

การเปรียบเทียบสูตรอาหารในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก  
สายพันธุ์ผสมจากสระอโนดาต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่  
Comparisons of Culture Media on Mixed Microalgae Culture from  
Anodat Pond, Chiang Mai Rajabhat University

พงษ์พันธุ์ ลิ้มเกรียงไกร<sup>1</sup> ชณิดา จุ่มจันทร์<sup>2</sup>

ประภาพร วงษ์แก้ว<sup>2</sup> ทัดพร คุณประดิษฐ์<sup>1</sup>

Pongpan Leelahakriengkrai<sup>1</sup> Chonnida Jumjan<sup>2</sup>

Prapaporn Wongkaew<sup>2</sup> Tatporn Kunpradid<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

<sup>2</sup> หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะครุศาสตร์

<sup>1</sup> Department of Biology, Faculty of Science and Technology

<sup>2</sup> Bachelor of Education Program in Biology, Faculty of Education

E-mail: pongpan\_lee@cmru.ac.th, chonnida\_jum@cmru.ac.th,

prapaporn\_won@cmru.ac.th, tatporn\_kun@cmru.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กสายพันธุ์จากสระอโนดาต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตสาหร่ายดังกล่าวจากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน 4 สูตร ได้แก่ 1) สูตรปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยนา อัตรา 0.005 และ 0.015 กรัมต่อลิตร 2) สูตรปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยนา อัตรา 0.15 และ 0.1 กรัมต่อลิตร 3) สูตร Algae Culture Broth M342 และ 4) สูตรปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ การศึกษาใช้เวลาทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ภายใต้การให้แสงสว่างและเติมอากาศตลอด 24 ชั่วโมง การวิจัยมีการตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณน้ำหนักรีดแห้ง ชนิตและปริมาณของสาหร่ายขนาดเล็กต่างๆ 7 วัน ผลการวิจัยพบว่า ในสัปดาห์ที่ 3 ของการเพาะเลี้ยง สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 4 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณน้ำหนักรีดแห้งสูงที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย

เท่ากับ  $13.44 \pm 1.52$  มิลลิกรัมต่อลิตร และ  $0.61 \pm 0.11$  กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และสาหร่ายขนาดเล็กชนิดเด่นที่พบ ได้แก่ *Chlorella sp.*, *Monoraphidium sp.*, *Pediastrum sp.*, *Nitzschia sp.* และ *Scenedesmus sp.* สาหร่ายเหล่านี้สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตมวลชีวภาพที่มีประโยชน์ได้

**คำสำคัญ:** ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยนา Algae Culture Broth ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์

## Abstract

This research was aimed to compare the effect of 4 culture media formulas on microalgae growth from Anodat pond, Chiang Mai Rajaphat University. These 4 media were 1) urea fertilizer and rice fertilizer mixture (0.005 mg/l and 0.015 mg/l), 2) urea fertilizer and rice fertilizer mixture (0.15 mg/l and 0.1 mg/l), 3) algae culture broth M342, and 4) hydroponics fertilizer. During 4 weeks of experiment, air circulation and light were applied for 24 hours daily. The chlorophyll a, dry weight and species composition were investigated for every 7 days. The highest chlorophyll a and dry weight of about  $13.44 \pm 1.52$  mg/l and  $0.61 \pm 0.11$  g/l, respectively, were found at the 3<sup>th</sup> week, when the media formula 4 was fed. The corresponding dominant species shown were *Chlorella sp.*, *Monoraphidium sp.*, *Pediastrum sp.*, *Nitzschia sp.* and *Scenedesmus sp.*, which can be used for further mass production.

**Keywords:** Urea Fertilizer, Rice Fertilizer, Algae Culture Broth, Hydroponic Fertilizer

## บทนำ

จากความต้องการผลผลิตจากสัตว์น้ำที่เพิ่มมากขึ้น เช่น ปลาเศรษฐกิจ ปลาสวยงาม และกุ้งสวยงาม เป็นต้น ทำให้ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยได้พัฒนาอย่างรวดเร็ว แต่พบปัญหาการผลิตในด้านค่าใช้จ่ายของอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำที่สูงมาก เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงตามที่ตลาดต้องการ ส่งผลให้เกษตรกรในชุมชนที่มีต้นทุนต่ำไม่สามารถผลิตผลผลิตเทียบเท่าบริษัทที่มีต้นทุนสูงได้ ดังนั้นอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีต้นทุนต่ำและหาได้จาก



ธรรมชาติจะช่วยให้เกษตรกรผลิตอาหารด้วยตนเองภายในชุมชน ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ สำหรับขนาดเล็กเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการใช้เป็นอาหารของสัตว์น้ำ เนื่องจากในระบบนิเวศน้ำนิ่งสำหรับขนาดเล็กเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นในแหล่งน้ำ เป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างพลังงานและสร้างอาหารเองได้เองโดยใช้แสงและคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ นอกจากนี้ยังผลิตสารชีวเคมีที่มีประโยชน์และมีปริมาณมาก เช่น โพรตีน กรดไขมัน สารต้านอนุมูลอิสระ และกลุ่มรงควัตถุที่ทำให้สัตว์น้ำมีสีที่สวยงามเป็นที่ต้องการของตลาด (ยุวดี พิรพรพิศาล, 2549) ด้วยเหตุผลนี้สำหรับขนาดเล็กจึงมีความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเป็นอาหารสัตว์น้ำ โดยไม่ต้องพึ่งอาหารสำเร็จรูปจากสารเคมีซึ่งในปัจจุบันที่มีราคาแพง แต่อย่างไรก็ตามในการเพาะเลี้ยงสำหรับขนาดเล็กต้องมีการใช้อาหารและควบคุมปัจจัยทางกายภาพและเคมีที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและใช้เวลาน้อยเพื่อลดต้นทุนในการผลิต (Shen, Yuan, Pei, Wu, & Mao, 2009) ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการเพาะเลี้ยงสำหรับขนาดเล็กสายพันธุ์ผสมโดยเก็บตัวอย่างจากสระอินดาต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และทำการศึกษาสูตรอาหารที่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงโดยใช้สูตรอาหารอย่างง่ายเพื่อผลิตมวลชีวภาพและนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบสูตรอาหารที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสำหรับขนาดเล็กจากสระอินดาต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

### วิธีดำเนินการวิจัย

1. เก็บตัวอย่างน้ำจากสระอินดาต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ใส่ลงในขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร ใส่ปริมาตร 1.3 ลิตร ทั้งหมด 15 ขวด โดยทำการทดลอง 5 ชุดการทดลอง โดยแต่ละชุดการทดลองทำการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดควบคุม : ไม่เติมอาหาร

สูตรที่ 1 : ความเข้มข้นของปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยนา 0.005 และ 0.015 กรัมต่อลิตร

สูตรที่ 2 : ความเข้มข้นของปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยนา 0.15 และ 0.1 กรัมต่อลิตร

สูตรที่ 3 : Algae Culture Broth M342 (HiMedia Laboratories, 2015)

สูตรที่ 4 : ปุ๋ยไฮโดรโพนิคส์ (กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์, 2558)

2. ทำการเติมอากาศโดยใช้ปั๊มออกซิเจน Air Compressor (ACQ-003) 35 วัตต์ ต่อสายใส่ลงในชุดการทดลองทุกขวด และให้อากาศแก่สาหร่ายขนาดเล็ก ตลอด 24 ชั่วโมง

3. เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ และให้แสงสว่างด้วยหลอดไฟ Daylight 36 วัตต์ 2,600 ลักซ์ ตลอด 24 ชั่วโมง

4. เพาะเลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 28 วัน และทำการตรวจวัดผลทุกๆ 7 วัน

5. ทำการวัดผลโดยการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Wintermans & De Mots, 1965; Saijo, 1975), การหาน้ำหนักเซลล์แห้ง, การวินิจฉัยชนิดและนับจำนวนของสาหร่ายขนาดเล็ก (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2558)

6. วิเคราะห์ค่าสถิติของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และน้ำหนักเซลล์แห้งของสาหร่ายขนาดเล็ก ใช้การวิเคราะห์แบบ Completely randomized design (CRD) โดยวิธี One-Way ANOVA โดยทดสอบความแตกต่างพหุคูณด้วยวิธี Duncan

### สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาสูตรอาหารที่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก เปรียบเทียบชนิดและปริมาณของสาหร่ายขนาดเล็กจากสูตรอาหารแต่ละสูตร ทั้งหมด 5 ชุดการทดลอง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากการทดลองนี้การเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กมีการเจริญเติบโตที่เป็นไปตามกราฟการเจริญเติบโตของประชากรสาหร่ายขนาดเล็ก 4 ระยะ ได้แก่ lag phase, log phase, stationary phase และ decline phase (สุเปัญญา จิตตพันธ์, 2559) ทำการตรวจวัดการเจริญ โดยวัดค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, วัดน้ำหนักเซลล์แห้ง, เปรียบเทียบชนิดและปริมาณของสาหร่ายขนาดเล็กทุกๆ 7 วัน ได้ผลการศึกษาดังนี้

### ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

จากการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ทั้ง 4 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตรที่ 4 ปุ๋ยไฮโดรโพนิคส์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มากที่สุดและมีค่ามากที่สุดในสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $13.44 \pm 1.52$  มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งรองลงมาเป็นอาหารสูตรที่ 2, 1, 3 และ ชุดควบคุม มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ  $1.34 \pm 0.7$ ,  $0.34 \pm 0.14$ ,



0.20±0.12 และ 0.08±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ชุดการทดลองอาหารสูตรที่ 4 มีความแตกต่างจากทุกชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของสูตรอาหารต่างๆในแต่ละสัปดาห์

ชุดการทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
ชุดควบคุม	0.19±0.01 <sup>a</sup>	0.18±0.02 <sup>a</sup>	0.19±0.04 <sup>a</sup>	0.08±0.04 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>
สูตรที่ 1	0.19±0.01 <sup>a</sup>	0.80±0.47 <sup>ab</sup>	0.60±0.44 <sup>a</sup>	0.34±0.14 <sup>a</sup>	0.64±0.38 <sup>a</sup>
สูตรที่ 2	0.17±0.03 <sup>a</sup>	0.07±0.04 <sup>a</sup>	0.11±0.01 <sup>a</sup>	1.34±0.70 <sup>a</sup>	0.73±0.30 <sup>a</sup>
สูตรที่ 3	0.17±0.03 <sup>a</sup>	0.12±0.03 <sup>a</sup>	0.37±0.26 <sup>a</sup>	0.20±0.12 <sup>a</sup>	0.74±0.46 <sup>a</sup>
สูตรที่ 4	0.15±0.01 <sup>a</sup>	1.35±0.70 <sup>b</sup>	9.10±2.11 <sup>b</sup>	13.44±1.52 <sup>b</sup>	13.00±1.38 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

### ปริมาณน้ำหนักรูปร่าง

จากการวัดปริมาณน้ำหนักรูปร่าง ทั้ง 4 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตรที่ 4 ปุ๋ยไฮโดรโพนิคส์ มีปริมาณน้ำหนักรูปร่างมากที่สุด และมีค่ามากที่สุดในสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.61±0.11 กรัมต่อลิตร รองลงมาเป็นชุดควบคุม อาหารสูตรที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณน้ำหนักรูปร่างเท่ากับ 0.33±0.05, 0.30±0.03, 0.27±0.02 และ 0.25±0.06 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณน้ำหนักรูปร่างชุดการทดลองอาหารสูตรที่ 4 มีความแตกต่างจากทุกชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ 2)

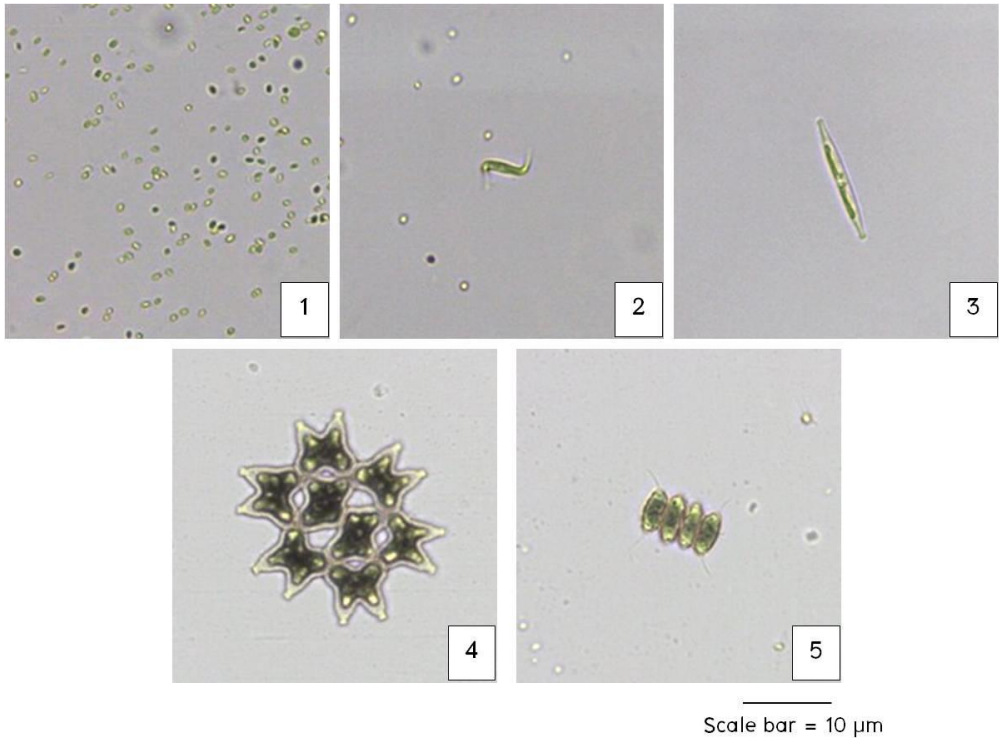
ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำหนักรเซลล์แห้งของสูตรอาหารต่างๆในแต่ละสัปดาห์

ชุดการทดลอง	ปริมาณน้ำหนักรเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
ชุดควบคุม	0.24±0.04 <sup>a</sup>	0.22±0.02 <sup>a</sup>	0.25±0.07 <sup>a</sup>	0.33±0.05 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>
สูตรที่ 1	0.24±0.06 <sup>a</sup>	0.28±0.01 <sup>a</sup>	0.29±0.01 <sup>a</sup>	0.30±0.03 <sup>a</sup>	0.11±0.05 <sup>ab</sup>
สูตรที่ 2	0.26±0.02 <sup>a</sup>	0.25±0.02 <sup>a</sup>	0.29±0.02 <sup>a</sup>	0.27±0.02 <sup>a</sup>	0.06±0.03 <sup>a</sup>
สูตรที่ 3	0.26±0.03 <sup>a</sup>	0.37±0.03 <sup>b</sup>	0.41±0.04 <sup>b</sup>	0.25±0.06 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>
สูตรที่ 4	0.21±0.02 <sup>a</sup>	0.40±0.06 <sup>b</sup>	0.45±0.01 <sup>b</sup>	0.61±0.11 <sup>b</sup>	0.17±0.10 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

### ชนิดและปริมาณของสาหร่ายขนาดเล็ก

จากการศึกษาชนิดของสาหร่ายขนาดเล็ก ทั้ง 4 สัปดาห์ พบ *Chlorella* sp., *Monoraphidium* sp., *Pediastrum* sp., *Nitzschia* sp. และ *Scenedesmus* sp. เป็นสกุลเด่นตลอดการทดลอง (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นสกุลที่มีประโยชน์ในการนำมวลชีวภาพไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆต่อไปได้ (Hakalin, Paz, Aranda, & Moraes, 2014; Rameshprabu, Kawaree, & Unpaprom, 2015; Hamedi, Mahdavi, & Gheshlaghi, 2016; Dhup, Kannan, & Dhawan, 2017) โดยอาหารสูตรที่ 4 ในสัปดาห์ที่ 3 มีปริมาณเซลล์สาหร่ายขนาดเล็กรวมมากที่สุดเท่ากับ  $2.24 \times 10^9$  เซลล์ต่อลิตร โดยสาหร่ายขนาดเล็กชนิดเด่นที่พบมากที่สุดคือ *Chlorella* sp. มีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ  $2.23 \times 10^9$  เซลล์ต่อลิตร รองลงมาคือ *Monoraphidium* sp., *Nitzschia* sp., *Pediastrum* sp. และ *Scenedesmus* sp. มีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ  $4.21 \times 10^6$ ,  $2.23 \times 10^6$ ,  $2.21 \times 10^6$  และ  $1.35 \times 10^6$  เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ



(1) *Chlorella* sp. (2) *Monoraphidium* sp. (3) *Nitzschia* sp.

(4) *Pediastrum* sp. (5) *Scenedesmus* sp.

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ จารุวรรณ เรืองเดช (2556) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กแบบสายพันธุ์ผสมจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำ อ่างแก้วและบ่อน้ำที่สนามกีฬา 700 ปี โดยใช้สูตรอาหาร CMU03 พบว่าอาหารสูตรที่ 4 ไฮโดรโปนิคส์มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอและปริมาณน้ำหนักรวมเซลล์แห้งมากกว่าเมื่อเทียบเวลาที่เพาะเลี้ยงที่เท่ากัน จากการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายแบบสายพันธุ์ผสมนอกจากปัจจัยในด้านอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงแล้วยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสาหร่ายขนาดเล็กเริ่มต้นและชนิดของสายพันธุ์ผสมที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงด้วยเช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบชนิดของสาหร่ายขนาดเล็กพบสกุลที่มีความใกล้เคียงกันโดยการศึกษาของจารุวรรณ เรืองเดช (2556) พบ *Pediastrum* sp. *Micractinium* sp., *Coelastrum* sp., *Fragilaria* sp., *Melosira* sp. และ *Scenedesmus* sp. เป็นชนิดเด่น

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าอาหารสูตรที่ 4 ปุ๋ยไฮโดรโปนิคส์เป็นสูตรที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กสายพันธุ์ผสมจากสระอโนดาต

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่มากที่สุด เนื่องจากลักษณะของปุ๋ยที่มีสารอาหารที่มีทั้งสารอาหารหลัก (macro nutrient) และสารอาหารรอง (micro nutrient) นอกจากนี้ยังอยู่ในรูปสารละลายที่สาหร่ายสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ทันที (ภาริณี จันทราวดี, นิริศ ลินศิริ, จันทนา ลินศิริ, และ พัชรี ศิริตะกุลศักดิ์, 2559) จึงทำให้พบการเจริญของสาหร่ายสูงที่สุด และพบสกุลเด่นของสาหร่ายขนาดเล็กที่มีความเหมาะสมนำไปใช้ในด้านผลิตมวลชีวภาพต่อไปได้ นอกจากการเปรียบเทียบสูตรอาหารที่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กแล้วนั้น เรื่องวิธีการเพาะเลี้ยงอย่างง่ายและต้นทุนการผลิตเป็นสิ่งสำคัญ โดยทางคณะผู้วิจัยจะทำการศึกษาปัจจัยในเรื่องการให้แสงและการให้อากาศเพื่อลดต้นทุนในการเพาะเลี้ยงในการทดลองต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์. (2558). อาหารอย่างง่ายจากสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อม่วงเทพรัตน์และหน่อกุหลาบ. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 23(1), 74–81.
- จากรุวรรณ เรืองเดช. (2556). การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กแบบสายพันธุ์ผสมจากแหล่งต่างๆ โดยใช้สูตรอาหาร CMUO3 เพื่อผลิตน้ำมันชีวภาพ. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ภาริณี จันทราวดี, นิริศ ลินศิริ, จันทนา ลินศิริ และ พัชรี ศิริตะกุลศักดิ์. (2559). อิทธิพลของวัสดุปลูกและสารละลายธาตุอาหารพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดกวางตั้งฮองเต้ในระบบการปลูกพืชแนวตั้ง. *วารสารการประชุมมหาสารคามวิจัยครั้งที่ 12*, 366–376.
- ยุวดี พีรพรพิศาล. (2549). *สาหร่ายวิทยา (Phycology)*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). เชียงใหม่: โชตนา พรินท์.
- ยุวดี พีรพรพิศาล. (2558). *สาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). เชียงใหม่: โชตนา พรินท์.





สุเปัญญา จิตตพันธ์. (2559). การเพาะเลี้ยงและการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายและแพลงก์ตอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Dhup, S., Kannan, C.D. & Dhawan, V. (2017). Growth, lipid productivity and cellular mechanism of lipid accumulation in microalgae *Monoraphidium* sp. following different phosphorous concentrations for biofuel production. *Current Science*, 112(3), 539–548.

Hakalin, N. L. S. , Paz, A. P. , Aranda, D. A. G. & Moraes, L. M. P. ( 2014) . Enhancement of Cell Growth and Lipid Content of a Freshwater Microalga *Scenedesmus* sp. by Optimizing Nitrogen, Phosphorus and Vitamin Concentrations for Biodiesel Production. *Natural Science*, 6, 1044–1054.

Hamedi, S, Mahdavi, M.A. & Gheshlaghi, R. (2016). Improved lipid and biomass productivities in *Chlorella vulgaris* by differing the inoculation medium from the production medium. *Biofuel Research Journal*, 10, 410–416.

Rameshprabu, R., Kawaree, R. & Unpaprom, Y. (2015). A newly isolated green alga, *Pediastrum duplex* Meyen, from Thailand with efficient hydrogen production. *International Journal of Sustainable and Green Energy*, 4(1), 7–12.

Saijo, Y. (1975). A method for determination of chlorophyll. *Japanese Journal of Limnology*, 36(3), 103–109.

Shen, Y., Yuan, W., Pei, Z.J., Wu, Q. and Mao, E. (2009). Microalgae Mass Production Methods. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 52(4), 1275–1287.

Vitug, L.V.D. and Baldia, S.F. (2014). Enhancement of some culture conditions for optimizing growth and lipid production in the diatom *Nitzschia palea*. *Acta Manilana*, (62), 25–34.

Wintermans, J.F.G. & DeMots, A. (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophyll a and b and their pheophytins in ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta*, 109(2), 448-453.