รายงานการวิจัย

การประยุกต์ใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) ในการปรับปรุงคุณภาพสีเพื่อเพิ่มมูลค่าของกุ้งกุลาดำ

Application of Edible Freshwater Alga, Kamkung (*Chara corollina*) Extracts for Improvement Color Quality to Increase the Value of Giant Tiger Prawn (*Penaeus monodon*)

วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

วรรณิณี จันทร์แก้ว Wanninee Chankaew

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2564

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้โดยได้รับความช่วยเหลือเกื้อกูลจากบุคคลหลายฝ่าย บุคคลเหล่านั้นล้วนเป็นกัลยาณมิตรที่ควรค่าแก่การกล่าวถึง ด้วยความรู้สึกขอบคุณ และยกย่องไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุไรวรรณ วัฒนกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรณิณี จันทร์แก้ว ผู้ร่วมโครงการวิจัยที่ได้ร่วมทำการวิจัย และคอยเป็นกำลังใจ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขรายงานการวิจัยจนรายงานการวิจัยฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ นายนาวา แข มภูเขียว และนางสาวอารียา หนูแหลม ผู้ช่วยวิจัยที่ได้ช่วยเหลือในการทำการวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ และนักศึกษาสาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ สถาบันครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนในการทำการวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำการวิจัย และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2564 ในการทำวิจัยเรื่องดังกล่าวนี้

หัวหน้าโครงการวิจัย

สิงหาคม 2565

การประยุกต์ใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) ในการปรับปรุงคุณภาพสีเพื่อเพิ่มมูลค่าของกุ้งกุลาดำ

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

บทคัดย่อ

สาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) เป็นสาหร่ายน้ำจืดในกลุ่มสาหร่ายไฟ มีรงควัตถุให้สีอยู่ในกลุ่มของแคโรทีนอยด์อย่างเด่นชัด มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารเร่งสีในสัตว์น้ำ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงทดลองใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในการปรับปรุงสีของ กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา องค์ประกอบทางเคมีและสารสีของสาหร่ายก้ามกุ้ง และ ผลของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งต่อการเจริญเติบโตและความเข้มสีของกุ้งกุลาดำ ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งที่ทำการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายที่ระดับแตกต่างกัน คือ 0 (ชุดควบคุม), 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (mg/kg) ทำการเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในตู้กระจก และวัดสีผิวของกุ้งโดยใช้เครื่องวัดสีระบบ CIE (*L*a*b**) พบว่า ทุกระดับของการผสมสารส กัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำ (P>0.05) และกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่าย (100-300 mg/kg) มีค่าความสว่าง (*L**) ต่ำกว่ากุ้งในชุดควบคุมที่ไม่เสริมสารสกัดจากสาหร่าย แตกต่างกันอย่า งมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกุ้งกุลาดำชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยความสว่างสูงที่สุด เท่ากับ 26.79±1.42 และกุ้งกุลาดำในชุดการทดลองที่ 6 ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้ง 250 mg/kg มีค่าเฉลี่ยของสีแดง (*a**) และค่าเฉลี่ยสีเหลือง (*b**) สูงที่สุด เท่ากับ 13.14±1.18 และ 14.01±1.15 สูงกว่ากุ้งกุลาดำในชุดการทดลองอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และการเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหาร 250 mg/kg เลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาดเฉลี่ย 13.49 กรัม เป็นเวลา 1 เดือน สามารถเพิ่มระดับสีแดง (*a**) ของกุ้งกุลาดำได้ 21.09 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกุ้งในชุดควบคุม

คำสำคัญ : สาหร่ายก้ามกุ้ง สารสี กุ้งกุลาดำ สารสกัดหยาบ

---

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

[2]สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

Application of Edible Freshwater Alga, Kamkung (*Chara corollina*) Extracts for Improvement Color Quality to Increase the Value of Giant Tiger Prawn (*Penaeus monodon*)

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

ABSTRACT

Edible Freshwater Alga, Stoneworts (*Chara corollina* C.L. Willdenow) is a freshwater algae in the Chara algae group. These are pigment that clearly carotenoids. It is suitable for applies as a colorant in ornamental aquatic animals. Thus, the using Stoneworts algae crude extracts to improve the color of Giant Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*) was used in this experiment. This research aimed to study on chemical composition, total carotenoids and the effect of crude extracts from Stoneworts algae extracted with absolute ethanol on growth performance and skin color of shrimps with commercial diets containing Stoneworts alga crude extracts at seven inclusion levels (0, 50, 100, 150, 200, 250 and 300 mg/kg). The diets were given to shrimps for 8 weeks period and the skin color of shrimp was measured by using a colorimeter with the system CIE (*L*a*b**). The results showed that all levels of concentrations crude extracts were not effect on growth performance and survival rate ($P>0.05$). The lightness value (*L**) was highest in Giant Black Tiger shrimp fed by diet control group (0 mg/kg) with the lightness value of 26.79±1.42 ($P<0.05$). The redness (*a**) and yellowness (*b**) were highest in Giant Black Tiger shrimp fed by diet supplement with 250 mg/kg crude extracts at 13.14±1.18 and 14.01±1.15 and higher than shrimp in the other trials ($P<0.05$). The diet supplement with 250 mg/kg crude extracts fed in 13.49 g Giant Black Tiger shrimp for 1 month can increased redness (*a**) level of the shrimp by 21.09 percent in compared with the control group.

Keywords: Edible Freshwater Alga, Stoneworts (*Chara corollina*), Pigments, Giant Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*), Crude Extracts

.....

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

[2]Department of Fishery, Rajamangala University of Techonology Srivijaya, Nakhon Sri Thammarat

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทนำ	1
วิธีดำเนินการวิจัย	13
ผลการวิจัย และอภิปรายผล	21
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	33
บรรณานุกรม	34
ภาคผนวก	39

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีและสารสีของสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) อบแห้ง	21
2	น้ำหนักเฉลี่ย (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE, หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	22
3	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) อัตราแลกเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตาย (SR) ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์	24
4	ระดับสีที่ผิวลำตัวกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์	26
5	น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม) น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) อัตราแลกเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตาย (SR) ของกุ้งกุลาดำทดลอง ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 1 เดือน	29
6	ระดับสีที่ผิวลำตัวกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่างกัน เป็นเวลา 1 เดือน	30

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพที่ 1 สาหร่ายไฟชนิดสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corallina*)	4

ภาพผนวกที่

1	การเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	40
2	ระดับค่าสี L^* ของกุ้งกุลาดำที่ทดลองส่วนที่ 1	40
3	ระดับค่าสี a^* ของกุ้งกุลาดำที่ทดลองส่วนที่ 1	41
4	ระดับค่าสี b^* ของกุ้งกุลาดำที่ทดลองส่วนที่ 1	41
5	ระดับความเข้มสีของกุ้งกุลาดำทดลองจากการทดลองส่วนที่ 1	41
6	ระดับความเข้มสีของกุ้งกุลาดำทดลองจากการทดลองส่วนที่ 2	42
7	ระดับความเข้มสีของกุ้งกุลาดำทดลองจากการทดลองส่วนที่ 2 เทียบกับแถบวัดค่าสี	42

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) มานานนับ 3 ทศวรรษ สามารถนำรายไดเข้าสู่ประเทศ คิดเป็นมูลค่าหลายหมื่นล้านบาทจนถึงแสนล้านบาทต่อปี ประเทศไทยจึงก้าวขึ้นสูตำแหน่งผู้ผลิต และผู้ส่งส่งออกกุ้งกุลาดำรายใหญ่ที่สุดของโลกนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-2545 ติดต่อกันถึง 10 ป (ชลอ และพรเลิศ, 2547) อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 เป็นต้นมา การเลี้ยงกุ้งกุลาดำของประเทศไทย หลายพื้นที่ประสบปัญหาโรคกุ้งระบาดและมีการเจริญเติบโตช้า ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่เปลี่ยนไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) แทนจนมาถึงปัจจุบัน (กรมประมง, 2556) แต่ถึงอย่างไรก็ตาม การเลี้ยงกุ้งกุลาดำของเกษตรกรไทยก็ยังคงอยู่ สามารถสร้างมูลค่าผลผลิตสัตว์น้ำ และเพิ่มมูลค่าการส่งออกอาหารทะเลให้กับประเทศไทยได้เป็นอย่างดี โดยผล จากการสำรวจผลผลิตของฟาร์ม เลี้ยงกุ้งทะเลปี 2561 พบว่า กุ้งกุลาดำยังคงมีผลผลิตเป็นอันดับสองรองจากกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งมีผลผลิตรวมทั้งสิ้น 16,146 ตัน คิดเป็นมูลค่าทั้งสิ้น 3,953 ล้านบาท (กรมประมง, 2563)

ถึงแม้ว่าในปัจจุบันไทยไม่ได้ ส่งออกกุ้งกุลาดำในปริมาณมากเป็นลำดับที่ 1 ของโลก แต่กุ้งกุลาดำก็ยังคงเป็นสัตว์ น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญ เพราะยังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งต่างประเทศ และในประเทศ ปัญหาสำคัญประการหนึ่งในการเลี้ยง กุ้งกุลาดำนอกเหนือจากปัญหาเรื่องโรค และสภาพแวดล้อม ได้แก่ ปัญหาในด้านคุณภาพที่ตลาดต้องการ คือ สีของกุ้งหลังจากต้มสุกแล้วจะมีสีไม่แดงเข้ม ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ทำให้ห้องเย็นรับซื้อกุ้งในราคาลดลง ดังนั้น เกษตรกรที่จะต้องขายกุ้งให้กับห้องเย็นที่ต้องการกุ้งต้มสุกที่มีสีแดงเข้ม จำเป็นต้องหาวิธีการทำให้กุ้งมีสีเข้มขึ้น โดยเฉพาะการผสมสารสีแคโรทีนอยด์ ชนิดแอสต้าแซนทิน ลงไปในอาหารเพื่อทำให้กุ้งมีสีเข้มขึ้น แต่ก็เป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตไปด้วย ในขณะที่ราคาขายกุ้งกุลาดำค่อนข้างจะต่ำมากเมื่อเทียบกับราคากุ้งกุลาดำในช่วง 15-20 ปีที่ผ่านมา (ชลอ และคณะ, 2550; ชลอ และคณะ, 2552)

แคโรทีนอยด์เป็นสารสีที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยเฉพาะการทำหน้าที่เป็ นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ตลอดจนมีส่วนสำคัญในการเกิดสี ซึ่งสีจากแคโรทีนอยด์จะแสดงออกในเฉดสี ของสีเหลือง ส้ม และแดง โดยการแสดงออกของสีแดงเป็นแคโรทีนอยด์ ชนิดแอสตาแซนทีน (astaxanthin) แคโรทีนอยด์ที่ใช้เสริมในอาหารสั ตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นสารสังเคราะห์ เช่น บีต้าแคโรทีน และแอสตาแ ซนทีน ซึ่งมีราคาแพง ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น นักวิจัยทางด้านอาหารได้ มีการศึกษาการใช้สาหร่ายผสมในอาหารสัตว์น้ำ เนื่องจากสาหร่ายมีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง นอกจากนั้นยังมีกรดอะมิโน กรดอินทรี ย์ (สมรักษ์, 2550) คาโรทีนอยด์ (carotenoid) ไฟโคบิลิน (phycocobilin) ส่งผลให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตดี อัตราการรอดสูง มีภูมิคุ้มกันต่อโรคสูง นอกจากนั้นสาหร่ายบางชนิดสามารถใช้เร่งสีในสัตว์น้ำอีกด้วย (ธัชศึก และคณะ, 2554)

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยให้ความสนใจในประเด็นของการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายน้ำจืด ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้าง และสะสมแคโรทีนอยด์ได้ในปริมาณมากเมื่อเทียบกับพืชและสัตว์อื่นๆ ได้แก่ สาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก และหาได้ง่ายตามแหล่งน้ำตามธรรมชาติของจังห วัดกระบี่ ในการปรับปรุงคุณภาพสีของกุ้งกุลาดำ โดยการห าระดับของการ ผสมสารสีที่สกัดจาก สาหร่ายก้ามกุ้ง ในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยง กุ้งกุลาดำ ที่เหมาะสม และดีที่สุดต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ระดับสี ต้นทุนของการใช้สารสีดังกล่าว และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้ อง เป็น การประยุกต์ใช้แคโรทีนอยด์จากสาหร่ายน้ำจืด เพื่อใช้เป็นแหล่งของสารสีที่มีประสิทธิภาพในอาหารกุ้ง ในการปรับปรุงคุณภาพผลผลิต กุ้งกุลาดำให้ตรงตามความต้องการของตลาดและเพิ่มมูลค่า ของกุ้ง เพื่อการส่งออกได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ หวังผลว่าจะสามารถ ให้ผลในทางที่ดีโดยเฉพาะการเพิ่มระดับสีในกุ้งกุลาดำ ในอนาคตอาจเป็นทางเลือกที่สามารถนำสาหร่ายน้ำจืด ซึ่งมีสารสีคา โรทีนอยด์ มาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มสีสัตว์น้ำได้ และ สามารถใช้ประโยชน์จากสาหร่ายเพื่อพัฒนาสูตรอาหารสำหรับการเลี้ยง สัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ต่อไป ตลอดจนเพื่อ ตอบโจทย์ในการเพิ่มมูลค่าของกุ้งกุลาดำของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งตลอดจน ตอบสนองยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยด้านการพัฒนาเชิงพื้นที่ฝั่งอันดามัน และยุทธศาสตร์ของจังหวัดตรังได้เป็นอย่างดี

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาสำคัญประการหนึ่ง ในอุตสาหกรรม การเลี้ยง กุ้งทะเลไม่ว่าจะเป็ นกุ้งขาวแวนนาไมหรือกุ้งกุลาดำ นอกเหนือจากปัญหาเรื่องโรค และสภาพแวดล้อม แล้วนั้น ยังประสบ ปัญหาในด้านคุณภาพ คือ สีของกุ้งหลังจากต้มสุกแล้วจะมีสีซีดไม่ มีสีแดงเข้ม ที่เป็นที่ต้องการของตลาด ส่งผลให้ราคากุ้งลดต่ำลงไปด้วย ซึ่งวิธีการที่จะทำให้กุ้งที่เลี้ยงมีสีแดงเข้มขึ้นนั้น ทำได้โดยการใช้สารเร่งสีมาผสมในอาหารแล้วจึงนำไปให้กุ้งที่เลี้ยงกิน โดยเฉพาะการผสมสารสี แคโรทีนอยด์ ชนิดแอสต้าแซนทิน ลงไปในอาหารเพื่อทำให้กุ้ง ที่เลี้ยงมีสีเข้มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสีที่แสดงออกบนเปลือกกุ้งเป็นสารสีชนิดคาโรทีนอยด์ จะแสดงออกในเฉดสีเหลื อง ส้ม และแดง กุ้งไม่สามารถที่จะสังเคราะห์ได้เอง จำเป็นที่จะต้องได้รับจากอาหารโดยตรง แต่การใช้สารสีผสมอาหาร ก็เป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต กุ้งตามไปด้วย เพราะสารสีที่ใช้นั้นมีราคาค่อนข้างสูง ในขณะที่ราคาขายกุ้งค่อนข้างจะต่ำมากเมื่อเทียบกับราคากุ้งในช่วง 15-20 ปีที่ผ่านมา (ชลอ และคณะ, 2550; ชลอ และคณะ, 2552)

ปัจจุบันมีการนำสาหร่ายขนาดใหญ่มาใช้ประโยชน์ในทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกันอย่างกว้างขวาง เพราะสาหร่ายมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ไม่ว่าจะเป็นระดับ โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต นอกจากนั้นยังมีกรดอะมิโน และ กรดอินทรีย์ ที่จำเป็น ตลอดจนมีสารสีจำพวกคา โรทีนอยด์ (carotenoid) ดังนั้น ถ้าหากเอามาสกัด และผสมในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำก็น่าจะช่วยให้ สัตว์น้ำ มีเจริญเติบโตดี อัตราการรอดสูง มีภูมิคุ้มกันต่อโรคสูง และช่วยในการเร่งสีในสัตว์น้ำได้ คณะผู้วิจัยมีแนวความคิดในการที่จะนำสาหร่ายก้ามกุ้ง มาใช้ทดลองในกุ้งทะเลเศรษฐกิจ โดยเลือกใช้กุ้งกุลาดำ ซึ่ง

เป็นกุ้งทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทยชนิดหนึ่ง ที่ได้รับความนิยม เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งใน และต่างประเทศ แต่ก็ยังมีปัญหาคือ ถ้าสีของกุ้งที่เลี้ยงหลังจากนำไปต้มสุกแล้วสีไม่แดงเข้ม จะไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ซึ่งจะมีผลทำให้ราคาของกุ้งนั้นลดลง เพราะห้องเย็นรับซื้อกุ้งในราคาต่ำ (ชลอ และคณะ, 2550; ชลอ และคณะ, 2552)

การจำแนกชนิดตามหลักอนุกรมวิธานของสาหร่ายก้ามกุ้ง

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 มีไรซอยด์ยึดเกาะอยู่กับพื้นซึ่งอาจเป็นดินหรือทราย พบได้ในแหล่งน้ำตื้นๆ หรือริมฝั่ง คู คลอง หนอง บึง ซึ่งมีน้ำท่วมถึงและไม่ลึกมาก พบบ่อยในบ่อเลี้ยงปลาน้ำตื้น มีพื้นทีเป็นดินโคลน มีการปลูกพืชน้ำ เช่น บัว หรือบางครั้งอาจพบในนาข้าวช่วงที่น้ำยังท่วม บางครั้งจึงถูกจัดเป็นวัชพืช (ยุวดี, 2549) ลักษณะสำคัญของสาหร่ายในดิวิชั่นนี้ มีดังนี้ (ภาพที่ 1)

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

(2) ลักษณะทั่วไป ทัลลัสของสาหร่ายชนิดนี้ลู่ไปตามน้ำ อาจจะสั้นหรืออาจจะยาวกว่า 1 เมตร ปล้องประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียวเรียกว่า เซลล์กลาง (central cell) ที่ยืดยาวออก ส่วนของข้อนั้นจะมีหลายเซ ลล์มาล้อมรอบเซลล์กลาง 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* มีแขนงย่อยแตกออกจากแกนกลางเป็ นวงโดยรอบ ลักษณะคล้ายใบรองรับแขนงที่แตกออกมา โดยอาจจะมีแถวเดียวหรือ 2 แถว บางแถวสั้น บางแถวยาว แล้วแต่สปีชีส์

ภาพที่ 1 สาหร่ายไฟชนิดสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corallina*)

องค์ประกอบทางเคมีในสาหร่ายทั่วไป

คาร์โบไฮเดรต

สาหร่าย ประกอบด้วยสารพอลิแซคคาไรด์จำนวนมาก โดยส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ซึ่งมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไฮโดรคอลลอยด์ สารพอลิแซคคาไรด์นี้ ไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ จึงเรียกว่า dietary fibres (Lahaye *et, al*., 1991) สารพอลิแซคคาไรด์ที่พบรองลงมาคือ ulvans ในสาหร่ายสีเขียว จากการเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเยื่อใย (fiber) ของสาหร่ายกับพืชอาหารทั่วไป พบว่า สาหร่ายมีปริมาณเยื่อใยที่ละลายน้ำ (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 และ วาลีน 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 นอกจากนี้สาหร่ายยังประกอบด้วยกรดไขมันจำเป็น เช่น omega-3 และ omega-6 มีสมบัติในการป้องกันโรคเส้นเลือดหัวใจอุดตัน โรคไขข้ออักเสบ และ

โรคเบาหวาน 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 ของน้ำ หนักแห้ง ทั้งนี้ไอโอดีนและแมกนีเซียมเป็นแร่ธาตุ ที่สำคัญพบมากในสาหร่ายสีน้ำตาล จึงนำสาหร่ายสีน้ำตาลมาใช้ในการรักษาโรคไทรอยด์ (Suzuki *et, al*., 1965) สาหร่ายยังเป็นแหล่งของแคลเซียมที่ดี เนื่องจากปริมาณแคลเซียมในสาหร่ายสูงถึงร้อยละ 7 ของน้ำหนักแห้ง และอาจมากกว่าในสาหร่ายบางชนิด (Burtin, 2003)

วิตามินที่พบในสาหร่ายได้แก่ วิตามิน B1, B2, B3, B6, B8, B9, B12, วิตามินซี และวิตามินอี อาจมีปริมาณแตกต่ างกันในสาหร่ายแต่ละสายพันธุ์ วิตามินซีมีสมบัติช่วยให้ระบบภูมิคุ้ มกันดีขึ้น ช่วยดักจับอนุมูลอิสระ และเสริมสร้างการสร้างวิตามินอี ส่วนวิตามินอีมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระพบมากที่สุดในสาหร่ายสีน้ำตาล โดยพบในรูปแอลฟา (alpha), เบต้า (beta) และแกมมา (gamma) โทโคเฟอรอล (tocopherol) ซึ่งช่วยในการป้องกันการเกิดโรคเส้น เลือดหัวใจอุดตัน (Burtin, 2003) ส่วนวิตามินบี 12 ช่วยป้องกันการแก่ของเซลล์ ใช้รักษาโรคอ่อนเพลียเรื้อรัง และมะเร็งเม็ดเลือดขาว สาหร่ายได้ชื่อว่าเป็นแหล่งของวิตามินบี (MacArtain *et, al*., 2007)

สารอาหารที่สำคัญในสาหร่ายน้ำจืดก้ามกุ้ง

จากการตรวจสอบคุณค่าทาง โภชนาการและสารอาหารเบื้องต้นในสาหร่ายก้ามกุ้ง (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 เป็นที่น่าสนใจว่าสาหร่ายน้ำจืดชนิ ดนี้มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง 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 และไฮดรอกซีโพรลีน ผลที่ได้มีความน่าสนใจคือ มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น ในสัดส่วนที่มากกว่ากรดอะมิโนไม่จำเป็น ส่วนปริมาณกรดไขมัน พบว่า มีกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 3 สูงกว่ากรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 6 ถึงประมาณ 4 เท่า ทั้งนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ตำแหน่งเดียว (MUFAs) มีปริมาณต่ำกว่ากร ดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีหลายพันธะ (PUFAs) อีกทั้งสาหร่ายก้ามกุ้งจัดในกลุ่มสาหร่ายน้ำจืดสีเขียว ดังนั้น การนำมาวิเคราะห์ปริมาณ

คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ พบว่า มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll A) เท่ากับ 2.931±0.16 มก/ก.น้ำหนักแห้ง และมีปริมาณของแคโรทีนอยด์ (carotenoids) เท่ากับ 0.408±0.04 มก/ก. ของน้ำหนักแห้ง

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

กุ้งทะเลเศรษฐกิจของประเทศไทย

ประเทศไทยมีพื้นที่การเลี้ยงกุ้งทะเลขยายตัวอย่างมากนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 เป็นต้นมา ในช่วงการเปลี่ยนแปลงสูงสุด พบว่า มีอัตราเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 90 เนื้อที่การเลี้ยงกุ้งทะเลทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2550 มีจำนวนทั้งสิ้น 427,551 ไร โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงแบบพัฒนาจำนวน 351,049 ไร คิดเป็นร้อยละ 82.1 ของเนื้อที่เลี้ยงทั้งหมด (กรมประมง, 2550) ซึ่งในด้านผลผลิตของฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลจากการสำรวจ พบว่า ในปี พ.ศ. 2561 กุ้งที่มีผลผลิตเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ได้แก่ กุ้งขาวแวนนาไม และกุ้งกุลาดำ มีปริมาณผลผลิต 357,933 และ 16,146 ตัน คิดเป็น 56,978 และ 3,953 ล้านบาท ตามลำดับ (กรมประมง, 2563) จัดได้ว่า กุ้งขาวแวนนาไม และกุ้งกุลาดำ เป็นกุ้งทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยคาดว่าผลผลิตกุ้งกุลาดำจะมีปริมาณการส่งออกเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต

กุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำ เป็นชื่อเรียกโดยทั่วไปตามภาษาไทย มีชื่อสามัญว่า Giant Tiger Prawn หรือ Black Tiger Shrimp ชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Penaeus monodon* (Fabricius) เป็นกุ้งทะเลในกลุ่ม Penaeid ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดมีอายุประม าณ 18–24 เดือน วางไข ในทะเลที่ระดับความลึกประมาณ 30.0–50.0 เมตรใกล้กับพื้นดิน โดยพบว่า กุ้งกุลาดำที่เจริญเติบโตเต็มที่มีขนาดน้ำหนักตั้งแต่ 50.0 กรัม จนถึง 150 กรัม (ชูศักดิ์, 2541) อาจมีอัตราการเติบโตสูงสุดถึง 5.50 กรัมต่อสัปดาห์ เมื่อเลี้ยงในบ่อดิน และมีความยาวมากที่สุดที่เคยมีรายงาน คือ 363 มิลลิเมตร (Jory and Cabrera, 2003) พบไดทั่วไปในทะเลบริเวณอ่าวไทย และอินโดแปซิฟ ค มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีเป็นเลิศ (เบญจมินทร, 2547) ถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่ง และนำรายได เขาประเทศเป็นมูลค่าหลายหมื่นล้านบาทในแต่ละปี

ลักษณะทางอนุกรมวิธาน

กุ้งกุลาดำ (Giant Tiger Prawn) สามารถจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน ได ดังนี้ (บังอร, 2530; ประจวบ, 2537; และ Van De Braak, 2002)

Phylum Arthropods
Class Crustacean
Order Decapods
Family Penaeidae
Genus *Penaeus*
Species *monodon*
Scientific name *Penaeus monodon*

ลักษณะทางชีวภาพของกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำ เป็นกุ้งทะเลที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในตระกูล Penaeidae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันหลายชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบ แต่ชื่อที่เป็นที่ยอมรับ และใช้กันโดยทั่วไปคือ *Penaeus monodon* Fabricius และมีชื่อภาษาอังกฤษ (common name) ที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ใช้อยู่คือ Giant Tiger Prawn แหล่งกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในทะเลแถบอินโดแปซิฟคตะวันตก แอฟริกาตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้ และคาบสมุทรอินเดีย (นครินทร์, 2540) กุ้งกุลาดำเป็นกุ้งที่มีขนาดใหญ่ ลำตัวสีเทา หรือสีน้ำตาลเข้ม มีแถบสีน้ำตาลหรือม วงเขม พาดขวางลำตัว เปลือกหัว (Carapace) เกลี้ยงไมมีขน กรี (Rostrum) โค้งเล็กน้อย ฟนกรีด้านบน (Upper Teeth) มี 7–8 ซี่ ฟนกรีด้านล่าง (Lower Teeth) มี 3 ซี่ ไมมีสันบริเวณด้านหน้ากระเพาะ (Gastrofrontal Carina) สันกลางเปลือก (Adrostrol Carina) ยาวไม่ถึงส่วนกลางของเปลือกหัว สันบริเวณกระเพาะกับขอบตา (Gastro–orbital Carina) ค่อนไปด้านหลังประมาณครึ่งหนึ่งของระยะระหว่างสันข้างแก้ม (Hepatic Spine) กับขอบหลังของตา (Post–orbital Margin) สันข้างแก้มอยู่ในแนวระดับ ขาว่ายน้ำแต่ละอันจะมีปลายเป็น 2 แฉกโคนขาว่ายน้ำมีสีเหลืองสลับน้ำเงิน ขาเดินคู ที่ 5 ไมมี Exopodite หางไมมีหนาม (Hall, 1962) กุ้งกุลาดำถือเป็นสัตว์ที่มีกระดูกหุ้มเนื้อ หรือมีเปลือกหุ้มหัวและตัว มีลักษณะเป็นแผ่นบาง และค่อนข้างแข็ง มี 2 ชั้น ซ้อนกันอยู่ ประกอบด้วยสารไคติน โปรตีนและเกลือแคลเซียมคาร์บอเนตรวมอยู่กับไคตินค่อนข้างสูง เปลือกกุ้งกุลาดำจะแบงออกเป็นปล้อง ๆ แต่ละปล้องจะเชื่อมติดกัน เพื่อให้ สะดวกในการเคลื่อนไหวของ ลำตัวและรยางค์ เปลือกกุ้งกุลาดำมีส่วนที่ยึดติดกับโครงร่างภายในด้วย กุ้งกุลาดำเจริญเติบโตโดยการเพิ่มจำนวนเซลล์ และขนาดเซลล์ ของกล้ามเนื้อ กับการลอกคราบอย่างสัมพันธ์กันและต่อเนื่องกัน (เบญจมินทร, 2547)

พฤติกรรมการกินอาหาร

ในการสร้างสูตรอาหาร หรือผลิตอาหารให้กุ้งกินนั้น จำเป็นที่จะต้องทราบพฤติกรรม หรือนิสัย

ในการกินอาหารของกุ งกอน เพื่อที่จะได อาหารที่มีความเหมาะสมทั้งขนาด รูปร่าง กลิ่น รสตามนิสัย และความต้องการการของกุ ง (มะลิ, 2531) ซึ่งกุ้งกุลาดำมีกระเพาะอาหาร ลำไส้สั้นและตรง ปากเป็นปากกัดแทะ ชอบกินอาหารที่พื้นผิวดิน และมีลักษณะในการยึดครองพื้นที่ (เวียง, 2543) กุ้งเป็นสัตว์น้ำที่กินอาหารได เกือบทุกชนิด ทั้งพืชและสัตว์ โดยเฉพาะเนื้อสัตว์ ที่มีกลิ่นคาวมาก ๆ จำพวกอาหารสด เช่น หอย ปลา หรือปลาหมึก เป็นต้น เพราะกุ้งรับความรู สึกหรือหาอาหารโดยมีประสาทรับความรู สึกทางกลิ่นที่มีหนวด บริเวณปาก ขาเดิน หัว เหงือก ลำตัว และแพนหาง การที่จะทำให้กุ้งวิ่งเข้าหาอาหารไดงายและเร็วขึ้น อาหารจึงจำเป็นต้องมีสารดึงดูด ได แก กลุ่มของกรดอะมิโน เช่น ไกลซี น ทูรีน กลูตาเมท และบีเทน หรือจะเป็นสารชวนกินที่สกัดจากตับปลาหมึก สำหรับลักษณะการกินอาหารของกุ้งกุลาดำจะใช ขาเดินคูที่ 1 หรือ 2 จับอาหาร แล้วถือแทะ ดังนั้น อาหารจึงต้องมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กยาว ละลายน้ำช้า และไม แตกตัวง่ายเมื่อจับถือ ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วกุ้ง จะกินอาหารในเวลากลางคืน และหากินโดยใช้หนวดและรยางค แต่กุ้งเลี้ยงนั้นสามารถที่จะฝึกให้กุ้งกินอาหารในเวลากลางวันได และควรฝึกให้กุ้งกินอาหารวันละ 3–4 มื้อ คือ เช้า กลางวัน และเย็น เพื่อให้ได้ ผลผลิตสูงสุด ทั้งนี้ การให้อาหารกุ้งจะต้องปรับปริมาณของอาหารให้ เหมาะสมกับระยะการลอกคราบของกุ้งด้วย เพราะกุ้งจะไม่กินอาหารขณะลอกคราบ และจะกินมากหลังลอกคราบเสร็จใหม่ ๆ (มะลิ, 2531; วัลลภ, 2531)

การให้อาหารกุ้งกุลาดำ

อาหารสำเร็จรูปที่ดีนั้น นอกจากจะต้องมีคุณค่าทางอาหารครบถ้วนแล้วยังต้องมีกลิ่น รสที่ดึงดูดให้กุ้งวิ่งเข้ าหาหาอาหาร กินอาหารได มากและรวดเร็ว ซึ่งอาจจะใส สารจำพวกกรดอะมิโน อาทิ ไกลซีน ทูรีน กลูตาเมท และบีเทน เป็นต้น (ธรณธันย, 2546) สารชวนกินที่สกัดจากตับปลาหมึกก็จะช่วยดึงดูดให้กุ้งเข้าหาอาหารได ง่ายและเร็วขึ้นได เช่นกัน (Menasveta and Piyatirativouakul, 1990) นอกจากนี้ คุณสมบัติของอาหารกุ้งที่ดีต้องมีขนาดเม็ดเหมาะสมกับขนาด และวัยของกุ ง จมน้ำได้ไว ไมก่อให้เกิดฟอง และละลายน้ำช้า หรือสามารถคงรูปในน้ำไดนาน

การทดลองใช้สารคาโรทีนอยด์ในสัตว์น้ำ

คาโรทีนอยด์ เป็นสารสีที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ โดยเฉพาะ การทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมุลอิสระ (antioxidant) ตลอดจนมีส่วนสำคัญในการเกิดสี ทำให้สิ่งมีชีวิตมีสีตัวแตกต่างกันไป ซึ่งสีจากคาโรทีนอยด์จะแสดงออกในเฉดสีเหลือง ส้ม และแดง โดยการแสดงออกของสีแดงในปลาทองเป็นคาโรทีนอยด์ชนิดแอสต้ าแซนทีน (astaxanthin) โดยสารกลุ่มคาโรทีนอยด์ประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น บีตา-คาโรทีน (β-carotene) เซียแซนทีน (zeaxanthin), ลูทีน (lutein) แอสตาแซนทีน และแคนตาแซนทีน (cantaxanthin) เป็นต้น คาโรทีนอยด์แต่ละชนิดมีชีวภาพพร้อมใช้ในสัตว์น้ำ (bioavailability) แต่ละชนิดแตกต่างกัน (Chien and Jeng, 1992) นอกจากนี้คาโรทีนอยด์ ชนิดเดียวกันก็ยังพบได้ทั้งในรูปคาโรทีนอยด์อิสระ และในรูปเอสเทอร์ ซึ่งให้ผลการใช้เป็นแหล่งสารสีในสัตว์น้ำต่างกัน และในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามมักเกิดการสะสมของมลสารในระบบเลี้ยง ปัญหาคุณภาพน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดความเครียด และโรคระบาดได้ง่าย ด้วยคุณสมบัติการเป็น

สารต้านอนุมูลอิสระของคาโรทีนอยด์จึงช่วยให้ปลาสวยงามมีความต้านทานต่อความเครียด และความต้านทานโรคเพิ่มสูงขึ้น (Hunter, 2000) เพ็ญศรี และคณะ (2556) ได้ทดลองในกุ้งก้ามกรามโดยมีการให้อาหารกุ้งผสมสาหร่า ย *Spirulina* ทำให้กุ้งมีขนาดใกล้เคียงกัน และสีกุ้งเข้มขึ้น จงกล และขจรเกียรติ์ (2548) อีกทั้ง Menasveta *et al*., (1993) ได้นำสาหร่ายสีน้ำตาล *Chnoospora minima* มาสกัดสารสีแอสตาแซนทิน เพื่อเสริมในอาหารกุ้งให้เนื้อกุ้งเมื่อต้มมีสีแดงสวย ทำให้ราคาผลผลิตมีราคาสูงขึ้น ปัจจุบันมีรายงานการศึกษาจำนวนมากซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องเสริมคาโรทีนอยด์ในอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะปลาสวยงามเศรษฐกิจ เพื่อช่วยในด้านความต้านทานต่อความเครียด และช่วยปรับปรุงสีของสัตว์น้ำให้มีคุณภาพสูงขึ้น คาโรทีนอยด์ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์น้ำส่วนใหญ่ เป็นสารสังเคราะห์ เช่น บีตา- คาโรทีน และแอสตาแซนทีน ซึ่งมีราคาแพง ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น การประยุกต์ใช้คาโรทีนอยด์จากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดจากการทดลองในครั้งนี้ ซึ่งเป็นสาหร่ายที่มีสารคาโรทีนอยด์ในปริมาณมากพอสมควรเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่น จึงเป็นแนวทางที่มีความเป็นไปได้สูง ในการเพิ่มสีให้กับสัตว์น้ำหลาย ๆ ชนิด

การทดลองใช้สาหร่ายเป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งทะเลเศรษฐกิจ

เนื่องจากสาหร่ายนั้นอุดมไปด้วยคุณค่าสารอาหารมากมาย นักโภชนาศาสตร์สัตว์น้ำจึงได้ทำการทดลองใช้สาหร่ายเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำหลาย ๆ ชนิด โ ดยเฉพาะกุ้งทะเลเศรษฐกิจ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับกุ้งเหล่านั้น เช่น สาหร่ายผมนาง ซึ่ง อุดมไปด้วยคุณค่าสารอาหารมากมาย เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดไขมันที่ไม อิ่มตัว วิตามิน แร ธาตุ และสารเยื่อใย นอกจากนี้ สาหร่ายผมนางยังมีคาร์โบไฮเดรตซึ่งส่วนใหญ่เป็นโพลีแซคาไรด์จึ งเป็นแหล่งของสารเยื่อใยที่ให้ พลังงานต่ำ จากการศึกษาคุณค่าทางสารอาหารของสาหร่ายผมนางตามธรรมชาติของ ระพีพร และคณะ (2549) พบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้า เท่ากับ 7.47, 3.85, 63.8 และ 17.5 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ มีโพรแทสเซียม และคลอไ รด ระดับสูง มีกรดอะมิโนที่สำคัญในสาหร่ายนี้ คือ Valine, Leucine และ Isoleucine และสาหร่ายนี้ยังอุดมไปด้วยเบต้า –คาโรทีน (β–carotene) และเส้นใยในปริมาณมาก

วีรเทพ (2553) ทำการศึกษาการใช้ สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำโดยมีส าหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารทดลองจำนวน 6 สูตร ในอัตราร้อยละ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ทำการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ รายงานว่า กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบนั้น มีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุมที่ไม มีสาหร่ายผมนางในทุกด้าน ไดแก น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ความยาวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน และยังพบว่า อาหารทดลองที่มีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบในสัดส่วนร้อยละ 3 (สูตรที่ 4) ให้การเจริญเติบโตดีที่สุดในทุกด้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสูตรอาหารทดลองแต่ละสูตร สอดคลองกับรายงานการใช้สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ (Macroalgae) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้ง พบว่า สามารถทำให้ อัตราการเจริญเติบโต

น้ำหนักอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช โปรตีนดีขึ้นเมื่อใส สาหร่ายเป็นส่วนผสมในระดับต่ำหรือน้อยกว่าร้อยละ 10 รายงานของ Peñaflorida and Golez, (1996) พบวา น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของกุ้งกุลาดำขนาด 200 มิลลิกรัมดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายทะเลฟ ลิปป นส (*Kappaphycus alvarezii*) ร้อยละ 5 เช่นเดียวกับ Briggs and Funge–Smith (2008) พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่าย *Gracilaria* spp. ที่ระดับร้อยละ 0–15 แต่มีอัตราต่ำลงเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีสาหร่าย *Gracilaria* spp. ร้อยละ 30 ซึ่งผลทางลบที่เกิดขึ้นนั้นมาจากปริมาณเถ้าที่สูง ระดับโปรตีนที่ต่ำ และการมีกากจำนวนมากในอาหารทดลอง เมื่อใสสาหร่ายในสัดส่วนที่มากเกินไป ในขณะที่ Cruz–Suárez *et al*. (2008) รายงานว่า เมื่อใสสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva* spp.) ในอาหารกุ้งที่สัดส่วนร้อยละ 3.30 มีผลให้การเจริญเติบโตดีกว่าอาหารที่มีสาหร่ายทะเล *Ascophyllum* spp. และ *Macrocytis* spp. ที่สัดส่วนเดียวกัน แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างหน่วยการทดลอง อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Da Silva and Barbosa (2008) แสดงให้เห็นว่า การใช้สาหร่ายทะเลสีแดง *Hypnea cervicornis* และ *Cryptonemia crenulata* เป็นแหล่งโปรตีน (ผงสาหร่าย) ในอาหารกุ้งที่ระดับต่าง ๆ กัน ได แก ร้อยละ 39, 26, 13 และ 0 (สูตรควบคุม) ไมส่งผลต่อผลผลิตรวมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Final Biomass) ผลผลิตรวมที่ไดรับ (Biomass Gain) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate) ให้แตกต่างกันระหว่างหน่วยการทดลองการทดลอง ส วนการศึกษาของ Sirikanya (2004) พบว่า สาหร่าย *Ascophyllum nodosum* ที่ใสในอาหารกุ้งกุลาดำร้อยละ 2.50 ทำให้กุ้งกุลาดำมีความยาวสูงสุด คือ 2.58 มิลลิเมตร มากกว่าการใสสาหร่ายที่ร้อยละ 7.50 และ 10 ที่มีความยาวเท่ากันอยู่ที่ 2.51 มิลลิเมตร เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลา 28 วัน แต่ไมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองใช้กุ้งที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นมากขึ้น คือ 3.80 กรัม โดยใช้สาหร่าย *Ascophyllum nodosum* และสัดส่วนของสาหร่ายเท่ากันกับการการทดลองครั้งแรก และทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 56 วัน กลับพบว่า สาหร่าย *Ascophyllum nodosum* ที่ร้อยละ 5 ส่งผลให้กุ้งกุลาดำมีความยาวมากที่สุด คือ 9.77 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าการใสที่ร้อยละ 7.50 และ 10 อย่างไมมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สวนน้ำหนักที่ได ก็พบว่าที่ระดับสาหร่าย ร้อยละ 5 กุ้งกุลาดำมีน้ำหนักมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากรายงานหลาย ๆ ชิ้นตามที่กล่าวมาข้างต้น การใช้สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ (Microalgae) ไดแก *Gracilaria heteroclada*, *Gracilaria* spp., *Kappaphycus alvarezii*, *Ulva* spp., *Hypnea cervicornis*, *Cryptonemia crenulata* และ *Ascophyllum nodosum* สามารถทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตไดดีขึ้น

การทดลองใช้สาหร่ายเป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งต่อคุณภาพสีของกุงหลังการตม

วีรเทพ (2553) ทำการศึกษาการใช้ สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำโดยมีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารทดลองจำนวน 6 สูตร ในอัตราร้อยละ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ทำการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ รายงานว่า จากการวิวิเคราะห์

คุณภาพสีของกุ้งกุลาดำหลังการต้มด้วยเครื่อง Spectrophotometer ในระบบ CIE (L*a*b*) ผลการทดสอบ แสดงให้เห็นว่า เมื่อเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 3 (สูตรที่ 4) ให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) สูงที่สุด สวนกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม (สูตรที่ 1) ที่ไมมีสาหร่ายผมนางให้ค่าความเป็นสีแดงต่ำสุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างหน่วยการทดลอง ในขณะที่ผลการทดสอบค่าความเป็นสีขาวหรือความสว่าง (L*) พบว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 5 (สูตรที่ 6) ให้ค่าความเป็นสีขาวหรือความสว่างสูงที่สุด ส วนกุ้งที่เลี้ย ง ด้วยอาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 3 (สูตรที่ 4) ให้ค่าความเป็นสีขาวหรือความสว่างต่ำสุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างหน่วยการทดลองเช่นเดียวกัน

ผลดังกล่าวผู้วิจัยอธิบายได วา การเกิดสารสีหรือรงควัตถุในสัตว์น้ำจำพวกครัสเตเชีย น (rustacean) ไดรับมาจากแหล่งอาหาร ปริมาณต่อหน่วยที่ได รับ ระยะเวลาในการเลี้ยง ส วนผสมในอาหาร และปริมาณการตรึงคาโรทีนอยด (Carotenoid Esterification) เป็นต้น ซึ่งสาหร่ายผมนางเป็นสาหร่ายสีแดงที่มีรงควัตถุหรือสารสี ประกอบด วย คลอโรฟ ลล เอ คลอโรฟ ลล ดี คาโ รทีนอยด เช่น แอลฟา และเบตา – คาโรทีน (**α**– and **β**–carotene) แซนโทฟลลมีหลายชนิด ไดแก ลูเทอีน (Lutein) ซีอาแซนทิน (Zeaxanthin) ไวโอลาแซนทิน (Violaxanthin) นีโอแซนทิน (Neoxanthin) และทา ราแซนทิน (Taraxanthin) นอกจากนี้ ยังมีไฟโคบิลิน (Phycobilin) เชน อาร–ไฟโคอิริทริน เป็นต้น (กาญจนภาชน, 2527 และ Burtin, 2003) ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มคุณภาพสี Menasveta *et al*. (1993) ได ประเมินประสิทธิภาพสารสีหรือรงควัตถุของอาหารที่ผสมด้วยแอสตาแซนติน 50 พีพีเอ็ม เปรียบเทียบกับสารสกัดจากสาหร่ายสีน้ำตาล (*Chnoospora minima*) ร้อยละ 3 ที่มีต่อกุ้งกุลาดำ พบว่า คาโรทีนอยด จากอาหารที่มีในสาหร่ายสีน้ำตาล ทำให้ คาโรทีนอยด ในส่วนประกอบของกุ้งมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ Cruz–Suárez *et al*. (2008) รายงานว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสาหร่าย *Ulva clathrata* ร้อยละ 3.30 ทำให้เกิดสารสีในตัวกุ้งสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ผสมสาหร่าย *Macrocystis* spp. และ *Ascophyllum* spp. ซึ่งสารสีที่มีในสาหร่าย *Ulva clathrata* ประกอบไปด้วย ลูเทอีน (Lutein) กวารอยละ 80 ทำให้มีกระบวนการเมตาบอลิซึมดีขึ้น และสะสมในตัวกุ้งได้ดีกว่ารูปแบบออกซิไดซที่พบในฟูโคแซนติน (Fucoxanthin) ที่ไดจากสาหร่าย *Ascophyllum* spp. นอกจากนี้ Supamattaya *et al*. (2005) รายงานว่า คุณภาพสีของกุ้งหลังการต้มมีค่าสูงสุดในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใส สารสกัดจากสาหร่าย *Dunaliella* spp. ที่มีเบตา–คาโรทีน (**β**–carotene) 200 มิลลิกรัม แ ละ 300 มิลลิกรัมเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม มีเบตา–คาโรทีน และกลุ่มที่ใส โซเดียมคลอไรด (NaCl) เช่นเดียวกับ Boonyaratpalin *et al*. (2001) รายงานว่า สารสังเคราะห เบต้า–คาโรทีน ปริมาณ 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และสารสกัดเบต า–คาโรทีนจาก *D. salina* ปริมาณ 125–175 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นแหล่งสารสีของกุ้งกุลาดำ ซึ่งจากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ากุ้งกุลาดำมีความสามารถในการเผาผลาญ (Metabolic Ability) แล้วเปลี่ยนเบต า–คาโรทีนเป็นรูปของแอสตาแซนตินที่เป็นรูปแบบสารสีที่ประกอบในตัวกุ้งได้

การเกิดสีสันที่เข้มสดใสขึ้น ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่ม หรือช่วยให้ราคากุ้งเพิ่มสูงขึ้นได้ สร้างศักยภาพให้สามารถแข่งขันทางด้านการตลาดของกุ้งทะเล โดยเฉพาะกุ้งกุลาดำของประเทศไทยต่อไป ดังนั้น ผู้เลี้ยงควรคำนึงถึงอาหารที่ให้กับกุ้งดังกล่าวว่ามีคาโรทีนอยด์เพียงพอ เมื่อกุ้ง ได้รับอาหารที่มีคาโรทีนอยด์ แล้วจะทำให้มีสีสันสวยงามได้ การศึกษาในครั้งนี้ จึงทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสารสีในสาหร่ายก้ามกุ้ง (*C. corallina*) ตลอดจนศึกษาผลของการใช้สารสีในสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่าง ๆ กันในอาหารต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย และระดับสีของกุ้งกุลาดำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตอาหารเพิ่มระดับความเข้มของสีกุ้ง ในอาหารสำหรับกุ้งกุลาดำต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสารสีในสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*)
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้สารสกัดหยาบ (crude extract) จากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่าง ๆ กันในอาหารต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย และระดับสีของกุ้งกุลาดำ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษาจะสามารถพัฒนาอาหาร กุ้ง อาหาร สัตว์น้ำไปในทิ ศทาง และความต้องการที่เหมาะสมขึ้น เป็นการ ช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้าทางการประมง โดยเฉพาะกุ้งทะเล และยกระดับการผลิตให้มีมาตรฐาน ตลอดจนสามารถนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ ในการลดต้นทุนการผลิต โดยองค์ความรู้ที่ได้จะเป็นทางเลือกเพิ่มเติม สำหรับเกษตรกร ผู้เลี้ยงกุ้ง และผู้ผลิตอาหารสัตว์น้ำ อาหารปลาสวยงาม อีกทั้งสามารถเผยแพร่ความรู้ในการ สกัดสารสีจากสาหร่าย เพื่อ พัฒนาเป็นวัตถุดิบอาหาร กุ้ง และอาหารปลาสวยงาม ให้แก่ นิสิต นักศึกษา หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง กลุ่มเกษตรกร ผู้เลี้ยงกุ้ง ปลาสวยงาม และผู้ประกอบการทุกระดับ เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะ อาหารเร่งสีกุ้งทะเลและอาหารเร่งสีปลาสวยงาม และส่งเสริมให้มีการนำนำไปใช้ได้จริง และเพื่อรองรับนโยบายของรัฐบาลทางด้านการเกษตรอินทรีย์ และการเกษตร 4.0 ของประเทศไทย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การประยุกต์ใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) ในการปรับปรุงคุณภาพสีเพื่อเพิ่มมูลค่า ของกุ้งกุลาดำ แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งส่วนที่ 1 จะเป็นการวิจัย เพื่อหาระดับ ที่เหมาะสม ของการใช้สารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งเสริมในอาหาร เพื่อเพิ่มระดับสีของ กุ้งกุลาดำ หลังจากนั้นจึงนำผลจากการทดลองวิจัยในส่วนที่ 1 ไปทดลองใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำในส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นการทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เทียบเคียงกับการเลี้ยงกุ้งของเกษตรกร (เลี้ยง 4 เดือน) และทำการทดลองเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารกุ้งกุลาดำที่เลี้ยง เป็นระยะเวลา 1 เดือน ในเดือนสุดท้ายก่อน จับขาย โดยดำเนินการทดลอง ดังนี้

การวิจัยส่วนที่ 1

ศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้ สารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งเสริมในอาหาร เพื่อเป็นสารเพิ่มระดับสีในการเลี้ยง กุ้งกุลาดำ โดย ทำการศึกษาผลของสารสกัดหยาบ (crude extract) จากสาหร่ายก้ามกุ้ง ต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตรารอดตาย และระดับสีของกุ้งกุลาดำ มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยศึกษาระดับความเข้มข้น ของสารสกัด หยาบ (crude extract) จากสาหร่ายก้ามกุ้ง เสริมในอาหารเม็ดกุ้งกุลาดำสำเร็จรูป ต่างกัน 7 ระดับคือ 0, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัม ตออาหาร 1 กิโลกรัม ดังนั้น มีชุดการทดลองทั้งสิ้น 7 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สูตรควบคุม อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ไม่ผสมสารสกัดหยาบ (crude extract)
ชุดการทดลองที่ 2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 50 มก.ตออาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 3 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 100 มก.ตออาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 4 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 150 มก.ตออาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 5 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 200 มก.ตออาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 6 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 250 มก.ตออาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 7 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 300 มก.ตออาหาร 1 กก.

หมายเหตุ : ระดับความเข้มข้นของสาร สกัดหยาบจากสาหร่ายที่ใช้ในการทดลอง ทั้ง 7 ระดับครั้งนี้ ดัดแปลงจากการทดลองใช้สารสกัดหยาบจากสาหร่ายน้ำจืดสีแดงผสมในอาหาร เพื่อเพิ่มระดับสีของกุ้งขาวแวนนาไม (วัฒนา และอุไรวรรณ, 2564)

การเตรียมระบบเลี้ยง

ทำการทดลองเลี้ยงในถังพลาสติก ขนาด 500 ลิตร จำนวน 21 ถัง ตามชุดการทดลอง ที่อยู่ในโรงเพาะฟักสัตว์น้ำกร่อย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ทำความสะอาดถัง และเติมน้ำทะเลที่สะอาดปริมาตร 300 ลิตร แต่ละถังทำระบบน้ำหมุนเวียนภายในถัง มีการให้อากาศในบ่อทดลองตลอดเวลาโดย ใช้สายยาง และหัวทราย ด้านบนปากถังปิดด้วยซาแลนเพื่อกันไม่ให้กุ้งดีดตัวหลุดออกจากถังทดลอง

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกกุ้งกุลาดำ P15 จากฟาร์มเพาะฟัก และอนุบาลลูกกุ้งของเอกชน มาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาดความจุน้ำ 6 ตัน (1.5X4 X1 เมตร) ให้อาหารสำเร็จรูปทางการค้าวันละ 2 ครั้ง จนกระทั่งลูกกุ้งเคยชินกับอาหารเม็ด อนุบาลลูกกุ้งเป็นระยะเวลา 60 วันจนได้ลูกกุ้งหนักประมาณ 3-5 กรัม หรือได้ขนาดความยาวประมาณ 5–7.5 เซนติเมตร หลังจากนั้นสุ่มกุ้งไปเลี้ยงในถังทดลอง จำนวน 100 ตัว (ความหนาแน่นประมาณ 100 ตัว/ตารางเมตร) ทำการชั่งหาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของกุ้งทดลอง

การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย

สาหร่ายก้ามกุ้งจากบริเวณแหล่งน้ำจืดในจังหวัดกระบี่ นำสาหร่าย สดที่ได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา ทิ้ง ไว้ให้แห้ง จากนั้นนำ ไปอบที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสาหร่ายแหง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 2000) และนำมาสกัดเพื่อให้ได้ปริมาณของ สารสกัดหยาบ (crude extract) ของสารสีแคโรทีนอยด (carotenoid) ก่อนนำไปผสมในอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อไป

การเตรียมสารสกัดหยาบของ carotenoid จากสาหร่าย

ทำการสกัดสาหร่ายด้วยการดัดแปลงตามวิธีของ de Quiros and Costa (2006) โดยนำสาหร่ายตากแห้ งมาบดให้ละเอียดน้ำหนัก 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

อาหารที่ใช้ทดลองเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปกุ้งกุลาดำ มีระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 38 เปอร์เซ็นต์

ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ โดยมีขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง คือ นำสารสกัดที่อยู่ในรูป Crude extract มาละลายใน absolute ethanol ตามระดับความเข้มข้นตามแผนการทดลอง แล้วไปสเปรย์ให้ทั่วอาหาร เม็ดสำเร็จรูปกุ้งกุลาดำทดลอง ที่แผ่กระจายบาง ๆ บนแผ่นพลาสติก ผึ่งลมให้แห้งในห้อง อาหารที่ผลิตแล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทธีลีน และเก็บในถุงสีดำเพื่อป้องกันแสง เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการใช้งาน

การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหารทั้ง 7 สูตรในทุกถังพลาสติกทดลองตามแผนการทดลองด้วยอาหารเม็ดทั้ง 7 สูตร ตามที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น และจะให้อาหารทุกวัน วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ไม่เกิน 10% ของน้ำหนักตัวต่อวัน ให้จนกุ้งกินอิ่ม (Satiation) โดยสังเกตจากอาหารในถังทดลองเหลือเพียงเล็กน้อย ไม่ให้เผื่อเหลือเพื่อให้ค่าที่ได้ใกล้เคียงความเป็นจริง บันทึกน้ำหนักอาหารที่กุ้งกิน เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการแลกเนื้อ (FCR) และปรับปริมาณอาหารตามปริมาณการกินอาหารของกุ้ง

การศึกษาการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตาย

ทำการสุ่มตัวอย่างกุ้งจากทุกชุดการทดลอง จำนวน 25 ตัว/ถัง เพื่อชั่งน้ำหนักทุก ๆ 2 สัปดาห์ ทำการทดลองเลี้ยง 2 เดือน (8 สัปดาห์) และนำมาศึกษาการเจริญเติบโต (ในรูปค่าเฉลี่ยของข้อมูล) ได้แก่ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR, % ต่อวัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน (ADG, กรัมต่อวัน) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) และอัตรารอดตาย (survival rate, %) โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain, %)

$$= \frac{(\text{น.น. กุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น.น. กุ้งเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{น้ำหนักกุ้งเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, % ต่อวัน)

$$= \frac{(\ln \text{น.น. กุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น.น. กุ้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง})}{\text{ระยะเวลา (วัน)}} \times 100$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน (ADG, กรัมต่อวัน)

$$= \frac{\text{น.น. กุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น.น. กุ้งเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{ระยะเวลา (วัน)}}$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) $= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กุ้งกินทั้งหมด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักกุ้งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}$

น้ำหนักกุ้งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น = น้ำหนักกุ้งทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - น้ำหนักเริ่มต้น

อัตรารอดตาย (Survival rate, %) = $\frac{\text{จำนวนกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนกุ้งเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$

การวิเคราะห์คุณภาพสี

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพสี กระทำโดยสุ่มเลือกกุ้งหลังสิ้นสุดการทดลอง ในทุก ๆ ชุดการทดลอง ๆ ละ 10 ตัว จำนวน 3 ซ้ำ นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที เพื่อวัดสีกุ้งทั้งเปลือก ในระบบ CIE (Commission International de'l Eclairage) ด้วยเครื่องวัดค่าสีมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ (Hunter lab Colorimeter) รุ่น Ultra scan Vis, Hunter Assoc, Lab, Inc., USA ตั้งหมวดการวัดค่าสีเป็นระบบ CIE LAB; *L*a*b** ช่องเปิดขนาด 8.00 มิลลิเมตร นำตัวอย่างกุ้งวางให้ตรงบริเวณข้อที่ 2 นับจากหัวตรงกับช่องเปิด ปิดด้วยกล องสีดำ เพื่อป้องกันแสงจากภายนอก โดยที่ *L** เป็นผลการวัดค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 100=ขาว ถึง 0=สีดำ *a** เป็นค่าของสีแดงและสีเขียว ค่าบวกจะเป็นสีแดง ค่าลบจะเป็นสีเขียว และ *b** เป็นค่าของสีเหลืองและสี น้ำเงิน ค่าบวกจะเป็นสีเหลือง ค่าลบจะเป็นสีน้ำเงิน (ชลอ และคณะ, 2550)

การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ในระหว่างการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลอง โดยดัชนีที่จะใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำประกอบด้วย อุณหภูมิน้ำวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ด้วย pH meter (Clean รุ่น pH 500B), ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) วัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบดิจิตอล YSI Model 650 MDS, ความเป็นด่างของน้ำ (ด้วยวิธีการ Titration) แอมโมเนีย (ด้วยวิธี Koroleff's Indophenol Blue Method) และไนไตรท์ (ด้วยวิธี Colorimetric Method)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 1 ทำการหาค่า การเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และการศึกษาสีผิวเปลือกภายนอกของกุ้ง ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ระหว่างชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test : DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การวิจัยส่วนที่ 2

การทดลอง ใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพสีของกุ้งกุ ลาดำในการวิจัยส่วนที่ 2 โดยนำผลจากการทดลองวิจัยในส่วนที่ 1 คือระดับของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งที่เหมาะสมในการ เสริมในอาหารกุ้งแล้วส่งผลให้ระดับค่าสีแดง (ค่า a*) ที่ผิวเปลือกกุ้งเพิ่มขึ้นสูงที่สุดมาใช้ในการทดลองในส่วนที่ 2 โดยจะดำเนินการทดลองในส่วนที่ 2 ในฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งเอกชน โดยดำเนินการเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารเพื่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อดินผ่านมาแล้ว 3 เดือน (อายุกุ้งในบ่อ 3 เดือน) และทำการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งเป็นระยะเวลา 1 เดือน ก่อนการจับจำหน่ายกุ้ง

แต่เนื่องจากในขณะนี้อยู่ในสถานการณ์ของโรคระบาดจากเชื้อโคโรน่าไวรัส (โควิด-19) ทำให้ห้องเย็นมีปัญหาที่ไม่สามารถส่งออกกุ้งกุลาดำไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้เหมือนในสภาวะปกติ ตลอดจนราคาของกุ้งกุลาดำตกต่ำเป็นอย่างมาก ส่งผลให้ฟาร์ มเอกชนไม่ทำ การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในช่วงเวลาดังกล่าวนี้จนกว่าสถานการณ์ของโรคระบาดจากเชื้อโคโรน่าไวรัส (โควิด-19) จะดีขึ้น ซึ่งจะทำให้การวิจัยในส่วนที่ 2 ไม่สามารถดำเนินการได้ ทางคณะผู้วิจัยจึงขออนุมัติเปลี่ยนแปลงสถานที่และบ่อที่ใช้เลี้ยงสัตว์ทดลอง จากการการทำการทดลองเ ลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดินของฟาร์มเอกชนเป็นการทำการทดลองเลี้ยงในบ่อคอนกรีตของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมงแทน แต่ยังคงวัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการวิจัย และ แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย ไว้เหมือนเดิม ซึ่งมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

การวางแผนการทดลอง

เริ่มการทดลองที่ปริมาณการ ใช้สารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้ง ระดับที่เหมาะสมจากการทดลองส่วนที่ 1 ผสมในอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำทุก ๆ 1 กิโลกรัม เปรียบเทียบ กับชุดการทดลองที่ไม่ใช้สารสกัดจากสาหร่ายผสมในอาหาร ทำการทดลองที่โรงเพาะฟักสัตว์น้ำกร่อย คณะวิทยาศาส ตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง แบ่งการทดลอง ออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบ t-test มีชุดการทดลอง 2 ชุดการทดลอง ๆ ละ 2 ซ้ำดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ใช้อาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้ง 250 มก./อาหาร 1 กก.

ชุดการทดลองที่ 2 กลุ่มควบคุม ใช้อาหารปกติ

การเตรียมระบบเลี้ยง

บ่อที่ใช้เลี้ยงกุ้งทดลองเป็นบ่อคอนกรีต มีพื้นที่ขนาด 4x4 เมตร (16 ตารางเมตร) จำนวน 4 บ่อ ทำความสะอาดและล้างด้วยน้ำจืด ตากบ่อให้แห้งเป็นเวลา 3 วัน จัดวางระบบลมโดยใช้หัวทราย

ให้ทั่วทั้งบ่อ เติมน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน 25 ppm ผ่านถุงกรองน้ำละเอียด 15 ไมครอน ความสูงของน้ำในบ่อ 1.20 เมตร

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกกุ้งกุลาดำ P15 จากฟาร์มเพาะฟัก และอนุบาลลูกกุ้งของเอกชน มาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ ขนาดความจุน้ำ 6 ตัน (1.5X4 X1 เมตร) ให้อาหารสำเร็จรูปทางการค้าวันละ 3 ครั้ง จนกระทั่งลูกกุ้งเคยชินกับอาหารเม็ด อนุบาลลูกกุ้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน จนได้ลูกกุ้ง ขนาดความยาวประมาณ 12-13 เซนติเมตร หนักประมาณ 12-14 กรัม หลังจากนั้นสุ่มกุ้งไปเลี้ยงใน บ่อทดลอง จำนวน 550 ตัว/บ่อ (ความหนาแน่นประมาณ 32 ตัว/ตารางเมตร) ทำการชั่งหาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของกุ้งทดลอง

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลองเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูป กุ้งกุลาดำ มีระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 38 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ โดยมีขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง คือ นำสารสกัดที่อยู่ในรูป Crude extract มาละลายใน absolute ethanol ความเข้มข้น 250 มก./อาหาร 1 กก. นำไปสเปรย์ให้ทั่วอาหาร เม็ดสำเร็จรูป กุ้งกุลาดำทดลอง ที่แผ่กระจายบาง ๆ บนแผ่นพลาสติก ผึ่งลมให้แห้งในห้อง อาหารที่ผลิตแล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทธีลีน และเก็บในถุงสีดำเพื่อป้องกันแสง เก็บรักษาในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการใช้งาน

การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการเลี้ยง

ใช้วิธีการเลี้ยงที่เทียบเคียงกับการเลี้ยงของเกษตรกรที่ทำการเลี้ยงกันอยู่ในปัจจุบัน เช่น ความหนาแน่น ใช้อัตราการปล่อยลูกกุ้งกุลาดำ 50,000 ตัว/ไร่ (32 ตัว/ตารางเมตร) เหมือนการเลี้ยงในบ่อดิน ดังนั้นจะปล่อยลูกุ้งในบ่อเลี้ยง จำนวน 550 ตัว/บ่อ ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักกุ้งเมื่อเริ่มการทดลองเพื่อใช้ในการศึกษาการเจริญเติบโต

อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหารทั้ง 2 ชุดการทดลองในบ่อทดลองตามแผนการทดลองข้างต้น และจะให้อาหารทุกวัน วันละ 3 ครั้ง (เช้า-เที่ยง-เย็น) ไม่เกิน 10% ของน้ำหนักตัวต่อวัน ให้จนกุ้งกินอิ่ม (Satiation) โดยสังเกตจากอาหารในถังทดลองเหลือเพียงเล็กน้อย ไม่ให้เผื่อเหลือ เพื่อให้ค่าที่ได้ใกล้เคียงความเป็นจริง บันทึกน้ำหนักอาหารที่กุ้งกิน เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการแลกเนื้อ (FCR) และปรับปริมาณอาหารตามปริมาณการกินอาหารของกุ้ง เลี้ยงกุ้งทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 1 เดือน เท่ากัน

การศึกษาการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตาย

เมื่อเริ่มการทดลอง ทำการสุ่มตัวอย่าง กุ้งเพื่อชั่งหาน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง จำนวน 100 ตัว และเมื่อทำการทดลองเลี้ยงเป็นระยะเวลา 1 เดือน จนสิ้นสุดการทดลองจึงทำการ สุ่มตัวอย่างกุ้งจากทั้ง 2 ชุดการทดลอง จำนวน บ่อละ 100 ตัว/บ่อ เพื่อชั่งน้ำหนัก สุดท้าย และนำมาศึกษาการเจริญเติบโต (ในรูปค่าเฉลี่ยของข้อมูล) ได้แก่ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้ น (weight gain, %) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR, % ต่อวัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ต่อวัน (ADG, กรัมต่อวัน) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) และอัตรารอดตาย (survival rate, %) โดยใช้สูตรในการคำนวณเหมือนกับการทดลองในส่วนที่ 1 และระดับค่าสี เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ t-test และวิเคราะห์ผลการเพิ่มมูลค่าของกุ้งโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของราคากุ้งกุลาดำจากทั้ง 2 ชุดการทดลองที่มีการซื้อขายกันในท้องตลาดในขณะนั้น

การวิเคราะห์คุณภาพสี

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพสี กระทำโดยสุ่มเลือกกุ้งหลังสิ้นสุดการทดลอง ในทุก ๆ ชุดการทดลอง ๆ ละ 100 ตัว นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที เพื่อวัดสีกุ้งทั้งเปลือกในระบบ CIE (Commission International de'l Eclairage) ด้วยเครื่องวัดค่าสีมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ (Hunter lab Colorimeter) รุ่น Ultra scan Vis, Hunter Assoc, Lab, Inc., USA ตั้งหมวดการวัดค่าสีเป็นระบบ CIE LAB; *L*a*b** ช่องเปิดขนาด 8.00 มิลลิเมตร นำตัวอย่างกุ้งวางให้ตรงบริเวณข้อที่ 2 นับจากหัวตรงกับช่องเปิด ปิดด้วยกล องสีดำ เพื่อป้องกันแสงจากภายนอก โดยที่ *L** เป็นผลการวัดค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 100=ขาว ถึง 0=สีดำ *a** เป็นค่าของสีแดงและสีเขียว ค่าบวกจะเป็นสีแดง ค่าลบจะเป็นสีเขียว และ *b** เป็นค่าของสีเหลืองและสี น้ำเงิน ค่าบวกจะเป็นสีเหลือง ค่าลบจะเป็นสีน้ำเงิน (ชลอ และคณะ, 2550) นอกจากนี้จะทำการวัดค่ าสีด้วยแถบสี *Salmo*Fan™ Lineal ของบริษัท DSM ซึ่งเป็นแถบวัดค่าสีกุ้งที่ทางห้องเย็นที่รับซื้อกุ้งใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน

การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ในบ่อทดลอง ระหว่างการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ โดยดัชนีที่จะใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำประกอบด้วย อุณห ภูมิน้ำวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ด้วย pH meter (Clean รุ่น pH 500B), ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) วัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบดิจิตอล YSI Model 650 MDS, ความเป็นด่างของน้ำ (ด้วยวิธีการ Titration) แอมโมเนีย (ด้วยวิธี Koroleff's Indophenol Blue Method) และไนไตรท์ (ด้วยวิธี Colorimetric Method) และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อคุณภาพน้ำไม่เหมาะสม

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 2 ทำการหาค่า การเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอา หารเป็นเนื้อ สีผิวเปลือกภายนอกของกุ้ง และสีเปลือกกุ้งเทียบ

กับแถบสี ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ หาค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ระหว่างชุดการทดลอง โดยใช้ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

เมื่อสิ้นสุดการวิจัยจึงนำผลผลิตจากการวิจัย ไปถ่ายทอด เทคโนโลยีและความรู้ ให้กับชุมชนและเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งที่สนใจ รวมทั้งมีความพร้อม รับการถ่ายทอดความรู้ ได้แก่ กลุ่ มผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของ อำเภอสิเกา จังหวัดตรังหรือผู้ที่สนใจ ถ่ายทอดความรู้ในรูปของการสังเกตการณ์ในพื้นที่จริง หรือการนำตัวแทนกลุ่มมาร่วมสังเกตการณ์ในพื้นที่ที่ทำการวิจัย ในขั้นตอนการผลิตสารสกัดหยาบ การผลิตอาหารเสริมสารเร่งสี และการทดลองเลี้ยง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสะดวกของแต่ละกลุ่ม เพื่อนำไปใช้ให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ ของกุ้งทะเล แต่สืบเนื่องจากสถานการณ์โรคระบาดโควิด-19 ส่งผลต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีในรูปแบบเดิมในการ จัดกิจกรรม เนื่องจากข้อกำหนดกฎเกณฑ์ในการเฝ้าระวังและป้องกันตามประกาศฯ จึงทำให้รูปแบบของการถ่ายทอดเทคโนโลยี เป็นไปในรูปของเอกสารเผยแพร่และนำผลผลิตจากการวิจัย ไปนำเสนอในการประชุมวิชาการของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การทดลองส่วนที่ 1

การทดลองเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่าย ก้ามกุ้ง (*C. corollina*) ในอาหารเม็ด กุ้งกุลาดำ สำเร็จรูปที่ระดับความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม นำมาใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 8.67±0.45 กรัม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ให้ผลการทดลอง ดังนี้

องค์ประกอบทางเคมีและสารสีของสาหร่ายก้ามกุ้ง

ผลการ วิเคราะห์ องค์ประกอบ ทางเคมี ของสาหร่าย ก้ามกุ้ง อบแห้ง พบว่า มีปริมาณ โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต (NFE) เท่ากับ 19.55±0.03, 2.54±0.04, 14.15±0.71, 24.95±1.75, 7.29±0.22 และ 38.82±1.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ จากการวิเคราะห์ค่า Total Carotenoids ในสาหร่ายอบแห้ง และในสารสกัด (crude extract) จากสาหร่าย ก้ามกุ้ง พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.408±0.04 mg/g และ 2.286±0.54 mg/g ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีและสารสีของสาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) อบแห้ง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
โปรตีน (%)	19.55±0.03
ไขมัน (%)	2.54±0.04
ความชื้น (%)	14.15±0.71
เถ้า (%)	24.95±1.75
เยื่อใย (%)	7.29±0.22
คาร์โบไฮเดรต (%)	38.82±1.23
Total Carotenoid (mg g^{-1} cell) ของสาหร่ายอบแห้ง	0.408±0.04
Total Carotenoid (mg g^{-1} cell) ของสารสกัด	2.286±0.54

การเจริญเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่า กุ้งกุลาดำมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการทดลองเลี้ยง ดังแสดงในตารางที่ 2 และ ภาพผนวกที่ 1 ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลอง กุ้งกุลาดำที่ใช้ทดลองทั้งหมด มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 8.67±0.45 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยกุ้งในชุดการ

ทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 8.62±0.03, 8.73±0.45, 8.43±0.31, 8.73±0.70, 8.87±0.70, 8.31±0.91 และ 8.97±0.20 กรัม ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง กุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหาร รทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง มีค่าน้ำหนัก สุดท้าย เฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 15.06±0.69, 14.95±1.39, 14.44±0.98, 15.27±0.58, 14.79±1.07, 14.99±2.74 และ15.99±0.50 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ย (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE, หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเลี้ยง (สัปดาห์)				
	เริ่มทดลอง	2	4	6	8
1 (0 mg/kg)	8.62±0.03[a]	10.00±0.14[a]	10.83±0.96[a]	12.01±0.74[a]	15.06±0.69[a]
2 (50 mg/kg)	8.73±0.45[a]	10.22±0.30[a]	10.50±0.79[a]	12.01±1.13[a]	14.96±1.39[a]
3 (100 mg/kg)	8.43±0.31[a]	10.34±0.62[a]	10.58±0.61[a]	12.54±1.11[a]	14.44±0.98[a]
4 (150 mg/kg)	8.73±0.70[a]	10.33±0.80[a]	10.76±1.08[a]	12.80±1.30[a]	15.27±0.58[a]
5 (200 mg/kg)	8.87±0.70[a]	9.52±0.33[a]	11.03±1.22[a]	13.41±1.12[a]	14.79±1.07[a]
6 (250 mg/kg)	8.31±0.91[a]	9.30±0.97[a]	11.53±1.90[a]	12.72±0.92[a]	14.99±2.74[a]
7 (300 mg/kg)	8.97±0.20[a]	10.57±1.01[a]	12.08±0.53[a]	12.57±0.67[a]	15.99±0.50[a]

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P>0.05)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตาย

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG, %) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%SGR : %/วัน) อัตราการเจริญเติบโต ต่อวัน (ADG, g/วัน) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 3 ดังนี้

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG, %) ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดจากสาหร่ายในชุดการทดลอง ต่าง ๆ พบว่า ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 74.76±8.58, 71.53±5.63, 71.12±6.73, 75.40±7.36, 66.94±7.89, 79.51±9.17 และ 78.34±6.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน) ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 0.463±0.040, 0.447±0.076, 0.447±0.029, 0.467±0.035, 0.427±0.040, 0.487±0.060 และ 0.483±0.029 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG, กรัม/วัน) ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารในชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตรา การเจริญเติบโต ต่อวัน (ADG) ในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 0.054±0.006, 0.052±0.011, 0.050±0.006, 0.054±0.001, 0.049±0.005, 0.056±0.015 และ 0.059±0.004 กรัม/วัน ตามลำดับ

อัตราแลกเนื้อ (FCR) ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารในชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตราแลกเนื้อ (FCR) ในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าอัตราแลกเนื้อ (FCR) ของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 2.53±0.31, 2.83±0.50, 2.82±0.32, 2.64±0.10, 2.94±0.32, 2.64±0.70 และ 2.47±0.21 ตามลำดับ

อัตรารอดตาย (SR, %) ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารในชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตรารอดตาย (SR) ในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าอัตรารอดตาย (SR) ของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 91.67±5.77, 90.00±8.66, 91.67±5.77, 95.00±5.00, 90.00±8.66, 93.33±2.89 และ 91.67±2.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตรารอดตาย ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งทั้ง 6 ระดับ (50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) ไม่แตกต่างจากกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารในชุดควบคุมซึ่งไม่ได้ผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง แสดงให้เห็นว่าระดับของการใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งเป็นแหล่งของสารสีในอาหารตั้งแต่ 50-300 mg/kg ไม่มีผลในการการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งกุลาดำ โดยผลจากการทดลองครั้งนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับ กิจการ และคณะ (2548) ที่ได้ทำการทดลองเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ในอาหารกุ้งกุลาดำเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราแลกเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตายของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารทดลองเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ ไม่มีความแตกต่างกันกับกุ้งกุลาดำกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้มีการเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ในอาหาร แสดงให้เห็นว่า การเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง ไม่ได้เปลี่ยนแปลงการกินอาหารของกุ้ง สอดคล้องกับผล

ตารางที่ 3 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) อัตราแลกเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตาย (SR) ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR)	อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)	อัตราแลกเนื้อ (FCR)	อัตรารอดตาย (SR)
1 (0 mg/kg)	74.76±8.58 [a]	0.463±0.040 [a]	0.054±0.006 [a]	2.53±0.31 [a]	91.67±5.77 [a]
2 (50 mg/kg)	71.53±5.63 [a]	0.447±0.076 [a]	0.052±0.011 [a]	2.83±0.50 [a]	90.00±8.66 [a]
3 (100 mg/kg)	71.12±6.73 [a]	0.447±0.029 [a]	0.050±0.006 [a]	2.82±0.32 [a]	91.67±5.77 [a]
4 (150 mg/kg)	75.40±7.36 [a]	0.467±0.035 [a]	0.054±0.001 [a]	2.64±0.10 [a]	95.00±5.00 [a]
5 (200 mg/kg)	66.94±7.89 [a]	0.427±0.040 [a]	0.049±0.005 [a]	2.94±0.32 [a]	90.00±8.66 [a]
6 (250 mg/kg)	79.51±9.17 [a]	0.487±0.060 [a]	0.056±0.015 [a]	2.64±0.70 [a]	93.33±2.89 [a]
7 (300 mg/kg)	78.34±6.38 [a]	0.483±0.029 [a]	0.059±0.004 [a]	2.47±0.21 [a]	91.67±2.89 [a]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บของชุดการทดลอง คือระดับความเข้มข้นของการเสริมสารสกัดในอาหาร
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร อักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

การทดลองที่มีการเสริมสารสีแคโรทีนอยด์จาก กลีบดอกดาวเรืองในอาหาร เลี้ยงกุ้งกุลาดำของ ชลี และคณะ (2559) พบว่า การเสริมสารสีแคโรทีนอยด์จากกลีบดอกดาวเรืองไม่ได้เปลี่ยนแปลงการกินอาหารของกุ้ง จึงไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย ผลการศึกษาที่พบสอดคล้องกับรายงานหลายชิ้นที่ระบุว่า การเสริมสาร สีแคโรทีนอยด์ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ทดลอง Gocer and others, (2006) พบว่า การเสริมสาร สีแคโรทีนอยด์ในอาหารไม่ มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง *Penaeus semisulcatus* ส่วนรายงานการศึกษาของ Boonyaratpalin and others, (2001), pp. 182-190. กล่าวว่า การเสริมสารสี β-carotene หรือ astaxanthin ในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งกุลาดำ และสอดคล้องกับผลการทดลองเสริ มสารสีเบตาแคโรทีนสังเคราะห์ สารสกัดแคโรทีนอยด์จากพืชและสาหร่ายในธรรมชาติ เช่น สาหร่ายสไปรูไลนาและสารสกัดแคโรทีนอยด์จากพริกหวาน ที่ระดับความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ในกุ้งขาวแวนนาไมของ กิจการ ศุภมาตย์ และคณะ, (2549) รายงานว่า แหล่งของสารสีที่ได้จากวัตถุดิบธรรม ชาติ หรือจากการสังเคราะห์ไม่มีผลในการเร่งการเจริญเติบโตของกุ้งขาวได้ เช่นเดียวกับรายงานการศึกษาของ Pan and others, (2001) ที่ไม่พบความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมและอาหารที่ผสมสารสี Astaxanthin และจากการศึกษาของ Boonyaratpalin and others, (2001), pp. 182-190. พบว่า การผสมเบต้าแคโรทีนที่เป็นรงควัตถุหลักของสาหร่ายดูนาริเอลลาเข้มข้น 125

และ 175 พีพีเอ็ม ในอาหารให้กุ้งกุลาดำกินติดต่อกันนาน 10 สัปดาห์ ไม่มีผลไปเร่งการเจริญเติบโตเมื่อเทียบกับอาหารชุดควบคุม จากรายละเอียด ข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการเสริมแคโรทีนอยด์จากสาหร่ายก้ามกุ้งจากการทดลองครั้งนี้ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำ

ระดับสีของกุ้งกุ้งกุลาดำ

ผลการวิเคราะห์ ค่าสีที่ผิวลำตัวกุ้ง กุลาดำ ที่ได้รับอาหาร ทดลองผสมสารสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งที่ระดับต่าง ๆ ทั้ง 7 ชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ หลังสิ้นสุดการทดลอง นำกุ้งกุลาดำไปต้มในน้ำเดือด 3 นาที วัดสีกุ้งกุลาดำทั้งเปลือกตรงบริเวณข้อที่ 2 นับจากหัวเปรียบระดับสีของกุ้งกุลาดำในแต่ละชุดการทดลอง ให้ผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 4 ดังนี้

ค่า *L** (ค่าความสว่าง) ของกุลาดำที่เลี้ยง มีค่าอยู่ในช่วง 23.58±1.86 ถึง 26.79±1.42 (ตารางที่ 4) โดยกุ้งกุลาดำในกลุ่มควบคุม มีค่า *L** สูงที่สุด (26.79±1.42) สูงกว่ากุ้งกุลาดำในชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5, 7 และ 6 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่า *L** เท่ากับ 24.72±1.33, 24.30±1.73, 24.22±2.15, 24.02±1.74, 23.84±1.99 และ 23.58±1.86 ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 2 และภาพผนวกที่ 5)

ค่า *a** (ค่าสีแดง) ของกุ้งขาว แวนนาไม ทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 11.51±1.18 ถึง 13.14±1.18 (ตารางที่ 4) โดยกุ้งกุลาดำที่ได้ รับอาหารชุดการทดลองที่ 6 (250 mg/kg) มีค่าสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 13.14±1.18 สูงกว่ากุ้งกุลาดำในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 7 และ 5 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่า *a** เท่ากับ 11.51±1.18, 11.59±1.14, 11.66±1.06, 11.98±1.48, 12.13±1.20 และ 12.27±1.07 ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 1 มีค่า *a** ต่ำที่สุด เท่ากับ 11.51±1.18 (ภาพผนวกที่ 3 และภาพผนวกที่ 5)

ส่วนค่า *b** (ค่าสีเหลือง) ของกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 12.38±1.39 ถึง 14.01±1.15 (ตารางที่ 4) โดยกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหาร ชุดการทดลองที่ 6 (250 mg/kg) มีค่าสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 14.01±1.15 สูงกว่ากุ้งกุลาดำในชุดการทดลองที่ 1, 5, 4, 7, 2 และ 3 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่า *b** เท่ากับ 12.38±1.39, 12.41±1.16, 12.42±1.44, 12.63±1.10, 13.03±1.92 และ 13.26±1.13 ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 1 มีค่า *b** ต่ำที่สุด เท่ากับ 12.38±1.39 (ภาพผนวกที่ 4 และภาพผนวกที่ 5)

การเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้ง ในอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ส่งผลให้มีค่าความสว่าง (*L**) ของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้งทั้ง 6 ชุดการทดลอง (50-300 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) มีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่เสริมสารสกัดหยาบของสาหร่าย พบว่าค่าความสว่าง (*L**) มีแนวโน้มที่ลดลง แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ค่าความสว่างของสีลดลง เนื่องจากในสาหร่ายสีแดงน้ำจืดมีสารสีแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสาร

ที่ช่วยกระตุ้นในการเกิดสีของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในสัตว์น้ำกลุ่มครัสเตเซียนที่ต้องอาศัยสารเร่งสีจากอาหารที่กินเข้าไปภายนอก และทำให้เกิดสีปรากฏในสัตว์น้ำที่มีลักษณะสีเข้มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ กิจการ ศุภมาตย์ และคณะ (2549) ที่ทดสอบผลของแหล่งสารสีธรรมชาติต่อการเร่งสีในกุ้งขาว พบว่า กุ้งขาวที่ได้รับสารสีสังเคราะห์ และสารสีที่สกัดจากพืชธรรมชาติ มีค่าความสว่าง (*L**) ต่ำกว่ากุ้งขาวที่ได้รับอาหารชุดควบคุม

ตารางที่ 4 ระดับสีที่ผิวลำตัวกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระดับค่าสี		
	*L**	*a**	*b**
1 (0 mg/kg)	26.79±1.42^{a}	11.51±1.18^{d}	12.38±1.39^{d}
2 (50 mg/kg)	24.72±1.33^{b}	11.59±1.14^{d}	13.03±1.92^{bc}
3 (100 mg/kg)	24.30±1.73^{bc}	11.66±1.06^{cd}	13.26±1.13^{b}
4 (150 mg/kg)	24.22±2.15^{bc}	11.98±1.48^{bcd}	12.42±1.44^{d}
5 (200 mg/kg)	24.02±1.74^{bc}	12.27±1.07^{b}	12.41±1.16^{d}
6 (250 mg/kg)	23.58±1.86^{c}	13.14±1.18^{a}	14.01±1.15^{a}
7 (300 mg/kg)	23.84±1.99^{c}	12.13±1.20^{bc}	12.63±1.10^{cd}

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับความเข้มข้นของการเสริมสารสกัดหยาบในอาหารกุ้งขาวทดลอง
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ผลของค่าความเข้มสีแดง (*a**) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ของกุ้งกุลาดำในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้ง 250 mg/kg ให้ค่าสีแดง (*a**) สูงที่สุด สูงกว่ากุ้งที่ได้รับสารสกัดกลุ่มอื่น ๆ และสูงกว่ากุ้งในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้ง แตกต่างอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งเมื่อคิดปริมาณสารสีแดงที่เพิ่มขึ้น พบว่า มีปริมาณสารสีแดงเพิ่มขึ้น 14.16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกุ้งในชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ในสารสกัดจากสาหร่ายที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ค่าสีแดง (*a**) เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในสาหร่ายก้ามกุ้งมีสารสีแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารที่ช่วยกระตุ้นในการเกิดสีของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในสัตว์น้ำกลุ่มครัสเตเซียนที่ต้องอาศัยสารเร่งสีจากอาหารที่กินเข้าไปภายนอก และทำให้เกิดสีปรากฏในสัตว์น้ำที่มีลักษณะสีแดงเข้มขึ้น สอดคล้องกับการ ทดลองของ กิจการ ศุภมาตย์ และคณะ (2549) ที่ทดสอบผลของแหล่งสารสีธรรมชาติต่อการเร่งสีในกุ้งขาว พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ

อาหารทุกชุดการทดลองที่ผสมสารสี มีลำตัวแดง (*a**) เข้มกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารชุดควบคุมอย่างชัดเจน และสอดคล้องกับผลการทดลองในกุ้งเครย์ฟิชของ ทนงศักดิ์ สัสดีแพง และสุรีวัลย์ ชุ่มแก้ว (2560) พบว่า ค่าสีแดง (*a**) ในชุดกำรทดลองที่ให้อาหารเสริมสารสีจากผงพริกหยวกแดงที่ระดับต่างกัน สามารถทำให้กุ้งเครย์ฟิชมีค่าสีแดง (*a**) ที่เพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดควบคุม ส่วนค่าสีเหลือ ง (*b**) เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกับ ค่าสีแดง (*a**) พบว่า กุ้งกุลาดำในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้ง 250 mg/kg ให้ค่าสีเหลือง (*b**) สูงที่สุด สูงกว่ากุ้งที่ได้รับสารสกัดกลุ่มอื่น ๆ และสูงกว่ากุ้งในชุดควบคุมที่ไม่ ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้ง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง เลี้ยงกุ้งกุลาดำในส่วนการทดลองที่ 1 เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ความเค็มมีค่าอยู่ระหว่าง 24.00-29.50 ppt, อุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 28.70-29.20 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด -ด่าง 7.60-8.10 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.18-7.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างของน้ำ 101.45-125.30 มิลลิกรัมต่อลิตรเทียบกับแคลเซียม คาร์บอเนต แอมโมเนีย 0.30-0.58 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.20-0.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าอยู่ในช่วงที่ กุ้งกุลาดำสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยง สัตว์น้ำ (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและกองส่งเสริมการประมง, 2550)

การทดลองส่วนที่ 2

การทดลองเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่าย ก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) ในอาหารเม็ด กุ้งกุลาดำสำเร็จรูปที่ระดับความเข้มข้น 250 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม (ชุดการทดลองที่ 1) และชุดการทดลองที่ 2 ที่ไม่ได้เสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง นำมาใช้เลี้ยง กุ้งกุลาดำที่มีน้ำหนักเริ่มต้นในทั้ง 2 ชุดการทดลอง เท่ากับ 13.49 ± 3.45 กรัม เป็นเวลา 1 เดือน ให้ผลการทดลอง ดังนี้

การเจริญเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย

ผลการทดลองในส่วนที่ 2 พบว่า ค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการ รอดตาย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 ดังนี้

น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม) ของกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 1 เดือน พบว่า เมื่อเริ่มการทดลองกุ้งกุลาดำที่ใช้ทดลองทั้งหมดมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อ

ตัว เท่ากับ 13.49±3.45 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยกุ้งในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 13.58±1.54 และ 13.39±1.93 กรัม ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง กุ้งกุลาดำมีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 21.88±4.38 และ 15.99±0.50 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยกุ้งในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 61.12±2.53 และ 58.79±3.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทา งสถิติ (P>0.05) โดยกุ้งในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 1.67±0.22 และ 1.56±0.27 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยกุ้งในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 0.27±0.02 และ 0.26±0.03 กรัม/วัน ตามลำดับ

อัตราแลกเนื้อ (FCR) ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยกุ้งในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีอัตรา แลกเนื้อ เท่ากับ 1.80±0.08 และ 1.81±0.03 ตามลำดับ

อัตรารอดตาย (SR) ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยกุ้งในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีอัตรา รอดตาย เท่ากับ 84.50±0.53 และ 82.20±0.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการศึกษาการเจริญเติบโตเมื่อสิ้นสุดการทดลองในส่วนที่ 2 โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตรารอดตาย ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งที่ระ ดับ 250 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างจากกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารในชุดควบคุมซึ่งไม่ได้ผสมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง แสดงให้เห็นว่าระดับของการใช้สารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งเป็นแหล่งของสารสีในอาหาร ที่ระดับ 250 mg/kg ไม่มีผลในการการเจริญเติบโตและอัตรารอดต ายของกุ้งกุลาดำ โดยผลจากการทดลองครั้งนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับ กิจการ และคณะ (2548) ที่ได้ทำการทดลองเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ในอาหารกุ้งกุลาดำเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราแลกเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตายของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารทดล องเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ ไม่มีความแตกต่างกันกับกุ้งกุลาดำกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้มีการเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ในอาหาร แสดงให้เห็นว่า การเสริมสาร สีแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง ไม่ได้เปลี่ยนแปลงการกินอาหารของกุ้ง สอดคล้องกับผลการทดลองที่มีการเสริมสารสีแคโรทีนอยด์จากกลีบดอกดาวเรืองในอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำของ ชลี และคณะ (2559) พบว่า

การเสริมสารสีแคโรทีนอยด์จากกลีบดอกดาวเรืองไม่ได้เปลี่ยนแปลงการกินอาหารของกุ้ง จึงไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย

ตารางที่ 5 น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม) น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) อัตราแลกเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตาย (SR) ของกุ้งกุลาดำทดลอง ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 1 เดือน

ข้อมูล	ชุดการทดลอง 1 (250 mg/kg)	ชุดการทดลอง 2 (0 mg/kg)
น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม)	13.58±1.54[a]	13.39±1.93[a]
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม)	21.88±4.38[a]	21.26±5.14[a]
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG)	61.12±2.53[a]	58.79±3.36[a]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR)	1.67±0.22[a]	1.56±0.27[a]
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)	0.27±0.02[a]	0.26±0.03[a]
อัตราแลกเนื้อ (FCR)	1.80±0.08[a]	1.81±0.03[a]
อัตรารอดตาย (SR)	84.50±0.53[a]	82.20±0.84[a]

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวนอนโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P>0.05)

ระดับสีของกุ้งกุลาดำ

ผลการวิเคราะห์ ค่าสีที่ผิวลำตัวกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหาร ทดลองผสมสารสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งที่ ระดับ 250 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม และชุด ควบคุมที่ไม่ได้เสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง เป็นระยะเวลา 1 เดือน หลังสิ้นสุดการทดลอง นำกุ้งกุลาดำไปต้มในน้ำเดือด 3 นาที วัดสีกุ้งกุลาดำทั้งเปลือกตรงบริเวณข้อที่ 2 นับจากหัวเปรียบระดับสีของกุ้งกุลาดำในแต่ละชุดการทดลองให้ผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 6 และภาพผนวกที่ 6 ดังนี้

ค่า L^* (ค่าความสว่าง) ของกุลาดำที่เลี้ยงในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งมีค่า L^* เท่ากับ 26.30±2.96 และ 27.01±2.13 ตามลำดับ

ค่า a^* (ค่าสีแดง) ของกุลาดำที่เลี้ยงในชุดการทดลองที่ 1 (250 mg/kg) มีค่า a^* เท่ากับ 14.50±1.13 สูงกว่ากุ้งกุลาดำในชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งมีค่า a^* เท่ากับ 11.99±1.42 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ส่วนค่า *b** (ค่าสีเหลือง) ของกุลาดำที่เลี้ยงในชุดการทดลองที่ 1 (250 mg/kg) มีค่า *b** เท่ากับ 15.27±1.28 สูงกว่ากุ้งกุลาดำในชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งมีค่า *b** เท่ากับ 14.21±1.34 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ระดับค่าสีกุ้งกุลาดเทียบกับค่าสีของแถบวัดค่าสี *Salmo*Fan™ Lineal

ผลการวิเคราะห์ ค่าสีที่ผิวลำตัวกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหาร ทดลองผสมสารสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งที่ ระดับ 250 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม และชุดควบคุมที่ไม่ได้เสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง เป็นระยะเวลา 1 เดือน หลังสิ้นสุดการทดลอง นำกุ้งกุลาดำไปต้มในน้ำเดือด 3 นาที วัดสีกุ้งกุลาดำทั้งเปลือกตรงบริเวณข้อที่ 2 นับจากหัวเปรียบระดับสีของกุ้งกุลาดำในแต่ละชุดก ารทดลองกับแถบวัดค่าสีที่ห้องเย็นนิยมใช้ในการวัดค่าสีกุ้งเพื่อตีราคาในการซื้อขายกุ้งกับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ให้ผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 6 และภาพผนวกที่ 7 ดังนี้

ระดับค่าสีของกุลาดำที่เลี้ยงในชุดการทดลองที่ 1 (250 mg/kg) มีระดับค่าสีเมื่อเทียบกับระดับค่าสีของแถบวัดค่าสี *Salmo*Fan™ Lineal มีค่าที่ระดับ 27±1 สูงกว่ากุ้งกุลาดำในชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งมีค่าสีของแถบวัดค่าสี *Salmo*Fan™ Lineal มีค่าที่ระดับ 27±1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 6 ระดับสีที่ผิวลำตัวกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่างกัน เป็นเวลา 1 เดือน

ชุดการทดลอง	ระดับค่าสี			
	*L**	*a**	*b**	ค่าแถบสี
1 (250 mg/kg)	26.30±2.96[a]	14.50±1.13[a]	15.27±1.28[a]	27±1[a]
2 (0 mg/kg)	27.01±2.13[a]	11.99±1.42[b]	14.21±1.34[b]	24±1[b]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับความเข้มข้นของการเสริมสารสกัดหยาบในอาหารกุ้งขาวทดลอง
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

การเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ ามกุ้งในอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 1 เดือน ส่งผลให้มีค่าความเข้มสีแดง (*a**) ของกุ้งกุลาดำในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้ง 250 mg/kg ให้ค่าสีแดง (*a**) สูงกว่ากุ้งในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้ง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งเมื่อคิดปริมาณสารสีแดงที่เพิ่มขึ้น พบว่า มีปริมาณสารสีแดงเพิ่มขึ้น 21.09 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกุ้งในชุดควบคุม แสดง

ให้เห็นว่าการเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง มีผลทำให้ค่าสีแดง (*a**) เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารสีแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารที่ช่วยกระตุ้นในการเกิดสีของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในสัตว์น้ำกลุ่มครัสเตเซียนที่ต้องอาศัยสารเร่งสีจากอาหารที่กินเข้าไปภายนอก และทำให้เกิดสีปรากฏในสัตว์น้ำที่มีลักษณะสีแดงเข้มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ กิจการ และคณะ (2549) ที่ทดสอบผลของแหล่งสารสีธรรมชาติต่อการเร่งสีในกุ้งขาว พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทุกชุดการทดลองที่ผสมสารสี มีลำตัวแดง (*a**) เข้มกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารชุดควบคุมอย่างชัดเจน และสอดคล้องกับผลการทดลองในกุ้งเคยร์ฟิชของ ทนงศักดิ์ และสุรีวัลย์ (2560) พบว่า ค่าสีแดง (*a**) ในชุดการทดลองที่ให้อาหารเสริมสารสีจากผงพริกหยวกแดงที่ระดับต่างกัน สามารถทำให้กุ้งเคยร์ฟิชมีค่าสีแดง (*a**) ที่เพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดควบคุม ส่วนค่าสีเหลือง (*b**) เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นไปในทำนองเ ดียวกับ ค่าสีแดง (*a**) พบว่า กุ้งกุลาดำในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้ง 250 mg/kg ให้ค่าสีเหลือง (*b**) สูงกว่ากุ้งในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้ง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การเพิ่มมูลค่าของกุ้ง

เมื่อทำการเปรียบเทียบมูลค่าที่เพิ่มขึ้นของกุ้งกุลาดำที่ทดลองในส่วนที่ 2 โดยดูจากราคาของกุ้งที่จำหน่ายในท้องตลาดในขณะนั้น ในทางธุรกิจ การที่เกษตรกรจะขายกุ้งที่เลี้ยงในบ่อให้กับห้องเย็น โดยทางห้องเย็นจะทำการตีราคากุ้งหลังจากทำการเทียบสีของกุ้งในบ่อเลี้ยงที่ต้มในน้ำเดือดแล้วกับแถบค่าสี *Salmo*Fan™ Lineal ซึ่งจะมีราคามาตรฐานของกุ้งตามระดับสีที่เป็นมาตรฐานอยู่แล้ว แต่ถ้าหากกุ้งในบ่อที่จะจำหน่ายในขณะนั้นมีระดับสีเพิ่มขึ้น 1 ระดับ จะทำให้ราคาของกุ้งเพิ่มสูงขึ้นไปอีกระดับละ 10-15 บาท (ข้อมูลจากการสอบถามห้องเย็นที่รับซื้อกุ้ง) ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ พบว่า เมื่อคิดค่าเฉลี่ยของกุ้งที่ทดลองจะได้ขนาดประมาณ 50 ตัว/กิโลกรัม มีราคาจำหน่ายอยู่ที่ 180 บาท/กิโลกรัม (ราคา ณ วันที่ 13 สิงหาคา 2565) ซึ่งเป็นราคาที่ซื้อขายกันทั่วไปและไม่ได้บอกค่าระดับสีเมื่อเทียบกั บแถบสี ดังนั้นในการทดลองส่วนที่ 2 ครั้งนี้จะเทียบให้กุ้งกุลาดในชุดควบคุม ที่มีค่าระดับสีอยู่ที่ 24 มีราคา 180 บาท/กิโลกรัม ส่วนในชุดการทดลองที่ 1 ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้ง 250 mg/kg มีค่าระดับสีอยู่ที่ 27 ดังนั้น เพิ่มระดับสีได้ 3 ระดับ และเพิ่มมูลค่าของกุ้งในชุดการทดลองที่ 1 ได้ 30 บาท/กิโลกรัม หรือคิดเป็นราคาที่เพิ่มขึ้น 16.67 เปอร์เซ็นต์

คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง เลี้ยงกุ้งกุลาดำในส่วนการทดลองที่ 2 เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ความเค็มมีค่าอยู่ระหว่าง 18.00-25.50 ppt, อุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 28.50-29.35 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด -ด่าง 7.60-8.00 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.50-7.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างของน้ำ 105.87-132.50 มิลลิกรัมต่อลิตรเทียบกับแคลเซียม

คาร์บอเนต แอมโมเนีย 0.30-0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.20-0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าอยู่ในช่วงที่ กุ้งกุลาดำ สามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยง สัตว์น้ำ (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและกองส่งเสริมการประมง, 2550)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า การใช้สารสกัดหยาบจากสาหร่าย ก้ามกุ้งเสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ระดับตั้งแต่ 50-300 mg/kg ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งกุลาดำ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 250 mg/kg สามารถเพิ่มระดับสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ในกุ้งกุลาดำให้เพิ่มสูงขึ้นได้สูงที่สุด และการเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหาร 250 mg/kg เลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาดเฉลี่ย 13.49 กรัม เป็นเวลา 1 เดือน สามารถเพิ่มระดับสี แดง (a^*) ของกุ้งกุลาดำได้ 21.09 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกุ้งในชุดควบคุม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาปริมาณของสารสีแอสต้าแซนทินในสาหร่าย ก้ามกุ้ง และในอาหารทดลองเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการยืนยันผลการทดลองได้อย่างแท้จริง
2. ควรทำการศึกษาถึงต้นทุนในอาหารกุ้งกุลาดำเสริมสารสกัดหยาบสาหร่ายก้ามกุ้งด้วย
3. ผู้สนใจ สามารถนำสูตรอาหารดังกล่าว ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารเพิ่มระดับสีของ กุ้งกุลาดำและกุ้งทะเลเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ เชิงพาณิชย์ได้

บรรณานุกรม

กรมประมง. 2563. สถิติผลผลิตการเลี้ยงกุ้งทะเลประจำปี 2561. เอกสารฉบับที่ 2/2563. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 44 น.

กรมประมง. 2550. สถิติการประมง 2550. [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก : http://www.fisheries.go.th/it-stst/data_2550/menu_2550.htm. เข้าค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2553.

กรมประมง. 2556. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2556. เอกสารฉบับที่ 9 / 2556. ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 91 น.

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

กาญจนภาชน ลิ่วมโนมนต์. 2527. สาหร่าย. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กิจการ ศุภมาตย์, สุภฎา คีรีรัฐนิคม, ประทีป รุ่งสมบัติ, มะลิ บุณยรัตผลิน และอธิศักดิ์ เกลี้ยงประดิษฐ์. 2548. ผลของแคโรทีนอยด์ชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบเลือด ความต้านทานโรค และความเครียดในกุ้งกุลาดำ (Penaeus monodon Fabricius). ว. สงขลานครินทร์ วทท. 27 (ฉบับพิเศษ 1) : 71-82.

กิจการ ศุภมาตย์ วุฒิพร พรหมขุนทอง และสุภฎา คีรีรัฐนิคม. 2549. รายงานโครงการวิจัยผลของแหล่งสารสีธรรมชาติต่อการเร่งสีและความต้านทานความเครียดในกุ้งขาว. หาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

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

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และพรเลิศ จันทรรัชชกูล. 2547. อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแหงชาติ, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ, นิติ ชูเชิด, นงนุช รักสกุลไทย, เดชานาท ทองพิทักษ์, พจมาน เชยเดช, นันทิภา พันธุสวัสดิ์ และสาธิต ประเสริฐศรี. 2550. การเพิ่มความเข้มของสีเปลือกและลดปัญหาหัวแตกหลังจากต้มกุ้งขาวแวนนาไม. เอกสารเผยแพร่สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุง ป พ.ศ. 2550. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ, นิติ ชูเชิด, นันทิภา พันธุสวัสดิ์, สาธิต ประเสริฐศรี, สุธี วงศ์มณีประทีป, เกศินี หลายสุทธิสาร, ปัทมา วิริยพัฒนทรัพย์, จริยาวดี สุริยพันธุ์ และ แก้วตา ลิ้มเฮง. 2552. ผลของการแช่กุ้งขาวแวนนาไมในถังที่มีสีแตกต่างกันต่อคุณภาพสีของกุ้งต้ม. เอกสารเผยแพร่ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลี ไพบูลย์กิจกุล, ชัยชนินทร์ เบี้ยวเหล็ก, รชนิมุข หิรัญสัจจาเลิศ และ เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล. 2559. ผลของการเสริมกลีบดอกดาวเรืองในอาหารต่อความเข้มสีในกุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon*. วารสารแก่นเกษตร 44 (3) : 461-468.

ชูศักด แสงธรรม. 2541. การเลี้ยงกุงกุลาดำ. พิมพครั้งที่ 3. ฐานเกษตรกรรม. กรุงเทพมหานคร.

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

ทนงศักดิ์ สัสดีแพง และสุรีวัลย์ ชุ่มแก้ว. 2560. การเสริมพริกหยวกสีแดง พริกหยวกสีเหลือง และแครอทเพื่อเพิ่มสีเปลือกกุ้งสวยงาม. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร. ลำปาง: มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ธัชศึก พร้อมคุ้ม, จงกล พรหมยะ, เกลียงศักดิ์ เม่งอำพัน, นิวุฒิ และชนกันต์ จิตมนัส. 2554. ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก ต่อการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันและปรับปรุงสีของปลาทอง. การประชุมวิชาการสาหร่าย และแพลงก์ตอนแห่งชาติ. ครั้งที่ 5. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 157 น.

นครินทร เรืองพานิช. 2540. การใชกากถั่วเหลืองและโปรตีนขาวโพดทดแทนหัวกุงปนและปลาหมึกปนรวมกับสารชวนกินในอาหารกุงกุลาดำ. วิทยานิพนธปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร.

บังอร ศรีมุกดา. 2530. การเพาะกุ้งกุลาดำ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 55/2530. สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดระยอง, กองประมงน้ำกร่อย, กรมประมง.

เบญจมินทร ทองเปง. 2547. การเลี้ยงกุงกุลาดำแบบยั่งยืน. ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี.

ประจวบ หลำอุบล. 2537. สรีรวิทยาของกุง. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

มะลิ บุณยรัตผลิน. 2531. อาหารและการใหอาหารกุงกุลาดำ. ชองนนทรี, กรุงเทพมหานคร.

ระพีพร เรืองช่วย, โชคชัย เหลืองธุวประณีต, นิรัติศัย เพชรสุภา, อมมี คุณอารี และพายัพ มาศนิยม. 2549. รายงานการวิจัยเรื่อง โครงการการเลี้ยงสาหร่ายผมนางเพื่อเป็นอาชีพสำหรับชาวประมงพื้นบ้านในอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2549. สาหร่ายวิทยา. พิมพครั้งที่ 2. โรงพิมพโชตนาพรินท, เชียงใหม่.

วัลลภ คงเพิ่มพูน. 2531. กุงกุลาดำ. กรุงเทพมหานคร: โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร.

วัฒนา วัฒนกุล และอุไรวรรณ วัฒนกุล. 2564. ผลของสารสกัดจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดต่อการเจริญเติบโตและความเข้มสีของกุ้งขาวแวนนาไม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ. 5 (1) : 68-77.

วีรเทพ ศรีปราชญ. 2553. การใช้สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. โภชนศาสตรสัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ. สำนักพิมพมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร. กรุงเทพมหานคร.

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

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

Boonyaratpalin, M.; Thongrod, S.; Supamattaya, K.; Britton, G. and Schlipalius, L. E. 2001. Effect of β–Carotene Source, Dunaliella salina, and Astaxanthin on Pigmentation, Growth, Survival and Health of *Penaeus monodon*. Aquaculture Reserch. 3 (March) : 182–190.

Briggs, M. R. P. and Funge – Smith, S. J. 2008. The Potential Use of *Gracilaria* sp. Meal in Diets for Juvenile *Penaeus monodon* Fabricius. Aquaculture Research. 27 (June) : 345–354.

Burtin, P. 2003. Nutritional Value of Seaweeds. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry. 2 (March) : 498–503.

Cruz–Suárez, L. E.; Tapia–Salazar, M.; Nieto–López, M. G.; Guajardo–Barbosa, C. and Ricque–Marie, D. 2008. Comparison of *Ulva clathrata* and the Kelps *Macrocystis pyrifera* and *Asophyllum nodosum* as Ingrediens in Shrimp Feeds. Aquaculture Nutrition. 15 (May) : 421–430.

Da Silva, R. L. and Barbosa, J. M. 2008. Seaweed Meal as a Protein Source for the White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. Journal of Applied Phycology. 21 (August) : 193–197.

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) : 25-28.

Gocer, M., M. Yanar, M. Kumlu, and Y. Yanar. 2006. The effects of red pepper, marigold flower, and synthetic astaxanthin on pigmentation, growth, and proximate composition of Penaeus semisulcatus. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 30 : 359-365.

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

Jory, D. and Cabrera, T. 2003. Marine Shrimp. Pp. 382 – 419. *In* Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants. J. S. Lucas and P. C. Southgate, eds. London: Blackwell Publishing.

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

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 (12) : 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.

Pan, C.H., ung , Chien, Y.H. and Cheng, J.H. 2001. Effects of light regime, algae in the water and dietary astaxanthin on pigmentation, growth, and survival of black tiger prawn *Penaeus monodon* post-larvae. Zoological studies. 40 (4) : 371-382.

Peñaflorida, V. D. and Golez, N. V. 1996. Use of Seaweed Meals from Kappaphycus alvaezii and *Gracilaria heteroclada* as Binders in Diets for Juvenile Shrimp *Penaeus monodon*. Aquaculture. 143 (January) : 393–401.

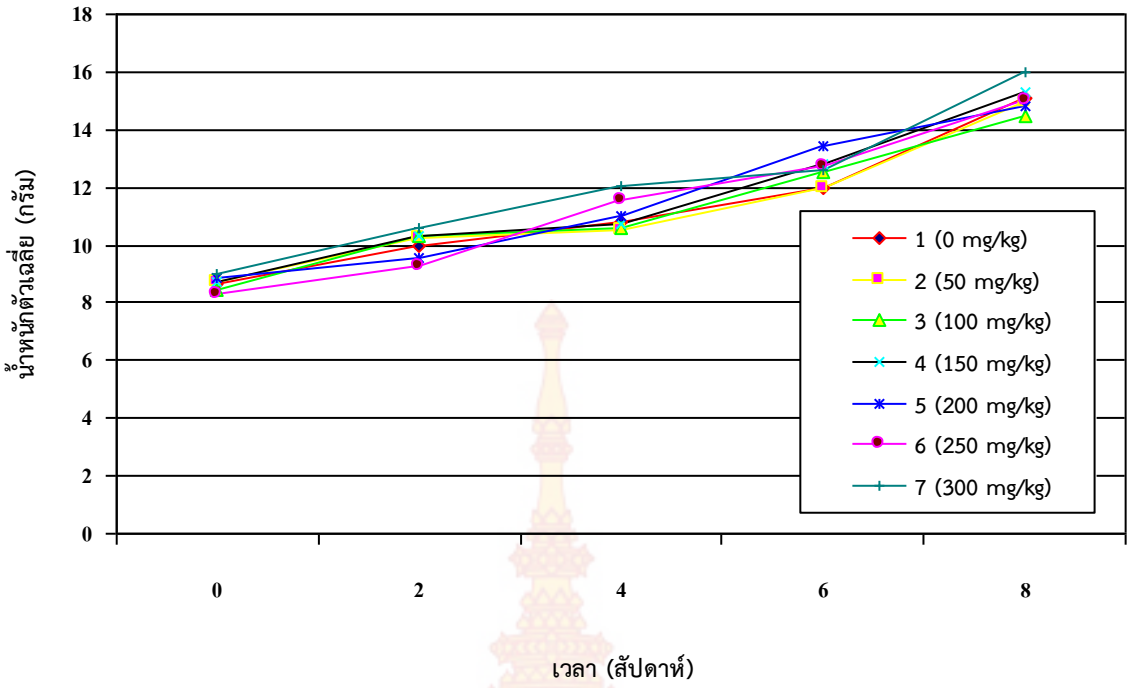
Sirikanya Chungthanawong. 2004. Effect of *Ascophyllum nodosum* Supplemented Diets on Growth and Survival of Black Tiger Shrimp *Penaeus monodon*. Master's Thesis, Chulalongkorn University. 88 p.

Supamattaya, K.; Kiriratnikom, S.; Boonyaratpalin, M. and Borowitzaka, L. 2005. Effect of a Dunaliella Extract on Growth Performance Health Condition, Immune Response and Disease Resistance in Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*). Aquaculture. 248 (June): 207–216.

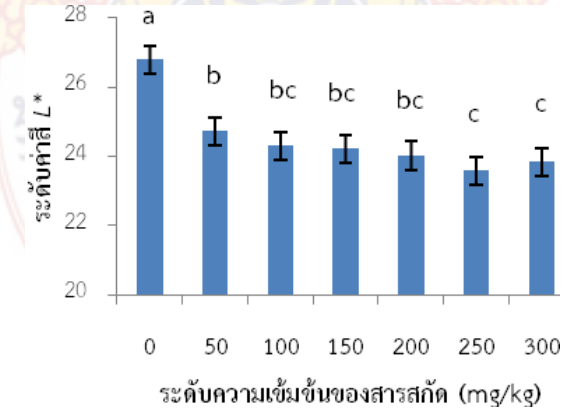
Suzuki, M., Y. EGAWA, and T. OKUDA . 1965. Studies on Streptomyces antibiotic, cycloheximide. XV. Hydroxycarbonylation of optically active 2,4-dimethylcyclohexanones with glutarimide-β-acetaldehyde. (Synthesis of isocycloheximide and its isomers.) Chem. Pharm. Bull. 11 : 582-588.

Van De Braak, K. 2002. Haemacytic Defence in Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*). Doctoral Dissertation, Wageningen University.

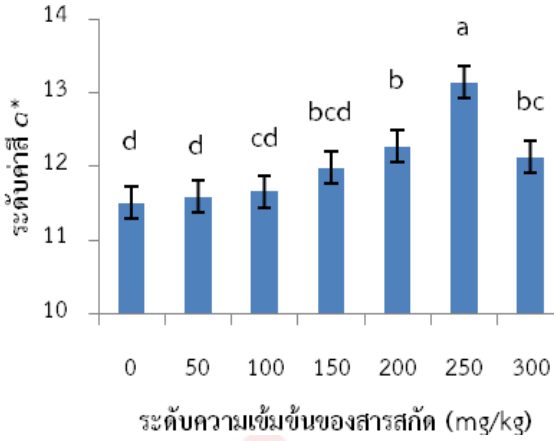
ภาคผนวก



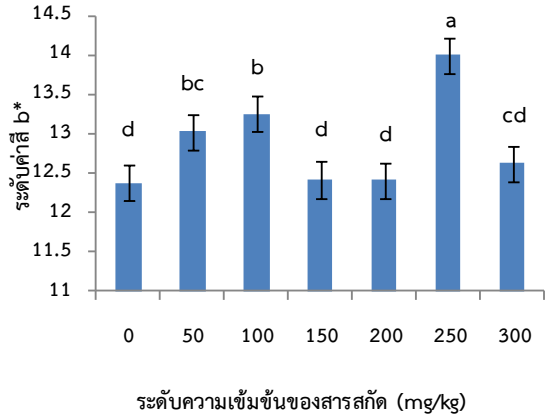
ภาพผนวกที่ 1 การเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์



ภาพผนวกที่ 2 ระดับค่าสี L^* ของกุ้งกุลาดำที่ทดลองส่วนที่ 1



ภาพผนวกที่ 3 ระดับค่าสี a^* ของกุ้งกุลาดำที่ทดลองส่วนที่ 1



ภาพผนวกที่ 4 ระดับค่าสี b^* ของกุ้งกุลาดำที่ทดลองส่วนที่ 1

ภาพผนวกที่ 5 ระดับความเข้มสีของกุ้งกุลาดำทดลองจากการทดลองส่วนที่ 1

ภาพผนวกที่ 6 ระดับความเข้มสีของกุ้งกุลาดำทดลองจากการทดลองส่วนที่ 2

ภาพผนวกที่ 7 ระดับความเข้มสีของกุ้งกุลาดำทดลองจากการทดลองส่วนที่ 2 เทียบกับแถบวัดค่าสี