที่ ง-4.1.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. V55

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
1	0.50	2.91	5.14	10.22	11.18	9.49	5.95
2	1..00	3.77	5.51	10.59	12.18	8.72	7.22
3	1.00	3.77	5.51	10.99	12.68	9.49	7.85
เฉลี่ย	0.83±0.29	3.48±0.50	5.55±0.44	10.60±0.39	12.01±0.76	9.23±0.44	7.01±0.97

ตารางที่ ง-4.1.4 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. B

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	0.66	3.81	5.81	13.03	14.53	18.21	19.03	42.72	39.18
2	0.66	4.18	6.95	13.53	15.67	18.07	21.21	43.49	39.82
3	1.14	4.18	6.31	13.53	15.17	18.07	21.07	42.72	39.82
เฉลี่ย	0.82±0.28	4.06±0.21	6.36±0.57	13.36±0.29	15.12±0.57	18.12±0.08	20.44±1.22	42.98±0.44	39.61±0.37

ตารางที่ ง-4.1.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. VB55

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	1.14	2.27	7.08	10.49	13.26	16.94	18.07	22.21	12.39
2	0.66	1.77	6.58	9.99	12.12	15.17	16.94	21.21	11.76
3	1.14	1.77	6.58	10.49	11.49	16.44	18.21	21.71	11.76
เฉลี่ย	0.98±0.28	1.94±0.29	6.58±0.50	10.32±0.29	12.29±0.90	16.18±0.91	17.74±0.70	21.71±0.50	11.97±0.36

ตารางที่ ง-4.1.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. P2-59

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	0.50	2.27	5.54	12.99	16.53	19.30	24.85	29.02	19.03
2	1.14	2.27	5.41	12.99	18.80	18.03	24.98	28.12	19.03
3	0.50	2.27	5.41	13.49	17.67	19.44	24.85	28.89	18.03
เฉลี่ย	0.71±0.37	2.32±0.80	5.45±0.08	13.28±0.26	17.67±1.14	18.92±0.78	24.89±0.08	28.68±0.49	18.70±0.58

ตารางที่ ง-4.1.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. B1-59

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	1.64	2.14	8.22	16.03	27.42	33.56	50.98	64.16	55.48
2	0.87	2.77	8.22	15.40	26.02	32.93	50.21	63.53	54.35
3	1.77	3.54	8.85	16.94	27.42	34.33	51.61	63.53	55.48
เฉลี่ย	1.43±049	2.82±0.70	8.17±0.70	16.12±0.77	26.95±0.81	33.61±0.70	50.93±0.70	63.74±0.36	55.10±0.65

ตารางที่ ง-4.1.8 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN2-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	0.50	0.05	3.50	26.29	32.87	36.41	37.28	43.99	56.12	32.41
2	1.00	1.00	3.50	26.29	33.24	35.01	39.18	41.95	55.48	32.27
3	0.50	1.00	3.50	26.15	31.70	34.74	38.55	45.13	55.48	32.27
เฉลี่ย	0.67±0.39	0.68±0.55	3.74±0.38	26.24±0.08	32.60±0.80	35.39±0.90	38.34±0.97	43.69±1.61	55.69±0.37	32.32±0.08

ตารางที่ ง-4.1.9 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN3-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	0.50	3.41	3.77	7.45	11.36	12.99	18.17	20.44	16.53
2	0.50	2.77	3.91	8.22	10.22	11.86	18.44	19.94	16.44
3	0.50	2.14	3.91	6.81	10.99	12.63	18.94	19.94	16.03
เฉลี่ย	0.50±0	3.00±0.57	3.86±0.08	7.49±0.71	10.86±0.58	12.49±0.58	18.52±0.39	20.11±0.29	16.33±0.27

ตารางที่ ง-4.1.10 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN5-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	0.50	0.50	5.81	7.45	16.44	23.75	29.19	37.28	55.31	25.14
2	1.64	1.64	6.95	8.08	16.17	25.52	30.33	37.28	55.95	24.87
3	1.14	1.64	6.31	7.45	16.17	24.38	29.19	36.78	55.95	24.87
เฉลี่ย	1.09±0.57	1.26±0.66	6.36±0.57	7.75±0.32	16.26±0.16	24.55±0.90	29.40±0.84	37.11±0.29	55.74±0.37	24.87±0.27

ตารางที่ ง-4.1.11 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN7-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
1	3.54	7.95	12.99	18.94	33.73	24.42
2	3.04	7.45	12.63	19.21	31.33	26.79
3	3.41	8.58	13.76	19.71	32.10	27.30
เฉลี่ย	3.33±0.26	7.99±0.57	13.13±0.58	19.29±0.39	32.391.23	26.17±1.54

ตารางที่ ง-4.1.12 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M10

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
1	0.50	2.00	3.77	6.14	1.50	1.14
2	0.50	1.23	3.14	6.41	1.64	0.50
3	0.50	1.87	3.00	5.37	0.87	0.37
เฉลี่ย	0.50±0	1.70±0.41	3.30±0.41	5.97±0.54	1.34±0.41	0.67±0.41

ตารางที่ ง-4.1.13 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M14

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	0.50	0.50	2.50	4.14	4.64	5.77	6.91	7.41	10.41	9.18	8.41
2	1.00	1.00	2.50	3.50	4.77	5.14	6.91	7.55	11.68	9.32	7.64
3	0.37	1.00	2.50	4.27	4.14	5.27	6.41	8.18	11.68	9.32	7.01
เฉลี่ย	0.62±0.33	0.83±0.29	2.50±0	3.97±0.41	4.52±0.33	5.39±0.33	6.74±0.29	7.71±0.41	11.26±0.73	9.27±0.08	7.69±0.70

ตารางที่ ง-4.1.14 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. AB1

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	0.00	0.50	0.50	1.50	2.00	3.14	4.27	4.87	7.51	5.54
2	0.66	1.14	1.64	2.14	2.50	3.64	4.14	5.37	7.51	6.31
3	0.66	0.66	1.14	2.14	2.14	2.50	3.00	5.51	8.28	6.81
เฉลี่ย	0.44±0.38	0.77±0.33	1.09±0.57	1.93±0.37	2.21±0.26	3.09±0.57	3.80±0.70	5.25±0.34	7.77±0.44	6.22±0.64

ตารางที่ ง-4.1.15 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. PN1-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	0.50	0.50	1.00	2.14	3.27	6.31	12.95	17.36	18.23	21.87	16.03
2	0.50	1.14	1.64	2.77	4.91	6.54	13.59	17.50	19.00	22.64	16.53
3	0.50	1.14	1.64	2.77	3.77	6.54	14.36	16.86	17.73	21.50	16.53
เฉลี่ย	0.50±0	0.93±0.37	1.43±0.37	2.56±0.37	3.98±0.84	6.46±0.13	13.63±0.71	17.24±0.34	18.32±0.64	22.00±0.58	16.36±0.29

ตารางที่ ง-4.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์

ตารางที่ ง-4.2.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. 3

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
1	3.83	6.02	13.49	18.96	26.24	10.78	6.49	3.57
2	4.06	7.16	13.72	18.28	24.19	9.64	5.34	4.95
3	2.92	6.02	13.72	17.37	24.19	9.87	5.58	4.95
เฉลี่ย	3.60±0.60	6.40±0.66	13.64±0.13	18.20±0.80	24.87±1.18	10.10±0.60	5.80±0.61	4.49±0.80

ตารางที่ ง-4.2.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. N11

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
1	2.03	2.68	6.51	12.50	19.97	8.41	5.70
2	2.03	2.68	4.22	12.26	17.21	5.88	5.47
3	0.89	1.30	3.99	10.21	17.91	4.97	5.70
เฉลี่ย	1.65±0.66	2.22±0.80	4.91±1.39	11.66±1.26	18.36±1.43	6.42±1.78	5.62±0.13

ตารางที่ ง-4.2.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. V55

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
1	0.91	1.12	6.09	7.79	13.41	1.98	1.10
2	1.82	4.09	8.15	10.93	15.23	3.36	0.63
3	1.82	4.09	4.71	10.02	16.14	1.98	0.39
เฉลี่ย	1.52±0.53	3.10±1.71	6.32±1.73	9.58±1.61	14.93±1.39	2.44±0.80	0.71±0.36

ตารางที่ ง-4.2.4 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. B

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	0.00	0.00	2.24	2.87	5.60	5.34	13.80	13.83	13.20
2	0.00	0.65	2.92	3.78	6.28	6.49	10.81	12.45	12.96
3	0.68	0.65	3.15	3.78	5.37	6.49	11.95	13.83	12.96
เฉลี่ย	0.23±0.39	0.43±0.38	2.77±0.47	3.48±0.52	5.75±0.47	6.11±0.66	12.19±1.51	13.37±0.80	13.04±0.14

ตารางที่ ง-4.2.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. VB55

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	0.68	1.35	1.77	3.80	6.07	5.81	6.49	12.63	3.10
2	0.00	0.44	0.86	2.89	5.39	5.37	5.81	10.81	3.34
3	0.68	0.44	0.86	3.80	5.63	4.90	5.34	11.72	3.34
เฉลี่ย	0.45±0.39	0.74±0.52	1.16±0.53	3.50±0.53	5.70±0.34	5.36±0.46	5.88±0.58	11.72±0.91	3.26±0.14

ตารางที่ ง-4.2.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. P2-59

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	0.91	1.35	4.53	8.36	9.24	11.51	16.04	16.69	13.80
2	0.68	1.35	5.68	8.36	8.78	11.98	14.89	19.22	13.80
3	0.91	1.35	5.68	9.27	9.92	10.36	16.04	17.84	11.98
เฉลี่ย	0.83±0.13	1.35±0	5.30±0.66	8.66±0.53	9.31±0.57	11.28±0.83	15.66±0.66	17.92±1.27	13.19±1.05

ตารางที่ ง-4.2.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. B1-59

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	1.59	2.50	3.83	8.33	9.61	13.08	17.11	27.84	18.99
2	2.97	2.27	3.83	8.57	11.23	13.32	18.49	28.08	18.31
3	0.44	0.89	2.22	5.81	9.61	11.70	15.73	28.08	18.99
เฉลี่ย	1.67±1.27	1.89±0.87	3.29±0.93	7.57±1.53	10.15±0.94	12.70±0.87	17.11±1.38	28.00±0.14	18.76±0.39

ตารางที่ ง-4.2.8 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN2-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	0.91	0.91	1.80	8.94	9.80	10.68	13.37	13.65	18.76	3.39
2	0.68	0.68	1.80	8.94	11.85	12.30	12.95	15.21	17.85	4.54
3	0.91	1.82	1.80	10.08	13.18	14.04	14.59	14.61	17.85	4.54
เฉลี่ย	0.83±0.13	1.14±0.60	1.80±0	9.32±0.66	11.61±1.70	12.34±1.68	13.64±0.85	14.49±0.79	18.15±0.53	4.16±0.66

ตารางที่ ง-4.2.9 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN3-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	0.91	2.03	3.83	4.09	6.77	8.36	10.83	12.19	9.24
2	0.91	2.27	2.45	2.94	6.09	7.68	8.54	11.28	4.90
3	0.91	2.50	2.94	4.06	4.71	4.71	9.45	11.28	8.33
เฉลี่ย	0.91±0	2.27±0.24	3.07±0.70	3.70±0.66	5.86±1.05	6.92±1.94	9.60±1.15	11.58±0.53	7.49±0.29

ตารางที่ ง-4.2.10 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN5-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	0.91	0.91	2.24	3.83	4.90	9.87	10.06	13.65	29.08	25.63
2	1.59	1.59	2.29	3.59	7.19	10.31	10.73	13.65	33.66	25.39
3	0.68	1.59	3.15	3.83	7.19	9.64	10.06	12.74	31.37	25.39
เฉลี่ย	1.06±0.47	1.36±0.39	2.56±0.51	3.75±0.14	6.43±1.32	9.94±0.34	10.28±0.39	13.35±0.53	31.37±2.29	25.47±0.14

ตารางที่ ง-4.2.11 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN7-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
1	0.89	4.74	8.36	9.45	12.76	9.61
2	0.00	3.83	6.30	7.16	12.55	9.85
3	2.03	4.51	6.98	8.07	11.18	10.76
เฉลี่ย	0.97±1.02	4.36±0.47	7.21±1.05	8.23±1.15	12.16±0.86	10.07±0.61

ตารางที่ ง-4.2.12 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M10

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
1	0.91	3.64	4.07	10.93	2.73	0.68
2	0.91	4.32	5.02	7.50	1.59	0.91
3	0.91	4.79	5.47	11.17	2.97	2.06
เฉลี่ย	0.91±0	4.25±0.58	4.85±0.71	9.87±2.05	2.43±0.74	1.22±0.74

ตารางที่ ง-4.2.13 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M14

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	0.91	0.91	4.56	6.14	7.05	7.73	8.41	9.32	9.76	14.32	11.14
2	1.82	1.82	4.56	5.91	6.38	7.97	8.41	8.17	8.62	14.32	12.52
3	0.68	1.82	4.56	5.00	6.14	6.82	7.50	7.94	8.62	14.79	12.75
เฉลี่ย	1.14±0.60	1.52±0.53	4.56±0	5.68±0.60	6.52±0.47	7.51±0.61	8.11±0.53	8.48±0.74	9.00±0.66	14.48±0.27	12.14±0.87

ตารางที่ ง-4.2.14 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. AB1

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	0.00	0.91	0.91	2.73	3.64	4.32	5.00	10.26	13.90	4.53
2	0.00	0.68	1.82	2.50	4.56	5.23	6.14	11.17	13.90	3.15
3	0.00	0.00	0.68	2.50	2.50	4.56	5.47	10.02	12.29	4.06
เฉลี่ย	0.00±0	0.53±0.47	1.14±0.60	2.58±0.13	3.57±1.03	4.70±0.47	5.54±0.57	10.48±0.61	13.36±0.93	3.91±0.70

ตารางที่ ง-4.2.15 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. PN1-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	0.91	0.91	1.82	2.50	3.18	3.15	13.85	17.70	27.54	19.03	8.33
2	0.91	1.82	2.73	2.27	4.76	6.35	13.62	16.56	26.16	17.65	9.24
3	0.91	1.82	2.73	2.27	4.09	6.35	12.24	16.79	25.48	18.12	9.24
เฉลี่ย	0.91±0	1.52±0.53	2.43±0.53	2.35±0.13	4.01±0.79	5.28±1.85	13.24±0.87	17.02±0.60	26.39±1.05	18.27±0.70	8.94±0.53

ตารางที่ ง-4.3 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์

ตารางที่ ง-4.3.1 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. 3

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
1	5.90	17.15	22.50	23.57	22.76	22.72	13.29	8.01
2	5.46	16.68	22.54	24.34	24.18	24.28	14.84	6.69
3	5.93	17.15	22.10	23.32	23.75	23.01	13.58	6.48
เฉลี่ย	5.76±0.26	16.99±0.27	22.38±0.24	23.74±0.53	23.56±0.73	23.34±0.83	13.90±0.82	7.06±0.83

ตารางที่ ง-4.3.2 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. N11

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
1	3.61	12.26	11.49	15.34	15.84	10.28	5.26
2	3.82	12.04	13.15	15.27	18.25	12.08	5.88
3	4.73	11.37	12.83	17.18	16.18	12.59	4.83
เฉลี่ย	4.05±0.60	11.89±0.46	12.49±0.88	15.93±1.08	16.76±1.30	11.65±1.21	5.32±0.53

ตารางที่ ง-4.3.3 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. V55

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
1	1.02	4.77	5.44	11.56	9.32	13.44	7.17
2	0.29	3.48	7.12	9.80	9.18	12.34	9.07
3	0.29	3.48	7.34	10.52	8.88	14.10	9.28
เฉลี่ย	0.53±0.42	3.91±0.74	6.63±1.04	10.63±0.88	9.13±0.22	13.29±0.89	8.51±1.16

ตารางที่ ง-4.3.4 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. B

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	1.56	4.47	6.48	15.11	15.55	20.32	17.71	40.50	37.33
2	1.56	4.49	7.24	14.82	15.87	19.18	21.40	41.59	37.95
3	1.64	4.70	6.62	15.04	16.17	19.18	20.27	40.50	38.39
เฉลี่ย	1.59±0.05	4.55±0.13	6.78±0.40	14.99±0.15	15.86±0.31	19.56±0.66	19.79±1.89	40.86±0.63	37.89±0.53

ตารางที่ ง-4.3.5 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorella* sp. VB55

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	1.20	2.62	7.50	11.11	12.78	18.43	19.62	21.47	15.37
2	1.13	2.26	7.36	10.96	12.01	16.82	18.65	21.40	14.31
3	1.20	2.48	7.58	11.11	11.39	18.50	20.11	21.54	14.53
เฉลี่ย	1.18±0.04	2.45±0.18	7.48±0.11	11.06±0.09	12.06±0.70	17.92±0.95	19.46±0.74	21.47±0.07	14.74±0.56

ตารางที่ ง-4.3.6 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. P2-59

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	3.71	10.66	17.21	37.31	57.20	62.56	79.29	88.80	71.73
2	5.33	11.66	17.81	39.31	59.15	62.32	82.20	86.35	71.73
3	3.71	10.66	17.81	38.01	59.53	65.48	81.29	86.89	72.32
เฉลี่ย	4.25±0.94	10.99±0.58	17.61±0.35	38.21±1.01	58.63±1.25	63.45±1.76	80.93±1.49	87.35±1.29	71.93±0.34

ตารางที่ ง-4.3.7 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. B1-59

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	1.56	2.36	8.16	13.36	25.16	30.12	41.43	60.87	58.37
2	0.25	2.76	8.16	12.74	23.22	29.72	39.68	60.03	58.05
3	2.48	4.73	9.76	15.37	24.94	31.66	42.65	60.24	58.15
เฉลี่ย	1.43±1.12	3.28±1.27	8.69±0.92	13.82±1.37	24.44±1.06	30.5±1.02	41.25±1.49	60.38±0.44	58.19±0.16

ตารางที่ ง-4.3.8 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN2-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	0.00	0.36	4.93	26.14	32.63	38.02	37.60	43.06	53.31	38.62
2	0.67	0.88	4.71	26.36	31.87	35.87	39.47	40.05	53.29	39.23
3	0.14	0.07	4.71	25.45	29.82	34.43	38.29	43.19	53.50	39.23
เฉลี่ย	0.27±0.35	0.44±0.41	4.78±0.13	25.98±0.47	31.44±1.45	36.11±1.81	38.45±0.95	42.10±1.78	53.37±0.12	39.03±0.35

ตารางที่ ง-4.3.9 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN3-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	0.14	2.30	2.58	8.73	10.70	12.26	18.78	70.89	56.20
2	0.14	1.45	3.31	9.88	10.37	12.15	20.17	69.18	57.24
3	0.00	0.83	3.09	8.08	11.69	14.39	19.88	68.18	55.50
เฉลี่ย	0.09±0.08	1.53±0.74	2.99±0.37	8.90±0.91	10.92±0.69	12.93±1.26	19.61±0.73	69.42±1.37	56.31±0.88

ตารางที่ ง-4.3.10 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN5-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	4.71	7.71	27.55	33.64	62.12	82.97	115.12	158.68	212.73	80.61
2	4.04	7.04	28.33	33.55	59.10	83.02	114.06	158.68	211.43	79.59
3	4.33	7.04	27.26	32.50	57.10	82.65	113.12	158.00	211.43	79.59
เฉลี่ย	4.36±0.34	7.26±0.39	27.71±0.55	33.23±0.63	59.44±2.53	82.88±0.20	114.1±1.00	158.45±0.39	211.86±0.75	79.93±0.59

ตารางที่ ง-4.3.11 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. PN7-60

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
1	19.09	36.54	58.66	83.50	113.57	94.71
2	19.40	36.86	61.00	86.17	111.84	94.39
3	18.09	38.22	60.36	86.20	113.54	95.07
เฉลี่ย	18.86±0.68	37.21±0.89	60.01±1.21	85.29±1.55	112.98±0.99	94.72±0.34

ตารางที่ ง-4.3.12 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M10

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
1	13.71	19.83	29.48	36.89	14.12	8.33
2	12.71	17.79	28.99	39.89	15.04	7.71
3	13.71	20.92	28.93	38.17	13.50	7.79
เฉลี่ย	13.38±0.58	19.51±1.59	29.13±0.30	38.32±1.51	14.22±0.77	7.94±0.34

ตารางที่ ง-4.3.13 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M14

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	2.68	9.68	14.37	20.42	23.10	25.45	25.81	27.49	32.46	31.99	27.05
2	2.35	9.35	15.37	19.10	21.73	22.76	25.81	26.51	35.18	32.43	26.52
3	2.75	10.35	14.37	20.42	21.42	24.77	26.14	28.19	35.18	31.43	25.90
เฉลี่ย	2.59±0.21	9.79±0.51	14.70±0.58	19.98±0.76	22.08±0.89	24.33±1.40	25.92±0.19	27.40±0.84	34.27±1.57	31.95±0.50	26.49±0.58

ตารางที่ ง-4.3.14 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. AB1

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	1.00	0.71	1.71	1.12	8.83	13.16	19.48	25.15	31.44	27.72
2	2.47	3.33	2.87	2.74	9.53	13.86	19.57	24.86	33.44	31.26
3	2.47	2.47	2.33	1.74	10.74	15.47	19.24	25.78	34.14	28.96
เฉลี่ย	1.98±0.85	2.17±1.34	2.30±0.58	1.87±0.82	9.7±0.97	14.16±1.18	19.43±0.17	25.26±0.47	33.01±1.40	29.31±1.80

ตารางที่ ง-4.3.15 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. PN1-60

ชุดการทดลอง ที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	0.71	4.71	5.41	13.74	25.06	40.26	53.36	61.76	63.43	74.95	63.69
2	1.71	6.51	7.22	15.36	28.11	40.14	54.98	63.67	66.96	76.49	63.20
3	1.71	5.51	6.22	14.36	32.61	40.14	56.51	62.05	64.72	76.16	62.20
เฉลี่ย	1.38±0.58	5.58±0.90	6.28±0.91	14.49±0.82	28.59±3.80	40.18±0.07	54.95±1.58	62.49±1.03	65.04±1.79	75.87±0.81	63.03±0.76

ตารางที่ ง-4.4 ปริมาณสารฟีนอลิก (mg GAE/g) ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์

สายพันธุ์สาหร่าย	สารฟีนอลิก (mg GAE/g)							
	การทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ				การทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
Chlorella sp. 3	0.011	0.013	0.011	0.012±0	0.015	0.016	0.013	0.015 ± 0^{bc}
Chlorella sp. N-11	0.014	0.014	0.013	0.014 ± 0^{bcde}	0.013	0.016	0.015	0.015 ± 0^{bc}
Chlorella sp. V55	0.017	0.014	0.011	0.014 ± 0^{bcd}	0.015	0.010	0.016	0.014 ± 0^{bc}
Chlorella sp. B	0.012	0.012	0.016	0.013 ± 0^{bcde}	0.019	0.013	0.012	0.015 ± 0^{bc}
Chlorella sp. VB55	0.017	0.015	0.018	0.017 ± 0^{b}	0.012	0.015	0.039	0.022 ± 0.01^{abc}
Chlamydomonas sp. P2-59	0.017	0.018	0.017	0.017 ± 0^{bc}	0.023	0.021	0.031	0.0025 ± 0^{ab}
Chlamydomonas sp. B1-59	0.010	0.013	0.013	0.012 ± 0^{de}	0.013	0.013	0.014	0.013 ± 0^{c}
Chlamydomonas sp. PN2-60	0.009	0.010	0.011	0.010 ± 0^{e}	0.014	0.016	0.017	0.016 ± 0^{abc}
Chlamydomonas sp. PN3-60	0.012	0.019	0.018	0.016 ± 0^{bc}	0.018	0.017	0.023	0.019 ± 0^{abc}
Chlamydomonas sp. PN5-60	0.012	0.014	0.011	0.012 ± 0^{de}	0.012	0.014	0.014	0.013 ± 0^{c}
Chlamydomonas sp. PN7-60	0.013	0.014	0.012	0.013 ± 0^{cde}	0.015	0.016	0.017	0.016 ± 0^{abc}
Scenedesmus sp. M10	0.017	0.016	0.019	0.017 ± 0^{b}	0.021	0.017	0.043	0.027 ± 0.01^{a}
Scenedesmus sp. M14	0.014	0.015	0.014	0.014 ± 0^{bcd}	0.015	0.016	0.016	0.016 ± 0^{abc}
Chlorococcum sp. AB1	0.019	0.022	0.023	0.021 ± 0^{a}	0.030	0.020	0.025	0.025 ± 0^{ab}
Chlorococcum sp. PN1-60	0.021	0.013	0.015	0.016 ± 0^{bc}	0.022	0.019	0.017	0.019 ± 0^{abc}

ตารางที่ ง-4.5 ร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ ของสาหร่าย 15 สายพันธุ์

สายพันธุ์สาหร่าย	DPPH (ร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ)							
	การทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ				การทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
Chlorella sp. 3	6.25	0	0.833	2.36 ± 3.39^{de}	12.08	17.92	10.83	13.61 ± -3.78^{cd}
Chlorella sp. N-11	5	2.08	1.25	2.78 ± 1.97^{de}	5	15.42	14.58	11.67 ± 5.79^{d}
Chlorella sp. V55	0	2.08	10	4.03 ± 5.28^{cde}	10.83	15.83	12.5	13.05 ± 2.55^{cd}
Chlorella sp. B	17.08	6.67	12.92	12.22 ± 5.24^{abcde}	12.08	24.17	20.42	18.89 ± 6.19^{bcd}
Chlorella sp. VB55	1.25	8.33	16.25	8.61 ± 6.27^{abcde}	23.33	20.83	16.25	20.14 ± 3.59^{bcd}
Chlamydomonas sp. P2-59	10.42	27.5	12.92	16.95 ± 9.22^{ab}	32.92	44.58	45.42	40.97 ± 6.99^{a}
Chlamydomonas sp. B1-59	0	0	2.80	0.93 ± 1.62^{e}	11.25	9.17	10.83	10.42 ± 1.10^{d}
Chlamydomonas sp. PN2-60	14.58	8.33	7.92	10.28 ± 3.73^{abcde}	14.58	19.58	5.42	13.19 ± 7.18^{cd}
Chlamydomonas sp. PN3-60	1.25	7.08	2.5	3.61 ± 3.07^{cde}	17.92	0.83	11.25	10.00 ± 8.61^{d}
Chlamydomonas sp. PN5-60	0	0	7.5	2.50 ± 4.33^{de}	20	30.42	14.58	21.67 ± 8.05^{bcd}
Chlamydomonas sp. PN7-60	0	25.42	22.08	14.72 ± 4.38^{abcd}	20	30.42	14.58	21.67 ± 8.05^{bcd}
Scenedesmus sp. M10	17.5	25	15.42	19.31 ± 5.04^{a}	23.75	21.25	30.42	26.11 ± 2.95^{b}
Scenedesmus sp. M14	23.33	4.58	17.92	15.28 ± 9.65^{abc}	22.92	28.75	26.67	25.14 ± 4.74^{bc}
Chlorococcum sp. AB1	10.42	14.58	19.17	15.83 ± 13.81^{abc}	40.33	52.92	30	41.08 ± 11.48^{a}
Chlorococcum sp. PN1-60	0	12.08	4.58	5.55 ± 6.10^{bcde}	3.33	6.25	19.58	9.72 ± 8.66^{d}

ตารางที่ ง-5 ตารางผลการศึกษาปริมาณคลอโรฟิล์เอ บี แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบจากวิธี DPPH เครื่อง HPLC ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5

สายพันธุ์สาหร่าย	วันที่เข้าสู่ระยะคงที่	คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	สารประกอบฟีนอลิก (mg GAE/g)		DPPH % Radical scavenging activity		เครื่อง HPLC (มิลลิกรัมต่อกรัม)	
					การทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งน้ำ	การทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว	การทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งน้ำ	การทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว	การทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งน้ำ	การทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว
Chlamydomonas sp. P2-59	10	6.45±0.08[a]	7.12±0.66[a]	13.09±1.06[b]	0.023±0[a]	0.025±0[a]	1.11±0.96[a]	13.20±0.87[a]	0.001±0[a]	0.008±0[a]
Scenedesmus sp. M10	6	3.27±0.32[b]	4.55±0.60[b]	19.19±0.05[a]	0.026±0[a]	0.042±0.01[a]	14.31±15.05[a]	18.61±8.06[a]	0.013±0[a]	0.330±0.07[b]
Chlorococcum sp. AB1	8	3.56±0.36[b]	4.17±0.13[b]	13.33±0.77[b]	0.022±0[a]	0.032±0[a]	2.22±2.55[a]	17.08±4.64[a]	0.004±0[a]	0.217±0.03[b]

ตารางที่ ง-5.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5

ตารางที่ ง-5.1.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. P2-59

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
1	0.50	0.50	1.00	1.50	4.14	6.54	3.14
2	0.50	0.50	0.87	1.50	5,.41	6.41	4.27
3	0.50	1.14	1.50	2.00	4.77	6.41	4.14
เฉลี่ย	0.50±0	0.71±0.37	1.12±0.33	1.67±0.29	4.46±0.64	6.45±0.08	3.85±0.52

ตารางที่ ง-5.1.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M10

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)				
	0	2	4	6	8
1	0.50	1.14	2.27	3.14	2.77
2	0.50	1.14	2.27	3.64	2.77
3	0.50	1.00	2.27	3.04	2.91
เฉลี่ย	0.50±0	0.88±0.34	2.27±0	3.27±0.32	2.82±0.08

ตารางที่ ง-5.1.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. AB1

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
1	0.50	0.50	1.14	2.77	3.77	2.41
2	0.50	0.50	1.64	2.14	3.14	1.50
3	0.50	1.00	1.64	2.64	3.77	1.64
เฉลี่ย	0.50±จ	0.67±0.29	1.47±0.29	2.52±0.33	3.56±0.36	1.85±0.49

ตารางที่ ง-5.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5

ตารางที่ ง-5.2.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. P2-59

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
1	0.91	0.91	1.82	2.73	6.14	6.35	4.32
2	0.91	0.91	2.97	2.73	5.68	7.50	5.00
3	0.91	0.68	2.73	3.64	5.91	7.50	6.14
เฉลี่ย	0.91±0	0.83±0.13	2.51±0.61	3.03±0.53	5.91±0.23	7.12±0.66	5.15±0.92

ตารางที่ ง-5.2.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M10

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)				
	0	2	4	6	8
1	0.91	1.82	1.35	4.32	2.27
2	0.91	1.82	1.35	5.23	2.27
3	0.91	1.59	1.35	4.09	1.12
เฉลี่ย	0.91±0	1.74±0.13	1.35±0	4.55±0.60	1.89±0.66

ตารางที่ ง-5.2.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. AB1

ชุดการทดลองที่	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
1	0.91	0.91	0.68	2.27	4.09	0.21
2	0.91	0.91	1.59	2.50	4.32	2.73
3	0.91	1.82	1.59	3.41	4.09	1.59
เฉลี่ย	0.91±0	1.21±0.53	1.29±0.53	2.73±0.60	4.17±0.13	1.51±1.26

ตารางที่ ง-5.3 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5

ตารางที่ ง-5.3.1 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chalmydomonas* sp. P2-59

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
1	0.71	1.71	2.41	6.12	15.57	19.14	11.16
2	0.71	1.71	2.50	7.12	16.81	19.22	11.48
3	1.71	3.33	3.12	8.54	17.19	19.22	10.57
เฉลี่ย	1.04±0.58	2.25±0.94	2.68±0.39	7.26±1.22	16.52±0.85	19.19±0.05	11.07±0.46

ตารางที่ ง-5.3.2 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Scenedesmus* sp. M10

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)				
	0	2	4	6	8
1	1.71	5.51	9.66	12.16	8.36
2	1.71	6.51	9.66	12.86	9.36
3	1.71	6.58	9.66	14.25	10.28
เฉลี่ย	1.71±0	6.20±0.60	9.66±0	13.09±1.06	9.33±0.96

ตารางที่ ง-5.3.3 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของ *Chlorococcum* sp. AB1

ชุดการทดลองที่	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลาต่างๆ (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
1	0.71	1.71	5.33	9.00	13.77	8.57
2	0.71	0.71	4.04	7.74	12.44	7.12
3	1.71	1.41	4.04	8.64	13.77	7.04
เฉลี่ย	1.04±0.58	1.28±0.51	4.47±0.74	8.46±0.65	13.33±0.77	7.58±0.86

ตารางที่ ง-5.4 ปริมาณสารฟีนอลิก (mg GAE/g) ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5

สายพันธุ์สาหร่าย	สารฟีนอลิก (mg GAE/g)							
	การทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ				การทำให้เซลล์แตกด้วยสารสกัดจากเม็ดลูกแก้ว			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
Chlamydomonas sp. P2-59	0.018	0.030	0.020	0.023±0	0.024	0.030	0.022	0.025±0
Scenedesmus sp. M10	0.025	0.029	0.023	0.026±0	0.032	0.038	0.055	0.042±0.01
Chlorococcum sp. AB1	0.022	0.024	0.019	0.022±0	0.045	0.020	0.032	0.032±0

ตารางที่ ง-5.5 ปริมาณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5

สายพันธุ์สาหร่าย	DPPH (% Radical scavenging activity)							
	การทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ				การทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
Chlamydomonas sp. P2-59	0	0	0	0	21.25	12.08	17.92	17.08±4.64
Scenedesmus sp. M10	0	1.67	1.67	1.11±0.96	14.17	12.92	12.5	13.20±0.87
Chlorococcum sp. AB1	30	0	12.92	14.31±15.05	14.17	13.75	27.92	18.61±8.06

ตารางที่ ง-5.6 ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ ที่ทดสอบด้วยเครื่อง HPLC ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ผ่านการเพาะเลี้ยงในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ 8.5

สายพันธุ์สาหร่าย	HPLC (มิลลิกรัมต่อกรัม)							
	การทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ			เฉลี่ย	การทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว			เฉลี่ย
Chlamydomonas sp. P2-59	0.0044	0	0.0069	0.0038±0	0.2079	0.1883	0.2536	0.2166±0.03
Scenedesmus sp. M10	0.3933	0.2623	0.3338	0.3298±0.07	0.0146	0.0145	0.0110	0.0134±0
Chlorococcum sp. AB1	0.0126	0.0038	0.0069	0.0078±0	0	0	0.0041	0.0014±0

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จ-1 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการเจริญของ 15 สายพันธุ์คือ *Chlorella* sp. 3, *Chlorella* sp. N-11, *Chlorella* sp. V55, *Chlorella* sp. B, *Chlorella* sp. VB55, *Chlamydomonas* sp. P2-59, *Chlamydomonas* sp. B1-59, *Chlamydomonas* sp. PN2-60, *Chlamydomonas* sp. PN3-60, *Chlamydomonas* sp. PN5-60, *Chlamydomonas* sp. PN7-60, *Scenedesmus* sp. M10, *Scenedesmus* sp. M14, *Chlorococcum* sp. AB1, *Chlorococcum* sp. PN1-60

ตารางที่ จ-1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าการดูดกลืนแสง จำนวนเซลล์ น้ำหนักแห้ง และอัตราการเจริญจำเพาะของ 15 สายพันธุ์ (1)=*Chlorella* sp. 3, (2)=*Chlorella* sp. N-11, (3)=*Chlorella* sp. V55 ตามลำดับ

Descriptives

ค่าการดูดกลืนแสง

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	1.810333	.0116762	.0067412	1.781328	1.839339	1.8000	1.8230
2	3	1.672000	.0326956	.0188768	1.590780	1.753220	1.6350	1.6970
3	3	1.619667	.0266333	.0153768	1.553506	1.685827	1.5970	1.6490
4	3	1.947667	.0378462	.0218505	1.853652	2.041682	1.9040	1.9710
5	3	2.375667	.0068069	.0039299	2.358757	2.392576	2.3680	2.3810
6	3	2.355333	.0346458	.0200028	2.269268	2.441398	2.3310	2.3950
7	3	2.043667	.0162891	.0094045	2.003202	2.084131	2.0250	2.0550
8	3	2.456000	.0266271	.0153731	2.389855	2.522145	2.4280	2.4810
9	3	2.363000	.0175214	.0101160	2.319474	2.406526	2.3450	2.3800
10	3	2.080000	.0295127	.0170392	2.006686	2.153314	2.0460	2.0990
11	3	.749333	.0340783	.0196751	.664678	.833989	.7140	.7820
12	3	1.216000	.0164621	.0095044	1.175106	1.256894	1.2060	1.2350
13	3	2.555000	.0351710	.0203060	2.467630	2.642370	2.5180	2.5880
14	3	1.651000	.0351568	.0202978	1.563666	1.738334	1.6250	1.6910
15	3	2.643333	.0276827	.0159826	2.574566	2.712101	2.6140	2.6690
Total	45	1.969200	.5171331	.0770897	1.813836	2.124564	.7140	2.6690

ค่าการดูดกลืนแสง

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05										
สายพันธุ์	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	3	.749333										
12	3		1.216000									
3	3			1.619667								
14	3			1.651000	1.651000							
2	3				1.672000							
1	3					1.810333						
4	3						1.947667					
7	3							2.043667				
10	3							2.080000				
6	3								2.355333			
9	3								2.363000			
5	3								2.375667			
8	3									2.456000		
13	3										2.555000	
15	3											2.643333
Sig.		1.000	1.000	.174	.359	1.000	1.000	.117	.402	1.000	1.000	1.000

Descriptives

น้ำหนักแห้ง

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	.700000	.5291503	.3055050	-.614482	2.014482	.1000	1.1000
2	3	.833333	.1154701	.0666667	.546490	1.120177	.7000	.9000
3	3	.700000	.0000000	.0000000	.700000	.700000	.7000	.7000
4	3	.866667	.1154701	.0666667	.579823	1.153510	.8000	1.0000
5	3	1.100000	.1000000	.0577350	.851586	1.348414	1.0000	1.2000
6	3	2.133333	.6806859	.3929942	.442416	3.824251	1.6000	2.9000
7	3	1.200000	.1000000	.0577350	.951586	1.448414	1.1000	1.3000
8	3	1.766667	.0577350	.0333333	1.623245	1.910088	1.7000	1.8000
9	3	1.466667	.4041452	.2333333	.462714	2.470619	1.1000	1.9000
10	3	1.200000	.1000000	.0577350	.951586	1.448414	1.1000	1.3000
11	3	.900000	.2000000	.1154701	.403172	1.396828	.7000	1.1000
12	3	.933333	.1527525	.0881917	.553875	1.312792	.8000	1.1000
13	3	2.700000	.4000000	.2309401	1.706345	3.693655	2.3000	3.1000
14	3	1.500000	.0000000	.0000000	1.500000	1.500000	1.5000	1.5000
15	3	3.733333	1.1590226	.6691620	.854162	6.612505	2.4000	4.5000
Total	45	1.448889	.8930597	.1331295	1.180584	1.717194	.1000	4.5000

น้ำหนักแห้ง

Duncan[a]

สายพันธุ์	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
3	3	.700000				
1	3	.700000				
2	3	.833333				
4	3	.866667				
11	3	.900000				
12	3	.933333				
5	3	1.100000	1.100000			
7	3	1.200000	1.200000			
10	3	1.200000	1.200000			
9	3	1.466667	1.466667	1.466667		
14	3	1.500000	1.500000	1.500000		
8	3		1.766667	1.766667		
6	3			2.133333	2.133333	
13	3				2.700000	
15	3					3.733333
Sig.		.051	.089	.078	.102	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

จำนวนเซลล์

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	4.665000	.1300000	.0750555	4.342062	4.987938	4.5150	4.7450
2	3	3.865000	.6193343	.3575728	2.326488	5.403512	3.1500	4.2350
3	3	2.521667	.7371624	.4256009	.690454	4.352879	1.7000	3.1250
4	3	4.035500	4.9711845	2.8701147	-8.313607	16.384607	1.0865	9.7750
5	3	7.625000	.2438750	.1408013	7.019181	8.230819	7.4350	7.9000
6	3	5.346667	.3464583	.2000278	4.486017	6.207317	4.9500	5.5900
7	3	8.410000	1.3050287	.7534587	5.168129	11.651871	6.9200	9.3500
8	3	5.418333	.3039874	.1755072	4.663187	6.173480	5.0900	5.6900
9	3	5.418333	.2094238	.1209109	4.898096	5.938571	5.1850	5.5900
10	3	13.795000	.6557248	.3785829	12.166089	15.423911	13.1050	14.4100
11	3	.668333	.1109429	.0640529	.392736	.943931	.5450	.7600
12	3	.136667	.0189297	.0109291	.089643	.183691	.1150	.1500
13	3	.531667	.1500278	.0866186	.158977	.904356	.4000	.6950
14	3	.698333	.1201388	.0693622	.399892	.996775	.5750	.8150
15	3	.655000	.0200000	.0115470	.605317	.704683	.6350	.6750
Total	45	4.252700	3.8284691	.5707145	3.102501	5.402899	.1150	14.4100

จำนวนเซลล์

Duncan[a]

สายพันธุ์	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
12	3	.136667					
13	3	.531667					
15	3	.655000					
11	3	.668333					
14	3	.698333					
3	3	2.521667	2.521667				
2	3		3.865000	3.865000			
4	3		4.035500	4.035500			
1	3		4.665000	4.665000			
6	3			5.346667	5.346667		
9	3			5.418333	5.418333		
8	3			5.418333	5.418333		
5	3				7.625000	7.625000	
7	3					8.410000	
10	3						13.795000
Sig.		.069	.089	.232	.071	.488	1.000

Descriptives

อัตราการเจริญจำเพาะ

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	2.196667	.0057735	.0033333	2.182324	2.211009	2.1900	2.2000
2	3	2.173333	.0288675	.0166667	2.101622	2.245044	2.1400	2.1900
3	3	2.126667	.0416333	.0240370	2.023244	2.230090	2.0800	2.1600
4	3	1.203333	.0923760	.0533333	.973859	1.432808	1.1500	1.3100
5	3	1.293333	.0057735	.0033333	1.278991	1.307676	1.2900	1.3000
6	3	1.270000	.0000000	.0000000	1.270000	1.270000	1.2700	1.2700
7	3	1.303333	.0115470	.0066667	1.274649	1.332018	1.2900	1.3100
8	3	1.113333	.0057735	.0033333	1.098991	1.127676	1.1100	1.1200
9	3	1.270000	.0000000	.0000000	1.270000	1.270000	1.2700	1.2700
10	3	1.170000	.0000000	.0000000	1.170000	1.170000	1.1700	1.1700
11	3	1.963333	.0208167	.0120185	1.911622	2.015045	1.9400	1.9800
12	3	2.320000	.0264575	.0152753	2.254276	2.385724	2.2900	2.3400
13	3	.856667	.0152753	.0088192	.818721	.894612	.8400	.8700
14	3	1.080000	.0953939	.0550757	.843028	1.316972	.9700	1.1400
15	3	.870000	.0000000	.0000000	.870000	.870000	.8700	.8700
Total	45	1.480667	.5055303	.0753600	1.328789	1.632545	.8400	2.3400

Descriptives

อัตราการเจริญจำเพาะ

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	2.196667	.0057735	.0033333	2.182324	2.211009	2.1900	2.2000
2	3	2.173333	.0288675	.0166667	2.101622	2.245044	2.1400	2.1900
3	3	2.126667	.0416333	.0240370	2.023244	2.230090	2.0800	2.1600
4	3	1.203333	.0923760	.0533333	.973859	1.432808	1.1500	1.3100
5	3	1.293333	.0057735	.0033333	1.278991	1.307676	1.2900	1.3000
6	3	1.270000	.0000000	.0000000	1.270000	1.270000	1.2700	1.2700
7	3	1.303333	.0115470	.0066667	1.274649	1.332018	1.2900	1.3100
8	3	1.113333	.0057735	.0033333	1.098991	1.127676	1.1100	1.1200
9	3	1.270000	.0000000	.0000000	1.270000	1.270000	1.2700	1.2700
10	3	1.170000	.0000000	.0000000	1.170000	1.170000	1.1700	1.1700
11	3	1.963333	.0208167	.0120185	1.911622	2.015045	1.9400	1.9800
12	3	2.320000	.0264575	.0152753	2.254276	2.385724	2.2900	2.3400
13	3	.856667	.0152753	.0088192	.818721	.894612	.8400	.8700
14	3	1.080000	.0953939	.0550757	.843028	1.316972	.9700	1.1400
15	3	.870000	.0000000	.0000000	.870000	.870000	.8700	.8700
Total	45	1.480667	.5055303	.0753600	1.328789	1.632545	.8400	2.3400

อัตราการเจริญจำเพาะ

Duncan[a]

สายพันธุ์	N	Subset for alpha = 0.05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	3	.856667									
15	3	.870000									
14	3		1.080000								
8	3		1.113333	1.113333							
10	3			1.170000	1.170000						
4	3				1.203333	1.203333					
6	3					1.270000	1.270000				
9	3					1.270000	1.270000				
5	3						1.293333				
7	3						1.303333				
11	3							1.963333			
3	3								2.126667		
2	3								2.173333	2.173333	
1	3									2.196667	
12	3										2.320000
Sig.		.671	.293	.079	.293	.050	.338	1.000	.144	.459	1.000

ตารางที่ จ-1.2 ตาราง ANOVA ของการเจริญของ 15 สายพันธุ์

ANOVA

ค่าการดูดกลืนแสง

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.744	14	.839	1102.046	.000
Within Groups	.023	30	.001		
Total	11.767	44			

ANOVA

น้ำหนักแห้ง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	30.026	14	2.145	12.699	.000
Within Groups	5.067	30	.169		
Total	35.092	44			

ANOVA

จำนวนเซลล์

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	588.605	14	42.043	22.399	.000
Within Groups	56.311	30	1.877		
Total	644.916	44			

ANOVA

อัตราการเจริญจำเพาะ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.201	14	.800	550.512	.000
Within Groups	.044	30	.001		
Total	11.245	44			

ตารางที่ จ-1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคลอโรฟิลล์เอ บี แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ 15 สายพันธุ์ (1)=*Chlorella* sp. 3, (2)=*Chlorella* sp. N-11, (3)=*Chlorella* sp. V55 ตามลำดับ

Descriptives

คลอโรฟิลล์เอ

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	35.5533	.21362	.12333	35.0227	36.0840	35.43	35.80
2	3	20.5233	1.00922	.58268	18.0163	23.0304	19.77	21.67
3	3	12.0133	.76376	.44096	10.1160	13.9106	11.18	12.68
4	3	42.9767	.44456	.25667	41.8723	44.0810	42.72	43.49
5	3	21.7100	.50000	.28868	20.4679	22.9521	21.21	22.21
6	3	28.6767	.48645	.28085	27.4683	29.8851	28.12	29.02
7	3	63.7400	.36373	.21000	62.8364	64.6436	63.53	64.16
8	3	55.6933	.36950	.21333	54.7754	56.6112	55.48	56.12
9	3	20.1067	.28868	.16667	19.3896	20.8238	19.94	20.44
10	3	55.7367	.36950	.21333	54.8188	56.6546	55.31	55.95
11	3	32.3867	1.22541	.70749	29.3426	35.4308	31.33	33.73
12	3	5.9733	.53966	.31157	4.6327	7.3139	5.37	6.41
13	3	11.2567	.73323	.42333	9.4352	13.0781	10.41	11.68
14	3	7.7667	.44456	.25667	6.6623	8.8710	7.51	8.28
15	3	22.0033	.58158	.33577	20.5586	23.4481	21.50	22.64
Total	45	29.0744	17.94941	2.67574	23.6818	34.4670	5.37	64.16

คลอโรฟิลล์ เอ

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05										
สายพันธุ์	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	3	5.9733										
14	3		7.7667									
13	3			11.2567								
3	3			12.0133								
9	3				20.1067							
2	3				20.5233							
5	3					21.7100						
15	3					22.0033						
6	3						28.6767					
11	3							32.3867				
1	3								35.5533			
4	3									42.9767		
8	3										55.6933	
10	3										55.7367	
7	3											63.7400
Sig.		1.000	1.000	.143	.414	.564	1.000	1.000	1.000	1.000	.932	1.000

Descriptives

คลอโรฟิลล์บี

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	24.8733	1.18357	.68333	21.9332	27.8135	24.19	26.24
2	3	18.3633	1.43476	.82836	14.7992	21.9275	17.21	19.97
3	3	14.9267	1.39005	.80254	11.4736	18.3797	13.41	16.14
4	3	13.3700	.79674	.46000	11.3908	15.3492	12.45	13.83
5	3	11.7200	.91000	.52539	9.4594	13.9806	10.81	12.63
6	3	17.9167	1.26674	.73135	14.7699	21.0634	16.69	19.22
7	3	28.0000	.13856	.08000	27.6558	28.3442	27.84	28.08
8	3	18.1533	.52539	.30333	16.8482	19.4585	17.85	18.76
9	3	11.5833	.52539	.30333	10.2782	12.8885	11.28	12.19
10	3	31.3700	2.29000	1.32213	25.6813	37.0587	29.08	33.66
11	3	12.1633	.85804	.49539	10.0318	14.2948	11.18	12.76
12	3	9.8667	2.05310	1.18536	4.7665	14.9669	7.50	11.17
13	3	9.0000	.65818	.38000	7.3650	10.6350	8.62	9.76
14	3	13.3633	.92953	.53667	11.0542	15.6724	12.29	13.90
15	3	18.2667	.70159	.40507	16.5238	20.0095	17.65	19.03
Total	45	16.8624	6.58015	.98091	14.8855	18.8393	7.50	33.66

คลอโรฟิลล์ บี

Duncan[a]

สายพันธุ์	N	Subset for alpha = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
13	3	9.0000							
12	3	9.8667	9.8667						
9	3		11.5833	11.5833					
5	3		11.7200	11.7200					
11	3			12.1633					
14	3			13.3633	13.3633				
4	3			13.3700	13.3700				
3	3				14.9267				
6	3					17.9167			
8	3					18.1533			
15	3					18.2667			
2	3					18.3633			
1	3						24.8733		
7	3							28.0000	
10	3								31.3700
Sig.		.377	.079	.108	.136	.678	1.000	1.000	1.000

Descriptives

แคโรทีนอยด์

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	23.563333	.7281712	.4204099	21.754456	25.372211	22.7600	24.1800
2	3	16.756667	1.3043900	.7530899	13.516382	19.996951	15.8400	18.2500
3	3	9.126667	.2247962	.1297861	8.568242	9.685091	8.8800	9.3200
4	3	40.863333	.6293118	.3633333	39.300036	42.426630	40.5000	41.5900
5	3	21.470000	.0700000	.0404145	21.296110	21.643890	21.4000	21.5400
6	3	87.346667	1.2872581	.7431988	84.148940	90.544393	86.3500	88.8000
7	3	60.380000	.4371499	.2523886	59.294060	61.465940	60.0300	60.8700
8	3	53.366667	.1159023	.0669162	53.078750	53.654584	53.2900	53.5000
9	3	69.416667	1.3704136	.7912086	66.012371	72.820963	68.1800	70.8900
10	3	211.863333	.7505554	.4333333	209.998851	213.727816	211.4300	212.7300
11	3	112.983333	.9902693	.5717323	110.523368	115.443299	111.8400	113.5700
12	3	38.316667	1.5053682	.8691247	34.577125	42.056209	36.8900	39.8900
13	3	31.950000	.5011986	.2893671	30.704954	33.195046	31.4300	32.4300
14	3	33.006667	1.4011900	.8089774	29.525918	36.487416	31.4400	34.1400
15	3	75.866667	.8108226	.4681287	73.852472	77.880862	74.9500	76.4900
Total	45	59.085111	49.9684393	7.4488551	44.072930	74.097292	8.8800	212.7300

แคโรทีนอยด์

Duncan[a]

สายพันธุ์	N	Subset for alpha = 0.05													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	3	9.126667													
2	3		16.756667												
5	3			21.470000											
1	3				23.563333										
13	3					31.950000									
14	3					33.006667									
12	3						38.316667								
4	3							40.863333							
8	3								53.366667						
7	3									60.380000					
9	3										69.416667				
15	3											75.866667			
6	3												87.346667		
11	3													112.983333	
10	3														211.863333
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	.176	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	.011667	.0011547	.0006667	.008798	.014535	.0110	.0130
2	3	.013667	.0005774	.0003333	.012232	.015101	.0130	.0140
3	3	.014000	.0030000	.0017321	.006548	.021452	.0110	.0170
4	3	.013333	.0023094	.0013333	.007596	.019070	.0120	.0160
5	3	.017333	.0005774	.0003333	.015899	.018768	.0170	.0180
6	3	.016667	.0015275	.0008819	.012872	.020461	.0150	.0180
7	3	.012000	.0017321	.0010000	.007697	.016303	.0100	.0130
8	3	.010000	.0010000	.0005774	.007516	.012484	.0090	.0110
9	3	.016333	.0037859	.0021858	.006929	.025738	.0120	.0190
10	3	.012333	.0015275	.0008819	.008539	.016128	.0110	.0140
11	3	.013000	.0010000	.0005774	.010516	.015484	.0120	.0140
12	3	.017333	.0015275	.0008819	.013539	.021128	.0160	.0190
13	3	.014333	.0005774	.0003333	.012899	.015768	.0140	.0150
14	3	.021333	.0020817	.0012019	.016162	.026504	.0190	.0230
15	3	.016333	.0041633	.0024037	.005991	.026676	.0130	.0210
Total	45	.014644	.0033108	.0004935	.013650	.015639	.0090	.0230

แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05				
สายพันธุ์	N	1	2	3	4	5
8	3	.010000				
1	3	.011667	.011667			
7	3	.012000	.012000			
10	3	.012333	.012333			
11	3	.013000	.013000	.013000		
4	3	.013333	.013333	.013333	.013333	
2	3	.013667	.013667	.013667	.013667	
3	3		.014000	.014000	.014000	
13	3		.014333	.014333	.014333	
9	3			.016333	.016333	
15	3			.016333	.016333	
6	3			.016667	.016667	
5	3				.017333	
12	3				.017333	
14	3					.021333
Sig.		.068	.185	.071	.051	1.000

Descriptives

แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	.014667	.0015275	.0008819	.010872	.018461	.0130	.0160
2	3	.014667	.0015275	.0008819	.010872	.018461	.0130	.0160
3	3	.013667	.0032146	.0018559	.005681	.021652	.0100	.0160
4	3	.014667	.0037859	.0021858	.005262	.024071	.0120	.0190
5	3	.022000	.0147986	.0085440	-.014762	.058762	.0120	.0390
6	3	.025000	.0052915	.0030551	.011855	.038145	.0210	.0310
7	3	.013333	.0005774	.0003333	.011899	.014768	.0130	.0140
8	3	.015667	.0015275	.0008819	.011872	.019461	.0140	.0170
9	3	.019333	.0032146	.0018559	.011348	.027319	.0170	.0230
10	3	.013333	.0011547	.0006667	.010465	.016202	.0120	.0140
11	3	.016000	.0010000	.0005774	.013516	.018484	.0150	.0170
12	3	.027000	.0140000	.0080829	-.007778	.061778	.0170	.0430
13	3	.015667	.0005774	.0003333	.014232	.017101	.0150	.0160
14	3	.025000	.0050000	.0028868	.012579	.037421	.0200	.0300
15	3	.019333	.0025166	.0014530	.013082	.025585	.0170	.0220
Total	45	.017956	.0066843	.0009964	.015947	.019964	.0100	.0430

แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05		
สายพันธุ์	N	1	2	3
7	3	.013333		
10	3	.013333		
3	3	.013667	.013667	
1	3	.014667	.014667	
2	3	.014667	.014667	
4	3	.014667	.014667	
8	3	.015667	.015667	.015667
13	3	.015667	.015667	.015667
11	3	.016000	.016000	.016000
15	3	.019333	.019333	.019333
9	3	.019333	.019333	.019333
5	3	.022000	.022000	.022000
6	3		.025000	.025000
14	3		.025000	.025000
12	3			.027000
Sig.		.138	.055	.051

Descriptives

แสดงปริมาณของร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วย DPPH ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	2.361000	3.3936283	1.9593122	-6.069240	10.791240	.0000	6.2500
2	3	2.776667	1.9696785	1.1371944	-2.116286	7.669619	1.2500	5.0000
3	3	4.026667	5.2765645	3.0464260	-9.081046	17.134380	.0000	10.0000
4	3	12.223333	5.2398505	3.0252291	-.793177	25.239844	6.6700	17.0800
5	3	8.610000	7.5039190	4.3323896	-10.030768	27.250768	1.2500	16.2500
6	3	16.946667	9.2245397	5.3257905	-5.968360	39.861694	10.4200	27.5000
7	3	.933333	1.6165808	.9333333	-3.082476	4.949143	.0000	2.8000
8	3	10.276667	3.7324300	2.1549194	1.004797	19.548537	7.9200	14.5800
9	3	3.610000	3.0694136	1.7721268	-4.014846	11.234846	1.2500	7.0800
10	3	2.500000	4.3301270	2.5000000	-8.256632	13.256632	.0000	7.5000
11	3	14.723333	4.3767606	2.5269239	3.850857	25.595809	10.4200	19.1700
12	3	19.306667	5.0390608	2.9093031	6.788946	31.824388	15.4200	25.0000
13	3	15.276667	9.6504421	5.5716854	-8.696361	39.249694	4.5800	23.3300
14	3	15.833333	13.8133896	7.9751642	-18.481029	50.147695	.0000	25.4200
15	3	5.553333	6.0985353	3.5209910	-9.596268	20.702935	.0000	12.0800
Total	45	8.997178	8.1373881	1.2130502	6.552436	11.441920	.0000	27.5000

แสดงปริมาณของร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วย DPPH ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05				
สายพันธุ์	N	1	2	3	4	5
7	3	.933333				
1	3	2.361000	2.361000			
10	3	2.500000	2.500000			
2	3	2.776667	2.776667			
9	3	3.610000	3.610000	3.610000		
3	3	4.026667	4.026667	4.026667		
15	3	5.553333	5.553333	5.553333	5.553333	
5	3	8.610000	8.610000	8.610000	8.610000	8.610000
8	3	10.276667	10.276667	10.276667	10.276667	10.276667
4	3	12.223333	12.223333	12.223333	12.223333	12.223333
11	3		14.723333	14.723333	14.723333	14.723333
13	3			15.276667	15.276667	15.276667
14	3			15.833333	15.833333	15.833333
6	3				16.946667	16.946667
12	3					19.306667
Sig.		.077	.053	.054	.070	.089

Descriptives

แสดงปริมาณของร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วย DPPH ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	13.610000	3.7845343	2.1850019	4.208696	23.011304	10.8300	17.9200
2	3	11.666667	5.7887592	3.3421417	-2.713408	26.046742	5.0000	15.4200
3	3	13.053333	2.5455124	1.4696523	6.729930	19.376737	10.8300	15.8300
4	3	18.890000	6.1885136	3.5729400	3.516880	34.263120	12.0800	24.1700
5	3	20.136667	3.5905617	2.0730118	11.217217	29.056116	16.2500	23.3300
6	3	40.973333	6.9870261	4.0339614	23.616598	58.330068	32.9200	45.4200
7	3	10.416667	1.0998788	.6350153	7.684416	13.148917	9.1700	11.2500
8	3	13.193333	7.1811234	4.1460235	-4.645566	31.032233	5.4200	19.5800
9	3	10.000000	8.6132979	4.9728898	-11.396618	31.396618	.8300	17.9200
10	3	21.666667	8.0504493	4.6479290	1.668242	41.665091	14.5800	30.4200
11	3	21.666667	8.0504493	4.6479290	1.668242	41.665091	14.5800	30.4200
12	3	26.113333	2.9545953	1.7058364	18.773712	33.452955	22.9200	28.7500
13	3	25.140000	4.7403903	2.7368656	13.364218	36.915782	21.2500	30.4200
14	3	41.083333	11.4785554	6.6271470	12.569021	69.597646	30.0000	52.9200
15	3	9.720000	8.6629268	5.0015431	-11.799903	31.239903	3.3300	19.5800
Total	45	19.822000	11.3503133	1.6920048	16.411988	23.232012	.8300	52.9200

แสดงปริมาณของร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วย DPPH ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05			
สายพันธุ์	N	1	2	3	4
15	3	9.720000			
9	3	10.000000			
7	3	10.416667			
2	3	11.666667			
3	3	13.053333	13.053333		
8	3	13.193333	13.193333		
1	3	13.610000	13.610000		
4	3	18.890000	18.890000	18.890000	
5	3	20.136667	20.136667	20.136667	
10	3	21.666667	21.666667	21.666667	
11	3	21.666667	21.666667	21.666667	
13	3		25.140000	25.140000	
12	3			26.113333	
6	3				40.973333
14	3				41.083333
Sig.		.068	.060	.247	.984

ตารางที่ จ-1.4 ตาราง ANOVA ของคลอโรฟิลล์เอ บี แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ 15 สายพันธุ์

ANOVA

คลอโรฟิลล์เอ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14164.598	14	1011.757	2668.683	.000
Within Groups	11.374	30	.379		
Total	14175.971	44			

ANOVA

คลอโรฟิลล์บี

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1863.100	14	133.079	94.986	.000
Within Groups	42.031	30	1.401		
Total	1905.131	44			

ANOVA

แคโรทีนอยด์

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	109834.967	14	7845.355	8979.940	.000
Within Groups	26.210	30	.874		
Total	109861.177	44			

ANOVA

แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	14	.000	5.848	.000
Within Groups	.000	30	.000		
Total	.000	44			

ANOVA

แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	14	.000	1.913	.067
Within Groups	.001	30	.000		
Total	.002	44			

ANOVA

แสดงปริมาณของร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วย DPPH ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1668.567	14	119.183	2.872	.007
Within Groups	1244.984	30	41.499		
Total	2913.552	44			

ANOVA

แสดงปริมาณของร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วย DPPH ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4370.680	14	312.191	7.217	.000
Within Groups	1297.823	30	43.261		
Total	5668.503	44			

จ-2 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการเจริญของ 3 สายพันธุ์คือ *Chlamydomonas* sp. P2-59, *Scenedesmus* sp. M10, *Chlorococcum* sp. AB1 ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

ตารางที่ จ-2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญของ 3 สายพันธุ์

(1)= *Chlamydomonas* sp. P2-59, (2)= *Scenedesmus* sp. M10, (3)= *Chlorococcum* sp. AB1

Descriptives

อัตราการเจริญของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	1.27000	.000000	.000000	1.27000	1.27000	1.270	1.270
2	3	1.57667	.005774	.003333	1.56232	1.59101	1.570	1.580
3	3	2.32000	.026458	.015275	2.25428	2.38572	2.290	2.340
4	3	2.26000	.112694	.065064	1.98005	2.53995	2.130	2.330
5	3	1.08000	.095394	.055076	.84303	1.31697	.970	1.140
6	3	1.74667	.047258	.027285	1.62927	1.86406	1.710	1.800
Total	18	1.70889	.479103	.112926	1.47064	1.94714	.970	2.340

อัตราการเจริญของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05				
สายพันธุ์	N	1	2	3	4	5
5	3	1.08000				
1	3		1.27000			
2	3			1.57667		
6	3				1.74667	
4	3					2.26000
3	3					2.32000
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	.275

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

ค่าการดูดกลืนแสงของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	2.35533	.034646	.020003	2.26927	2.44140	2.331	2.395
2	3	.83367	.029956	.017295	.75925	.90808	.809	.867
3	3	1.21600	.016462	.009504	1.17511	1.25689	1.206	1.235
4	3	.84400	.023388	.013503	.78590	.90210	.817	.858
5	3	1.65100	.035157	.020298	1.56367	1.73833	1.625	1.691
6	3	.59600	.001000	.000577	.59352	.59848	.595	.597
Total	18	1.24933	.616303	.145264	.94285	1.55581	.595	2.395

ค่าการดูดกลืนแสงของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05				
สายพันธุ์	N	1	2	3	4	5
6	3	.59600				
2	3		.83367			
4	3		.84400			
3	3			1.21600		
5	3				1.65100	
1	3					2.35533
Sig.		1.000	.639	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

จำนวนเซลล์ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	5.346667	.3464583	.2000278	4.486017	6.207317	4.9500	5.5900
2	3	.722000	.0407063	.0235018	.620880	.823120	.6750	.7460
3	3	.136667	.0189297	.0109291	.089643	.183691	.1150	.1500
4	3	.088333	.0464579	.0268225	-.027074	.203741	.0350	.1200
5	3	.698333	.1201388	.0693622	.399892	.996775	.5750	.8150
6	3	.126667	.0464579	.0268225	.011259	.242074	.0950	.1800
Total	18	1.186444	1.9381443	.4568250	.222628	2.150261	.0350	5.5900

จำนวนเซลล์ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05		
สายพันธุ์	N	1	2	3
4	3	.088333		
6	3	.126667		
3	3	.136667		
5	3		.698333	
2	3		.722000	
1	3			5.346667
Sig.		.720	.853	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

น้ำหนักแห้งของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	.002133	.0006807	.0003930	.000442	.003824	.0016	.0029
2	3	.000867	.0004619	.0002667	-.000281	.002014	.0006	.0014
3	3	.000933	.0001528	.0000882	.000554	.001313	.0008	.0011
4	3	.000433	.0000577	.0000333	.000290	.000577	.0004	.0005
5	3	.001500	.0000000	.0000000	.001500	.001500	.0015	.0015
6	3	.000867	.0005508	.0003180	-.000501	.002235	.0003	.0014
Total	18	.001122	.0006612	.0001558	.000793	.001451	.0003	.0029

น้ำหนักแห้งของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05		
สายพันธุ์	N	1	2	3
4	3	.000433		
2	3	.000867	.000867	
6	3	.000867	.000867	
3	3	.000933	.000933	
5	3		.001500	.001500
1	3			.002133
Sig.		.191	.104	.083

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ จ-2.2 ตาราง ANOVA ของค่าการดูดกลืนแสง จำนวนเซลล์ น้ำหนักแห้ง และอัตราการเจริญจำเพาะของ 3 สายพันธุ์ เพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

ANOVA

อัตราการเจริญของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.853	5	.771	186.669	.000
Within Groups	.050	12	.004		
Total	3.902	17			

ANOVA

ค่าการดูดกลืนแสงของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.449	5	1.290	1863.517	.000
Within Groups	.008	12	.001		
Total	6.457	17			

ANOVA

จำนวนเซลล์ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	63.577	5	12.715	541.857	.000
Within Groups	.282	12	.023		
Total	63.859	17			

ANOVA

น้ำหนักแห้งของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	1.083	.397
Within Groups	.000	6	.000		
Total	.000	8			

ตารางที่ จ-2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคลอโรฟิลล์เอ บี แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH และเครื่อง HPLC ของ 3 สายพันธุ์ เพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Descriptives

คลอโรฟิลล์เอของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	28.67667	.486450	.280852	27.46826	29.88507	28.120	29.020
2	3	6.45333	.075056	.043333	6.26689	6.63978	6.410	6.540
3	3	5.97333	.539660	.311573	4.63274	7.31392	5.370	6.410
4	3	3.27333	.321455	.185592	2.47479	4.07187	3.040	3.640
5	3	7.76667	.444560	.256667	6.66232	8.87101	7.510	8.280
6	3	3.56000	.363731	.210000	2.65644	4.46356	3.140	3.770
Total	18	9.28389	9.077002	2.139470	4.77000	13.79778	3.040	29.020

คลอโรฟิลล์เอของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05			
สายพันธุ์	N	1	2	3	4
4	3	3.27333			
6	3	3.56000			
3	3		5.97333		
2	3		6.45333		
5	3			7.76667	
1	3				28.67667
Sig.		.399	.169	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

คลอโรฟิลล์บีของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	17.91667	1.266741	.731353	14.76991	21.06343	16.690	19.220
2	3	7.11667	.663953	.383333	5.46732	8.76602	6.350	7.500
3	3	9.86667	2.053103	1.185360	4.76648	14.96686	7.500	11.170
4	3	4.54667	.602854	.348058	3.04909	6.04424	4.090	5.230
5	3	13.36333	.929534	.536667	11.05424	15.67242	12.290	13.900
6	3	4.16667	.132791	.076667	3.83680	4.49654	4.090	4.320
Total	18	9.49611	5.137476	1.210915	6.94130	12.05092	4.090	19.220

คลอโรฟิลล์บีของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05				
สายพันธุ์	N	1	2	3	4	5
6	3	4.16667				
4	3	4.54667				
2	3		7.11667			
3	3			9.86667		
5	3				13.36333	
1	3					17.91667
Sig.		.685	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

แคโรทีนอยด์ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	87.34667	1.287258	.743199	84.14894	90.54439	86.350	88.800
2	3	13.09000	1.063814	.614193	10.44734	15.73266	12.160	14.250
3	3	112.98333	.990269	.571732	110.52337	115.44330	111.840	113.570
4	3	19.19333	.046188	.026667	19.07860	19.30807	19.140	19.220
5	3	211.86333	.750555	.433333	209.99885	213.72782	211.430	212.730
6	3	13.32667	.767876	.443333	11.41916	15.23418	12.440	13.770
Total	18	76.30056	74.047734	17.453218	39.47748	113.12363	12.160	212.730

แคโรทีนอยด์ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05				
สายพันธุ์	N	1	2	3	4	5
2	3	13.09000				
6	3	13.32667				
4	3		19.19333			
1	3			87.34667		
3	3				112.98333	
5	3					211.86333
Sig.		.755	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	.01667	.001528	.000882	.01287	.02046	.015	.018
2	3	.02267	.006429	.003712	.00670	.03864	.018	.030
3	3	.01733	.001528	.000882	.01354	.02113	.016	.019
4	3	.02567	.003055	.001764	.01808	.03326	.023	.029
5	3	.02133	.002082	.001202	.01616	.02650	.019	.023
6	3	.02167	.002517	.001453	.01542	.02792	.019	.024
Total	18	.02089	.004227	.000996	.01879	.02299	.015	.030

แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
สายพันธุ์	N	1	2
1	3	.01667	
3	3	.01733	
5	3	.02133	.02133
6	3	.02167	.02167
2	3	.02267	.02267
4	3		.02567
Sig.		.066	.163

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	.02500	.005292	.003055	.01186	.03814	.021	.031
2	3	.02533	.004163	.002404	.01499	.03568	.022	.030
3	3	.02700	.014000	.008083	-.00778	.06178	.017	.043
4	3	.04167	.011930	.006888	.01203	.07130	.032	.055
5	3	.02500	.005000	.002887	.01258	.03742	.020	.030
6	3	.03233	.012503	.007219	.00127	.06339	.020	.045
Total	18	.02939	.010262	.002419	.02429	.03449	.017	.055

แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ทดสอบด้วยวิธี Folin-ciocaltea ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05
สายพันธุ์	N	1
1	3	.02500
5	3	.02500
2	3	.02533
3	3	.02700
6	3	.03233
4	3	.04167
Sig.		.082

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

แสดงปริมาณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วย Folin-ciocalteu ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	16.94667	9.224540	5.325790	-5.96836	39.86169	10.420	27.500
2	3	1.11333	.964175	.556667	-1.28181	3.50848	.000	1.670
3	3	19.30667	5.039061	2.909303	6.78895	31.82439	15.420	25.000
4	3	14.30667	15.047994	8.687964	-23.07462	51.68796	.000	30.000
5	3	14.72333	4.376761	2.526924	3.85086	25.59581	10.420	19.170
6	3	2.22333	2.545512	1.469652	-4.10007	8.54674	.000	5.000
Total	18	11.43667	9.808045	2.311778	6.55924	16.31409	.000	30.000

แสดงปริมาณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05		
สายพันธุ์	N	1	2	3
2	3	1.11333		
6	3	2.22333	2.22333	
4	3	14.30667	14.30667	14.30667
5	3	14.72333	14.72333	14.72333
1	3		16.94667	16.94667
3	3			19.30667
Sig.		.070	.052	.480

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

แสดงปริมาณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	40.97333	6.987026	4.033961	23.61660	58.33007	32.920	45.420
2	3	13.19667	.868696	.501542	11.03871	15.35463	12.500	14.170
3	3	25.14000	4.740390	2.736866	13.36422	36.91578	21.250	30.420
4	3	18.61333	8.062545	4.654913	-1.41514	38.64181	13.750	27.920
5	3	41.08333	11.478555	6.627147	12.56902	69.59765	30.000	52.920
6	3	17.08333	4.641900	2.680002	5.55222	28.61445	12.080	21.250
Total	18	26.01500	12.906975	3.042203	19.59651	32.43349	12.080	52.920

แสดงปริมาณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
สายพันธุ์	N	1	2
2	3	13.19667	
6	3	17.08333	
4	3	18.61333	
3	3	25.14000	
1	3		40.97333
5	3		41.08333
Sig.		.074	.985

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ทดสอบด้วยเครื่อง HPLC ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	.00377	.003493	.002017	-.00491	.01244	.000	.007
2	3	.32980	.065592	.037869	.16686	.49274	.262	.393
3	3	.00777	.004464	.002577	-.00332	.01885	.004	.013
Total	9	.11378	.165336	.055112	-.01331	.24087	.000	.393

แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ทดสอบด้วยเครื่อง HPLC ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

สายพันธุ์	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	.00377	
3	3	.00777	
2	3		.32980
Sig.		.902	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Descriptives

แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ทดสอบด้วยเครื่อง HPLC ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	.21660	.033508	.019346	.13336	.29984	.188	.254
2	3	.01337	.002050	.001184	.00827	.01846	.011	.015
3	3	.00137	.002367	.001367	-.00451	.00725	.000	.004
Total	9	.07711	.106089	.035363	-.00444	.15866	.000	.254

แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ทดสอบด้วยเครื่อง HPLC ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

Duncan[a]

สายพันธุ์	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	.00137	
2	3	.01337	
1	3		.21660
Sig.		.478	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ จ-2.4 ตาราง ANOVA ของคลอโรฟิลล์เอ บี แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH และเครื่อง HPLC ของ 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

ANOVA

คลอโรฟิลล์เอของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1398.730	5	279.746	1736.175	.000
Within Groups	1.934	12	.161		
Total	1400.663	17			

ANOVA

คลอโรฟิลล์บีของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	433.681	5	86.736	69.335	.000
Within Groups	15.012	12	1.251		
Total	448.692	17			

ANOVA

แคโรทีนอยด์ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	93202.288	5	18640.458	22711.646	.000
Within Groups	9.849	12	.821		
Total	93212.137	17			

ANOVA

แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ทดสอบด้วยวิธี Folin-ciocaltea ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	5	.000	3.123	.049
Within Groups	.000	12	.000		
Total	.000	17			

ANOVA

แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ทดสอบด้วยวิธี Folin-ciocaltea ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	5	.000	1.402	.291
Within Groups	.001	12	.000		
Total	.002	17			

ANOVA

แสดงปริมาณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	908.378	5	181.676	2.999	.055
Within Groups	726.983	12	60.582		
Total	1635.362	17			

ANOVA

แสดงปริมาณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2251.323	5	450.265	9.304	.001
Within Groups	580.707	12	48.392		
Total	2832.030	17			

ANOVA

แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ทดสอบด้วยเครื่อง HPLC ผ่านการทำให้เซลล์แตกด้วยเม็ดลูกแก้ว ของสาหร่าย 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเพาะเลี้ยงที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7.0 และ8.5

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.088	2	.044	116.246	.000
Within Groups	.002	6	.000		
Total	.090	8			

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบฟอร์มการตรวจสอบการคัดลอกผลงานทางวิชาการ

ข้าพเจ้า นางสาวณัฐธิดา เจือนาค รหัสนักศึกษา 57050826

นางสาวปัทมวรรณ ปราบคะเชน รหัสนักศึกษา 57050851

วันที่ 21 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2561

ระดับ ปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ได้เสนอโครงงานพิเศษหัวข้อเรื่อง

ชื่อภาษาไทย การศึกษาฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระจากสาหร่ายขนาดเล็ก

ชื่อภาษาอังกฤษ Study on the effects of Antioxidants from microalgae

ปีการศึกษา 2560 เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่น และได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แบบเอกสารการตรวจสอบการลอกเรียนแบบงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษฉบับสมบูรณ์แล้ว จากโปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 0.00 %

โดยอาจารย์ที่ปรึกษายอมรับได้ว่าไม่ได้คัดลอกข้อความที่มีสาระสำคัญจากผลงานของผู้อื่น

ลายมือชื่อนักศึกษา ณัฐธิดา เจือนาค

(นางสาวณัฐธิดา เจือนาค)

ลายมือชื่อนักศึกษา ปัทมวรรณ ปราบคะเชน

(นางสาวปัทมวรรณ ปราบคะเชน)

วันที่ 21 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2561

ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

(ผศ. วีนา ชูโชติ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....