

องค์ประกอบทางเคมีและการเติบโตของปลานิลที่เลี้ยง  
ด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีเขียว *Cladophora glomerata*

Chemical Composition and Growth Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)  
Fed Diets Supplemented with Green Alga, *Cladophora glomerata*

สุนิรัตน์ เรืองสมบุรณ์<sup>1</sup> และศักดิ์ชัย ชูโชติ<sup>1</sup>

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าของการใช้สาหร่ายสีเขียว *Cladophora glomerata* แห่งผสมในอาหารปลาต่อการเจริญเติบโต และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล (*Oreochromis niloticus* L.) โดยผสมสาหร่ายสดแห้งปริมาณ 0 (ชุดควบคุม) 2.5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเพื่อเลี้ยงปลานิล เป็นเวลา 14 สัปดาห์ พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายทุกระดับมีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยมีการเจริญเติบโตที่ 0.22-0.27 กรัมต่อวัน ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *C. glomerata* 2.5-7.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (2.49-2.87) ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม (2.42) ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่ 2.5-7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาสด (17.15-17.84 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (15.53 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายทุกระดับมีค่าสูงและมีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม โดยปลาที่ได้รับอาหารที่ผสมสาหร่าย 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาสดสูงสุดเท่ากับ  $12.26 \pm 0.49$  ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสาหร่ายที่ผสมในอาหารมากขึ้น

**คำสำคัญ:** สาหร่ายใบ, ปลานิล, อาหารปลา, โปรตีน, แคโรทีนอยด์

Abstract

A feeding trial was conducted to study the effects of diets supplemented with green alga, *Cladophora glomerata* on growth performance and chemical composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) flesh. Dried powder of *C. glomerata* was added to the basal diet at 0% (control), 2.5%, 5% and 7.5%, and fed to Nile tilapia for 14 weeks. Mean daily growth were 0.22-0.27 g/day. Feed conversion of feeding diet containing 2.5-7.5% *C. glomerata* (2.49-2.87) was not significantly different from the control diet (2.42). Protein content in Nile tilapia fed with diet containing 2.5-7.5% *C. glomerata* (17.15-17.84% wet wt.) was significantly higher than the control (15.53%). Carotenoid contents in flesh of Nile tilapia fed diet supplemented with *C. glomerata* were significantly higher than the control. Flesh of Nile tilapia fed diet supplemented with 7.5% *C. glomerata* contained the highest carotenoid  $12.26 \pm 0.49$   $\mu\text{g/g}$  fresh weight. The carotenoid contents of Nile tilapia flesh were significantly related to the level of *C. glomerata* in the diet.

**Keywords:** *Cladophora*, Nile tilapia, fish feed, protein, carotenoid

<sup>1</sup>สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

## คำนำ

ปลานิลเป็นปลาที่ประชาชนไทยนิยมเพาะเลี้ยงมากเป็นอันดับหนึ่งทั้งเพื่อบริโภคในครัวเรือน และเพื่อเป็นการค้า โดยมีผลผลิตปลานิลจากการเพาะเลี้ยงสูงถึง 155,500 ตัน คิดเป็น 43 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตสัตว์น้ำจืดจากการเพาะเลี้ยงทั้งหมด (กรมประมง, 2554) โดยผู้เพาะเลี้ยงปลาได้มีความพยายามในการพัฒนาหาวิธีเพิ่มผลผลิตเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลา หรือความสวยงามน่ารับประทานของเนื้อปลา ซึ่งจะทำให้ขายปลาได้ในราคาสูงขึ้นซึ่งสามารถทำได้โดยการเลี้ยงปลาด้วยอาหารที่ดี มีคุณภาพ โดยได้มีการนำวัตถุดิบชนิดใหม่ ๆ มาผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงปลา

สาหร่ายเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่มีความนิยมในการนำมาผสมในอาหารปลา เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีรงควัตถุที่ช่วยในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันและทำให้สีเนื้อของปลาสวยงามขึ้นอีกด้วย เช่น ได้มีการใช้สาหร่าย *Spirulina platensis* ในการเร่งการเจริญเติบโตและเร่งสีของปลา rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) (Teimouri et al., 2013) การใช้สาหร่าย *Schizochytrium* sp. ผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงปลา channel catfish (*Ictalurus punctatus*) ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มการเจริญเติบโต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและเพิ่มกรดไขมันที่จำเป็นในเนื้อปลาได้ (Li et al., 2009) การใช้สาหร่าย *Gracilaria bursapastoris*, *G. cornea* และ *Ulvarigida* ในการเลี้ยงปลา european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) (Valente et al., 2006) การใช้สาหร่าย *Cladophora glomerata* ในการเลี้ยงปลา tilapia (*Sarotherodon niloticus*) (Appler และ Jauncey, 1983)

ในประเทศไทย *Cladophora glomerata* หรือสาหร่ายไก่อ เป็นสาหร่ายสีเขียวขนาดใหญ่พบในธรรมชาติ โดยมีมากทางภาคเหนือสาหร่ายชนิดนี้ได้รับความนิยมในการนำมาทำอาหารมนุษย์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่าง ๆ สาหร่ายไก่อมีสารต้านอนุมูลอิสระ รงควัตถุ สารอาหารที่มีประโยชน์ในปริมาณสูงโดยมีรายงานว่าสาหร่ายไก่อแห้งมีไขมันร้อยละ 19.3 มีวิตามินซี วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 กรดโฟลิก กรดแพนโทนิค ไนอะซิน แคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง สังกะสี และซีลีเนียม (ยูวดี, มปป.) จึงมีความเป็นไปได้ที่สาหร่ายนี้จะสามารถใช้เป็นอาหารปลาเพื่อเร่งการเจริญเติบโต กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในเนื้อปลาได้ นอกจากนี้สารสี astaxanthin ที่มีในสาหร่ายยังสามารถช่วยทำให้สีของเนื้อปลาดูน่ารับประทานอีกด้วย ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาแนวทางในการเพิ่มอัตราการเติบโตเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลานิลโดยการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีเขียว *Cladophora glomerata* ในอัตราส่วนต่าง ๆ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมสาหร่าย *Cladophora glomerata*

นำสาหร่าย *C. glomerata* สดมาล้างด้วยน้ำประปาที่ฟักคลอรีนแล้วจนสะอาด ใช้แปรงขนาดเล็กขัดเศษทรายหรือตะกอนปนเปื้อนหรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่เกาะตามเส้นสายสาหร่ายออกจนสะอาด นำมาผึ่งลมให้แห้ง และนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนสาหร่ายแห้งสนิท บดเป็นผงละเอียด และนำไปคลุกกับอาหารปลาเม็ดสำเร็จรูปต่อไปโดยสาหร่าย *C. glomerata* นี้ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

### 2. การเลี้ยงปลานิล

ปลานิลที่ใช้ในการทดลอง เป็นปลาที่มีอายุประมาณ 1 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย  $2.58 \pm 0.04$  กรัม นำมาเลี้ยงในกระชังขนาดกว้าง 90 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร และสูง 100 เซนติเมตร โดยวางกระชังในบ่อคอนกรีตที่มีระดับน้ำสูง 80 เซนติเมตร ใส่ปลากระชังละ 30 ตัว มีการให้อากาศตลอดเวลา เปลี่ยนถ่ายน้ำและทำความสะอาดกระชังทุก 3 วัน

อาหารชุดควบคุมคืออาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ 9961 ไฮเกรด มีส่วนประกอบที่ระบุข้างบรรจุภัณฑ์คือ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพดและปลายข้าว วิตามิน เกลือแร่ และสารถนอมคุณภาพอาหารสัตว์โดยระบุ

คุณค่าทางโภชนาการคือ โปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นไม่มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ กากไม่มากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์

นำสาหร่าย *C. glomerata* แห่งที่บดละเอียดคลุกกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป โดยการใช้น้ำมันตับหมึก (squid liver oil) เป็นตัวทำให้สาหร่ายยึดติดกับอาหารเม็ดซึ่งเป็นวิธีที่ผู้เลี้ยงปลาทั่วไปสามารถนำไปใช้ได้จริง เพราะเกษตรกรทั่วไปสามารถผสมสาหร่ายในอาหารปลาได้เองแม้ไม่มีเครื่องมือขึ้นรูปเม็ดอาหารใหม่ โดยผสมสาหร่ายที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม) 2.5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งชุดควบคุมคือชุดที่นำอาหารมาคลุกน้ำมันจากตับหมึกเพียงอย่างเดียว โดยเตรียมอาหารใหม่ทุกวัน การให้อาหารจะให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน คือเวลา 9.00 นาฬิกา และ 15.00 นาฬิกา ให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และเมื่อปลากินอิ่มเต็มที่แล้วจึงเช็คปริมาณอาหารที่ปลากินเหลือ โดยเลี้ยงปลาที่ระดับอาหารละ 3 กระชัง เลี้ยงเป็นเวลา 14 สัปดาห์ (98 วัน) ระหว่างการเลี้ยงปลาทำการวัดค่าคุณภาพน้ำ คือค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง (ทุกวันจันทร์และวันพฤหัสบดี) เมื่อสิ้นสุดการทดลองจะสุ่มปลากะชังละ 3 ตัว รวมชุดการทดลองละ 9 ตัว มาแล่นเนื้อติดหนังบริเวณด้านข้างลำตัว และวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาโดยวิธีของ Nickell และ Bromage (1998) วิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีในอาหารปลาเม็ดคลุกสาหร่ายแห้งและในเนื้อปลาติดหนังด้วยวิธี Proximate analysis (Lloyd *et al.*, 1978)

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้เลี้ยงปลา

จากการนำสาหร่าย *C. glomerata* มาผสมกับอาหารปลาสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเพื่อเลี้ยงปลานิล โดยผสมที่ระดับแตกต่างกันคือ 0, 2.5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ และนำอาหารมาวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี พบว่าอาหารที่ผสมสาหร่ายทุกระดับมีปริมาณโปรตีนที่ต่ำกว่า (31.96-33.07 เปอร์เซ็นต์) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารชุดที่ไม่ผสมสาหร่าย (42.76 เปอร์เซ็นต์) (Table 1) ปริมาณไขมันในอาหารที่ผสมสาหร่าย 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีสูงที่สุดคือ  $4.46 \pm 0.07$  โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ผสมสาหร่าย 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใยในอาหารมีมากขึ้นเมื่อปริมาณสาหร่ายที่ผสมในอาหารเพิ่มขึ้น โดยเยื่อใยมีมากที่สุด  $2.15 \pm 0.08$  เปอร์เซ็นต์ ในอาหารที่ผสมสาหร่าย 7.5 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารที่ผสมสาหร่าย 0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้าในอาหารที่ผสมสาหร่าย 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ  $7.75 \pm 0.01$  เปอร์เซ็นต์ โดยมีความสูงกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่เหลือทุกชุด การทดลองค่าความชื้นในอาหารที่ผสมสาหร่ายทุกระดับมีค่าสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่าย แสดงให้เห็นว่าการผสมสาหร่ายในอาหารมีแนวโน้มทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันในอาหารลดลง แต่เพิ่มปริมาณเยื่อใย เถ้า และความชื้นในอาหาร ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อผสมสาหร่ายเข้าไปในอาหาร ทำให้ปริมาณอาหารสำเร็จรูปลดลง นั่นคือลดปริมาณปลาปนและกากถั่วเหลืองด้วยเช่นกัน ซึ่งวัตถุดิบทั้งสองอย่างนี้เป็นแหล่งของโปรตีน ปริมาณโปรตีนของอาหารผสมสาหร่ายจึงน้อยกว่าอาหารชุดควบคุมซึ่งการทดลองนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองผสมสาหร่าย *Gracilaria bursa-pastoris*, *G. cornea* และ *Ulvarigida* ในอาหารเลี้ยงปลากะพง โดยพบว่าเมื่อผสมสาหร่ายในอาหารเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนและไขมันในอาหารจะลดลงต่ำกว่าอาหารปลาที่ไม่ผสมสาหร่าย ส่วนปริมาณเถ้าจะเพิ่มขึ้น (Valente *et al.*, 2006)

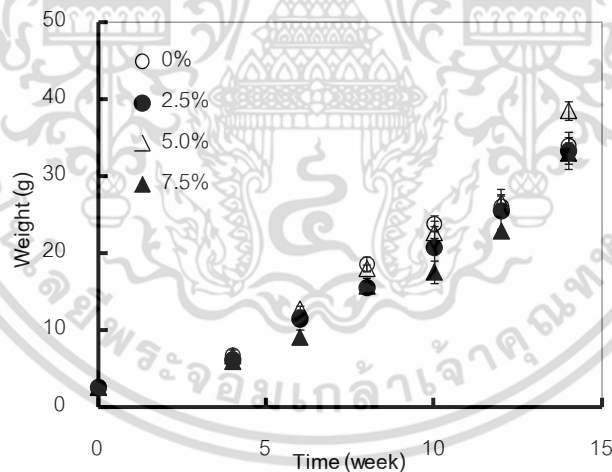
**Table 1** Chemical composition of the commercial diets (dry weight basis) coated with *C. glomerata* dry powder.

	<i>C. glomerata</i> (%)			
	0	2.5	5	7.5
Protein (%)	42.76±0.22 <sup>a</sup>	33.07±0.12 <sup>b</sup>	31.96±0.30 <sup>b</sup>	32.11±0.06 <sup>b</sup>
Lipid (%)	4.43±0.06 <sup>a</sup>	4.46±0.07 <sup>a</sup>	3.53±0.11 <sup>b</sup>	3.47±0.11 <sup>b</sup>
Fiber (%)	1.00±0.09 <sup>a</sup>	1.11±0.04 <sup>a</sup>	1.95±0.02 <sup>b</sup>	2.15±0.08 <sup>b</sup>
Ash (%)	6.57±0.01 <sup>a</sup>	7.28±0.02 <sup>b</sup>	7.13±0.02 <sup>b</sup>	7.75±0.01 <sup>c</sup>
Moisture (%)	7.76±0.05 <sup>a</sup>	27.28±0.05 <sup>b</sup>	26.72±0.04 <sup>b</sup>	27.71±0.23 <sup>b</sup>

The different superscript letters in each row are significantly different (n = 3, p<0.05).

## 2. การเจริญเติบโตของปลานิล

ปลาในทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้น (initial weight) ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังจากการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 4 ระดับ ปลาที่ได้รับอาหารในทุกชุดการทดลองมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 14 สัปดาห์ ปลานิลที่ได้รับอาหารทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักสิ้นสุด (final weight) เฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *C. glomerata* 5 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด 38.62±1.19 กรัมต่อตัว (Figure 1)



**Figure 1** Average weight of Nile tilapia fed diets supplemented with *C. glomerata*.

เมื่อพิจารณาค่าอัตราการเจริญเติบโต (growth rate) ของปลานิลที่สิ้นสุดการทดลอง พบว่าในทุกชุดการทดลองมีค่าอัตราการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 5 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงที่สุดเท่ากับ 0.27±0.01 กรัมต่อวัน (Table 2) ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR) ของปลานิลที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่ายมี SGR สูงที่สุดเท่ากับ 2.40±0.10 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกการทดลอง อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio, FCR) ของปลานิลในทุกชุดการทดลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion efficiency, FCE) ของปลานิลในทุกชุดการทดลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (protein efficiency ratio, PER) ของปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 5 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงที่สุดคือ  $1.00 \pm 0.03$  เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง อัตรารอดของปลานิลในทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

**Table 2** Feeding trial results (14 weeks) for Nile tilapia fed diets supplemented with *C. glomerata*.

	<i>C. glomerata</i> (%)			
	0	2.5	5	7.5
Initial weight (g)	$2.47 \pm 0.12^a$	$2.61 \pm 0.06^a$	$2.56 \pm 0.05^a$	$2.69 \pm 0.21^a$
Final weight (g)	$34.07 \pm 1.06^a$	$33.38 \pm 2.41^a$	$38.62 \pm 1.19^a$	$33.08 \pm 1.36^a$
Growth rate (g/d)	$0.26 \pm 0.01^a$	$0.25 \pm 0.02^a$	$0.27 \pm 0.01^a$	$0.22 \pm 0.01^a$
Specific growth rate (%/d)	$2.40 \pm 0.10^a$	$2.26 \pm 0.11^a$	$2.35 \pm 0.04^a$	$2.15 \pm 0.08^a$
Feed conversion ratio	$2.42 \pm 0.07^a$	$2.75 \pm 0.24^a$	$2.49 \pm 0.08^a$	$2.87 \pm 0.10^a$
Feed conversion efficiency (%)	$41.27 \pm 1.27^a$	$36.87 \pm 3.42^a$	$40.10 \pm 1.34^a$	$34.91 \pm 1.27^a$
Protein efficiency ratio (%)	$0.65 \pm 0.01^a$	$0.77 \pm 0.05^b$	$1.00 \pm 0.03^c$	$0.82 \pm 0.03^b$
Survival (%)	$84.44 \pm 4.01^a$	$80.00 \pm 7.70^a$	$75.56 \pm 1.11^a$	$88.89 \pm 7.78^a$

The different superscript letters in each row are significantly different ( $p < 0.05$ ).

การผสมสาหร่ายในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงปลาแม่ทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันในอาหารลดลง โดยต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ทำให้ปลาเกิดการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ หรืออัตราการรอดมีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่ายซึ่งอาจเป็นเพราะปลาได้รับโปรตีนและพลังงานเพียงพอจากอาหารทุกสูตรแต่อาหารผสมสาหร่ายทุกระดับมีค่าประสิทธิภาพของโปรตีน ในอาหารสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ไม่ได้ผสมสาหร่าย ซึ่งการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถผสมสาหร่าย *C. glomerata* ลงในอาหารเลี้ยงปลานิลได้ถึง 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของปลา

ซึ่งมีรายงานว่าการใช้สาหร่าย *Gracilaria bursa-pastoris* และ *Ulva rigida* ผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงปลา *Dicentrarchus labrax* พบว่าสามารถผสมสาหร่ายได้มากถึง 10 เปอร์เซ็นต์ (ซึ่งจะทำให้มีระดับโปรตีนในอาหารอยู่ที่ 55.5 และ 54.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) โดยไม่ทำให้ปลาเกิดการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการที่ต่ำกว่าชุดควบคุม แต่หากเป็นสาหร่าย *G. cornea* จะผสมได้เพียง 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้มีระดับโปรตีนในอาหาร 56.9 เปอร์เซ็นต์ หากผสมสาหร่ายมากกว่านี้จะทำให้มีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของปลา (Valente *et al.*, 2006) ส่วนการผสมสาหร่าย *Hydrodictyon reticulatum* 5 เปอร์เซ็นต์ในอาหารเพื่อเลี้ยงปลา *Oreochromis niloticus* และ *Tilapia zillii* (ซึ่งจะทำให้มีระดับโปรตีนในอาหาร 30 เปอร์เซ็นต์) พบว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายมีการเจริญเติบโตและการใช้โปรตีนไม่แตกต่างกับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่าย (Appler, 1985)

### 3. องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล

ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายทุกระดับมีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาสูงกว่า (17.15-17.84 เปอร์เซ็นต์) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่าย (15.53 เปอร์เซ็นต์) ส่วนปริมาณไขมัน ไขมันและความชื้นของปลาที่ได้รับอาหารทุกชุดการทดลอง มีค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลานิลชุดควบคุมมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Yampakdee *et al.* (2014) ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเนื้อส่วนท้อง

และส่วนหลังของปลานิลพบว่ามีโปรตีน 15.3 และ 16.6 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้นที่ 82.1-83.7 เปอร์เซ็นต์ ไชมันท์ 0.2-0.3 เปอร์เซ็นต์ โดยปกติแล้วโปรตีนในเนื้อปลาจะถูกนำไปใช้ในการเสริมสร้างเนื้อเยื่อและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอจากการทดลองครั้งนี้ ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *C. Glomerata* มีค่าในช่วง 17.1-17.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าโปรตีนในเนื้อปลาเนื้ออ่อน ปลาสวาย ปลาหมอไทย และหมึกกล้วย ซึ่งมีโปรตีนในช่วง 14.4-15.4 เปอร์เซ็นต์ แต่มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าเนื้อปลาดุก ปลาช่อน ปลาตะเพียน และปลาทู ซึ่งมีโปรตีนในช่วง 20.0-23.0 เปอร์เซ็นต์ (กองโภชนาการ, 2552)

**Table 3** Chemical composition of Nile tilapia flesh fed diets containing *C. glomerata* (wet weight basis).

	<i>C. glomerata</i> (%)			
	0	2.5	5	7.5
Protein (%)	15.53±0.24 <sup>a</sup>	17.15±0.28 <sup>b</sup>	17.84±0.20 <sup>b</sup>	17.38±0.12 <sup>b</sup>
Lipid (%)	0.42±0.03 <sup>a</sup>	0.37±0.01 <sup>a</sup>	0.39±0.08 <sup>a</sup>	0.39±0.02 <sup>a</sup>
Ash (%)	1.23±0.02 <sup>a</sup>	1.22±0.01 <sup>a</sup>	1.35±0.03 <sup>a</sup>	1.24±0.01 <sup>a</sup>
Moisture (%)	81.79±0.07 <sup>a</sup>	81.75±0.04 <sup>a</sup>	80.41±0.09 <sup>a</sup>	81.86±0.19 <sup>a</sup>
Carotenoid (µg/g)	0.96±0.38 <sup>a</sup>	4.16±1.72 <sup>b</sup>	8.20±0.24 <sup>c</sup>	12.26±0.49 <sup>d</sup>

The different superscript letters in each row are significantly different (n=3, p<0.05).

การผสมสาหร่ายในอาหารปลาทำให้ปริมาณโปรตีนในอาหารปลาลดลงโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม แต่กลับพบว่าเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม แม้อาหารที่ใช้เลี้ยงปลาไม่มีโปรตีนต่ำกว่าแต่เนื้อปลากลับมีโปรตีนสูงกว่า แสดงให้เห็นได้ว่าปลาสามารถย่อยและนำโปรตีนจากอาหารที่ผสมสาหร่ายมาใช้ได้มากกว่าอาหารที่ไม่ผสมสาหร่าย เนื่องจากผลการทดลองค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (%) มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม ดังนั้นการพิจารณาเพียงตัวเลขโปรตีนรวมทั้งหมดในอาหารแต่เพียงอย่างเดียว จึงไม่ใช่สิ่งที่สามารถระบุได้ว่าอาหารนั้นดีกว่าอาหารชุดที่มีโปรตีนต่ำ

ซึ่งการทดลองครั้งนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ Zhao *et al.* (2006) ซึ่งได้ทดลองเลี้ยงปลานิล *O. niloticus* ด้วยอาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย โดยอาหารปลาทุกชุดการทดลองมีโปรตีนเท่ากันคือ 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมไซยาโนแบคทีเรียมีโปรตีน 13.47-13.90 เปอร์เซ็นต์ โดยสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ไม่ผสมไซยาโนแบคทีเรียซึ่งเนื้อปลามีโปรตีน 11.45 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาพบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาสดที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.26±0.49 ไมโครกรัม แคโรทีนอยด์ต่อกรัมเนื้อปลา และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ โดยเมื่อปลาได้รับอาหารที่มีปริมาณสาหร่ายเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุมประมาณ 4-13 เท่า ซึ่งการเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในสัตว์น้ำเป็นที่นิยมในปัจจุบัน ดังเห็นได้จากการที่ผู้ผลิตอาหารปลานิยมใช้สาหร่ายผสมในอาหารปลาเพื่อเร่งสี แคโรทีนอยด์ส่วนใหญ่จะละลายในไขมันและเกิดการสะสมในปลาโดยทำให้เกิดสีเหลือง ส้ม หรือแดง ความเข้มของสีที่ปรากฏบนที่เนื้อปลานั้นขึ้นอยู่กับปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้จากอาหาร เนื่องจากปลาไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์เองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Latcha, 1990) เมื่อเนื้อสัตว์น้ำมีสีที่สวยงาม จะทำให้จำหน่ายได้ราคาที่สูงขึ้น สาหร่ายบางชนิดที่มีรายงานการศึกษาการเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อสัตว์น้ำ เช่น การใช้ *S. platensis* สดและแห้ง ในการเลี้ยงปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) และ ปลานิล *O. niloticus* พบว่าสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาได้สูงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ไม่ผสม *S. platensis* (สุนิรัตน์ และคณะ, 2551; Ruangsomboon and Choochote, 2007; Ruangsomboon et al., 2010) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ *Nostoc commune* ผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหมอสี *Pseudotropheus lombardoi* สามารถเร่งสีของปลาหมอสีให้สวยงามได้มากขึ้น (สุนิรัตน์ และคณะ, 2555)

จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการผสมสาหร่ายในอาหารเพื่อเลี้ยงปลาสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนและแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคได้รับโปรตีนที่สูงและได้รับสารต้านอนุมูลอิสระ การกระตุ้นภูมิคุ้มกัน จากแคโรทีนอยด์ที่มีในเนื้อปลาอีกด้วย

#### 4. คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงปลานิล

ค่าคุณภาพน้ำที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เนื่องจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 3 วัน เพื่อป้องกันน้ำเน่าเสียจึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำกลุ่มไนโตรเจนฟอสฟอรัส และค่าอื่น ๆ โดยปกติแล้วอุณหภูมิของน้ำมีผลกระทบต่อการกินอาหาร ความต้านทานโรค อัตราเมตาบอลิซึมของสัตว์น้ำโดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสิ่งมีชีวิตจะมีอัตราเมตาบอลิซึมสูงขึ้น การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงจึงอาจทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนออกซิเจนในแหล่งน้ำ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วก็อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ ออกซิเจนเป็นตัวควบคุมกระบวนการใช้พลังงานของแหล่งน้ำ ไม่ว่าพืชหรือสัตว์ต่างต้องการออกซิเจนในการหายใจ (ไมตรี และจรรุวรรณ, 2528) ซึ่งตลอดการเลี้ยงปลา พบว่าคุณภาพน้ำเลี้ยงปลานิลมีความเหมาะสมทุกค่า คือน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.1-28.4 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอยู่ในช่วง 4.89-8.51 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.1-9.4 ซึ่งค่าคุณภาพน้ำทุกค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำซึ่งเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำคือปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำไม่ควรต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และถ้ามีค่าต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และค่าความเป็นกรดเป็นด่างควรอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 หากสูงหรือต่ำกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (ไมตรี และจรรุวรรณ, 2528; Boyd, 1990)

#### สรุปผลการทดลอง

การใช้สาหร่ายสีเขียว *C. Glomerata* แบบผงแห้งผสมในอาหารเม็ดทางการค้าเพื่อเลี้ยงปลานิล ระยะเวลา 14 สัปดาห์ พบว่าแม้อาหารที่ผสมสาหร่ายทุกระดับ 2.5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนในอาหารลดลง แต่มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเพิ่มขึ้น และยังทำให้ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาเพิ่มขึ้น ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสาหร่ายในอาหารเพิ่มขึ้นจากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นได้ว่าสาหร่ายชนิดนี้มีความเหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งโปรตีนและเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลานิล

#### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี 2556

#### เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2554. สถิติการประมง. เข้าถึงได้จาก [http://www.fisheries.go.th/it\\_stat/yearbook/data\\_2554/Yearbook/Yearbook2011-1.7.pdf](http://www.fisheries.go.th/it_stat/yearbook/data_2554/Yearbook/Yearbook2011-1.7.pdf) (เข้าถึงเมื่อ 28 ธันวาคม 2556)
- กองโภชนาการ. 2552. ปลา - อาหารคาวีศูชีพ. กลุ่มวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ. กองโภชนาการ. กรมอนามัย. กระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี เข้าถึงได้จาก <http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/view.php?group=2&id=122> (เข้าถึงเมื่อ 28 ธันวาคม 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กรุงเทพฯ : สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.
- ยุวดีพีรพรพิศาล. มปป. โครงการศึกษาภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุนิรัตน์ เรื่องสมบูรณ, ศักดิ์ชัย ชูโชติ, ปวีณา ทวีกิจการ และ นิธิ พันธุ์คงชื่น. 2551. การเจริญเติบโตของปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *Spirulina platensis* แห่ง. หน้า 95-104. ในการประชุมวิชาการประมงครั้งที่ 3 “เพื่อความมั่นคงด้านการประมงและทรัพยากรทางน้ำ”. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- สุนิรัตน์ เรื่องสมบูรณ, ศักดิ์ชัย ชูโชติ และ ปวีณา ทวีกิจการ. 2555. การใช้อาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* สดและแห้ง ในการเลี้ยงปลานิลแดง *Kenya Cichlid, Pseudotropheus lombardoi*. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 40:208-217.
- Appler, H.N. 1985. Evaluation of *Hydrodictyon reticulatum* as protein source in feeds for *Oreochromis (Tilapia) niloticus* and *Tilapia zillii*. *Journal of Fish Biology* 27 : 327-334.
- Appler, H.N. and Jauncey K. 1983. The utilization of a filamentous green alga (*Cladophora glomerata* (L) Kutzin) as a protein source in pelleted feeds for *Sarotherodon (Tilapia) niloticus* fingerlings. *Aquaculture* 30:21-30.
- Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.
- Latcha, T. 1990. Carotenoids in Animal Nutrition. F. Hoffmann – La Roche Ltd., Switzerland.
- Li, M.H., Robinson, E.H., Tucker, C.S., Manning, B.B. and Khoo, L. 2009. Effects of dried algae *Schizochytrium* sp., a rich source of docosahexaenoic acid, on growth, fatty acid composition, and sensory quality of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture* 292 : 232-236.
- Lloyd, L. E., McDonald, B. E. and Crampton, E. W. 1978. Fundamentals of Nutrition (2<sup>nd</sup> Ed.). W. H. Freeman and Co., San Francisco.
- Nickell, D. and Bromage, N.R. 1998. The effect of dietary level on variation of flesh pigmentation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 161 : 237–251
- Ruangsomboon, S. and Choochote, S. 2007. Effect of feeding diets containing *Nostoc commune* on growth, survival, protein and carotenoid content of red tilapia *Oreochromis niloticus*. pp. 772-775. In Proceedings of International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology. KMUTT, Bangkok.
- Ruangsomboon, S. Choochote, S. and Taveekijakarn, P. 2010. Growth performance and nutritional composition of red tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) fed diets containing raw *Spirulina platensis*. pp. 21-23. In Proceedings of The International Conference on Sustainable Community Development. KhonKaen University, Thailand and Vientiane, Lao PDR.
- Teimouri, M., Amirakolaie, A.K., and Yeganeh, S. 2013. The effects of *Spirulina platensis* meal as a feed supplement on growth performance and pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 396-399 : 14-19.
- Valente, L.M.P., Gouveia, A., Rema, P., Matos, J., Gomes, E.F. and Pinto, I.S. 2006. Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulvarigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture* 252 : 85-91.
- Yarnpakdee, S., Benjakul, S., Penjamras, P. and Kristinsson, H.G. 2014. Chemical compositions and muddy flavor/odour of protein hydrolysate from Nile tilapia and broadhead catfish mince and protein isolate. *Food Chemistry* 142:210-216.
- Zhao, M., Xie, S., Zhu, X., Yang, Y., Gan, N. and Song, L. 2006. Effect of dietary cyanobacteria on growth and accumulation of microcystins in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 261 : 960-966.