

**สภาวะที่เหมาะสมและคุณค่าทางโภชนาการในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไซโทน  
และสาหร่ายลอนในการใช้เป็นอาหารปลาสวยงาม**

**Optimal Condition and Nutritional Value of *Nostoc* and *Nostochopsis*  
Cultivation for Feed Supplement of Ornamental Fish**

**ศรีประภา บุตรดามา<sup>\*</sup>, สุดาพร ตงศิริ, จงกมล พรหมยะ และ อุดมลักษณ์ สมพงษ์<sup>\*</sup>**  
Sriprapa Buddama<sup>\*</sup>, Sudaporn Tongsir, Jongkon Promya and Udumluk Sompong<sup>\*</sup>

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

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

\*Corresponding author email: siukaeo@hotmail.com, s\_udomluk@yahoo.com

**บทคัดย่อ**

สาหร่ายไซโทน (*Nostoc*) และสาหร่ายลอน (*Nostochopsis*) เป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงซึ่งเป็นทางเลือกในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเพื่อใช้ในการอนุบาลและเลี้ยงปลาสวยงาม โดยทำการเก็บและคัดแยกพันธุ์สาหร่ายในเขตภาคเหนือเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารแตกต่างกันที่ความเข้มข้นประมาณ 2,000 ลักซ์ให้อากาศตลอด 24 ชั่วโมง ทำการคัดแยกสาหร่ายใน BG-11 สูตรปรับปรุง หลังจากนั้นนำมาศึกษาอัตราการเจริญบนอาหาร BG11 ที่ผสมวุ้น 0.5-1.5% พบว่าสาหร่ายเจริญดีที่สุดบนอาหารวุ้น 1.5% โดยสาหร่าย *Nostoc* sp. FT 1019 (N19) และ *Nostoc* sp. FT 1012 (N12) มีค่าการเจริญสูงที่สุด จากนั้นคัดเลือกสาหร่ายที่เจริญดีที่สุด 5 สายพันธุ์ เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BG11 สูตรปรับปรุงที่ผสมซีเดียมอัลจีเนต 0-0.5% พบว่าสาหร่ายมีการเจริญบนอาหารที่ผสมซีเดียมอัลจีเนต 0.25-0.5% ดีที่สุด ( $p < 0.05$ ) N12 มีอัตราการเจริญสูงกว่าเมื่อเลี้ยงบนอาหารวุ้นประมาณ 50 เท่า ทำการคัดเลือกสาหร่าย 3 สายพันธุ์ เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BG11 สูตรปรับปรุงที่ผสมซีเดียมอัลจีเนต 0.5% พบว่าสาหร่ายที่มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดคือ N12 รองลงมาได้แก่ N19 และ *Nostochopsis* sp. FT 1018 (NC18) เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย ทั้งสามสายพันธุ์พบว่า NC18 มีโปรตีนสูงที่สุด N12 มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใย ปริมาณแคโรทีนอยด์ ไฟโคเออร์ทรินและไฟโคไซยานินสูงที่สุด N19 มี % แก้วสูงที่สุด ส่วนเปอร์เซ็นต์ความชื้น ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายทั้งสามสายพันธุ์มีค่าไม่แตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) จากผลที่ได้มีความเป็นไปได้ในการเสริมในอาหารปลาสวยงาม

**คำสำคัญ:** สาหร่ายไซโทน, สาหร่ายลอน, ปลาสวยงาม

### Abstract

*Nostoc* and *Nostochopsis* are algae with a high nutritional value. They could be possibly used as the raw material in feed supplement for rearing ornamental fish. Collecting and isolating algae were done in northern part of Thailand. Culturing was done in adjusted BG-11 at a light intensity of 2,000 lux with continuous aeration. The growth rate in BG-11 medium (0.5-1.5% agar) was tested. The highest growth rate was detected in BG-11 with 1.5% agar. *Nostoc* sp. FT1019 (N19) and FT1012 (N12) displayed the highest growth rate for all strains. Five strains of high growth rate algae were selected and cultured in BG-11 broth media consisting of 0-0.5% sodium alginate. The highest growth rates were detected in algae cultured in BG-11 media consisting of 0.25-0.5% sodium alginate ( $p < 0.05$ ). The growth rate in the broth medium was higher than the agar medium for 50 times. Then, the three best strains were selected for culturing in BG-11 medium with 0.5% Na alginate. The highest growth rate of all algae was N12, followed by N19 and *Nostochopsis* sp. FT1018 (NC18), respectively. The nutritional value of all 3 strains was analyzed. NC18 had highest % protein. N12 had highest % fiber, carotenoid, phycoerythrin and phycocyanin. N19 had highest % of ash. However, the percentages of moisture, lipid and carbohydrate of all algae were not significantly different ( $p < 0.05$ ). From the results, they could be possibly supplemented in feed for ornamental fish.

**Keywords:** *Nostoc*, *Nostochopsis*, Ornamental fish

### คำนำ

ธุรกิจปลาสวยงามน้ำจืดของประเทศไทยนั้น ขยายตัวสู่ธุรกิจการส่งออกสามารถนำเงินตราเข้าประเทศในปี 2554 กว่า 500 ล้านบาท ตลาดส่งออกที่สำคัญ คือ สหรัฐอเมริกา สิงคโปร์ กลุ่มประเทศสหภาพยุโรปและญี่ปุ่น ตลาดปลาสวยงามในประเทศไทยนั้นมีอยู่หลายแห่งเกือบทุกภูมิภาคของประเทศ (Department of Fisheries, 2011) ปลาสวยงามนั้นนิยมเลี้ยงไว้ดูเล่นและเพื่อการประกวด สีสันทัน เป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดราคาจำหน่ายของปลา (Saxena, 1994 อ้างโดย Ramamoorthy *et al.*, 2010) และแรงกดดันที่สำคัญที่ทำให้เกิดสีสันทันในปลาก็คือ แคลโรทีนอยด์ ซึ่งปลาไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่กินเข้าไป (Lovell, 1934) ซึ่งมีทั้งการใช้ในรูปแบบของอาหารสดและแห้ง เกษตรกรผู้ทำการเพาะเลี้ยงและประกอบธุรกิจด้านปลาสวยงาม จึงพยายามหาวิธีพัฒนาอาหารในรูปแบบต่างๆ เพื่อเร่งการเจริญเติบโตและสีสันทันของปลาสวยงาม อาหารสำเร็จรูปจากบริษัทต่างๆ ผลิตขึ้นมาก็ตอบสนองความต้องการได้ในระดับหนึ่ง แต่ก็มีราคาแพงและวัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่ก็เป็นวัตถุดิบสังเคราะห์ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการเพื่อสรรหาวัตถุดิบที่มาจากธรรมชาติมาใช้ ซึ่งสาหร่ายก็เป็นตัวหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในปัจจุบันเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการและแรงกดดันสูง เช่น การใช้สาหร่าย *Spirulina* สาหร่าย *Cladophora* (Kumprom *et al.*, 2011) สาหร่าย *Euglena* (Srinuansom *et al.*, 2011)

ในขณะที่เดียวกันสาหร่ายอีกกลุ่มหนึ่งคือ สาหร่ายไซโทนและสาหร่ายลอน เป็นสาหร่ายกลุ่มเดียวกับ *Spirulina* ซึ่งทั้งสองชนิดเป็นสาหร่ายที่อุดมไปด้วยโปรตีน วิตามิน เหล็ก และรงควัตถุหลายชนิดที่สามารถช่วยในการเพิ่มสีให้ปลาสวยงาม นอกจากนี้สาหร่ายลอนยังมีซีลีเนียมซึ่งมีสารป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ และมีแคลเซียมสูง (Peerapornpisal, 2006)

ในการใช้สาหร่ายทั้งสองชนิดเป็นอาหารสัตว์น้ำ พบว่าสาหร่ายทั้งสองชนิดมีคุณค่าและประโยชน์อย่างมาก ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญเนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่ได้นำไปใช้เพาะเลี้ยงกันมากนัก จึงได้มีแนวคิดในการคัดเลือกสาหร่ายที่มีคุณค่าเพื่อพัฒนาเป็นสูตรอาหารที่มีประสิทธิภาพในการใช้เป็นอาหารปลาสวยงาม

## วิธีการ

### ขั้นตอนในการรวบรวม คัดแยก และคัดเลือกสายพันธุ์ *Nostoc* และสาหร่ายลอน

1. รวบรวมสายพันธุ์ สาหร่ายไซโทนและสาหร่ายลอนจากแหล่งที่อยู่ต่างๆ จำนวน 5 แหล่งในบริเวณภาคเหนือ โดยเก็บตัวอย่างสาหร่ายที่เกาะอยู่บน Substrate ชนิดต่างๆ ด้วยช้อนหรือมีด ใส่ลงในกระป๋องพลาสติก เก็บรักษาในอุณหภูมิประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส นำไปจำแนกชนิดสาหร่าย ในห้องปฏิบัติการโดยใช้กล้องจุลทรรศน์และถ่ายรูป ใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาในการจัดจำแนกตามวิธีการ Desikachary (1959), Anagnostidis and Komarek (1990), Komarek and Anagnostidis (1989) and Castenholz (2001)

2. นำโคโลนีของสาหร่ายไซโทนและสาหร่ายลอน ที่ทำการจัดจำแนกโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาแล้ว มาล้างด้วยน้ำกลั่น และฆ่าเชื้อด้วย Ethyl alcohol 10% ต่อด้วย Clorox 5% ทำการล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้วหลายๆครั้ง เชื้อบนอาหารรุ้นกึ่งแข็ง โดยวิธีการขีดเชื้อ (Streak plate) เพาะเลี้ยงจนได้เชื้อเดี่ยว (Uni-agal culture) ในอาหารรุ้น BG-11 สูตรปรับปรุง (วิธีการปรับปรุงจาก Mungmai, 2006)

3. นำไปเพาะเลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ  $26 \pm 2$  องศาเซลเซียส วางบนชั้นที่มีหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสงประมาณ 2,000 ลักซ์ ให้แสงตลอดเวลา

4. คัดเลือกสาหร่าย *Nostoc* 8 ไอโซเลท และสาหร่ายลอน 3 ไอโซเลท นำไปตรวจวิเคราะห์ ไมโครซีสทิน ด้วยชุด The QuantiPlate™ Microcystin Kit (EP 022) (Envirologix™) นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง 450 nm จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน เพื่อหาปริมาณไมโครซีสทินในตัวอย่าง โดยตัวอย่างสาหร่ายที่ทำการคัดเลือกเพื่อใช้ทดสอบในขั้นตอนต่อไป ต้องตรวจไม่พบสารพิษไมโครซีสทิน

5. คัดเลือกสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด คัดเลือกสาหร่ายไซโทนที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกัน จำนวน 6 ไอโซเลท และสาหร่ายลอนที่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด 1 ไอโซเลท เพื่อคัดเลือกสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุดไปหาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตต่อไป โดย นำสาหร่ายทั้ง 7 ไอโซเลท ไปเลี้ยงบนอาหารรุ้น BG-11 สูตรปรับปรุง ที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5% ทั้งหมด 21 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ข้ำ บันทึกการเจริญเติบโตของสาหร่ายในวันที่ 14 โดยการชั่งน้ำหนักแห้ง คำนวณอัตราการเจริญจำเพาะ (specific growth rate:  $\mu$ ) และระยะเวลาที่เซลล์เพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (doubling time:  $t_d$ ) ตามสูตร

$$\text{Specific growth rate } (\mu) = \frac{\ln(X_t/X_0)}{T_t - T_0} \quad \text{Doubling time : } t_d = 0.693/\mu$$

$$X_t = \text{น้ำหนักรวมเซลล์ในช่วงที่เพาะเลี้ยง} \quad X_0 = \text{น้ำหนักรวมเซลล์เริ่มต้น}$$

$$T_t = \text{ช่วงสัปดาห์ที่ทำการเพาะเลี้ยง} \quad T_0 = \text{สัปดาห์ที่เริ่มต้น}$$

6. คัดเลือกสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด โดยคัดเลือกสาหร่ายไซหีนจำนวน 2 ไอโซเลท และคัดเลือกสาหร่ายลอนที่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด 1 ไอโซเลท นำมาเลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงที่ผสมโซเดียมอัลจิเนต (sodium alginate) 0, 0.25 และ 0.5% ตามลำดับ เพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายทั้งสองชนิด โดยแบ่งการทดลองทั้งหมด 15 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ บันทึกการเจริญเติบโตของสาหร่ายในวันที่ 16 โดยชั่งน้ำหนักแห้ง คำนวณค่า  $\mu$  และ  $t_d$

### การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไซหีนและสาหร่ายลอนระดับห้องปฏิบัติการ การเก็บเกี่ยวผลผลิต การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและปริมาณรงควัตถุ

1. นำสาหร่ายไซหีนที่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด 2 ไอโซเลท และสาหร่ายลอนจำนวน 1 ไอโซเลท มาเลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงที่ผสม sodium alginate ในความเข้มข้นที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ระยะเวลา 21 วัน โดยแบ่งการทดลองทั้งหมด 3 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ บันทึกการเจริญเติบโตของสาหร่ายในวันที่ 21 โดยชั่งน้ำหนักแห้ง นำมาคำนวณค่า  $\mu$  และ  $t_d$

2. ทำการขยายขนาดการเพาะเลี้ยงโดยใช้ ขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร บรรจุอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุง และอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงที่ผสม sodium alginate ในความเข้มข้นที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในอัตราส่วน อาหาร 1 ลิตร ต่อปริมาณสาหร่ายสดเทียบเป็นน้ำหนักแห้ง 100 มิลลิกรัม ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อครบระยะเวลา 21 วัน นำสาหร่ายสดทั้งสองชนิดไปทำการวิเคราะห์เพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณรงควัตถุของสาหร่ายสดที่เลี้ยงในอาหารทั้งสองสูตร นำสาหร่ายสดส่วนที่เหลือไปอบด้วยตู้บ่มเชื้อ ที่อุณหภูมิ 55 °C จนแห้ง นำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด หลังจากนั้นนำไปล่อนด้วยตะแกรงล่อนสาหร่ายขนาด 150 ไมครอน เพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณรงควัตถุของสาหร่ายแห้งที่เลี้ยงในอาหารทั้งสองสูตร

3. ทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไซหีนและสาหร่ายลอนที่เลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุง และอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงที่ผสม Sodium alginate ในความเข้มข้นที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการบางประการในสาหร่ายทั้ง 2 กลุ่ม ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย ตามวิธีการ AOAC. 1995 อ้างโดย Whangchai (2013) ค่าแคโรทีนอยด์ ตามวิธีการของ KMUTT (2001) ค่าไฟโคไซยานิน และไฟโคเออร์ริทริน ตามวิธีการของ Lawrenz (2011)

### การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way analysis of variance) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและคุณค่าทางโภชนาการในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไซโทนและสาหร่ายลอน โดยเริ่มจากเก็บตัวอย่างสาหร่ายจากแหล่งที่อยู่ต่างๆ จำนวน 5 แหล่ง ในเขตภาคเหนือตอนบน (Figure 1) สามารถคัดแยกสาหร่ายได้ทั้งหมด 19 ไอโซเลท แบ่งเป็นสาหร่ายไซโทน 16 ไอโซเลทและสาหร่ายลอน 3 ไอโซเลท นำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

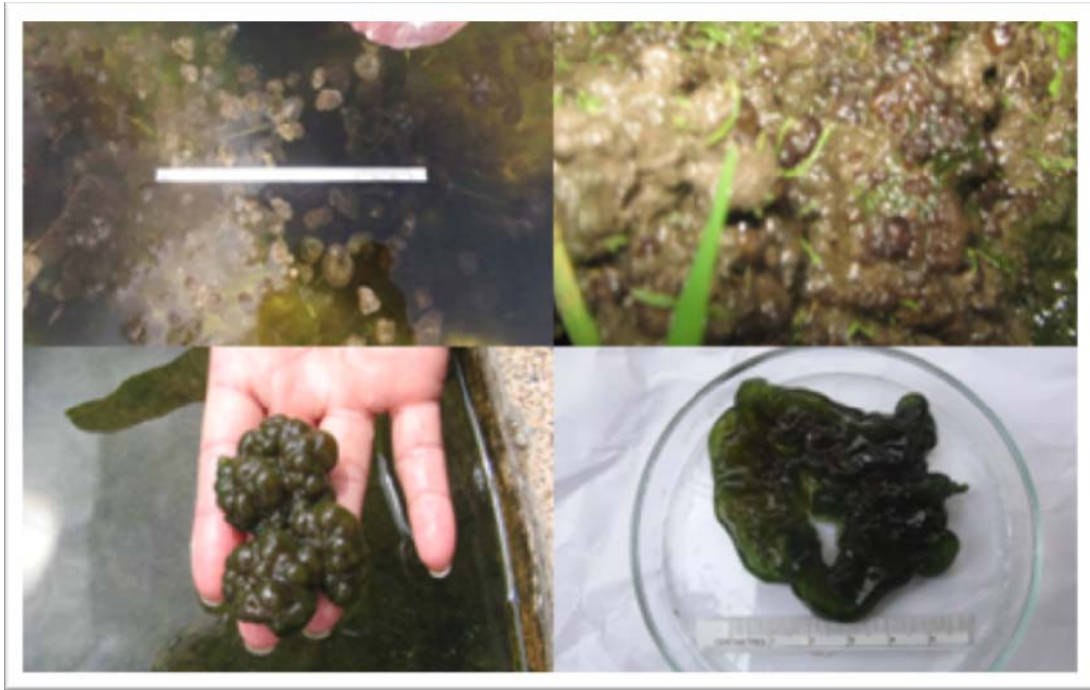
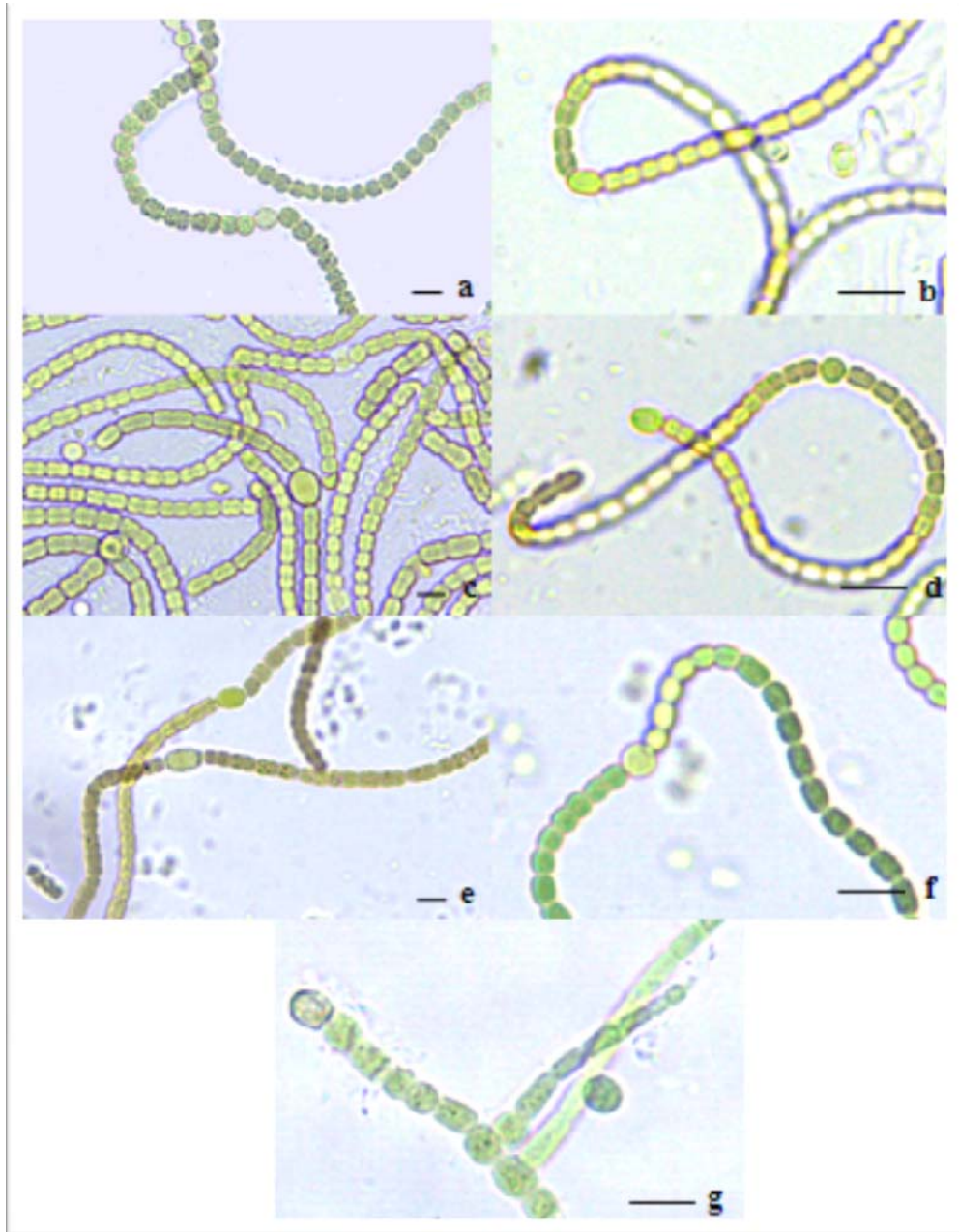


Figure 1 Algal samples from Northern Thailand

ทดสอบความเป็นพิษของสาหร่าย โดยทำการตรวจวิเคราะห์สารพิษไมโครซีสทิน ด้วยชุด The Quanti Plate TM Microcystin Kit (EP 022) ซึ่งสาหร่ายส่วนใหญ่ ตรวจไม่พบปริมาณสารพิษไมโครซีสทิน ยกเว้นสาหร่ายลอนจำนวน 2 ไอโซเลท

คัดเลือกสาหร่ายที่ตรวจไม่พบสารพิษไมโครซีสทินที่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด 7 ไอโซเลท นำไปเลี้ยงบนอาหารรูน BG-11 สูตรปรับปรุง ที่เติม agar 0.5, 1.0 และ 1.5% (Figure 2, Table 1) เพื่อคัดเลือกสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุดไปหาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตต่อไป



Scale bar = 5  $\mu$ m

Figure 2 *Nostoc* and *Nostochopsis* morphology in BG-11 agar medium

a; N02, b; N04, c; N11, d; N12, e; N14, f; N19, g; NC18

Table 1 *Nostoc* and *Nostochopsis* morphological description

| Algal species | Macroscopic structure  | Microscopic structure   |
|---------------|--|---|
| N02           | Dark brown gelly, thin, loose colony, stagnant water           | Round cell, sphere shape, filamentous form, vegetative cell 2.84 $\mu\text{m}$ , heterocyst 3.45 $\mu\text{m}$  |
| N04           | Brown gelly, densely pack, marginal or littoral water          | Ellipsoid shape, filamentous form, vegetative cell 1.97 $\times$ 1.51 $\mu\text{m}$ , heterocyst 2.79 $\times$ 2.00 $\mu\text{m}$   |
| N11           | Brown gelly, thin, loose colony, stagnant water                | Ellipsoid shape, filamentous form, vegetative cell 4.12 $\times$ 2.70 $\mu\text{m}$ , heterocyst 6.75 $\times$ 4.62 $\mu\text{m}$   |
| N12           | Thin green gelly   | Ellipsoid shape, filamentous form, vegetative cell 1.79 $\times$ 1.50 $\mu\text{m}$ , heterocyst 2.68 $\times$ 2.05 $\mu\text{m}$   |
| N14           | Brown gelly, densely pack, stagnant water                      | Ellipsoid shape, filamentous form, vegetative cell 2.24 $\times$ 2.06 $\mu\text{m}$ , heterocyst 4.64 $\times$ 3.57 $\mu\text{m}$   |
| N19           | Thin green gelly, loose colony, live on grass field or wetland | Ellipsoid shape, filamentous form, vegetative cell 2.26 $\times$ 1.99 $\mu\text{m}$ , heterocyst 2.98 $\times$ 2.68 $\mu\text{m}$   |
| NC18          | Thin green gelly   | Ellipsoid shape, filamentous form, vegetative cell 2.15 $\times$ 3.06 $\mu\text{m}$ , heterocyst 3.56 $\times$ 2.66 $\mu\text{m}$ true branching, lateral or pedicellate heterocyst |

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายลอนและสาหร่ายไซหินในอาหารแข็งสูตร BG 11 สูตรปรับปรุงที่ผสม agar 0.5-1.0% เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าสาหร่ายที่มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดที่สุดคือ N19 ในอาหารที่ผสม agar 1.0-1.5% รองลงมาได้แก่ N12 ในอาหารที่ผสม agar 1.0-1.5% ส่วน สาหร่ายลอนไม่สามารถศึกษาการเจริญเติบโตบนอาหารแข็งได้เนื่องจากเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียทำให้สาหร่ายตาย (Table 2)

**Table 2** Specific growth rate ( $\mu$ ) and doubling time ( $t_d$ ) of *Nostoc* on BG 11 agar (0.5, 1.0 and 1.5%), cultured for 14 days (Mean $\pm$ SE)

| Algal species | $\mu$                         |                                 |                                | $t_d$                         |                               |                               |
|---------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|               | 0.5                           | 1.0                             | 1.5                            | 0.5                           | 1.0                           | 1.5                           |
| N02           | 0.13 $\pm$ 0.03 <sup>aA</sup> | 0.28 $\pm$ 0.03 <sup>aB</sup>   | 0.49 $\pm$ 0.01 <sup>aC</sup>  | 6.17 $\pm$ 1.81 <sup>bB</sup> | 2.48 $\pm$ 0.22 <sup>dA</sup> | 1.42 $\pm$ 0.03 <sup>eA</sup> |
| N04           | 0.81 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>  | 0.70 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>    | 0.84 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>   | 0.87 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>  | 1.0 $\pm$ 0.06 <sup>bc</sup>  | 0.84 $\pm$ 0.06 <sup>bc</sup> |
| N11           | 0.36 $\pm$ 0.02 <sup>bA</sup> | 0.55 $\pm$ 0.04 <sup>bB</sup>   | 0.61 $\pm$ 0.07 <sup>abB</sup> | 1.92 $\pm$ 0.13 <sup>ab</sup> | 1.28 $\pm$ 0.10 <sup>cA</sup> | 1.17 $\pm$ 0.16 <sup>dA</sup> |
| N12           | 0.90 $\pm$ 0.04 <sup>cA</sup> | 0.10 $\pm$ 0.01 <sup>dB</sup>   | 1.01 $\pm$ 0.02 <sup>dB</sup>  | 0.77 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>  | 0.70 $\pm$ 0.01 <sup>ab</sup> | 0.69 $\pm$ 0.01 <sup>ab</sup> |
| N14           | 0.40 $\pm$ 0.10 <sup>bA</sup> | 0.60 $\pm$ 0.02 <sup>bcAB</sup> | 0.73 $\pm$ 0.00 <sup>bcB</sup> | 1.93 $\pm$ 0.47 <sup>a</sup>  | 1.15 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>  | 0.96 $\pm$ 0.00 <sup>cd</sup> |
| N19           | 1.06 $\pm$ 0.02 <sup>dA</sup> | 1.17 $\pm$ 0.05 <sup>eA</sup>   | 1.20 $\pm$ 0.03 <sup>eA</sup>  | 0.66 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>  | 0.59 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>  | 0.58 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>  |

\* Values in the same column with different superscription are significantly different ( $p < 0.05$ )

Values in the same line with different bold superscription are significantly different ( $p < 0.05$ )

คัดเลือกสาหร่ายที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด 3 ไอโซเลท ในอาหารเหลว BG-11 ที่ผสม sodium alginate ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.25 และ 0.5% เพื่อใช้เป็นอาหารปลาสวยงามในขั้นตอนต่อไป โดยคัดเลือกสาหร่ายไซโทน 2 ไอโซเลท และสาหร่ายลอน 1 ไอโซเลท คือ NC18 ผลการทดลองพบว่าสาหร่ายไซโทน มีค่า  $\mu$  สูงที่สุด และ  $t_d$  น้อยที่สุด คือ N12 ที่ sodium alginate 0.25 และ 0.5% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Table 3) สามารถคัดเลือกสาหร่ายไซโทน 2 ไอโซเลท (N12 และ N19) และสาหร่ายลอน 1 ไอโซเลท (NC18) (ส่วนสาหร่าย N02 และ N14 เพราะเซลล์มีขนาดเล็กไม่สามารถทำการเก็บผลผลิตได้ด้วยการกรอง) ทำการเพิ่มปริมาณการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงที่ผสม sodium alginate ความเข้มข้น 0.5% (เซลล์เกาะกลุ่มกันได้ดีกว่าและเก็บผลผลิตได้ง่ายกว่า ที่ไม่ผสม sodium alginate และผสม 0.25%)

**Table 3** Specific growth rate ( $\mu$ ) and doubling time ( $t_d$ ) of *Nostoc* and *Nostochopsis* in BG 11 medium consisting of 0.25-0.5% sodium alginate, cultured for 16 days (Mean $\pm$ SE)

| Algal species | $\mu$                         |                                |                               | $t_d$                         |                               |                               |
|---------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|               | 0                             | 0.25                           | 0.5                           | 0                             | 0.25                          | 0.5                           |
| N02           | 1.21 $\pm$ 0.06 <sup>bA</sup> | 1.89 $\pm$ 0.10 <sup>cdB</sup> | 1.77 $\pm$ 0.04 <sup>cb</sup> | 0.57 $\pm$ 0.03 <sup>ab</sup> | 0.37 $\pm$ 0.02 <sup>aA</sup> | 0.39 $\pm$ 0.01 <sup>aA</sup> |
| N12           | 1.16 $\pm$ 0.03 <sup>bA</sup> | 1.96 $\pm$ 0.05 <sup>dB</sup>  | 1.93 $\pm$ 0.02 <sup>dB</sup> | 0.60 $\pm$ 0.02 <sup>ab</sup> | 0.35 $\pm$ 0.01 <sup>aA</sup> | 0.36 $\pm$ 0.00 <sup>aA</sup> |
| N14           | 0.28 $\pm$ 0.03 <sup>aA</sup> | 0.40 $\pm$ 0.02 <sup>ab</sup>  | 0.51 $\pm$ 0.01 <sup>aC</sup> | 2.52 $\pm$ 0.23 <sup>bB</sup> | 1.73 $\pm$ 0.07 <sup>bA</sup> | 1.37 $\pm$ 0.04 <sup>cA</sup> |
| N19           | 1.28 $\pm$ 0.02 <sup>bA</sup> | 1.76 $\pm$ 0.01 <sup>cb</sup>  | 1.75 $\pm$ 0.07 <sup>cb</sup> | 0.54 $\pm$ 0.01 <sup>ab</sup> | 0.39 $\pm$ 0.00 <sup>aA</sup> | 0.40 $\pm$ 0.01 <sup>aA</sup> |
| NC18          | 1.29 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>  | 1.34 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>   | 1.41 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>  | 0.54 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>  | 0.52 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>  | 0.49 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>  |

\* Values in the same column with different superscription are significantly different ( $p < 0.05$ )

Values in the same line with different bold superscription are significantly different ( $p < 0.05$ )



จากตารางที่ 3 พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไซโทน และสาหร่ายลอน คืออาหารสูตร BG-11 สูตรปรับปรุง (ที่ไม่เติม  $\text{NaNO}_3$ ) ที่ผสม sodium alginate 0.5% เนื่องจากทำให้สาหร่ายมีการจับตัวกันเป็นก้อนง่ายต่อการเก็บผลผลิตและให้ปริมาณสาหร่ายมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Pandey and Pandey (2008) โดยทำการเพาะเลี้ยง *Nostochopsis lobatus* Wood em. Geitler ในอาหาร nitrogen-free BG-11 ที่มีการเพิ่มฟอสฟอรัส เหล็กและฟอสฟอรัสร่วมกับเหล็ก ซึ่งมีการเปรียบเทียบวิธีการเลี้ยงแบบตรึงเซลล์ด้วย sodium alginate 5% และไม่ตรึงเซลล์ พบว่า การเลี้ยงแบบตรึงเซลล์ด้วย sodium alginate 5% สาหร่ายมีปริมาณแคโรทีนอยด์ ไฟโคไซยานินและไฟโคเออร์ริทรินสูงกว่าในอาหารBG-11 แบบไม่ตรึงเซลล์

การเพิ่มปริมาณสาหร่ายทั้ง 3 ไอโซเลท (N12, N19 และ NC18) โดยเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุง ที่ไม่ผสมและผสม sodium alginate 0.5% ในขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร บรรจุอาหารเหลว 1 ลิตร (ปริมาณสาหร่ายสดเริ่มต้นมีค่าเทียบเท่ากับน้ำหนักแห้ง 100 มิลลิกรัม) เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อสาหร่ายอายุครบ 21 วัน นำสาหร่ายสดและแห้งที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุ สาหร่ายแห้งบางส่วนนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ผลการศึกษาพบว่าสาหร่าย N12 และ N19 มีอัตราการเจริญจำเพาะ 0.95-0.97 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แต่มีค่าสูงกว่า NC18 (0.77)

การศึกษาปริมาณรงควัตถุในสาหร่ายสดและแห้ง พบว่าสาหร่าย N12 สด มีปริมาณแคโรทีนอยด์เมื่อเลี้ยงใน BG-11 ที่ผสม sodium alginate 0.5% สูงกว่าเมื่อเลี้ยงใน BG-11 ที่ไม่เติม alginate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ปริมาณไฟโคเออร์ริทรินและไฟโคไซยานิน ของสาหร่ายทั้งสามไอโซเลทมีค่าไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) ในอาหารทั้งสองสูตร (Table 4) N12 มีปริมาณไฟโคเออร์ริทริน ไฟโคไซยานิน และแคโรทีนอยด์สูงสุดเช่นเดียวกับ NC18 ที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุดเช่นกัน ปริมาณไฟโคเออร์ริทรินในสาหร่ายทั้งสามชนิดมีค่าไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) (Table 4)

รงควัตถุบางชนิด เช่น แคโรทีนอยด์มีความสำคัญต่อการเพิ่มสีให้กับปลา ดังการศึกษาของ Jintasataporn *et al.* (2005) ทำการศึกษาระดับปริมาณแคโรทีนอยด์รวมที่เหมาะสม ต่อความเข้มสีปลาคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*) พบว่า ปลาคาร์ฟได้รับอาหารที่มีแคโรทีนอยด์ทั้งสิ้นรวม 96.2 และ 103.9 ไมโครกรัมต่อกรัม มีการตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของสีแดงมากกว่าปลาคาร์ฟกลุ่มอื่นๆ ( $p < 0.05$ ) และพบว่าเมื่อหยุดให้อาหารเร่งสีเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ปลาคาร์ฟยังสามารถรักษาระดับความเข้มของเฉดสีแดงให้เข้มเหมือนเดิมได้ ดังนั้นระดับเหมาะสมของแคโรทีนอยด์รวมที่ความเข้มขึ้นอย่างน้อย 96.2 ไมโครกรัมต่อกรัม สามารถใช้เพิ่มความเข้มสีปลาคาร์ฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**Table 4** Pigments of fresh and dried algae cultured in BG-11 with/without sodium alginate 0.5% (Mean±SE)

| Treatment                   | Carotenoid (µg/g DW)     |                           | Phycoerythrin (µg/l) |                             | Phycocyanin (µg/l)            |                             |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
|                             | Fresh algae              | Dry algae                 | Fresh algae          | Dry algae                   | Fresh algae                   | Dry algae                   |
| N12 BG-11                   | 98.70±0.80 <sup>b</sup>  | 68.40±1.50 <sup>b</sup>   | 4215.77±567.26       | 1261.41±295.04 <sup>a</sup> | 1713.68±719.01 <sup>a</sup>   | 2223.16±212.25 <sup>b</sup> |
| N12 BG-11<br>alginate 0.5%  | 122.30±5.10 <sup>c</sup> | 203.50±7.00 <sup>d</sup>  | 6771.78±1216.95      | 3419.09±661.40 <sup>b</sup> | 3010.53±865.25 <sup>a</sup>   | 2501.05±367.62 <sup>b</sup> |
| N19BG-11                    | 28.70±1.80 <sup>a</sup>  | 13.60±0.90 <sup>a</sup>   | 5643.15±661.40       | 597.51±99.59 <sup>a</sup>   | 5835.79±1211.32 <sup>ab</sup> | 787.37±245.08 <sup>a</sup>  |
| N19 BG-11<br>alginate 0.5%  | 36.20±1.80 <sup>a</sup>  | 131.40±11.20 <sup>c</sup> | 2854.77±201.92       | 597.51±57.50 <sup>a</sup>   | 2362.11±240.66 <sup>a</sup>   | 555.79±138.95 <sup>a</sup>  |
| NC18 BG-11                  | 152.70±4.30 <sup>d</sup> | 63.70±3.80 <sup>b</sup>   | 6240.66±1265.33      | 962.65±165.97 <sup>a</sup>  | 7642.11±1485.72 <sup>b</sup>  | 833.68±160.44 <sup>a</sup>  |
| NC18 BG-11<br>alginate 0.5% | 141.20±9.10 <sup>d</sup> | 185.80±19.50 <sup>d</sup> | 7136.93±1827.54      | 1526.97±87.83 <sup>a</sup>  | 8058.95±2309.76 <sup>b</sup>  | 1204.21±46.32 <sup>a</sup>  |

\* Values in the same column with different superscription are significantly different ( $p < 0.05$ )

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงเปรียบเทียบกับในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate 0.5% พบว่าปริมาณโปรตีน (%) ของสาหร่ายไซหิ้นทั้งสองไอโซเลทที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 สูตรปรับปรุง มีค่าสูงกว่าใน BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate 0.5% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แต่ในสาหร่ายลอน ใน BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate 0.5% มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าในอาหาร BG-11 ที่ไม่เติมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ปริมาณไขมันของ N12 ใน BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate 0.5% มีค่าสูงกว่าที่เลี้ยงในอาหาร BG11 สูตรปรับปรุง (Table 5) สาหร่ายไซหิ้น N12 เป็นสาหร่ายที่มีปริมาณรงควัตถุสูงหลายชนิด ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Mahakhant (2007) ซึ่งทำการศึกษาคคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไซหิ้นจากแหล่งต่างๆ ของประเทศไทย พบว่ามีปริมาณโปรตีน 20.26-43.52% ความชื้น 1.10-12.97% เถ้า 9.89-16.20% ไขมัน 0.00-1.56% และเยื่อใย 2.70-43.00% ในส่วนสาหร่ายลอน NC18 ก็เป็นมีปริมาณโปรตีนสูงและให้ผลเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Peerapompisal (2008) ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายลอนในลำน้ำน่านพบว่า มีปริมาณโปรตีน 19.3% คาร์โบไฮเดรต 31.94% เถ้า 16% เยื่อใย 2.05%

**Table 5** Nutritional value of algae cultured in BG-11 with/without sodium alginate 0.5% (Mean±SD)

| Nutritional value          | Protein (%)             | Lipid (%)               | Crude fiber (%)         | Moisture (%)           | Ash (%)                 | Carbohydrate (%)        |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| N12 BG11                   | 28.42±0.98 <sup>a</sup> | 2.09±0.24 <sup>a</sup>  | 3.11±0.16 <sup>a</sup>  | 4.64±0.26 <sup>a</sup> | 5.82±0.72 <sup>a</sup>  | 55.91±1.23 <sup>b</sup> |
| N12 BG11<br>alginate 0.5%  | 21.19±1.07 <sup>b</sup> | 4.31±0.65 <sup>b</sup>  | 23.14±1.21 <sup>c</sup> | 9.20±0.24 <sup>b</sup> | 9.75±0.28 <sup>b</sup>  | 32.40±1.21 <sup>a</sup> |
| N19BG11                    | 25.62±2.41 <sup>a</sup> | 2.06±0.09 <sup>a</sup>  | 2.83±0.14 <sup>a</sup>  | 5.06±0.19 <sup>a</sup> | 5.61±0.41 <sup>a</sup>  | 58.82±2.54 <sup>b</sup> |
| N19 BG11<br>alginate 0.5%  | 21.24±1.04 <sup>b</sup> | 3.57±0.73 <sup>ab</sup> | 2.10±0.48 <sup>a</sup>  | 10.39±.50 <sup>b</sup> | 29.92±1.25 <sup>c</sup> | 32.78±0.68 <sup>a</sup> |
| NC18 BG11                  | 16.81±0.53 <sup>c</sup> | 2.11±0.33 <sup>a</sup>  | 3.23±0.17 <sup>a</sup>  | 4.96±0.60 <sup>a</sup> | 7.34±0.25 <sup>a</sup>  | 65.55±1.47 <sup>c</sup> |
| NC18 BG11<br>alginate 0.5% | 26.05±0.16 <sup>a</sup> | 3.51±0.49 <sup>ab</sup> | 20.34±1.03 <sup>b</sup> | 9.23±0.56 <sup>b</sup> | 6.01±0.24 <sup>a</sup>  | 36.92±2.63 <sup>a</sup> |

\* Values in the same column with different superscription are significantly different ( $p<0.05$ )

จากผลการวิจัยข้างต้นโดยเฉพาะคุณลักษณะเด่นในเรื่องปริมาณรงควัตถุที่มีค่าสูงซึ่งหากนำไปใช้เพาะเลี้ยงปลาสวยงามจะทำให้ปลามีสีสันมากขึ้น โดยมีนักวิจัยบางท่านศึกษาการนำสาหร่ายไปใช้เพาะเลี้ยงปลาสวยงาม ดังเช่น Srinuansom *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษามูลของสาหร่าย *Euglena sanguinea* และสาหร่าย *Spirulina platensis* ต่อการเพิ่มสีปลาแคร์ฟ (*Cyprinus carpio*) พบว่าการเสริมสาหร่าย *Euglena* และ *Spirulina* มีประสิทธิภาพในการเพิ่มสีแดงในเนื้อปลาแคร์ฟดีกว่าการเสริมสาหร่าย *Euglena* เพียงชนิดเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) แต่ไม่มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มสีที่ผิวหนังของปลาแคร์ฟ Kumprom *et al.* (2011) ศึกษาการเติบโต การกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันและการปรับปรุงสีของปลาทองโดยใช้อาหารที่ผสมด้วยสาหร่ายไค และ *Spirulina* พบว่า อาหารที่ผสมด้วยสาหร่าย *Spirulina* 12% มีค่าสีแดงสูงที่สุด 33.7±1.8% อาหารที่ผสมด้วยสาหร่ายไคผง 6% ทำให้ปลามีค่าเฉลี่ยของสีเหลืองสูงที่สุด 49.9±0.9% ในด้านผลการเจริญเติบโต พบว่าการเจริญในทุกชุดการทดลองมีค่าไม่ต่างกัน นอกจากนั้นสาหร่ายยังสามารถช่วยกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน รวมทั้งปรับปรุงสีสัน ทำให้สีบนตัวปลาทองมีสีแดงและสีเหลืองเพิ่มสูงขึ้น

การศึกษาสาหร่ายไซโทหรือ *Nostoc* ในการใช้เป็นอาหารเสริมในปลาสวยงาม ได้ผลดีเช่นเดียวกับการทดลอง โดย Khatoon *et al.* (2010) ได้ทำการทดลองโดยเอาสาหร่ายไซโท *Nostoc elliposporum* ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG-11 สูตรปรับปรุง ผสมกับอาหารเลี้ยงปลาทอง เพื่อปรับปรุงด้านสีและการเจริญเติบโต นำไปเลี้ยงปลาทองเป็นเวลา 10 วัน ผลปรากฏว่า ชุดการทดลองที่ให้ *N. elliposporum* เป็นอาหารเสริม มีการเจริญเติบโต [Body weight Gain (3.52%±1.2) และ Specific growth rate (0.87±0.41)] สี และคุณภาพซาก [Moisture 43.3%, 45.53% Content Ash 66.2%, 58.0% Total Lipid 11.3%, 15.64%, Glycogen 1.4 %, 3.2%, ปริมาณแคโรทีนอยด์ 0.25%, 1.8% ในชุดควบคุมและชุดการทดลองที่เสริมสาหร่ายลงไป Ruangsombon (2012)

ทดลองใช้อาหารผสมสาหร่ายไซโทนิน *Nostoc commune* สดและแห้งในการเลี้ยงปลาหมอสี Kenyi Cichlid (*Pseudotropheus lombardoi*) โดยเลี้ยงปลาด้วยอาหารเม็ดผสม *N. Commune* ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 5, 10 และ 15% เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า *N. commune* สดมีผลทำให้ปลามีการเจริญเติบโตต่ำกว่าและอัตราแลกเนื้อ (FCR) สูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* แห้ง แต่พบว่า *N. commune* สดสามารถเร่งสีน้ำเงินและภูมิคุ้มกันได้ดีกว่า *N. commune* แห้ง ปลาที่ได้รับอาหารผสม *N. commune* ทั้งสดและแห้งมีอัตราการรอดสูงกว่าชุดควบคุม โดยปลาที่ได้รับ *N. Commune* แห้ง มีอัตราการรอดไม่ต่างกับปลาที่ได้รับ *N. commune* สด

### สรุปการทดลอง

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและคุณค่าทางโภชนาการในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไซโทนินและสาหร่ายลอน ในการใช้เป็นอาหารปลาสวยงาม พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไซโทนินและสาหร่ายลอน สำหรับการทดลองนี้คือ อาหาร BG-11 สูตรปรับปรุง (ที่ไม่เติม  $\text{NaNO}_3$ ) ผสม sodium alginate 0.5% เนื่องจากทำให้สาหร่ายมีการจับตัวกันเป็นก้อนง่ายต่อการเก็บผลผลิตและให้ปริมาณสาหร่ายแห้งที่มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย พบว่า สาหร่าย NC18 มีปริมาณโปรตีนสูงสุด N12 มีปริมาณเยื่อใยสูงที่สุด N19 มีค่าเถ้าสูงที่สุด ส่วนปริมาณไขมัน ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต มีค่าไม่แตกต่างกัน ปริมาณรงควัตถุในสาหร่ายที่เป็นลักษณะสำคัญในการใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับเลี้ยงปลาสวยงาม พบว่า N12 มีปริมาณไฟโคเออร์ริริน, ไฟโคไซยานินและแคโรทีนอยด์สูงที่สุดเช่นเดียวกับ NC18 ที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุดเช่นกัน สาหร่ายทั้ง 3 ชนิดมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นอาหารเสริมในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามได้เป็นอย่างดี

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ในการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2556 คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ในการวิจัย รวมทั้งบุคลากรทุกท่านในคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน

### เอกสารอ้างอิง

- Anagnostidis, K. and Komárek, J. 1990. Modern approach to the classification system of capacity of a nutritionally important cyanobacterium *Nostochopsis lobatus*. *Bioresource technology*. 99(10): 4520-4523.
- Castenholz, R.W. 2001. Phylum BX. Cyanobacteria. In *Bergey's Manual of Systematic. Cyanophytes Stigonematales*. *Journal Algological Studies*. 59(12): 1-73.

- Department of Fisheries. 2011. Fish market in Thailand. [http://www.fisheries.go.th/aquaorna/market\\_fish\\_buetiful.html](http://www.fisheries.go.th/aquaorna/market_fish_buetiful.html). [in Thai]
- Desikachary, T.V. 1959. Cyanophyta. ICAR Monographs. New Delhi. 686 p.
- Jintasataporn, O., Yuangsoi, B., Stoner, G.R., Smithiwong, P. and Gabaudan, J. 2005. Optimal concentration of total carotenoids on color intensity of Fancy Carp (*Cyprinus carpio*). Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries. Bangkok, 368-378. [in Thai]
- Khatoon, N., Sengupta, P., Homechaudhuri, S. and Pal, R. 2010. Evaluation of algae based feed in goldfish (*Carassius auratus*) nutrition. Proceedings of the Zoological Society. 63(2): 109-114.
- KMUTT. 2001. A workshop on mass cultivation of *Spirulina*. Bangkok King Monkut's University of Technology Thonburi Bangkok Thailand. 14 – 15. [in Thai]
- Komarek, J. and Anagnostidis, K. 1989. Modern approach to the classification of the cyanophytes 4 Nostocales. Journal Archiv fuer Hydrobiol Supplement. 82(9): 247- 345 p.
- Kumprom, T., Promya, J., Meng-Umphon, K., Whangchai, N. and Chitmanat, C. 2011. Effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora* sp. on immunity stimulating capacity and color improvement of goldfish (*Carassius auratus*). KRU Res J. 16(6): 612-621. [in Thai]
- Lawrenz, E., Fedewa, J. Erin, and Richardson, L. Tammi. 2011. Extraction protocols for the quantification of phycobilins in aqueous phytoplankton extracts. Journal of Applied Phycology. 23:865–871.
- Lovell, T. 1934. Nutrition and Feeding of Fish. United States of America. 260 p.
- Mahakhant, A. 2007. Nostoc. Science and Technology. 22(2): 55-57. [in Thai]
- Mungmai, L. 2006. Cultivation and molecular characterization based on RAPD technique of some edible algae from Nan River. M.Sc. Thesis, Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai. 95 p. [in Thai]
- Pandey, U. and Pandey, J. 2008. Enhanced production of biomass, pigments and antioxidant capacity of a nutritionally important cyanobacterium *Nostochopsis lobatus*. Bioresource technology. 99(10): 4520-4523.
- Peerapornpisal, P. 2006. Phycology. Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai. 546 p. [in Thai]
- Peerapornpisal, P. 2008. Edible freshwater macroalgae in northern Thailand research. Journal of Fisheries Technology Research. 2(1): 178-189. [in Thai]

- Ramamoorthy, K., Bhuvaneswari, S. Sankar, G. and Sakkaravarthi, K. 2010. Proximate composition and carotenoid content of natural carotenoid sources and its colour enhancement on marine ornamental fish *Amphiprion ocellaris* (Cuveir 1880). World Journal of Fish and Marine Sciences. 2 (6): 545-550.
- Ruangsomboon, S., Choochote, S. and Taveekijakarn, P. 2012. The use of diets containing fresh and dried cyanobacterium, *Nostoc commune* for Kenyi Cichlid Fish, *Pseudotropheus lombardoi* cultivation. KKU Sci. J. 40(1): 208-217. [in Thai]
- Srinuansom, K., Prasertsom, N., Witayawarawat, C., Montien-Art, B. and Promya, J. 2011. Comparison on effects of *Euglena sanguinea* and *Spirulina platensis* as feed supplement on enhancing fancy carp (*Cyprinus carpio*) color. Proceedings of 49<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference: Fisheries. Bangkok, 341-348. [in Thai]
- Whangchai, N. 2013. Aquatic animal nutrition. Fisheries Technology Faculty, Maejo University, Chiang Mai, 226 p. [in Thai]