ผลของการเสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8870 ต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการสร้างสีของปลากัด (*Betta splendens* Regan, 1910)

Effects of cyannobacteria, *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8870 supplementation on growth, feed utilization and coloration of Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910)

ฐิรารัตน์ แก้วจำนง[1] สมรักษ์ รอดเจริญ[1*] อำนวยโชค เวชกุล[1] ธัชชา สามพิมพ์[2] การุณ ทองประจุแก้ว[3] นัทท์ นันทพงศ์[4] มานพ อาดำ[1] และเสาวลักษณ์ มาลาวะ[4]

Thirarat Kaewchamnong[1], Somrak Rodjaroen[1*], Amnuaychok Wetchakul[1], Thatcha Sampim[2], Karun Thongprajukaew[3], Nutt Nuntapong[4], Manop Adam[1] and Saowalak Malawa[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการสร้างสีของปลากัด (*Betta splendens* Regan, 1910) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8870 โดยเลี้ยงปลากัดอายุ 6 สัปดาห์ (0.72±0.09 กรัม) ด้วยอาหารที่มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.0 1.0 2.5 5.0 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ แต่ละชุดการทดลองมี 15 ซ้ำ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าปลากัดที่เลี้ยงด้วยอาหารไม่เสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 และที่มีการเสริมสาหร่าย 1 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย ความยาวเพิ่มขึ้นเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวันดีที่สุดและมีความแตกต่างกัน

[1] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[2] สาขาวิชานวัตกรรมชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[3] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[4] สาขาวิชาวาริชศาสตร์และนวัตกรรมการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

* Corresponding author e-mail: somrak_25@hotmail.com

Received: 18 May 2021, Revised: 1 June 2021, Accepted: 2 June 2021

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง ยกเว้นอัตราการรอดตายที่ทุกชุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 100±0.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าชุดการทดลองที่มีการเสริมสาหร่าย 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำที่สุดและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองของสีผิวของปลากัดที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมและไม่เสริมสาหร่ายสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์เอนไซม์เพปซินและไคโมทริปซินไม่มีความแตกต่างกัน แต่กิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไลเปสมีค่าสูงในปลาในชุดควบคุมและปลาที่ได้รับสาหร่ายที่ระดับ 1.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) คุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลากัดพบว่าค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง และค่าอุณหภูมิน้ำมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยพบว่าชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ต่ำสุดอยู่ที่ 6.24±0.10 และค่าอุณหภูมิน้ำ พบว่าที่เสริมสาหร่าย 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอุณหภูมิต่ำสุดคือ 26.34±0.03 องศาเซลเซียส ส่วนค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและแอมโมเนียไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าอาหารปลากัดที่มีการเสริมสาหร่าย 1.0 เปอร์เซ็นต์มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุดซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการเลี้ยงปลากัดเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: *Nostoc commune* การเจริญเติบโต ปลากัด

Abstract

The objective of this research was to study the growth, feed utilization, and coloration of Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910) fed with *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8870 supplemented diets. The 6-week-old fish (0.72±0.09 g) were fed with experimental diets containing five inclusion levels of *N. commune* (0.0, 1.0, 2.5, 5.0 and 10.0%), comprising fifteen fish each, over eight-week duration. The fish fed control and 1.0% *N. commune* containing diets exhibited superior average body weight, average body length, daily weight gain and percentage of daily weight gain, as compared to remaining treatments ($p < 0.05$), while survival rate was 100±0.00% in all dietary treatments. Significantly positive feed conversion ratio was obtained in fish fed 1.0% *N. commune* containing diet relative to remaining treatments ($p < 0.05$). The lightness, redness and yellowness did not differ between fish fed

control and *N. commune* containing diets ($p > 0.05$). Specific activities of pepsin and chymotrypsin were not different, whereas specific activity of lipase was high in fish fed control diet and the diets containing 1.0 and 2.5% *N. commune* ($p > 0.05$). The differences in average pH and temperature were found over experimental duration ($p < 0.05$). The lowest pH (6.24±0.10) and temperature (26.34±0.03 °C) were recorded in respective treatments of control and 2.5% *N. commune* containing diet. There was no statistical difference in dissolved oxygen ammonia concentration in all dietary groups ($p > 0.05$). Findings from the current study indicate that fish fed diet containing 1.0% *N. commune* contributes the lowest conversion ratio, reducing the cost for commercial production of Siamese fighting fish farming.

Keywords: *Nostoc commune*, Growth, *Betta splendens*

บทนำ

สาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc commune* Vaucher) เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบได้ทั่วไป มีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง มีการเจริญเติบโตเป็นแบบเส้นสายและมีเมือกห่อหุ้ม มีสีเขียวแกมน้ำเงินจนถึงสีเขียวอมเหลือง ขนาดของสาหร่ายจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เจริญเติบโต สาหร่ายชนิดนี้นิยมนำมาบริโภคเป็นอาหาร และมีสมบัติทางเภสัชกรรมในการลดการอักเสบ แก้ไขโรคตาบอดกลางคืน และรักษาแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก (Qiu *et al*., 2002) การศึกษาข้อมูลทางโภชนาการของสาหร่ายเห็ดลาบที่พบในธรรมชาติ พบว่า มีปริมาณโปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน มีไขมันต่ำและมีใยอาหารสูงถึง 43 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีวิตามินเอและกรดอะมิโนจำเป็นเพิ่มขึ้น แต่มีใยอาหารลดลง 17 เท่า (อาภารัตน์, 2546)

การใช้สาหร่ายเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารมีรายงานในสัตว์น้ำหลายชนิด (Thongprajukaew *et al*., 2011; Rountos *et al*., 2019; Sattanathan *et al*., 2020) โดยเฉพาะการนำสาหร่ายมาผสมในอาหารสัตว์น้ำ ทั้งการเสริมแบบทดแทนสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหาร หรือการเสริมเพื่อปรับปรุงสีและกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน (เทพรัตน์ และคณะ, 2554) ทั้งนี้หวังผลว่าจะสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด ลดอัตราการแลกเนื้อ และเพิ่มภูมิคุ้มกัน (Peiiaflorida and Golez, 1996)

การศึกษาครั้งนี้ คาดว่าสามารถหาระดับปริมาณสาหร่าย *N. commune* TISTR 8870 ที่เหมาะสมสำหรับใช้เสริมในอาหารปลากัดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้

อาหารในปลากัด ตลอดจนสามารถส่งเสริมให้มีการนำสาหร่ายชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 และการเตรียมสาหร่ายแห้ง

นำหัวเชื้อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 จากคลังสาหร่าย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) เลี้ยงในอาหารสูตร BG-11 ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยเติมอาหารปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปวางบนเครื่องเขย่าเลี้ยงสาหร่าย ความเร็ว 150 รอบต่อนาที โดยให้ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ช่วงรับแสงมืด : สว่าง เท่ากับ 12 : 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 28$\pm$1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ (อดิศักดิ์, 2559) เมื่อได้ความหนาแน่นของเชื้อเพียงพอ นำเชื้อไปขยายต่อใน ฟลาสก์ 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุอาหารปริมาตร 200 มิลลิลิตร แล้วนำไปเลี้ยงที่สภาวะเหมือนเดิม จนได้ปริมาตรของเชื้อเพียงพอสำหรับการทดลองขั้นต่อไป หลังจากนั้นนำตัวอย่างสาหร่ายไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Delta 2-24 LSC; Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Osterodeam Harz, Germany) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนำตัวอย่างเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การผลิตอาหารทดสอบ และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

บดวัตถุดิบอาหารให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรง นำวัตถุดิบอาหาร ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง กลูเตนข้าวสาลี ตับหมึกป่น และแป้งสาลี มาผสมให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำส่วนผสมดังกล่าวผสมกับวัตถุดิบอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 และเติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก อัดเม็ดอาหารให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และสุ่มอาหารจำนวน 100 กรัม มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีการของ AOAC (2005) ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า สำหรับปริมาณของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก (เปอร์เซ็นต์) คำนวณจาก 100 - (โปรตีน + ไขมัน + เยื่อใย + เถ้า) ส่วนพลังงานรวม (gross energy, กิโลจูลต่อกรัม) คำนวณจาก (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก × 17.2) + (โปรตีน × 23.6) + (ไขมัน × 39.5) (Bureau *et al*., 2002) ทั้งนี้อาหารทดสอบทั้ง 5 สูตร มีปริมาณโปรตีน (isonitrogenous) ไขมัน (isolipidic) และพลังงานรวม (isoenergetic) ที่ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่เสริมด้วยสาหร่ายสีเขียวแกมเงิน *N. commune* Vaucher สำหรับใช้เลี้ยงปลากัด

รายการ	ระดับของสาหร่าย (เปอร์เซ็นต์)				
	0.0	1.0	2.5	5.0	10.0
วัตถุดิบอาหาร					
ปลาป่น	30	30	30	30	30
กากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก	20	19	17	15	10
กลูเตนข้าวสาลี	12	12	12	12	12
ตับหมึกป่น	5	5	5	5	5
แป้งสาลี	20	20	20	20	20
เลซิติน	2	2	2	2	2
น้ำมันปลา	1	1	1	1	1
น้ำมันถั่วเหลือง	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
โคลีนคลอไรด์	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
วิตามินและแร่ธาตุรวม	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
อิโนซิทอล	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	1	1	1	1	1
สาหร่ายแห้ง	0	1	2.5	5	10
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์ ของอาหาร)					
โปรตีน	42.57	41.59	42.07	42.18	41.05
ไขมัน	9.66	10.35	10.38	10.11	9.85
เยื่อใย	6.03	6.18	6.16	6.15	6.20
เถ้า	9.81	10.27	10.67	10.80	11.40
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก	31.93	31.61	30.72	30.76	31.50
พลังงานรวม (กิโลจูล/กรัม)	19.35	19.34	19.31	19.24	19.00

3. การเลี้ยงปลากัด

ออกแบบการทดลอง 5 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 15 ซ้ำ คือ เลี้ยงด้วยอาหารปลากัด (ชุดควบคุม) และเลี้ยงด้วยอาหารปลากัดเสริมด้วยสาหร่าย 1.0 2.5 5.0 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นำปลากัดเพศผู้สีแดงทั้งตัวอายุ 6 สัปดาห์ จากแหล่งฟาร์มปลากัดในจังหวัดนครศรีธรรมราชมาเลี้ยงเพื่อปรับสภาพเป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยเลี้ยงปลากัดในขวดโหลขนาด 5.0 x

7.0 x 10.8 เซนติเมตร จำนวน 15 ขวดต่อชุดการทดลอง ซึ่งเติมน้ำ 300 มิลลิลิตร ใช้ถุงพลาสติกสีดำปิดขวดโหลในตอนกลางคืนเพื่อป้องกันการรบกวนและศัตรูของปลา โดยให้อาหาร 5.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวจำนวน 2 ครั้งต่อวัน (07.00 และ 18.00 น.) ให้รับแสงธรรมชาติ 12 ชั่วโมงต่อวัน และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ทุกวัน และเก็บข้อมูลต่าง ๆ (น้ำหนักและความยาว) ทุก 2 สัปดาห์ รวมทั้งคุณภาพของน้ำเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

4. การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ให้ปลาอดอาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และสลบปลาด้วยน้ำมันกานพลู หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของปลาทุกตัว (n = 15) นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณอัตราการแลกเนื้อ (feed conversion ratio: FCR) น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (weight gain: WG) น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (average daily gain: ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (percentage weight gain) อัตราการรอด (survival rate) และความยาวเพิ่มเฉลี่ยของปลา (length gain: LG) โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

4.1 อัตราการแลกเนื้อ

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

4.2 น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)

= น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม) - น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)

4.3 น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัมต่อวัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม) - น้ำหนักปลาเริ่มต้น (กรัม)}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

4.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

$$= \frac{[\ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)} - \ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (กรัม)}] \times 100}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

4.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{[\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)}] \times 100}{\text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)}}$$

4.6 อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

4.7 ความยาวเพิ่มเฉลี่ยของปลา (เซนติเมตร)

= ความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (เซนติเมตร) - ความยาวปลาเมื่อเริ่มต้น (เซนติเมตร)

5. คุณภาพน้ำ

วิเคราะห์คุณภาพน้ำในทุกสัปดาห์ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และแอมโมเนียไนโตรเจน ตามวิธีการของ APHA *et al*. (1998)

6. ความเข้มสี

ตรวจสอบความเข้มสีของปลากัด (n = 15) บริเวณส่วนกลางของลำตัวโดยใช้เครื่องมือวัดสี (Miniscan EZ, Hunter Associates Laboratory, Reston VA, USA) พารามิเตอร์ที่ตรวจสอบได้แก่ ค่าความแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และความสว่าง (L^*)

7. กิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหาร

สกัดเอนไซม์ย่อยจากท่อทางเดินอาหารของปลากัด (n = 10) ตามวิธีการของ Thongprajukaew *et al*. (2011) โดยนำท่อทางเดินอาหารมาสกัดในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ โดยใช้เครื่องปั่นละเอียดเนื้อเยื่อ หลังจากนั้นนำสารละลายไปหมุนเหวี่ยงที่ 15,000 × g เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และดูดสารละลายส่วนใสซึ่งเป็นเอนไซม์สกัด นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหารต่อไป สำหรับปริมาณโปรตีนในเอนไซม์สกัดวิเคราะห์ตามวิธีการของ Lowry *et al*. (1951)

ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์เพปซินตามวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Worthington (1993) โดยเติม hemoglobin ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง หลังจากนั้นปิเปตเอนไซม์สกัดปริมาตร 100 ไมโครลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที หยุดปฏิกิริยาด้วยการเติมกรดไตรคลอโรอะซิติก ความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 ×g ที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที ดูดส่วนใสของตัวอย่าง และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร โดย 1 ยูนิตของเอนไซม์เพปซินมีค่าเท่ากับ 1 หน่วยของค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้น

ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ไคโมทริปซินตามวิธีการของ Rungruangsak-Torrissen *et al.* (2006) โดยเติม 0.10 มิลลิโมลาร์ *N*-Succinyl-Ala-Ala-Pro-Phe-*p*-nitroanilide ที่ละลายในฟอสเฟตบัฟเฟอร์พีเอช 8 ปริมาตร 350 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง หลังจากนั้นเติมเอนไซม์ปริมาตร 50 ไมโครลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที หยุดปฏิกิริยาด้วยการเติมกรดอะซิติก ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 400 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ *p*-nitroanilide

ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสตามวิธีการของ Winkler and Stuckmann (1979) โดยผสม *p*-nitrophenyl palmitate ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ปริมาตร 200 ไมโครลิตร กับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์พีเอช 8 ปริมาตร 800 มิลลิลิตร และเอนไซม์สกัดปริมาตร 10 ไมโครลิตร ให้เข้ากัน

บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ปั่นเหวี่ยงที่ 13,000 ×g นาน 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ *p*-nitrophenol

8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design: CRD) ทำการทดลอง 15 ซ้ำ รายงานผลข้อมูลในรูปของค่าเฉลี่ย ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน โดยวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย one-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของชุดทดลองด้วย Turkey HSD test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$) แสดงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยใช้ pearson correlation coefficient (r) และวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาสมการเชิงเส้นโดยใช้ regression analysis (Zar, 1996) ด้วยโปรแกรม SPSS for windows version 12.0

ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย

1. การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลากัด

ผลจากการทดลองเลี้ยงปลากัดอายุ 6 สัปดาห์ มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.70-0.75 กรัมต่อตัว ด้วยอาหารที่เสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 ที่ระดับต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.0 1.0 2.5 5.0 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และความยาวมาตรฐาน มีค่าสูงสุดในปลาที่ได้อาหารสูตรที่ไม่เติมสาหร่ายและสูตรที่เติมสาหร่าย 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง (ตารางที่ 2) นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 ในอาหารที่ระดับสูงขึ้นทำให้การเจริญเติบโต (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว) ของปลากัดมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจเกิดจากความเข้มข้นของสาหร่ายในอาหารที่เพิ่มมากเกินไปมีผลต่อกลิ่นอาหาร ส่งผลทำให้ปลากัดกินอาหารลดลง นอกจากนั้นยังมีผลต่อความสมดุลของกรดอะมิโนรวมในอาหารที่ได้รับอาหารที่มีกรดอะมิโนที่ไม่สมดุลจึงมีผลทำให้เกิดการเจริญเติบโตของปลาลดลงได้และยังส่งผลต่อการเผาผลาญอาหาร เช่นเดียวกับการศึกษาของ Liao *et al*. (1993) ซึ่งพบว่าอาหารเสริมสไปรูลินา 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ต่ำกว่าชุดควบคุม

ค่าอัตราแลกเนื้อของปลากัดโดยเสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.0 1.0 2.5 5.0 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าที่ระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด รองลงมาคือ 0.0

2.5 5.0 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.51±0.02 1.31±0.03 2.29±0.13 3.10±0.14 และ 3.17±0.14 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลอง (ตารางที่ 2)

อัตราการรอดของปลากัดพบว่าทุกชุดการทดลองมีอัตราการรอดเท่ากัน คือ 100±0.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) ซึ่งแตกต่างจากสุนีรัตน์ และคณะ (2555) ศึกษาอัตราการรอดตายของปลาหมอสี (*Pseudotropheus lombardoi*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย *N. commune* สดและแห้ง โดยพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเซลล์ *N. commune* ทั้งสดและแห้งมีอัตราการรอดไม่แตกต่างกันและมีอัตราการรอดสูงกว่าปลาที่ไม่ได้รับ *N. commune* ส่วนปลาที่ได้รับเชื้อ *Aeromonas hydrophila* พบว่าปลาที่ได้รับเซลล์ *N. commune* ทั้งสดและแห้ง ที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ มีอัตรารอดสูงกว่าปลาที่ไม่ได้รับ *N. commune* ซึ่งมีแนวโน้มว่า *N. commune* สามารถเพิ่มภูมิต้านทานให้กับปลาหมอสีได้ และนอกจากนั้นยังพบว่าเซลล์สดมีแนวโน้มที่จะเพิ่มภูมิต้านทานได้ดีกว่าเซลล์แห้ง

ตารางที่ 2 อัตราการรอด การเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลากัดที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 ในระดับที่ต่างกัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

พารามิเตอร์	ระดับของสาหร่าย (เปอร์เซ็นต์)				
	0.0	1.0	2.5	5.0	10.0
อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)	100	100	100	100	100
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	0.74±0.10^{a}	0.75±0.06^{a}	0.71±0.09^{a}	0.71±0.09^{a}	0.70±0.09^{a}
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	1.55±0.06^{a}	1.54±0.01^{a}	1.24±0.09^{b}	1.11±0.04^{bc}	1.09±0.07^{c}
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	0.81±0.01^{a}	0.79±0.02^{a}	0.53±0.04^{b}	0.40±0.03^{c}	0.39±0.02^{c}
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)	112.81±12.08^{a}	107.12±3.14^{a}	77.53±2.19^{b}	62.01±9.45^{c}	57.63±4.84^{c}
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัมต่อวัน)	1.54±0.05^{a}	4.74±0.05^{ab}	1.53±0.01^{a}	1.23±0.05^{b}	1.08±0.07^{c}

ตารางที่ 2 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ระดับของสาหร่าย (เปอร์เซ็นต์)				
	0.0	1.0	2.5	5.0	10.0
ความยาวมาตรฐาน (เซนติเมตร)	4.87±0.02^{a}	4.74±0.05^{ab}	4.64±0.05^{bc}	4.51±0.03^{c}	4.53±0.11^{c}
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวต่อวัน)	3.14±0.33^{a}	3.05±0.30^{a}	2.16±0.28^{b}	1.99±0.22^{b}	2.00±0.26^{b}
อัตราการแลกเนื้อ	1.51±0.02^{c}	1.31±0.03^{d}	2.29±0.13^{b}	3.10±0.14^{a}	3.17±0.14^{a}

หมายเหตุ: - ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (n = 15)

- ตัวยกที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2. สีของปลากัดที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายในอัตราส่วนที่ต่างกัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเข้มสีแดง (a^*) และค่าความเข้มสีเหลือง (b^*) ของสีผิวบริเวณลำตัวของปลากัดทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานทดลองของปาริชาต และคณะ (2563) ศึกษาผลของสไปรูลินาต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต อัตราการรอด ความเข้มสีผิว และการสะสมแคโรทีนอยด์ของปลาสอดแดง (*Xiphophorus hellerii*) ด้วยอาหารที่มีระดับสไปรูไลนาแตกต่างกัน 4 ระดับ โดยชุดควบคุมคืออาหารที่ไม่เสริมสไปรูไลนา และอาหารที่เสริมสไปรูไลนา 1.0 3.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสีผิวบนลำตัวของปลาสอดแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมด้วยสไปรูไลนาในความเข้มข้นที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความเข้มสีผิวบนลำตัวปลาเมื่อเปรียบเทียบกับปลาสอดแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีการเสริมด้วยสไปรูไลนา ในขณะที่สุนีรัตน์ และคณะ (2555) พบว่าปลาหมอสีที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *N. commune* มีสีสวยงามกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับ และสีจะสวยงามและสดใสมากขึ้นเมื่อได้รับปริมาณ *N. commune* เพิ่มขึ้น อดิศักดิ์ และคณะ (2561) รายงานว่าปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย *Hapalosiphon welwitschii* TISTR 8237 ปริมาณ 0.5-5.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าที่ระดับ 2.5 เปอร์เซ็นต์มีค่าความสว่างสูงที่สุดและมีความแตกต่างจากปลาทองในชุดทดลองอื่น ๆ ส่วนค่าสีเหลืองและสีแดงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปลาทองจะเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์จากอาหารและสะสมในรูปของแอสตาแซนทินและเบต้าแคโรทีนเป็นหลัก จึงทำให้เกิดสีส้มและสีเหลืองใน

ปลาทอง แต่สาหร่าย *N. commune* Vaucher TISTR 8870 อาจจะมีเบต้าแคโรทีนและแอสตาแซนทีนในจำนวนที่ไม่เพียงพอจึงไม่สามารถเร่งสีเหลืองและสีแดงของปลากัดอย่างเต็มประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ความเข้มของระดับสีแดง สีเหลือง และความสว่างของปลาแต่ละชนิดอาจจะมีผลที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงถือได้ว่าการเลือกชนิดของสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาความเข้มสีของปลาแต่ละชนิดจึงมีความสำคัญอย่างมากในการแสดงออกของสีบนผิวปลา

ตารางที่ 3 ความเข้มสีของปลากัดที่ได้รับอาหารที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 ในระดับที่ต่างกัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

พารามิเตอร์	ระดับของสาหร่าย (เปอร์เซ็นต์)				
	0.0	1.0	2.5	5.0	10.0
ความสว่าง	15.71±0.74[a]	17.46±1.10[a]	18.90±1.79[a]	17.03±1.59[a]	16.45±1.12[a]
ความแดง	27.38±1.16[a]	28.09±1.00[a]	26.98±0.88[a]	27.12±1.25[a]	27.96±1.16[a]
ความเหลือง	18.55±1.40[a]	17.23±1.04[a]	14.86±1.05[a]	15.55±0.93[a]	18.06±1.18[a]
ความแดงต่อความเหลือง	1.56±0.10[a]	1.68±0.08[a]	1.93±0.15[a]	1.80±0.10[a]	1.63±0.10[a]

หมายเหตุ: - ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (n = 15)

- ตัวยกที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3. กิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ย่อยอาหารในปลากัดที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870

ผลการศึกษาพบว่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์เพปซินและไคโมทริปซินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกชุดการทดลอง (ตารางที่ 5) เอนไซม์ไลเปสพบว่าปลากัดที่เสริมสาหร่าย 1 เปอร์เซ็นต์มีกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไลเปสสูงที่สุด รองลงมา คือ 0.0 1.0 2.5 5.0 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 116.40±6.60 126.35±12.33 102.89±6.94 91.84±5.23 และ 85.84±30.35 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ ซึ่งปลากัดที่เสริมสาหร่าย 1.0 และ 0.0 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง แต่ปลากัดที่เสริมสาหร่าย 0.0 1.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4) อดิศักดิ์ (2559) รายงานว่าปลาทองออแรนดาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 มีกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสสูงสุด คือ ที่ระดับ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุด คือ 0.0 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเอนไซม์อะไมเลสเป็นเอนไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาล ซึ่งในสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 มีแป้งสูงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของระดับสาหร่ายกิจกรรมของ

เอนไซม์อะไมเลสก็จะเพิ่มขึ้นไปด้วย ในขณะที่เอนไซม์แพปซินพบว่าในปลาทองออแรนดาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์แพปซินสูงสุด คือ ระดับ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุด คือ 0.0 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 กิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ย่อยอาหารในปลากัดที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. Commune* Vaucher TISTR 8870 ในอัตราส่วนที่ต่างกัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

เอนไซม์	ระดับของสาหร่าย (เปอร์เซ็นต์)				
ย่อยอาหาร	0.0	1.0	2.5	5.0	10.0
เพปซิน	60.87±7.43^{a}	61.76±5.45^{a}	70.06±11.43^{a}	79.88±7.39^{a}	79.54±5.49^{a}
ไคโมทริปซิน	0.68±0.02^{a}	0.64±0.02^{a}	0.69±0.05^{a}	0.61±0.01^{a}	0.61±0.03^{a}
ไลเปส	116.40±6.60^{ab}	126.35±12.33^{a}	102.89±6.94^{abc}	91.84±5.23^{bc}	85.84±30.35^{c}

หมายเหตุ: - ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (n = 10)

- ตัวยกที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4. คุณภาพน้ำในช่วงระยะเวลาการเลี้ยงปลากัด

ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง และค่าอุณหภูมิน้ำ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยชุดควบคุม (ไม่เสริมสาหร่าย) มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ต่ำสุด คือ 6.24±0.10 อุณหภูมิน้ำพบว่าชุดที่เสริมสาหร่าย 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำสุด คือ 26.34±0.03 องศาเซลเซียส แต่ค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งคุณภาพน้ำมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลากัด (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 คุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยงปลากัดด้วยอาหารเสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 ในอัตราส่วนที่ต่างกัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

พารามิเตอร์	ระดับของสาหร่าย (เปอร์เซ็นต์)				
	0.0	1.0	2.5	5.0	10.0
ความเป็นกรด-ด่าง	6.24±0.10^{b}	6.65±0.08^{a}	6.57±0.03^{a}	6.63±0.06^{a}	6.03±0.10^{b}
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.03±0.11^{a}	6.25±0.07^{a}	6.05±0.19^{a}	5.78±0.13^{a}	5.93±0.12^{a}

ตารางที่ 5 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ระดับของสาหร่าย (เปอร์เซ็นต์)				
	0.0	1.0	2.5	5.0	10.0
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26.36±0.03[b]	26.38±0.03[ab]	26.34±0.03[b]	26.46±0.02[a]	26.38±0.03[ab]
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1.33±0.18[a]	1.80±0.40[a]	1.33±0.44[a]	1.10±0.38[a]	1.07±0.15[a]

หมายเหตุ: - ตัวยกที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

การเจริญเติบโตของปลากัดที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 ที่ระดับต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.0 1.0 2.5 5.0 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าปลากัดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม (ไม่เสริมสาหร่าย) กับสูตรเสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นต่อวัน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุดและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าสูตรอาหารที่เสริมสาหร่าย 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำที่สุด ส่วนค่าสีพบว่าการเสริมสาหร่ายในอาหารปลาไม่มีผลต่อการเพิ่มค่าความเข้มสีของปลากัด เช่นเดียวกันกับกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ย่อยอาหารพบว่าเอนไซม์เพปซินและไคโมทริปซินไม่มีความแตกต่างกัน แต่เอนไซม์ไลเปสพบว่าชุดการทดลองที่เสริมสาหร่าย 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมจำเพาะสูงที่สุดและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าปลากัดที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *N. commune* Vaucher TISTR 8870 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุดซึ่งจะช่วยลดต้นทุนด้านอาหารในการเลี้ยงปลากัดต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ ยุวดี พีรพรพิศาล และนิวุฒิ หวังชัย. (2554) ผลของการเสริม *Spirulina platensis* ในอัตราที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตและโครงสร้างกรดไขมันของปลานิลแดง (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *การประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 5.* สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปาริชาต นิลวิเชียร อานนท์ สรรพจักร และนิรันดร ภวันู. (2563). ผลของสไปรูลินาต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ความเข้มสีผิวและการสะสมแคโรทีนอยด์ของปลาสอดแดง. *แก่นเกษตร,* 48 (ฉบับพิเศษ 1), 953-958.

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

อดิศักดิ์ เกลี้ยงตะพงศ์ การุณ ทองประจุแก้ว และสมรักษ์ รอดเจริญ. (2561). การเจริญเติบโตของปลาทองออแรนดา (*Carassius auratus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon welwitschii* TISTR 8237. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*. 10(3), 356-367.

อดิศักดิ์ เกลี้ยงตะพงศ์. (2559). *สภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน* Hapalosiphon *sp. เพื่อเป็นอาหารปลาทองออแรนดา (Carassius auratus).* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง, ตรัง.

อาภารัตน์ มหาขันธ์. (2546). *การเพาะเลี้ยงสาหร่ายน้ำจืด*. กรุงเทพฯ: ศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

AOAC. (2005). *Official methods of analysis*. (18th ed.) Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

APHA, AWWA and WPCF. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater.* (20th ed.) Washington, DC: Water Pollution Control Federation.

Bureau, D.P., Kaushik, S.J. and Cho, C.Y. (2002). Bioenergetics. In Halver, J.E. and Hardy, R.W. (Eds.). *Fish Nutrition,* pp. 1-59. San Diego: Academic Press Inc.

Liao, W.L., Nur, E., Borhan, S., Okada, S., Matsui, T. and Yamaguchi, K. (1993). Pigmentation of culture black tiger prawn by feeding a *Spirulina* sp. supplemented diet. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(1), 165-159.

Lowry, O.H., Rosenbrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265-275.

Peiiaflorida, V.D. and Golez, V.D. (1996). Use of seaweed meals from *Kappaphycus aluarezii* and *Gracilaria heteroclada* as binders in diets for juvenile shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture,* 143(3-4), 393-401.

Qiu, B., Liu, J., Liu, Z. and Liu, S. (2002). Distribution and ecology of the edible cyanobacterium Ge-Xian-Mi (*Nostoc*) in rice fields of Hefeng Country in China. *Journal of Applied Phycology,* 14, 423-429.

Rountos, K.J., Kim, J.J., Hattenrath-Lehmann, T.K. and Gobler, C.J. (2019). Effects of the harmful algae, *Alexandrium catenella* and *Dinophysis acuminata*, on the survival, growth, and swimming activity of early life stages of forage fish. *Marine Environmental Research,* 148, 46-56.

Rungruangsak-Torrissen, K., Moss, R., Andresen, L.H., Berg, A. and Waagbø, R. (2006). Different expressions of trypsin and chymotrypsin in relation to growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish Physiology and Biochemistry*, 32(1), 7-23.

Sattanathan, G., Palanisamy, T., Padmapriya, S. Arumugam, V.A., Park, S., Kim, I.H. and Balasubramanian, B. (2020). Influences of dietary inclusion of algae *Chaetomorpha aerea* enhanced growth performance, immunity, haematological response and disease resistance of *Labeo rohita* challenged with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture Reports*, 17, doi: https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100353.

Thongprajukaew, K., Kovitvadhi, U., Kovitvadhi, S., Somsueb, P. and Rungruangsak-Torrissen, K. (2011). Effects of different modified diets on growth, digestive enzyme activities and muscle compositions in juvenile Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910). *Aquaculture*, 322-323, doi: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.10.006.

Winkler, U.K. and Stuckmann, M. (1979). Glycogen, hyaluronate and some other polysaccharides greatly enhance the formation of exolipase by *Serratia marcescens*. *Journal of Bacteriology,* 138(3), 663-670.

Worthington, V. (1993). *Worthington enzyme manual. Enzymes and related biochemicals.* New Jersey: Worthington Chemical.

Zar, J.H. (1996). *Biostatistical analysis.* (3rd ed.) Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.