

ประสิทธิภาพการผลิตคาโรทีนอยด์และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ
(*Cladophora* sp.) เพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจ (I)

Efficiency of Carotenoid and Nutritional Values Production of an Alga Kai
(*Cladophora* sp.) for Economic Utilization (I)

ทวีศักดิ์ ขวัญไตรรงค์ และ ศิริเพ็ญ ตระัยไชยาพร

Taweesak Khuantrairong and Siripen Traichaiyaporn

หน่วยวิจัยสาหร่ายและคุณภาพน้ำ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Algae and Water Quality Research Unit, Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตคาโรทีนอยด์และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ(*Cladophora* sp.) เพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจครั้งนี้ ได้ทำการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อแบบหมวมวลในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวน โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่มีการเติมฟอสเฟตฟอสฟอรัส โดยการเติมไดโปแทสเซียมไฮโดรเจนออร์โธฟอสเฟต (K_2HPO_4) ที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (3 ซ้ำต่อชุดการเพาะเลี้ยง) หลังการเพาะเลี้ยง 8 สัปดาห์ พบว่า สาหร่ายไก่อผลิตมวลชีวภาพ 870-1,705 กรัมต่อตารางเมตร(น้ำหนักเปียก) คาโรทีนอยด์ 953.78-1,728.95 ไมโครกรัมต่อกรัม(น้ำหนักแห้ง) โปรตีน 10.05-17.58% ไขมัน 1.84-2.45% คาร์โบไฮเดรต 42.44-53.96% เยื่อใย 20.78-27.90% และเถ้า 11.65-19.51% ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มวลชีวภาพ คาโรทีนอยด์และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงในแต่ละชุดการเพาะเลี้ยงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการเพิ่มฟอสเฟตฟอสฟอรัสมีผลต่อการเพิ่มการผลิตคาโรทีนอยด์ของสาหร่ายไก่อ

ABSTRACT

Efficiency of carotenoid and nutritional values production of an alga Kai (*Cladophora* sp.) for economic utilization was investigated from mass cultured of Kai performing in cement raceway ponds using canteen wastewater with addition of four concentrations of di-potassium hydrogen orthophosphate (K_2HPO_4) 0, 5, 10, 15 and 20 mg L⁻¹ (3 replications in each treatment). At 8-week cultured, Kai produced biomass 870-1,705 gm⁻² (wet weight), carotenoid 953.78-1,728.95 µg g⁻¹ (dry weight), Protein 10.05-17.58%, fat 1.84-2.45%, carbohydrate 42.44-53.96%, fiber 20.78-27.90% and ash 11.65-19.51%. Statistical analysis showed that biomass, carotenoid and nutritional values were not significantly different among treatments. However, addition of phosphate phosphorus indicated the tendency in increasing the carotenoid production of Kai.

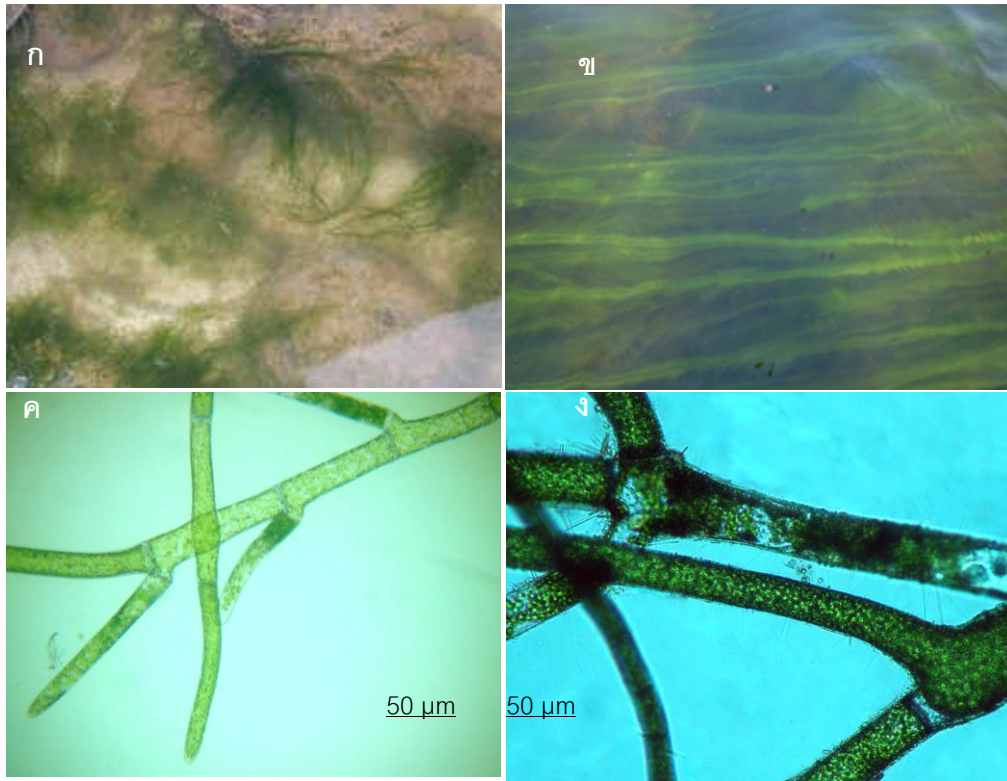
คำนำ

Cladophora เป็นสาหร่ายสีเขียวประเภทยึดเกาะขนาดใหญ่ที่เจริญเติบโตทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม ในภาคเหนือของประเทศไทยพบสาหร่ายสกุลนี้มากในลำน้ำน่านและลำน้ำสาขา ในจังหวัดน่าน รวมถึงในแม่น้ำโขง บริเวณ อ.เชียงแสนถึง อ.เชียงของ จังหวัดเชียงราย โดยชาวบ้านเรียกสาหร่ายสกุลนี้ว่า “สาหร่ายไถ” ปกติสาหร่ายไถจะเจริญเติบโตในช่วงที่น้ำใส และกระแสน้ำไม่แรงมาก ประมาณฤดูหนาวถึงต้นฤดูร้อน โดยจะเจริญเติบโตยึดเกาะกับก้อนหินทั่วลำน้ำ (ภาพ 1) ในแม่น้ำน่านสาหร่ายไถจะพบมากประมาณ 4-5 เดือน แต่ที่จังหวัดเชียงรายจะพบมากประมาณ 3-4 เดือน ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวชาวบ้านที่อาศัยบริเวณ 2 ลำน้ำนี้ จะเก็บเกี่ยวสาหร่ายไถไปทำแห้งเพื่อรับประทานในครัวเรือนหรือวางจำหน่ายในตลาด ใช้เป็นอาหารหมู และยังมีกรนำมาทำเป็นสาหร่ายไถแปรรูปออกจำหน่ายเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (ภาพ 2) นอกจากนี้ชาวบ้านยังพบว่าสาหร่ายไถนั้นยังเป็นอาหารของปลาหลายชนิดโดยเฉพาะปลาบึก (ศิริวรรณ และประเสริฐ, 2544; Southeast Asia Rivers Network, 2006)

แต่เนื่องจากปัจจุบันมีปัญหาผลกระทบทางน้ำ ประกอบกับสภาพอากาศและฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาวะโลกร้อน ทำให้สาหร่ายไถเจริญเติบโตได้เพียงไม่กี่เดือนเท่านั้น โดยเฉพาะสาหร่ายไถในแม่น้ำโขงได้รับผลกระทบอย่างมากจากการสร้างเขื่อนในประเทศจีนและการระเบิดแก่งในแม่น้ำโขง ส่งผลกระทบให้น้ำมีตะกอนมาก และบางช่วงเกิดภาวะน้ำในแม่น้ำเหือดแห้งจากการปิดเขื่อนในประเทศจีน ทำให้สาหร่ายไถไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งปัจจุบันชาวบ้านในจังหวัดเชียงรายสามารถเก็บเกี่ยวสาหร่ายไถในแม่น้ำโขงได้เพียงไม่กี่วันเท่านั้น (Southeast Asia Rivers Network, 2006)

เนื่องจากสาหร่ายไถมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบกับมีคาร์โบไฮเดรตและอนุพันธ์ของคาร์โบไฮเดรต อาทิเช่น เบต้า-แคโรทีน ลูทีน เซียแซนทีน เป็นต้น ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ และสัตว์น้ำ จึงได้มีการนำสาหร่ายไถมาเพาะเลี้ยงและนำมาผสมในอาหารปลาเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร ซึ่งปัจจุบันสามารถเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถให้ได้ผลผลิตตลอดทั้งปี ปัจจุบันอยู่ระหว่างการวิจัยโดยนำสาหร่ายไถมาผสมอาหารปลาบึกเพื่อลดต้นทุนค่าอาหารและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเร่งวัฏในปลาบึก (ศิริเพ็ญและคณะ, 2548)

จากรายงานการวิจัยหลาย ๆ เรื่องบ่งชี้ว่าฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสกุล *Cladophora* และยังมีบทบาทต่อการผลิตคาร์โบไฮเดรตในสาหร่าย (Wong and Clark, 1976; Birch et al., 1981; Painter and Kamaitis, 1987; Bootsma et al., 2004; Higgins et al., 2008) ประกอบกับสาหร่ายไถสามารถนำมาเพาะเลี้ยงให้ได้ผลผลิตได้ตลอดปี มีคาร์โบไฮเดรตและคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงเป็นที่มาของศึกษาประสิทธิภาพการผลิตคาร์โบไฮเดรตและคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถโดยฟอสฟอรัส ภายใต้การเพาะเลี้ยงแบบหมวมวล เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะทางการประมงและอาหารมนุษย์ต่อไป



ภาพ 1 สาหร่ายไถ (*Cladophora* sp.)

ก - ข สาหร่ายไถเจริญเติบโตยึดเกาะกับก้อนหินเป็นเส้นสายยาวในแม่น้ำ

ค - ง ลักษณะเส้นสายของสาหร่ายไถภายใต้กล้องจุลทรรศน์



ภาพ 2 ชาวบ้านเก็บสาหร่ายไถและนำมาทำแห้งเพื่อจำหน่ายและแปรรูป

วิธีการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตคาร์บอนอยด์และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อ (*Cladophora* sp.) ได้ดำเนินการ ดังนี้

1. นำหัวเชื้อสาหร่ายไก่อ (*Cladophora* sp.) ที่เพาะเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการมาเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวน (ขนาด 1.2 × 2.3 × 0.5 เมตร) โดยให้สาหร่ายยึดเกาะกับตาข่ายพลาสติก ใช้หัวเชื้อสาหร่ายตั้งต้น 370 กรัมต่อตารางเมตร (น้ำหนักเปียก) (ภาพ 3)



ภาพ 3 ก. โรงเรือนเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อ

ข. ลักษณะบ่อซีเมนต์ระบบน้ำวนและการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อโดยให้ยึดเกาะกับตาข่ายพลาสติก

2. ใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารที่กักเก็บไว้เจือจางด้วยน้ำคลองที่ผ่านระบบกรองให้ได้ความเข้มข้น 10% ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อ

3. ทำการทดลองทั้งหมด 4 ทรีทเมนต์ (ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ) โดยการเติมโคโปแทสเซียมไฮโดรเจนออร์โทฟอสเฟต (K_2HPO_4) ในบ่อทดลองที่ระดับ 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชุดควบคุมไม่เติมโคโปแทสเซียมไฮโดรเจนออร์โทฟอสเฟต

4. เปิดเครื่องต้นน้ำให้มีกระแสไหลเวียนตลอดเวลา ความเร็วกระแสน้ำ 0.15 เมตรต่อวินาที

5. ระหว่างการเพาะเลี้ยง วัดการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำทุกสัปดาห์

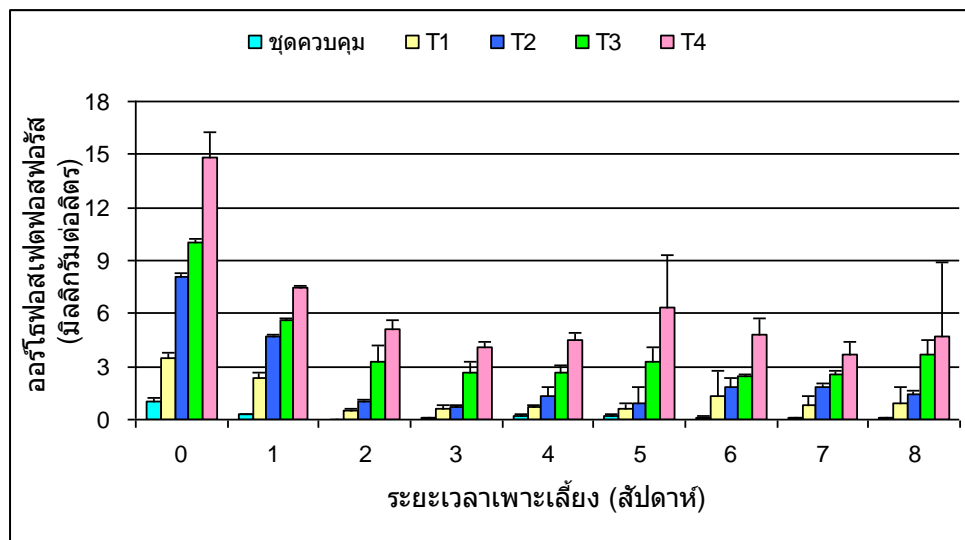
6. หลังการเพาะเลี้ยง 8 สัปดาห์ เก็บมวลชีวภาพของสาหร่ายไก่อนำไปทำแห้งเยือกแข็ง (freeze dry) และนำมาวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอยด์โดยวิธีของ Britton (2005) และคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้า โดยวิธีของ AOAC (1984)

7. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดย Analysis of variance (ANOVA) and Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$) เพื่อศึกษาความแตกต่างของข้อมูลในแต่ละ ตรีทเมนต์

ผลการวิจัย

คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถในทุกตรีทเมนต์ มีค่าพีเอชระหว่าง 8.20-8.95 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ 2.00-34.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้าง 33.14-68.21 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 ออกซิเจนละลายน้ำ 6.53-11.75 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดี 1.00-10.87 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียไนโตรเจน 0.043-1.069 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรทไนโตรเจน 0.220-1.431 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งคุณภาพน้ำทุกปัจจัยที่กล่าวมาในทุกตรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในชุดควบคุมและในตรีทเมนต์ที่ 1 ถึงตรีทเมนต์ที่ 4 มีค่าระหว่าง 0.004-1.070, 0.546-3.532, 0.730-8.037, 2.413-10.010 และ 3.703-14.780 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสจะมีค่ามากขึ้นตามปริมาณฟอสเฟตที่เติมลงไป (ภาพ 4)



ภาพ 4 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ

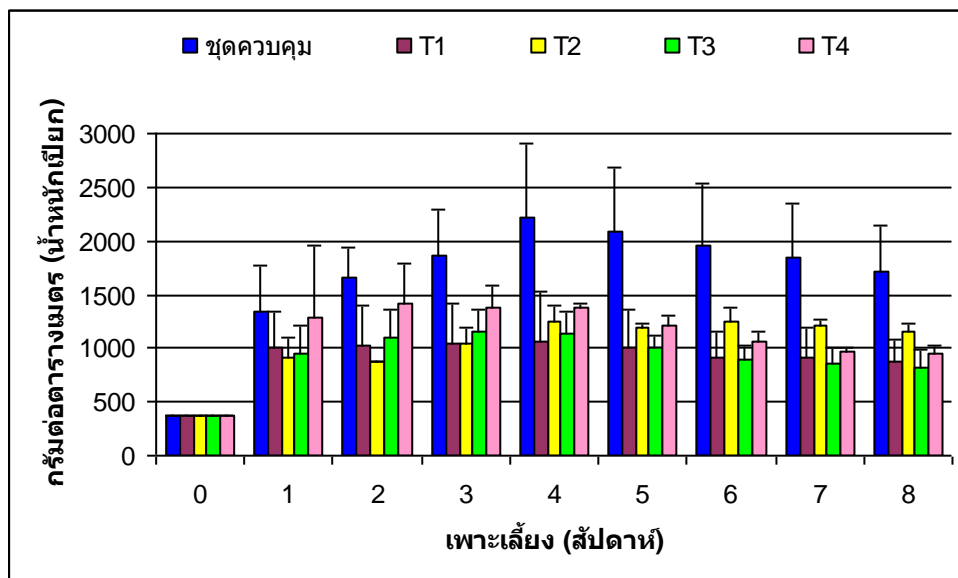
มวลชีวภาพของสาหร่ายไถ

หลังการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ 8 สัปดาห์ สาหร่ายไถเจริญเป็นสายยาว (ภาพ 5) โดยสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงในชุดควบคุมและตรีทเมนต์ที่ 1 ถึง 4 มีมวลชีวภาพ $1,705 \pm 435$, 870 ± 208 , $1,162 \pm 73$, 829 ± 159 และ 944 ± 81 กรัมต่อตารางเมตร (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ โดยสาหร่ายไถในทุกตรีทเมนต์มีมวลชีวภาพมากที่สุดเมื่อ

เพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์ (ภาพ 6) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มวลชีวภาพของสาหร่ายไวกในแต่ละทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



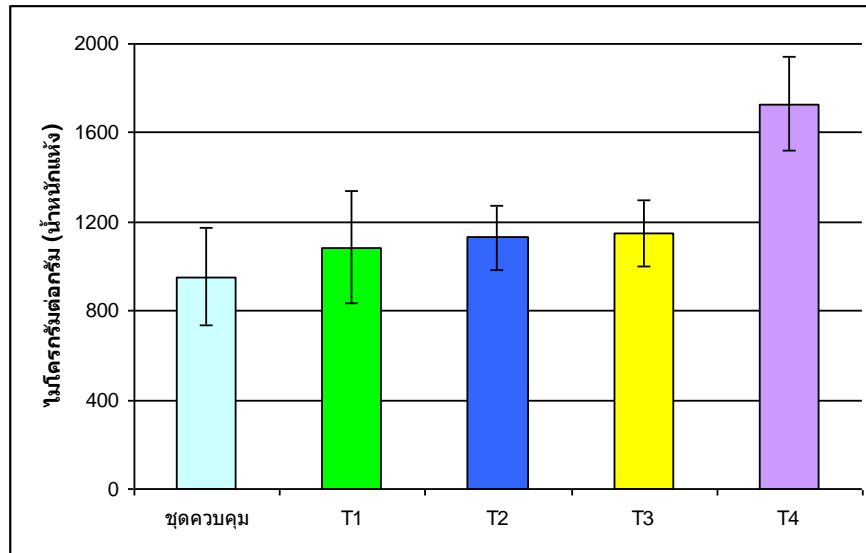
ภาพ 5 ลักษณะของสาหร่ายไวกที่เจริญเติบโตเป็นสายยาว



ภาพ 6 มวลชีวภาพของสาหร่ายไวก

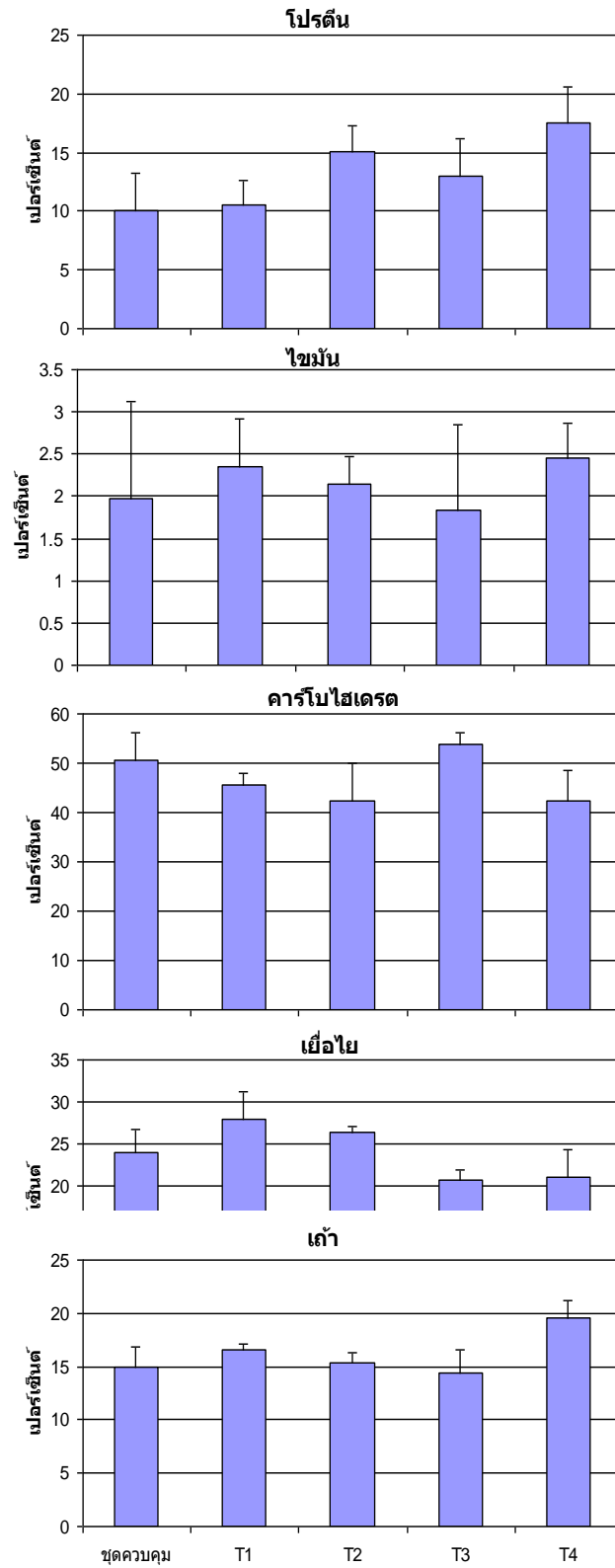
คาร์บอนออกไซด์

คาร์บอนออกไซด์ของสาหร่ายไวกที่เพาะเลี้ยงในชุดควบคุมและในทรีทเมนต์ที่ 1 ถึง ทรีทเมนต์ที่ 4 มีค่า 953.78 ± 217.51 , $1,083.65 \pm 252.65$, $1,129.60 \pm 147.47$, $1,151.18 \pm 150.57$ และ $1,728.95 \pm 211.88$ ไมโครกรัม ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (ภาพ 7) โดยคาร์บอนออกไซด์ของสาหร่ายไวกที่เพาะเลี้ยงในแต่ละทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



คุณค่าทางโภชนาการ

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงในชุดควบคุมและที่รีทเมนต์ที่ 1 ถึง 4 ได้ผลดังนี้ โปรตีน 10.05 ± 3.21 , 10.53 ± 2.11 , 15.11 ± 2.13 , 13.03 ± 3.15 และ $17.58 \pm 3.02\%$ ไขมัน 1.97 ± 1.15 , 2.35 ± 0.57 , 2.15 ± 0.32 , 1.84 ± 1.01 และ $2.45 \pm 0.42\%$ คาร์โบไฮเดรต 50.58 ± 5.54 , 45.68 ± 2.32 , 42.44 ± 7.45 , 53.96 ± 2.22 และ $42.50 \pm 6.14\%$ เยื่อใย 23.95 ± 2.87 , 27.90 ± 3.29 , 26.4 ± 0.65 , 20.78 ± 1.11 และ $21.11 \pm 3.31\%$ และเถ้า 15.01 ± 1.78 , 16.58 ± 0.54 , 15.30 ± 1.04 , 14.39 ± 2.22 และ $19.51 \pm 1.65\%$ (ตามลำดับ) (ภาพ 8) โดยคุณค่าทางโภชนาการทุกปัจจัยของสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงในแต่ละรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพ 8 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อแบบหมวมวลโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร พบว่ามีปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และมีปริมาณสารอาหารอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญของสาหร่ายไก่อ (Painter and Kamaitis, 1987) สาหร่ายไก่อมีการใช้สารอาหารโดยเฉพาะฟอสฟอรัสมากที่สุดในการเพาะเลี้ยงสัปดาห์แรก ซึ่ง Wong and Clark (1976), Birch *et al.* (1981), Painter and Kamaitis (1987), Bootsma *et al.* (2004) และ Higgins *et al.* (2008) กล่าวไว้ว่า ฟอสฟอรัสนั้นเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไก่อ และสาหร่ายไก่อสามารถสะสมฟอสฟอรัสไว้ในเซลล์มากขึ้นถ้าในน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง ทั้งนี้การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อบ่งชี้ให้เห็นว่าสาหร่ายไก่อสามารถลดค่าบีโอดี และลดสารอาหารต่าง ๆ ในน้ำได้ดี

การเจริญเติบโตของสาหร่ายไก่อหลังเพาะเลี้ยง 8 สัปดาห์ ได้มวลชีวภาพ 870-1,705 กรัมต่อตารางเมตร (น้ำหนักเปียก) ซึ่งมวลชีวภาพของสาหร่ายไก่อของการเพาะเลี้ยงในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pitcairn and Hawkes (1973) ที่ทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Cladophora* ในอาหารสูตรมาตรฐานที่มีระดับฟอสฟอรัสที่แตกต่างกันในช่วง 0.1-7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งได้ผลว่าสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีฟอสฟอรัสมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน แต่ให้การเจริญเติบโตแตกต่างกับสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีฟอสฟอรัสต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อแบบหมวมวลครั้งนี้ให้มวลชีวภาพในรูปของน้ำหนักเปียกใกล้เคียงกับการเพาะเลี้ยงในตู้กระจกโดยใช้อาหารมาตรฐานสูตร Chu. No.10 ที่ได้มวลชีวภาพ 800-1,100 กรัมต่อตารางเมตร (น้ำหนักเปียก) (ทวีศักดิ์ และคณะ, 2550)

คาร์บอนนอยด์ของสาหร่ายไก่อมีค่าระหว่าง 953.78-1,728.95 ไมโครกรัมต่อกรัม(น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมากกว่าสาหร่ายไก่อในธรรมชาติมาก ซึ่งสาหร่ายไก่อในธรรมชาติจะมีคาร์บอนนอยด์โดยเฉลี่ยประมาณ 340 ไมโครกรัมต่อกรัม(น้ำหนักแห้ง) (ยูวดี และคณะ, 2547) และยิ่งมากกว่าสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารในห้องปฏิบัติการที่มีคาร์บอนนอยด์ 840.49 ไมโครกรัมต่อกรัม(น้ำหนักแห้ง) (ศิริเพ็ญและคณะ, 2548) ถึงแม้ว่าคาร์บอนนอยด์ของสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงในแต่ละทรีทเมนต์จะมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลได้บ่งชี้ให้เห็นว่าสาหร่ายไก่อมีการผลิตคาร์บอนนอยด์มากขึ้นตามปริมาณฟอสเฟตฟอสฟอรัสที่เพิ่มมากขึ้น (ภาพ 7)

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงมีโปรตีนระหว่าง 10.05-17.58% ไขมัน 1.84-2.45% คาร์โบไฮเดรต 42.44-53.96% เยื่อใย 20.78-27.90% และเถ้า 11.65-19.51% ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการในแต่ละทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงครั้งนี้มีโปรตีนและไขมันน้อยกว่าสาหร่ายไก่อในธรรมชาติ (28 และ 6.81% ตามลำดับ) และสาหร่ายไก่อที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหารในห้องปฏิบัติการ (31.49 และ 4.17% ตามลำดับ) แต่มีคาร์โบไฮเดรตมากกว่าสาหร่ายไก่อในธรรมชาติ และที่

เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ (30.34 และ 20.78% ตามลำดับ) ส่วนเยื่อใยและเถ้ามีค่าใกล้เคียงกัน (ศิริเพ็ญและคณะ, 2548; สรวิต, 2543; ยวดีและคณะ, 2547)

จากงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่จะใช้ฟอสฟอรัสในการเพิ่มคาร์บอนของคาร์โบไฮเดรตให้สาหร่ายไถ ซึ่งงานวิจัยต่อไปจะเป็นการตรวจสอบปริมาณอนุพันธ์ของคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ แคลโรทีน แซนโทฟิลล์ เบต้า-แคโรทีน ลูทีน และซีแซนทีน ของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงนี้ ซึ่งอนุพันธ์ของคาร์โบไฮเดรตดังกล่าวมีประโยชน์ต่อสัตว์น้ำหลายด้าน อาทิเช่น เร่งการเจริญเติบโต เพิ่มภูมิคุ้มกัน และเพิ่มสีสันให้เป็นที่ต้องการของตลาด เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- ทวีศักดิ์ ขวัญไตรรงค์, บุญสม วราเอกศิริ และศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร. 2550. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cladophora* (ไถ) โดยใช้ตาข่ายพลาสติก. การประชุมวันวิชาการมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 3, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ยวดี พีรพรพิศาล, ทัดพร คุณประดิษฐ์, โฉมยง ไชยอุบล, สุนทรี เบ็ญการ, อร่าม คุ่มกลาง, อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล และนัตจุฑาภรณ์ เลิศลีลาภิจจา. 2547. สาหร่ายขนาดใหญ่ที่เป็นอาหารในภาคเหนือของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์ สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีที่ 58 ฉบับที่ 3. หน้า 164 – 173.
- ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร, บุญสม วราเอกศิริ และจงดล พรหมยะ. 2548. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว สกุล *Cladophora* (ไถ) เพื่อเป็นอาหารปลาบึก (ระยะ 1). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ศรีวรรณ ไชยสุข และประเสริฐ ไร่ยะกา. 2544. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. โครงการการศึกษาระบบนิเวศของไถ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- สรวิต เผ่าทองสุข. 2543. สาหร่าย: ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จาก สาหร่ายในประเทศไทย. เอกสารเผยแพร่ชุดโครงการอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ ชุดที่ 2. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 16th eds. Washington DC.
- Birch P.B., Gordon D.M. and McComb A.J. 1981. Nitrogen and Phosphorus Nutrition of *Cladophora* in the Peel-Hervey Estuarine System, Western Australia. Bot. Mar., 24: 281-287.
- Bootsma H.A., Jensen E.T., Young E.B. and Berges J.A. 2004. *Cladophora* Research and Management in the Great Lakes. Proceedings of a Workshop Held at the Great Lakes Water Institute, University of Wisconsin, Milwaukee.

- Britton G. 2005. Workshop on Carotenoid: The Qualitative and Quantitative Analysis. Prince of Songkla University.
- Higgins S.N., Malkin S.Y., Howell E.T., Guildford S.J., Campbell L. Hiriart-Baer V. and Hecky R.E. 2008. An Ecological Review of *Cladophora glomerata* (Chlorophyta) in the Laurentian Great Lakes. J. Phycol., 44: 839-854.
- Painter D.S. and Kamaitis G. 1987. Reduction of *Cladophora* Biomass Tissue Phosphorus in Lake Ontario, 1972-83. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 44: 2212-2215.
- Pitcairn C.E.R. and Hawkes H.A. 1973. The Role of Phosphorus in the Growth of *Cladophora*. Water Research Pergamon, 7: 159-171.
- Southeast Asia Rivers Network. 2006. A Testimony of the Downstream People: Downstream Impacts of Hydropower and other Development Projects in the Upper Mekong. Chiang Mai, Thailand.
- Wong S.L. and Clark B. 1976. Field Determination of the Critical Nutrient Concentrations for *Cladophora* in Streams. J. Fish. Res. Board Can., 33: 85-92.