# ผลของอาหารผสมสาหร่ายสีเขียว *Cladophora* sp. และ *Rhizoclonium* sp. ต่อองค์ประกอบทางเคมีและการเติบโตของปลาแฟนซีคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*)

# Effect of Fed Diets Supplemented with Mixed Green Algae, *Cladophora* sp. & *Rhizoclonium* sp. on Chemical Composition and Growth Performance of Fancy Carp (*Cyprinus carpio*)

กิตติ เมืองตุ้ม*

Kitti Mueangtoom*

*หลักสูตรวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*

*Biology Department, Faculty of Science & Technology, Uttaradit Rajabhat University*

Received : 28 April 2019

Revised : 8 July 2019

Accepted : 14 August 2019

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้ผงสาหร่ายสีเขียว 2 ชนิด ที่ผสมระหว่าง *Cladophora* sp. แห้ง และ *Rhizoclonium* sp. แห้ง ในอัตราส่วน 1:1 โดยนำสาหร่ายมาจากแหล่งน้ำ อำเภอฟากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์ ผสมในอาหารปลาต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางเคมีของปลาแฟนซีคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*) โดยผสมผงสาหร่ายบดแห้งปริมาณ 0 (ชุดควบคุม) 2.5, 5.0 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเพื่อเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าปลาแฟนซีคาร์ฟที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายทุกระดับมีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีอัตราการเจริญเติบโตที่ 17 - 22 กรัมต่อสัปดาห์ ปลาที่ได้รับอาหารผสมผงสาหร่ายสีเขียว 2.5 – 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยในเนื้อปลาสด 21.45 – 24.84 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ที่มีปริมาณโปรตีน 15.53 เปอร์เซ็นต์ และในส่วนของการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมผงสาหร่ายสีเขียวทุกระดับมีค่าสูงและมีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม โดยปลาที่ได้รับอาหารที่ผสมสาหร่าย 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์เฉลี่ย (±SD) ในเนื้อปลาสดสูงสุดเท่ากับ 17.32±0.41 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลามีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของปริมาณผลสาหร่ายสีเขียวที่ผสมในอาหาร

**คำสำคัญ** : สาหร่ายสีเขียว, ปลาแฟนซีคาร์ฟ, อาหารปลา โปรตีน, แคโรทีนอยด์

***Corresponding author. E-mail** : kittoom@hotmail.com

## Abstract

A feeding trial was conducted to study the effects of diets supplemented with green algae, on growth performance and chemical composition of Fancy carp (*Cyprinus carpio*). The green algae, *Cladophora* sp. & *Rhizoclonium* sp., which were collected from the river in Fakta district, Uttaradit province, were dried and grinded into powder and then supplemented to a commercial fish feed which used as a basal diet. Dried mixed green algae powder of *Cladophora* sp. & *Rhizoclonium* sp. (1:1) was added to the basal diet at 0% served as controls, 2.5%, 5.0% & 7.5% and fed to Fancy carp for 12 weeks. The results showed that added algae to the diets had no effect on fish growth which mean daily growth rate ranged from 17 to 22 g/week. Feed conversion ratio of feeding diet containing 2.5 -7.5% mixed green algae powder was not significantly different from the control. Protein content in Fancy carp fed with diets containing 2.5 -7.5% mixed green algae powder (21.45 - 24.84% wet wt.) was significantly higher than the controls (15.53%). Carotenoid contents in the flesh of Fancy carp fed supplemented diets with mixed green algae powder were significantly higher than the controls. The flesh of Fancy carp fed diet supplemented with 7.5% mixed green algae powder contained the highest carotenoid 17.32±0.41 μg/g fresh weight. The carotenoid contents of Fancy carp flesh were significantly increased when the level of mixed green algae in the diets increased.


**Keywords** : green algae, fancy carp, fish diet, protein, carotenoid

**บทนำ**

ธุรกิจปลาสวยงามน้ำจืดของประเทศไทย สามารถขยายตัวส่งออกต่างประเทศ และทำรายได้ให้แก่ประเทศเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะปลาแฟนซีคาร์ฟ ซึ่งเป็นปลาสวยงามที่นิยมเลี้ยงไว้เพื่อดูเล่น และเป็นงานอดิเรก หรือเลี้ยงไว้เพื่อประกวด ปลาสวยงามยังมีความสวยงามเป็นที่ดึงดูดความสนใจ มีสีสันที่สดใส และงดงาม ในขณะที่สีสันเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดราคาจำหน่ายของปลาสวยงาม (Saxena, 1994 อ้างโดย Ramamoorthy *et al*., 2010) โดยรงควัตถุที่สำคัญที่ทำให้เกิดสีสันในปลาสวยงามก็คือ แคโรทีนอยด์ ซึ่งปลาไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ จึงจำเป็นต้องได้รับอาหารที่กินเข้าไป (Lovell, 1998) ซึ่งมีทั้งอาหารสด และอาหารแห้ง โดยปลาแฟนซีคาร์ฟ จัดเป็นปลาที่กินอาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ และสามารถฝึกให้กินอาหารได้เกือบทุกชนิด อาหารที่ดีและมีคุณค่าจะช่วยให้ปลาเจริญเติบโตดีและมีสีสันสดใสสวยงาม อยู่เสมอ ปัจจุบันในการเลี้ยงปลาชนิดนี้นิยมใช้อาหารสำเร็จรูปที่สั่งเข้ามาจากต่างประเทศ นอกจากนั้นแล้วอาหารเลี้ยงปลาสวยงามที่ผลิตขึ้นในประเทศและอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาดุก ก็สามารถนำมาใช้ได้เช่นเดียวกัน แต่จะมีผลต่อการเติบโตเท่านั้น ซึ่งมีผลต่อการสร้างเม็ดสีของเนื้อปลา ดังนั้นจึงมีการคิดหาวิธีพัฒนาอาหารของปลาสวยงามในรูปแบบต่างๆ ในการเร่งเจริญเติบโต และการเร่งสีสันของปลาสวยงาม โดยซื้ออาหารสำเร็จรูปจากบริษัทต่างๆ แต่อาหารมีราคาแพง และวัตถุบางอย่างทำขึ้นด้วยการสังเคราะห์ขึ้นมา ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการผลิต และเลือกวัตถุดิบที่มีอยู่ตามธรรมชาติมาใช้ ซึ่งสาหร่ายสีเขียวเป็นตัวหนึ่งที่นิยมในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการและรงควัตถุสูงในการผลิตอาหารปลาสวยงาม (Kumprom *et al*., 2011) และยังช่วยในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันและทำให้สีเนื้อของปลาสวยงามขึ้นอีกด้วย เช่น การใช้สาหร่าย *Schizochytrium* sp. ผสมในอาหาร

เพื่อเลี้ยงปลา channel catfish (*Ictalurus punctatus*) ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มการเจริญเติบโต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร และเพิ่มกรดไขมันที่จำเป็นในเนื้อปลาได้ (Li *et al*., 2009) และการใช้สาหร่าย*Spirulina platensis* ในการเร่งการเจริญเติบโต และเร่งสีของปลา rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) (Teimouri *et al*., 2013) เป็นต้น

ในแหล่งน้ำในชุมชนจังหวัดอุตรดิตถ์ มีสาหร่ายไก 2 สายพันธุ์ ที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ และมีกลิ่นรสที่ไม่แตกต่างกัน คือ สาหร่ายไก *Cladophora* sp. และ *Rhizoclonium* sp. ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวขนาดใหญ่พบในธรรมชาติ โดยมีมากทางภาคเหนือ โดยสาหร่าย *Cladophora* sp. ได้รับความนิยมในการนำมาทำอาหารมนุษย์ ในขณะที่ *Rhizoclonium* sp. ไม่นิยมนำมารับประทานเนื่องจากมีเส้นใยเล็กแต่มีความสำคัญคือเป็นอาหารให้สัตว์น้ำ นอกจากคุณค่าทางโภชนาการแล้ว สาหร่ายไกทั้ง 2 ชนิดยังสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่างๆ (Limcharoen *et al*., 2015) สาหร่ายไกมีสารต้านอนุมูลอิสระ รงควัตถุ สารอาหารที่มีประโยชน์ในปริมาณสูงโดยมีรายงานว่าสาหร่าย มีไขมันร้อยละ 19.3 มีวิตามินซี วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 กรดโฟลิก กรดแพนโทธีนิก ไนอะซิน แคลเซียม โพแทสเซียม คลอไรด์ แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง สังกะสี และซีลีเนียม (Peerapornpisal *et al*., 2006) จึงมีความเป็นไปได้ที่สาหร่ายนี้จะสามารถใช้เป็นอาหารปลาเพื่อเร่งสี และการเจริญเติบโตได้

ดังนั้นในการทำวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการใช้สาหร่ายไกท้องถิ่นทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารปลาคาร์ฟ จากการผสมอัตราส่วนระหว่างสาหร่ายไกทั้ง 2 ชนิด ต่ออาหารสำเร็จรูป และวิเคราะห์ผลของอาหารทดลองต่อการเจริญของปลาคาร์ฟ และการสะสมแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาเพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดความเข้มสีของปลาคาร์ฟ โดยมีความสนใจที่จะนำสาหร่ายไกทั้ง 2 ชนิดซึ่งมีอยู่มากตามธรรมชาติมาผลิตเป็นอาหารปลาแฟนซีคาร์ฟ เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก ในการใช้เป็นอาหารเสริมในการพัฒนาสูตรอาหารมีประสิทธิภาพ และราคาถูกให้แก่เกษตรกรที่เลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟ

**วิธีดำเนินการวิจัย**

*1. การเตรียมอุปกรณ์เลี้ยงปลา*

เตรียมกระชังขนาดกว้าง 90 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร และสูง 100 เซนติเมตร โดยวางกระชังในบ่อคอนกรีตขนาด กว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร และสูง 100 เซนติเมตร โดยใส่น้ำในระดับน้ำสูง 80 เซนติเมตร จากปากบ่อ จำนวน 12 กระชัง วางกระชัง 1 กระชังต่อ 1 บ่อคอนกรีต โดยลอยน้ำในบ่อคอนกรีตดังกล่าว ให้ก้นกระชังอยู่เหนือพื้นบ่อ 20 เซนติเมตร มีการให้อากาศตลอดเวลา เปลี่ยนถ่ายน้ำและทำความสะอาด กระชังทุก 3 วัน

*2. การเตรียมสัตว์ทดลอง*

นำลูกปลาแฟนซีคาร์ฟที่ใช้ในการทดลอง เป็นลูกปลาที่มีอายุประมาณ 1 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย (± S.D.) 5.58 ± 0.34 กรัม เลี้ยงในกระชังจำนวนกระชังละ 30 ตัว

*3. การเตรียมผงสาหร่ายสีเขียว*

นำสาหร่ายที่ได้จากการเก็บจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ จากกลุ่มชุมชน ที่ อำเภอฟากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์ มาจำแนกชนิดอย่างง่าย โดยสังเกตจากลักษณะของเซลล์ โดยเซลล์ Rhizoclonium เป็นเส้นใยสีเขียวขนาดสั้น เซลล์จะแตกแขนงเฉพาะ

ส่วนที่เป็นไรซอยด์ และ Cladophora เป็นเส้นใยสีเขียวเข้มเส้นยาว มีการแตกแขนง ตำแหน่งละ 1แขนง ซึ่งเป็นการจำแนกตามลักษณะสัณฐานวิทยาเบื้องต้น ตามเอกสาร สาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย (Peerapornpisal, 2013)

จากนั้นนำสาหร่ายสด ทั้ง 2 ชนิด มาล้างด้วยน้ำประปาที่พักไว้จนไม่มีคลอรีนเหลืออยู่ ใช้แปรงขนาดเล็กปัดเศษทรายหรือตะกอนปนเปื้อนหรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่เกาะตามเส้นสายสาหร่ายออกจนสะอาดมาผึ่งลมให้แห้ง และนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนสาหร่ายแห้งสนิท บดเป็นผงละเอียด ผสมสาหร่ายทั้งสองชนิดเข้าด้วยกันในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักแห้ง และนำไปคลุกกับอาหารปลาเม็ดสำเร็จรูป ซีพี 9920

*4. อาหารทดลองและการให้อาหาร*

อาหารชุดควบคุมคืออาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ซีพี 9920 มีส่วนประกอบที่ระบุข้างบรรจุ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพดและปลายข้าว วิตามิน เกลือแร่ และสารถนอมคุณภาพอาหารสัตว์ โดยระบุคุณค่าทางโภชนาการ คือ โปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นไม่มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ กากไม่มากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์

นำผงสาหร่ายสีเขียวที่ผสมไว้ บดละเอียดคลุกกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป โดยการใช้น้ำมันตับหมึก (squid liver oil) เป็นตัวทำให้สาหร่ายยึดติดกับอาหารเม็ดซึ่งเป็นวิธีที่ผู้เลี้ยงปลาทั่วไปสามารถนำไปใช้ได้จริง เพราะเกษตรกรทั่วไปสามารถผสมสาหร่ายในอาหารปลาได้เองแม้ไม่มีเครื่องมือขึ้นรูปเม็ดอาหารใหม่ โดยเตรียมสูตรอาหารดังนี้

หน่วยทดลองที่ 1 อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ซีพี 9920 +ไม่ผสมสาหร่าย

หน่วยทดลองที่ 2 อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ซีพี 9920 +สาหร่ายผง 2.5 เปอร์เซ็นต์

หน่วยทดลองที่ 3 อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ซีพี 9920 + สาหร่ายผง 5.0 เปอร์เซ็นต์

หน่วยทดลองที่ 4 อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ซีพี 9920 + สาหร่ายผง 7.5 เปอร์เซ็นต์

ทำการเตรียมอาหารใหม่ทุกวัน และให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน คือเวลา 9.00 นาฬิกา และ 15.00 นาฬิกา ในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน และเมื่อปลากินอิ่มเต็มที่แล้วจึงเช็คปริมาณอาหาร เลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ (84 วัน)

*5. แผนการทดลอง และการเก็บรวมรวมข้อมูล*

วางแผนทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design; CRD) โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 หน่วยทดลอง ทำการทดลองหน่วยการทดลองละ 3 ซ้ำ การทดลองจะสุ่มปลากระชังละ 3 ตัว มาชั่งน้ำหนักปลาทุก 7 วัน เพื่อทราบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น แล้วหาค่าเฉลี่ย เก็บข้อมูลนำไปประเมินค่าอัตราการเจริญเติบโต (Averagedaily growth; ADG) น้ำหนักเพิ่มขึ้น (weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio; FCR) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio; PER) และอัตราการรอด (survival rate) เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 การทดลองจะสุ่มปลากระชังละ 3 ตัว มาแล่เนื้อติดหนังบริเวณด้านข้าง และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และปริมาณแคโรทีนอยด์ตามวิธีของ (AOAC, 1990; Nickell & Bromage (1998)

*6. การตรวจวิเคราะห์การเจริญเติบโตของปลา*

การทดลองจะสุ่มปลากระชังละ 3 ตัว รวมชุดการทดลองละ 9 ตัว มาแล่เนื้อติดหนังบริเวณด้านข้าง และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยชั่งน้ำหนักปลาทุก 7 วัน เพื่อทราบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น แล้วหาค่าเฉลี่ย เก็บข้อมูลนำไปประเมินค่าอัตราการเจริญเติบโต (Averagedaily growth; ADG) (สมการที่ 1) น้ำหนักเพิ่มขึ้น (weight gain) (สมการที่ 2) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR) (สมการที่ 3) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio;

FCR) (สมการที่ 4) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio; PER) (สมการที่ 5) และอัตราการรอด (survival rate) (สมการที่ 6) โดยนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละค่าเพื่อใช้ในการคำนวณ ดังนี้

(1) อัตราการเจริญเติบโต (Average daily growth; ADG; กรัม/ตัว/วัน )

ADG = (น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มทดลอง)/จำนวนวันที่ทำการทดลอง (1)

(2) อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น (%) = {(น้ำหนักสุดท้าย – น้ำหนักเริ่มต้น) x 100}/น้ำหนักเริ่มต้น (2)

(3) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ specific growth rate (SGR) (%/วัน)

SGR = {(ln น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ln น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มทดลอง) x 100}
/จำนวนวันที่ทำการทดลอง (3)

(4) อัตราการแลกเนื้อ (feed conversion rate; FCR) = น้ำหนักอาหารที่ให้ (กรัม)
/น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม) (4)

(5) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio; PER; Unit กรัมน้ำหนักตัว/กรัมโปรตีน)

PER = ปริมาณน้ำหนักปลาที่เพิ่ม/ปริมาณโปรตีนที่กิน (5)

(6) อัตราการรอดตาย = (จำนวนปลาที่เหลือ x 100)/จำนวนปลาเริ่มต้น (6)

*7. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ*

ในขณะทำการทดลอง จะสังเกตลักษณะภายนอกทั่วไปของปลาทุกหน่วยทดลอง เพื่อติดตามสุขลักษณะของปลาจากการกินอาหารของปลา และความสะอาดของน้ำในบ่อ โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 1 เดือน เดือนละ 20% ของปริมาตรน้ำทั้งหมด ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เมื่อพบว่ามีการตายเกิดขึ้น เพื่อหาสาเหตุการตายจากมลภาวะทางน้ำ และเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงปลาเพื่อตรวจสอบสภาวะคุณภาพน้ำที่ปลาสามารถอยู่ได้ โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen; DO) ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($NH_3$-N) ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ($NO_3$-N) และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ($PO_4$-P) 1) ตามวิธีของ Boyd & Tucker (1992)

*8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ*

วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง โดย การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลที่วิเคราะห์ ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาโดยวิธีของ Nickell & Bromage (1998) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารปลาเม็ดคลุกสาหร่ายแห้งด้วย Proximate analysis (Lloyd *et al*., 1978)

**ผลการวิจัย**

*1. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง*

จากการนำสาหร่ายไก 2 ชนิด *Cladophora* sp. และ *Rhizoclonium* sp. ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 และนำมาผสมกับอาหารปลาสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดสูตรสำหรับลูกปลาดุก (ซีพี 9920) โดยผสมกับผงสาหร่ายสีเขียวที่ระดับแตกต่างกันคือ 0, 2.5, 5.0 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ และนำอาหารมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้ผลดังตารางที่ 1 พบว่าอาหารที่ผสมสาหร่ายทุกระดับมีปริมาณโปรตีนที่ต่ำกว่าชุดควบคุม (40.35 -41.37 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่มีมีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารชุดที่ไม่ผสมสาหร่าย (42.76 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณไขมันเฉลี่ย (±S.D.)ในอาหารที่ผสมผงสาหร่าย 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีสูงที่สุดคือ 5.52±0.21 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ผสมสาหร่าย 5.0 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใยในอาหารเฉลี่ย (±S.D.) มีมากขึ้นเมื่อปริมาณสาหร่ายที่ผสมในอาหารเพิ่มขึ้น โดยเยื่อใยมีมากที่สุด 3.15±0.11 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารที่ผสมสาหร่าย 7.5 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างทางสถิติ กับอาหารที่ผสมสาหร่าย 0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้าเฉลี่ย (±S.D.) ในอาหารที่ผสมสาหร่าย 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 7.45±0.06 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าสูงกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารชุดการทดลองอื่น การทดลองค่าความชื้นในอาหารที่ผสมสาหร่ายทุกระดับมีค่าสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่าย

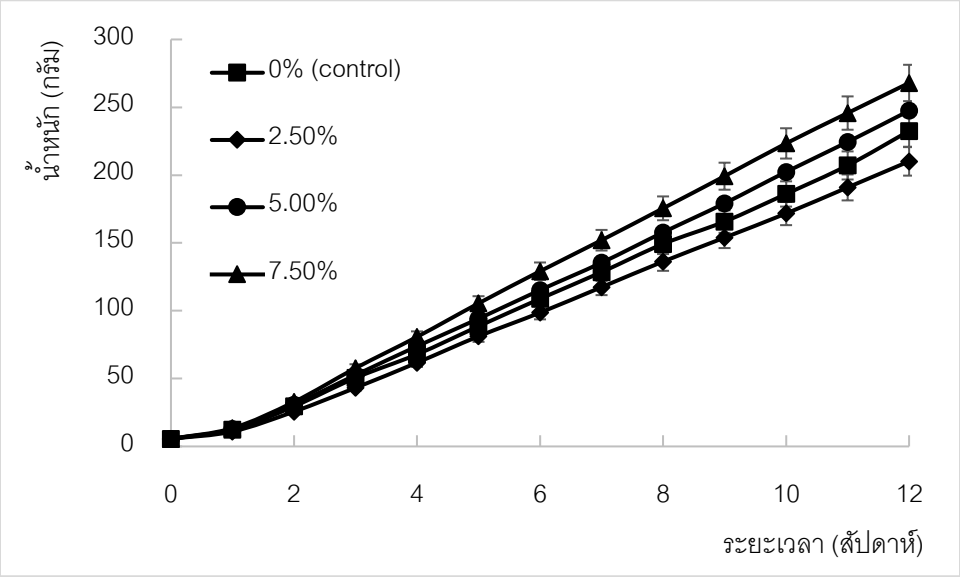
***ตารางที่ 1*** องค์ประกอบทางเคมี(ปริมาณโดยน้ำหนักแห้ง) ของอาหารทดลองที่ผสมผงสาหร่ายสีเขียว

| | ผงสาหร่ายสีเขียว (%)* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 |
| Protein (%) | 42.76±0.21a | 40.35±0.12a | 40.76±0.30a | 41.37±0.06a |
| Lipid (%) | 5.50±0.09a | 5.52±0.21a | 4.53±0.08b | 4.47±0.23b |
| Fiber (%) | 1.45±0.09d | 2.11±0.06c | 2.95±0.23b | 3.15±0.11a |
| Ash (%) | 6.87±0.01c | 7.12±0.04b | 7.21±0.11ab | 7.45±0.06a |
| Moisture (%) | 7.33±0.09b | 17.15±0.06a | 16.98±0.08a | 17.05±0.21a |

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

*2. การเจริญเติบโตของปลาแฟนซีคาร์ฟ*

ปลาในทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้น (initial weight) ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังจากการเลี้ยงด้วยอาหารผสมผงสาหร่ายสีเขียว 4 ระดับ ปลาที่ได้รับอาหารในทุกชุดการทดลองมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 12 สัปดาห์ ปลาแฟนซีคาร์ฟที่ได้รับอาหารทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักสิ้นสุด (final weight) เฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปลาที่ได้รับอาหารผสมผงสาหร่ายสีเขียว 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ย (±S.D.) สูงที่สุด 267.94±3.21 กรัมต่อตัว (ภาพที่ 1)




***ภาพที่ 1*** น้ำหนักเฉลี่ยปลาแฟนซีคาร์ฟที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาผสมผงสาหร่ายสีเขียว

เมื่อพิจารณาค่าอัตราการเจริญเติบโต (growth rate) ของปลาแฟนซีคาร์ฟที่สิ้นสุดการทดลอง พบว่า ทุกชุดการทดลองมีค่าอัตราการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกลุ่มปลาที่ได้รับอาหาร 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (±S.D.) ที่สูงที่สุดเท่ากับ 21.79±0.62 กรัมต่อสัปดาห์ (ตารางที่ 2) ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR) ของปลาแฟนซีคาร์ฟที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่ายมี SGR เฉลี่ย (±S.D.) สูงที่สุดเท่ากับ 4.60± 0.91 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกการทดลอง อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio, FCR) ของปลาแฟนซีคาร์ฟในทุกชุดการทดลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (protein efficiency ratio, PER) ของปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย มีค่าอยู่ในช่วง 0.89 - 0.92 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง อัตรารอดของปลาแฟนซีคาร์ฟในทุกชุดการทดลองไม่มีปลาแฟนซีคาร์ฟตายในระหว่างดำเนินการวิจัย มีค่าเฉลี่ยอัตราการอยู่รอดที่ร้อยละ 100

*3. องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาแฟนซีคาร์ฟ*

ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายทุกระดับมีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลา (21.45 – 24.84 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่าย (15.53±0.28 เปอร์เซ็นต์) ส่วนปริมาณไขมัน เถ้า และความชื้นของปลาที่ได้รับอาหารทุกชุดการทดลอง มีค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาแฟนซีคาร์ฟของชุดควบคุม

***ตารางที่ 2*** ผลการวัดคุณค่าการใช้อาหารทดลอง (12 สัปดาห์) ที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาผสมผงสาหร่ายสีเขียว

| | ผงสาหร่ายสีเขียว (%)* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 |
| Initial weight (g) | 5.58±0.06 | 5.62 ±0.11 | 5.61 ±0.21 | 5.58 ±0.12 |
| Final weight (g) | 232.54±1.21 | 220.14±1.87 | 247.48±2.12 | 267.94±2.82 |
| Growth rate (g/d) | 2.70±0.19 | 2.55±0.42 | 2.87±0.34 | 3.12±0.67 |
| Specific growth rate (%/d) | 4.44 ±0.80 | 4.37±0.67 | 4.51±0.74 | 4.60± 0.91 |
| Feed conversion ratio | 2.65±0.14 | 2.68±0.42 | 2.66±0.19 | 2.70±0.34 |
| Feed conversion efficiency (%) | 37.73±1.25 | 37.25±2.12 | 37.60±1.79 | 37.00±1.37 |
| Protein efficiency ratio | 0.89±0.03 | 0.92±0.05 | 0.92±0.06 | 0.89±0.03 |
| Survival (%) | 100 | 100 | 100 | 100 |

* Average values in each row are non-significantly different (n = 3, $p>0.05$).

***ตารางที่ 3*** องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาแฟนซีคาร์ฟที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง (คำนวณเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักเปียก)

| | ผงสาหร่ายสีเขียว (%)* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 |
| Protein (%) | 15.53±0.28b | 21.45±0.34a | 23.38±0.21a | 24.84±0.19a |
| Lipid (%) | 0.51±0.08a | 0.48±0.21a | 0.49±0.18a | 0.49±0.22a |
| Ash (%) | 2.13±0.12a | 2.22±0.21a | 2.15±0.13a | 2.20±0.15a |
| Moisture (%) | 80.89±0.17a | 81.25±0.24a | 80.96±0.19a | 81.42±0.21a |
| Carotenoid (µg/g) | 0.92±0.38d | 6.46±1.22c | 12.24±0.18b | 17.32±0.41a |

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

ในขณะที่การวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลา (ตารางที่ 3) พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาสดที่ได้รับอาหารผสมผงสาหร่ายสีเขียว 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์เฉลี่ย (±S.D.) สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.32±0.41 ไมโครกรัม แคโรทีนอยด์ต่อกรัมเนื้อปลา และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองอื่นๆ

*4. คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในกระชังเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟ*

เมื่อทำการเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟในกระชัง ซึ่งตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ไม่พบปลาตาย จึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง และเมื่อครบ 12 สัปดาห์ จึงทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ย (±S.D.) มีค่าตั้งแต่ 29.41±0.23 ถึง 30.19±0.32 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย (±S.D.) มีค่าตั้งแต่ 7.32±0.17 ถึง 7.44±0.19 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen; DO) มีค่าเฉลี่ย (±S.D.) ตั้งแต่ 4.83±0.19 ถึง 4.86±0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย (ammonia; $NH_3$–N) มีค่าเฉลี่ย (±S.D.) ตั้งแต่ 0.055±0.01 ถึง 0.057±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-

ไนโตรเจน (Nitratenitrogen; $NO_3$–N) มีค่าเฉลี่ย (±S.D.) ตั้งแต่ 0.038±0.01 ถึง 0.039±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Orthophosphates-phosphorus; $PO_4$-P) มีค่าเฉลี่ย (±S.D.) ตั้งแต่ 0.128±0.03 ถึง 0.132±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลาแฟนซีคาร์ฟที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4)

***ตารางที่ 4*** ค่าวิเคราะห์คุณภาพน้ำในสัปดาห์ที่ 12 ของการเพาะเลี้ยงปลาคาร์ฟที่ให้อาหารผสมผงสาหร่ายสีเขียว

| | ผงสาหร่ายสีเขียว (%)* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 |
| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | 29.41±0.23 | 30.19±0.32 | 29.45±0.21 | 30.12±0.22 |
| pH | 7.44±0.19 | 7.43±0.25 | 7.42±0.16 | 7.32±0.17 |
| DO (มิลลิกรัมต่อลิตร) | 4.84±0.16 | 4.85±0.21 | 4.83±0.19 | 4.86±0.16 |
| $NH_3$–N (มิลลิกรัมต่อลิตร) | 0.055±0.01 | 0.057±0.01 | 0.057±0.01 | 0.056±0.01 |
| $NO_3$–N (มิลลิกรัมต่อลิตร) | 0.039±0.01 | 0.039±0.01 | 0.038±0.01 | 0.039±0.01 |
| $PO_4$-P (มิลลิกรัมต่อลิตร) | 0.129±0.04 | 0.128±0.03 | 0.132±0.05 | 0.130±0.03 |

* Average values in each row are non-significantly different (n = 3, $p>0.05$)

ค่าคุณภาพน้ำมีการวิเคราะห์ในสัปดาห์ที่ 12 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เนื่องจากตลอดระยะเวลาการเลี้ยงปลาได้มีการเปลี่ยนถ่านน้ำเสนอ และมีการทำความสะอาดกระชัง ซึ่งส่งผลทำให้ไม่มีสารพิษตกค้างที่เป็นอันตรายต่อปลาคาร์ฟ โดยสังเกตจากไม่มีปลาตายตลอดระยะเวลาการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำเพื่อใช้ในการยืนยันว่าไม่มีสารอันตรายตกค้าง และยังเหมาะสมกับการเลี้ยงปลา โดยค่าคุณภาพที่วิเคราะห์ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และค่าความเป็นกรด-ด่าง เนื่องจากมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 3 วัน เพื่อป้องกันน้ำเน่าเสียจึงทำให้ค่าคุณภาพน้ำมีคุณภาพที่ดี และเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลาคาร์ฟ และเมื่อให้อาหารที่ผสมผงสาหร่ายสีเขียวก็ไม่ได้ทำให้น้ำเน่าเสียหรือเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ผสมผงสาหร่ายสีเขียว

**วิจารณ์ผลการวิจัย**

จากผลการวิจัยในส่วนของปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาแสดงให้เห็นว่าการผสมสาหร่ายลงในอาหารในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่ให้ปริมาณโปรตีนและไขมันในอาหารลดลง แต่เพิ่มปริมาณเยื่อใย เถ้า และความชื้นในอาหาร ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อผสมสาหร่ายเข้าไปในอาหาร ทำให้ปริมาณอาหารสำเร็จรูปลดลง นั่นคือลดปริมาณปลาป่นและกากถั่วเหลืองด้วยเช่นกัน ซึ่งวัตถุดิบทั้งสองอย่างนี้เป็นแหล่งของโปรตีน ปริมาณโปรตีนของอาหารผสมสาหร่ายจึงน้อยกว่าอาหารชุดควบคุมซึ่งการทดลองนี้ แต่ลดลงในสัดส่วนที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองผสมสาหร่าย *Cladophora glomerata* ในอาหารเลี้ยงปลานิล โดยพบว่า เมื่อผสมสาหร่ายในอาหารเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนและไขมันในอาหารจะลดลงต่ำกว่าอาหารปลาที่ไม่ผสม ส่วนปริมาณเถ้าจะเพิ่มขึ้น (Reangsomboon & Choochote, 2014) โดยปกติแล้วโปรตีนในเนื้อปลาจะถูกนำไปใช้ในการเสริมสร้างเซลล์เนื้อเยื่อและกลไกการทำงานของสารชีวโมเลกุล จากการทดลองครั้งนี้

ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาแฟนซีคาร์ฟที่ได้รับอาหารผสมผงสาหร่ายสีเขียว มีค่าในช่วง 21.45 – 24.84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงโปรตีนในเนื้อปลาดุก ปลาช่อน ปลาตะเพียน และปลาทู ซึ่งเป็นปลาทานเนื้อ ที่มีปริมาณโปรตีนของเนื้อปลาในช่วง 20 – 25 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปลาแฟนซีคาร์ฟทั่วไป มีโปรตีนใกล้เคียง เนื้อปลากลุ่ม ปลาเนื้ออ่อน ปลาสวาย และปลาหมอไทย ซึ่งมีโปรตีนในช่วง 14 - 17 เปอร์เซ็นต์ (Bureau of Nutrition, 2009)

ในส่วนของการเจริญเติบโตของปลาแฟนซีคาร์ฟเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารผสมผงสาหร่ายสีเขียว พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน สารสีแคโรทีนอยด์ เทียบเท่าการใช้อาหารทางการค้าในปัจจุบัน ดังนั้นการผสมสาหร่ายในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงปลาแม้ทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันในอาหาร โดยต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ หรืออัตรารอดมีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่ายซึ่งอาจเป็นเพราะปลา ได้รับโปรตีนและพลังงานเพียงพอจากอาหารทุกสูตร แม้แต่อาหารผสมสาหร่ายทุกระดับก็แสดงค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ไม่ได้ผสมสาหร่าย ซึ่งการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถผสมผงสาหร่ายสีเขียว ลงในอาหารเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟได้ถึง 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของปลา ในขณะที่มีรายงานว่าการใช้สาหร่าย *Gracilaria bursa-pastoris* และ *Ulva rigida* ผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงปลา *Dicentrarchus labrax* พบว่าสามารถผสมสาหร่ายได้มากถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้มีระดับโปรตีนในอาหาร อยู่ที่ 55.5 และ 54.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไม่ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการที่ต่ำกว่าชุดควบคุม แต่หากเป็นสาหร่าย *G.cornea* จะผสมได้เพียง 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้มีระดับโปรตีนในอาหาร 56.9 เปอร์เซ็นต์ หากผสมสาหร่ายมากกว่านี้จะทำให้มีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของปลา (Valente *et al*., 2006) ส่วนการผสมสาหร่าย *Hydrodictyon reticulatum* 5 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเพื่อเลี้ยงปลา *Oreochromis niloticus* และ *Tilapia zillii* ซึ่งจะทำให้มีระดับโปรตีนในอาหาร 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายมี เติบโตและการใช้โปรตีนไม่แตกต่างกับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่าย (Appler, 1985) ซึ่งการผสมสาหร่ายในอาหารปลาทำให้ปริมาณโปรตีนในอาหารปลาลดลงโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม แต่กลับพบว่าเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม แม้อาหารที่ใช้เลี้ยงปลามีโปรตีนต่ำกว่าแต่เนื้อปลากลับ แสดงให้เห็นได้ว่าปลาสามารถย่อยและนำโปรตีนจากอาหารที่ผสมสาหร่ายมาใช้ได้มากกว่าอาหารที่ไม่ผสมสาหร่าย เนื่องจากผลการทดลองค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (%) มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม ดังนั้นการพิจารณาจากค่าโปรตีนรวมทั้งหมดในอาหารไม่ใช่สิ่งที่สามารถระบุได้ว่าอาหารนั้นดีกว่าอาหารที่มีโปรตีนต่ำ โดยการทดลองครั้งนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ Zhao *et al*. (2006) ซึ่งได้ทดลองเลี้ยงปลานิล *O. niloticus* ด้วยอาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย โดยอาหารปลาทุกชุดการทดลองมีโปรตีนเท่ากันคือ 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมไซยาโนแบคทีเรียมีโปรตีน 13.47 – 13.90 เปอร์เซ็นต์ โดยสูงกว่า และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ไม่ผสมไซยาโนแบคทีเรียซึ่งเนื้อปลามีโปรตีน 11.45 เปอร์เซ็นต์

ดังเห็นได้จากการที่ผู้ผลิตอาหารปลานิยมใช้สาหร่ายผสมในอาหารปลาเพื่อเร่งสี แคโรทีนอยด์ส่วนใหญ่จะละลายในไขมันและเกิดการสะสมในปลาโดยทำให้เกิดสีเหลือง ส้ม หรือแดง ความเข้มของสีที่ปรากฏที่เนื้อปลานั้นขึ้นอยู่กับปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้จากอาหาร เนื่องจากปลาไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น ( Latcha, 1990) เมื่อสัตว์น้ำมีสีที่สวยงาม จะทำให้จำหน่ายได้ราคาสูง นอกจากปลาสวยงามแล้ว ปลาทานเนื้อบางชนิดที่มีรายงานการศึกษา

การเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อสัตว์น้ำ เช่นการใช้ *S.platensis* สดและแห้งในการเลี้ยงปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) และ ปลานิล *O. niloticus* พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณแคโรทีนอย์ในเนื้อปลาได้สูงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ไม่ผสม *S.platensis* (Ruangsomboon *et al*., 2010A; 2010B) นอกจากนี้ ยังพบว่าการใช้ *Nostoc commune* ผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหมอสี *Pseudotropheus lombardoi* สามารถเร่งสีของปลาหมอสีให้สวยงามได้มากขึ้น (Ruangsomboon *et al*., 2012)

## สรุปผลการวิจัย

การใช้สาหร่ายสีเขียวทั้ง 2 สายพันธุ์คือ *Cladophora* sp.ซึ่งเป็นสาหร่ายที่คนนิยมรับประทานและ*Rhizoclonium* sp. ที่เป็นสาหร่ายที่สัตว์น้ำใช้ในการดำรงชีวิตในแหล่งน้ำธรรมชาติ ในรูปแบบผงแห้งผสมในอาหารเม็ดทางการค้าเพื่อเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าแม้อาหารที่ผสมสาหร่ายทุกระดับ 2.5, 5.0 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนในอาหารลดลง แต่มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเพิ่มขึ้น และยังทำให้ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาเพิ่มขึ้น ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณสาหร่ายในอาหารเพิ่มขึ้นจากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นได้ว่า มีความเหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งโปรตีนและเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาแฟนซีคาร์ฟ เป็นการนำเอาวัตถุดิบในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นอาหารปลาเพื่อสร้างรายได้และลดต้นทุนการผลิตอาหารปลาได้

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และขอบคุณกลุ่มชุมชน ตำบลสองคอน อำเภอฟากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์ที่เก็บสาหร่ายไกมาเพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

Appler, H.N. (1985). Evaluation of *Hydrodictyon reticulatum* as protein source in feeds for *Oreocromis* (*Tilapia*) *niloticus* and *Tilapia zillii*. *Journal of Fish Biology*, *27*, 327-334.

Boyd, C.E. & Tucker, C.S. (1992). *Water quality and pond soil analysis for aquaculture*. Agricultural Experiment Station, Alabama.

Bureau of Nutrition. (2009). Fish: Food of life. Unit of Nutrition Analysis, Department of Health, Ministry of Public Health. Retrieved April 17, 2019, from http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/file/FOODHEAL.PDF. (in Thai).

Kumprom, T., Promya, J., Meng-Umphan, K., Whangchai, N., & Chitmanat, C. (2011). Effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora* sp. on immunity stimulating capacity and color improvement of goldfish (*Carassius auratus*). *KKU Research Journal*, *16*(6), 612-621. (in Thai).

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., & 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.

Limcharoen, Th., Phodong, Ch., Pongthornpruk, S., Mueangtoom, K., Fangfak, W., Nikomtat, J., Promnoi, S., Noinamsai, S., & Chaikla, P. (2015). *Final Report "Biodiversity in conservative forest of Faktha land settlement cooperative, Faktha district, Uttaradit province*. Office of the Higher Education Commission: OHEC, 343 p. (in Thai).

Lloyd, L.E., McDonald, B.E., & Crampton, E.W. (1978).*Fundamentals of Nutrition* (2nd Ed.). W. H. Freeman and Co., San Francisco.

Lovell, T. (1998). *Nutrition and Feeding of Fish*. United States of America. 260 p.

Nickell, D. & Bromage, N.R. (1998).The effect of dietary level on variation of flesh pigmentation in rainbow trout (*Oncorhynhus mykiss*). *Aquaculture*, *161*, 237–251.

Peerapornpisal, Y. (2013). *Fresh water Algea in Thailand*. Published by Applied Algal Research Laboratory, Microbiology Section, Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Thailand. 434 p.

Peerapornpisal, Y., Makonkawkeyoon, S.,Pongsirikul, I., Amornlerdpison, D., Pekkoh, J., & Tongsiri, S. (2006). *Final Report "Potential use of freshwater macroalgae as food and drugs"*. The Thailand Research Fund: TRF, 189 p. (in Thai).

Ramamoorthy, K., Bhuvaneswari, S., Sankar, G., & 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.

Reangsomboon, S. & Choochote, S. (2014). Chemical composition and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets supplemented with green alga, *Cladophora glomerata*. *King Mongkut's Agricultural Journal*, *32*(2), 1-8. (in Thai).

Ruangsomboon S., Choochote S., & Taveekijakarn P. (2010 A). Growth performance of red tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) fed diets containing dried *Spirulina platensis*. *Journal of Fisheries Technology Research*, *4*(1), 51 –60. (in Thai).

Ruangsomboon,S. Choochote, S., & Taveekijakarn, P. (2010 B). Growth performance and nutritional composition of red tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) fed diets containing raw *Spirulina platensis*. In Proceedings of The International Conference on Sustainable Community Development.KhonKaen University. (pp. 21-23). Thailand and Vientiane, Lao PDR.

Ruangsomboon,S. Choochote, S., & Taveekijakarn, P. (2012). The Use of Diets Containing Fresh and Dried Cyanobacterium, *Nostoc commune* for Kenyi Cichlid Fish, *Pseudotropheus lombardoi* Cultivation. KKU Science Journal, *40,* 208-217. (in Thai).

Teimouri, M., Amirkolaie, A.K., & 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., & Pinto, I.S. (2006). Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulvarigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrachus labrax*) juveniles. *Aquaculture, 252*, 85-91.

Zhao, M., Xie, S., Zhu, X., Yang, Y., Gan, N., & Song, L. (2006). Effect of dietary cyanobacteria on growth and accumulation of microcystins in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, *261*, 960-966.