รายงานการวิจัย

ผลของรงควัตถุสารสีจากเศษเปลือกปูม้าเหลือทิ้ง ในการปรับปรุงคุณภาพสีของกุ้งขาวแวนนาไม

Effect of Pigment from Wasted Blue Swimming Crab Shells on Color Quality Improvement of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

ชาญยุทธ สุดทองคง Chanyut Sudtongkong

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2565

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้โดยได้รับความช่วยเหลือเกื้อกูลจากบุคคลหลายฝ่าย บุคคลเหล่านั้นล้วนเป็นกัลยาณมิตรที่ควรค่าแก่การกล่าวถึง ด้วยความรู้สึกขอบคุณ และยกย่องไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุไรวรรณ วัฒนกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญยุทธ สุดทองคง ผู้ร่วมโครงการวิจัยที่ได้ ร่วมทำการวิจัย และคอยเป็นกำลังใจ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขรายงานการวิจัยจนรายงานการวิจัยฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ นายนาวา แขมภูเขียว และนางสาวอารียา หนูแหลม ผู้ช่วยวิจัยที่ได้ช่วยเ หลือในการทำการวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ และนักศึกษาสาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ สถาบันครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนในการทำการวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโ ลยีการประมง ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำการวิจัย และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2565 ในการทำวิจัยเรื่องดังกล่าวนี้

หัวหน้าโครงการวิจัย

กันยายน 2566

ผลของรงควัตถุสารสีจากเศษเปลือกปูม้าเหลือทิ้ง ในการปรับปรุงคุณภาพสีของกุ้งขาวแวนนาไม

วัฒนา วัฒนกุล[1] อุไรวรรณ วัฒนกุล[1] และชาญยุทธ สุดทองคง[2]

บทคัดย่อ

การทดลองใช้สารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากเปลือกปูม้า เสริมในอาหารสำเร็จรูปที่ระดับแตกต่างกัน 7 ระดับ คือ 0 (ชุดควบคุม), 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (mg/kg) นำไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1.48±0.42 กรัม เป็นเวลา 4 เดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย องค์ประกอบทางเคมี และความเข้มสีของกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า ทุกระดับของการผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และองค์ประกอบทางเคมีของกุ้งขาวแวนนาไม (P>0.05) และกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบจาก สาหร่าย (150-300 mg/kg) มีค่าความสว่าง (*L**) ต่ำกว่ากุ้งขาวในชุดควบคุมที่ไม่เสริมสารสกัดจากเปลือกปูม้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกุ้งขาวชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยความสว่างสูงที่สุดเท่ากับ 33.59±1.32 และค่าเฉลี่ยของสีแดง (*a**) มีค่าสูงสุดในชุดการทดลองที่ 4 (150 มก./กก.) มีค่าเท่ากับ 10.63±1.92 สูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) 2 และ 3 ตามลำดับ (p<0.05) แต่ทุกระดับการเสริมสารสกัดหยาบไม่มีผลต่อค่าสีเหลือง (*b**) (P>0.05) จากผลการทดลองในครั้งนี้สรุปได้ว่าการเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากเปลือก ปูม้าในอาหารสำเร็จรูปที่ระดับความเข้มข้น 150-300 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สามารถช่วยเพิ่มระดับค่าสีแดง (a*) ในกุ้งขาวแวนนาไมได้โดยไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และองค์ประกอบทางเคมีของกุ้ง ขาวแวนนาไม และ ที่ระดับความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระดับที่เหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์ที่จะใช้ในการเร่งสีกุ้งขาวแวนนาไม

คำสำคัญ : เปลือกปูม้า สารสีแคโรทีนอยด์ กุ้งขาวแวนนาไม

---

[1]สาขาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มทร.ศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

[2]สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มทร.ศรีวิชัย วข.ตรัง อ.สิเกา จ.ตรัง

Effect of Pigment from Wasted Blue Swimming Crab Shells on Color Quality Improvement of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Wattana Wattanakul[1] Uraiwan Wattanakul[1] and Chanyut Sudtongkong[2]

ABSTRACT

The experiment on carotenoids crude extracted from blue swimming crab shell supplemented in commercial diet at 7 different levels, 0, 50, 100, 150, 200, 250 and 300 mg/kg feed (mg/kg). The diets were given for 4 months to shrimps with initial average weight 1.48±0.42 g. This research aimed to study the effect of carotenoid pigments from blue swimming crab shell crude extract on growth performance, survival rate, chemical composition and pigmentation. The results showed that all levels of concentrations crude extracts do not effect on growth performance, survival rate and chemical composition ($P>0.05$). The lightness value (L^*) was highest in control group and higher than 4, 5, 6and 7 group respectively ($P<0.05$). The redness (a^*) was highest in 150 mg/kg group (10.63±1.92) and higher than control, 2 and 3 group respectively ($P<0.05$). All levels of concentrations crude extracts supplement in diet did not effect on yellowness (b^*) ($P>0.05$). This experiment was concluded that supplementation of carotenoid pigments extracted from blue swimming crab shell at concentrations of 150-300 mg/kg of feed was appropriate to increase red (a^*) in Pacific white shrimp without affecting growth, survival rate and chemical composition of pacific white shrimp. The concentration level of 150 mg/kg of supplemented in commercial diet, it is an economically appropriate level to use in color improvment of vannamei shrimp.

Keywords: Blue swimming crab shell, Carotenoid, *Litopenaeus vannamei*

.....

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

[2]Department of Marine Science, Rajamangala University of Techonology Srivijaya, Trang Campus, Sikao, Trang

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทนำ	1
วิธีดำเนินการวิจัย	12
ผลการวิจัย และอภิปรายผล	17
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	27
บรรณานุกรม	28
ภาคผนวก	33

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ย (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE, หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน	18
2	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) อัตราแลกเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตาย (SR) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน	19
3	องค์ประกอบทางเคมีของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน	22
4	ระดับสีที่ผิวลำตัวกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน	23

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ระดับค่าสี L^* ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง	34
2	ระดับค่าสี a^* ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง	34
3	ระดับค่าสี b^* ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง	34
4	ระดับความเข้มสีของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง	35
5	ตัวอย่างการวัดระดับความเข้มสีของกุ้งขาวแวนนาไมเทียบกับแถบวัดค่าสี *Salmo*Fan™ Lineal	35

บทนำ

จังหวัดตรังเป็นจังหวัดทางภาคใต้ที่มีพื้นที่ติดฝั่งทะเลอันดามัน ประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณดังกล่าวประกอบอาชีพประมงเป็นส่วนใหญ่ รายได้ของประชากรจึงมาจากการจำหน่ายอาหารทะเล เช่น กุ้ง หอย ปู ปลา โดยเฉพาะปูม้าซึ่งเป็นสินค้าหลักของชาวประมงในจังหวัดตรัง ประกอบกับรัฐบาลส่งเสริมให้พื้นที่ติดชายฝั่งมีธนาคารปูม้า ทำให้ในปัจจุบันปริมาณปูม้าในทะเลมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ ทางกลุ่มชาวประมงเองจึงได้จัดตั้งเป็นแพปูขึ้น เ พื่อแปรรูปปูม้าเป็นเนื้อปูจำหน่าย สร้างรายได้ให้กับชาวประมงได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้มีปริมาณของเปลือกปูม้าจากการแกะเนื้อจำหน่ายเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจจะเป็นปัญหามลพิษจากเศษวัสดุทางการเกษตรเหลือทิ้งในโอกาสต่อไป ประกอบกับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของจังหวั ดตรังเอง และทั่วประเทศไทยขณะนี้ประสบปัญหาราคากุ้งตกต่ำเนื่องจากโรคระบาดไวรัสโควิด -19 การส่งออกไม่ดี อีกทั้งราคากุ้งลดลงเนื่องจากสีสันของกุ้งไม่มีสีส้มแดงเข้มตรงตามความต้องการของตลาด

ปัญหาสำคัญประการหนึ่งในการเลี้ยงกุ้งทะเล ในปัจจุบัน นอกเหนือจากปัญหาเรื่ องโรคและสภาพแวดล้อมแล้วนั้น ปัญหาในด้านคุณภาพที่ตลาดต้องการ คือ สีของกุ้ง ก็เป็นปัญหาที่สำคัญเช่นกัน ซึ่งมักพบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารที่มีสารสีแคโรทีนอยด์ไม่เพียงพอจะมีสีซีด (สีฟ้า) เมื่อนำไปผ่านการต้มในกระบวนการแปรรูป จะได้ผลิตภัณฑ์กุ้งต้มที่มีสีเหลืองส้ม ซึ่ งไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ถ้าหากมีสีไม่แดงเข้ม ทำให้ห้องเย็นรับซื้อกุ้งในราคาลดลง การเสริมสารประกอบแคโรทีนอยด์ลงในอาหารกุ้ง ถือเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้ เนื่องจาก สารประกอบแคโรทีนอยด์มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการสะสมแอสต้าแซนทินของกุ้ง เมื่อกุ้งกินอาหารที่มีแคโรทีนอยด์เข้าไปจะเกิดการสะสมในร่างกายเป็นเหตุให้สีของตัวกุ้งเข้มขึ้น และเมื่อผ่านการต้มในกระบวนการแปรรูป จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีแดงส้มที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค (ชลอ และคณะ, 2550) ดังนั้น เกษตรกรที่จะต้องขายกุ้งให้กับห้องเย็นที่ต้องการกุ้งต้มสุกที่มีสีแดงเข้ม จำเป็นต้องหาวิธีการทำให้กุ้งมีสีเข้มขึ้น โดยเฉพาะการผสมสารสีแคโรทีนอยด์ ชนิดแอสต้าแซนทิน ลงไปในอาหารเพื่อทำให้กุ้งมีสีเข้มขึ้น แต่เป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตไปด้วย เนื่องจากสารสีแคโรทีนอยด์สังเคราะห์มีราคาค่อนข้างแพง (ชลอ และคณะ, 2552) แคโรทีนอยด์ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นสารสังเคราะห์ เช่น บีต้าแคโรทีน และแอสตาแซนทีน ซึ่งมีราคาแพง ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น นักวิจัยทางด้านอาหารได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการหาแหล่งสารสีจากวัตถุดิบธรรมชาติ ที่มีราคาถูกมาใช้ เช่น แคโ รทีนอยด์จากสาหร่าย พืชผักผลไม้ที่มีสี หรือวัสดุเหลือทิ้งจากขบวนการทางการเกษตรต่าง ๆ เช่นเปลือกของกุ้ง และปู เป็นต้น เนื่องจากสารสีแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ส่งผลให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตดี อัตราการรอดสูง มีภูมิคุ้มกันต่อโรคสูง นอกจากนั้นยังสามารถใช้เร่งสีในสัตว์น้ำอีกด้วย (ธัชศึก และคณะ, 2554) ดังนั้น ถ้าหากทำการศึกษาหาวิธีการเพิ่มระดับสีของกุ้งทะเลโดยใช้สารสีที่มีราคาถูกในการเลี้ยงกุ้ง เช่นสารสีจากเปลือกปูม้า และให้ผลใน

ทางบวกแล้ว ก็จะเป็นการแก้ปัญหาได้ทั้ง 2 ทาง อันก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยง

คณะผู้วิจัย เล็งเห็นความสำคัญที่โครงการวิจัยดังกล่าวนี้ จะเข้าไปช่วยแก้ไขปัญหาให้กับเกษตรกร โดยให้ความสนใจในประเด็นของการใช้ประโยชน์การใช้สารสีแคโรทีนอยด์จากเศษเปลือกปูม้าเหลือทิ้ง ในการปรับปรุงคุณภาพสีของกุ้งขาวแวนนาไม เป็นการประยุกต์ใช้แคโรทีนอยด์จากเปลือกปู เพื่อใช้เป็นแหล่งของสารสีที่มีประสิทธิภาพในอาหารกุ้ง โดยจะเป็นการศึกษาถึงผล ของการใช้สารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดได้ เสริมในอาหารเม็ดกุ้งสำเร็จรูป ต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย องค์ประกอบทางเคมี และระดับสีของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง ซึ่งจะศึกษาถึงระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัด ที่ใช้ในการเพิ่มระดับสีของกุ้งทะเล ทั้งนี้ หวังผลว่าจะสามารถให้ผลในทางที่ดีโดยเฉพาะการเพิ่มระดับสีแดงของกุ้งขาวแวนนาไม ให้ตรงตามความต้องการของตลาด เป็นการปรับปรุงคุณภาพผลผลิต และเพิ่มมูลค่าของกุ้งเพื่อการส่งออกได้เป็นอย่างดี ตอบโจทย์ในการเพิ่มมูลค่าของกุ้งทะเลของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ลดต้นทุนการกำจัดมลพิษ ลดมลภาวะจากกระบวนการผลิตสินค้าประมง ตลอดจนตอบสนองยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยด้านการพัฒนาเชิงพื้น ที่ฝั่งอันดามัน และยุทธศาสตร์ของจังหวัดตรังได้เป็นอย่างดี ในอนาคตอาจเป็นทางเลือกที่สามารถนำเศษเปลือกปูม้าเหลือทิ้งซึ่งมีสารสีคาโรทีนอยด์ มาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มสีสัตว์น้ำได้ และ สามารถใช้ประโยชน์สำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ต่อไป

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาสำคัญประการหนึ่ง ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งทะเลไม่ว่าจะเป็นกุ้งขาวแวนนาไมหรือกุ้งกุลาดำ นอกเหนือจากปัญหาเรื่องโรค และสภาพแวดล้อม แล้วนั้น ยังประสบปัญหาในด้านคุณภาพ คือ สีของกุ้งหลังจากต้มสุกแล้วจะมีสีซีดไม่ มีสีแดงเข้มที่เป็นที่ต้องการของตลาด ส่งผลให้ราคากุ้งลดต่ำลงไปด้วย ซึ่งวิธีการที่จะทำให้กุ้งที่เลี้ยงมีสีแดงเข้มขึ้นนั้น ทำได้โดยการใช้สารเร่งสีมาผสมในอาหารแล้วจึงนำไปให้กุ้งที่เลี้ยงกิน โดยเฉพาะการผสมสารสีแคโรทีนอยด์ ชนิดแอสต้าแซนทิน ลงไปในอาหารเพื่อทำให้กุ้งที่เลี้ยงมีสีเข้มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสีที่แสดงออกบนเปลือกกุ้งเป็นสารสีชนิดคาโรทีนอยด์ จะแสดงออกในเฉดสีเหลือง ส้ม และแดง กุ้งไม่สามารถที่จะสังเคราะห์ได้เอง จำเป็นที่จะต้องได้รับจากอาหารโดยตรง แต่การใช้สารสีผสมอาหาร ก็เป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต กุ้งตามไปด้วย เพราะสารสีที่ใช้นั้นมีราคาค่อนข้างสูง ในขณะที่ราคาขายกุ้งค่อนข้างจะต่ำมากเมื่อเทียบกับราคากุ้งในช่วง 15-20 ปีที่ผ่านมา (ชลอ และคณะ, 2550; ชลอ และคณะ, 2552)

ปัจจุบันมีการศึกษาการนำสารสีมาใช้ประโยชน์ในทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกันอย่างกว้างขวาง เพราะสารสีจำพวกคาโรทีนอยด์ (carotenoid) ช่วยให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตดี อัตราการรอดสูง มีภูมิคุ้มกันต่อโรคสูง และช่วยในการเร่งสีในสัตว์น้ำได้ คณะผู้วิจัย มีแนวความคิดในการใช้ประโยชน์การใช้สารสีแคโรทีนอยด์จากเศษเปลือกปูม้าเหลือทิ้ง ในการปรับปรุงคุณภาพสีของกุ้ง เพื่อช่วยแก้ไขปัญหา

ให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเล โดยให้ความสนใจในประเด็นของการปรับปรุงคุณภาพของสีกุ้ง เนื่องจากสีของกุ้งหลังจากต้มสุกแล้วจะมีไม่แดงเข้ม จึงไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ซึ่งจะมีผลทำให้ราคาของกุ้งนั้นลดลง ห้องเย็นรับซื้อกุ้งในราคาต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากสีที่แสดงออกบนเปลือกกุ้งเป็นสารสีช นิดคาโรทีนอยด์ จะแสดงออกในเฉดสีเหลือง ส้ม และแดง กุ้งไม่สามารถที่จะสังเคราะห์ได้เอง จำเป็นที่จะต้องได้รับจากอาหารโดยตรง และถ้าหากจะใช้สารสีสังเคราะห์ ก็ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน เนื่องจากมีราคาแพง การวิจัยในครั้งนี้ ต้องการที่จะหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของก ารผสมสารสกัดจากเปลือกปูในอาหารเม็ดสำเร็จรูป ในการเลี้ยงกุ้ง ขาว และดีที่สุดต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย การเพิ่มระดับสี และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผลจากการวิจัยนี้จะสามารถตอบคำถามของสมมุติฐาน ในการประยุกต์ใช้สารสกัดจากเปลือกปู ที่มีราคาถูก เพื่อกา รปรับปรุงคุณภาพสีของกุ้ง ขาวแวนนาไม ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการเลี้ยงกุ้งดังกล่าวได้ ทั้งนี้ เพื่อตอบโจทย์ในการเพิ่มมูลค่าของกุ้งทะเลเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง และประโยชน์ในการประยุกต์ใช้วัสดุเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรในสัตว์น้ำต่อไป ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยา กรเศษเหลือทิ้ง อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด นำมาซึ่งการพึ่งพาตนเองของประเทศชาติ นำความรู้เผยแพร่ต่อเกษตรกร เพื่อให้เกิดความตระหนัก และมีเจตคติที่ดีในกระบวนการเกษตรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ปูม้า

ปูม้า (Blue swimming crab, *Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เป็นทรัพยากรสัตว์น้ำที่มีคุณค่าและมีความ สำคัญทางเศรษฐกิจของไทย ด้วยรสชาติเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ทำให้ความต้องการปูม้ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งสวนทางกับจำนวนประชากรปูม้าในธรรมชาติที่เริ่มลดน้อยลง เนื่องจากมีการใช้เครื่องมือ ทำการ ประมงที่มีประสิทธิภาพสูง ทำให้ปูม้าในธรรมชาติไม่สามารถเกิดทดแทนได้ทัน และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องโดยในช่วงปี 2537-2540 ปริมาณปูม้าที่จับทั่วประเทศอยู่ระหว่าง 40,000-41,900 เมตริกตัน เมื่อความต้องการของตลาดสูงขึ้นจึงได้มีการนำลอบพับมาใช้จับปูม้าแทนอวนจมปู ทำให้ปี 2541 มีปริมาณปูม้าที่จับได้สูงถึง 46,700 เมตริกตัน จากนั้นปริมาณการจับมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ และในปี 2552 มีปริมาณปูม้าที่จับได้ 23,800 เมตริกตัน (กรมประมง, 2554) แต่ในปัจจุบัน รัฐบาลเห็นถึงความสำคัญของการลดลงของทรัพยากรปูม้าในธรรมชาติ จึงได้ให้หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การประมงจัดทำโครงการต่าง ๆ ที่เป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรปูม้าให้คงอยู่ และเพิ่มปริมาณปูม้าในธรรมชาติให้เพิ่มสูงขึ้น เป็นต้นว่า ธนาคารปูม้า

สารสีในเปลือกปูม้า

ปูม้าที่จับได้จากธรรมชาตินั้น พบว่า เพศผู้มีสีฟ้า ในขณะที่เพศเมียมีสี น้ำตาลอมเทา เมื่อต้มสุกจะมีสีส้ม ซึ่งเปลือกของครัสตาเซียนที่มีชีวิตนั้นจะมีสี น้ำตาล ม่วง เขียวหรือฟ้า เกิดจากสารประกอบประเภทรงควัตถุซึ่งเป็นสารสี ได้แก่ แคโรทีนอยด์ ที่อยู่ในรูป ของ carotenoprotein และ free carotenoid เมื่อได้รับความร้อนโปรตีนจะสลายตัวปลดปล่อย astaxanthin ออกมาเป็นอิสระ ทำให้เกิดสีส้มแดงของ astaxanthin

แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) คือ รงควัตถุที่ มีอยู่ในธรรมชาติ ส่วนใหญ่มีสีส้มและแดง พบแพร่กระจายทั้งใน ผัก ผลไม้ สัตว์ และจุลชีพ มีคุณสมบัติไม่ละลาย น้ำ แต่ละลายในไขมัน แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ แคโรทีน (Carotenes) และแซนโทฟิลล์ (Xanthophylls) (วีระศักดิ์, 2548) สำหรับในสัตว์น้ำ แคโรทีนอยด์มักพบในสัตว์กลุ่ม Crustacea ซึ่งมีองค์ประกอบทีแตกต่างกันไป (Matsuno, 2001) โดยในเปลือกของกุ้งและปูมีรงควัตถุสีแดงในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่ ชื่อว่าแอสทาแซนทิน (Asthaxanthin) ซึ่งจะรวมตัวกับโปรตีนและ ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที ชื่อว่า Crustacynin ซึ่งทำให้เปลือกกุ้งปูส่วนใหญ่มีสีฟ้าเทา เขียว หรือสีน้ำเงิน เมื่อต้มปูหรือกุ้งจะทำให้โปรตีนนี้เสียสภาพและปลดปล่อยแอสทาแซนทินที่ เป็นสีแดงออกมา (วีระศักดิ์, 2548) แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่ มีบทบาทสำคัญ ต่อสุขภา พ โดยมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน ลดความเสี่ ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคต้อกระจก และโรคจอประสาทตาเสื่ อมได้ และนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เป็นสีผสมอาหาร และใช้ผสมในเครื่องสำอาง (Greenclinic, 2007)

แคโรที นอยด์ในเปลือกปูจะพบอยู่ในชั้ นเคลือบผิวชั้ นนอก (exocuticle) ซึ่งเป็นชั้ นที่ประกอบด้วยไคติน โปรตีน แคลเซียม และรงควัตถุ (Bauernfrind, 1981) มีรายงานว่าเปลือกปูเป็นแหล่งสำคัญของสารแคโรทีนอยด์ (Sachindra *et al*., 2005; Metusalach, 2007) และได้มีการประยุกต์นำแคโรทีนอยด์จากเปลือกปู red crab ผสมในอาหารของปลาเรนโบว์เทราซ์เพื่ อเพิ่มสีของปลา และพบว่าปริมาณสีของปลาเรนโบว์เทราซ์เพิ มขึ้นหลังจาก 7 สัปดาห์ที่ให้อาหารที่ ผสมแคโรทีนอยด์จากเปลือกปู (Kuo *et al*., 1976) ปริมาณแคโรทีนอยด์มีความผันแปร ขึ้นอยู่กับส่วนของปูที่นำมาศึกษา วิธีการสกัด และระยะการลอกคราบ (รพีพร, 2552; Kouchi *et al*., 2012; Sachindra *et al*., 2005; Metusalach, 2007)

ความสำคัญของรงควัตถุในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

รงควัตถุที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมสัตว์ น้ำนั้น ได้แก่ แคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่พบได้ตามธรรมชาติใ นพืชชั้นสูง สาหร่าย รา และแบคทีเรีย ประมาณว่าในแต่ละปีสิ่งมีชีวิตดังกล่าวสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ในธรรมชาติกว่า 100 ล้านตัน (Britton *et al*., 1998) แคโรทีนอยด์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามโครงสร้างโมเลกุล คือ กลุ่มที่เป็นไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ lycopene, γ, α, และ β-carotene และกลุ่มที่มีออกซิเจนในโมเลกุลซึ่งเป็นกลุ่มอนุพันธ์ของไฮโดรคาร์บอนรวมเรียกว่าแซนโทฟิลล์ (xanthophylls) แคโรทีนอยด์ที่พบในปู และครัสตาเซียนนั้นเกือบทั้งหมดเป็น β-carotene และอนุพันธ์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 1-2 หมู่หรือคีโตน 1-2 หมู่หรือมีหมู่ฟังก์ชั่นทั้ง 2 หมู่ดังกล่าวอยู่ในโมเลกุลเดียวกัน จำนวนพันธะคู่มีผลต่อความเข้มของสีแคโรทีนอยด์ โดย จำนวนพันธะคู่ที่น้อยที่สุดในแคโรทีนอยด์เท่ากับ 7 คู่และให้สีเหลือง ทั้งนี้แคโรทีนอยด์ให้สีเหลือง ส้ม จนถึงแดง นอกจากนี้พันธะคู่อาจอยู่ในรูป cis หรือ trans ก็ได้ หากอยู่ในรูป all-trans จะมีสีเข้ม (นิธิยา, 2549)

แคโรทีนอยด์มีความสำคัญต่อระบบสรีระวิทยาและการดำรงชีวิตของสัตว์ น้ำ เช่น เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ซึ่งมีบทบาทอย่างมากต่อสุขภาพ การเจริญเติบโต พัฒนาการ และสายตา (Britton

et al., 1998) มีความสำคัญต่อการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันโรค การพัฒนาของเซลสืบพันธุ์และมีความสำคัญต่อสัตว์น้ำวัยอ่อน (Meyes and Latcha, 1997) รวมไปถึงการสื่อสารและการป้องกันตัว (Moyle and Cech, 1982) นอกจากนั้นบทบาทที่สำคัญของแคโรทีนอยด์ในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์ น้ำยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของสัตว์ น้ำโดยการเพิ่มสีสัน สัตว์ น้ำไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ได้และจำเป็นต้องได้รับแคโรทีนอยด์จากอาหาร จึงมีการเสริมแคโรทีนอยด์ทั้งแบบสังเคราะห์ และสารสกัดในอาหารสัตว์เพื่อคงสภาพสีหรือปรับปรุงให้มีสีตามต้องการ ดังนั้น การศึกษาแคโรทีนอยด์จึงเน้นการศึกษาเกี่ยวกับการดูดซึม (absorption), distribution และ metabolism ของแคโรทีนอยด์ในสัตว์ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ (Schiedt, 1998)

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) ซึ่งในด้านผลผลิตกุ้งทะเลจากการสำรวจ พบว่า ในปี พ.ศ. 2556 กุ้งที่มีผลผลิตเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ได้แก่ กุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งกุลาดำ มีปริมาณผลผลิต 310,700 และ 14,800 ตัน คิดเป็น 55,781.9 และ 3,246.6 ล้านบาทตามลำดับ (กรมประมง, 2556) จัดได้ว่า กุ้งขาวแวนนาไม และกุ้งกุลาดำ เป็นกุ้งทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยคาดว่าผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจะมีปริมาณการส่งออกเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต

กุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไม (Pacific white shrimp หรือ White leg shrimp) เป็นกุ้งที่อยู่ในไฟลัม Arthropoda วงศ์ Penaeidae อันดับ Decapoda มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litopenaeus vannamei* การพัฒนาและปรับปรุงสายพันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมได้มีการดำเนินการในต่างประเทศมาเป็นเวลานานไม่ต่ำกว่า 20 ปี โดยเฉพาะที่สถาบัน Oceanic Institute มลรัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีการคัดเลือกสายพันธุ์ (trait) ที่มีคุณลักษณะเฉพาะตามที่ต้องการ อาทิมีการเจริญเติบโตรวดเร็ว (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

ลักษณะของกุ้งขาวแวนนาไม

1. ลักษณะรูปร่าง กุ้งขาวแวนนาไมโดยทั่วไป เมื่อสมบูรณ์เต็มที่ขนาดตัวของกุ้งสายพันธุ์นี้มีขนาดที่เล็กกว่ากุ้งกุลาดำ และตัวเมียจะใหญ่กว่าตัวผู้โดยมีลักษณะรูปร่าง ดังนี้

1.1 ส่วนหัว ส่วนหัวมี 1 ปล้อง หนวดแดง 2 เส้นยาว ตาแดงเข้ม กรีจะมีแนวตรงปลายงุ้มลงเล็กน้อย เมื่อโตขึ้นฟันกรีด้านบนจะมี 8 ฟัน และด้านล่าง 2 ฟัน ร่องบนกรีมองเห็นได้ชัด สีแดงเข้ม ความยาวของกรี จะยาวกว่าลูกตาไม่มาก ส่วนของกรีมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม มีสีแดงอมน้ำตาล

1.2 ส่วนลำตัว ลำตัวมี 6 ปล้องและมีสีขาว เปลือกตัวสีขาว อมชมพูถึงแดง เปลือกบางหน้าอกใหญ่การเคลื่อนไหวเร็ว ขาเดินหรือระยางค์อกมี 5 คู่ ขาเดินมีสีขาวเป็นลักษณะโดดเด่น และขาว่ายน้ำมี 5 คู่ มีสีขาวข้างใน ที่ปลายมีสีแดง

1.3 ส่วนหาง ส่วนหางมี 1 ปล้อง ปลายหางมีสีแดงเข้ม แพนหางมี 4 ใบและ 1 กรีหาง

2. ลักษณะทั่วไป กุ้งขาวแวนนาไมหากินทุกระดับความลึกของน้ำ ชอบว่ายล่องน้ำแก่ง ลอกคราบเร็วทุกๆ สัปดาห์ ไม่หมกตัว มีความแข็งแรงและทนทาน จึงมีการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติได้กว้างไกล ในแถบแนวชายฝั่งตะวันออกของมหา สมุทรแปซิฟิก ตั้งแต่เม็กซิโก เปรู ปานามา ฮอนดูรัส โคลัมเบียและบราซิล เลี้ยงได้ทั้งระบบธรรมชาติ และระบบกึ่งหนาแน่น ลักษณะพิเศษของกุ้ง คือ สามารถสร้างความคุ้นเคยหรือปรับลักษณะนิสัยภายใต้ระบบการเพาะเลี้ยงได้ แต่มีนิสัยที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะของน้ำในบ่อเพา ะเลี้ยง ตื่นตกใจง่าย กุ้งขาวแวนนาไมสามารถเพาะเลี้ยงได้ทั้งในบริเวณพื้นที่ชายฝั่ง หรือบริเวณพื้นที่ที่มีความเค็มต่ำ แต่ระดับความเค็มที่สามารถเจริญเติบโตได้ดี คือ 10-22 ส่วนในพันส่วน ส่วนอุณหภูมิที่สามารถเจริญเติบได้ดี คือ 26-29 องศาเซลเซียส แต่สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ที่อุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส ระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำควรมีค่า 4-9 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นกรดและด่างควรอยู่ระหว่าง 7.2-8.6 ซึ่งกุ้ง ชนิดนี้ชอบน้ำกระด้างที่มีความกระด้างรวม 120 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอัลคาไลน์ในช่วง 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร (ธวัชชัย, 2545)

3. อาหารและการให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่กินได้ทั้งพืชและสัตว์ รวมทั้งจุลินทรีย์ และซากเน่าเปื่อย พฤติกรรมการกินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม จะไม่เหมือนกับกุ้งกุลาดำ โดยกุ้งขาวชนิดนี้จะชอบกินอาหารกลางน้ำเป็นส่วนใหญ่ สำหรับอาหารที่ตกลงไปอยู่ที่พื้นก้นบ่อแล้ว กุ้งจะลงไปโฉบและอุ้มขึ้นมาแทะกิน กุ้งขาวแวนนาไมจะกินอาหารได้ดีตั้งแต่เวลา 08.00 น. จนถึง 20.00 น. (ภิญโญ, 2545) สำหรับความต้องการโปรตีนจะแตกต่างกันตามช่วงอายุของกุ้ง โดยเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารจะลดลงเมื่ออายุของกุ้งเพิ่มขึ้น ในช่วงวันที่ 1 ถึง 40 ให้อาหารที่มีโปรตีนสูง 40% สามารถใช้อาหารของกุ้งกุลาดำได้ โดยมีโปรตีนประมาณ 30-35% (ปิยะบุตร, 2545)

การทดลองใช้สารคาโรทีนอยด์ในสัตว์น้ำ

คาโรทีนอยด์ เป็นสารสีที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยเฉพาะการทำหน้าที่เป็นสารตั้ งต้นของวิตามินเอ ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ตลอดจนมีส่วนสำคัญในการเกิดสี ทำให้สิ่งมีชีวิตมีสีตัวแตกต่างกันไป ซึ่งสีจากคาโรทีนอยด์จะแสดงออกในเฉดสีเหลือง ส้ม และแดง โดยการแสดงออกของสีแดงในปลาทองเป็นคาโรทีนอยด์ชนิดแอสต้าแซนทีน (astaxanthin) โดยสารกลุ่มคาโรทีนอยด์ประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น บีตา- คาโรทีน (β-carotene) เซียแซนทีน (zeaxanthin), ลูทีน (lutein) แอสตาแซนทีน และแคนตาแซนทีน (cantaxanthin) เป็นต้น คาโรทีนอยด์แต่ละชนิดมีชีวภาพพร้อมใช้ในสัตว์น้ำ (bioavailability) ในแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Chien and Jeng, 1992) นอกจากนี้คาโรทีนอยด์ ชนิดเดียวกันก็ยังพบได้ทั้งในรูปคาโรทีนอยด์อิสระ และในรูปเอสเทอร์ ซึ่งให้ผล

การใช้เป็นแหล่งสารสีในสัตว์น้ำต่างกัน และในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามมักเกิดการสะสมของมลสารในระบบเลี้ยง ปัญหาคุณภาพน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดความเครียด และโรคระบาดได้ง่าย ด้วยคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของคาโรทีนอยด์จึงช่วยให้ปลาสวยงามมีความต้านทานต่อความเครียด และความต้านทานโรคเพิ่มสูงขึ้น (Hunter, 2000) ปัจจุบันมีรายงานการศึกษาจำนวนมากซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องเสริมคาโรทีนอยด์ในอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะปลาสวยงามเศรษฐกิจ เพื่อช่วยในด้านความต้านทานต่อความเครียด และช่วยปรับปรุงสีของสัตว์น้ำให้มีคุณภาพสูงขึ้น คาโรทีนอยด์ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นสารสังเคราะห์ เช่น บีตา- คาโรทีน และแอสตาแซนทีน ซึ่งปลาไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ จึงจำเป็นต้องไ ด้รับจากอาหารที่ผสมสาหร่ายกินเข้าไป (Lovell, 1934) สารเร่งสีเหล่านี้มีราคาแพง ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น

ในสัตว์น้ำเศรษฐกิจได้มีการนำ สารสีมาเสริมในอาหาร เพื่อประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่ จงกล และคณะ (2552) ได้ทดลองเลี้ยงปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* เพื่อเพิ่มแคโรทีนอยด์ในเนื้อของปลา ส่วนการใช้สาหร่าย *Spirulina* sp. ผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงปลานิลสีแดงจะเพิ่มแคโรทีนอยด์ในเนื้อของปลาด้วย (จงกล และนิวุฒิ, 2546) สาหร่าย *Spirulina platensis* ยังทำให้ปลาดุกมีภูมิคุ้มกันมากขึ้น ส่วนในปลาสวาย Amit *et al*., (2013) ได้ทดลองผสมสาหร่าย *Spirulina* 5% จะทำให้ อัตราการรอดตายของปลาสวายสูงถึง 94% และอาหารที่ผสม สาหร่าย *Spirulina* 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาเลียหินเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์อีกด้วย (สุจนีย์ และคณะ, 2554) ในปลาตะกรับที่ได้รั บอาหารเสริมสาหร่ายไส้ไก่มีผลให้การเพิ่มระดับไลโซไซม์และปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของปลาตะกรับ เพ็ญศรี และคณะ (2556) ได้ทดลองในกุ้งก้ามกรามโดยมีการให้อาหารกุ้งผสมสาหร่าย *Spirulina* ผสมในอาหาร 5% ทำให้กุ้งมีขนาดใกล้เคียงกันและสีกุ้งเข้มขึ้น (จงกล และขจรเกียรติ์ , 2548) อีกทั้ง Menasveta *et al*. (1993) ได้นำสาหร่ายสีน้ำตาล *Chnoospora minima* มาสกัดสารสีแอสตาแซนทิน เพื่อเสริมในอาหารกุ้งให้เนื้อกุ้งเมื่อต้มมีสีแดงสวย ทำให้ราคาผลผลิตมีราคาสูงขึ้น

การทดลองใช้สาหร่ายเป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งทะเลเศรษฐกิจ

เนื่องจากสาหร่ายนั้ นอุดมไปด้วยคุณค่าสารอาหารมากมาย นักโภชนาศาสตร์สัตว์น้ำจึงได้ทำการทดลองใช้สาหร่ายเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำหลาย ๆ ชนิด โดยเฉพาะกุ้งทะเลเศรษฐกิจ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับกุ้งเหล่านั้น เช่น สาหร่ายผมนาง ซึ่ง อุดมไปด้วยคุณค่าสารอาหารมากมาย เช่น โปรตีน กรดอะมิโน ก รดไขมันที่ไม อิ่มตัว วิตามิน แร ธาตุ และสารเยื่อใย นอกจากนี้ สาหร่ายผมนางยังมีคาร์โบไฮเดรตซึ่งส่วนใหญ่เป็นโพลีแซคาไรด์จึงเป็นแหล่งของสารเยื่อใยที่ให้พลังงานต่ำ จากการศึกษาคุณค่าทางสารอาหารของสาหร่ายผมนางตามธรรมชาติของ ระพีพร และคณะ (2549) พบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้า เท่ากับ 7.47, 3.85, 63.8 และ 17.5 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ มีโพรแทสเซียม และคลอไรด ระดับสูง มีกรดอะมิโนที่สำคัญในสาหร่ายนี้ คือ Valine,

Leucine และ Isoleucine และสาหร่ายนี้ยังอุดมไปด้วยเบต้า –คาโรทีน (β–carotene) และเส้นใยในปริมาณมาก

วีรเทพ (2553) ทำการศึกษาการใช้ สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำโดยมีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารทดลองจำนวน 6 สูตร ในอัตราร้อยละ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ทำการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ รายงานว่า กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบนั้นมีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุมที่ไมมีสาหร่ายผมนางในทุกด้าน ได แก น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ความยาวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน และยังพบว่าอาหารทดลองที่มีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบในสัดส่วนร้อยละ 3 (สูตรที่ 4) ให้การเจริญเติบโตดีที่สุดในทุกด้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสูตรอาหารทดลองแต่ละสูตร สอดคลองกับรายงานการใช้สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ (Macroalgae) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้ง พบว่า สามารถทำให้ อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้ โปรตีนดีขึ้นเมื่อใส สาหร่ายเป็นส่วนผสมในระดับต่ำหรือน้อยกว่าร้อยละ 10

รายงานของ Peñaflorida and Golez, (1996) พบวา น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของกุ้ งกุลาดำขนาด 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 อย่างไร ก็ตาม 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) ให้แตกต่างกันระหว่างหน่วยการทดลอง สวนการศึกษาของ Sirikanya (2004) พบว่า สาหร่าย *Ascophyllum nodosum* ที่ใสในอาหารกุ้งกุลาดำร้อยล ะ 2.50 ทำให้กุ้งกุลาดำมีความยาวสูงสุด คือ 2.58 มิลลิเมตร มากกว่าการใสสาหร่ายที่ร้อยละ 7.50 และ 10 ที่มีความยาวเท่ากันอยู่ที่ 2.51 มิลลิเมตร เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลา 28 วัน แต่ไมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองใช้กุ้งที่มีน้ำหนักตัวเริ่ มต้นมากขึ้น คือ 3.80 กรัม โดยใช้สาหร่าย *Ascophyllum nodosum* และสัดส่วนของสาหร่ายเท่ากันกับการ

การทดลองครั้งแรก และทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 56 วัน กลับพบว่า สาหร่าย *Ascophyllum nodosum* ที่ร้อยละ 5 ส่งผลให้กุ้งกุลาดำมีความยาวมากที่สุด คือ 9.77 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าการใส ที่ร้อยละ 7.50 และ 10 อย่างไมมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สวนน้ำหนักที่ได ก็พบว่าที่ระดับสาหร่าย ร้อยละ 5 กุ้งกุลาดำมีน้ำหนักมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($P<0.05$) จากรายงานหลาย ๆ ชิ้นตามที่กล่าวมาข้างต้ น การใช้สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ (Microalgae) ไดแก *Gracilaria heteroclada*, *Gracilaria* spp., *Kappaphycus alvarezii*, *Ulva* spp., *Hypnea cervicornis*, *Cryptonemia crenulata* และ *Ascophyllum nodosum* สามารถ ทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตไดดีขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองใช้สารสีเสริมในอาหารเพื่อเพิ่มระดับสีของกุ้งทะเล

วัฒนา และอุไรวรรณ (2564) ได้ทำการทดลองใช้สารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากสาหร่ายสี แดงน้ำจืดที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 7 ระดับ คือ 0, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูปกุ้งขาวแวนนาไม ทำการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวเป็นเวลา เป็นเวลา 4 เดือน ในตู้กระจก และวัดสีผิวของกุ้งโดยใช้เครื่องวัดสีระบบ CIE (*L*a*b**) พบว่า ทุกระดับ ของการผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดง น้ำจืดในอาหาร ที่ระดับตั้งแต่ 50-300 mg/kg ไม่มีผลต่อ การเจริญ เติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม แต่ที่ระดับความเข้มข้น 250 mg/kg สามารถเพิ่มระดับสีแดง (*a**) ในกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลองให้เพิ่มสูงขึ้นได้สูงที่สุด

วีรเทพ (2553) ทำการศึกษาการใช้ สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นวัตถุดิบใน อาหารกุ้งกุลาดำโดยมีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารทดลองจำนวน 6 สูตร ในอัตราร้อยละ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ทำการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ รายงานว่า จากการวิวิเคราะห์ คุณภาพสีของกุ้งกุลาดำหลังการต้มด้วยเครื่อง Spectrophotometer ในระบบ CIE (L*a*b*) ผลการ ทดสอบ แสดงให้เห็นว่า เมื่อเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 3 (สูตรที่ 4) ให้ ค่าความเป็นสีแดง (a*) สูงที่สุด สวนกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม (สูตรที่ 1) ที่ไมมีสาหร่ายผมนาง ให้ค่าความเป็นสีแดงต่ำสุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างหน่วยการทดลอง ในขณะที่ผลการทดสอบค่าความเป็นสีขาวหรือความสว่าง (L*) พบว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มี ระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 5 (สูตรที่ 6) ให้ค่าความเป็นสีขาวหรือความสว่างสูงที่สุด ส วนกุ้งที่เลี้ยง ด้วยอาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อย ละ 3 (สูตรที่ 4) ให้ค่าความเป็นสีขาวหรือความสว่าง ต่ำสุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างหน่วยการทดลองเช่นเดียวกัน

ผลดังกล่าวผู้วิจัยอธิบายได วา การเกิดสารสีหรือรงควัตถุในสัตว์น้ำจำพวกครัสเตเชียน (rustacean) ไดรับมาจากแหล่งอาหาร ปริมา ณต่อหน่วยที่ได รับ ระยะเวลาในการเลี้ยง ส วนผสมใน อาหาร และปริมาณการตรึงคาโรทีนอยด (Carotenoid Esterification) เป็นต้น ซึ่งสาหร่ายผมนางเป็น สาหร่ายสีแดงที่มีรงควัตถุหรือสารสี ประกอบด วย คลอโรฟ ลล เอ คลอโรฟ ลล ดี คาโรทีนอยด เช่น แอลฟา และเบตา – คาโรทีน (**α**– and **β**–carotene) แซนโทฟลลมีหลายชนิด ไดแก ลูเทอีน (Lutein)

ซีอาแซนทิน (Zeaxanthin) ไวโอลาแซนทิน (Violaxanthin) นีโอแซนทิน (Neoxanthin) และทาราแซนทิน (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 คาโรทีนอย ดจากอาหารที่มีในสาหร่ายสีน้ำตาล ทำให้ คาโรทีนอยด ในส่วนประกอบของกุ้งมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ Cruz–Suárez *et al*. (2008) รายงานว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสาหร่าย *Ulva clathrata* ร้อยละ 3.30 ทำให้เกิดสารสีในตัวกุ้งสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาหาร ที่ผสมสาหร่าย *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 และ 300 มิลลิกรัมเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มค วบคุมที่ไมมีเบตา–คาโรทีน และกลุ่มที่ใสโซเดียมคลอไรด (NaCl) เช่นเดียวกับ Boonyaratpalin *et al*. (2001) รายงานว่า สารสังเคราะหเบตา–คาโรทีน ปริมาณ 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และสารสกัดเบต า–คาโรทีนจาก *D. salina* ปริมาณ 125–175 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอา หาร เป็นแหล่งสารสีของกุ้งกุลาดำ ซึ่งจากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ากุ้งกุลาดำมีความสามารถในการเผาผลาญ (Metabolic Ability) แล้วเปลี่ยนเบตา–คาโรทีนเป็นรูปของแอสตาแซนตินที่เป็นรูปแบบสารสีที่ประกอบในตัวกุ้งได้

การเกิดสีสันที่เข้มสดใสขึ้น ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่ม หรือช่วยให้ราคากุ้งเพิ่มสูงขึ้นได้ สร้างศักยภาพให้สามารถแข่งขันทางด้านการตลาดของกุ้งทะเล โดยเฉพาะกุ้งขาวแวนนาไม ดังนั้น ผู้เลี้ยงควรคำนึงถึงอาหารที่ให้กับกุ้งดังกล่าวว่ามีคาโรทีนอยด์เพียงพอ เมื่อกุ้งได้รับอาหารที่มีคาโรทีนอยด์ แล้วจะทำให้มีสีสันสวยงามได้ การศึกษาในครั้งนี้ จึงทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสารสีใน เปลือกปูม้าเหลือทิ้ง ตลอดจนศึกษาผลของการใช้สารสีใน เปลือกปูม้าเหลือทิ้ง ระดับต่าง ๆ กันในอาหารต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย และระดับสีของกุ้งขาวแวนนาไม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตอาหารเพิ่มระดับความเข้มของสีในอาหารสำหรับกุ้งขาวแวนนาไม ตอบโจทย์ในการเพิ่มมูลค่าของกุ้งทะเลของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากร เศษเหลือทิ้ง อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ลดต้นทุนการกำจัดมลพิษ ลดมลภาวะจากกระบวนการผลิตสินค้าปร ะมง และสามารถใช้ประโยชน์สำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณของสารสีในสารสกัดจากเศษเปลือกปูม้า
2. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสี ที่สกัดจากเศษเปลือกปูม้าเหลือทิ้งที่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตรารอดตาย องค์ประกอบทางเคมี และระดับสี ของกุ้งขาวแวนนาไม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษาจะสามารถพัฒนาอาหาร กุ้ง อาหาร สัตว์น้ำไปในทิศทาง และความต้องการที่เหมาะสมขึ้น เป็นการ ช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้าทางการประมง โดยเฉพาะกุ้ งทะเล และยกระดับการผลิตให้มีมาตรฐาน ตลอดจนสามารถนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ ในการลดต้นทุนการผลิต โดยองค์ความรู้ที่ได้จะเป็นทางเลือกเพิ่มเติม สำหรับเกษตรกร ผู้เลี้ยงกุ้ง และผู้ผลิตอาหารสัตว์น้ำ อาหารปลาสวยงาม อีกทั้งสามารถเผยแพร่ความรู้ในการ สกัดสารสีจากสาห ร่าย เพื่อ พัฒนาเป็นวัตถุดิบอาหาร กุ้ง และอาหาร ปลาสวยงาม ให้แก่ นิสิต นักศึกษา หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง กลุ่มเกษตรกร ผู้เลี้ยงกุ้ง ปลาสวยงาม และผู้ประกอบการทุกระดับ เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะ อาหารเร่งสีกุ้งทะเลและอาหารเร่งสีปลาสวยงาม และส่งเสริมให้มีการนำนำไปใช้ได้จริง และเพื่อรองรับนโยบายของรัฐบาลทางด้านการเกษตรอินทรีย์ และการเกษตร 4.0 ของประเทศไทย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การประยุกต์ใช้สารสกัดจากเปลือกปูม้าเหลือทิ้ง ในการปรับปรุงคุณภาพสีเพื่อเพิ่มมูลค่าของกุ้งขาวแวนนาไม แบ่งการดำเนินการทดลองจะแยกออกเป็น 2 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนี้

การวิจัยส่วนที่ 1

ทำการทดลองศึกษาปริมาณของสารสีในสารสกัดจากเศษเปลือกปูม้า ดังนี้

1.1 การเตรียมตัวอย่างเปลือกปูม้า

เปลือกปูม้าเก็บจากแพปูในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง นำเปลือกปูม้าที่ได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา ทิ้งไวให้แหง หรืออบแห้ง ที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส แล้วนำเปลือกปูที่ได้ไปบดรวมกันให้ละเอียดด้วยเครือง บดแห้ง แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. จากนั้นแช่เปลือกปูใน น้ำกลั่น ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที ตากให้แห้งในที ร่มประมาณ 30 นาที เก็บรักษาใน ตู้แช่แข็งทีอุณหภูมิ -10 $^{\circ}$C และหลีกเลี่ยงการถูกแสง

1.2 การสกัดและการเตรียมสารสกัดแคโรทีนอยด์ ใช้วิธีการของ Metusalach (2007)

ชั่งตัวอย่างเปลือกปูทีเตรียมไว้มาตัวอย่างละ 10 กรัม นำไปสกัดแคโรทีนอยด์โดยแช่เปลือกปูในอะซีโตน (acetone) ที่แช่เย็นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 20 มิลลิลิตร และทำการสกัดซ้ำ 3 ครั้ง หรือจนกระทั่งเปลือกปูไม่มีสี จดบันทึกปริมาณอะซีโตนทีใช้ในการสกัด จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง (whatman 1) แล้วนำสารที่ สกัดได้ซึ่งละลายอยู่ในอะซีโตนมาทำการแยก ชั้นกับปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) 40 มิลลิลิตรในกรวยแยก ทิ้งไว้จนเกิดการแยกชั้น ผ่านสารละลายที่ อยู่ในชั้นล่างของกรวยแยกลงไปในโซเดียมซัลเฟต (sodium sulphate) 10 กรัมเพื่อดึงน้ำออก นำสารแคโรทีนอยด์ที่ได้ใสในฟลาสก์แล้วหุ้มด้วยฟอยล์เพื่อป้องกันแสง

1.3 การวัดปริมาณสารสีแคโรทีนอยด์รวม

นำสารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดได้ตามข้อ 1.2 ไประเหยแห้งด้วยเครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศ แล้วนำไปอบไล่ความชื้นในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสจนแห้ง (ความชื้นอยู่ในช่วงระหว่าง 13-15 เปอร์เซ็นต์) เก็บรักษาไว้ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์แบบทึบ และเก็บในอุณหภูมิต่ำ เพื่อให้มีความคงตัวของสารสีแคโรทีนอยด์ (ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 6 เดือน) จากนั้น แบ่งสารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดได้จากเปลือกปูดังกล่าว ไปหาค่าปริมาณแคโรทีนอยด์รวม โดยใช้การ วัดค่าการดูดกลืน แสงที่ความยาวคลื่น 468 นาโนเมตร ด้วยเครื่ องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งการหาค่าปริมาณแคโรทีนอยด์รวมดำเนินการตามวิธีการของ Metusalach (2007)

การวิจัยส่วนที่ 2

ทำการทดลองศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสีที่สกัดจากเศษเปลือกปูม้าเหลือทิ้งต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตรารอดตาย องค์ประกอบทางเคมี และระดับสีของกุ้งขาวแวนนาไมต้ม มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสีที่สกัดจากเศษเปลือกปูม้าเสริมใน อาหารกุ้งสำเร็จรูป ที่ต่างกัน 7 ระดับคือ 0, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (mg/kg) ดังนั้น มีชุดการทดลองทั้งสิ้น 7 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สูตรควบคุม อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ไม่ผสมสารสกัดหยาบ (crude extract)
ชุดการทดลองที่ 2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัด 50 มิลลิกรัมตออาหาร 1 กิโลกรัม
ชุดการทดลองที่ 3 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัด 100 มิลลิกรัมตออาหาร 1 กิโลกรัม
ชุดการทดลองที่ 4 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัด 150 มิลลิกรัมตออาหาร 1 กิโลกรัม
ชุดการทดลองที่ 5 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัด 200 มิลลิกรัมตออาหาร 1 กิโลกรัม
ชุดการทดลองที่ 6 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัด 250 มิลลิกรัมตออาหาร 1 กิโลกรัม
ชุดการทดลองที่ 7 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัด 300 มิลลิกรัมตออาหาร 1 กิโลกรัม

หมายเหตุ : ระดับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าที่ใช้ในการทดลอง ดัดแปลงจากการทดลองใช้สารสกัดหยาบจากสาหร่ายน้ำจืดสีแดงผสม เพื่อเพิ่มระดับสีของกุ้งขาวแวนนาไมของวัฒนา และอุไรวรรณ (2564)

2.2 การเตรียมระบบเลี้ยง

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

2.3 การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกกุ้งกุลาดำ P15 จากฟาร์มเพาะฟัก และอนุบาลลูกกุ้งของเอกชน มาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาดความจุน้ำ 6 ตัน (1.5X4 X1 เมตร) ให้อาหารสำเร็จรูปทางการค้าวันละ 2 ครั้ง จนกระทั่งลูกกุ้ง

เคยชินกับอาหารเม็ด อนุบาลลูกกุ้งเป็นระยะเวลา 60 วันจนได้ลูกกุ้งหนักประมาณ 3-5 กรัม หรือได้ขนาดความยาวประมาณ 5–7.5 เซนติเมตร หลังจากนั้นสุ่มกุ้งไปเลี้ยงในถังทดลอง จำนวน 100 ตัว/ถัง (ความหนาแน่นประมาณ 100 ตัว/ตารางเมตร) ทำการชั่งหาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของกุ้งทดลอง

2.4 การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลองเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูป กุ้งขาวแวนนาไม มีระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง

นำสารสีแคโรทีนอยด์สกัดที่สกัดได้จากการทดลองส่วนที่ 1 มาละลายใน absolute ethanol ตามระดับความเข้มข้นในแผนการทดลอง แล้วไปสเปรย์ให้ทั่วอาหาร เม็ดสำเร็จรูป กุ้งขาวแวนนาไม ทดลอง ที่แผ่กระจายบาง ๆ บนแผ่นพลาสติก ผึ่งลมให้แห้งในห้อง อาหารที่ผลิตแล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทธีลีน และเก็บในถุงสีดำเพื่อป้องกันแสง เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอใช้งาน

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลองเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูป กุ้งกุลาดำ มีระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 38 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ โดยมีขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง คือ นำสารสกัดที่อยู่ในรูป Crude extract มาละลายใน absolute ethanol ตามระดับความเข้มข้นตามแผนการทดลอง แล้วไปสเปรย์ให้ทั่วอาหาร เม็ดสำเร็จรูป กุ้งกุลาดำทดลอง ที่แผ่กระจายบาง ๆ บนแผ่นพลาสติก ผึ่งลมให้แห้งในห้อง อาหารที่ผลิตแล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทธีลีน และเก็บในถุงสีดำเพื่อป้องกันแสง เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการใช้งาน

2.5 การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหารทั้ง 7 สูตรในทุกถังพลาสติกทดลองตามแผนการทดลองด้วยอาหารเม็ดทั้ง 7 ชุดการทดลอง ตามที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น และจะให้อาหารทุกวัน วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ไม่เกิน 10% ของน้ำหนักตัวต่ อวัน ให้จนกุ้งกินอิ่ม (Satiation) โดยสังเกตจากอาหารในถังทดลองเหลือเพียงเล็กน้อย ไม่ให้เผื่อเหลือ เพื่อให้ค่าที่ได้ใกล้เคียงความเป็นจริง บันทึกน้ำหนักอาหารที่กุ้งกิน เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการแลกเนื้อ (FCR) และปรับปริมาณอาหารตามปริมาณการกินอาหารของกุ้ง

การศึกษาการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตาย

ทำการสุ่มตัวอย่างกุ้งจากทุกชุดการทดลอง จำนวน 20 ตัว/ถัง เพื่อชั่งน้ำหนักทุก ๆ เดือน ทำการทดลองเลี้ยง 4 เดือน 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, %) $= \frac{\text{จำนวนกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนกุ้งเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการสุ่มเก็บตัวอย่างกุ้งจากทุกชุดการ ทดลองละ 10 ตัว มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2000)

การวิเคราะห์คุณภาพสี

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพสี โดยสุ่มเลือกกุ้งหลังสิ้นสุดการทดลองในทุก ๆ ชุดการทดลอง ๆ ละ 10 ตัว จำนวน 3 ซ้ำ นำไปต้มในน้ำเดือดเป็น เวลา 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** เป็นค่าของสีเหลืองและสีน้ำเงิน ค่าบวกจะเป็นสีเหลือง ค่าลบจะเป็นสีน้ำเงิน (ชลอ และคณะ, 2550)

การศึกษาความคุ้มค่า

สำหรับการศึกษาความคุ้มค่า และ เป็นไปได้เชิงการใช้ประโยชน์จริง นั้น จะคิดจาก ผลจากการจำหน่ายผลผลิตกุ้งขาวในแต่ละชุดการทดลอง โดยคิดราคาที่จำหน่ายผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมที่ ทางห้องเย็นรับซื้อ โดยกำหนดราคารับซื้อเมื่อเทียบสีกุ้งที่ผ่านการต้มกับแถบค่าสี *Salmo*Fan™ Lineal

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)

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จาก การทดลอง มาทำการหาค่า การเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ กุ้ง การศึกษาสีผิวตัวภายนอก ของเปลือกกุ้ง และความคุ้มค่า ทำการ วิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ระหว่าง ชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test : DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

เมื่อสิ้นสุดการวิจัยจึงนำผลผลิตจากการวิจัย ไปถ่ายทอด เทคโนโลยีและความรู้ ให้กับ ชุมชนและเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งที่สนใจ รวมทั้งมีความพร้อมรับการถ่ายทอดความรู้ ได้แก่ กลุ่มผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของ อำเภอสิเกา จังหวัดตรังหรือผู้ที่สนใจ โ ดยการลงพื้นที่ไปฝึกปฏิบัติให้กับตัวแทนของกลุ่ม หรือการนำตัวแทนกลุ่มมาร่วมสังเกตการณ์ในพื้นที่ที่ทำการวิจัย ในขั้นตอนการผลิต สารสกัดหยาบ การผลิตอาหารเสริมสารเร่งสี และการทดลองเลี้ยง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสะดวกของแต่ละกลุ่ม เพื่อนำไปใช้ให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศ รษฐกิจของกุ้งทะเล แต่สืบเนื่องจากสถานการณ์โรคระบาดโควิด -19 ส่งผลต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี ในรูปแบบเดิมในการ จัดกิจกรรม เนื่องจากข้อกำหนดก ฎเกณฑ์ในการเฝ้าระวังและป้องกันตามประกาศฯ จึงทำให้รูปแบบของการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อนำผลผลิตจากการวิจัย นำผลจากการวิจัย ไปนำเสนอในการประชุมวิชาการของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การทดลองส่วนที่ 1

ปริมาณสารสีแคโรทีนอยด์รวมในสารสกัดหยาบของเปลือกปูม้า

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในสารสกัดหยาบ (crude extract) จากเปลือกปูม้า พบว่า มีค่าเท่ากับ 8.03±1.04 ไมโครกรัมต่อกรัม ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าการศึกษาของ พันธุ์ทิพย์ และคณะ, (2529) รายงานว่า ปริมาณแคโรทีนอยด์รวมจากเปลือกปูทะเลและเปลือกปูม้า มีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมอยู่ระหว่าง 1.17±0.05-7.30±0.36 ไมโครกรัมต่อกรัม โดยปริมาณแคโรทีนอยด์รวม มีความผันแปรขึ้นอยู่กับส่วนของปูที่นำมาศึกษา วิธีการสกัด และระยะการลอกคราบ (Kouchi *et al*., 2012)

การทดลองส่วนที่ 2

การทดลองเสริมสารสกัดหยาบจาก เศษเปลือกปูม้า ในอาหารเม็ดกุ้งขาวแวนนาไมสำเร็จรูปที่ระดับความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม นำมาใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 1.48±0.32 กรัม เป็นเวลา 4 เดือน ให้ผลการทดลอง ดังนี้

การเจริญเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของ กุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 4 เดือน พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการทดลองเลี้ยง ดังแสดงในตารางที่ 2 และ ภาพผนวกที่ 1 ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลอง กุ้งขาวแวนนาไมที่ใช้ทดลองทั้งหมด มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 1.48±0.42 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยกุ้งในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 1.51±0.33, 1.49±0.39, 1.50±0.29, 1.57±0.41, 1.44±0.32, 1.47±0.52 และ 1.35±0.43 กรัม ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง กุ้งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 21.05±3.76, 20.68±3.70, 20.17±3.51, 20.10±2.88, 20.07±3.27, 22.21±3.05 และ 20.34±2.45 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ย (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE, หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเลี้ยง (เดือน)				
	เริ่มทดลอง	1	2	3	4
1 (0 mg/kg)	1.51±0.33[a]	7.66±1.00[a]	11.16±1.74[a]	17.33±2.31[a]	21.05±3.76[a]
2 (50 mg/kg)	1.49±0.39[a]	7.14±1.28[a]	11.36±2.77[a]	16.64±2.87[a]	20.68±3.70[a]
3 (100 mg/kg)	1.50±0.29[a]	7.13±1.26[a]	11.49±1.71[a]	16.08±1.53[a]	20.17±3.51[a]
4 (150 mg/kg)	1.57±0.41[a]	7.40±1.41[a]	11.11±1.41[a]	17.09±2.31[a]	20.10±2.88[a]
5 (200 mg/kg)	1.44±0.32[a]	7.19±1.39[a]	11.18±1.74[a]	16.89±1.68[a]	20.07±3.27[a]
6 (250 mg/kg)	1.47±0.52[a]	7.37±1.14[a]	11.19±1.07[a]	17.46±2.71[a]	22.21±3.05[a]
7 (300 mg/kg)	1.35±0.43[a]	7.30±1.65[a]	11.46±1.50[a]	17.76±2.62[a]	20.34±2.45[a]

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

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตาย

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG, %) อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ (%SGR : %/วัน) อัตราการเจริญเติบโต ต่อวัน (ADG, g/วัน) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหาร ผสมสารสกัดหยาบจ ากสาหร่าย ก้ามกุ้ง ระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 2 ดังนี้

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG, %) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหาร เสริมสารสกัดจากสาหร่ายในชุดการทดลอง ต่าง ๆ พบว่า ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 1,283.93±73.22, 1,275.30±64.24, 1,249.11±53.83, 1,312.70±51.37, 1,294.69±62.67, 1,305.62±54.60 และ 1,310.55±63.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหาร ชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตรา การเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 2.20±0.05, 2.19±0.06, 2.17±0.06, 2.23±0.01, 2.19±0.07, 2.20±0.08 และ 2.21±0.01 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) อัตราแลกเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตาย (SR) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR)	อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)	อัตราแลกเนื้อ (FCR)	อัตรารอดตาย (SR)
1 (0 mg/kg)	1,283.93±73.22[a]	2.20±0.05[a]	0.16±0.01[a]	1.86±0.15[a]	87.78±3.39[a]
2 (50 mg/kg)	1,275.30±64.24[a]	2.19±0.06[a]	0.16±0.00[a]	1.89±0.12[a]	91.11±1.92[a]
3 (100 mg/kg)	1,249.11±53.83[a]	2.17±0.06[a]	0.15±0.01[a]	1.83±0.02[a]	88.89±1.92[a]
4 (150 mg/kg)	1,312.70±51.37[a]	2.23±0.01[a]	0.17±0.01[a]	1.90±0.02[a]	90.00±3.33[a]
5 (200 mg/kg)	1,294.69±62.67[a]	2.19±0.07[a]	0.16±0.01[a]	1.90±0.04[a]	90.00±3.33[a]
6 (250 mg/kg)	1,305.62±54.60[a]	2.20±0.08[a]	0.17±0.02[a]	1.79±0.25[a]	88.89±3.85[a]
7 (300 mg/kg)	1,310.55±63.61[a]	2.21±0.01[a]	0.17±0.00[a]	1.78±0.03[a]	90.00±3.33[a]

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

อัตราการเจริญเติบโต ต่อวัน (ADG, กรัม/วัน) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหาร ในชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตรา การเจริญเติบโต ต่อวัน (ADG) ในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลอง ในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 0.16±0.01, 0.16±0.00, 0.15±0.01, 0.17±0.01, 0.16±0.01, 0.17±0.02 และ 0.17±0.00 กรัม/วัน ตามลำดับ

อัตราแลกเนื้อ (FCR) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหาร ในชุดการทดลอง ต่าง ๆ พบว่า อัตราแลกเนื้อ (FCR) ในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่าง ทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าอัตราแลกเนื้อ (FCR) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 1.86±0.15, 1.89±0.12, 1.83±0.02, 1.90±0.02, 1.90±0.04, 1.79±0.25 และ 1.78±0.03 ตามลำดับ

อัตรารอดตาย (SR, %) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหาร ในชุดการทดลอง ต่าง ๆ พบว่า อัตรารอดตาย (SR) ในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าอัตรารอดตาย (SR) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 87.78±3.39, 91.11±1.92, 88.89±1.92, 90.00±3.33, 90.00±3.33, 88.89±3.85 และ 90.00±3.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตรารอดตาย ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่เสริมสารสีแคโรทีนอยด์ ในรูปของสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้า ทั้ง 6 ระดับ (50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัม /อาหาร 1 กิโลกรัม) ไม่แตกต่างจากกุ้ง ขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารในชุดควบคุมซึ่งไม่ได้ผสมสารสกัดจาก เปลือกปูม้า แสดงให้เห็นว่ าระดับของการใช้ สารสกัดจาก เปลือกปูม้าเป็นแหล่งของสารสีในอาหารตั้งแต่ 50-300 mg/kg ไม่มีผลในการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม สอดคล้องกับการทดลองของ วัฒนา และ อุไรวรรณ (2564) ในการใช้สารสีแคโรทีนอยด์ในรูปของสารสกัดหยาบที่สกัดจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ที่ระดับความเข้มข้นเช่นเดียวกันนี้ เสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ตั้งแต่ที่ระดับความเข้มข้น 50-300 มก./กก. ไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมแตกต่างกัน และไม่แตกต่ างกับกุ้งขาวแวนนาไมในชุดควบคุม ทั้งนี้ เนื่องจากการเสริมสารสกัดที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวในอาหารสำเร็จรูปกุ้งขาวนั้น ไม่ได้ส่งผลให้อาหารทดลองมีระดับโปรตีนสูงขึ้น เพราะระดับโปรตีนในอาหารนั้นจะส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง ซึ่งอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงจะส่งผลให้กุ้งมีการเจริญเติบโตสูงขึ้นตามไปด้วย โดยผลจากการทดลองครั้งนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับ กิจการ และคณะ (2548) ที่ได้ทำการทดลองเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ในอาหารกุ้งกุลาดำเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราแลกเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตายของกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารทดลองเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ ไม่มีความแตกต่างกันกับกุ้งกุลาดำกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้มีการเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ในอาหาร แสดงให้เห็นว่า การเสริมสาร สีแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้ง ไม่ได้เปลี่ยนแปลงการกินอาหารของกุ้ง สอดคล้องกับผลการทดลองที่มีการเสริม สารสีแคโรทีนอยด์จาก กลีบดอกดาวเรืองในอาหาร เลี้ยงกุ้งกุลาดำของ ชลี และคณะ (2559) พบว่า การเสริมสารสีแคโรทีนอยด์จาก กลีบดอกดาวเรืองไม่ได้เปลี่ยนแปลงการกินอาหารของกุ้ง จึงไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย ผลการศึกษาที่พบสอ ดคล้องกับรายงานหลายชิ้นที่ระบุว่า การเสริมสาร สีแคโรทีนอยด์ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ทดลอง Gocer *et al*., (2006) รายงานว่า การเสริมสาร สีแคโรทีนอยด์ในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง *Penaeus semisulcatus* ส่วนรายงานการศึกษาของ Boonyaratpalin *et al*., (2001) รายงานว่า การเสริมสารสี β-carotene หรือ astaxanthin ในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งกุลาดำ และสอดคล้องกับผลการทดลองเสริมสารสีเบตาแคโรทีนสังเคราะห์ สารสกัดแคโรทีนอยด์จากพืชและสาหร่ายในธรรมชาติ เช่น สาหร่ายสไปรูไลนาและสารสกัดแคโรทีนอ ยด์จากพริกหวาน ที่ระดับความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ในกุ้งขาวแวนนาไมของ กิจการ และคณะ, (2549) รายงานว่า แหล่งของสารสีที่ได้จากวัตถุดิบธรรมชาติ หรือจากการสังเคราะห์ไม่มีผลในการเร่งการเจริญเติบโตของกุ้งขาวได้ เช่นเดียวกับรายงานการศึกษาของ Pan *et al*., (2001) ที่ไม่พบความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมและอาหารที่ผสมสารสี Astaxanthin และจาก

การศึกษาของ Boonyaratpalin *et al*., (2001) พบว่า การผสมเบต้าแคโรทีนที่เป็นรงควัตถุหลักของสาหร่ายดูนาริเอลลาเข้มข้น 125 และ 175 พีพีเอ็ม ในอาหารให้กุ้งกุลาดำกินติดต่อกันนาน 10 สัปดาห์ ไม่มีผลไปเร่งการเจริญเติบโตเมื่อเทียบกับอาหารชุดควบคุม จากรายละเอียดข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการเสริมสารสีแคโรทีนอยด์จาก เปลือกปูม้า จากการทดลองครั้งนี้ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม

องค์ประกอบทางเคมีของกุ้งขาวแวนนาไม

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งขาวแวนนาไม (บนฐานของวัสดุแห้ง) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ค่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งขาวแวนนาไมในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) จากรายละเอียดข้างต้นแสดงให้ เห็นว่าการเสริมแคโรทีนอยด์จากเปลือกปูม้าตั้งแต่ 50-300 mg/kg จากการทดลองครั้งนี้ ไม่มีผลต่อค่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งพบว่า ค่าความชื้นของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากเปลือกปูม้าในชุดการทดลองที่ 5 (200 mg/kg) มีค่าความชื้น 13.87±1.42 เปอร์เซ็นต์ ต่ำที่สุดในชุดการทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง ในขณะที่กุ้งในชุดการทดลองที่ 4 ซึ่งค่าความชื้นสูงที่สุด เท่ากับ 15.03±1.02 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าความชื้นทุกการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 3)

ค่าโปรตีนของกุ้งขา วแวนนาไมที่ทดลอง พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 5 (200 mg/kg) มีค่าโปรตีน 76.92±0.09 เปอร์เซ็นต์ ต่ำที่สุดในชุดการทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง ในขณะที่กุ้งในชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งค่าโปรตีนสูงที่สุด เท่ากับ 77.87±0.39 เปอร์เซ็นต์ แต่กุ้งในทุกชุดการทดลองมีค่าโปรตีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 3)

ค่าไขมันของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 1 (0 mg/kg) มีค่าไขมัน 1.91±0.06 เปอร์เซ็นต์ ต่ำที่สุดในชุดการทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง ในขณะที่กุ้งในชุดการทดลองที่ 3 ซึ่งค่าไขมันสูงที่สุด เท่ากับ 2.11±0.05 เปอร์เซ็นต์ แต่กุ้งในทุกชุดการทดลองมีค่าไขมันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 3)

ค่าเถ้าของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 1 (0 mg/kg) มีค่าเถ้า 6.13±0.27 เปอร์เซ็นต์ ต่ำที่สุดในชุด การทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง ในขณะที่กุ้งในชุดการทดลองที่ 7 ซึ่งค่าเถ้าสูงที่สุด เท่ากับ 6.98±0.23 เปอร์เซ็นต์ แต่กุ้งในทุกชุดการทดลองมีค่าเถ้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 3)

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหาร ที่เสริมสารสีแคโรทีนอยด์ ในรูปของสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้า ทั้ง 6 ระดับ (50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) เมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่แตกต่างจากกุ้ง ขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารในชุดควบคุมซึ่งไม่ได้ผสมสารสกัดจาก เปลือกปูม้า แสดงให้เห็นว่าระดั บของการใช้ สารสกัดจาก เปลือกปูม้าเป็นแหล่งของสารสีในอาหารตั้งแต่ 50-300 mg/kg ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของ กุ้งขาวแวนนา

ไม สอดคล้องกับการทดลองของ วัฒนา และ อุไรวรรณ (2564) ในการใช้สารสีแคโรทีนอยด์ในรูปของสารสกัดหยาบที่สกัดจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดที่ระดับความเข้ม ข้นเช่นเดียวกันนี้ เสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ตั้งแต่ที่ระดับความเข้มข้น 50-300 มก./กก. ไม่มีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีของกุ้งขาวแวนนาไมแตกต่างกัน และไม่แตกต่างกับกุ้งขาวแวนนาไมในชุดควบคุม

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้า ระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน

ชุดการทดลอง	องค์ประกอบทางเคมี (% น้ำหนักแห้ง)			
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า
1 (0 mg/kg)	14.83±1.24[a]	77.13±0.38[a]	1.91±0.06[a]	6.13±0.27[a]
2 (50 mg/kg)	13.94±0.86[a]	77.87±0.39[a]	1.98±0.05[a]	6.34±0.51[a]
3 (100 mg/kg)	14.06±1.35[a]	77.29±0.29[a]	2.11±0.05[a]	6.54±0.57[a]
4 (150 mg/kg)	15.03±1.02[a]	76.99±0.23[a]	1.95±0.03[a]	6.73±0.18[a]
5 (200 mg/kg)	13.87±1.42[a]	76.92±0.09[a]	2.01±0.10[a]	6.90±0.04[a]
6 (250 mg/kg)	13.92±1.68[a]	77.27±0.34[a]	2.07±0.03[a]	6.54±0.10[a]
7 (300 mg/kg)	14.71±1.38[a]	77.08±0.48[a]	2.06±0.06[a]	6.98±0.23[a]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับความเข้มข้นของการเสริมสารสกัดหยาบในอาหารกุ้งขาวทดลอง
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ระดับสีของกุ้งขาวแวนนาไม

ผลการวิเคราะห์ค่าสีที่ผิวลำตัวกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารทดลองผสมสารสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าที่ระดับต่าง ๆ ทั้ง 7 ชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 4 เดือน หลังสิ้นสุดการทดลอง นำกุ้งขาวแวนนาไม ไปต้มในน้ำเดือด 3 นาที วัดสีกุ้ง ขาวทั้งเปลือกตรงบริเวณข้อที่ 2 นับจากหัว เปรียบระดับสีของกุ้งขาวแวนนาไมในแต่ละชุดการทดลอง ให้ผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 4 ดังนี้

ค่า *L** (ค่าความสว่าง) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ทดลองเลี้ยง มีค่าอยู่ในช่วง 30.25±1.96 ถึง 33.59±1.32 ซึ่งกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารไม่ผสมสารสกัด (ชุดควบคุม) มีค่า *L** สูงที่สุด สูงกว่ากุ้งขาวที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากเปลือกปูในชุดการทดลอง 4, 5, 6 และ 7 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า *L** เท่ากับ 32.50±1.86, 32.04±1.99, 30.47±2.04 และ 30.25±1.96 ตามลำดับ ($p<0.05$) (ภาพผนวกที่ 1 และภาพผนวกที่ 4)

ตารางที่ 4 ระดับสีที่ผิวลำตัวกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน

ชุดการทดลอง	ระดับค่าสี			
	*L**	*a**	*b**	ระดับค่าเทียบแถบสี
1 (0 mg/kg)	33.59±1.32[a]	7.25±2.39[c]	12.97±2.19[a]	20.50±0.63[c]
2 (50 mg/kg)	33.34±1.54[ab]	8.54±2.38[b]	12.67±2.34[a]	21.40±1.38[b]
3 (100 mg/kg)	33.10±1.75[ab]	8.56±2.36[b]	13.28±1.70[a]	21.43±0.90[b]
4 (150 mg/kg)	32.50±1.86[b]	10.63±1.92[a]	13.58±1.68[a]	23.07±1.60[a]
5 (200 mg/kg)	32.64±1.99[ab]	10.18±1.29[a]	13.01±1.80[a]	22.43±1.38[a]
6 (250 mg/kg)	30.47±2.40[c]	10.45±1.94[a]	12.67±1.76[a]	22.73±1.11[a]
7 (300 mg/kg)	30.25±1.96[c]	10.34±2.29[a]	12.70±2.10[a]	22.63±1.47[a]

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

ค่า *a** (ค่าสีแดง) ของกุ้งขาวแวนนาไมทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 7.25±2.39-10.63±1.92 ซึ่งกุ้งขาวที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าในทุกชุดการทดลอง (50-300 มก./กก.) มีค่า *a** สูงกว่ากุ้งขาวในชุดควบคุม (0 มก./กก.) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 4 (150 มก./กก.) มีค่า *a** สูงที่สุด เท่ากับ 10.63±1.92 สูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งมีค่า *a** ต่ำที่สุด เท่ากับ 6.64±1.53 ($p<0.05$) แต่ค่า *a** ของกุ้งขาวใน ชุดการทดลองที่ 4-7 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\geq0.05$) (ภาพผนวกที่ 2 และภาพผนวกที่ 4)

ส่วนค่า *b** (ค่าสีเหลือง) ของกุ้งขาวแวนนาไม ทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 12.67±1.76 ถึง 13.58±1.68 ซึ่งกุ้งขาวที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายในทุกชุดการทดลอง และชุดควบคุม (ชุดการทดลองที่ 1-7) มีค่า *b** ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพผนวกที่ 3 และภาพผนวกที่ 4)

การเสริมสารสกัดหยาบจาก เปลือกปูม้า ในอาหารเลี้ยงกุ้ง ขาวแวนนาไม ส่งผลให้มีค่าความสว่าง (*L**) ของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองเสริมสารสกัดหยาบของ เปลือกปูม้าทั้ง 6 ชุดการทดลอง (50-300 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) มีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่เสริมสารสกัดหยาบของ เปลือกปูม้า พบว่า ค่าความสว่าง (*L**) มีแนวโน้มที่ลดลง แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ค่าความสว่างของสีลดลง เนื่องจากในเปลือกปูม้ามีสารสีแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสาร

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

กุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าในทุกชุดการทดลอง (50-300 มก./กก.) ให้ค่าสีแดง (*a**) สูงกว่ากุ้งขาวในชุดควบคุม (0 มก./กก.) แสดงให้เห็นว่าสารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากเปลือกปูม้าเป็นเหตุให้สีของตัวกุ้งเข้ มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ ชลอ และคณะ (2552) รายงานว่า การเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ลงในอาหารกุ้ง เพื่อให้กุ้งมีปริมาณสารสีซึ่งเป็นสารประกอบแคโรทีนอยด์สะสมในตัวมากขึ้น ทำให้สีของตัวกุ้งเข้มขึ้น และเมื่อผ่านการต้มก็จะให้กุ้งขาวมีสีแดงส้มเข้มขึ้นอย่างชัดเจน และสอดคล้องกับการทดลองผลของสารสีธรรมชาติต่อการเร่งสีในกุ้งขาวของ กิจการ และคณะ (2549) พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทุกชุดการทดลองที่ผสมสารสี มีลำตัวแดง (*a**) เข้มกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารชุดควบคุมอย่างชัดเจน และเมื่อพิจารณาถึงระดับของสารสกัดหยาบที่เสริมในอาหารกุ้งขาว พบว่า เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารสกัดในอาหาร ส่งผลให้ค่าสีแดง (*a**) ของกุ้งขาวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และที่ระดับของการเสริมสกัดในอาหารกุ้งขาว 150 มก./กก. ให้ค่าสีแดง (*a**) สูงที่สุด แต่เมื่อเพิ่มระดับของสารสกัดหยาบเพิ่มขึ้นเป็น 200-300 มก./กก. ส่งผลให้ค่าสีแดง (*a**) สูงกว่ากุ้งขาวในกลุ่มควบคุม และชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ แต่ไม่ได้สูงกว่ากุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 4 (150 มก./กก.) แสดงให้เห็นว่าการเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากเปลือกปูม้าที่ระดับ 150 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กก. เป็นระดับที่เหมาะส มในการเพิ่มระดับสีแดงในกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งหากเสริมสารสกัดที่ระดับสูงกว่านี้ก็ไม่ได้ช่วยเพิ่มระดับสีแดงให้สูงขึ้นตามระดับของการเสริมสารสกัดที่เพิ่มขึ้น และอาจสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากกว่าเมื่อคิดคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ ส่วนค่าสีเหลือง (*b**) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พ บว่า กุ้งขาวแวนนาไมในในทุกชุดการทดลองที่เสริมและไม่เสริมสารสีแคโรทีนอยด์จากสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้า ให้ระดับค่าสีเหลือง (*b**) ไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าสารสีแคโรทีนอยด์จากสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าที่เสริมในอาหารไม่ได้ส่งผลให้ระดับค่าสีเหลือง (*b**) เพิ่มสูงขึ้นแต่อย่างใด สอดคล้องกับการทดลองของ วัฒนา และ อุไรวรรณ (2564) ในการใช้สารสีแคโรทีนอยด์ในรูปของสารสกัดหยาบที่สกัดจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดที่ระดับความเข้มข้นเช่นเดียวกันนี้ เสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ระดับค่าสีกุ้งขาวแวนนาไมเทียบกับค่าสีของแถบวัดค่าสี *Salmo*Fan™ Lineal

ผลการวิเคราะห์ ค่าสีที่ผิวลำตัวกุ้ง ขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหาร ทดลองผสมสารสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้าที่ระดับ 50-300 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม และชุดควบคุมที่ไม่ได้เสริมสารสกัดจาก

เปลือกปูม้า เป็นระยะเวลา 4 เดือน หลังสิ้นสุดการทดลอง นำกุ้งไปต้มในน้ำเดือด 3 นาที วัดสีกุ้งขาวแวนนาไมทั้งเปลือกตรงบริเวณข้อที่ 2 นับจากหัว เปรียบระดับสีของกุ้ง ขาวแวนนาไม ในแต่ละชุดการทดลอง กับแถบวัดค่าสีที่ห้องเย็นนิยมใช้ในการวัดค่าสีกุ้งเพื่อตีราคาในการซื้อขายกุ้งกับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ให้ผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพผนวกที่ 7 ดังนี้

ระดับค่าสีของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงในชุดการทดลองที่ 4-7 (150-300 mg/kg) มีระดับค่าสีเมื่อเทียบกับระดับค่าสีของแถบวัดค่าสี *Salmo*Fan™ Lineal มีค่าที่ระดับ 22.43±1.38 ถึง 23.07±1.60 สูงกว่ากุ้งขาวแวนนาไม ในชุดการทดลองที่ 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ($P<0.05$) ซึ่งกุ้งขาวแวนนาไมในชุดควบคุม (ชุดการทดลองที่ 1) มีค่าสีของแถบวัดค่าสี *Salmo*Fan™ Lineal ต่ำที่สุด มีค่าที่ระดับ 20.50±0.63 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การเสริมสารสกัดหยาบจาก เปลือกปูม้าในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 4 เดือน ส่งผลให้มีค่าความเข้มสีแดง (a^*) ของกุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบของ เปลือกปูม้า 150-300 mg/kg ให้ค่าสีแดง (a^*) สูงกว่ากุ้งในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายก้ามกุ้ง แตกต่างอย่างมีนัยสำ คัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งเมื่อคิดปริมาณสารสีแดงที่เพิ่มขึ้น พบว่า มีปริมาณสารสีแดงเพิ่มขึ้น 46.62 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกุ้งในชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าการเสริมสารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากเปลือกปูม้า มีผลทำให้ค่าสีแดง (a^*) เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารสี แคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารที่ช่วยกระตุ้นในการเกิดสีของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในสัตว์น้ำกลุ่มครัสเตเซียนที่ต้องอาศัยสารเร่งสีจากอาหารที่กินเข้าไปภายนอก และทำให้เกิดสีปรากฏในสัตว์น้ำที่มีลักษณะสีแดงเข้มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ กิจการ และคณะ (2549) ที่ทดสอบผลของแหล่งสารสีธรรมชาติต่อการเร่งสีในกุ้งขาว พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทุกชุดการทดลองที่ผสมสารสี มีลำตัวแดง (a^*) เข้มกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารชุดควบคุมอย่างชัดเจน และสอดคล้องกับผลการทดลองในกุ้งเคอร์ฟิชของ ทนงศักดิ์ และสุรีวัลย์ (2560) พบว่า ค่าสีแดง (a^*) ในชุดการทดลองที่ให้อาหารเสริมสารสีจากผงพริกหยวกแดงที่ระดับต่างกัน สามารถทำให้กุ้งเคอร์ฟิชมีค่าสีแดง (a^*) ที่เพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดควบคุม

การเพิ่มมูลค่าของกุ้ง

เมื่อทำการเปรียบเทียบมูลค่าที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไม โดยดูจากราคาของกุ้งที่จำหน่ายในท้องตลาดในขณะนั้น ในทางธุรกิจ การที่เกษตรกรจะขายกุ้งที่เลี้ยงในบ่อให้กับห้องเย็น โดยทางห้องเย็นจะทำการตีราคากุ้งหลังจากทำการเทียบสีของกุ้งในบ่อเลี้ยงที่ต้มในน้ำเดือดแล้วกับแถบค่าสี *Salmo*Fan™ Lineal ซึ่งจะมีราคามาตรฐานของกุ้งตามระดับสีที่เป็นมาตรฐานอยู่แล้ว แต่ถ้าหากกุ้งในบ่อที่จะจำหน่ายในขณะนั้นมีระดับสีเพิ่มขึ้น 1 ระดับ จะทำให้ราคาของกุ้งเพิ่มสูงขึ้นไปอีกระดับละ 10-15 บาท (ข้อมูลจากการสอบถามห้องเย็นที่รับซื้อกุ้ง) ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ พบว่า เมื่อคิดค่าเฉลี่ยของกุ้งที่ทดลองจะ ได้ขนาดประมาณ 50 ตัว/กิโลกรัม มีราคาจำหน่ายอยู่ที่ 130 บาท/กิโลกรัม (ราคา

ณ วันที่ 10 กันยายน 2566) ซึ่งเป็นราคาที่ซื้อขายกันทั่วไปและไม่ได้บอกค่าระดับสีเมื่อเทียบกับแถบสี ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จะเทียบให้กุ้ง ขาวแวนนาไมในชุดควบคุมที่มีค่าระดับสีอยู่ที่ 20 มีราคา 130 บาท/กิโลกรัม ส่วน กุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบของ เปลือกปูม้า 150-300 mg/kg มีค่าระดับสีอยู่ที่ 22 ดังนั้น เพิ่มระดับสีได้ 2 ระดับ และเพิ่มมูลค่าของกุ้ง ขาวแวนนาไม ในชุดการทดลองที่ 4-7 ได้ 30 บาท/กิโลกรัม หรือคิดเป็นราคาที่เพิ่มขึ้น 23.07 เปอร์เซ็นต์

คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า ความเค็มมีค่าอยู่ระหว่าง 28.00-30.50 ppt, อุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 28.50-29.50 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 7.50-8.00 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.09-7.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างของน้ำ 105.45-130.30 มิลลิกรัมต่อลิตรเทียบกับแคลเซียม คาร์บอเนต แอมโมเนีย 0.30-0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.20-0.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าอยู่ในช่วงที่กุ้งขาวแวนนาไมสามารถดำรงชีวิตได้อย่าง ปกติ ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและกองส่งเสริมการประมง, 2550)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า การใช้ สารสีแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากเปลือกปูม้า เสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ระดับตั้งแต่ 50-300 mg/kg ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม แต่ที่ระดับความเข้มข้น 150-300 mg/kg สามารถเพิ่มระดับสีแดง (a^*) ในกุ้งขาวแวนนาไมให้เพิ่มสูงขึ้นได้สูงที่สุด และการเสริมสารสกัดจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหาร 150 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กก. เป็นระดับที่เหมาะสม ในทางเศรษฐศาสตร์ สามารถเพิ่มระดับสีแดง (a^*) ในกุ้งขาวแวนนาไมให้เพิ่มสูงขึ้นได้ 46.62 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกุ้งในชุดควบคุม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาปริมาณของสารสีแอสต้าแซนทินใน เปลือกปูม้า และในอาหารทดลองเสริมสารสกัดหยาบจากเปลือกปูม้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการยืนยันผลการทดลองได้อย่างแท้จริง
2. ควรทำการศึกษาถึงต้นทุนในอาหารกุ้งขาวแวนนาไมเสริมสารสกัดหยาบเปลือกปูม้าด้วย
3. ผู้สนใจ สามารถนำสูตรอาหารดังกล่าว ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารเพิ่มระดับสีของ กุ้งขาวแวนนาไม และกุ้งทะเลเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ เชิงพาณิชย์ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บรรณานุกรม

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

กรมประมง. 2554. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2552. [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก : www.fisheries.go.th/it-stst/. (16 มิถุนายน 2560).

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.

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

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

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 คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

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

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

ธวัชชัย สันติกุล. 2545. มารู้จักกุ้งขาว *Penaeus vannamai*. มติชนบทเทคโนโลยีชาวบ้าน. 14 (278) : 102-103.

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

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 504 น.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2545. ศาสตร์ของกุ้งขาว ลิโทพีเนียส แวนนาไม (ตอนที่ 3). วารสารสัตว์น้ำ. 14 (161) : 109-112.

ภิญโญ เกียรติภิญโญ. 2545. วิธีปฏิบัติสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แอล. แวนนาไม. สำนักพิมพ์สัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ. 118 น.

รพีพร ฤกษพุฒิ. 2552. จำนวนเม็ดเลือดรวม กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน และปริมาณแคโรทีนอยด์ที่สะสมตลอดวงจรการลอกคราบของปูทะเล (*Scylla serrata*). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

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

วีระศักดิ์ สามี. 2548. แคโรทีนอยด์ : โครงสร้างทางเคมีและกลไกที่มีผลต่อการทำหน้าที่ของร่างกาย. ศรีนครินทรวิโรฒเภสัชสาร. 10 (1) : 58-66.

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

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

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

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

Bauernfrind, J. C. 1981. Carotenoids as colorants and vitamin a precursors: technological and nutritional applications. Academic Press, New York.

Boonyaratpalin, M., Thongrod, S., Supamattaya, K. and G. Britton. 2001. Effects of β-carotene source, *Dunaliella salina*, and astaxanthin on pigmentation, growth, survival and health of *Penaeus monodon*. Aqua. Res. 31(s1): 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.

Britton, G., S. Liaaen-Jensen and H. Pfander. 1998. Synthesis from a different perspective: How Nature Does it. In: Carotenoids Vol. 3: Biosynthesis and metabolism. Britton, G., S. Liaaen-Jensen and H. Pfander (eds.). 1-12 pp.

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.

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.

Greenclinic. 2557. แคโรทีนอยด์. [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก : http://www.greenclinic.in.th/component/content/article/1-phytochemecals/58-vitaminc.html., (11 ต.ค. 2560).

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.

Kouchi, H.H., Moosavi-Nasab, M. and Shabanpour, B. 2012. Extraction of carotenoids from crustacean waste using organic solvents. The 1st International and The 4th National Congress on Recycling of Organic Waste in Agriculture. 26–27 April 2012, Isfahan, Iran.

Kuo, H.C., Lee, T.C., Kamata, T. and Simpson, K.L. 1976. Red crab processing-waste as a carotenoid source for rainbow trout. Kingston, University of Rhode Island.

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

Matsuno, T. 2001. Aquatic animal carotenoids. Fisheries Sci. 67 : 771–783.

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.

Metusalach, I.R. 2007. Determination of carotenoid pigments deposited in the exoskeleton of mud and swimming Crabs. Torani. 17 (2) : 115-120.

Meyers, S. P. and T. Latscha. 1997. Caotenoids. In: L. A. D'Abramo, D.E. Conklin and D.M. Akiyama (editors). Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture. World Aquaculture Society. 6: 123-149.

Moyle, P.B. and J. J. jr. Cech. 1982. Fishes:an introduction to ichthyology, pp. 162-168. *In* PrenticeHall, rnc., Englewood Cliffs, New Jersey, 11.

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.

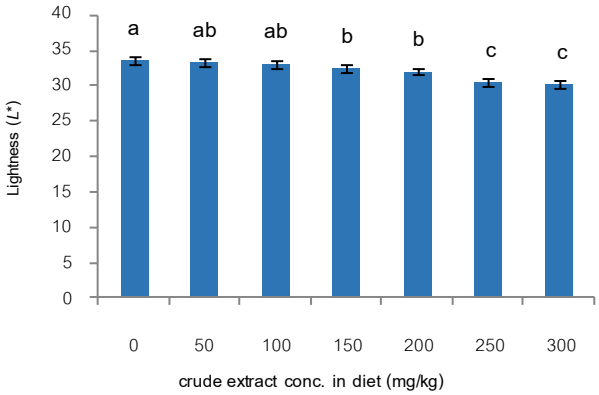
Sachindra, N.M., Bhaskar, N. and Mahendrakar, N.S. 2005. Carotenoids in crabs from marine and fresh waters of India. LWT. 38 : 221–225.

Schiedt, K. 1998. Absorption and metabolism of carotenoid in birds, fish and crustacean.In: Carotenoids Vol. 3: Biosynthesis and metabolism. Britton, G., S. Liaaen-Jensen and H. Pfander (eds.). : 285-358.

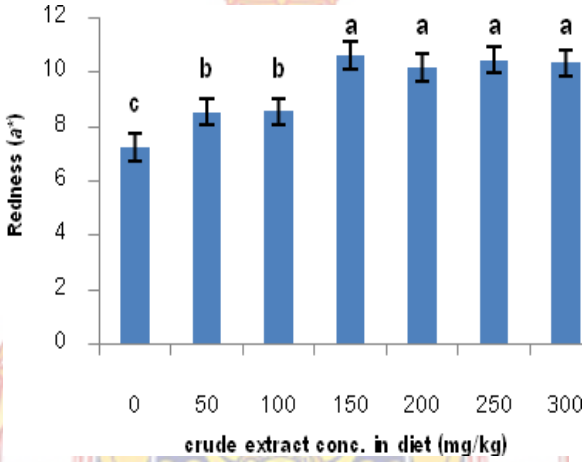
Sirikanya Chungthanawong. 2004. Effect of *Ascophyllum nodosum* Supplemented Diets on Growth and Survival of Black Tiger Shrimp *Penaeus monodon*. Master's Thesis, Chulalongkorn University. 88 p.

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.

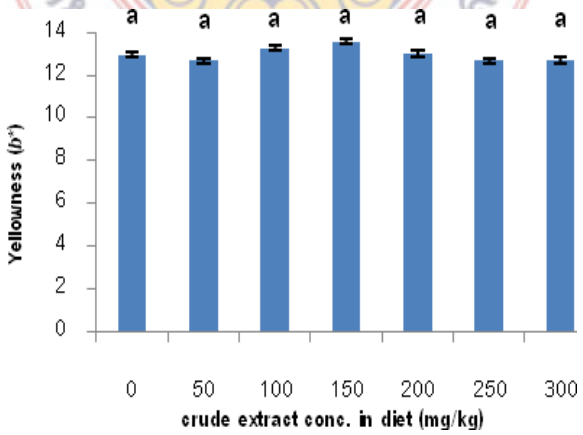
ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 ระดับค่าสี L^* ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง



ภาพผนวกที่ 2 ระดับค่าสี a^* ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง



ภาพผนวกที่ 3 ระดับค่าสี b^* ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง

ภาพผนวกที่ 4 ระดับความเข้มสีของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง

ภาพผนวกที่ 5 ตัวอย่างการวัดระดับความเข้มสีของกุ้งขาวแวนนาไมเทียบกับแถบวัดค่าสี *Salmo*Fan™ Lineal

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย