รายงานการวิจัย

การประยุกต์ใช้สาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) เป็นสารเร่งสีปลาคาร์ฟ

Effect Application of Edible Freshwater Alga, Kamkung (*Chara corollina* C.L. Willdenow) on Color Enhancement in Fancy Carp

วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

วรรณิณี จันทร์แก้ว Wanninee Chankaew

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ประจำปี พ.ศ. 2563

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้โดยได้รับความช่วยเหลือเกื้อกูลจากบุคคลหลายฝ่าย บุคคลเหล่านั้นล้วนเป็นกัลยาณมิตรที่ควรค่าแก่การกล่าวถึง ด้วยความรู้สึกขอบคุณ และยกย่องไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรรณิณี จันทร์แก้ว ผู้อำนวยการชุดโครงการ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง แนะนำการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายก้ามกุ้งมาใช้ในการทดลองวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุไรวรรณ วัฒนกุล ผู้ร่วมโครงการวิจัยอีกท่านที่ได้คอยเป็นกำลังใจ ร่วมทำการวิจัย และปรับปรุงแก้ไขรายงานการวิจัยจนรายงานการวิจัยฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ นายนาวา แขมภูเขียว และนางสาวอารียา หนูแหลม ผู้ช่วยวิจัยที่ได้ช่วยเหลือในการทำการวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ และนักศึกษาสาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ สถาบันครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนในการทำการวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำการวิจัย และขอขอบพระคุณสำนักงานส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตตกรรม (ววน.) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2563 ในการทำวิจัยเรื่องดังกล่าวนี้

หัวหน้าโครงการวิจัย

กุมภาพันธ์ 2564

การประยุกต์ใช้สาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) เป็นสารเร่งสีปลาคาร์ฟ

วัฒนา วัฒนกุล[1] อุไรวรรณ วัฒนกุล[1] และวรรณิณี จันทร์แก้ว[2]

บทคัดย่อ

การทดลองเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดสำเร็จรูป ที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม), 25, 50, 75, 100 และ 125 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม และชุดการทดลองที่ใช้อาหารเม็ดปลาคาร์ฟสำเร็จรูป เป็นชุดการทดลองเปรียบเทียบ นำไปเลี้ยงปลาคาร์ฟ น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 5.64$\pm$0.47 กรัม ในตู้กระจกขนาด 50×100×50 เซนติเมตร ใส่น้ำ 150 ลิตร ใช้ปลา 15 ตัว/ตู้ ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ทำการเลี้ยงเป็นเวลา 6 เดือน เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต องค์ประกอบเลือด และระดับสีของปลาคาร์ฟ พบว่า การเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดสำเร็จรูปทุกระดับ (0 – 125 mg/kg) ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบเลือด และอัตรารอดตายของปลาทดลอง ($P>0.05$) แต่ส่งผลให้ระดับความเข้มของสีผิวตัวปลาคาร์ฟ มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในทุก ๆ ชุดการทดลอง ทั้งนี้ พบว่า มีประสิทธิภาพในการเพิ่มของค่าสีแดง (a^* value) และลดค่าความสว่าง (L^* value) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ที่ทุกระดับของการเสริมสารสกัดจากสาหร่ายในอาหารไม่มีผลต่อค่าสีเหลือง (b^* value) ในปลาคาร์ฟทดลอง ($P>0.05$)

คำสำคัญ: อาหารปลา สาหร่ายก้ามกุ้ง ปลาคาร์ฟ

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง
[2]สาขาประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช

Effect Application of Edible Freshwater Alga, Kamkung (*Chara corollina* C.L. Willdenow) on Color Enhancement in Fancy Carp

Wattana Wattanakul[1] Uraiwan Wattanakul[1] and Wanninee Jankhaew[2]

ABSTRACT

Effects of supplementation crude extracts of Edible Freshwater Alga, Kamkung (*Chara corollina*) in commercial diet at the ration of 0, 25, 50, 75, 100 and 125 mg/kg (treatment 1-6) and fancy carp pellet diet (treatment 7) on growth performance, blood composition and color level of Fancy Carp were studied. The diets were given to fishes with an initial average weight of 5.64±0.47 g. The fishes were randomly distribute into 50×100×50 cm glass aquaria, containing 150 liters of freshwater with a stocking density of 15 fish per tank. Fishes were fed twice a day for 6 months. The results showed that the supplementation of *C. corollina* crude extracts in all levels (0-125 mg/kg) did not affect (P> 0.05) on growth performance, blood composition and survival rate of experimental fish, but increasing level of *C. corollina* crude extracts supplement in all formulas diet to increase of red color level (*a** value) but decrease of *L** value (P<0.05). All level of *C. corollina* crude extracts supplementation in the diets had no effect on *b** value (P>0.05).

Keyword: Fish diet, Edible Freshwater Alga, Kamkung (*Chara corollina* C.L. Willdenow) Fancy carp (*Cyprinus carpio*)

[1]Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Techonology Srivijaya, Sikao, Trang
[2]Department of Fishery, Rajamangala University of Techonology Srivijaya, Nakhonsrithammarach

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทนำ	1
วิธีดำเนินการวิจัย	10
ผลการวิจัย และอภิปรายผล	14
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	27
บรรณานุกรม	28
ภาคผนวก	33

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้งสด สาหร่ายก้ามกุ้งอบแห้ง อาหารปลาทับทิม อาหารปลาคาร์ฟสำเร็จรูป	14
2	น้ำหนักเฉลี่ย (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE หน่วยเป็นกรัม) ของปลาคาร์ฟ ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป ระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน	16
3	น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ของปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูประดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน	18
4	ค่าองค์ประกอบเลือดของปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป ระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน	20
5	ระดับสีที่ผิวลำตัวบริเวณส่วนบนใต้ครีบหลังของปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารที่มีการใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งเสริมในอาหารปลาทับทิมสำเร็จรูประดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 6 เดือน	22
6	ระดับสีที่ผิวลำตัวส่วนล่าง บริเวณส่วนท้องหน้าครีบก้นของปลาคาร์ฟที่มีการใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งเสริมในอาหารปลาทับทิมสำเร็จรูประดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 6 เดือน	24
7	คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองของการเลี้ยงปลาคาร์ฟ ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งเสริมในอาหารปลาทับทิมสำเร็จรูป ระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 6 เดือน	26

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สาหร่ายไฟชนิดสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corallina*)	3
2	การเจริญเติบโตของปลาคาร์ฟ ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูประดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน	17

ภาพผนวกที่

1	ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 1	34
2	ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 2	34
3	ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 3	34
4	ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 4	34
5	ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 5	34
6	ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 6	34
7	ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 7	34

บทนำ

สภาวการณ์ทางเศรษฐกิจของประเทศไทยในปัจจุบัน รัฐบาลได้ให้ความสำคัญต่อการพัฒนาและแสวงหาสินค้าเกษตรที่มีคุณค่าทางโภชนาการ สามารถใช้ประโยชน์ได้หลาย ๆ ด้าน และมีมูลค่าเป็นที่ต้องการของตลาด โดยเฉพาะสาหร่ายที่เป็นอาหาร ทำให้สาหร่ายมีบทบาทต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเพิ่มมากขึ้นทุกปี เพราะสาหร่ายประกอบด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์มากมาย การบริโภคสาหร่ายจึงส่งผลดีต่อสุขภาพ โดยประเทศญี่ปุ่นนำสาหร่ายทะเลมาใช้ประโยชน์ด้านอาหารมาก เช่น กินแทนผัก เครื่องปรุงรส เครื่องเคียงห่อซูชิ นอกจากนั้น ยังนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง ฯลฯ (Burtin, 2003) ทั้งนี้ จีนเป็นชาติแรกที่ใช้ประโยชน์จากสาหร่ายสำหรับเป็นยา และอาหาร (กาญจนภาชน์, 2527) ส่วนญี่ปุ่นนิยมใช้สาหร่ายทะเลเป็นอาหาร โดยใช้ในรูปผัก เครื่องปรุงรส เครื่องเคียง และยังนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั้ง อุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง ฯลฯ (Burtin, 2003) เพราะสาหร่ายประกอบด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ มีไขมันต่ำ โปรตีนและเยื่อใยสูง การบริโภคสาหร่ายจึงมีแนวโน้มในการให้ผลที่ดีด้านสุขภาพ ประเทศไทยพบสาหร่ายน้ำจืดหลายกลุ่มทั้งบริเวณภาคใต้ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย และอันดามัน สาหร่ายมีสัดส่วนของคุณค่าทางอาหารแตกต่างกันไปในแต่ละกลุ่ม สารอาหารสำคัญที่พบเจอในสาหร่าย ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโนจำเป็น กรดไขมันจำเป็น เยื่อใย วิตามิน และแร่ธาตุ ซึ่งให้ปริมาณสูงกว่าพืชอาหารที่ปลูกบนบก ที่สำคัญ สาหร่ายมีรงควัตถุคาโรทีนอยด์ เช่นเดียวกับในพืชชั้นสูงทั่วไป

โดยเฉพาะก้ามกุ้ง (*Chara corollina* C.L. Willdenow) ซึ่งเป็นสาหร่ายน้ำจืดในกลุ่มสาหร่ายไฟ ที่ชาวบ้านนิยมรับประทาน ทางฝั่งอันดามันพบมากที่จังหวัดกระบี่ ดังนั้น สาหร่ายก้ามกุ้งจึงเป็นสาหร่ายน้ำจืดอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการนำมาพัฒนาเพื่อการเพาะเลี้ยง การแปรรูปเพื่อการบริโภค การใช้ประโยชน์ในด้านอาหารของสัตว์น้ำ ตลอดจนพัฒนาแปรรูปสำหรับเพื่อการส่งออกเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่ประเทศอีกทางหนึ่ง จากการวิจัยพบว่า มีการใช้สาหร่ายผสมในอาหารสัตว์น้ำทั้งในรูปของสาหร่ายอบแห้งและสาหร่ายสด เนื่องจากสาหร่ายมีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง นอกจากนั้นยังมีกรดอะมิโน กรดอินทรีย์ (สมรักษ์, 2550) คาโรทีนอยด์ (carotenoid) ไฟโคบิลิน (phycocobilin) ส่งผลให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตดี อัตราการรอดสูง มีภูมิคุ้มกันต่อโรคสูง นอกจากนั้นสาหร่ายบางชนิดสามารถใช้เร่งสีในสัตว์น้ำอีกด้วย ธัชศึกและคณะ (2554) พบว่า สาหร่ายไก *Spirulina platensis* กับสาหร่าย *Cladophora* sp. สามารถช่วยในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน และปรับปรุงสีทำให้สีบนตัวปลาทองมีสีแดง และสีเหลืองเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกันกับ จงกล และคณะ (2554) พบว่า การใช้สไปรูลิน่าสด (raw *Spirulina*; RS) และผง (powder *Spirulina*; PS) เป็นอาหารเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟมีผลทำให้ การเจริญเติบโต ดัชนีการเจริญพันธุ์ สารสี-แคโรทีนอยด์ และภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยให้ความสนใจในประเด็นของการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายก้ามกุ้ง เสริมในอาหารของปลาคาร์ฟ ซึ่งจัดได้ว่าเป็นปลาสวยงามน้ำจืดเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากชนิดหนึ่งปัจจุบัน แต่มีปัญหาในเรื่องของสีสัน ซึ่งพบว่า ปลาคาร์ฟที่ทำการเพาะเลี้ยงมีสีสันที่ไม่สวยงามซึ่งจะมีผลทำให้ราคาของปลาคาร์ฟนั้นลดลง รวมทั้งจากปัญหาระหว่างการเลี้ยงของผู้เลี้ยงเองที่พบว่าเมื่อเลี้ยงได้ระยะหนึ่งสีของปลาคาร์ฟจะซีดลงทั้งนี้เนื่องจากสีที่แสดงออกบนตัวปลาคาร์ฟเป็นสารสีชนิดคาโรทีนอยด์ ซึ่งสีจากคาโรทีนอยด์จะแสดงออกในเฉดสีเหลือง ส้ม และแดง ปลาคาร์ฟไม่สามารถที่จะสังเคราะห์ได้เอง จำเป็นที่จะต้องได้รับจากอาหารโดยตรง (Goodwin, 1984) นอกจากนี้สารที่ใช้ในการ

เร่งสีก็มีราคาสูงมากอาจจะไม่คุ้มค่าในการลงทุน ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อต้องการทราบถึงระดับของการเสริมสาหร่ายที่เหมาะสมที่จะมีผลต่อการเจริญเติบโตคุณค่าทางโภชนาการองค์ประกอบเลือด และระดับสีของปลาคาร์ฟ ทั้งนี้หวังผลว่าจะสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด เพิ่มประสิทธิภาพอัตราการแลกเนื้อ เพิ่มภูมิคุ้มกัน และการเพิ่มสีแก่สัตว์น้ำ ซึ่งหากให้ผลในทางที่ดีโดยเฉพาะการเพิ่มสีในสัตว์น้ำ ในอนาคตอาจเป็นทางเลือกที่สามารถนำสาหร่ายก้ามกุ้ง ซึ่งมีสารสีคาโรทีนอยด์ มาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มสีสัตว์น้ำได้ และสามารถใช้ประโยชน์จากสาหร่ายเพื่อพัฒนาในสูตรอาหารสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ต่อไป

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีการนำสาหร่ายกลุ่มสาหร่ายสีเขียวขนาดใหญ่ มาใช้ประโยชน์ในทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกันอย่างกว้างขวาง เพราะสาหร่ายกลุ่มนี้มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ไม่ว่าจะเป็นระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต นอกจากนั้นยังมีกรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ที่จำเป็น ตลอดจนมีสารสีจำพวกคาโรทีนอยด์ (carotenoid) ดังนั้น ถ้าหากเอามาผสมในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำก็น่าจะช่วยให้สัตว์น้ำมีเจริญเติบโตดี อัตราการรอดสูง มีภูมิคุ้มกันต่อโรคสูง และช่วยในการเร่งสีในสัตว์น้ำได้ คณะผู้วิจัยมีแนวความคิดในการที่จะนำสาหร่ายก้ามกุ้ง มาใช้ทดลองในปลาสวยงาม โดยเลือกใช้ปลาคาร์ฟ ซึ่งเป็นปลาสวยงามที่มีความสำคัญในวงการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามชนิดหนึ่ง เป็นปลาสวยงามที่ได้รับความนิยมจากผู้เลี้ยงมาเป็นเวลานาน ปลาคาร์ฟที่มีสีสันสวยงาม และรูปร่างที่ได้มาตรฐานจะมีราคาสูงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งใน และต่างประเทศ แต่ก็ยังมีปัญหาคือ ปลาคาร์ฟที่ทำการเพาะเลี้ยงมีสีสันที่ไม่สวยงาม ซึ่งจะมีผลทำให้ราคาของปลาคาร์ฟนั้นลดลง รวมทั้งจากปัญหาระหว่างการเลี้ยง ซึ่งพบว่าเมื่อเลี้ยงได้ระยะหนึ่งสีของปลาคาร์ฟจะซีดลง ทั้งนี้เนื่องจากสีที่แสดงออกบนตัวปลาคาร์ฟเป็นสารสีชนิดคาโรทีนอยด์ จะแสดงออกในเฉดสีเหลือง ส้ม และแดง ปลาคาร์ฟไม่สามารถที่จะสังเคราะห์ได้เองจำเป็นที่จะต้องได้รับจากอาหารโดยตรง การวิจัยในครั้งนี้ ต้องการที่จะหาระดับของการผสมสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina* C.L. Willdenow) ในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยงปลาคาร์ฟ ที่เหมาะสม และดีที่สุดต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายของปลา ระดับสีและองค์ประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ผลจากการวิจัยนี้จะสามารถตอบคำถามของสมมุติฐานดังกล่าวได้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการประยุกต์ใช้สาหร่ายน้ำจืดก้ามกุ้งในสัตว์น้ำต่อไป

การจำแนกชนิดตามหลักอนุกรมวิธานของสาหร่ายก้ามกุ้ง

การจำแนกหมวดหมู่

สาหร่ายไฟชนิดสาหร่ายก้ามกุ้ง จัดอนุกรมวิธานตาม John *et al*., (2002) ได้ดังนี้

Division Charophyta

Class Charophyceae

Order Charales

Family Characeae

Genus *Chara*

Specices *corallina*

สาหร่ายก้ามกุ้ง จัดอยู่ในกลุ่มสาหร่ายไฟ มีความใกล้เคียงกับพืชชั้นสูงมาก มีส่วนที่เป็นข้อ (node) และปล้อง (internode) ชัดเจน เป็นสาหร่ายเจริญเติบโตในน้ำจืด มีไรซอยด์ยึดเกาะอยู่กับพื้น ซึ่งอาจเป็นดินหรือทราย พบได้ในแหล่งน้ำตื้นๆ หรือริมฝั่ง คู คลอง หนอง บึง ซึ่งมีน้ำท่วมถึงและไม่ลึกมาก พบบ่อยในบ่อเลี้ยงปลาน้ำตื้น มีพื้นทีเป็นดินโคลน มีการปลูกพืชน้ำ เช่น บัว หรือบางครั้งอาจพบในนาข้าวช่วงที่น้ำยังท่วม (ภาพที่ 1)

ภาพที่ 1 สาหร่ายไฟชนิดสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corallina*)

บางครั้งจึงถูกจัดเป็นวัชพืช (ยุวดี, 2556) ลักษณะสำคัญของสาหร่ายในดิวิชั่นนี้ มีดังนี้

(1) มีรงควัตถุและอาหารสะสมตลอดจนคลอโรพลาสต์ เช่นเดียวกับสาหร่ายสีเขียว คือมีคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี รวมถึง แคโรทีนอยด์ ซึ่งประกอบด้วย แคโรทีน และแซนโธฟิลล์ อาหารสะสมจะเก็บไว้ในรูปแป้งชนิดต่างๆ

(2) ลักษณะทั่วไป ทัลลัสของสาหร่ายชนิดนี้ลู่ไปตามน้ำอาจจะสั้นหรืออาจจะยาวกว่า 1 เมตร ปล้องประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียวเรียกว่า เซลล์กลาง (central cell) ที่ยืดยาวออก ส่วนของข้อนั้นจะมีหลายเซลล์มาล้อมรอบเซลล์กลาง เรียกเซลล์ที่มาล้อมรอบนี้ว่า เซลล์เพอริเซนทรัล (pericentral cell) หรือ เซลล์ปล้อง (nodal cell) ในสกุล *Chara* จะมีคอร์ติเคชัน (cortication) โดยเซลล์ข้อจะยืดยาวออกโดยเจริญไปด้านบนครึ่งหนึ่งลงมาด้านล่างครึ่งหนึ่งหุ้มส่วนที่เป็นข้อไว้ ทำให้ปล้องมีลักษณะเป็นลอน เรียกเซลล์เหล่านี้ว่า เซลล์คอร์ติเคติง (corticating cell) ซึ่งเซลล์คอร์ติเคติงนี้เกิดในแขนงย่อยด้วย บริเวณที่เซลล์คอร์ติเคติงมาบรรจบกัน อาจมีติ่งเล็ก เกิดขึ้นเรียกว่า เซลล์หนาม (spine cell) ในสกุล *Chara* มีแขนงย่อยแตกออกจากแกนกลางเป็นวงโดยรอบ ลักษณะคล้ายใบรองรับแขนงที่แตกออกมา โดยอาจจะมีแถวเดียวหรือ 2 แถว บางแถวสั้น บางแถวยาว แล้วแต่สปีชีส์

องค์ประกอบทางเคมีในสาหร่ายทั่วไป

คาร์โบไฮเดรต

สาหร่าย ประกอบด้วยสารพอลิแซคคาไรด์จำนวนมาก โดยส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ซึ่งมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไฮโดรคอลลอยด์ สารพอลิแซคคาไรด์นี้ ไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ จึงเรียกว่า dietary fibres (Lahaye *et, al*., 1991) สารพอลิแซคคาไรด์ที่พบรองลงมาคือ ulvans ในสาหร่ายสีเขียว จากการเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเยื่อใย (fiber) ของสาหร่ายกับพืชอาหารทั่วไป พบว่าสาหร่ายมีปริมาณเยื่อใยที่ละลายน้ำ (suluble fiber) และเยื่อใยที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) สูงกว่าพืชอาหารทั่วไปบางชนิด (Burtin, 2003; MacArtain *et,al.,* 2007)

โปรตีน

สาหร่ายมีปริมาณโปรตีนมาก ประมาณร้อยละ 5-15 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งปริมาณโปรตีน และกรดอะมิโนแตกต่างกันไปตามฤดูกาล และสายพันธุ์ โดยเฉพาะกรดอะมิโนกลูตามิกและแอสปาร์ติก สามารถพบได้ในสาหร่ายเกือบทุกสายพันธุ์ พบมากที่สุดในสาหร่ายสีน้ำตาลรองลงมาคือสาหร่ายสีแดง กรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้มีบทบาทในการเสริมรสชาติทำให้เกิดรสอร่อย หรือ รสอุมามิ ส่วนกรดอะมิโนที่จำเป็นที่พบในสาหร่าย ได้แก่ ฮิสติดีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน และวาลีน แต่พบ ซิสทิอีนในปริมาณต่ำ (Fleurence, 1990)

ไขมัน

สาหร่ายประกอบด้วยไขมันเพียงร้อยละ 1-5 ของน้ำหนักแห้ง กรดไขมันที่พบในสาหร่ายมีทั้งกรดไขมันอิ่มตัว (saturated monounsaturated) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid) ในอัตราส่วนต่างกัน โดยกรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุดคือ กรดปาล์มิติก รองลงมาคือกรดไมริสติก (myristic acid) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวที่พบมากในสาหร่ายคือกรดโอเลอิก ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่พบส่วนใหญ่อยู่ในรูปกรดไขมันสายยาวมีมากถึงร้อยละ 90 ของกรดไขมันทั้งหมด และไม่พบกรดไขมันสายสั้นในสาหร่ายแต่ละสายพันธุ์ นอกจากนี้ สาหร่ายยังประกอบด้วยกรดไขมันจำเป็นเช่น omega-3 และ omega-6 มีสมบัติในการป้องกันโรคเส้นเลือดหัวใจอุดตัน โรคไขข้ออักเสบ และโรคเบาหวาน ในสาหร่ายสีเขียวพบในรูป alpha linolenic acid ส่วนในสาหร่ายสีแดงและสีน้ำตาล พบอยู่ในรูปของ eicosapentanoic acid และ arachidonic acid (Burtin, 2003; MacArtain *et, al*., 2007)

แร่ธาตุและวิตามิน

สาหร่ายประกอบด้วยแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ แคลเซียม โปแตสเซียม แมกนีเซียม โซเดียม คอปเปอร์ เหล็ก ไอโอดีน และสังกะสี โดยเฉพาะแคลเซียมและไอโอดีน มีปริมาณมากกว่าพืชอาหารทั่วไป ปริมาณของแร่ธาตุนี้ขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและสายพันธุ์ สาหร่ายบางชนิดมีปริมาณแร่ธาตุถึงร้อยละ 36 ของน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้ไอโอดีนและแมกนีเซียมเป็นแร่ธาตุที่สำคัญพบมากในสาหร่ายสีน้ำตาล จึงนำสาหร่ายสีน้ำตาลมาใช้ในการรักษาโรคไทรอยด์ (Suzuki *et, al*., 1965) สาหร่ายยังเป็นแหล่งของแคลเซียมที่ดี เนื่องจากปริมาณแคลเซียมในสาหร่ายสูงถึงร้อยละ 7 ของน้ำหนักแห้ง และอาจมากกว่าในสาหร่ายบางชนิด (Burtin, 2003)

วิตามินที่พบในสาหร่ายได้แก่ วิตามิน B1, B2, B3, B6, B8, B9, B12, วิตามินซี และวิตามินอี อาจมีปริมาณแตกต่างกันในสาหร่ายแต่ละสายพันธุ์ วิตามินซีมีสมบัติช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันดีขึ้น ช่วย

ดักจับอนุมูลอิสระ และเสริมสร้างการสร้างวิตามินอี ส่วนวิตามินอีมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระพบมากที่สุดในสาหร่ายสีน้ำตาล โดยพบในรูปแอลฟา (alpha), เบต้า (beta) และ แกมมา (gamma) โทโคเฟอรอล (tocopherol) ซึ่งช่วยในการป้องกันการเกิดโรคเส้นเลือดหัวใจอุดตัน (Burtin, 2003) ส่วนวิตามินบี 12 ช่วยป้องกันการแก่ของเซลล์ ใช้รักษาโรคอ่อนเพลียเรื้อรัง และมะเร็งเม็ดเลือดขาว สาหร่ายได้ชื่อว่าเป็นแหล่งของวิตามินบี (MacArtain *et, al*., 2007)

สารอาหารที่สำคัญในสาหร่ายน้ำจืดก้ามกุ้ง

จากการตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการและสารอาหารเบื้องต้นในสาหร่ายก้ามกุ้ง (ยังไม่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่) พบว่า มีสารอาหารสำคัญที่น่าจะนำไปพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์ได้ ดังนี้

องค์ประกอบทางเคมีในสาหร่ายก้ามกุ้งน้ำหนักแห้ง ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับร้อยละ 14.15, 24.95, 19.55, 2.54, 7.29 และ 38.82 ตามลำดับ เป็นที่น่าสนใจว่าสาหร่ายน้ำจืดชนิดนี้มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง เมื่อนำสาหร่ายก้ามกุ้งน้ำหนักแห้งมาวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน พบว่า มีกรดอะมิโนทั้งชนิดที่เป็นกรดอะมิโนจำเป็น และกรดอะมิโนไม่จำเป็น รวมถึงอนุพันธ์ของกรดอะมิโน รวมทั้งสิ้น 20 ชนิด ได้แก่ กรดอะมิโนอาร์จินีน ฮีสติดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมทไธโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน วาลีน อะลานีน กรดแอสพาติก กรดกลูตามิก ไกลซีน โพรลีน เซรีน ไทโรซีน ซีสตีน กลูตามีน และ ไฮดรอกซีโพรลีน ผลที่ได้มีความน่าสนใจ คือ มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น ในสัดส่วนที่มากกว่ากรดอะมิโนไม่จำเป็น ส่วนปริมาณกรดไขมัน พบว่า มีกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 3 สูงกว่ากรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 6 ถึงประมาณ 4 เท่า ทั้งนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ตำแหน่งเดียว (MUFAs) มีปริมาณต่ำกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีหลายพันธะ (PUFAs) อีกทั้งสาหร่ายก้ามกุ้งจัดในกลุ่มสาหร่ายน้ำจืดสีเขียว ดังนั้น จากการนำมาวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ในสาหร่ายดังกล่าว พบว่า มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll A) เท่ากับ 2.931$\pm$0.16 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณแคโรทีนอยด์ (carotenoids) เท่ากับ 0.408$\pm$0.04 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง

ส่วนแร่ธาตุ มีทั้งแร่ธาตุหลัก ซึ่งร่างกายต้องการในปริมาณมาก และแร่ธาตุรองซึ่งร่างกายต้องการในปริมาณน้อย ดังนี้ แคลเซียม (Ca), โปตัสเซียม (K) แมงกานีส (Mn), แมกนีเซียม (Mg), โซเดียม (Na), เหล็ก (Fe), สังกะสี (Zn),ซีลีเนียม (Se) คลอไรด์ (Cl) และทองแดง (Cu) โดยเฉพาะสาหร่ายชนิดนี้ มีปริมาณแต่ธาตุที่สำคัญในปริมาณสูงมาก ได้แก่ Ca, K, Mn และ Fe

แหล่งที่พบสาหร่ายก้ามกุ้ง

จากการสำรวจสาหร่ายน้ำจืดที่พบในพื้นที่ภาคใต้ฝั่งอันดามัน พบว่า สาหร่ายก้ามกุ้งที่ทำการศึกษาดังกล่าวพบมากที่จังหวัดกระบี่ บริเวณที่พบ พบได้ในแหล่งน้ำตื้นๆ หรือริมฝั่ง คู คลอง หนอง บึง ซึ่งมีน้ำท่วมถึงและไม่ลึกมาก พบบ่อยในบ่อเลี้ยงปลาน้ำตื้น มีพื้นทีเป็นดินโคลน มีการปลูกพืชน้ำ เช่น บัว หรือบางครั้งอาจพบในนาข้าวช่วงที่น้ำยังท่วม กระแสน้ำไม่ไหลแรงมากนัก และน้ำทะเลไม่ท่วมถึง

การใช้สาหร่ายเสริมในอาหารสัตว์น้ำ

สาหร่ายเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่ง สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยมีรายงานการใช้สาหร่ายเสริมในอาหารสัตว์น้ำหลายชนิด เช่น *Spirulina* sp. (Kiriratnikom and All, 2005) *Spirulina platensis* (Becker and Venkataraman, 1984) *Nostoc* (ศรีประภา และคณะ, 2557)

Spongi-ococum excentricum (Knauer and Southgate, 1996) และ *Nostoc commune* (สุนีรัตน์ และคณะ, 2555) โดยรงควัตถุที่ในสาหร่ายที่ทำให้เกิดสีสันในปลาคือ แคโรทีนอยด์ ซึ่งปลาไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่ผสมสาหร่ายกินเข้าไป (Lovell, 1934)

ในสัตว์น้ำเศรษฐกิจได้มีการนำสาหร่ายมาเสริมอาหารเพื่อประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่ จงกล และคณะ (2552) ได้ทดลองเลี้ยงปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* เพื่อเพิ่มแคโรทีนอยด์ในเนื้อของปลา ส่วนการใช้สาหร่าย *Spirulina* sp. ผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงปลานิลสีแดงจะเพิ่มแคโรทีนอยด์ในเนื้อของปลาด้วย (จงกลและนิวุฒิ, 2546) สาหร่าย *Spirulina platensis* ยังทำให้ปลาดุกมีภูมิคุ้มกันมากขึ้น ส่วนในปลาสวาย Amit *et al*., (2013) ได้ทดลองผสมสาหร่าย *Spirulina* 5% จะทำให้ อัตราการรอดตายของปลาสวายสูงถึง 94% และอาหารที่ผสมสาหร่าย *Spirulina* 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาเลียหินเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์อีกด้วย (สุจนีย์, ประสาน และสมพร, 2554) ในปลาตะกรับที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายไส้ไก่มีผลให้การเพิ่มระดับไลโซไซม์และปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของปลาตะกรับ เพ็ญศรี และคณะ (2556) ได้ทดลองในกุ้งก้ามกรามโดยมีการให้อาหารกุ้งผสมสาหร่าย *Spirulina* ทำให้กุ้งมีขนาดใกล้เคียงกันและสีกุ้งเข้มขึ้น (จงกล และขจรเกียรติ์, 2548) อีกทั้ง Menasveta *et al*. (1993) ได้นำสาหร่ายสีน้ำตาล *Chnoospora minima* มาสกัดสารสีแอสตาแซนทิน เพื่อเสริมในอาหารกุ้งให้เนื้อกุ้งเมื่อต้มมีสีแดงสวย ทำให้ราคาผลผลิตมีราคาสูงขึ้น การใช้สาหร่าย *Spirulina* ผสมในอาหาร 5%

ในปลาสวยงามสาหร่ายจะมาส่วนช่วยในเรื่องสีสันของปลาทำให้ปลามีราคาสูงขึ้น โดยสุนีรัตน์ และคณะ (2555) ได้นำสาหร่าย *Nostoc commune* แบบสดและแห้งมาผสมอาหารแล้วไปทดสอบกับปลาหมอสี Kenyi Cichlid, *Pseudotropheus lombardoi* พบว่าสาหร่าย *N. commune* สามารถใช้ผสมในอาหารเพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกันและเป็นแหล่งสารสีสำหรับเลี้ยงปลาหมอเคนยีได้ โดย *N. commune* แห้ง ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและทำให้อัตราแลกเนื้อดีกว่า ส่วน *N. commune* สด ทำให้ระดับความทนต่อเชื้อโรคและสีน้ำเงินสวยกว่า ในปลาแฟนซีคราฟการใช้สไปรูลินาสดและผง เป็นอาหารเลี้ยงปลาแฟนซีคราฟ มีผลทำให้การเติบโตดัชนีความสมบรูณ์เพศ สารสีคาโรทีนอยด์ ทำให้ปลาสีสวยขึ้นและภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น (จงกล และคณะ, 2555)

การใช้สารคาโรทีนอยด์ในปลาสวยงาม

คาโรทีนอยด์ เป็นสารสีที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยเฉพาะการทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ตลอดจนมีส่วนสำคัญในการเกิดสี ทำให้สิ่งมีชีวิตมีสีตัวแตกต่างกันไป ซึ่งสีจากคาโรทีนอยด์จะแสดงออกในแฉดสีเหลือง ส้ม และแดง โดยการแสดงออกของสีแดงในปลาทองเป็นาโรทีนอยด์ชนิดแอสต้าแซนทีน (astaxanthin) โดยสารกลุ่มคาโรทีนอยด์ประกอบปด้วยสรหลายชนิด เช่น บีตา-คาโรทีน (β-carotene) เซียแซนทีน (zeaxanthin), ลูทีน (lutein) แอสตาแซนทีน และแคนตาแซนทีน (cantaxanthin) เป็นต้น คาโรทีนอยด์แต่ละชนิดมีชีวภาพพร้อมใช้ในสัตว์น้ำ (bioavailability) แต่ละชนิดแตกต่างกัน (Chien *et al*., 2003) นอกจากนี้คาโรทีนอยด์ ชนิดเดียวกันก็ยังพบได้ทั้งในรูปคาโรทีนอยด์อิสระ และในรูปเอสเทอร์ ซึ่งให้ผลการใช้เป็นแหล่งสารสีในสัตว์น้ำต่างกัน และในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามมักเกิดปัญหาทางด้านคุณภาพน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดความเครียด และโรคระบาดได้ง่าย ซึ่งการที่คาโรทีนอยด์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระนั้น จึงช่วยให้ปลาสวยงามมีความต้านทานต่อความเครียด และความต้านทานโรคเพิ่มสูงขึ้น (Hunter, 2000) ปัจจุบันมีรายงานการศึกษาจำนวนมากซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องเสริมคาโรทีนอยด์ในอาหารสัตว์น้ำ

โดยเฉพาะปลาสวยงามเศรษฐกิจ เพื่อช่วยในด้านความต้านทานต่อความเครียด และช่วยปรับปรุงสีของสัตว์น้ำให้มีคุณภาพสูงขึ้น คาโรทีนอยด์ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นสารสังเคราะห์ เช่น บีตา-คาโรทีน และแอสตาแซนทีน ซึ่งมีราคาแพง ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น การประยุกต์ใช้คาโรทีนอยด์จากสาหร่ายพวงองุ่นจากการทดลองในครั้งนี้ ซึ่งเป็นสาหร่ายที่มีสารคาโรทีนอยด์ในปริมาณมากพอสมควรเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่น จึงเป็นแนวทางที่มีความเป็นไปได้ในการเพิ่มสีให้ปลาสวยงาม

การศึกษาการใช้สาหร่ายในอาหารของปลาคาร์ฟ

ปลาคาร์ฟ หรือปลาแฟนซีคราฟ (Fancy carp) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cyprinus carpio* Line เป็นปลาสวยงามที่ได้รับความนิยมจากผู้เลี้ยงมาเป็นเวลานาน ปลาคาร์ฟที่มีสีสันสวยงาม และรูปร่างที่ได้มาตรฐานจะมีราคาสูง เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งใน และต่างประเทศ (Paripatananont *et al*., 1999) แม้ว่าประเทศไทยจะมีศักยภาพในการผลิตปลาคาร์ฟเพื่อการส่งออก แต่ก็ยังมีปัญหา คือ ปลาคาร์ฟที่ทำการเพาะเลี้ยงมีสีสันที่ไม่สวยงาม ซึ่งจะมีผลทำให้ราคาของปลาคาร์ฟนั้นลดลง รวมทั้งจากปัญหาระหว่างการเลี้ยงของผู้เลี้ยงเองที่พบว่า เมื่อเลี้ยงได้ระยะหนึ่งสีของปลาคาร์ฟจะซีดลง ทั้งนี้เนื่องจากสีที่แสดงออกบนตัวปลาคาร์ฟเป็นสารสีชนิดคาโรทีนอยด์ ปลาคาร์ฟไม่สามารถที่จะสังเคราะห์ได้เอง จำเป็นที่จะต้องได้รับจากอาหารโดยตรง (Goodwin, 1984) ซึ่งสีจากคาโรทีนอยด์จะแสดงออกในเฉดสีเหลือง ส้ม และแดง โดยการแสดงของสีแดงในปลาคาร์ฟเป็นคาโรทีนอยด์ชนิด astaxanthin ซึ่งในสัตว์ต่างชนิดกันจะมีความสามารถในการเปลี่ยนและสะสมคาโรทีนอยด์ได้แตกต่างกัน โดยพบว่าปลาคาร์ฟสามารถเปลี่ยน lutein, zeaxanthin เป็น astaxanthin ได้ (Katayama *et al*., 1973) จากการศึกษาของ Hanzs *et al*. (2003) พบว่า ปลาคาร์ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้ *Chlorella vulgaris*, *Haematococcus pluvialis* และ spilulina เปรียบเทียบกับอาหารที่ใช้ astaxanthin สังเคราะห์โดยอาหารทั้ง 4 สูตรมีคาโรทีนอยด์รวม 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารที่ใช้ *Chlorella vulgaris* จะมีการสะสมคาโรทีนอยด์ที่ผิวหนัง และมีสีแดง (red hue; a*) สูงสุด เมื่อเลี้ยงในระยะเวลา 10 สัปดาห์ (Gouveia *et al*., 2003) ดังนั้น ผู้เลี้ยงควรคำนึงถึงอาหารที่ให้กับปลาคาร์ฟว่ามีคาโรทีนอยด์เพียงพอ เมื่อปลาคาร์ฟได้รับอาหารที่มีคาโรทีนอยด์แล้วจะทำให้มีสีสันสวยงามได้ การศึกษาในครั้งนี้จึงทำการศึกษาระดับที่เหมาะสมของการเสริมสาหร่ายก้ามกุ้งซึ่งมีสารสีคาโรทีนอยด์ในอาหารปลาที่จำหน่ายในท้องตลาด ต่อการเพิ่มความเข้มสีปลาคาร์ฟ รวมไปถึงผลต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร องค์ประกอบเลือดของปลาคาร์ฟ และอัตรารอดตายเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตอาหารเร่งสีสำหรับปลาคาร์ฟต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina* C.L. Willdenow) รูปแบบสด และแห้งก่อนการนำไปเสริมในอาหารเลี้ยงปลาคาร์ฟ
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้สารสกัด (crude extract) จากสาหร่ายก้ามกุ้งผสมในอาหารเม็ดระดับต่าง ๆ กันต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร องค์ประกอบเลือด อัตรารอดตาย และระดับสีของปลาคาร์ฟ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษาจะสามารถพัฒนาอาหารสัตว์น้ำไปในทิศทางและความต้องการที่เหมาะสมขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าทางการประมง และยกระดับการผลิตให้มีมาตรฐาน ตลอดจนสามารถนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ โดยองค์ความรู้ที่ได้จะเป็นทางเลือกเพิ่มเติม สำหรับเกษตรกร และผู้ผลิตอาหารสัตว์น้ำ อีกทั้งสามารถเผยแพร่ความรู้ในการพัฒนาวัตถุดิบอาหารและอาหารสัตว์น้ำให้แก่นิสิต นักศึกษา หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง กลุ่มเกษตรกร และผู้ประกอบการทุกระดับ เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ และส่งเสริมให้มีการนำนำไปใช้ได้จริง

วิธีการดำเนินการวิจัย

การประยุกต์ใช้สาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) เป็นสารเร่งสีปลาคาร์ฟ ทำการศึกษาระดับที่เหมาะสมของสารสกัด (crude extract) จากสาหร่ายก้ามกุ้งผสมในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยงปลาคาร์ฟเป็นเวลา 6 เดือน ซึ่งแบ่งออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดแคโรทีนอยด (carotenoid) ในรูป crude extract จากสาหร่ายก้ามกุ้งในการเรงสีของปลาคาร์ฟ ระดับความเข้มข้นที่ใช้ คือ 0, 25, 50, 75, 100 และ 125 มิลลิกรัมตออาหาร 1 กิโลกรัม และมีชุดการทดลองที่ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาคาร์ฟเป็นชุดเปรียบอีก 1 ชุดการทดลอง ดังนั้น มีชุดการทดลองทั้งสิ้น 7 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารเม็ดสำเร็จรูปไม่ผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง (สูตรควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง 25 มก./กก.
ชุดการทดลองที่ 3 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง 50 มก./กก.
ชุดการทดลองที่ 4 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง 75 มก./กก.
ชุดการทดลองที่ 5 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง 100 มก./กก.
ชุดการทดลองที่ 6 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง 125 มก./กก.
ชุดการทดลองที่ 7 อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาคาร์ฟ

การเตรียมระบบเลี้ยง

ทำการทดลองเลี้ยงในตู้กระจกในการเลี้ยง ขนาด 50x100x50 เซนติเมตร จำนวน 21 ตู้ ทำความสะอาด เติมน้ำจืดที่สะอาด สูง 30 เซนติเมตร ซึ่งจะมีปริมาตรน้ำในตู้กระจกเท่ากับ 150 ลิตร มีการให้อากาศตลอดเวลาโดยใช้สายยาง และหัวทราย

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการทดลองในปลาคาร์ฟขนาดประมาณ 5 – 7.5 เซนติเมตร ที่มีสีส้มเหลืองทั่วตัวให้มีระดับสีใกล้เคียงกัน โดยก่อนเริ่มทำการทดลองจะนำลูกปลามาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาด 1x4x1 เมตร ใส่น้ำ 0.8 ตัน (1x4x0.2 เมตร) ให้อาหารสมทบ (สูตรควบคุม) ที่จะใช้เลี้ยงวันละ 2 ครั้ง เพื่อให้ลูกปลาปรับสภาพก่อนเริ่มทำการทดลอง จนกระทั่งลูกปลาเคยชินกับอาหารเม็ด เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นสุ่มลูกปลาลงเลี้ยงในตู้ทดลอง จำนวน 15 ตัว/ตู้ ทำการชั่งหาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของปลาในทุกชุดการทดลอง

การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย

สาหร่ายน้ำจืดก้ามกุ้งที่เก็บจากแหล่งน้ำในจังหวัดกระบี่ นำสาหร่ายสดที่ได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แบ่งส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธีของ AOAC (2000) ส่วนที่

เหลือนำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยเครื่อง hammer mill ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช จากนั้นบรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แบ่งส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธีของ AOAC (2000)

การเตรียมสารสกัดหยาบของ carotenoid จากสาหร่าย

ทำการสกัดสาหร่ายด้วยการดัดแปลงตามวิธีของ de Quiros and Costa (2006) โดยนำสาหร่ายตากแห้งมาบดให้ละเอียดน้ำหนัก 25 กรัม ใส่ในขวดสีชา จากนั้นเติมเอทานอล 95% v/v ปริมาตร 500 มิลลิลิตร นำไปทำให้เซลล์แตกด้วยคลื่นความถี่สูงนาน 5 นาที และแช่ทิ้งไว้ ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้รงควัตถุถูกสกัดออกมาจากเซลล์ แล้วนำสารละลายไปปั่นแยกเศษเซลล์ที่ 3,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที เก็บสารละลายที่ได้นำไปกลั่นระเหยสุญญากาศทำให้เข้มข้นจนได้สารสกัดอยู่ในรูป crude extract นำไปชั่งน้ำหนักและเก็บไว้ในขวดสีชาเพื่อทำการทดลองต่อไป

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลองทุกสูตรอาหารจะใช้อาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูปขนาดเล็ก ที่มีจำหน่ายทั่วไป ได้แก่อาหารปลาทับทิมไฮเกร์ด 9951 (ระดับโปรตีนในอาหารจัดเตรียมบนความต้องการอาหารปลาไน (*Cyprinus carpio*) โดยใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ตามรายงานของ National Fisheries Research and Development Institute of Korea, 2006)

ขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง

นำสารสกัดที่อยู่ในรูป crude extract มาละลายใน absolute ethanol ตามระดับความเข้มข้นตามแผนการทดลอง แล้วไปสเปรย์ให้ทั่วอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาทับทิมทดลอง ที่แผ่กระจายบาง ๆ บนแผ่นพลาสติก ผึ่งลมให้แห้งในห้อง อาหารที่ผลิตแล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทธีลีน และเก็บในถุงสีดำเพื่อป้องกันแสง เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการใช้งาน

การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหารทั้ง 7 ชุดการทดลองทุกวัน วันละ 2 มื้อ (เช้า – เย็น) ตลอดการทดลอง ให้จนอิ่ม โดยในครั้งแรกจะให้อาหารประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และปรับปริมาณตามการกินอาหารของปลา บันทึกข้อมูลน้ำหนักอาหารที่ให้ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ทำการสุ่มตัวอย่างปลาคาร์ฟจากทุกชุดการทดลอง จำนวน 10 ตัว/ตู้ เพื่อชั่งน้ำหนักทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 6 เดือน และนำมาศึกษาการเจริญเติบโต (ในรูปค่าเฉลี่ยของข้อมูล) นำมาคำนวณค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

(specific growth rate: SGR, % ต่อวัน) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %) อัตรารอดตาย (survival rate, %) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Feed Efficiency) โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}$$

$$\text{น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น} = \text{น้ำหนักปลาทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}$$

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, \% ต่อวัน)} = \left(\frac{\ln \text{น.น. ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น.น. ปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{ระยะเวลา (วัน)}}\right) \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, \%)} = \left(\frac{\text{น.น. ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น.น. ปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}}\right) \times 100$$

$$\text{อัตรารอดตาย (survival rate, \%)} = \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้อาหาร} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด (กรัม)}}$$

การศึกษาองค์ประกอบเลือด

สุ่มปลาจากทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ตัวมาสลบด้วยน้ำยา 2-phenoxyethanol เจาะเลือดจากบริเวณโคนหาง โดยใช้เอทีลีนไดอะมีนเตตราอะซีติก (EDTA) 1.0% เคลือบหลอดทดลองเพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด เพื่อศึกษาองค์ประกอบของเลือดคือ

- Haemoglobin โดยใช้วิธี Cyanmet-haemoglobin ของ Larsen and Snieszko (1961)
- Haematocrit โดยวิธีดัดแปลงจาก Blaxhall and Daisley (1973)
- Blood cell count โดยดัดแปลงจากวิธีการของ กิจการ และสิทธิ (2538)

การศึกษาสีผิวตัวภายนอก

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการประเมินสีผิวตัวภายนอก โดยสุ่มปลาในแต่ละชุดการทดลองจำนวนซ้ำละ 5 ตัว ใช้การวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีทางวิทยาศาสตร์ (Hunter lab Colorimeter) สอบเทียบเครื่องวัดสีตามคู่มือแนะนำก่อนการใช้งานทุกครั้ง ตั้งหมวดการวัดค่าสีเป็นระบบ CIE LAB; *L*a*b** โดยวัดค่าสีทั้งหมด 3 ครั้งต่อตัวอย่าง คือ บริเวณส่วนบน 3 ตำแหน่ง และส่วนล่าง 3 ตำแหน่ง เปรียบระดับสีของปลาในแต่ละชุดการทดลอง

การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ในระหว่างการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลอง โดยดัชนีที่จะใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำประกอบด้วย อุณหภูมิน้ำวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท, ความเป็นกรด

เป็นด่างของน้ำ (pH) ด้วย pH meter, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) วัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบดิจิตอล YSI Model 650 MDS), ความเป็นด่างของน้ำ (ด้วยวิธีการ Titration)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ทำการประเมินค่าการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร องค์ประกอบเลือด และการศึกษาสีผิวตัวปลา ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ระหว่างชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test : DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาทำการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ในปีงบประมาณ 2563

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การทดลองเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) ในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูปที่ระดับความเข้มข้น 0, 25, 50, 75, 100 และ 125 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม นำมาใช้เลี้ยงปลาคาร์ฟที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 5.64±0.47 กรัม เป็นเวลา 6 เดือน ให้ผลการทดลอง ดังนี้

คุณสมบัติทางเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้งและอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้งสด พบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต (NFE) เท่ากับ 1.67±0.35, 0.54±0.15, 94.14±0.16, 0.51±0.05, 1.64±0.20 และ 1.50±0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้งอบแห้ง พบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต (NFE) เท่ากับ 19.76±0.65, 1.76±0.09, 8.96±0.23, 6.43±0.82, 16.13±0.26 และ 41.88±0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) และสาหร่ายก้ามกุ้งผงมีปริมาณคาโรทีนอยด์รวม (Total Carotenoids) เท่ากับ 228.57 มิลลิกรัม/100กรัม

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้งสด สาหร่ายก้ามกุ้งอบแห้ง อาหารปลาทับทิม อาหารปลาคาร์ฟสำเร็จรูป

ชุดการทดลอง	องค์ประกอบทางเคมี (%)					
	โปรตีน	ไขมัน	ความชื้น	เถ้า	เยื่อใย	NFE
สาหร่ายสด	1.67±0.35	0.54±0.15	94.14±0.16	0.51±0.05	1.64±0.20	1.50±0.28
สาหร่ายอบแห้ง	19.76±0.65	1.76±0.09	8.96±0.23	6.43±0.82	16.13±0.26	41.88±0.28
อาหารปลาทับทิม	32.69±0.10	4.84±0.63	11.14±0.09	8.91±0.11	7.45±0.12	34.97±0.15
(อาหารปลาคาร์ฟ)	37.04±0.19	1.70±0.02	5.98±0.05	11.32±0.12	17.75±0.28	43.96±0.26

การเจริญเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลาคาร์ฟ ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 6 เดือน พบว่า ปลาคาร์ฟมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการทดลองเลี้ยง ดังแสดงในตารางที่ 2 และ ภาพที่ 2 ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองปลาที่ใช้ทดลองทั้งหมดมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 5.64±0.47 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อทำการทดลองเลี้ยงตั้งแต่เดือนที่ 1 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลาคาร์ฟ ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยง พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลาคาร์ฟ ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้ง ในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ7 มีค่าเท่ากับ 74.28±6.14, 75.40±3.75, 76.41±3.47, 76.54±6.22, 76.65±5.53, 77.70±5.45 และ 80.77±5.81 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG, %) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน) อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาคาร์ฟ ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูประดับต่าง ๆ กัน ทั้ง 7 ชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 6 เดือน แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG, %) ของปลาคาร์ฟในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยชุดการทดลองที่ 4 (75 mg/kg) มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (1,309.57±60.26 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา ได้แก่ปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารในชุดการทดลองที่ 1 (0%), 6 (125%), 2 (25%), 7 (อาหารปลาคาร์ฟ), 5 (100%) และ 3 (50%) ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เท่ากับ 1,306.81±46.28, 1,287.85±53.08, 1,270.93±49.34, 1,262.26±62.71, 1,223.83±53.12 และ 1,178.76±57.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ผลการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR : %/วัน) ให้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยปลาคาร์ฟในชุดการทดลองที่ 1 (0%), 2 (25%), 3 (50%), 4 (75%), 5 (100%), 6 (125%) และชุดการทดลองที่ 7 (อาหารเม็ดปลาคาร์ฟ) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 1.47±0.24, 1.46±0.13, 1.42±0.06, 1.47±0.08, 1.43±0.10, 1.46±0.07 และ 1.46±0.05 %/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

อัตราการรอดตายของปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูประดับต่าง ๆ กัน ทั้ง 6 ชุดการทดลอง และชุดการทดลองที่ 7 เป็นสูตรเปรียบเทียบเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า อัตราการรอดตายของปลาทั้ง 7 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 95.56±7.69 - 100.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

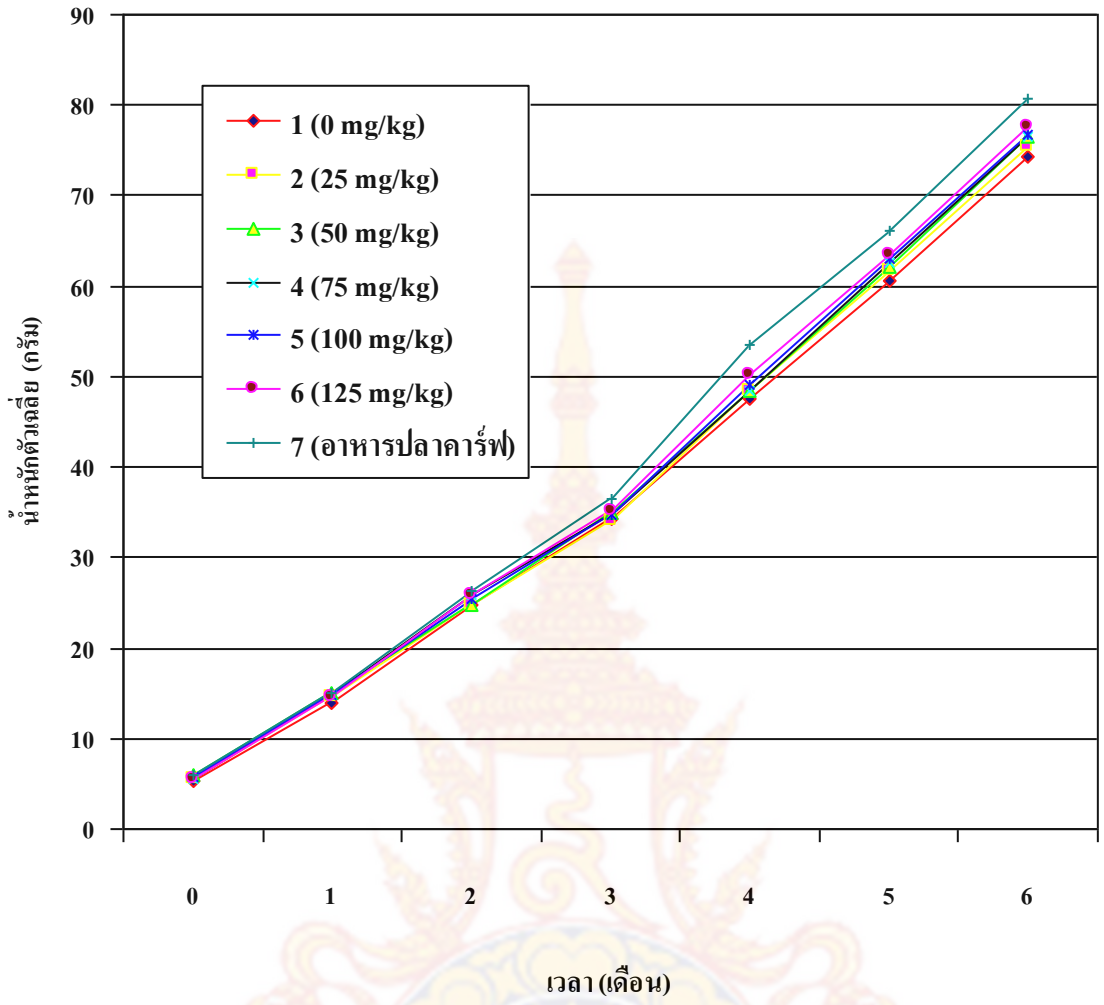
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูประดับต่าง ๆ กัน ทั้ง 6 ชุดการทดลองและชุดการทดลองที่ 7 เป็นสูตร

ตารางที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ย (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE หน่วยเป็นกรัม) ของปลาคาร์ฟ ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป ระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ระยะเวลา (เดือน)	ชุดการทดลอง						
	1 (0 mg/kg)	2 (25 mg/kg)	3 (50 mg/kg)	4 (75 mg/kg)	5 (100 mg/kg)	6 (125 mg/kg)	7 (อาหารปลาคาร์ฟ)
เริ่มทดลอง	5.28±0.42[a]	5.50±0.35[a]	5.98±0.23[a]	5.43±0.33[a]	5.79±0.34[a]	5.60±0.24[a]	5.93±0.27[a]
1	14.04±2.34[a]	14.53±2.16[a]	15.04±2.09[a]	14.88±2.34[a]	14.73±3.06[a]	14.55±2.71[a]	15.07±2.13[a]
2	24.75±2.41[a]	24.82±2.08[a]	24.66±2.56[a]	25.91±2.46[a]	25.32±2.55[a]	25.85±3.05[a]	26.29±2.25[a]
3	34.18±3.10[a]	34.07±3.10[a]	34.94±3.55[a]	34.73±4.60[a]	34.69±4.41[a]	35.15±3.43[a]	36.49±3.41[a]
4	47.58±3.42[a]	48.47±3.06[a]	48.42±3.14[a]	48.60±3.23[a]	49.02±3.58[a]	50.17±3.25[a]	53.45±3.44[a]
5	60.65±4.18[a]	61.80±3.76[a]	62.16±4.11[a]	62.54±4.85[a]	63.08±4.11[a]	63.44±5.02[a]	66.12±4.21[a]
6	74.28±6.14[a]	75.40±3.75[a]	76.41±3.47[a]	76.54±6.22[a]	76.65±5.53[a]	77.70±5.45[a]	80.77±5.81[a]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บของชุดการทดลอง คือระดับของการเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป (mg/kg)

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวนอนโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P>0.05)



ภาพที่ 2 การเจริญเติบโตของปลาคาร์ฟ ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูประดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ตารางที่ 3 น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ของปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูประดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ประสิทธิภาพการใช้อาหาร
1 (0 mg/kg)	5.28±0.42[a]	74.28±6.14[a]	1,306.81±46.28[a]	1.47±0.24[a]	95.56±7.69[a]	2.73±0.31[a]	0.36±0.06[a]
2 (25 mg/kg)	5.50±0.35[a]	75.40±3.75[a]	1,270.93±49.34[a]	1.46±0.13[a]	97.78±3.85[a]	2.24±0.16[a]	0.44±0.04[a]
3 (50 mg/kg)	5.98±0.23[a]	76.41±3.47[a]	1,178.76±57.29[a]	1.42±0.06[a]	95.56±7.69[a]	2.38±0.30[a]	0.42±0.03[a]
4 (75 mg/kg)	5.43±0.33[a]	76.54±6.22[a]	1,309.57±60.26[a]	1.47±0.08[a]	97.78±3.85[a]	2.28±0.22[a]	0.43±0.05[a]
5 (100 mg/kg)	5.79±0.34[a]	76.65±5.53[a]	1,223.83±53.12[a]	1.43±0.10[a]	100.00±0.00[a]	2.25±0.03[a]	0.44±0.01[a]
6 (125 mg/kg)	5.60±0.24[a]	77.70±5.45[a]	1,287.85±53.08[a]	1.46±0.07[a]	95.56±7.69[a]	2.64±0.33[a]	0.38±0.06[a]
7 (อาหารปลาคาร์ฟ)	5.93±0.27[a]	80.77±5.81[a]	1,262.26±62.71[a]	1.46±0.05[a]	100.00±0.00[a]	2.38±0.51[a]	0.42±0.02[a]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บของชุดการทดลอง คือระดับของการเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป (mg/kg)

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) P

สูตรเปรียบเทียบ เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารทั้ง 7 ชุดการทดลอง มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าอัตราแลกเนื้อ (FCR) ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 2.73±0.31, 2.24±0.16, 2.38±0.30, 2.28±0.22, 2.25±0.03, 2.64±0.33 และ 2.38±0.51 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูประดับต่าง ๆ กัน ทั้ง 6 ชุดการทดลอง และชุดการทดลองที่ 7 เป็นสูตรเปรียบเทียบ เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารทั้ง 7 ชุดการทดลอง มีค่าประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาคาร์ฟที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 0.36±0.06, 0.44±0.04, 0.42±0.03, 0.43±0.05, 0.44±0.01, 0.38±0.06 และ 0.42±0.02 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

การทดลองนำสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) มาสกัดและประยุกต์ใช้เสริมในอาหารสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์ฟ ซึ่งเป็นปลาสวยงามที่สำคัญ โดยนำสารสกัดจากสาหร่ายดังกล่าวมาผสมในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะเน้นในเรื่องของการใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งเสริมในอาหารทดลองที่ระดับ 0, 25, 50, 75, 100, 125 และ ชุดการทดลองเปรียบเทียบซึ่งใช้อาหารเม็ดปลาคาร์ฟสำเร็จรูป (ชุดการทดลองที่ 7) จากผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า เมื่อพิจารณาค่าการเจริญเติบโต จะเห็นได้ว่า ปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารที่มีการใช้สารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) เสริมในอาหาร ตั้งแต่ที่ระดับความเข้มข้น 25-125 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตาย ไม่แตกต่างกัน และไม่แตกต่างกับปลาคาร์ฟในชุดควบคุม (P>0.05) แสดงให้เห็นว่า ระดับของการใช้สารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารตั้งแต่ 25-125 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของปลาคาร์ฟ แตกต่างไปจากการใช้อาหารสำเร็จรูปที่ไม่ได้เสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้ง ทั้งนี้ เนื่องจากการเสริมสารสกัดที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวในอาหารสำเร็จรูปปลาทับทิมนั้น ไม่ได้ส่งผลให้อาหารทดลองมีระดับโปรตีนสูงขึ้น เพราะระดับโปรตีนในอาหารนั้นจะส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของปลาโดยตรง อาหารที่มีระดับโปรตีนสูงจะส่งผลให้ปลามีการเจริญเติบโตสูงขึ้นตามไปด้วย (เวียง, 2542) สอดคล้องกับผลการทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไกในอาหารเลี้ยงปลาทองของ ธัชศึก และคณะ (2554) พบว่า การเสริมสาหร่ายลงในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตาย นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ วุฒิพร และคณะ (2550) รายงานว่า การเสริมแคโรทีนอยด์สังเคราะห์ และสาหร่ายสไปรูลิน่าในอาหารเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของปลานิลแดงแปลงเพศ และเป็นไปในทำนองเดียวกับ วัฒนา และอุไรวรรณ (2562) ได้ทำการทดลองเสริมสาหร่ายพวงองุ่นในอาหารเลี้ยงปลาคาร์ฟที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม), 2, 4, 6, 8 และ 10% รายงานว่า การเสริมสาหร่ายพวงองุ่นในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของปลาคาร์ฟ ซึ่งจากผลการทดลองครั้งนี้ทำให้ทราบว่า สามารถเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารปลาทับทิมสำเร็จรูปที่ระดับความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 125 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม โดยไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของปลาคาร์ฟ

ค่าองค์ประกอบเลือดของปลาทดลอง

จากการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบเลือดของปลาทดลอง คือ องค์ประกอบของเม็ดเลือดได้แก่ ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาว ของปลาคาร์ฟที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารระดับต่าง ๆ ทั้ง 6 ชุดการทดลอง และชุดการทดลองที่ 7 (ใช้อาหารเม็ดปลาคาร์ฟสำเร็จรูปจากตลาด) เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ค่าฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาว ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าฮีโมโกลบิน ระหว่าง 10.10±1.03 - 12.80±1.48 กรัมต่อเดซิลิตร ค่าฮีมาโตคริตอยู่ในช่วง 35.00±1.36 – 45.00±2.02 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเม็ดเลือดแดงอยู่ในช่วง 1.89±0.16 - 2.41±0.24 $\times 10^6$ เซลล์ต่อไมโครลิตร ปริมาณเม็ดเลือดขาวอยู่ในช่วง 1.14±1.36 - 2.63±1.31 $\times 10^3$ เซลล์ต่อไมโครลิตร ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าองค์ประกอบเลือดของปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป ระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ชุดการทดลอง	ฮีโมโกลบิน (g/dl)	ฮีมาโตคริต (%)	เม็ดเลือดแดง ($\times 10^6$ cell/µl)	เม็ดเลือดขาว ($\times 10^3$ cell/µl)
1 (0 mg/kg)	11.60±1.57^a	41.00±2.58^a	2.00±0.18^a	1.14±1.36^a
2 (25 mg/kg)	10.50±1.06^a	37.00±1.67^a	1.89±0.16^a	1.23±1.20^a
3 (50 mg/kg)	10.10±1.03^a	35.00±1.36^a	2.03±0.23^a	1.52±1.93^a
4 (75 mg/kg)	10.50±0.74^a	37.33±1.43^a	2.15±0.18^a	2.31±2.13^a
5 (100 mg/kg)	12.80±1.48^a	45.00±2.02^a	2.14±0.40^a	2.50±1.20^a
6 (125 mg/kg)	11.10±1.20^a	39.33±2.01^a	2.41±0.24^a	1.47±1.40^a
7 (อาหารปลาคาร์ฟ)	12.40±1.61^a	43.00±2.34^a	2.05±0.27^a	2.63±1.31^a

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งเสริมในอาหารปลาสำเร็จรูป
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบเลือด คือ ค่าปริมาณโปรตีนในพลาสมา ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาว พบว่า ปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่าง ๆ ทั้ง 6 ชุดการทดลอง (ชุดการทดลองที่ 1-6) มีค่าองค์ประกอบของเลือด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้น การใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งทุกระดับ (0–125 mg/kg) ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเลือดของปลา สอดคล้องกับการทดลองเสริมสาหร่ายสีเขียวในอาหารเลี้ยงปลาทับทิมของ วัฒนา และคณะ (2558) ที่ใช้สาหร่ายขนนกอบแห้ง เสริมในอาหารในปริมาณที่ต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 และ 12.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ รายงานว่าผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเลือดของปลาทับทิม ได้แก่ ค่าฮีมาโตคริต ฮีโมโกลบิน พลาสมาโปรตีน ปริมาณเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาวของปลาทับทิมที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้สาหร่ายขนนกทดแทนแป้งสาลีในสูตรอาหาร (สูตรที่ 1-6) เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ปลาทับทิมที่

เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร มีค่าองค์ประกอบของเลือด ได้แก่ ค่าฮีมาโตคริต ฮีโมโกลบิน จำนวนเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาว ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ดังนั้น การใช้สาหร่ายขนนกทุกระดับ (0–50 เปอร์เซ็นต์) ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเลือดในตัวปลา และเมื่อพิจารณาค่าองค์ประกอบเลือดของปลาที่ทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปลาปกติ (Wedemeyer and Yasutake, 1977)

ระดับสีที่ผิวลำตัวปลา

ผลการวิเคราะห์ค่าสีที่ผิวลำตัวปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารทดลองเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งที่ระดับต่าง ๆ ทั้ง 6 ชุดการทดลอง และชุดการทดลองที่ 7 (ใช้อาหารเม็ดปลาคาร์ฟสำเร็จรูปจากตลาด) เป็นระยะเวลา 6 เดือน ใช้เครื่องมือในการวัดค่าสีมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ (Hunter lab Colorimeter) รุ่น Ultra scan Vis, Hunter Assoc, Lab, Inc., USA ตั้งหมวดการวัดค่าสีเป็นระบบ CIE (*L*a*b**) โดยวัดค่าสี บริเวณส่วนบนเส้นกลางลำตัวใต้ครีบหลัง และส่วนล่างเส้นกลางลำตัวบริเวณส่วนท้องหน้าครีบก้น เปรียบระดับสีของปลาในแต่ละชุดการทดลอง ให้ผลการศึกษา ดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 5 และ 6 และภาพผนวกที่ 1-7)

ค่าสี บริเวณส่วนบนใต้ครีบหลัง พบว่า ค่า *L** (ค่าสีขาว หรือ ความสว่าง) ของปลาคาร์ฟที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 7 ชุดการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 5 มีค่าอยู่ในช่วง 22.72±1.62 ถึง 25.59±2.31 โดยปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 1 (0 mg/kg) มีค่าสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารในชุดการทดลองที่ผสมสารสกัดจากสาหร่ายในชุดการทดลองอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 25.59±2.31 และค่า *L** ในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าสูงกว่าปลาคาร์ฟในชุดการทดลองที่ 4, 5 และ 6 แตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05)

ค่า *a** (ค่าสีแดง) ของปลาที่ได้รับอาหารทดลองเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง (สูตรที่ 1-5) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) พบว่า ระดับความเข้มของสีผิวปลาทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการผสมสารสกัดจากสาหร่าย เมื่อพิจารณาในชุดการทดลองที่เสริมสารสกัดจากสาหร่าย (ชุดการทดลองที่ 1-6) พบว่า ปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 6 (125 mg/kg) มีค่าสีแดงเท่ากับ 3.87±0.75 สูงกว่าในปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมสารสกัดจากสาหร่ายในอาหาร (ชุดการทดลองที่ 1) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) จากปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดจากสาหร่ายในชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, และ 5 ส่วนปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 7 (อาหารเม็ดปลาคาร์ฟ) มีค่าสีแดงสูงที่สุด เท่ากับ 3.96±2.15 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) จากปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายในชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 (ตารางที่ 5)

ค่า *b** (ค่าสีหลือง) พบว่า ระดับความเข้มของสีผิวปลาทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการผสมสาหร่าย ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 7.06±1.97 ถึง 8.04±2.51 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กล่าวได้ว่า การเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0–125 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ไม่ได้ส่งผลต่อค่าสีเหลือง (ค่า *b**) ในปลาคาร์ฟที่ทำการทดลองในครั้งนี้ และไม่ได้แตกต่างกับปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 7 (อาหารเม็ดปลาคาร์ฟ) ซึ่งมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 8.04±2.51 (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ระดับสีที่ผิวลำตัวบริเวณส่วนบนใต้ครีบหลังของปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารที่มีการใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งเสริมในอาหารปลาทับทิมสำเร็จรูประดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 6 เดือน

ชุดการทดลอง	ระดับค่าสี		
	*L**	*a**	*b**
1 (0 mg/kg)	25.59±2.31[a]	2.25±0.89[b]	7.06±1.97[a]
2 (25 mg/kg)	25.04±2.13[ab]	2.81±1.12[ab]	7.21±2.24[a]
3 (50 mg/kg)	23.79±3.18[abc]	2.90±0.82[ab]	7.27±2.07[a]
4 (75 mg/kg)	23.43±1.90[bc]	2.98±0.76[ab]	7.33±2.10[a]
5 (100 mg/kg)	23.12±1.92[bc]	3.04±1.25[ab]	7.87±2.48[a]
6 (125 mg/kg)	22.72±1.62[c]	3.87±0.75[a]	7.45±2.19[a]
7 (อาหารปลาคาร์ฟ)	25.53±2.42[a]	3.96±2.15[a]	8.04±2.51[a]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับการเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารปลาทับทิมสำเร็จรูป
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)p

ส่วนค่าสี ลำตัวส่วนล่าง บริเวณส่วนท้องหน้าครีบก้นของปลาคาร์ฟทดลอง พบว่า ค่า *L** (ค่าสีขาว หรือ ความสว่าง) ของปลาคาร์ฟที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 7 ชุดการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 6 มีค่าอยู่ในช่วง 31.34±2.26 ถึง 33.76±3.34 โดยปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 1 (0 mg/kg) มีค่าสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารในชุดการทดลองที่ผสมสารสกัดจากสาหร่ายในชุดการทดลองอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 33.76±3.34 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จากปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารในชุดการทดลองที่ 7 ซึ่งมีค่าความสว่าง (*L**) ต่ำที่สุด เท่ากับ 31.34±2.26 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) จากปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารในชุดการทดลอง 2, 3, 4, 5 และ 6 (ดังแสดงในตารางที่ 6)

ค่า *a** (ค่าสีแดง) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และระดับความเข้มของสีผิวปลาทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการผสมสารสกัดจากสาหร่าย ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 2.09±0.70 ถึง 2.97±0.60 โดยปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 6 (125 mg/kg) มีค่าสีแดง เท่ากับ 2.82±1.22 สูงกว่าในปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ผสมสารสกัดจากสาหร่ายในชุดการทดลองที่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.09±0.70 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05) ส่วนปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 7 (อาหารเม็ดปลาคาร์ฟ) มีค่าสีแดงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 2-6 (ตารางที่ 6)

ค่า *b** (ค่าสีหลือง) พบว่า ระดับความเข้มของสีผิวปลาทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการผสมสาหร่าย ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 7.73±1.80 ถึง 8.63±1.42 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กล่าวได้ว่า การเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0–125 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ไม่ได้ส่งผลต่อค่าสีเหลือง (ค่า *b**) ของลำตัวส่วนล่าง บริเวณส่วนท้องหน้าครีบก้นของปลาคาร์ฟที่ทำการทดลองในครั้งนี้ และไม่ได้แตกต่างกับปลาคาร์ฟที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 7 (อาหารเม็ดปลาคาร์ฟ) ซึ่งมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 8.63±1.42 (ตารางที่ 6)

เมื่อพิจารณาค่าสีที่ผิวลำตัวบริเวณส่วนบนใต้ครีบหลัง และลำตัวส่วนล่าง บริเวณส่วนท้องหน้าครีบก้นของปลาคาร์ฟทดลองในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่าระดับความเข้มของสีผิวปลาคาร์ฟทดลองในชุดการทดลองที่เสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง (ชุดการทดลองที่ 1-6) มีค่าสี *a** และ *b** มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการผสมสารสกัดจากสาหร่ายในทุก ๆ ชุดการทดลอง และปลาที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง (ที่ระดับ 25-125 mg/kg) ให้ค่าสีของ *a** และ *b** สูงกว่าปลาคาร์ฟที่ไม่ได้ใช้สารสกัดจากสาหร่ายเสริมในอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากสาหร่ายก้ามกุ้งมีสารสีที่เป็นรงควัตถุจำพวกคาโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งจากการทดสอบหาปริมาณคาโรทีนอยด์รวม (Total Carotenoids) ในสาหร่ายก้ามกุ้งในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า มีปริมาณเท่ากับ 228.57 mg/100g สอดคล้องกับรายงานของ Lewmanomont and Ogawa (1995) รายงานว่า สาหร่ายทะเลสีเขียวสกุล *Caulerpa* มีรงควัตถุคาโรทีนอยด์ เช่นเดียวกับในพืชชั้นสูงทั่วไป จึงส่งผล

ตารางที่ 6 ระดับสีที่ผิวลำตัวส่วนล่าง บริเวณส่วนท้องหน้าครีบก้นของปลาคาร์ฟที่มีการใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งเสริมในอาหารปลาทับทิมสำเร็จรูประดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 6 เดือน

ชุดการทดลอง	ระดับค่าสี		
	*L**	*a**	*b**
1 (0 mg/kg)	33.76±3.34[a]	2.09±0.70[b]	7.73±1.80[a]
2 (25 mg/kg)	33.71±2.98[a]	2.18±0.76[ab]	7.34±2.04[a]
3 (50 mg/kg)	32.91±1.75[ab]	2.35±0.78[ab]	7.74±1.22[a]
4 (75 mg/kg)	32.19±1.56[ab]	2.35±0.70[ab]	7.98±1.62[a]
5 (100 mg/kg)	32.29±2.79[ab]	2.24±1.07[ab]	8.08±2.71[a]
6 (125 mg/kg)	31.99±2.95[ab]	2.82±1.22[a]	8.22±2.46[a]
7 (อาหารปลาคาร์ฟ)	31.34±2.76[b]	2.97±0.60[a]	8.63±1.42[a]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารปลาทับทิมสำเร็จรูป
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ให้ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายดังกล่าว มีระดับของสีเข้มขึ้นมากกว่าปลาที่ไม่ได้รับสารสีจากสาหร่าย สอดคล้องกับรายงานของธัชศึก และคณะ (2554) รายงานผลการใช้สาหร่ายบางชนิดเร่งสีในสัตว์น้ำ และปรับปรุงสีของปลาสวยงาม พบว่า สาหร่ายสรูลิน่า (*Spirulina platensis*) กับสาหร่ายไก (*Cladophora* sp.) สามารถช่วยในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน และปรับปรุงสีทำให้สีบนตัวปลาทองมีสีแดง และสีเหลืองเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่า *L** หรือค่าความสว่างจะมีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของการผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง ทำให้ทราบว่าการเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเลี้ยงปลาคาร์ฟสามารถเพิ่มระดับสีในปลาคาร์ฟได้

การเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารที่ระดับ 125 mg/kg เลี้ยงปลาคาร์ฟ เป็นระดับที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งไม่ได้เสริมสารสกัดจากสาหร่าย โดยเห็นความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) และเห็นได้ด้วยสายตาอย่างชัดเจน (ภาพผนวกที่ 1-7) และเมื่อเปรียบเทียบกับปลาคาร์ฟในชุดการทดลองเปรียบเทียบ (ชุดการทดลองที่ 7) ซึ่งใช้อาหารเม็ดปลาคาร์ฟจากตลาด พบว่า ระดับสีผิวตัว (ค่า *a** และ *b**) มีค่าใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5และตารางที่ 6) แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งเสริมในอาหารเม็ดปลาทับทิมเพื่อเพิ่มระดับสีในปลาคาร์ฟได้เทียบเท่ากับอาหารเม็ดปลาคาร์ฟจากตลาด ซึ่งอาหารเม็ดปลาคาร์ฟจากตลาดได้มีการเสริมสาหร่าย สไปรูลิน่าในอาหารไว้แล้ว เพราะมีรายงานการวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบว่า การเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าในอาหารเลี้ยงปลาคาร์ฟ และปลาทอง สามารถเพิ่มระดับสี *a** และ *b** ในปลาได้ (จงกลและคณะ, 2555) เนื่องจากในสาหร่ายสไปรูลิน่ามีสารสีคาโรทีนอยด์ (carotenoid) เช่นเดียวกับสาหร่ายก้ามกุ้ง

คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง (ตารางที่ 7) พบว่า อุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 25.89 ถึง 29.53 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 7.75 ถึง 8.32 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 6.56 ถึง 7.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างของน้ำ 85.40 ถึง 120.64 มิลลิกรัมต่อลิตร เทียบกับแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย 0.31 ถึง 0.49 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.18 ถึง 0.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าอยู่ในช่วงที่ปลาคาร์ฟสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาในบ่อ (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและกองส่งเสริมการประมง, 2550)

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองของการเลี้ยงปลาคาร์ฟ ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งเสริมในอาหารปลาทับทิมสำเร็จรูป ระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 6 เดือน

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)	ความเป็นกรดเป็นด่าง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l)	ความเป็นด่าง (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)	ไนไตรท์ (mg/l)
1 (0 mg/kg)	27.65-29.00	8.13-8.32	6.56-7.10	85.40-113.78	0.32-0.39	0.18-0.27
2 (25 mg/kg)	29.03- 29.50	7.75-8.26	6.96-7.08	90.56-108.40	0.35-0.49	0.19-0.29
3 (50 mg/kg)	28.64-29.10	8.06-8.28	6.65-7.05	90.78-115.73	0.33-0.42	0.25-0.30
4 (75 mg/kg)	25.89-29.25	7.90-8.25	6.63-7.12	92.17-120.64	0.36-0.40	0.23-0.29
5 (100 mg/kg)	29.04-29.53	7.98-8.29	6.61-7.09	90.60-109.39	0.31-0.39	0.20-0.28
6 (125 mg/kg)	28.83-29.20	8.04-8.16	6.64-6.94	92.86-118.34	0.33-0.46	0.21-0.27
7 (อาหารปลาคาร์ฟ)	28.83-29.20	8.00-8.15	6.73-6.95	92.86-113.34	0.35-0.40	0.25-0.30

<u>หมายเหตุ</u> : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งเสริมในอาหารปลาทับทิมสำเร็จรูป

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ผลของการเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) ในอาหารต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบเลือด และระดับสีของปลาคาร์ฟ สรุปได้ว่า

1. องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้งสด มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เยื่อใย และ NFE เท่ากับ 1.67, 0.54, 94.14, 0.51, 1.64 และ 1.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้งอบแห้ง มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เยื่อใย และ NFE เท่ากับ 19.76±0.65, 1.76±0.09, 8.96±0.23, 6.43±0.82, 16.13±0.26 และ 41.88±0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. การเสริมสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูปทุกระดับ (0 – 125 mg/kg) ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบเลือด ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตรารอดตายของปลาทดลอง ($P>0.05$) แต่ส่งผลให้ระดับความเข้มของสีผิวตัวปลาคาร์ฟ (ค่าสีแดง, a*) มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง

3. การเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูปที่ระดับ 125 mg/kg เลี้ยงปลาคาร์ฟ เป็นระดับที่เหมาะสมในการเพิ่มระดับสีตัวปลาคาร์ฟ เมื่อเทียบกับปลาในชุดควบคุม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาปริมาณของสารสีแอสต้าแซนทินในสาหร่ายก้ามกุ้ง และในอาหารทดลองเสริมสารสกัดสาหร่ายก้ามกุ้งเพิ่มเติม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการยืนยันผลการทดลองได้อย่างแท้จริง

2. ควรทำการศึกษาระดับความเข้มข้นของการใช้สารสกัดที่สูงขึ้น และศึกษาถึงต้นทุนในอาหารเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง

3. ผู้สนใจ สามารถนำวิธีการทดลองดังกล่าว ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารเพิ่มระดับสีของปลาคาร์ฟเชิงพาณิชย์ได้

บรรณานุกรม

กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง และกองส่งเสริมการประมง. 2550. การเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากผนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 16 น.

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์. 2527. สาหร่าย (ALGAE). คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 343น.

กิจการ ศุภมาตย์ และสิทธิ บุญยรัตผลิน. 2538. การศึกษาภูมิคุ้มกันโรคและแนวทางการใช้วัคซีนป้องกันโรคติดเชื้อแบคทีเรียและไวรัสในกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*). รายงานการวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 1-17.

จงกล พรมยะ และขจรเกียรติ์ แซ่ตัน. 2548. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเพื่อสุขภาพ. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

จงกล พรมยะ และนิวุฒิ หวังชัย. 2546. การเพาะเลี้ยงสาหรายสไปรูลินาเพื่อเปนอาหารปลาสำเร็จรูป. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมงคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแมโจ, 76 น.

จงกล พรมยะ, ขจรเกียรติ ศรีนวลสม และชนกันต์ จิตมนัส. 2552. ผลของสาหร่ายสไปรูรินา่ และสาหร่ายไกต่อการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อและการสร้างการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ในปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*). วารสารการประมง. 62: 511 - 518.

จงกล พรหมยะ, ขจรเกียรติ ศรีนวลสม และศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2554. ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อการเติบโต ดัชนีการเจริญพันธุ์ สารสีแคโรทีนอยด์ และการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันในการเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟ. การประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ. ครั้งที่ 5. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. 157 น.

จงกล พรมยะ, บัญชา ทองมี และขจรเกียรติ ศรีนวลสม. 2555. ผลของอาหารผสมสไปรูลิน่าต่อการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์เพศ และระบบภูมิคุ้มกันในปลาแฟนซีคราฟ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 6: 11 - 22.

เพ็ญศรี เมืองเยาว์, ทศพล พลรัตน์, อัตรา ไชยมงคล และ ไวทัศน์ หนูกล่ำ. 2556. การเจริญเติบโตและอัตรารอดของปลาตะกรับ (*Scatophagus argus* Linneaus, 1766) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเสริมด้วยสาหร่ายไส้ไก่. เอกสารวิชาการ กรมประมง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สงขลา. 13: 18 หน้า.

ธัชศึก พร้อมคุ้ม, จงกล พรหมยะ, เกลียงศักดิ์ เม่งอำพัน, นิวุฒิ และชนกันต์ จิตมนัส. 2554. ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไกต่อ การกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันและปรับปรุงสีของปลาทอง. การประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ. ครั้งที่ 5. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. 157 น.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2556. สาหรายน้ำจืดในประเทศไทย. ห่องปฏิบัติการวิจัยสาหรายประยุกต สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม, เชียงใหม.

วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล และ เจษฎา อิสเหาะ. 2558. การประยุกต์ใช้สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ (*Caulerpa racemosa*) เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตและสารเหนียวในอาหารปลาทับทิม**.** รายงานการวิจัยประจำปี 2558. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง, ตรัง.

วัฒนา วัฒนกุล และอุไรวรรณ วัฒนกุล. 2562. ผลของการเสริมสาหร่ายพวงองุ่นในอาหารต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบเลือด และระดับสีของปลาคาร์ฟ. น. 1207-1217. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 12 : 2562. มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, ภูเก็ต.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตรสัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วุฒิพร พรหมขุนทอง, อุดมนันท์ อุดม, กิจการ ศุภมาตย์ และสุภฎา คีรีรัฐนิคม. 2550. ผลของแคโรทีนอยด์จากสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อการสะสมแคโรทีนอยด์และภูมิคุ้มกันในปลานิลแดงแปลงเพศ. วารสารสงขลานครินทร์. 29(5) : 1301-1319.

ศรีประภา บุตรดามา สุดาพร ตงศิริ จงกล พรมยะ และอุดมลักษณ์ สมพงษ์. 2557. สภาวะที่เหมาะสมและคุณค่าทางโภชนาการในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไข่หินและสาหร่ายลอนในการใช้เป็นอาหารปลาสวยงาม. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 8 : 60 - 73.

สมรักษ์ รอดเจริญ. 2550. การผลิตชีวมวล การสะสมแป้งและการผลิตกรดอินทรีย์โดยกระบวนการหมักด้วยแอนแอโรบิคแบคทีเรียจากชีวมวลสาหร่ายสีเขียวและไซยาโนแบคทีเรีย. การประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ. ครั้งที่ 3. คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 151 น.

สุจนีย์ พรโสภิณ ประสาน พรโสภิณ และสมพร กันธิยะวงค์. 2554. การเลี้ยงปลาเลียหินด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูไลนาในสัดส่วนที่ต่างกัน. วารสารการประมง. 64 : 230 - 240.

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ และปวีณา ทวีกิจการ. 2555. การใช้อาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* สดและแห้งในการเลี้ยงปลาหมอสี Kenyi Cichlid, *Pseudotropheus lombardoi* วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยข่อนแก่น. 40 (1) : 208 - 217.

Amit Jana, J. D. Saroch, K. Borana. 2013. Effect of spirulina as a feed supplement on survival and growth of pangasius sutchi. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2014 : 77 – 79.

AOAC (Association of official Analytical I Chemists). 2000. Official Methods of Analysis. Association of official Analytical I Chemists, Washington D.C.

Becker E.W., Venkataraman, L.V. 1984. Production and utilization of the blue-green alga Spirulina in India. *Biomass* 4 : 105 - 125.

Blaxhall, P.C. and Daisley, K.W. 1973. Routine hematological methods for use with fish blood. J.Fish Biol. 5 : 771-781.

Burtin, P. 2003. Nutrition value of seaweeds. Electronic Journal of Environmental Agricultural and Food Chemistry. Vol. 2 (4). Pp 498-503.

Chien, Y. H., Pan, C. H. and Hunter, B. 2003. The resistence to physical stresses by *Penaeus monodon* juveniles fed diets supplemented with astaxanthin. Aquaculture 216: 333-346.

de Quirós, A.R. and Costa, H.S. 2006. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. J. Food Compos. Anal 19:97–111.

Fleurence, J. 1990. Seaweed protein: biochemical, nutritional aspects and potentioa uses. Trends in Food Science and Technology. Vol. 10 (1). Pp 25-28.

Goodwin T.W. 1984. The biochemistry of the carotenoids. Volume II animals. Chapman and Hall. New York. 224 p.

Gouveia l., P. Rema, O. Pereira and J. Empis. 2003. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. Aquaculture Nutrition. 9 : 123-129.

Hanzs C., I. Magyary, T. Molanar, S. Sato. P. Horn and N. Taniguchi. 2003. Evaluation of color Intensity enhanced by paprika as feed additive in goldfish and koi carp using computer-assisted image analysis. Fisheries science. 69 : 1158-1161.

Hunter, B. 2000. Physiological function of astaxanthin and other carotenoids in marine organisms. In First South East Asia and Pacific Regional Meeting in carotenoids. p.19. Bangkok Thailand 2-5 August 2000. Mahidol University, Bangkok.

Katayama T., K. Shintani and C.O. Chichester. 1973. The biosynthesis of astaxanthin. Comp. Biochem. Physiol. 448 : 253-257.

Kiriratnikom, S., Zaau, R. and Suwanpugdee, A. 2005. Effects of various levels of *Spirulina* on growth performance and pigmentation in goldfish (*Carassius aurarus*) Songklanakarin. Journal of Science and Technology 27: 133-139.

Knauer, J. and Southgate, P.C. 1996 Nutritional value of spraydrird freshwater alga, *Spongiococcum excentricum,* for Pacificoyster, (*Crassostrea gigas*) spat. Aquaculture 146 : 135-146.

Lahaye, M. and C. Rochas. 1991. Chemical structure and physico-chemical properties of agar. Hydrobiologia 221: 137-148.

Larsen, H.M. and Snieszko, S.F. 1961. Modification of the microhematocrit technique with trout blood. Trans. Am. Fish. Soc. 90 : 345-356.

Lewis, J. 1987. Checklist and Bibliography of Benthic Marine Algae Recorded From Northerm Australia.III. Chlorophyta. Australian Dept. Defence, Defence Science Tech. Org. Materials Research Lab., Report 1063. 55 p.

Lewmanomont, K. and H. Ogawa. 1995. Common seaweeds and seagrasses of Thailand. Faculty of Fisheries, Kasatsart Universityy. 164 p.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. Biol. Chem. 193 : 350-356.

Lovell, T. 1934. Nutrition and Feeding of Fish. United States of America. 260 p.

MacArtain, P., PhD, Gill, C.I.R., Brooks, M., Campbell, R. and Rowland, I.R., PhD,. 2007.

Nutritional Value of Edible Seaweeds. Nutrition Reviews, Vol, 65. No.12, pp. 535-543.

Menasveta, P., Worawattanamateekul, W., Latscha, T. and Clark, J.S. 1993. Correction of black Tiger prawn (*Penaeus monodon* Fabricus) coloration by astaxanthin. Aquaculture Engineering. 12 : 203 - 213.

National Fisheries Research and Development Institute of Korea. 2006. Nutrition. Access at 28 April 2006. From http://www.lib.noaa.gov/korea/feeds/nutrition.htm.

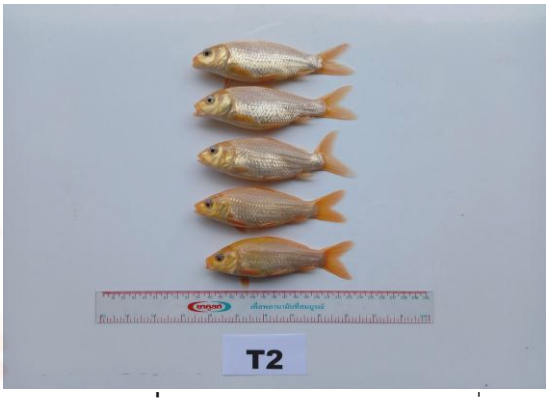
Paripatananont T., J. Tangtrongpairoj, A. Sailasuta and N. Chansue. 1999. Effect of a astaxanthin on pigmentation of goldfish (*Carassius auratus*). Journal of the World Aquaculture Soc. 30 : 454-460.

Suzuki, M., Y. EGAWA, and T. OKUDA. 1965. Studies on Streptomyces antibiotic, cycloheximide. XV. Hydroxycarbonylation of optically active 2,4 - dimethylcyclohexanones with glutarimide-β-acetaldehyde. (Synthesis of isocycloheximide and its isomers.) Chem. Pharm. Bull. 11, 582-588 .

Wedemeyer, G. A. and W.T. Yasutake. 1977. Clinical methods for the assessment of the effects of environmental stress on fish health. U. S. Fish WildI. Serv. Tech. Pap. 89 : 1-18.

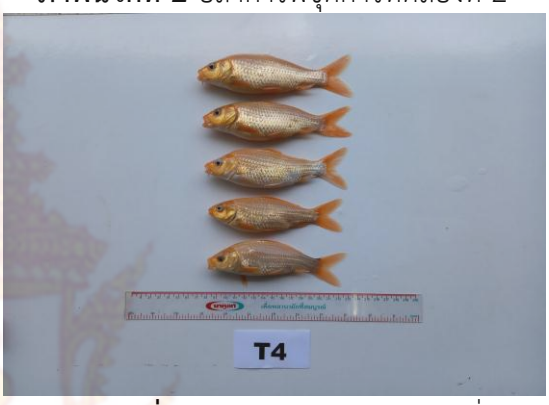
ภาคผนวก

ภาพนวกที่ 1 ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 1



ภาพนวกที่ 2 ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 2

ภาพนวกที่ 3 ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 3



ภาพนวกที่ 4 ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 4

ภาพนวกที่ 5 ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 5

ภาพนวกที่ 6 ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 6

ภาพนวกที่ 7 ปลาคาร์ฟชุดการทดลองที่ 7