

การเปรียบเทียบมวลชีวภาพ และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ
ในการเพาะเลี้ยงระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

Comparison of Biomass and Nutrition Values of Kai Algae Cultivation
in Environmentally Closed System

ธัญญาลักษณ์ มาลา^{1*} จงกอล พรหมยะ¹ ดวงพร อมรเลิศพิศาล¹ และวิจิตรา แดงปรก²
Tanyaluk Mala^{1*} Jongkol Promya² Doungporn Amornlerdpison² and Wichittra Daengprok²

¹คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, 50290

²คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Faculty of Engineering and agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai, 50290

*Corresponding author: tanyaluk.mala@gmail.com

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบมวลชีวภาพ และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ ในการเพาะเลี้ยงระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามวลชีวภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพน้ำของสาหร่ายไก่อในสูตรอาหารที่ต่างกัน วางแผนการทดลองแบบ RCBD แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ 6 ซ้ำ คือ ชุดการทดลองที่ 1 (T₁) น้ำประปา (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่ 2 (T₂) ใช้สารอาหาร N:P:K (16:16:16) 0.002 กรัมต่อลิตร และชุดการทดลองที่ 3 (T₃) ใช้สารอาหาร NaHCO₃ 2.13 กรัมต่อลิตร NaNO₃ 0.38 กรัมต่อลิตร และ K₂HPO₄ 0.13 กรัมต่อลิตร โดยทำการเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ระบบ raceway ponds เก็บข้อมูลทุกๆ 15 วัน ระยะเวลา 180 วัน พบว่า มวลชีวภาพในรูปสาหร่ายไก่อสด ใน T₂ มีค่าเท่ากับ 1,140 กรัมต่อตารางเมตร มากกว่า T₁ และ T₃ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่า T₃ มีค่าโปรตีน 32.03 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 18.82 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 28.42 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าชุดการทดลองอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากผลการทดลองสรุปได้ว่าชุดการทดลองที่ 3 มีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าชุดการทดลองอื่น และมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

คำสำคัญ: สาหร่ายไก่อ มวลชีวภาพ คุณค่าทางโภชนาการ

Abstract

Comparison of biomass and nutrition values of Kai algae cultivation in environment friendly closed system was investigated. The aim of this research was to determine biomass, nutrition values and water quality of Kai algae cultured in different formula. The RCBD experiments were divided into three treatments, with six replication each: T₁ Water Supply (Control), T₂ with N: P: K (16:16:16) 0.002 g/L and T₃ with NaHCO₃ 2.13 g/L, NaNO₃ 0.38 g/L and K₂HPO₄ 0.13 g/L. The experiment was set up in raceway ponds. The data was collected every 15 days over a 180 days

culture period. The results showed that: the biomass of raw Kai algae in T_2 was equal to 1140 g/m^2 , significantly higher than T_1 and T_3 , respectively ($p < 0.05$). The nutrition value analysis, it was revealed that T_3 had protein 32.03% , fat 18.82%, and fiber 28.42%, significantly higher than other treatments ($p < 0.05$). It can be concluded that: T_3 had higher nutrition values than the other treatments, so it was possible to further develop as a food product.

Keywords: Kai algae, biomass, nutrition values

คำนำ

สาหร่ายไถ *Cladophora* และ *Rhizoclonium* เป็นสาหร่ายสีเขียวน้ำจืดขนาดใหญ่ อยู่ใน Division Chlorophyta เป็นสาหร่ายประเภทยึดเกาะขนาดใหญ่ที่เจริญทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม สาหร่ายไถจะเจริญในน้ำใส และกระแสน้ำไหลไม่แรงมาก จะเจริญโดยการยึดเกาะกับก้อนหินทั่วลำน้ำ Peerapornpisal *et al.* (2009) กล่าวว่าสาหร่ายไถมีมากในลำน้ำน่าน บริเวณอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน และลำน้ำโขง บริเวณอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ในช่วงฤดูหนาวต่อกับฤดูร้อน ประชากร 2 ผังลำน้ำนี้จะนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเป็นอาหาร มีโปรตีนสูงถึง 20 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 21 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 31 เปอร์เซ็นต์ วิตามินบี 1 บี 2 และแร่ธาตุต่างๆ มีซีลีเนียมมากที่สุดซึ่งเป็นสารป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังพบกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสาหร่ายไถ อนุมูลอิสระมีบทบาทในการเกิดการอักเสบและการทำลายเนื้อเยื่อมีผลต่อความเสื่อมหรือการแก่ของเซลล์ทำให้เป็นต้นเหตุของการเกิดโรคต่างๆ

Khuantrairong and Traichaiyaporn (2010) กล่าวว่าปัจจุบันมีปัญหามลภาวะทางน้ำ ประกอบกับสภาพอากาศและฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาวะโลกร้อน ทำให้สาหร่ายไถเจริญเติบโตได้เพียงไม่กี่เดือนเท่านั้น โดยเฉพาะสาหร่ายไถในแม่น้ำโขงซึ่งได้รับผลกระทบอย่างมากจากการสร้างเขื่อนในประเทศจีน ส่งผลให้น้ำมีตะกอนมาก และบางช่วงเกิดภาวะน้ำในแม่น้ำเหือดแห้งจากการปิดเขื่อนในประเทศจีน ทำให้สาหร่ายไถไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และสาหร่ายไถที่เก็บจากลำน้ำน่าน จังหวัดน่านอาจมีสารพิษปนเปื้อนจากสารเคมี ทำให้เมื่อนำมารับประทานอาจจะไม่ปลอดภัย (Posttoday, 2016: online) ดังนั้นจึงมีงานวิจัยของ Traichaiyaporn *et al.* (2006) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส เท่ากับ 4:1 มาทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถในโหลแก้ว และเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถในตู้กระจกที่มีระบบน้ำหมุนเวียน เพื่อให้สามารถเพาะเลี้ยงและเก็บผลผลิตสาหร่ายไถได้ตลอดทั้งปี และช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงอาหารให้มีคุณภาพดีขึ้น แต่การใช้น้ำทิ้งและสารอาหารบางชนิดมาเพาะเลี้ยงสาหร่ายจะต้องคำนึงถึงการปนเปื้อนของโลหะหนักด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเพาะเลี้ยงเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว และเพื่อให้สามารถผลิตสาหร่ายไถได้ตลอดทั้งปีและทำเพาะเลี้ยงในระบบปิดจึงสามารถควบคุมสารพิษปนเปื้อนในน้ำที่อาจปนอยู่ในสาหร่ายนั้นได้ตลอดจนสารอาหารที่เหมาะสม เพื่อให้ได้สาหร่ายไถปลอดภัยต่อผู้บริโภค แล้วยังสามารถถ่ายทอดความรู้ให้กับเกษตรกร และผู้ที่สนใจนำไปเพาะเลี้ยงเพื่อประกอบอาชีพได้โดยไม่ต้องรอเก็บสาหร่ายไถจากธรรมชาติ

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบเจริญของสาหร่ายไก่อในสูตรอาหารที่ต่างกัน คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงของสาหร่ายไก่อ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเพิ่มมูลค่าทรัพยากรทางน้ำให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. นำหัวเชื้อสาหร่ายไก่อจากฐานเรียนรู้สาหร่าย แพลงก์ตอน และพีชน้ำ คณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มาเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำหมุนเวียนแบบ raceway ponds (ขนาด 1.5×3.4×0.6 เมตร) ให้สาหร่ายยึดเกาะกับตาข่ายพลาสติก ใช้หัวเชื้อสาหร่ายตั้งต้น 200 กรัม (น้ำหนักเปียก) (Figure 1)

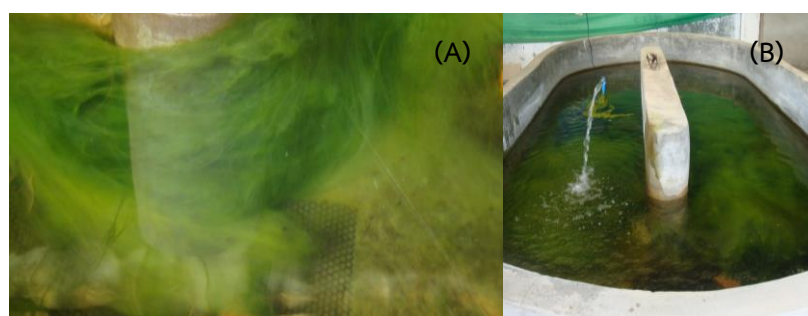


Figure 1 (A) Kai algae and (B) Cement pond

2. แบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง ๆ ละ 6 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 (T_1) ใช้น้ำประปา (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 (T_2) ใช้สารอาหาร N:P:K 0.002 กรัมต่อลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 (T_3) ใช้สารอาหาร NaHCO_3 2.13 กรัมต่อลิตร NaNO_3 0.38 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 0.13 กรัมต่อลิตร

3. เตรียมน้ำประปาลงในบ่อที่เตรียมไว้โดยมีระดับน้ำสูง 20 เซนติเมตร ละลายสารอาหารสูตรต่างๆ ในน้ำประปาที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นเปิดปั้มน้ำเพื่อให้สารอาหารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นนำหัวเชื้อสาหร่ายไก่อที่ล้างน้ำสะอาดแล้วใช้กรรไกรตัดให้มีความยาวประมาณ 1 นิ้ว (จำนวน 200 กรัม น้ำหนักสดต่อบ่อ) แล้วนำสาหร่ายไก่อที่ตัดแล้วมาใส่ในตะแกรงพลาสติก และลงเลี้ยงในบ่อซีเมนต์

4. เปิดระบบหมุนเวียนน้ำ เพื่อให้มีกระแสไหลเวียนตลอดเวลา

5. ระหว่างการเพาะเลี้ยง วัดการเจริญโดยวัดจากความยาวของเส้นสาย และคุณภาพน้ำ ทั้งทางกายภาพและเคมี ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ วัดโดยเทอร์โมมิเตอร์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดโดย pH meter ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ วิเคราะห์โดย Winkler's method แบบ Azide modification แอมโมเนีย วิเคราะห์โดย Phenate method ออร์โธฟอสเฟต วิเคราะห์โดย Stannous chloride ไนไตรท์ วิเคราะห์โดย Reddish purple azo dye method และไนเตรท วิเคราะห์โดย Hydrazine วิเคราะห์ทุก 15 วัน

6. หลังการเพาะเลี้ยง 180 วัน เก็บมวลชีวภาพของสาหร่ายไก่อนำไปอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าสาหร่ายจะแห้ง และนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย ความชื้น และเถ้า โดยวิธีของ AOAC (1984)

7. นำข้อมูลการเจริญ คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพน้ำ มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ หาค่าความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่าง Treatment โดยวิธี Duncan's Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p < 0.05$)

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ผลผลิตสาหร่ายไกสด

สาหร่ายไก่อทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีความยาวเริ่มต้นเท่ากับ 1 นิ้ว (หัวเชื้อตั้งต้น 200 กรัม น้ำหนักเปียก ต่อป๋อ) และความยาวจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง และเริ่มมีความแตกต่างกันชัดเจนตั้งแต่เดือนที่ 2 เป็นต้นไป (Figure 2A) และมวลชีวภาพของสาหร่ายไก่อทั้ง 3 ชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีค่า 340 กรัมต่อตารางเมตร ชุดการทดลองที่ 2 มีค่า 1,140 กรัมต่อตารางเมตร และชุดการทดลองที่ 3 มีค่า 160 กรัมต่อตารางเมตร จากผลการทดลองสรุปได้ว่าชุดการทดลองที่ 2 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 3 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 2B)

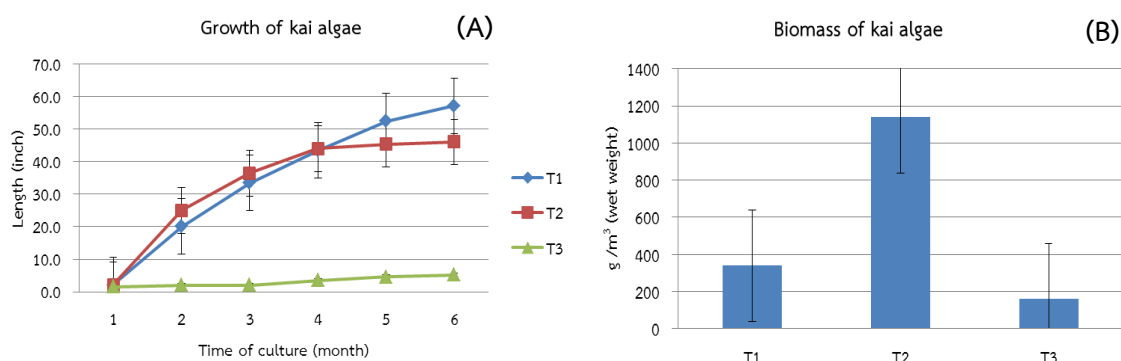


Figure 2 (A) Length of Kai algae and (B) Wet production of Kai algae

2. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงในชุดการทดลองที่ 3 มีค่าโปรตีน 32.03 ± 0.29 เปอร์เซนต์ ไขมัน 1.82 ± 0.01 เปอร์เซนต์ เยื่อใย 28.42 ± 0.14 เปอร์เซนต์ และความชื้น 7.61 ± 0.01 เปอร์เซนต์ ชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเถ้า 32.56 ± 0.27 เปอร์เซนต์ และชุดการทดลองที่ 1 มีค่าคาร์โบไฮเดรต 27.82 ± 0.00 เปอร์เซนต์ ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 3)

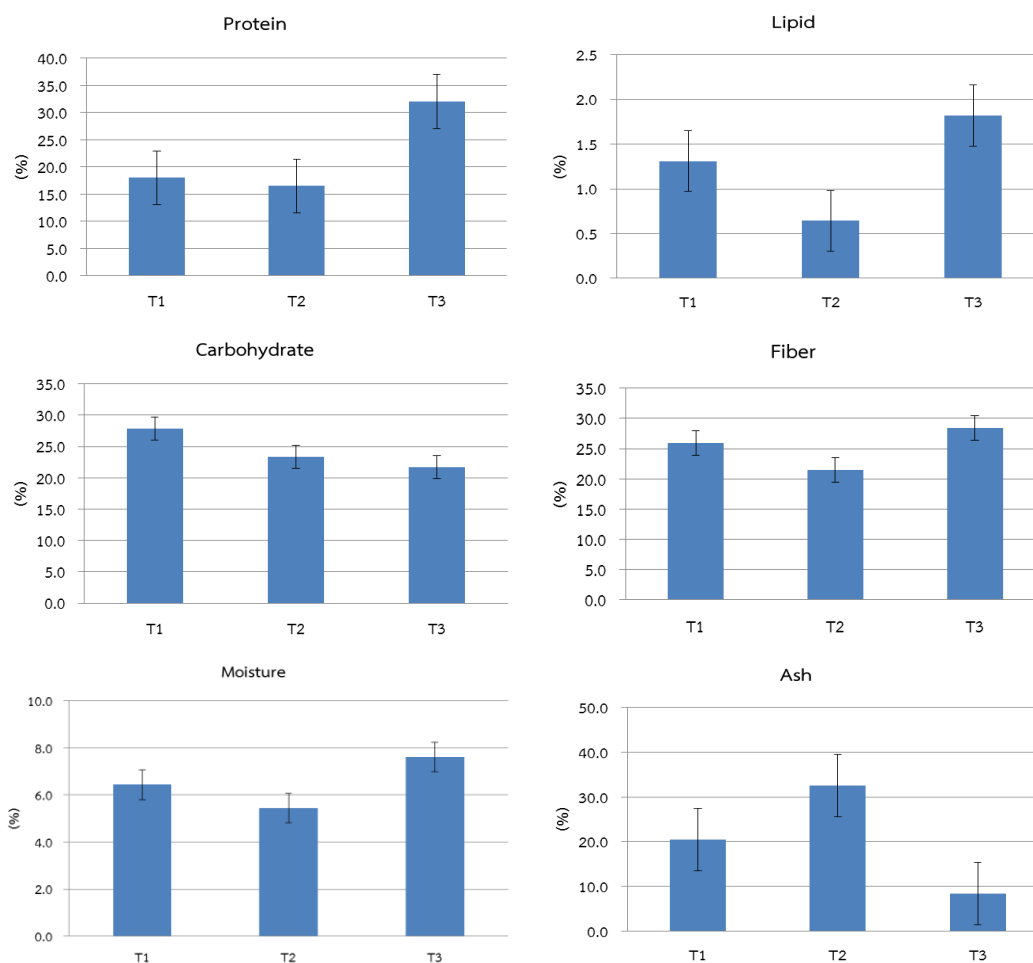


Figure 3 Nutritional values of Kai algae

3. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคโนในทุกชุดการทดลอง มีค่าอุณหภูมิอากาศ (Air temperature) ระหว่าง 27.5-37.5 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิน้ำ (Water temperature) ระหว่าง 22.0-28.5 องศาเซลเซียส, ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 8.40-9.55, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ระหว่าง 5.8-9.9 มิลลิกรัมต่อลิตร และแอมโมเนีย (NH_3) ระหว่าง 0.00-0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และแอมโมเนีย ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ออร์โธฟอสเฟต (PO_4) ระหว่าง 1.72-81.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ (NO_2) ระหว่าง 6.37-10.32 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรท (NO_3) ระหว่าง 8.90-191.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าออร์โธฟอสเฟต ไนไตรท์ และไนเตรท ชุดการทดลองที่ 3 มากกว่า ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 4)

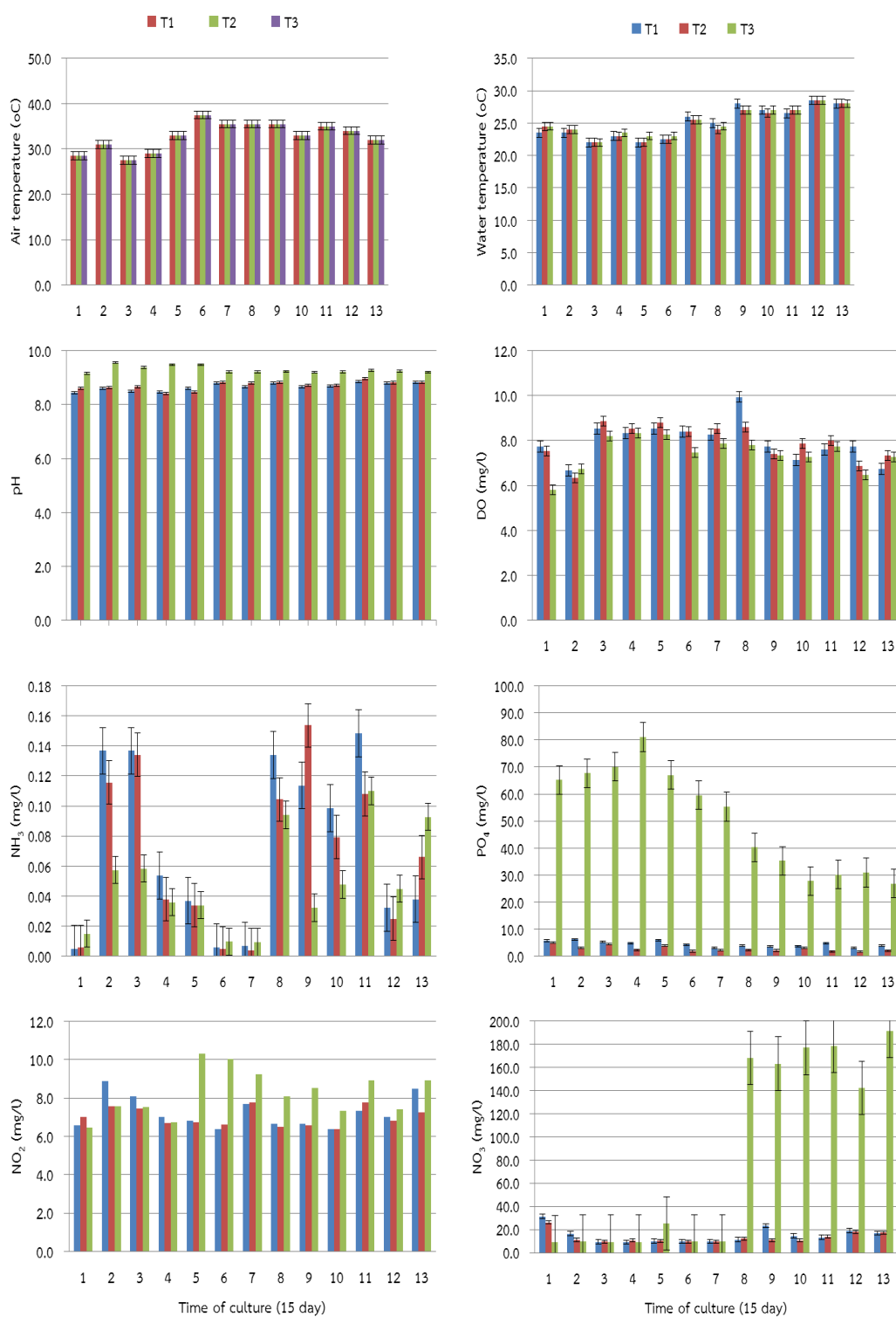


Figure 4 Water quality of Kai algae culture

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถโดยใช้สูตรอาหารต่างกัน พบว่าชุดการทดลองที่ 2 สาหร่ายไถมีผลผลิตโดยน้ำหนักสดสูงที่สุด คือ 1,140 กรัมต่อตารางเมตร (น้ำหนักเปียก) รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 1 คือ 340 กรัมต่อตารางเมตร (น้ำหนักเปียก) และชุดการทดลองที่ 3 คือ 160 กรัมต่อตารางเมตร (น้ำหนักเปียก) ซึ่งมากกว่างานวิจัยของ Traichaiyaporn *et al.* (2006) ที่ทำการเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารทั้ง 3 รูปแบบ โดยกล่าวว่าผลผลิตสาหร่ายไถในรูปน้ำหนักสด มีค่าอยู่ระหว่าง 118.89 - 179.99 กรัมต่อตารางเมตรจากงานวิจัยสาหร่ายไถมีมวลชีวภาพสูงอาจเป็นเพราะมีสารอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการและมีคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถจึงทำให้มีการเจริญเติบโตดี และมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Khuantrairong and Traichaiyaporn (2010) ซึ่งมีมวลชีวภาพ 870-1,705 กรัมต่อตารางเมตร (น้ำหนักเปียก) ซึ่ง Traichaiyaporn *et al.* (2010) กล่าวว่าสาหร่ายไถสามารถเจริญเติบโตได้ในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารต่ำมาก (Ultraoligotrophic) จนถึงแหล่งน้ำที่มีสารอาหารสูง (Eutrophic) ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำที่สูงขึ้นมีผลต่อการลดมวลชีวภาพ และทำให้ความยาวของเซลล์สาหร่าย *Cladophora* ลดลง แต่จะมีผลทำให้ความกว้างของเซลล์สาหร่ายเพิ่มขึ้น และ *Cladophora* ที่เจริญในแหล่งน้ำที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงจะเพิ่มการกักเก็บฟอสฟอรัสไว้ในเซลล์และทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้นโดย *Cladophora* ที่เก็บสะสมฟอสฟอรัสในเซลล์ระหว่าง 1 ถึง 2 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม จะมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะระหว่าง 0.01 ถึง 0.25 ต่อวัน

ต้นทุนการผลิตสาหร่ายไถพบว่าชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ 49.67 บาทต่อเดือนและชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ 120.50 บาทต่อเดือน จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาถึงมวลชีวภาพ ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 1 ก็ให้ผลผลิตมากกว่าชุดการทดลองที่ 3

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงมีโปรตีน 16.52-32.03 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.64 -1.82 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 21.69 - 27.82 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 21.46 - 28.42 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 7.61 ± 0.01 และเถ้า 8.43 - 32.56 เปอร์เซ็นต์ โดยคุณค่าทางโภชนาการทุกปัจจัยของสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงครั้งนี้พบว่าชุดการทดลองที่ 3 มีโปรตีนสูงถึง 32.03 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าสาหร่ายไถในธรรมชาติที่มีโปรตีน 19.3 เปอร์เซ็นต์ Peerapompisal *et al.* (2005) และสูงกว่าสาหร่ายไถจากการเพาะเลี้ยงของ Khuantrairong and Traichaiyaporn (2010) ซึ่งมีโปรตีน 10.05-17.58 เปอร์เซ็นต์ และยิ่งสูงกว่าของ Traichaiyaporn *et al.* (2010) ที่ทำการเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารและน้ำจากบ่อปลาบึก ซึ่งมีโปรตีน 10.05-17.58 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าไขมันและคาร์โบไฮเดรต มีน้อยกว่าสาหร่ายไถในธรรมชาติซึ่งมี 3.12 และ 30.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Peerapompisal *et al.* (2005) น้อยกว่าของ Khuantrairong and Traichaiyaporn (2010) ซึ่งมี 1.82-2.45 และ 42.44-53.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้อยกว่าของ Traichaiyaporn *et al.* (2010) ซึ่งมี 1.84-6.02 และ 30.07-49.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 2 มีมวลชีวภาพสูง และชุดการทดลองที่ 3 มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ดังนั้น

จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการนำสูตรอาหารทั้งชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ในอัตราส่วนที่เหมาะสมมาทำการเพาะเลี้ยงร่วมกัน เพื่อให้ได้สาหร่ายไก่อที่มีมวลชีวภาพ และคุณค่าทางโภชนาการสูง

คุณภาพน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในทุกชุดการทดลองมีค่าอุณหภูมิอากาศ ระหว่าง 27.5 - 37.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำ ระหว่าง 22.0 - 28.5 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 8.40 - 9.55 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ระหว่าง 5.8 - 9.9 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย ระหว่าง 0.00 - 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ออร์โธฟอสเฟต ระหว่าง 1.72 - 81.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจน ระหว่าง 6.37 - 10.32 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรท ระหว่าง 8.90 - 191.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ Chaisuk and Waiyaka (2001) กล่าวว่าการศึกษาระบบนิเวศของสาหร่ายไก่อ อาจกล่าวได้ว่าปัจจัยทางด้านกายภาพ เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายไก่อในแม่น้ำโขง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว โดยปัจจัยทางด้านกายภาพที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายไก่อได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ความเร็วของกระแสน้ำ และความขุ่น ส่วนปัจจัยทางด้านเคมี เช่น ปริมาณสารอาหาร ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ หรือค่าความเป็นด่าง เป็นปัจจัยรองที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายไก่อ เพราะในแม่น้ำโขงมีสารอาหารเพียงพอต่อการเจริญและสภาพทางด้านเคมีเหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด และพบว่าอุณหภูมิของแหล่งน้ำตลอดระยะเวลาการทำวิจัยอยู่ในช่วง 21.1 - 28.3 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่า อยู่ในช่วง 7.53 - 8.40 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 7.20 - 9.20 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ในช่วง 0.08 - 1.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ในช่วง 0.2 - 1.6 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจกล่าวได้ว่าคุณภาพน้ำมีผลต่อการเจริญของสาหร่ายไก่อได้ Taweesak and Siripen (2012) กล่าวว่าฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับการเจริญและการผลิตสาหร่ายน้ำจืด *Cladophora* แต่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงกว่า (0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีผลต่อการเจริญและการผลิตชีวมวลของสาหร่าย *Cladophora* การผลิตชีวมวลของสาหร่าย *Cladophora* จะขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิ และความเข้มแสง ซึ่งสอดคล้องกับ Siripen (2012) กล่าวว่า การศึกษานิเวศวิทยาของสาหร่าย พบว่า มีหลายปัจจัยที่เป็นตัวควบคุมการเจริญ การผลิตชีวมวลชีวภาพ (Biomass production) และสัณฐานวิทยา (Morphology) ได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ความเร็วของกระแสน้ำ ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ และปริมาณสารอาหาร แต่จากรายงานต่างๆ ที่ผ่านมา พบว่าฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการเจริญ และผลผลิตเบื้องต้นของสาหร่ายสกุล *Cladophora* ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Raghavan *et al.* (2008) กล่าวว่าสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายนั้นปัจจัยต่างๆ เช่น ธาตุอาหาร อุณหภูมิ ความเค็ม แสง เป็นต้น มีผลต่อการเจริญและคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baldia *et al.* (1994) กล่าวว่า การขาดฟอสฟอรัสของสาหร่ายมีผลใกล้เคียงกับการขาดไนโตรเจนคือ ทำให้ปริมาณโปรตีน คลอโรฟิลล์เอ และอาร์เอ็นเอ (RNA) ของสาหร่ายลดลง แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น

จากงานวิจัยนี้ทำการเพาะเลี้ยงในระบบปิดจึงสามารถควบคุมสารพิษปนเปื้อนในน้ำที่อาจปนอยู่ในสาหร่ายนั้นได้ ตลอดจนสารอาหารที่มีความเหมาะสม เพื่อให้ได้สาหร่ายไก่อปลอดภัยต่อผู้บริโภค แล้วยัง

สามารถถ่ายทอดความรู้ให้กับเกษตรกร และผู้ที่สนใจนำไปเพาะเลี้ยงเพื่อประกอบอาชีพได้โดยไม่ต้องรอเก็บสาหร่ายไถจากธรรมชาติ และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเพิ่มมูลค่าทรัพยากรทางน้ำให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญ และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถ ในการเพาะเลี้ยงระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ สำหรับการทดลองนี้คือ ชุดการทดลองที่ 2 คือ N : P : K (16:16:16) 0.002 กรัมต่อลิตร เนื่องจากทำให้สาหร่ายไถมีมวลชีวภาพมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถ พบว่า ชุดการทดลองที่ 3 มีค่าโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และความชื้นสูงที่สุด ชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเถ้าสูงที่สุด และชุดการทดลองที่ 1 มีค่าคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด จากผลการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่ 3 มีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายฝ่ายด้วยกัน ซึ่งทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ “ทุนศิษย์ก้นกุฏิ” ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ช่วยเป็นนักวิจัยพี่เลี้ยงคอยให้คำแนะนำ วิธีการดำเนินการวิจัย รวมทั้งอนุเคราะห์สถานที่ในการทำงานวิจัย และอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยตลอดระยะเวลาจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- AOAC (Association of official Analytical Chemists). 1984. Methods of analysis. 14th ed. Arlington, Virginia. 1298 p.
- Baldia S. F, Fukami K, Nishijima T, and Hata Y. 1994. Growth responses of *Spirulina platensis* to some physio – chemical factors and the kinetics of phosphorus utilization. Fisheries science 61(2): 331 – 335.
- Chaisuk S. and Waiyaka P. 2001. The study of Kai (Green algae) in Ecosystems. Final report submitted to Thailand Research Fund (TRF). [in Thai]
- Khuantrairong T. and Traichaiyaporn S. 2010. Efficiency of carotenoid and nutrition values production of an Algae Kai (*Cladophora* sp.) for economic utilization (I). Journal of Fisheries Technology. 4(1): 54-64. [in Thai]

- Khuantrairong T. and Traichaiyaporn S. 2012. Enhancement of carotenoid and chlorophyll content of an edible freshwater alga (Kai: *Cladophora* sp.) by supplementary inorganic phosphate and investigation of its biomass production. Maejo International Journal of Science and Technology. 6(01): 1-11.
- Peerapornpisal Y, Makomkeawkeyoon S, Pongsirkul I, Khumklang A, Lertleelakijja N, Boonsintha B, Awakiert S, Preangkam S, Sutjaritvongsanond K, Kanjanapothi D, Rujjanawate C, Theeranupattana S, Sanphet K, Pekkoh J, Amornlerdpison D, Chaiubon C, Tongsir S, Ruangrit K, Mungmai L. 2005. Potential of Freshwater Macroalgae as Food and Medicine. Final report submitted to Thailand Research Fund (TRF). [in Thai]
- Peerapornpisal Y, Amornlerdpison D, Kanjanapothi D, Taesotikul T, Pongpaibul Y, and Tongsir S. 2009. Potential of Freshwater Macroalgae as Nutraceutical and Cosmeceutical Products. Final report submitted to NRCT. [in Thai]
- Posttoday. 2016. Hazardous contaminants are found in city water at Nan. [Online]. Available from <http://www.posttoday.com/local/north/442692> [2017, February 16] [in Thai]
- Raghavan G, Haridevi C. K and Gopinathan C. P. 2008. Growth and proximate composition of the *Chaetoceros calcitrans* f. *pumilus* under different temperature, salinity and carbon dioxide levels. Aquaculture Research, 39, 1053-1058.
- Traichaiyaporn S, Waraegsiri B and Promya J. 2006. Culture of a Green Algae *Cladophora* (Kai) as Feed for the Mae-Kong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*, Chevey). Final report submitted to Thailand Research Fund (TRF). [in Thai]
- Traichaiyaporn S, Waraegsiri B and Promya J. 2010. Culture of a Green Algae *Cladophora* (Kai) as Feed for the Mae-Kong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*, Chevey) (Phase 2). Final report submitted to Thailand Research Fund (TRF). [in Thai]
- Traichaiyaporn S. 2012. Kai algae: Natural heritage and sustainable culture. Chiang Mai University. Chiang Mai. 72 p. [in Thai]