รายงานการวิจัย

การใช้ไคโตซานจากแกนหมึกร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล เป็นสารเสริมการเจริญเติบโตในกุ้งทะเลเศรษฐกิจ

Using of Squid Pen Chitosan and Mackerel Condensate Liquid for Growth Substance in Economic Marine Shrimp

วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

มาโนช ขำเจริญ Manoch khamcharoen

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2562

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง “การใช้ไคโตซานจากแกนหมึกร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรลเป็นสารเสริมการเจริญเติบโตในกุ้งทะเลเศรษฐกิจ” ฉบับนี้ สำเร็จได้โดยได้รับความช่วยเหลือเกื้อกูลจากบุคคลหลายฝ่าย บุคคลเหล่านั้นล้วนเป็นกัลยาณมิตรที่ควรค่าแก่การกล่าวถึง ด้วยความรู้สึกขอบคุณ และยกย่องไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์เจษฎา อิสเหาะ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง แนะนำในระหว่างการทดลองวิจัย และแก้ไขข้อบกพร่องในการทำงานวิจัยตลอดมา ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุไรวรรณ วัฒนกุล ผู้ร่วมโครงการวิจัยที่ได้คอยเป็นกำลังใจ ร่วมทำการวิจัย และปรับปรุงแก้ไขรายงานการวิจัยจนรายงานการวิจัยฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

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

ขอขอบพระคุณ สถาบันครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนในการทำการวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำการวิจัย และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2562 ในการทำวิจัยเรื่องดังกล่าวนี้

คณะผู้วิจัย

สิงหาคม 2563

การใช้ไคโตซานจากแกนหมึกร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล เป็นสารเสริมการเจริญเติบโตในกุ้งทะเลเศรษฐกิจ

วัฒนา วัฒนกุล[1] อุไรวรรณ วัฒนกุล[1] และมาโนช ขำเจริญ[1]

บทคัดย่อ

การทดลองใช้สารไคโตซานจากแกนหมึก และน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล เสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมไคโตซานความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ (0, 0.4 และ 0.8 %) และน้ำนึ่งปลาซึ่งมีปริมาณโปรตีน และไขมันเท่ากับ 45.15 และ 14.45 % โดยน้ำหนัก (W/W) ความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ (0, 15 และ 30 %) ในอาหารกุ้งสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีน และไขมัน ไม่น้อยกว่า 38 และ 6 % ตามลำดับ ต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของกุ้งขาวแวนนาไม โดยแบ่งออกเป็น 9 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ 1(0CS, 0FC), 2(0CS, 15FC), 3(0CS, 30FC), 4(0.4CS, 0FC), 5(0.4CS, 15FC), 6(0.4CS, 30FC), 7(0.8CS, 0FC), 8(0.8CS, 15FC) และ 9(0.8CS, 30FC) นำไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 4.94±0.24 กรัม ในถังพลาสติกขนาด 500 ลิตร ใส่น้ำ 300 ลิตร ใช้กุ้ง 100 ตัว/ถัง ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ทำการเลี้ยงเป็นเวลา 5 เดือน ผลการศึกษา พบว่า กุ้งในแต่ละชุดการทดลองมีการเจริญเติบโตแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกุ้งที่ได้รับอาหารในชุดการทดลองที่ 5(0.4CS, 15FC) มีค่าการเจริญเติบโตของ WG, SGR และ ADG สูงที่สุด เท่ากับ 232.31±23.25 เปอร์เซ็นต์ 0.809±0.01 เปอร์เซ็นต์/วัน และ 0.092±0.01 กรัม/วัน ตามลำดับ ส่วนคุณค่าทางโภชนาการของกุ้ง พบว่า ค่าโปรตีน ไขมัน และเถ้า ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดการทดลองที่ 5(0.4CS, 15FC) มีค่าโปรตีนสูงที่สุด และชุดการทดลองที่ 9(0.8CS, 30FC) มีค่าไขมันและเถ้าสูงที่สุด จากการทดลองสรุปได้ว่า การเสริมไคโตซานที่ระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ และน้ำนึ่งปลาที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร ส่งผลให้กุ้งขาวแวนนาไมมีการเจริญเติบโต และปริมาณโปรตีน สูงที่สุด และทุกระดับของการเสริมในอาหารไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ลักษณะทางเนื้อเยื่อ และค่าดัชนีของตับ ($P>0.05$)

คำสำคัญ : กุ้งขาวแวนนาไม ไคโตซาน น้ำนึ่งปลา สารเสริมการเจริญเติบโต

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อ.สิเกา จ.ตรัง

Using of Squid Pen Chitosan and Mackerel Condensate Liquid for Growth Substance in Economic Marine Shrimp

Wattana Wattanakul[1] Uraiwan Wattanakul[1] and Manoch khamcharoen[1]

ABSTRACT

This research is a guideline for the development of marine shrimp feed and effective in increased the growth, reduce the time for culture, reduce feed cost and increase profits of marine shrimp. As well as increased of waste materials value from production process of fish processing industry by using biological substances such as squid pen chitosan and mackerel condensate liquid supplement in marine shrimp feed. This research aimed to investigate the effect of chitosan and fish condensate liquid supplement with 45.15% of protein and 14.45% of lipid (W/W) in commercial marine shrimp pellet on growth performance and nutritional value of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) at 3 different levels of chitosan (0, 0.4 and 0.8 %) and fish condensate liquid (0, 15 and 30 %) in 9 treatments with 3 replications as 1(0CS, 0FC), 2(0CS, 15FC), 3(0CS, 30FC), 4(0.4CS, 0FC), 5(0.4CS, 15FC), 6(0.4CS, 30FC), 7(0.8CS, 0FC), 8(0.8CS, 15FC) and 9(0.8CS, 30FC). The diets were given to shrimps with an initial average weight of 4.94±0.24 g. The shrimps were released into 500 l plastic tank, containing 300 l of water with a stocking density of 100 shrimps per tank. Trial feeds were given twice daily for 5 months. The results showed that growth performance were significantly different among treatment ($P<0.05$). Shrimps fed with the 5(0.4CS, 15FC) feed showed the highest growth performance in term of WG, SGR and ADG which were 232.31±23.25 %, 0.809±0.01 %/day and 0.092±0.01 g/day, respectively ($P<0.5$). Nutrition value were significantly different among treatment ($P<0.05$). Shrimps fed with the 5(0.4CS, 15FC) feed showed the highest nutrition value in term of %protein and shrimps fed with the 9(0.8CS, 30FC) feed showed the highest nutrition value in term of %lipid and %ash. This study can conclude that supplementation of chitosan and fish condensate liquid in shrimp feed with 5(0.4CS, 15FC) concentrate can increased the highest growth performance and %protein and all levels of concentrations were not effect on survival rate, FCR, PER, and HSI. ($P>0.05$).

Keywords : Pacific White Shrimp, Chitosan, Fish Condensate Liquid, Growth substance

.....

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

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
บทนำ	1
วิธีดำเนินการวิจัย	13
ผลการวิจัย และอภิปรายผล	18
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	30
บรรณานุกรม	31
ภาคผนวก	35

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติของไคโตซานที่สกัดจากเปลือกกุ้ง	6
2	องค์ประกอบทางเคมีของอาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมไคโตซานและน้ำนึ่งปลาระดับต่าง ๆ กันตามชุดการทดลอง	14
3	การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน	19
4	น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG, ก./วัน) อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และต้นทุนการผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน	22
5	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งขาว และค่าดัชนีตับ (HSI) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน	26
6	ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึกร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน	28
7	คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน	29

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว±SE หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลา แมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน	20

ภาพผนวกที่

1	ตับกุ้งชุดการทดลอง 1 (0CS, 0FC)	36
2	ตับกุ้งชุดการทดลอง 2 (0CS, 15FC)	36
3	ตับกุ้งชุดการทดลอง 3 (0CS, 30FC)	36
4	ตับกุ้งชุดการทดลอง 4 (0.04CS, 0FC)	36
5	ตับกุ้งชุดการทดลอง 5 (0.04CS, 15FC)	36
6	ตับกุ้งชุดการทดลอง 6 (0.04CS, 30FC)	36
7	ตับกุ้งชุดการทดลอง 7 (0.08CS, 0FC)	36
8	ตับกุ้งชุดการทดลอง 8 (0.08CS, 15FC)	36
9	ตับกุ้งชุดการทดลอง 9 (0.08CS, 30FC)	37

บทนำ

ประเทศไทย เป็นประเทศผู้เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) มานานนับ 3 ทศวรรษ สามารถนำรายได้เข้าสู่ประเทศคิดเป็นมูลค่าหลายหมื่นล้านบาทจนถึงแสนล้านบาทต่อปี ประเทศไทยจึงก้าวขึ้นสู่ตำแหน่งผู้ผลิต และผู้ส่งออกกุ้งกุลาดำรายใหญ่ที่สุดของโลกนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-2545 ติดต่อกันถึง 10 ป (ชลอ และพรเลิศ, 2547) อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 เป็นต้นมา การเลี้ยงกุ้งกุลาดำของประเทศไทยในหลายพื้นที่ประสบปัญหาโรคกุ้งระบาด และมีการเจริญเติบโตช้ามาก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ขาดทุนอย่างหนักจนต้องเลิกเลี้ยงกุ้งกุลาดำ สำหรับเกษตรกรที่ยังพอมีทุนรอนเหลืออยู่ ก็เปลี่ยนไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) แทนจนมาถึงปัจจุบัน ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าว่ากุ้งขาวแวนนาไม เป็นกุ้งทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยมีผลผลิตเป็นอันดับที่ 1 มีปริมาณผลผลิต 310,700 ตัน คิดเป็น 55,781.9 ล้านบาท (กรมประมง, 2556)

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมปัจจุบันก็มีลักษณะเช่นเดียวกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive) กล่าวคือ มีการปล่อยกุ้งในอัตราหนาแน่นสูง มีการใช้อาหารสำเร็จรูปที่มีปริมาณโปรตีนในระดับสูง ซึ่งทำให้มีของเสียจากการขับถ่ายและอาหารเหลือตกค้างในบ่อเป็นปริมาณมาก ส่งผลทำให้น้ำในบ่อมีคุณภาพเปลี่ยนแปลงไป คุณสมบัติของน้ำบางช่วงเวลาอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้กุ้งเกิดความเครียด และมีภูมิคุ้มกันลดลง ในขณะที่กุ้งมีสภาพอ่อนแอ เชื้อจุลินทรีย์ที่เพิ่มจำนวนจากคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนไป อาจเป็นสาเหตุทำให้กุ้งเป็นโรคได้ง่าย ดังนั้นเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่จึงยังประสบปัญหากุ้งโตช้า และมีอัตราการเลี้ยงรอดต่ำอย่างต่อเนื่อง การแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น นอกจากการจัดการคุณภาพน้ำของบ่อระหว่างการเลี้ยงให้ถูกต้องและเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งแล้ว ยังมีการใช้สารเสริมต่างๆ เพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ และช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่กุ้ง ตลอดจนช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร สารเสริมที่มีการนำมาใช้ในสัตว์เลี้ยง เช่น สารปฏิชีวนะ โปรไบโอติก เบต้ากลูแคน สมุนไพร รวมทั้งไคโตซาน และน้ำนึ่งปลา ฯลฯ

สำหรับไคโตซานที่มีคุณสมบัติหลากหลายประการ หนึ่งในนั้น คือ ผลต่อสุขภาพของสัตว์น้ำ เช่น มีสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์ และเชื้อราบางชนิด (ประภัสสร, 2556) สำหรับการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของปลากะพงขาวต่อการเสริมอาหารด้วยไคโตซาน พบว่าการเสริมอาหารด้วยไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 1 ของน้ำหนักอาหาร สามารถช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันชนิดไม่จำเพาะในปลากะพงขาวได้ (กัญช์, 2553) นอกจากนี้ ปิยะบุตร และคณะ (2544) ได้ทดลองใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งกุลาดำที่ระดับ 200-1,000 ppm พบว่า การเสริมไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งกุลาดำที่ระดับ 400 ppm ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร และเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันได้ดีขึ้น วัชรอำพล (2556) ได้ทำการทดลองเสริมไคโตซานโดยเคลือบบนเม็ดอาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อดิน ต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการเลี้ยงรอด คุณภาพน้ำ และต้นทุนค่าอาหาร พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับการเสริมไคโตซาน ที่ระดับ 0.04% มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.170 กรัมต่อตัวต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นตามระดับปริมาณการเสริมไคโตซาน และมีอัตราการรอดตายสูงสุด

ส่วนน้ำนึ่งปลาซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ ประกอบด้วยโปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณสูง (Shahidi *et al*., 1995) และมีกลิ่นที่เป็นสารดึงดูดการกินอาหาร (attractants) ของสัตว์น้ำ จึงสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีน และสารแต่งกลิ่นกระตุ้นการกินอาหารในอาหารสัตว์น้ำ เป็นการนำวัสดุเศษเหลือดังกล่าวมาใช้ให้ก่อประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าได้ การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือดังกล่าว เช่น การใช้เป็นสารแต่งกลิ่นกระตุ้นการกินอาหารของปลา โดย สุทิน และวิชิต (2547) ได้ทำการทดลองใช้ตะกอนน้ำนึ่งปลาในอาหารเลี้ยงปลาดุกลูกผสม เพื่อเป็นสารแต่งกลิ่นชวนกินอาหาร เลี้ยงปลาดุดลูกผสมซึ่งมีน้ำหนักเริ่มต้น 5 กรัม เป็นเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งมีตะกอนน้ำนึ่งปลา 10 % มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด วัฒนา และคณะ (2554) ได้การทดลองใช้น้ำนึ่งปลาเป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า สูตรอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาในสูตรอาหาร 16.12 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรอาหารที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไม โดยระดับดังกล่าวนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อ พยาธิสภาพของเนื้อเยื่อตับ และองค์ประกอบเลือด

ดังนั้น การใช้ประโยชน์จากไคโตซานเพื่อเสริมสุขภาพกุ้งร่วมกับกับน้ำนึ่งปลาในการกระตุ้นการกินอาหารเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต โดยใช้วิธีการเคลือบเม็ดอาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมนั้น จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่ง ในการที่จะนำวัตถุดิบดังกล่าว มาพัฒนา และประยุกต์ใช้ในอาหารกุ้งสำเร็จรูปเพื่อเป็นสารเสริมการเจริญเติบโตในการทดลองครั้งนี้ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการช่วยเร่งการเจริญเติบโตของกุ้งทะเลเศรษฐกิจของไทย นับเป็นประโยชนต่อเกษตรกรที่มีอาชีพเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอย่างยั่งยืนในอนาคต เพราะถือไดวา เป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนของการเลี้ยงจากการลดระยะเวลาของการเลี้ยง เนื่องจากผลของสารเสริมการเจริญเติบโตที่ใช้ ตลอดจนดำเนินการผลิตตามแนวทางเกษตรอินทรีย หรือชีวภาพที่ลดการใช้หรือไมใช้สารเคมี เพื่อรองรับนโยบายส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ 4.0 ของประเทศไทย ส่งผลให้ผลผลิตกุ้งที่ไดมีคุณภาพสูง ไมมีสารตกค้าง และเป็นที่ยอมรับของตลาดต่างประเทศมากขึ้น ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมจากประเทศไทย สามารถเข่าแข่งขันด้านราคา และคุณภาพในตลาดโลก และคาดว่าผลการศึกษาวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาอาชีพการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ให้เกิดความยั่งยืนในอาชีพของเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งทะเลเศรษฐกิจของไทยต่อไป

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ ผลตอบแทน หรือ กำไรจากการเลี้ยงจะมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่ง ระยะเวลาในการเลี้ยงให้สัตว์น้ำได้ขนาดที่ตลาดต้องการก็เป็นปัจจัยสำคัญมากปัจจัยหนึ่ง เนื่องจาก ยิ่งใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงนานขึ้นเท่าไร ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น หากเร่งหรือเสริมให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น ก็จะช่วยร่นระยะเวลาของการเลี้ยง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มกำไรจากการเลี้ยงสัตว์น้ำได้โดยตรง ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้ เป็นแนวทางการวิจัยและพัฒนาอาหารกุ้งทะเล ให้มีประสิทธิภาพในการเลี้ยงที่ให้อัตราการเจริญเติบโตดี ช่วยเร่งการเจริญเติบโต ด้วยการวิจัยและพัฒนาใช้ไคโตซานร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ระดับต่าง ๆ กัน ในอาหารเลี้ยงกุ้งทะเลเศรษฐกิจของไทย โดยอาศัยผลจากการวิจัยที่นักวิจัยได้เคยทดลองใช้ไคโตซานและน้ำนึ่งปลาในสัตว์น้ำมาประยุกต์ใช้ ซึ่งการวิจัยที่ผ่านมานั้นได้ใช้แยกกัน แต่ในการวิจัยครั้งนี้

นำมาใช้ร่วมกันในการเลี้ยงสัตว์น้ำ ผลตอบแทน หรือ กำไรจากการเลี้ยงจะมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่ง ระยะเวลาในการเลี้ยงให้สัตว์น้ำได้ขนาดที่ตลาดต้องการก็เป็นปัจจัยสำคัญมากปัจจัยหนึ่ง เนื่องจาก ยิ่งใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงนานขึ้นเท่าไร ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น หากเร่งหรือเสริมให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น ก็จะช่วยร่นระยะเวลาของการเลี้ยง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มกำไรจากการเลี้ยงสัตว์น้ำได้โดยตรง ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้เป็นแนวทางการวิจัยและพัฒนาอาหารกุ้งทะเล ให้มีประสิทธิภาพในการเลี้ยงที่ให้อัตราการเจริญเติบโตดี ช่วยเร่งการเจริญเติบโต ด้วยการวิจัยและพัฒนาใช้ไคโตซานร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ระดับต่าง ๆ กัน ในอาหารเลี้ยงกุ้งทะเลเศรษฐกิจของไทย โดยอาศัยผลจากการวิจัยที่นักวิจัยได้เคยทดลองใช้ไคโตซาน และน้ำนึ่งปลาในสัตว์น้ำมาประยุกต์ใช้ ซึ่งการวิจัยที่ผ่านมานั้นได้ใช้แยกกัน แต่ในการวิจัยครั้งนี้นำมาใช้ร่วมกัน โดยคาดหมายว่า การใช้ร่วมกันจะส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการเสริมการเจริญเติบโตของกุ้งที่เลี้ยงเพิ่มสูงกว่าใช้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง การวิจัยในครั้งนี้ ต้องการที่จะหาระดับของการใช้ไคโตซานร่วมกับน้ำนึ่งปลา เพื่อใช้เป็นสารเสริมการเจริญเติบโตในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยงกุ้งเศรษฐกิจ ที่เหมาะสม และดีที่สุดต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนสามารถลดต้นทุนการเลี้ยงกุ้งได้มากยิ่งขึ้น และงานวิจัยนี้ได้องค์ความรู้สามารถตอบคำถามของสมมุติฐานดังกล่าวได้ ทั้งนี้ เพื่อการประยุกต์ใช้ในสัตว์น้ำและกุ้งชนิดอื่น ๆ ต่อไป ผลจากการวิจัยจะได้นำไปเผยแก่นักวิชาการ และบุคคลที่จะใช้ประโยชน์ทั่วไป นับเป็นประโยชนต่อเกษตรกร ที่มีอาชีพเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม อย่างยั่งยืนในอนาคต เพราะถือได ว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการดำเนินการผลิตตามแนวทางเกษตรอินทรีย์ หรือชีวภาพที่ลดการใช้ หรือไมใช สารเคมี เพื่อรองรับนโยบายการเลี้ยงกุ้งอินทรีย์ 4.0 ของประเทศไทย ส่งผลให้ผลผลิตกุ้งที่ไดมีคุณภาพสูง ไมมีสารตกค้าง และเป็นที่ยอมรับของตลาดต่างประเทศมากขึ้น ทำให้กุ้งจากประเทศไทยสามารถเขาแข่งขันด้านราคา และคุณภาพในตลาดโลกได้อย่างยั่งยืน

กุ้งทะเลเศรษฐกิจของประเทศไทย

ประเทศไทยมีพื้นที่การเลี้ยงกุงทะเลขยายตัวอยางมากนับตั้งแตป พ.ศ. 2531 เปนตนมา ในช่วงการเปลี่ยนแปลงสูงสุด พบวา มีอัตราเพิ่มขึ้นถึงรอยละ 90.0 เนื้อที่การเลี้ยงกุงทะเลทั้งประเทศในป พ.ศ. 2550 มีจำนวนทั้งสิ้น 427,551 ไร โดยพื้นที่สวนใหญเปนการเลี้ยงแบบพัฒนาจำนวน 351,049 ไร คิดเปนรอยละ 82.1 ของเนื้อที่เลี้ยงทั้งหมด (กรมประมง, 2550) ซึ่งในดานผลผลิตกุ้งทะเลจากการสำรวจ พบวา ในป พ.ศ. 2556 กุ้งที่มีผลผลิตเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ได้แก่ กุ้งขาวแวนนาไม และกุ้งกุลาดำ มีปริมาณผลผลิต 310,700 และ 14,800 ตัน คิดเป็น 55,781.9 และ 3,246.6 ล้านบาท ตามลำดับ (กรมประมง, 2556) จัดได้ว่า กุ้งขาวแวนนาไม และกุ้งกุลาดำ เป็นกุ้งทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยคาดว่าผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจะมีปริมาณการส่งออกเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต

กุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไม (Pacific hite shrimp หรือ White leg shrimp) อยู่ในไฟลัม Arthropoda วงศ์ Penaeidae ชั้น Malacostraca 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 ในแถบแนวชายฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก ตั้งแต่เม็กซิโก เปรู ปานามา ฮอนดูรัส โคลัมเบียและบราซิล เลี้ยงได้ทั้งระบบธรรมชาติ และระบบกึ่งหนาแน่น ลักษณะพิเศษของกุ้ง คือ สามารถสร้างความคุ้นเคยหรือปรับลักษณะนิสัยภายใต้ระบบการเพาะเลี้ยงได้ แต่มีนิสัยที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยง 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 รวมทั้งจุลินทรีย์และซากเน่าเปื่อย 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)

อาหารสำเร็จรูปกุ้งทะเล

อาหารกุ้งทะเลสำเร็จรูปที่ดีนั้น นอกจากจะตองมีคุณคาทางอาหารครบถวนแลวยังตองมีกลิ่นรสที่ดึงดูดใหกุงวิ่งเขาหาอาหาร กินอาหารไดมากและรวดเร็ว ซึ่งอาจจะใสสารจำพวกกรดอะมิโน อาทิ ไกลซีน ทูรีน กลูตาเมท และบีเทน เปนตน (ธรณธันย, 2546) สารชวนกินที่สกัดจากตับปลาหมึกก็จะช่วยดึงดูดใหกุงเขาหาอาหารไดงายและเร็วขึ้นไดเชนกัน (Menasveta and Piyatirativouakul,

1990) นอกจากนี้ คุณสมบัติของอาหารกุ้งที่ดีต้องมีขนาดเม็ดเหมาะสมกับขนาดและวัยของกุ้ง จมน้ำได้ไว ไม่ก่อให้เกิดฟอง และละลายน้ำช้าหรือสามารถคงรูปในน้ำได้นาน การให้อาหารกุ้ง ควรให้กุ้งได้กินอาหารในปริมาณที่พอดีทุกมื้อตลอดระยะเวลาเลี้ยง สำหรับอัตราการให้อาหารขึ้นอยู่กับช่วงอายุ ความต้องการปริมาณอาหาร และอัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง การให้อาหารปริมาณน้อยเกินไป จะทำให้กุ้งโตช้า และอาจส่งผลทำให้เกิดปัญหากุ้งกินกันเองภายในบ่อ โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งความหนาแน่นสูง ส่วนการให้อาหารมากเกินไป จะทำให้คุณภาพน้ำ และดินในระหว่างเลี้ยงเสื่อมโทรมลง สารอินทรีย์จากอาหารจะกระตุ้นให้เกิดจุลินทรีย์ย่อยและปล่อยแอมโมเนียออกมา ทำให้กุ้งเครียดอ่อนแอ โตช้า และโอกาสติดเชื้อโรคกุ้งสูงขึ้น (กรมประมง, 2550)

ลักษณะทางชีวเคมีของไคโตซาน

สารสกัดไคโตซาน เป็นโมเลกุลโพลีเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีหมู่อะมิโน (-NH_2) มาประกอบกันเรียกว่า polyamino glucose มีสูตรโมเลกุล ($C_6H_{12}O_4N)_n$ ไคโตซานมีชื่อทางเคมีว่า poly-**β**-(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคติน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซีติล (deacetylation) ออกจากไคตินในสารละลายด่างเข้มข้น จึงทำให้โครงสร้างของไคตินบางส่วนเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะหมู่ฟังชั่นที่มีธาตุไนโตรเจนในรูปของหมู่อะเซตามิโด (NH-CO-CH_3) เปลี่ยนไปเป็นหมู่อะมิโน (NH_2) (ปิยะบุตร, 2547; ประภัสสร, 2556)

สารไคติน และไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ ที่มีคุณสมบัติแตกสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable) กล่าวคือ ทั้งไคตินและไคโตซานเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียที่มีอยู่ในธรรมชาติโดยไม่ส่งผลเสียต่อความสมบูรณ์ของระบบนิเวศ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดการแพ้ ไม่ไวไฟ และไม่เป็นพิษ (non – phytotoxic) แหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตสารไคโตซานในปัจจุบัน ได้แก่ เปลือกกุ้ง กระดองปู และแกนหมึก ซึ่งเป็นของเหลือใช้จากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง สารไคตินและไคโตซานมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว (Chandrkrachang, 2002; ภควรรณ, 2552) รวมทั้งเปลือกหอยด้วย

คุณสมบัติของไคโตซาน

ในขั้นตอนการผลิตไคตินด้วยวิธีทางเคมี สามารถลดปริมาณการใช้สารเคมีและลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาในขั้นตอนการกำจัดเกลือแร่ และการกำจัดโปรตีน โดยการใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การบด การกด การหมัก การต้ม การอบแห้ง และการล้างด้วยน้ำที่มีค่าความเป็นกรดด่างที่มีฤทธิ์เป็นกรด ดังนั้นเปลือกกุ้งที่ผ่านเทคนิคที่กล่าวมาข้างต้นแล้วสามารถนำมาสกัดไคติน โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก ที่ความเข้มข้นเพียง 2.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพียง 6 ชั่วโมง ส่วนผลิตภัณฑ์ไคตินที่ได้เมื่อนำมาผลิตเป็นไคโตซานจะได้ไคโตซานที่มีสมบัติตามตารางที่ 1 (Stevens, 2002)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของไคโตซานที่สกัดจากเปลือกกุ้ง

คุณลักษณะ	ปริมาณ
เถ้า	0.5 %
โปรตีน	0.5 %
ความหนืด	4000 cps.
การละลาย	100 %

ที่มา : ดัดแปลงจาก: Stevens (2002)

การประยุกต์ใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สาวิกา และคณะ (2556) ได้รวบรวมข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และได้นำเสนอรายงานว่า ปัจจุบันไคโตซานได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแพร่หลาย และมีการพัฒนาการใช้งานให้กว้างขวางแก่สัตว์น้ำ เช่น เป็นส่วนผสมในอาหาร ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกาย และช่วยเร่งการเจริญเติบโต เป็นต้น โดยสามารถแบ่งออกเป็นการประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในด้านการเคลือบอาหารสัตว์น้ำ เพื่อเพิ่มความคงตัว

ไคโตซานมีคุณสมบัติในการเพิ่มความคงตัวให้กับอาหารสัตว์น้ำ เพิ่มประสิทธิภาพในการลอยตัว และลดการสูญเสียสภาพของอาหารก่อนที่สัตว์น้ำจะเข้ามาใช้ประโยชน์ ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพความคงตัวนั้นจะมีผลให้ลดการเน่าเสียของน้ำที่เกิดจากการย่อยสลายอาหารที่สัตว์น้ำไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งไคโตซานที่นำมาเคลือบอาหารสัตว์น้ำนั้น จะมีลักษณะคล้ายฟิล์มบาง ๆ ซึ่งจะทำหน้าที่ลดการแตกตัวของอาหารในน้ำโดยส่วนผสมของไคโตซานที่เหมาะสมคือ 0.16 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณอาหาร (Hudson and Jenkins, 2002; Liu *et al*, 2008) ได้ทำการทดลองแช่อาหารสัตว์น้ำ ที่เคลือบไคโตซานเป็นเวลา 2 วัน พบว่า อาหารมีการแตกตัวประมาณ 10–20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอาหารสัตว์น้ำที่ไม่ได้เคลือบไคโตซานมีการแตกตัวประมาณ 30–40 เปอร์เซ็นต์

2. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในด้านการเร่งการเติบโต

การศึกษาในปัจจุบันสามารถพิสูจน์ได้ว่า การผสมไคโตซานในอาหารสัตว์น้ำ จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการเร่งการเติบโตของสัตว์น้ำ ตัวอย่างเช่น การใช้ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของ ปิยะบุตร และคณะ (2544) ได้ทำการทดลองโดยเริ่มการทดลองที่ปริมาณการใช้สารละลายไคโตซานระหว่าง 10 และ 20 ซีซี (200 และ 400 พีพีเอ็ม) ตามลำดับ เคลือบอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำทุกๆ 1 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ที่ไม่ได้ใช้ไคโตซานเคลือบอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้ง ทำการทดลองในพื้นที่น้ำความเค็มต่ำ (5±2 พีพีที) พบว่า ระยะเวลา 45 วันในการทดลอง ปริมาณไคโตซานที่ใช้ในการเคลือบอาหารกุ้ง 200 พีพีเอ็ม มีผลต่อน้ำหนักรวม อัตรารอดเฉลี่ย น้ำหนักตัวกุ้งเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยต่อวันของกุ้งที่จับได้มีค่าสูงขึ้น และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม การเพิ่มปริมาณการใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งมากขึ้น (400 พีพีเอ็ม) ทำให้ได้น้ำหนักรวมของกุ้งที่จับได้มากขึ้น มีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น และอัตรารอดสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไคโตซานทั้ง 2 ระดับ พบว่าเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตในกุ้งกุลาดำได้มากขึ้น ปริมาณไคโตซานที่เหมาะสมที่ใช้ในการเคลือบอาหารกุ้งคือ 400 พีพีเอ็ม กุ้งมี

สุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ดีมาก และมีขนาดตัวที่โตสม่ำเสมอมากที่สุด ดังนั้นการใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร และเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตในกุ้งกุลาดำได้มากขึ้น อย่างไรก็ดี การเคลือบไคโตซานในอาหารกุ้งที่มากกว่า 400 ppm กลับพบว่าประสิทธิภาพการใช้อาหารและอัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มที่ลดลง

Shiau and Yu (1999) พบว่าปลานิลลูกผสม (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) ที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจะมีอัตราการแลกเนื้อ (FCR) ที่ดีกว่า และมีน้ำหนักมากกว่าปลานิลลูกผสมที่ได้รับอาหารปกติ สอดคล้องกับ Niu *et al*. (2011) ที่พบว่าลูกกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ระยะโพสลาวาที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจะมีอัตราการเติบโตที่ดีว่าลูกกุ้งที่ได้รับอาหารปกติ อีกทั้งจากการศึกษาของ Harikrishnana *et al*. (2012) พบว่าปลาเก๋า (*Epinephelus bruneus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไคโตซานจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าปลาเก๋าที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติอย่างมีนัยสำคัญ

มนต์สรวง และคณะ (2550) ศึกษาเรื่องปลานิลแปลงเพศที่ได้รับอาหารเคลือบไคโตซานระดับต่าง ๆ ทดลองเลี้ยงปลานิลแปลงเพศที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 2.18-2.42 กรัม ด้วยอาหารสำเร็จรูป 7 สูตร ระดับ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม การทดลองทำในตู้กระจกมีปริมาตรน้ำ 160 ลิตร ระยะเวลาทำการทดลอง 10 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า อาหารที่เคลือบไคโตซานในระดับ 10 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีผลต่ออัตราการรอดตายและอัตราแลกเนื้อ ($P<0.05$) ในขณะที่อาหารที่เคลือบไคโตซานในระดับ 0, 5, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม กลับพบว่าไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายและอัตราแลกเนื้อ ($P>0.05$) อันเนื่องมาจากไคโตซานที่เสริมในอาหารจะไปลดการย่อยและดูดซึมไขมันในทางเดินอาหาร ทำให้ไขมันสะสมในตัวปลานิลได้น้อยและส่งผลให้น้ำหนักปลานิลลดลง

3. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการลอกคราบ

ไคโตซานนั้นจะมีบทบาทต่อการลอกคราบโดยการที่ไคโตซานจะเป็นสารตั้งต้นที่กุ้งนำไปใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อและเปลือก โดยเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการลอกคราบของกุ้ง และปู คือ เอ็นไซม์ไคตินเนส ซึ่งมีบทบาทหน้าที่โดยตรงในการหมุนเวียนสารพวกไคตินอันเป็นส่วนประกอบของเปลือกแข็งภายนอก โดยไคตินเนสจะย่อยเปลือกแข็งด้านนอกก่อนกระบวนการลอกคราบแล้วดูดกลับไปเก็บไว้ที่ molting fluid สำหรับนำมาสร้างเปลือกใหม่ในครั้งต่อไปซึ่งการทำงานของไคตินเนสจะขึ้นกับฮอร์โมน ecdysteroid (Flach *et al*., 1992)

4. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในด้านการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน

การศึกษาในปัจจุบันสามารถพิสูจน์ได้ว่า การผสมไคโตซานในอาหารสัตว์น้ำจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกัน ตัวอย่างเช่น การรายงานของ Cha *et al*. (2008) พบว่า ไคโตซานสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบภูมิต้านทาน และระบบภูมิคุ้มกันในการเพาะเลี้ยงปลาซีกเดียว (*Paralichthys olivaceus*) ในประเทศเกาหลีได้ การรายงานของ Harikrishnana *et al*. (2012) พบว่าปลาเก๋า (*Epinephelus bruneus*) ที่ได้รับอาหารผสมไคโตซาน จะมีความสามารถในการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio alginolyticus* ได้ดีกว่าปลาเก๋าที่ได้รับอาหารปกติอย่างมีนัยสำคัญ

Lawhavinit *et al*. (2006) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพไคโตซานต่อเชื้อวิบริโอที่แยกจากกุ้งกุลาดำป่วยในประเทศไทย เนื่องจากไคโตซานเป็นสารที่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคกุ้งได้ โดยเฉพาะโรคเรืองแสงที่มีสาเหตุจากเชื้อกลุ่มวิบริโอที่ทำความเสียหายต่อ

ผลผลิตกุ้งกุลาดำ ในช่วงที่มีอากาศร้อนและน้ำมีความเค็มสูงพบว่า ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของไคโตซานที่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตเชื้อ *Vibrio harveyi* ในน้ำความเค็ม 20 พีพีที คือ ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ทั้งในน้ำที่มีสารอินทรีย์เข้มข้น และเจือจาง อีกทั้งความเข้มข้นไคโตซานระหว่างร้อยละ 0.1-1.0 ยังมีผลควบคุมเชื้อกลุ่มวิบริโอที่ศึกษาทั้งหมด 47 สายพันธุ์ ดังต่อไปนี้คือ *V. Alginolyticus*, *V. cholera*, *V. damsel*, *V. fluvials*, *V. harveyi*, V. parahaemolyticus, *V. vulnificus* และ *Vibrio* spp. จำนวน 4, 2, 1, 4, 9, 16, 1 และ 10 สายพันธุ์ ตามลำดับ และเมื่อนำไคโตซานมาศึกษาระดับความปลอดภัยในกุ้งกุลาดำอายุ 1 เดือน ไม่พบกุ้งกุลาดำตายที่ระดับความเข้มข้นไคโตซานร้อยละ 0.1-1.0 แต่จะมีการตายในระดับร้อยละ 50 ที่เวลา 96 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นไคโตซานเท่ากับร้อยละ 2.0 แสดงว่าไคโตซานสามารถนำไปพัฒนาใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเพื่อป้องกันโรคเรืองแสงที่มีสาเหตุจากเชื้อกลุ่มวิบริโอ ที่ระดับความเข้มข้นไคโตซานร้อยละ 1.0 และไม่มีอันตรายต่อกุ้งกุลาดำ

องอาจ และคณะ (2552) ศึกษาเรื่อง ประสิทธิภาพไคโตซานเพื่อลดแบคทีเรียรวมในการเพาะเลี้ยงลูกกุ้งขาวแวนนาไม ผลการศึกษาพบว่าการเสริมสารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ไม่มีอันตรายต่อลูกกุ้งขาว และมีค่าความแปรปรวนของคุณภาพน้ำคือ อุณหภูมิ ค่าความเค็ม ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าออกซิเจนละลายน้ำค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ อัตรารอดตายเฉลี่ยของบ่อที่ใช้สารไคโตซาน มีค่าสูงกว่าบ่อที่ไม่ใช้สารไคโตซาน แต่พบว่าน้ำหนักลูกกุ้งทดลองของบ่อที่ใช้ไคโตซานมีค่าน้อยกว่าบ่อที่ไม่ใช้สารไคโตซาน อย่างไรก็ตามการใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จะมีผลช่วยลดจำนวนแบคทีเรียเรืองแสงในน้ำเพาะเลี้ยงลูกกุ้งขาว

การศึกษาของ Gopalakannan and Venkatesan (2006) โดยการเปรียบเทียบระหว่างปลาไน (*Cyprinus carpio*) ในบ่อดินที่ได้รับเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila* ซึ่งได้รับอาหารผสมไคโตซาน และปลาไนที่ได้รับอาหารปกติ เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน พบว่าปลาไนที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจะมีอัตราการรอดตายที่สูงกว่าปลาไนที่ได้รับอาหารปกติอย่างมีนัยสำคัญ จากการตรวจวัดเม็ดเลือดขาวและการทดสอบทางเคมี สรุปได้ว่า ไคโตซานสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบภูมิคุมกันต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ในปลาไนได้

กัญช์ (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของไคโตซานในแง่ของการใช้เป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันในปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) โดยทำการศึกษาหาปริมาณไคโตซาน และระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อใช้เสริมอาหารเม็ดในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของปลากะพงขาว พบว่า การเสริมไคโตซานในอาหารเลี้ยงปลากะพงขาวมีปริมาณไคโตซานที่เหมาะสมคือ ปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักอาหาร โดยทำการทดลองเลี้ยงนาน 47 วันสามารถกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะด้านกระบวนการเก็บกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวได้เป็นอย่างดี และอัตราการเจริญเติบโตของปลากะพงขาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้มีการศึกษาความเป็นพิษของไคโตซานพบว่า ไคโตซานมีความเป็นพิษต่ำ โดยค่า LD 50 ของไคโตซานทดลองด้วยหนูในห้องปฏิบัติการมีค่าเท่ากับ 16 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเกลือและน้ำตาล (มนต์สรวง และคณะ, 2550)

5. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในด้านการกำจัดของเสียในระบบเพาะเลี้ยง

ไคโตซานมีความสามารถในการกำจัดของเสียทั้งในรูปของสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ในระบบเพาะเลี้ยง อีกทั้งยังมีความสามารถในการช่วยเรื่องการตกตะกอน ลดปริมาณสารแขวนลอย การดูดซับของเสีย และการลดปริมาณแบคทีเรีย จากการศึกษาของ Chung *et al*. (2005) และ Chung (2006) พบว่า ไคโตซานช่วยลดความขุ่นในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลงได้ 90 เปอร์เซ็นต์ ลดตะกอนแขวนลอย

ลง 61 เปอร์เซ็นต์ ลดปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยาทางเคมีของการย่อยสลายสารอินทรีย์ (COD) 69.7 เปอร์เซ็นต์ ลดออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) 52.3 เปอร์เซ็นต์ ลดปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) 89.2 เปอร์เซ็นต์ ลดปริมาณฟอสเฟตลง 95.6 เปอร์เซ็นต์ และลดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (pathogen) อีกด้วย ซึ่งไคโตซานจะมีประสิทธิภาพสูง หรือทำงานได้ดีในระบบที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่ำ น้ำหนักโมเลกุล (molecular weight) ของไคโตซานที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดของเสียในน้ำคือ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร

6. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในด้านการควบคุมและลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยง

Lertsutthiwong *et al*. (2009) ศึกษาการควบคุมแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) พบว่าไคโตซานความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของบ่อเลี้ยง 6.5 – 8.5 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการควบคุมและลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยง โดยอัตราส่วนดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับบ่อเลี้ยงที่ค่าสภาพด่าง (alkalinity) ต่ำ ไปจนถึงบ่อเลี้ยงที่มีค่าสภาพด่างสูงถึง 400 มิลลิกรัมต่อลิตร และเทคนิคดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดี กับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบน้ำหมุนเวียน

7. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในการเพิ่มอัตราการรอด และความทนทานต่อความเครียดของสัตว์น้ำวัยอ่อน

Niu *et al*. (2011) ศึกษาการเพิ่มความทนทานต่อความเครียดและอัตราการรอดของกุ้งขาววัยอ่อนระยะ postlarva โดยใช้อาหารผสมไคโตซาน พบว่า กุ้งวัยอ่อนที่ได้อาหารผสมไคโตซานในอัตราส่วน 1–4 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะมีอัตราการรอดสูงกว่ากุ้งวัยอ่อนที่ไม่ได้รับอาหารผสมไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ และจากการทดสอบความทนทานต่อความเครียดของกุ้งวัยอ่อน พบว่า กุ้งวัยอ่อนที่ได้อาหารผสมไคโตซานจะมีอัตราการทนทานสูงกว่ากุ้งวัยอ่อนที่ไม่ได้รับอาหารผสมไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากการวิเคราะห์ polynomial regression พบว่า อัตราที่เหมาะสมของการใช้ไคโตซานเป็นอาหารเสริมเพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการรอด และความทนทานต่อความเครียดของกุ้งวัยอ่อนคือระหว่าง 2.13–2.67 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

น้ำนึ่งปลา วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำและการใช้ประโยชน์เศษเหลือจากการแปรรูปปลา

ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำทุกขั้นตอนจะมีวัสดุเศษเหลือเกิดขึ้น ทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว ซึ่งแนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้วัสดุเศษเหลือเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ได้แก่ หัวปลาและเครื่องในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (คิดจากน้ำหนักปลาทั้งตัว) น้ำเลือด และน้ำนึ่งปลาปริมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ กระดูกปลา และหนังปลาปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เศษเนื้อขาว และเศษเนื้อดำปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบเริ่มต้น (อารยา, 2536) ซึ่งเศษวัสดุเหลือที่เป็นของเหลวที่มีปริมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่ยังไม่ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ซึ่งได้แก่ น้ำเลือดปลา 7 เปอร์เซ็นต์ และน้ำนึ่งปลาทูน่า 10-14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์หลายชนิดที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่นโปรตีน ไขมัน เอนไซม์ และวิตามินต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำให้สุกในระยะเริ่มต้น จากกระบวนการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องก่อให้เกิดวัสดุเศษเหลือ

วัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

การผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง มีวัสดุเศษเหลือทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็ง โดยของแข็ง คือ เครื่องใน เศษเนื้อและหนัง หัวและก้าง สำหรับวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว คือ เลือดปลา น้ำนึ่งปลา วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่ใช้ทำเป็นปลาป่นเพื่อนำไปเลี้ยงสัตว์ แต่วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวจะปล่อยทิ้ง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหากับการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากยังมีสารประกอบอินทรีย์อยู่สูง (Prasertsan *et al*., 1988) โดยเฉพาะน้ำนึ่งปลาทูน่า พบว่ามีไขมันและโปรตีนโดยเฉลี่ยร้อยละ 0.41 และ 6.54 ตามลำดับ (Sanguandeekul *et al*., 1992) การนำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาใช้ประโยชน์ก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่าและลดต้นทุนการบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนลดมลภาวะจากกระบวนการผลิต น้ำนึ่งปลาทูน่ามีปริมาณสารอินทรีย์ต่างๆ อยู่ในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะโปรตีนและไขมัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของปลาที่ใช้ ได้แก่ เพศ อายุ ฤดูกาลที่จับ ความแตกต่างในเรื่องการปฏิบัติหลังจับ การเก็บรักษา และกระบวนการแปรรูป (Besedits and Netzer, 1982)

การใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งที่ออกจากขบวนการผลิต

วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำประกอบด้วยโปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณสูง (Shahidi *et al*., 1995) การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือดังกล่าวส่วนใหญ่นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ป่น และโปรตีนไฮโดรไลเสต (protein hydrolysate) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณสูง จึงสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ เป็นการนำวัสดุเศษเหลือดังกล่าวมาใช้ให้ก่อประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่า

การใช้โปรตีนที่ผลิตได้จากวัสดุเศษเหลือโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำทดแทน โปรตีนจากปลาป่นสามารถให้ได้ในระดับ 25-100 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารปลาที่ใช้เลี้ยงปลาชนิดต่าง ๆ เช่น ปลาดุกด้าน (*Clarias batrachus*) ปลาไนวันอ่อน (*Cyprinus cario*) และปลากะพงยุโรป (*Dicentrachus labrax*) เป็นต้น โดยพบว่าปลาดุกด้านที่เลี้ยงโดยใช้โปรตีนจากเครื่องในปลาอบแห้งแทนปลาป่นในอาหารที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใกล้เคียงกับชุดควบคุมที่ได้รับอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนในอาหาร (Giri *et al*., 2000) ส่วนการทดลองเลี้ยงปลากะพงยุโรป (*Dicentrachus labax*) และปลาไนวัยอ่อน (*Cyprinus carpio*) ด้วยโปรตีนไฮโดรไลเสตร่วมกับยีสต์ พบว่า ปลากะพงยุโรปสามารถใช้โปรตีนไฮโดรไลเสตร่วมกับยีสต์แทนปลาป่นในอาหาร โดยปลามีอัตราอดตายสูงกว่าการใช้โปรตีนเข้มข้นจากถั่วเหลืองและยีสต์ และการใช้ปลาป่นเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ปลากะพงยุโรปวัยอ่อน ที่ได้รับอาหารซึ่งใช้โปรตีนไฮโดรไลเสตทดแทนปลาป่นที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับชุดควบคุมซึ่งได้รับอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน แต่มีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งได้รับอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน (Cahu *et al*., 1999)

จากการศึกษาวิจัยผลของการใช้เนื้อโปรตีนจากน้ำทิ้งของโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋อง ในอาหารสัตว์น้ำ สุทิน และวิชิต (2547) ได้ทำการทดลองใช้ตะกอนน้ำนึ่งปลาในอาหารเลี้ยงปลาดุกลูกผสม เพื่อเป็นสารแต่งกลิ่นชวนกินอาหาร โดยใช้ตะกอนน้ำนึ่งปลาที่มีองค์ประกอบทางโภชนะสูง (โปรตีน 28.33%, ไขมัน 2.10%, ความชื้น 44.70%) เป็นวัตถุดิบในอาหารทดลอง 5 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15 และ 20% อาหารปลาแต่ละสูตรมีโปรตีน 33% และพลังงานที่ย่อยได้ 2,500 กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัมใช้เลี้ยงปลาดุดลูกผสมซึ่งมีน้ำหนักเริ่มต้น 5 กรัม เป็นเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งมีตะกอนน้ำนึ่งปลา 10 % มีเปอร์เซ็นต์

น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด ไม่ต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม 0% และใช้น้ำนึ่งปลา 5% ($p>0.05$) ผู้วิจัยได้สรุปว่าสามารถใช้น้ำนึ่งปลาแต่งกลิ่นอาหารปลาดุกลูกผสมได้ไม่เกิน 10% ของอาหาร นอกจากนี้ เจษฎา และสุภาวดี (2553) ได้ทำการทดลองใช้น้ำนึ่งปลาจากการผลิตของโรงงานปลาทูน่ากระป๋องเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาสวายเนื้อขาวที่แตกต่างกัน 11 ระดับคือ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100% ใช้เลี้ยงปลาสวายเนื้อขาว เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของสวายเนื้อขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งมีน้ำนึ่งปลา 20 % มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด แตกต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม 0% ($p<0.05$) ตลอดจนให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหารตลอดการทดลองดีที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) วัฒนา และคณะ (2554) ได้การทดลองใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น และเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และต้นทุนของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยผลิตอาหารที่มีโปรตีนและพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) เท่ากันทุกสูตร คือ 40 เปอร์เซ็นต์ และ 3,200 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ แต่มีระดับของระดับน้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น และเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารแตกต่างกัน 7 สูตร มีอาหารสำเร็จรูปเป็นสูตรเปรียบเทียบ เมื่อนำไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.39$\pm$0.09 กรัม เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า สูตรอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ (ผสมน้ำนึ่งปลาในสูตรอาหาร 16.12เปอร์เซ็นต์) และไม่มีการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหาร เป็นสูตรอาหารที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไม โดยระดับดังกล่าวนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อ พยาธิสภาพของเนื้อเยื่อตับ และองค์ประกอบเลือด อีกทั้งยังทำให้ราคาอาหารต่อกิโลกรัมลดลงประมาณ 19.91 บาท คิดเป็น 29.13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป

ในด้านการใช้ประโยชน์จากไคโตซานร่วมกับกับน้ำนึ่งปลาเพื่อเป็นสารเสริมการเจริญเติบโตโดยการใช้วิธีการเคลือบเม็ดอาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมนั้น ยังไม่มีรายงานว่ามีการใช้ดังนั้น จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่ง ในการที่จะนำวัตถุดิบดังกล่าว มาพัฒนาและประยุกต์ใช้ในอาหารกุ้งสำเร็จรูป เพื่อเป็นแนวทางในการช่วยเร่งการเจริญเติบโตของกุ้งทะเลในการทดลองครั้งนี้ ก็จะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตกุ้งทะเลได้อีกทางหนึ่งในอนาคต รวมทั้งช่วยลดปัญหามลภาวะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตปลากระป๋องต่อสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึงผลของการใช้ไคโตซานร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรลในอาหารกุ้งปริมาณต่าง ๆ ต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ลักษณะทางเนื้อเยื่อ และค่าดัชนีของตับ องค์ประกอบของเลือด และองค์ประกอบทางเคมีของกุ้งขาวแวนนาไม
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยอาหารเคลือบไคโตซานร่วมกับน้ำนึ่งปลา ในปริมาณต่าง ๆ กัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษาจะสามารถพัฒนาอาหารสัตว์น้ำไปในทิศทาง และความต้องการที่เหมาะสมขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าทางการประมง และยกระดับการผลิตให้มีมาตรฐาน ตลอดจนสามารถนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ ในการลดต้นทุนการผลิต โดยองค์ความรู้ที่ได้จะเป็นทางเลือกเพิ่มเติมสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง และผู้ผลิตอาหารสัตว์น้ำ อีกทั้งสามารถเผยแพร่ความรู้ในการพัฒนาวัตถุดิบอาหาร และอาหารสัตว์น้ำให้แก่ นิสิต นักศึกษา หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง กลุ่มเกษตรกร และผู้ประกอบการทุกระดับ เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ และส่งเสริมให้มีการนำนำไปใช้ได้จริงในการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มมูลค่า และประสิทธิภาพของวัสดุเศษเหลือ จากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ (น้ำนึ่งปลา) ในท้องถิ่นให้มีศักยภาพสูงขึ้น และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมด้วยการลดมลพิษจากการปล่อยทิ้งของวัสดุเศษเหลือดังกล่าว

เมื่อสิ้นสุดการวิจัยแล้ว คาดว่าจะสามารถถ่ายทอดข้อมูลความรู้ที่ได้จากการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยถ่ายทอดเทคโนโลยีโยด้วยการนำเสนอผลงานการวิจัยในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ หรือจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ให้กับผู้สนใจในพื้นที่โดยตรง หรือจัดอบรมสัมมนาให้กับผู้สนใจ ภาครัฐ เกษตรกร หน่วยงานการศึกษา และเอกชนที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทั้งระบบฟาร์มน้ำจืด น้ำเค็ม หรือการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยเฉพาะพื้นที่ทำการทดลอง คืออำเภอสิเกา และพื้นที่ใกล้เคียง หรือผู้ที่สนใจสามารถเข้าเยี่ยมชมในพื้นที่การศึกษาจริง เพื่อไปสู่การพัฒนาและจัดการด้านอาหารสัตว์น้ำให้ยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อเนื่องสู่กลุ่มนักศึกษาสาขาวิชาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการจัดการประมง ไม่น้อยกว่า 50 คนต่อปี

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่องการใช้ไคโตซานจากแกนหมึกร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรลเป็นสารเสริมการเจริญเติบโตในกุ้งทะเลเศรษฐกิจของไทย ได้แก่ กุ้งขาวแวนนาไม มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Compleately Randomized Design; CRD) โดยศึกษาระดับความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้เคลือบเม็ดอาหารกุ้งที่ระดับ 0, 0.04 และ 0.08 เปอร์เซ็นต์ และระดับความเข้มข้นของน้ำนึ่งปลาที่ใช้เคลือบเม็ดอาหารกุ้งที่ระดับ 0, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (W/W) ดังนั้น มีชุดการทดลองทั้งสิ้น 9 ชุดการทดลอง (9 สูตรอาหาร) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0% และน้ำนึ่งปลา 0% (0CS, 0FC)
ชุดการทดลองที่ 2 ใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0% และน้ำนึ่งปลา 15% (0CS, 15FC)
ชุดการทดลองที่ 3 ใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0% และน้ำนึ่งปลา 30% (0CS, 30FC)
ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0.04% และน้ำนึ่งปลา 0% (0.04CS, 0FC)
ชุดการทดลองที่ 5 ใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0.04% และน้ำนึ่งปลา 15% (0.04CS, 15FC)
ชุดการทดลองที่ 6 ใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0.04% และน้ำนึ่งปลา 30% (0.04CS, 30FC)
ชุดการทดลองที่ 7 ใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0.08% และน้ำนึ่งปลา 0% (0.08CS, 0FC)
ชุดการทดลองที่ 8 ใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0.08% และน้ำนึ่งปลา 15% (0.08CS, 15FC)
ชุดการทดลองที่ 9 ใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0.08% และน้ำนึ่งปลา 30% (0.08CS, 30FC)

การเตรียมระบบเลี้ยง

ทำการทดลองเลี้ยงในถังพลาสติก ขนาด 500 ลิตร จำนวน 27 ถัง ตามชุดการทดลอง ทำความสะอาดถังพลาสติก เติมน้ำทะเลที่สะอาดปริมาตร 300 ลิตร มีการให้อากาศในบ่อทดลองตลอดเวลาโดยใช้สายยาง และหัวทราย ในแต่ละถังเลี้ยงจะมีระบบกรองน้ำโดยใช้ปั๊มจุ่มน้ำขนาดเล็ก

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกกุ้งขาวแวนนาไม P15 จากฟาร์มเพาะฟักลูกกุ้งของเอกชน มาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาดความจุน้ำ 6 ตัน (1.5x4x1 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

การเตรียมไคโตซานและน้ำนึ่งปลา

การเตรียมไคโตซาน ความเข้มข้นร้อยละ 2 สำหรับใช้ในการเสริมในอาหารกุ้งทดลองที่ระดับ 0.04 และ 0.08% (ปิยะบุตร, 2547) โดยชั่งไคโตซาน ผง 2 กิโลกรัม ผสมน้ำกลั่น 100 ลิตร จากนั้นผสมด้วยกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 99.8 จำนวน 1 ลิตร ผสมให้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน จะได้ไคโตซานน้ำความเข้มข้นร้อยละ 2 ส่วนน้ำนึ่งปลาที่ใช้ทดลองนำมาจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตปลากระป๋องปุ้มปุ้ย จังหวัดตรัง (โรงงานผลิตภัณฑ์อาหารกว้างไพศาล จำกัด มหาชน จังหวัดตรัง)

การเตรียมอาหารทดลองเคลือบไคโตซานและน้ำนึ่งปลา

เนื่องจากการเสริมไคโตซาน และน้ำนึ่งปลาในอาหารกุ้งทดลองในที่นี้เป็นการเคลือบบนเม็ดอาหารสำเร็จรูป การเตรียมความเข้มข้นของไคโตซานความเข้มข้น 0.04 และ 0.08% โดยนำไคโตซานน้ำความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาณ 20 และ 40 ซี.ซี. ผสมกับน้ำสะอาด 100 ซี.ซี. คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน สำหรับใช้เคลือบเม็ดอาหารสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม นำสารละลายไคโตซานตามปริมาณที่กำหนด (20 และ 40 ซี.ซี.) มาคลุกกับเม็ดอาหารสำเร็จรูปให้ทั่ว นำอาหารที่ผ่านการเคลือบไคโตซานผึ่งลมให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการเคลือบด้วยน้ำนึ่งปลาที่ความเข้มข้น 15 และ 30% (W/W) มาคลุกกับเม็ดอาหารสำเร็จรูปให้ทั่ว ผึ่งลมให้แห้ง เมื่อเม็ดอาหารแห้งดีแล้ว เก็บในภาชนะที่ป้องกันไม่ให้ถูกแสงเพื่อนำไปใช้เลี้ยงกุ้งต่อไป แบ่งไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 2000) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมไคโตซานและน้ำนึ่งปลาระดับต่าง ๆ กัน

ตามชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	องค์ประกอบทางเคมี (%)					
	โปรตีน	ไขมัน	ความชื้น	เถ้า	เยื่อใย	NFE
1 (0CS, 0FC)	39.97±1.05	6.65±1.03	9.86±1.09	10.62±1.04	2.52±1.13	30.18±1.25
2 (0CS, 15FC)	41.67±2.01	7.57±2.31	9.83±2.32	10.73±2.51	2.67±0.94	27.53±2.51
3 (0CS, 30FC)	44.19±2.03	8.08±1.96	9.98±2.14	10.65±2.06	2.54±1.95	24.56±2.64
4 (0.04CS, 0FC)	39.87±1.11	6.67±1.01	9.67±1.31	10.86±1.17	2.66±1.30	30.46±1.15
5 (0.04CS, 15FC)	42.67±2.11	7.61±2.11	9.97±2.08	9.96±2.54	2.83±1.87	25.96±2.30
6 (0.04CS, 30FC)	45.05±2.31	8.03±2.05	10.38±2.38	10.24±2.10	2.88±2.04	23.42±2.14
7 (0.08CS, 0FC)	39.81±1.23	6.59±1.17	9.27±1.30	10.89±1.05	2.96±1.16	30.48±1.32
8 (0.08CS, 15FC)	42.71±2.42	7.39±2.10	9.95±2.11	10.97±2.11	2.67±2.43	26.31±2.18
9 (0.08CS, 30FC)	45.34±2.06	8.19±1.98	10.65±2.06	11.08±2.32	2.92±1.86	21.82±2.16

หมายเหตุ : - ในวงเล็บของชุดการทดลอง คือระดับของการเสริมไคโตซาน (%) และน้ำนึ่งปลา (%)

การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหารทั้ง 9 สูตรในทุกถังพลาสติกทดลองตามแผนการทดลองด้วยอาหารเม็ดทั้ง 9 สูตร ตามที่กล่าวมา และจะให้อาหารทุกวัน วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ไม่เกิน 10% ของน้ำหนักตัวต่อวัน ให้จนกุ้งกินอิ่ม (Satiation) โดยสังเกตจากอาหารในถังทดลองเหลือเพียงเล็กน้อย ไม่ให้เผื่อเหลือ เพื่อให้ค่าที่ได้ใกล้เคียงความเป็นจริง บันทึกน้ำหนักอาหารที่กุ้งกิน เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการแลกเนื้อ (FCR) และปรับปริมาณอาหารตามปริมาณการกินอาหารของกุ้ง

การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ทำการสุ่มตัวอย่างกุ้งจากทุกชุดการทดลอง จำนวน 25 ตัว/ถัง เพื่อชั่งน้ำหนักทุกๆ เดือน ทำการทดลองเลี้ยง 5 เดือน และนำมาศึกษาการเจริญเติบโต (ในรูปค่าเฉลี่ยของข้อมูล) นำมาคำนวณค่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR, % ต่อวัน) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %) อัตรารอดตาย (survival rate, %) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

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

$$\text{น้ำหนักกุ้งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น} = \text{น้ำหนักกุ้งทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}$$

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, \% ต่อวัน)} = \frac{(\ln \text{น.น. กุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น.น. กุ้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง})}{\text{ระยะเวลา (วัน)}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, \%)} = \frac{(\text{น.น. กุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น.น. กุ้งเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

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

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

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER)} = \frac{\text{น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{น้ำหนักโปรตีนที่กุ้งกิน (กรัม)}}$$

การศึกษาต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม (unit feeding cost) โดยสมการ

$$\text{ต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กุ้งกินทั้งหมด (กก.) x ราคาอาหาร (บาท)}}{\text{น้ำหนักกุ้งทั้งหมด (กก.)}}$$

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งทดลอง

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

การศึกษาค่าดัชนีตับ (HSI) ของกุ้งทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างตับจากตัวอย่างกุ้งของทุกชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 10 ตัว มาทำการศึกษาค่าดัชนีตับของกุ้ง ดังนี้

$$\text{ค่าดัชนีตับ (Hepatosomatic Index; เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักตับ}}{\text{น้ำหนักตัวกุ้ง}} \times 100$$

การศึกษาองค์ประกอบเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดจากกุ้งตัวอย่างที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ ครบ 16 สัปดาห์ ชุดการทดลองละ 10 ตัว โดยใช้เข็มขนาด 20-25G ยาว 1 นิ้ว และกระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 1 มิลลิลิตร เจาะเลือดจากบริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 3 ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลายทริปแพนบลู (trypan blue) 0.15% ในน้ำเกลือ 2.5% ผสมให้เข้ากันในหลอดพลาสติก หลังจากนั้นนำไปนับเซลล์เม็ดเลือดทั้งหมดโดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ (haemacytometer) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แล้วคำนวณปริมาณเม็ดเลือดทั้งหมด (Total Hemocytes Count, THC) เป็นเซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามวิธีการที่รายงานใน กิจการ และสิทธิ (2538) โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

ปริมาตรของฮีมาไซโตมิเตอร์ = กว้าง x ยาว x สูง
= 1มม. x 1มม. x 0.1มม.
= 0.1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ($มม^3$)

จำนวนเซลล์เม็ดเลือด/ลูกบาศก์มิลลิเมตร = เซลล์เม็ดเลือดที่นับได้

จำนวนเซลล์เม็ดเลือด/มิลลิลิตร = เซลล์เม็ดเลือดที่นับได้ x 10^4

การศึกษาลักษณะทางเนื้อเยื่อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่าง โดยการสุ่มเก็บเนื้อเยื่อตับจากตัวอย่างกุ้งของทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ตัว มาแช่ในสารละลายฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปผ่านกรรมวิธีเตรียมเนื้อเยื่อของ Humason (1972) เนื้อเยื่อตับถูกตัดให้มีความหนา 3-4 ไมโครเมตร ย้อมด้วยสี Hematoxylin Eosin (HE) (Bancroft, 1967) จากนั้นนำตัวอย่างไปศึกษาเปรียบเทียบด้วยกล้องจุลทรรศน์

การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ในระหว่างการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลอง โดยดัชนีที่จะใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำประกอบด้วย ความเค็มโดยใช้เครื่อง salinometer, อุณหภูมิน้ำ วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท, ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ด้วย pH meter, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (วัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบดิจิตอล YSI Model 650 MDS), ความเป็นด่างของน้ำ (ด้วยวิธีการ Titration), แอมโมเนีย (ด้วยวิธีการ Koroleff's Indophenol Blue Method) และไนไตรท์ (ด้วยวิธี Colorimetric Method)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลระหว่าง treatment ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test: DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาทำการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ในปีงบประมาณ 2562

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การใช้ไคโตซานจากแกนหมึกที่ระดับ 0, 0.04 และ 0.08 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรลที่ระดับ 0, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (W/W) เคลือบเม็ดอาหารกุ้ง นำไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเป็นระยะเวลา 5 เดือน ให้ผลการทดลอง ดังนี้

การเจริญเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

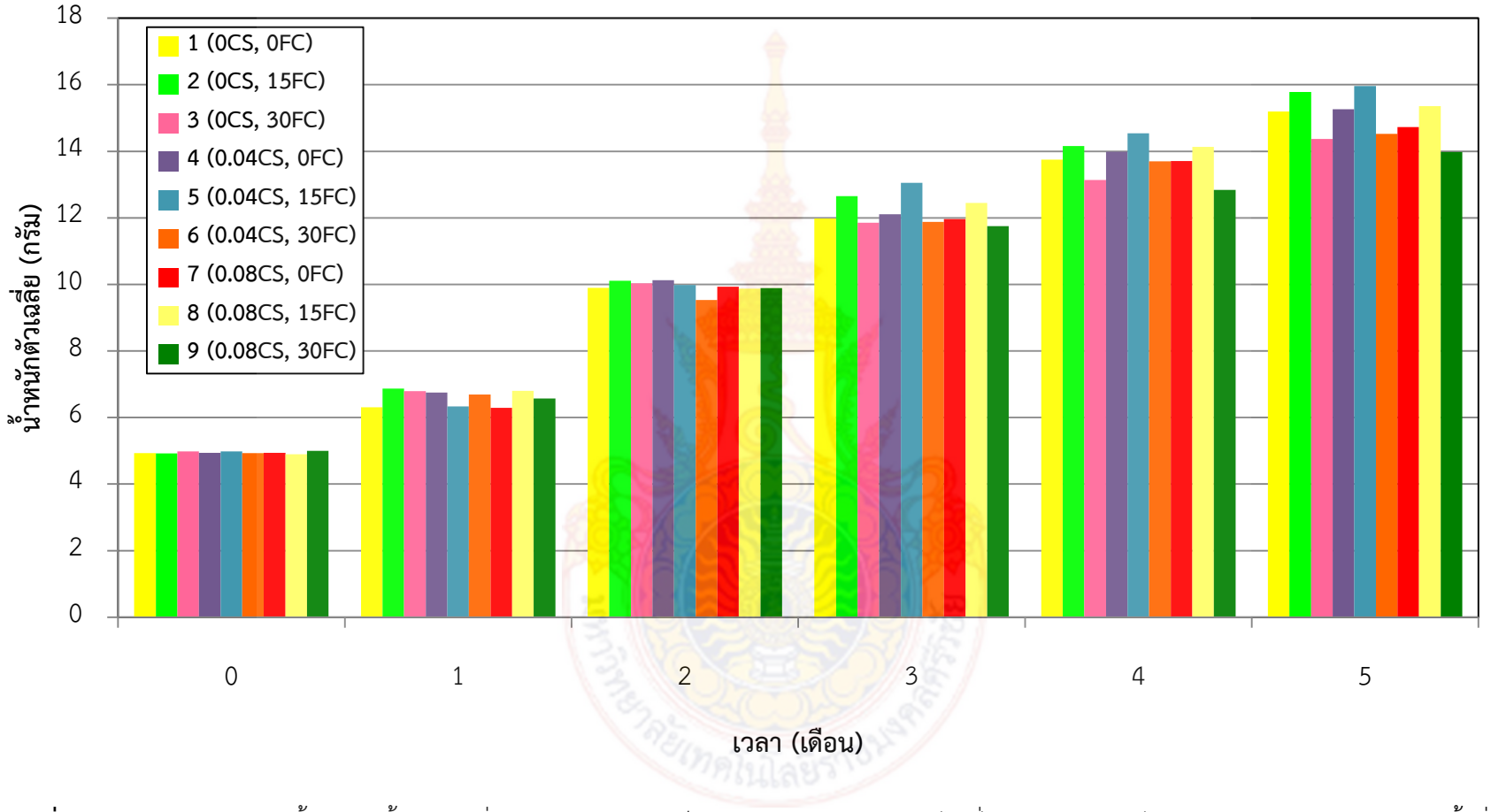
น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 9 ชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 5 เดือน พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการทดลองเลี้ยง ดังแสดงในตารางที่ 3 และ ภาพที่ 1 ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองกุ้งทดลองทั้งหมดมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 4.94$\pm$0.24 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่เดือนที่ 3 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาแต่ละระดับของการใช้ไคโตซาน และน้ำนึ่งปลา เคลือบอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน ที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในเดือนที่ 3 ซึ่งสามารถเห็นความแตกต่างของกุ้งขาวในแต่ละชุดการทดลองอย่างชัดเจน พบว่า กุ้งขาวที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 5 (0.04CS, 15FC) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงที่สุด (13.05±1.06 กรัม) สูงกว่ากุ้งในชุดการทดลองที่ 1 (0CS, 0FC), 7 (0.08CS, 0FC), 6 (0.04CS, 30FC), 3 (0CS, 30FC), และ 9 (0.08CS, 30FC) ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 11.98±0.74, 11.96±1.20, 11.88±1.23, 11.85±0.75 และ 11.75±1.03กรัม ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับกุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 2 (0CS, 15FC), 8 (0.08CS, 15FC) และ 4 (0.04CS, 0FC) ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 12.65±0.93, 12.45±0.81 และ 12.11±0.63 กรัม ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 5 กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 5 (0.04CS, 15FC) ยังคงมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงที่สุด (15.96±1.29 กรัม) สูงกว่ากุ้งขาวในทุกชุดการทดลอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 9 (0.08CS, 30FC) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 13.98±0.93 กรัม แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกุ้งขาวที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 2 (0CS, 15FC), 8 (0.08CS, 15FC), 4 (0.04CS, 0FC), 1 (0CS, 0FC), 7 (0.08CS, 0FC), 6 (0.04CS, 30FC) และ 3 (0CS, 30FC) ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 15.78±1.38, 15.36±1.09, 15.26±0.94, 15.20±1.55, 14.73±1.01, 14.52±1.39 และ 14.37±1.47 กรัม ตามลำดับ ($P>0.05$) (ตารางที่ 3 และภาพที่ 1)

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเลี้ยง (เดือน)					
	เริ่มทดลอง	1	2	3	4	5
1 (0CS, 0FC)	4.93±0.31^{a}	6.31±0.75^{a}	9.90±0.62^{a}	11.98±0.74^{b}	13.75±0.97^{ab}	15.20±1.55^{ab}
2 (0CS, 15FC)	4.92±0.36^{a}	6.87±0.44^{a}	10.11±1.14^{a}	12.65±0.93^{ab}	14.16±1.36^{ab}	15.78±1.38^{a}
3 (0CS, 30FC)	4.98±0.14^{a}	6.79±0.53^{a}	10.03±0.85^{a}	11.85±0.75^{b}	13.14±1.38^{b}	14.37±1.47^{ab}
4 (0.04CS, 0FC)	4.94±0.19^{a}	6.75±0.78^{a}	10.13±1.18^{a}	12.11±0.63^{ab}	13.99±0.92^{ab}	15.26±0.94^{ab}
5 (0.04CS, 15FC)	4.98±0.21^{a}	6.33±0.52^{a}	9.98±1.04^{a}	13.05±1.05^{a}	14.54±1.47^{a}	15.96±1.29^{a}
6 (0.04CS, 30FC)	4.93±0.30^{a}	6.69±1.23^{a}	9.53±0.91^{a}	11.88±1.23^{b}	13.70±1.33^{ab}	14.52±1.39^{ab}
7 (0.08CS, 0FC)	4.94±0.21^{a}	6.26±0.50^{a}	9.93±1.11^{a}	11.96±1.20^{b}	13.71±1.40^{ab}	14.73±1.01^{ab}
8 (0.08CS, 15FC)	4.90±0.21^{a}	6.80±0.84^{a}	9.87±0.36^{a}	12.45±0.81^{ab}	14.13±1.28^{ab}	15.36±1.09^{ab}
9 (0.08CS, 30FC)	5.00±0.24^{a}	6.57±0.50^{a}	9.89±0.84^{a}	11.75±1.02^{b}	12.84±0.97^{b}	13.98±0.93^{b}

หมายเหตุ : - ในวงเล็บของชุดการทดลอง คือระดับของการใช้ไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลอง

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$)



ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว±SE หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และต้นทุนการผลิต

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG, กรัม/วัน) อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และต้นทุนผลผลิตต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารทั้ง 9 ชุดการทดลอง ที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำมันปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 5 (0.04CS, 15FC) มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (232.31±23.25 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่ากุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 9 (0.08CS, 30FC) ซึ่งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด เท่ากับ 169.91±18.88 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4)

ผลการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน) ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับน้ำหนักกุ้งขาวที่เพิ่มขึ้น โดยกุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 5 (0.04CS, 15FC) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน) สูงที่สุด เท่ากับ 0.809±0.01 %/วัน สูงกว่ากุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 9 (0.08CS, 30FC) ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) น้อยที่สุด เท่ากับ 0.672±0.03 %/วัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG, กรัม/วัน) ของกุ้งขาวในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า กุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 5 (0.04CS, 15FC) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG, กรัม/วัน) สูงที่สุด เท่ากับ 0.092±0.01 กรัม/วัน ซึ่งไม่ได้แตกต่างจากกุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 2 (0CS, 15FC) ($P>0.05$) แต่แตกต่างจากกุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 1, 3, 4, 6, 7, 8 และ 9 ($P<0.05$) โดยกุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 9 (0.08CS, 30FC) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG) น้อยที่สุด เท่ากับ 0.053±0.01 กรัม/วัน (ตารางที่ 4)

สำหรับอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองทั้ง 9 ชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่า อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมทั้ง 9 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยชุดการทดลองที่ 7 (0.08CS, 0FC) มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด (81.67±4.58 เปอร์เซ็นต์) ส่วนชุดการทดลองที่ 2 (0CS, 15FC) มีอัตรารอดตายต่ำที่สุด เท่ากับ 75.00±4.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองทั้ง 9 ชุดการทดลอง พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองทั้ง 9 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยชุดการทดลองที่ 5 (0.04CS, 15FC) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด (1.40±0.20) ส่วนชุดการทดลองที่ 9 (0.08CS, 30FC) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงที่สุด เท่ากับ 1.93±0.27 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG, ก./วัน) อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และต้นทุนการผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG, %)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG, ก./วัน)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	ต้นทุนการผลิต (บาท/กก.)
1 (0CS, 0FC)	15.20±1.55^{ab}	208.71±18.54^{ab}	0.749±0.08^{ab}	0.068±0.01^{bc}	79.00±5.29^{a}	1.68±0.29^{a}	1.75±0.13^{ab}	65.52±4.64^{ab}
2 (0CS, 15FC)	15.78±1.38^{a}	230.34±14.69^{a}	0.805±0.06^{a}	0.080±0.01^{ab}	75.00±4.00^{a}	1.42±0.20^{a}	1.80±0.09^{a}	63.22±4.77^{a}
3 (0CS, 30FC)	14.37±1.47^{ab}	188.38±20.49^{ab}	0.705±0.06^{ab}	0.063±0.01^{cd}	76.33±2.52^{a}	1.91±0.27^{a}	1.65±0.10^{ab}	72.31±8.47^{ab}
4 (0.04CS, 0FC)	15.26±0.94^{ab}	209.44±27.70^{ab}	0.751±0.04^{ab}	0.069±0.01^{bc}	77.67±6.43^{a}	1.44±0.12^{a}	1.76±0.03^{ab}	63.37±4.47^{a}
5 (0.04CS, 15FC)	15.96±1.29^{a}	232.31±23.25^{a}	0.809±0.01^{a}	0.092±0.01^{a}	80.67±8.62^{a}	1.40±0.20^{a}	1.82±0.08^{a}	64.77±6.70^{a}
6 (0.04CS, 30FC)	14.52±1.39^{ab}	194.03±19.97^{ab}	0.718±0.05^{ab}	0.064±0.01^{cd}	77.00±9.85^{a}	1.88±0.28^{a}	1.68±0.18^{ab}	70.23±5.89^{ab}
7 (0.08CS, 0FC)	14.73±1.01^{ab}	198.73±20.32^{ab}	0.729±0.05^{ab}	0.065±0.01^{cd}	81.67±4.58^{a}	1.74±0.26^{a}	1.73±0.12^{ab}	67.86±7.36^{ab}
8 (0.08CS, 15FC)	15.36±1.09^{ab}	218.87±22.37^{ab}	0.768±0.16^{ab}	0.070±0.01^{bc}	77.67±3.53^{a}	1.44±0.22^{a}	1.79±0.05^{ab}	65.21±4.43^{ab}
9 (0.08CS, 30FC)	13.98±0.93^{b}	169.91±18.88^{b}	0.672±0.03^{b}	0.053±0.01^{d}	78.67±3.51^{a}	1.93±0.27^{a}	1.63±0.29^{b}	74.43±6.91^{b}

หมายเหตุ : - ในวงเล็บของชุดการทดลอง คือระดับของการใช้ไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลอง

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05)

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 9 ชุดการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของกุ้งขาวแวนนาไมแตกต่างกันทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกุ้งขาวที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 5 (0.04CS, 15FC) มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงที่สุด (1.82±0.08) สูงกว่ากุ้งขาวที่ได้รับอาหารในชุดการทดลองที่ 9 (0.08CS, 30FC) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนน้อยที่สุด เท่ากับ 1.63±0.29 แต่ไม่ได้แตกต่างจากกุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 6, 7 และ 8 ($P>0.05$) (ตารางที่ 4)

จากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารในแต่ละชุดการทดลองต่าง ๆ ต่อการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม 1 กิโลกรัม พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง ($P<0.05$) โดยกุ้งขาวที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 9 (0.08CS, 30FC) มีต้นทุนค่าการผลิตกุ้งขาวต่อหน่วยสูงที่สุด (74.43±6.91 บาท/กิโลกรัม) รองลงมาคือ ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (0CS, 30FC) ซึ่งมีค่าต้นทุนของการผลิตกุ้งต่อหน่วยเท่ากับ 72.31±8.47 บาท/กิโลกรัม โดยกุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 2 (0CS, 15FC) มีค่าต้นทุนค่าการผลิตกุ้งต่อหน่วยต่ำที่สุด เท่ากับ 63.22±4.77 บาท/กิโลกรัม (ตารางที่ 4)

ในการเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบัน นักวิจัยด้านอาหารสัตว์น้ำ หรือเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำเอง ได้ทำการศึกษาเพื่อลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยง โดยการลดระยะเวลาในการเลี้ยงด้วยสารเสริมการเจริญเติบโต จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โดยการทดลองใช้ประโยชน์จากไคโตซานเพื่อเสริมสุขภาพกุ้งร่วมกับกับน้ำนึ่งปลาในการกระตุ้นการกินอาหารเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต โดยใช้วิธีการเคลือบเม็ดอาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม จากผลการศึกษา เมื่อพิจารณาค่าการเจริญเติบโต พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 5 (0.04CS, 15FC) ที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมไคโตซาน 0.04 % และน้ำนึ่งปลา 15 % มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด สูงกว่ากุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองอื่น ๆ โดยสามารถพิจารณาได้จากน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงระดับของระดับไคโตซานที่เสริมในอาหารกุ้งครั้งนี้ พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 5 (ไคโตซาน 0.04 %) มีการเจริญเติบโตสูงกว่ากุ้งขาวที่เสริมไคโตซานในอาหาร 0 และ 0.08% โดยการเจริญเติบโตของกุ้งจะลดลงเมื่อและเมื่อเสริมไคโตซานในอาหารเกินกว่า 0.04% แสดงให้เห็นว่า ระดับความเข้มข้นของไคโตซาน 0.04% ที่เสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้ไคโตซาน เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ ปิยะบุตร และคณะ (2544) ในการใช้ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ โดยทดลองใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 0, 200, 400, 600, 800 และ 1,000 ppm หรือคิดเป็น 0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ 0.10% ตามลำดับ เคลือบอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำ ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณไคโตซานที่ใช้ในการเคลือบอาหารกุ้งที่ 0.04% ทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด และมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้ไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดย ปิยะบุตร และคณะ (2544) รายงานว่า การใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร ทำให้อัตราแลกเนื้อต่ำที่สุด เพิ่มอัตราการเจริญเติบโตในกุ้งได้มากขึ้น เพิ่มอัตรารอดตาย และทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ดีมาก ส่วนปริมาณไคโตซานที่ใช้เคลือบอาหารที่มากกว่า 0.04% (ในปริมาณ 0.08%) กลับไม่ได้ช่วยเพิ่มค่าประสิทธิภาพการใช้อาหาร และทำให้กุ้งเจริญเติบโตลดลง นอกจากนี้การทดลองใช้ไคโตซานเคลือบ

อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่ออัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการใช้ไคโตซานของ ปิยะบุตร และคณะ (2544)

เมื่อพิจารณาถึงระดับของการใช้น้ำนึ่งปลา พบว่า การเสริมน้ำนึ่งปลาลงไปในอาหารกุ้งทั่วไป จะทำให้โปรตีน และไขมันในอาหารกุ้งเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง พบว่า การเสริมน้ำนึ่งปลาในสูตรอาหาร 15% จะทำให้อาหารมีโปรตีนประมาณ 40 ถึง 42% และมีไขมันประมาณ 7 ถึง 7.5% ซึ่งอาจเป็นระดับของสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวมากที่สุด และเป็นสาเหตุให้ผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า การใช้น้ำนึ่งปลา 15% ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมมีการเจริญเติบโตได้ดี แต่การใช้ในปริมาณมากเกินไปจะทำให้ไขมันในอาหารสูงขึ้นซึ่งจะทำให้กุ้งกินอาหารได้น้อยลงและอาจมีผลเสียต่อการเจริญเติบโต ชี้ให้เห็นว่า การใช้น้ำนึ่งปลาเคลือบอาหารที่ระดับ 15% เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม เป็นไปในทำนองเดียวกับรายงานการทดลองใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (วัฒนา และคณะ, 2554) ที่ระดับ 0, 25, 50% พบว่า สูตรอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาที่ระดับ 25% เป็นสูตรอาหารที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไม เพราะเป็นระดับที่มีความสมดุลของสารอาหาร โดยเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็นจากน้ำนึ่งปลา กุ้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด แต่เมื่อมีการใช้ในระดับที่มากกว่า 25% จึงมีผลทำให้เกิดความไม่สมดุลของกรดอะมิโนที่จำเป็น ไม่เพียงพอต่อความต้องการของกุ้ง มีผลทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตต่ำ

การใช้น้ำนึ่งปลาเคลือบอาหารที่ระดับ 15% ในการทดลองครั้งนี้ เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งจะเป็นระดับที่มีความสมดุลของสารอาหาร โดยเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็นจากน้ำนึ่งปลา กุ้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด แต่เมื่อมีการใช้มากกว่าที่ระดับ 15% จึงมีผลทำให้เกิดความไม่สมดุลของกรดอะมิโนที่จำเป็น และไม่เพียงพอต่อความต้องการของกุ้ง มีผลทำให้กุ้งขาวมีการเจริญเติบโตต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าอาหารสูตรดังกล่าวมีความสมดุลของสัดส่วนของโภชนะในอาหารที่เหมาะสม เช่นระดับโปรตีน ไขมัน และพลังงาน ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต และใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ NRC (1993) กล่าวว่า อาหารสัตว์น้ำที่ดีต้องมีสัดส่วนของระดับโปรตีนต่อพลังงานที่เหมาะสม เนื่องจากอาหารที่มีพลังงานน้อยเกินไปทำให้ร่างกายจำเป็นต้องเผาผลาญโปรตีนเพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีวิต และอาจไม่เหลือโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต

จากการวิเคราะห์ต้นทุนผลผลิต โดยคิดค่าอาหารในชุดการทดลองต่าง ๆ ต่อการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม 1 กิโลกรัม พบว่า ราคาต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตจากการทดลองครั้งนี้ มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และอัตราการอดตาย พบว่า การใช้ไคโตซาน และน้ำนึ่งปลาในระดับที่เหมาะสม จะสามารถช่วยให้กุ้งมีการเจริญเติบโตที่ดี มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูง สามารถเป็นสารเสริมการเจริญเติบโต และลดต้นทุนการผลิตได้ ดังนั้น ในการทดลองครั้งนี้ ใช้ไคโตซาน 0.04 เปอร์เซ็นต์ และน้ำนึ่งปลาที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ ช่วยให้กุ้งขาวมีอัตราการแลกเนื้อต่ำที่สุด และต่ำกว่ากุ้งขาวในชุดการทดลองที่ไม่เสริมไคโตซานและน้ำนึ่งปลา ส่งผลให้มีต้นทุนผลผลิตไม่แตกต่างกับอาหารในชุดควบคุม สอดคล้องกับการทดลองในกุ้งก้ามกรามของ วัฒนา และคณะ (2557) รายงานว่าต้นทุนค่าอาหารมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ โดยพบว่า สามารถใช้น้ำนึ่งปลา

ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ในสูตรอาหาร ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต ช่วยลดค่าอัตราการแลกเนื้อ และสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

องค์ประกอบทางเคมีของกุ้งขาวแวนนาไมทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมไคโตซาน และน้ำนึ่งปลา ทั้ง 9 ชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 5 เดือน พบว่า ความชื้น ของเนื้อกุ้งขาวที่ทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกชุดการทดลอง โดยค่าความชื้นมีค่าอยู่ในช่วง 27.83±1.76–29.92±1.74 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าระดับโปรตีน ไขมัน และเถ้า ของเนื้อกุ้งทดลองทั้ง 9 ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 5 (0.04CS, 15FC) มีระดับโปรตีนในเนื้อสูงที่สุด เท่ากับ 66.08±0.98 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 9 (0.08CS, 30FC) มีระดับไขมัน และ เถ้า สูงที่สุด เท่ากับ 2.84±0.13 และ 5.17±0.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 5 (0.04CS, 15FC) มีระดับโปรตีนในเนื้อสูงที่สุด ในขณะที่กุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 9 (0.08CS, 30FC) มีระดับไขมัน และ เถ้า สูงที่สุด ซึ่งสูงกว่ากุ้งขาวในชุดการทดลองที่ไม่ได้เสริมไคโตซานและน้ำนึ่งปลา แสดงให้เห็นว่า การใช้ไคโตซานและน้ำนึ่งปลา เคลือบอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งนั้น สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร ส่งผลให้กุ้งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานการใช้ไคโตซาน (ปิยะบุตร และคณะ, 2544) และน้ำนึ่งปลา (วัฒนา และคณะ, 2554) เสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งขาว และค่าดัชนีตับ (HSI) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน

ชุดการทดลอง	องค์ประกอบทางเคมี (% น้ำหนักแห้ง)				
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	HSI (%)
1 (0CS, 0FC)	29.72±2.73^{a}	62.11±1.00^{d}	2.27±0.01^{bcd}	4.24±0.05^{c}	5.37±0.27^{a}
2 (0CS, 15FC)	28.21±2.70^{a}	64.21±0.89^{bc}	2.36±0.39^{bcd}	4.37±0.68^{c}	5.51±0.38^{a}
3 (0CS, 30FC)	29.05±1.08^{a}	63.72±1.62^{cd}	2.21±0.33^{cd}	4.74±0.07^{abc}	5.81±0.26^{a}
4 (0.04CS, 0FC)	29.92±1.74^{a}	63.29±0.57^{cd}	2.04±0.26^{d}	5.14±0.23^{a}	5.44±0.42^{a}
5 (0.04CS, 15FC)	27.83±1.76^{a}	66.08±0.98^{a}	2.55±0.11^{abc}	5.11±0.22^{a}	5.83±0.65^{a}
6 (0.04CS, 30FC)	28.84±1.58^{a}	65.82±0.57^{ab}	2.81±0.02^{a}	5.07±0.13^{a}	6.08±0.25^{a}
7 (0.08CS, 0FC)	28.43±1.81^{a}	63.01±0.09^{cd}	2.06±0.13^{d}	4.90±0.10^{ab}	5.31±0.31^{a}
8 (0.08CS, 15FC)	28.74±1.78^{a}	65.54±0.64^{ab}	2.61±0.06^{ab}	4.45±0.17^{bc}	5.78±0.54^{a}
9 (0.08CS, 30FC)	29.88±2.34^{a}	64.62±0.80^{abc}	2.84±0.13^{a}	5.17±0.30^{a}	6.14±0.36^{a}

หมายเหตุ : - ในวงเล็บของชุดการทดลอง คือระดับของไคโตซานจากแกนหมึก (%), น้ำนึ่งปลา (%)
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

ค่าดัชนีตับของกุ้งขาวแวนนาไมทดลอง

จากผลการศึกษาค่าดัชนีตับ (HSI) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ทั้ง 9 ชุดการทดลอง พบว่า ทุก ๆ ระดับของการผสมไคโตซานและน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล มีค่าดัชนีตับไม่แตกต่างกันกันทางสถิติ (P>0.05) ไม่ส่งผลต่อขนาดของตับกุ้งขาวแวนนาไม โดยชุดการทดลองที่ 9 (0.08CS, 30FC) มีค่าดัชนีตับสูงที่สุด เท่ากับ 6.14±0.36 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่ 7 (0.08CS, 0FC) มีค่าดัชนีตับต่ำที่สุดเท่ากับ 5.31±0.31 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5)

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีตับ (HSI) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลองในทุก ๆ ระดับของการผสมไคโตซานและน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน และไม่แตกต่างไปจากชุดการทดลองควบคุม แสดงให้เห็นว่า การใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0.4–0.8 เปอร์เซ็นต์ และน้ำนึ่งปลา 15–30 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลให้ขนาดของตับกุ้งขาวแวนนาไมผิดปกติ ซึ่งพบว่า ค่าดัชนีตับ (HSI) ของกุ้งขาวแวนนาไมทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 5.31±0.31 - 6.14±0.36 สอดคล้องกับ เดชวัฒน์ และคณะ (2562) รายงานว่า ค่าดัชนีตับของกุ้งขาวแวนนาไมทดลองในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้ยีสต์ในการผสมอาหารให้กุ้งขาวซึ่งมีค่าปกติ เท่ากับ 5.76±0.27

ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวแวนนาไมทดลอง

จากการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบเลือดของกุ้งขาวทดลอง โดยเฉพาะปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ทั้ง 9 ชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่า ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวแวนนาไมทั้ง 9 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดย กุ้งขาวใน

ชุดการทดลองที่ โดยชุดการทดลองที่ 9 (0.08CS, 30FC) มีค่าปริมาณเม็ดเลือดรวมสูงที่สุด เท่ากับ 2.57±0.20 x10^6 เซลล์/มล. และชุดการทดลองที่ 7 (0.08CS, 0FC) มีค่าดัชนีตับต่ำที่สุดเท่ากับ 2.36±0.28 x10^6 เซลล์/มล. (ตารางที่ 6)

เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบเลือด คือ ค่าปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวทั้ง 9 ชุดการทดลอง พบว่า ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเม็ดเลือดรวมในตัวกุ้ง และเมื่อพิจารณาค่าองค์ประกอบเลือดของปลาที่ทดลอง พบว่า ค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ปกติของกุ้ง ซึ่งมีรายงานปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งปกติอยู่ในช่วง 2.0x10^6 – 4.0x10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยมีปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อปริมาณเม็ดเลือดของกุ้ง ได้แก่ ระยะการลอกคราบ ระยะการเจริญพันธุ์ สภาวะติดเชื้อ และสารอาหารที่กุ้งได้รับ (Chang *et al*., 1999) แสดงว่า ชุดอาหารทดลองที่มีการใช้ไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรลนี้มีความสมดุลของสารอาหาร รวมทั้งการใช้วิตามินและแร่ธาตุที่เหมาะสม ทำให้ได้สูตรอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน เมื่อนำมาทดลองเลี้ยงกุ้งทำให้กุ้งสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ส่งผลให้กลไกการทำงานของระบบเลือดเป็นปกติ

ลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยา

จากผลการศึกษาลักษณะของเนื้อตับของปลากุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ทั้ง 9 ชุดการทดลอง เป็นเวลา 5 เดือน พบว่า ตรวจไม่พบความผิดปกติของพยาธิสภาพในเซลล์ตับของกุ้งขาวทุก ๆ ระดับของการใช้ไคโตซานร่วมกับน้ำนึ่งปลาในทุกชุดการทดลอง (ชุดการทดลองที่ 1-9) โดยพบเซลล์ตับ (hepatocyte) เรียงตัวเป็นระเบียบ มีโครงสร้างปกติ และมีการสะสมอาหารปกติ และพบว่า มีช่องว่าง (V = hydropic vacuoles) ในเนื้อเยื่อตับ ทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ (ศรชี้) กระจายอยู่ภายในเนื้อเยื่อของตับกุ้งขาว แสดงว่ามีการสะสมเม็ดไขมัน (lipid droplets) ในตับเป็นปกติ (ภาพผนวกที่ 1-9) ทำให้ทราบว่า ทุกระดับของการใช้ไคโตซานร่วมกับน้ำนึ่งปลา ไม่ส่งผลต่อลักษณะของตับกุ้งขาว สอดคล้องกับ Wattanakul *et al*. (2017) และวัฒนา และคณะ (2557) ที่ได้ทำการทดลองใช้น้ำนึ่งปลาที่ระดับ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ไม่พบความผิดปกติของเนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกราม จากทุก ๆ ชุดการทดลอง โครงสร้างของเซลล์ตับยังคงเป็นปกติ ซึ่งใช้ยืนยันได้ว่า สามารถใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้สูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารกุ้งขาว โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของตับ

ตารางที่ 6 ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึกร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน

ชุดการทดลอง	ปริมาณเม็ดเลือดรวม ($\times 10^6$ เซลล์ / มล.)
1 (0CS, 0FC)	2.45±0.26[a]
2 (0CS, 15FC)	2.44±0.15[a]
3 (0CS, 30FC)	2.39±0.16[a]
4 (0.04CS, 0FC)	2.51±0.14[a]
5 (0.04CS, 15FC)	2.54±0.21[a]
6 (0.04CS, 30FC)	2.55±0.25[a]
7 (0.08CS, 0FC)	2.36±0.28[a]
8 (0.08CS, 15FC)	2.37±0.08[a]
9 (0.08CS, 30FC)	2.57±0.20[a]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บของชุดการทดลอง คือระดับของไคโตซานจากแกนหมึก (%), น้ำนึ่งปลา (%)
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ตารางที่ 7) เป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่า ความเค็มมีค่าอยู่ระหว่าง 25.25 - 29.60 ppt, อุณหภูมิของน้ำ 27.50 - 29.87 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด - ด่าง 7.49 - 8.29 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 6.10 - 7.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 101.65 - 125.40 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 0.25 - 0.78 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.20 - 0.79 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่กุ้งขาวแวนนาไมสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง และกองส่งเสริมการประมง, 2550)

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจากแกนหมึก ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ในอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 เดือน

ชุดการทดลอง	ความเค็ม (ppt.)	อุณหภูมิ (°C)	ความเป็นกรดเป็นด่าง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l)	ความเป็นด่าง (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)	ไนไตรท์ (mg/l)
1 (0CS, 0FC)	26.23±0.13	29.87±0.21	7.97±0.39	7.40±0.55	108.54±4.23	0.42±0.03	0.39±0.01
2 (0CS, 15FC)	27.45±1.00	28.62±0.42	7.85±0.56	7.21±0.35	101.65±3.24	0.25±0.04	0.45±0.03
3 (0CS, 30FC)	25.28±0.65	28.60±0.36	8.01±0.82	6.98±0.30	103.06±3.58	0.33±0.02	0.23±0.01
4 (0.04CS, 0FC)	26.39±0.09	28.75±0.57	8.12±0.48	7.04±0.38	109.34±1.27	0.42±0.01	0.25±0.04
5 (0.04CS, 15FC)	25.25±1.23	27.50±1.28	8.11±0.56	6.80±0.63	106.25±2.26	0.57±0.05	0.32±0.01
6 (0.04CS, 30FC)	25.42±0.86	27.60±0.94	7.49±0.68	6.10±0.32	113.64±2.75	0.43±0.03	0.21±0.01
7 (0.08CS, 0FC)	27.20±0.56	29.15±0.51	8.29±0.48	7.04±0.63	125.40±3.45	0.40±0.04	0.30±0.02
8 (0.08CS, 15FC)	29.60±1.09	28.78±0.92	8.05±0.63	7.15±0.12	110.86±4.15	0.50±0.05	0.20±0.06
9 (0.08CS, 30FC)	28.50±1.18	28.10±0.84	6.15±0.59	7.09±0.34	104.49±4.56	0.78±0.01	0.79±0.04

หมายเหตุ : - ในวงเล็บของชุดการทดลอง คือระดับของไคโตซานจากแกนหมึก (%), น้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล (%) ในอาหารทดลอง

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการใช้ไคโตซานจากแกนหมึกที่ระดับ 0, 0.04 และ 0.08 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรลที่ระดับ 0, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (W/W) เคลือบเม็ดอาหารกุ้งสำเร็จรูป นำไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เป็นระยะเวลา 5 เดือน สรุปได้ว่า

1. การทดลองใช้ไคโตซานที่ระดับ 0.4% และน้ำนึ่งปลาที่ระดับ 15% (ชุดการทดลองที่ 5) เสริมในอาหารโดยการเคลือบอาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่งผลให้มีระดับโปรตีนในเนื้อสูงที่สุด แต่ไม่ส่งผลให้อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ลักษณะทางเนื้อเยื่อ และค่าดัชนีของตับ ต่างไปจากชุดควบคุมที่ไม่ได้ใช้ไคโตซาน และน้ำนึ่งปลา

2. การใช้ไคโตซานจากแกนหมึก และน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ไม่เกิน 0.4% และ 15% เหมาะสมสำหรับใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เพราะสามารถช่วยเสริมการเจริญเติบโต แต่ไม่ส่งผลให้มีต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม ต่างจากชุดควบคุมที่ไม่ได้ใช้ไคโตซาน และน้ำนึ่งปลา

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาทดลองในสถานที่จริง หรือบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของเกษตรกร เพื่อจะได้ทราบผลตอบแทนที่แท้จริงของการเลี้ยง

2. ผู้สนใจ สามารถนำผลจกการทดลองดังกล่าว ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารเลี้ยงกุ้งทะเลเศรษฐกิจเชิงพาณิชย์ได้

บรรณานุกรม

กรมประมง. 2550. สถิติการประมง 2550. [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก : http://www.fisheries.go.th/it-stst/data_2550/menu_2550.htm. เข้าค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2555.

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.

กิจการ ศุภมาตย์ และสิทธิ บุญยรัตผลิน. 2538. การศึกษาภูมิคุ้มกันโรคและแนวทางการใช้วัคซีนป้องกันโรคติดเชื้อแบคทีเรียและไวรัสในกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*). น. 1-17. *ใน* รายงานการวิจัยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

กัญช์ เกล็ดมณี. 2553. การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch) ต่อการเสริมอาหารด้วยไคโตซาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

เจษฎา อิสเหาะ และสุภาวดี โกยดุล. 2553. การใช้น้ำนึ่งปลาจากการผลิตของโรงงานปลาทูน่ากระป๋องเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาสวายเนื้อขาว. น. 65-71. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3. 24-26 พฤศจิกายน 2553 ณ ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์, กรุงเทพฯ.

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

เดชวัฒน์ พูนนวล, นรธัช ประชุม และปวีณา ทวีกิจการ. 2562. ผลของการใช้กากยีสต์ต่อการเจริญเติบโต ค่าโลหิตวิทยา และการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันในกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*). วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 37 (1) : 154 -164.

ธวัชชัย สันติกุล. 2545. มารู้จักกุ้งขาว *Penaeus vannamai*. มติชนบทเทคโนโลยีชาวบ้าน. ปีที่ 14 ฉบับที่ 278 : 102 - 103.

ภควรรณ ปานข่อยงาม. 2552. ประสิทธิภาพของไคโตซานบีจากเปลือกสัตว์ทะเลในการดูดซับกลิ่นแอมโมเนียและฟอร์มัลดีไฮด์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประภัสสร สุรวัฒนาวรรณ. 2556. ไคติน-ไคโตซาน. [online]. Accessed 24 March 2013. Avalible from http://www.gpo.or.th/rdi/htmls/chitin.html .

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

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2547. ยุทธศาสตร์ไคติน-ไคโตซานเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจของไทย. นิตยสารสัตว์น้ำเศรษฐกิจ. 3 (21) : 18 - 21.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, นบชนก ธนพงศธร และ สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2544. การใช้ไคตินไคโตซาน

เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในกุ้งกุลาดำ. น. 30-37. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาประมง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 5-7 กุมภาพันธ์ 2544. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

มนต์สรวง ยางทอง, แขวลี วิบูลย์กิจ และพิมาน เถาสมบัติ. 2550. ศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่ได้รับอาหารเคลือบด้วยไคโตซานระดับต่างๆ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 1 (2) : 223 - 234.

วัชรอำพล สีระคาม. 2556. ผลของการเสริมสารไคโตซานในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล และเจษฎา อิสเหาะ. 2554. ระดับที่เหมาะสมของน้ำนึ่งปลาและกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารกุ้งขาวแวนนาไม. รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2554. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง.

วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล และเจษฎา อิสเหาะ. 2557. การใช้น้ำนึ่งปลาจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเพื่อพัฒนาเป็นอาหารกุ้งก้ามกราม. รายงานการวิจัยประจำปี 2556. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง, ตรัง.

สาวิกา กัลปพฤกษ์, ผกายวรรณ กึกก้อง และสิทธิ กุหลาบทอง. 2556. ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ วารสารวิชาการ Veridian e-Journal, Silpakorn University. 6 (2) : 984 - 993.

สุทิน สมบูรณ์ และวิชิต เสมาชัย. 2547. การใช้ตะกอนน้ำนึ่งปลาเป็นสารแต่งกลิ่นในอาหารปลาดุกลูกผสม. น. 93 - 100. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 : สาขาประมง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ.

องอาจ เลาหวินิจ, ณรงค์ อาบกิ่ง, วราห์ เทพาหุดี และสุนทราภรณ์ ลิ่มสกุล. 2552. ประสิทธิภาพไคโตซานเพื่อลดแบคทีเรียรวมในการเพาะเลี้ยงลูกกุ้งขาวแวนนาไม. การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพมหานคร.

อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์. 2536. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

AOAC . 2000. **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists, Fifteenth edition, Washington, D.C. 1298 pp.

Bancroft, J.D. 1967. Histochemical techniques. Butterworths, London.

Besedits, S. and Netzer, A. 1982. Protein recovery from food processing waste water. Ontario B&L Information Services.

Cha, S. H., Lee, J. S., Song, C. B., Lee, K. J. and You-Jin Jeona. 2012. Effects of chitosan-coated diet on improving water quality and innate immunity in the

olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture. 278 (1-4) : 110 - 118.

Cahu, C. L., J. L. Zambonino Infante, P. Quazugule, and M. M. Le Gall. 1999. Protein hydrolysate vs. fish meal in compound diets for 10 – day old sea bass *Dicentrarchus labrax* larvae. **Aquaculture** 171 : 109-119.

Chandrkrachang, S. 2002. The applications of chitin and chitosan in agriculture in Thailand. Advances in Chitin Science. 5 : 458 - 462.

Chang, C.F., Su, M.S. and Chen, H.U. 1999. A rapid method to quantify total haemocytes count of Penaeus monodon using ATP analysis. Fish Pathology. 34 : 211 - 212.

Chung, Y. C., Li, Y. H. and Chiing Chang Chen. 2005. Pollutant removal from aquaculture wastewater using the biopolymer chitosan at different molecular weights. Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering. 40 (9) : 1775 - 1790.

Chung, Y. C. 2006. Improvement of Aquaculture Wastewater using Chitosan of Different Degrees Of Deacetylation. Environmental Technology. 27 (11) : 1199 - 1208.

Giri, S. S., S. K. Sahoo, A. K. Sahu and P. K. Mukhopadhyay. 2000. Growth, feed Utilization and carcass composition of catfish *Clarias batrachus* (Linn.) Fingerlings fed on dried fish and chicken viscera incorporated diets. Aquacult. Res. 31 : 767-771.

Gopalakannan, A. and Venkatesan A. 2006. Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin, chitosan and levamisole on the immune system of *Cyprinus carpio* and control of *Aeromonas hydrophila* infection in ponds. Aquaculture. 255 : 179 - 187.

Harikrishnana, R., Kima, J. S., Balasundaramb, C. and Moon-Soo Heoa. 2012. Immunomodulatory effects of chitin and chitosan enriched diets in *Epinephelus bruneus* against Vibrio alginolyticus infection. Aquaculture. (326-329) : 46 - 52.

Hudson, S.M. and David W. Jenkins. 2002. Chitin and Chitosan. Encyclopedia of Polymer Science and Technology.

Humason, G. L. 1972. Animal Tissue Technique, 4th ed. San Francisco. CA : W.H. Freeman and Company.

Lawhavinit O., Surachetpong, W., Inthasri, B. and, Nontawith A. 2006. Efficiency of Chitosan to *Vibrio* spp. Isolated from diseased Black Tiger Shrimp, *Penaeus mondon* Fabricius in Thailand. Kasetsart Journal. (Natural Sciences).

40 : 235 - 241.

Lertsutthiwong, P., Sutti, S. and Sorawit P. 2009. Optimization of chitosan flocculation for phytoplankton removal in shrimp culture ponds. Aquacultural Engineering. 41 (3) : 188 - 193.

Liu, J., Hu, B., Chen, A., Huang, F., Tang, Y. and Li Yu-zeng. 2008. Effects of rare earth-chitosan chelate on performance of aquatic pellets. Journal of Hydroecology. 5 (2008).

NRC. 1993. Nutrient requirements of fish. Washington DC: National Academy Press, National Research Coumcil.

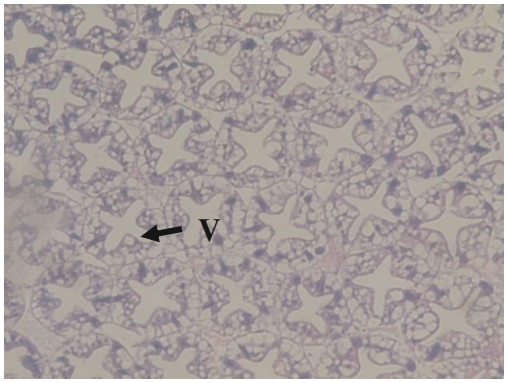
Prasertsan, P., P. Wuttijumnong, P. Sophadora and W. Choorit. 1988. Seafood processing industries within Songkhla-Hatyai region : The survey of basic data emphasis on wastes. Songkhalnakarin. **J. Sci. Technol**. 10 : 447-451.

Sanguandeekul, R., P. Jantawat and A. Sukcharoensakkul. 1992. **Production of protein hydrolysate as food flavour from tuna precooking water**. Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University. 307-317.

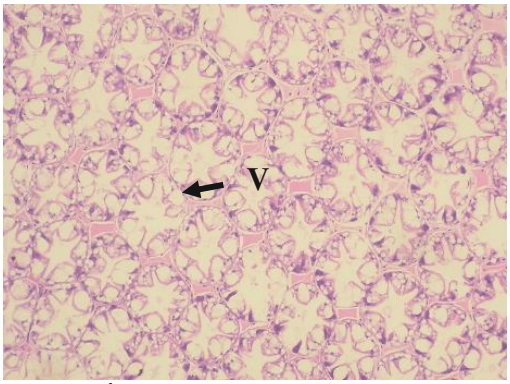
Shahidi, F., X. Q. Han and J. Synowiecki. 1995. Production and characteristics of Protein hydrolysate from capelin (*Mallotus villosus*). **Food Chem**. 53 : 285-293.

Wattanakul, W., Wattanakul, U., Muenpo, C.hutchawan and Thongprajukaew, K. 2017. Optimal protein replacement of fish meal by mackerel condensate in diet for giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Aquaculture Research. 2017 (48) : 697 – 710.

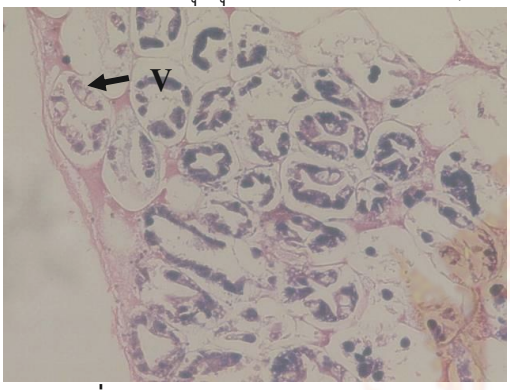
ภาคผนวก



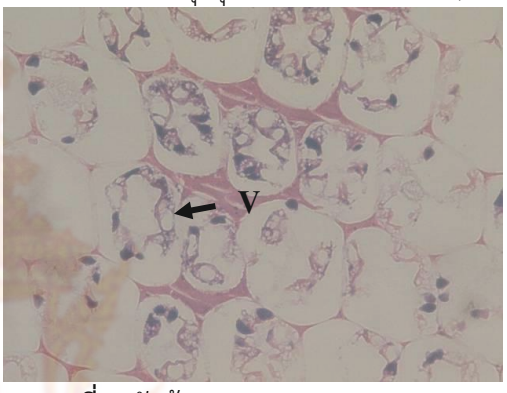
ภาพนวกที่ 1 ตับกุ้งชุดการทดลอง 1 (0CS,0FC)



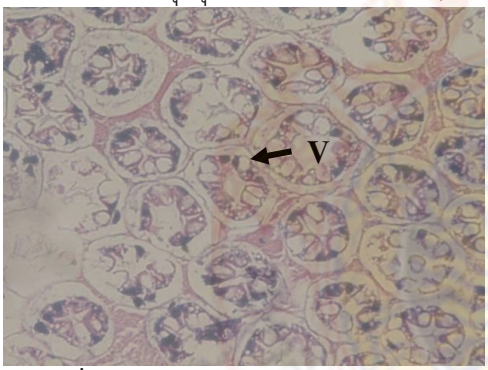
ภาพผนวกที่ 2 ตับกุ้งชุดการทดลอง 2 (0CS,15FC)



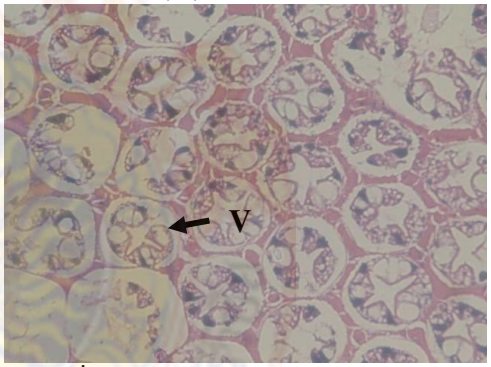
ภาพนวกที่ 3 ตับกุ้งชุดการทดลอง 3 (0CS,30FC)



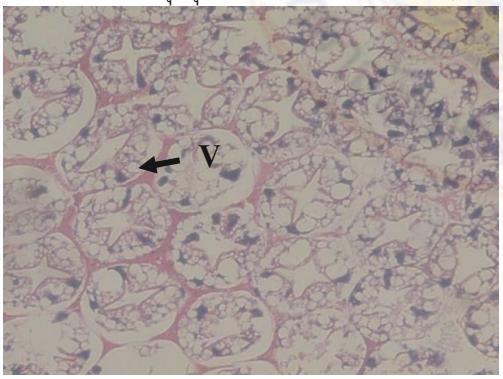
ภาพนวกที่ 4 ตับกุ้งชุดการทดลอง 4 (0.04CS, 0FC)



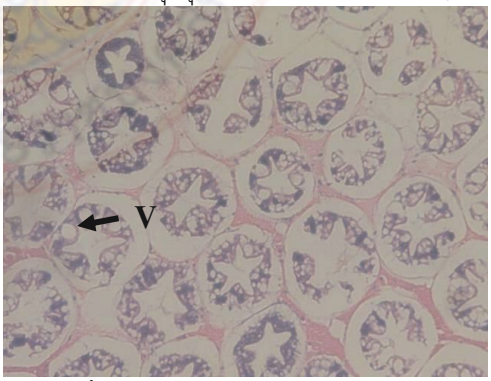
ภาพนวกที่ 5 ตับกุ้งชุดการทดลอง 5 (0.04CS,15FC)



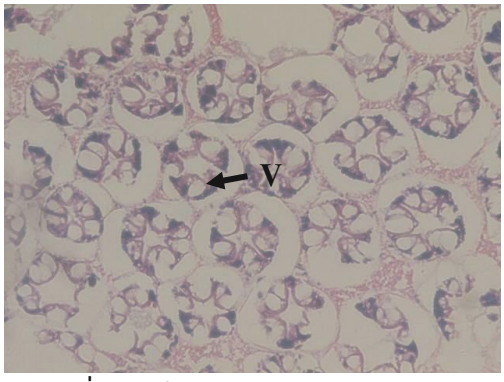
ภาพนวกที่ 6 ตับกุ้งชุดการทดลอง 6 (0.04CS,30FC)



ภาพผนวกที่ 7 ตับกุ้งชุดการทดลอง 7 (0.08CS,0FC)



ภาพผนวกที่ 8 ตับกุ้งชุดการทดลอง 1 (0.08CS,15FC)



ภาพนวกที่ 9 ตับกุ้งชุดการทดลอง 1 (0.08CS,30FC)