รายงานการวิจัย

การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในอาหารที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม

The Experiment on Food and Various Contain of Palm Kernel Cake as Feed Containing Digestible Energy Levels on Growth And Survival Rate of White Leg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

เจษฎา อิสเหาะ Jesada Ishaak

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2552

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้โดยได้รับความช่วยเหลือเกื้อกูลจากบุคคลหลายฝ่าย บุคคลเหล่านั้นล้วนเป็นกัลยาณมิตรที่ควรค่าแก่การกล่าวถึง ด้วยความรู้สึกขอบคุณ และยกย่องไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ เจษฎา อิสเหาะ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง แนะนำในระหว่างการทดลองวิจัย และแก้ไขข้อบกพร่องในการทำงานวิจัยตลอดมา ขอขอบคุณ ดร.นเรศ ซ่วนยุก ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์องค์ประกอบของเลือดกุ้งเป็นอย่างดี ทำให้รายงานการวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุไรวรรณ วัฒนกุล ผู้ร่วมโครงการวิจัยที่ได้คอยเป็นกำลังใจ ร่วมทำการวิจัย และปรับปรุงแก้ไขรายงานการวิจัยจนรายงานการวิจัยฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ นายชำนาญ สังข์วารีย์ ผู้ช่วยวิจัยที่ได้ช่วยเหลือในการทำการวิจัย รวมถึงนักศึกษาสาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ สถาบันครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนในการทำการวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำการวิจัย และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2552 ในการทำวิจัยเรื่องดังกล่าวนี้

คณะผู้วิจัย

มกราคม 2553

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในอาหารที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารต่างกันต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม

วัฒนา วัฒนกุล[1] อุไรวรรณ วัฒนกุล[1] และเจษฎา อิสเหาะ[2]

บทคัดย่อ

การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในอาหารที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารต่างกันเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน การทดลองที่ 1 ทำการศึกษาผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่เสริมในอาหาร โดยผลิตอาหารที่มีโปรตีนและพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) เท่ากันทุกสูตร คือ 40 เปอร์เซ็นต์ และ 3,300 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ แต่มีระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันต่างกัน 7 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์นำไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.06 กรัม เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตสูงที่สุดทั้งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ รองลงมาคือ ที่ระดับ 30 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีการเจริญเติบโตสูงกว่าที่ระดับ 10, 15, 25 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($p<0.05$) และทุกระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ปริมาณเม็ดเลือดรวม และการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของตับกุ้ง ($p>0.05$) การเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารที่เพิ่มขึ้นทำให้ราคาอาหารถูกลง โดยสูตรอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด คือ 37.92 บาท ($p<0.05$)

การทดลองที่ 2 ทำการศึกษาผลของระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารโดยผลิตอาหารที่มีโปรตีน และระดังกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเท่ากันทุกสูตรคือ 40 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารต่างกัน 7 ระดับคือ 2,900, 3,100, 3,300, 3,500, 3,700, 3,900 และ 4,100 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม นำไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.03 กรัมเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ที่ระดับ 3,700 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม มีการเจริญเติบโตสูงที่สุดทั้งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ รองลงมาคือ ที่ระดับ 3,500, 3,900, 4,100,

.....

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

[2]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา

3,300, 3,100 และ 2,900 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ($p<0.05$) และทุกระดับของพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ปริมาณเม็ดเลือดรวม และการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของตับกุ้ง ($p>0.05$)

การศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่า การเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารที่มีระดับพลังงานไม่เกิน 3,700 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์

คำสำคัญ: กุ้งขาวแวนนาไม, อาหารกุ้ง, กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน, พลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

The Experiment on Food and Various Contain of Palm Kernel Cake as Feed Containing Digestible Energy Levels on Growth And Survival Rate of White Leg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Wattana Wattanakul[1] Uraiwan Wattanakul[1] and .Jesada Ishaak[2]

Abstract

The Experiment on Food and Various Contain of Palm Kernel Cake as Feed Containing Digestible Energy Levels on Growth And Survival Rate of White Leg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Two experiments was designed, the first experiment study on carried out by supplementation of palm kernel cake in White Leg Shrimp feed. The feeds tasted contained 40% protein and 3,300 Kcal/Kg in all formulae with varying levels, i.e. 0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30% palm kernel cake. The feed were given for 16 weeks to shrimp with initial average weight 0.06 g. The result showed that 0% palm kernel cake was higest growth performance as % weight gain and specific growth rate but were not significantly different with 30 and 5% ($p>0.05$). All the feed formular level of palm kernel cake has no effect on survival rate, feed conversion rate total hematocrit and histilogical change of the livers. Additionally, the supplementation palm kernel cake in White Leg Shrimp feed could reduce the feed cost leading to the production cost as low as 37.92 baht/Kg shrimp with was achieved using the feed containing 30% palm kernel cake ($p<0.05$).

The second experiment, study on level of digestibility energy in feeds. The feeds tasted contained 40% protein and 30% palm kernel cake level in all formulae with varying levels, i.e. 2,900, 3,100, 3,300, 3,500, 3,700, 3,900 and 4,100 Kcal/Kg. The feed were given for 16 weeks to shrimp with initial average weight 0.03 g. The result showed that 3,700 Kcal/Kg. was higest growth performance as % weight gain and specific growth rate the rather than 3,500, 3,900, 4,100

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

[2] Rajamangala University of Techonology Suvarnabhumi, Ayutthaya

3,300, 3,100 and 2,900 Kcal/Kg. ($p<0.05$) respectively. All the feed formular level of digestibility energy has no effect on survival rate, feed conversion rate total hematocrit and histilogical change of the livers ($p>0.05$).

The current study showed that the supplementation of 30% palm kernel cake with energy level not exceeding 3,700 Kcal/Kg. feed was optimum for White Leg Shrimp feed taking into account the weight increase an economic returns.

Keywords: White Leg Shrimp, Shrimp feed, palm kernel cake, digestable energy

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
บทนำ	1
วิธีดำเนินการวิจัย	5
ผลการวิจัย	18
วิจารณ์	39
สรุป	41
ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	44

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารโดยการวิเคราะห์ (% น้ำหนักแห้ง)	7
2	สูตรอาหารที่มีปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมระดับต่างๆ ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม สำหรับการทดลองที่ 1	8
3	องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ	9
4	สูตรอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE;Kcal/Kg) ระดับต่างๆ ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม สำหรับการทดลองที่ 2	13
5	องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) ระดับต่าง ๆ	14
6	การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์	20
7	น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์	23
8	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาค่าอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์	25
9	ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์	26
10	คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ด้วยอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์	28
11	การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร(DE) ระดับต่างๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์	30
12	น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg) ระดับต่างๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์	33

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	อัตรการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาค่าอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg) ระดับต่างๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์	35
14	ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร(DE; Kcal/Kg) ระดับต่างๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์	36
15	คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ด้วยอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร ๆ (DE; Kcal/Kg) ระดับต่างๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์	38

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1	การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์	21
2	การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE;Kcal/Kg) ระดับต่างๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์	31

รูปผนวกที่

1	บ่อที่ใช้ทำการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	45
2	ปิดปากบ่อที่ใช้ทำการทดลองเลี้ยงด้วยกระเบื้องมุงหลังคา	45
3	ลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ใช้ทดลอง	46
4	วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียด	46
5	ร่อนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารผ่านตาข่ายสีฟ้า	47
6	เครื่องผสมวัตถุดิบอาหาร	47
7	ผสมวัตถุดิบอาหารให้เข้ากัน	48
8	เติมน้ำมันลงผสมในวัตถุดิบอาหาร	48
9	วัตถุดิบอาหารที่คลุกเคล้าผสมกันดีแล้ว	49
10	เครื่องอัดเม็ดอาหาร	49
11	ทำการอัดเม็ดอาหาร	50
12	อาหารที่ผ่านการอัดเม็ดแล้ว	50
13	อบอาหารที่ผ่านการอัดเม็ดในโรงอบอาหาร	51
14	นับอัตราการรอดตายของกุ้งขาวที่ทำการทดลอง	51
15	กุ้งขาวแวนนาไมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	52
16	เจาะเลือดบริเวณขาเดินคู่ที่ 3 ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง	52
17	ใส่เลือดกุ้งขาวที่ย้อมสีแล้วใน haemacytometer	53
18	เม็ดเลือดกุ้งขาวที่ย้อมสีเป็นสีฟ้า	53

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี ลิขสิทธิ์ราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปผนวกที่		หน้า
19	เนื้อเยื่อตับกุ้งขาวชุดการทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 0 เปอร์เซ็นต์	54
20	เนื้อเยื่อตับกุ้งขาวชุดการทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์	54
21	เนื้อเยื่อตับกุ้งขาวชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร 2,900 Kcal/Kg	55
22	เนื้อเยื่อตับกุ้งขาวชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร 3,700 Kcal/Kg	55

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทนำ

เนื่องจากการที่ประชากรทั่วโลกมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการอาหารสูงขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอาหารประเภทโปรตีน ซึ่งสัตว์น้ำจัดได้ว่าเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ดีของมนุษย์ แต่ทรัพยากรสัตว์น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติกลับลดลง สวนทางกับปริมาณความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการพัฒนา และการขยายตัวของอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วทุกภูมิภาคของโลก และปัจจุบันวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทยได้มีการขยายพื้นที่ ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ซึ่งมีมูลค่าการส่งออกหลายหมื่นล้านบาท ในหลายปีที่ผ่านมาพบว่า กุ้งทะเลที่เลี้ยงส่วนใหญ่เป็นกุ้งกุลาดำ แต่ต่อมาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของประเทศไทยประสบปัญหาและอุปสรรคทางด้านต่าง ๆ มากมาย ทั้งโรคระบาด อัตรารอดต่ำ ขาดแคลนพ่อแม่พันธุ์กุ้งคุณภาพดี แต่ราคาลูกกุ้งกลับปรับตัวสูงขึ้น และปัญหาที่สำคัญคือกุ้งกุลาดำโตช้า เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลจึงหันมาเลี้ยงกุ้งขาวกันมากขึ้น เนื่องจากกุ้งชนิดนี้มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ปล่อยได้หนาแน่นสูง อัตรารอดดี โรคน้อย ความทนทานต่อโรคสูง และได้ผลผลิตมากกว่ากุ้งกุลาดำ ดังจะเห็นได้จากข้อมูล ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2545 จนถึงสิ้นเดือนกุมภาพันธ์ 2546 เกษตรกรหันมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมกันมากยิ่งขึ้น (ชลอ, 2546) ซึ่งปัจจุบัน กุ้งขาวแวนนาไมถือได้ว่า มีบทบาทสำคัญในธุรกิจการเกษตรด้านการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลของไทยเป็นอย่างมาก

กุ้งขาวแวนนาไม หรือกุ้งขาวแปซิฟิก (Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*) เป็นครัสตาเชียในกลุ่มเดคาปอด (decapoda) ที่มีกำเนิดบริเวณเขตชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิก ของประเทศเม็กซิโก ทางตอนกลางและตอนใต้ของสหรัฐอเมริกา กุ้งขาวเป็นสายพันธุ์กุ้งทะเลที่มีการเพาะเลี้ยงกันแพร่หลายในปลายประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา เม็กซิโก เอกัวดอร์ ปานามา โคลัมเบีย และเปรู โดยเอกัวดอร์เป็นประเทศผู้ผลิตกุ้งขาวที่ใหญ่ที่สุดในโลก เหตุผลที่สำคัญที่ทำให้มีการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากกุ้งขาวเป็นกุ้งทะเลที่เจริญเติบโตเร็วในสภาพของการเพาะเลี้ยง สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ดี ในช่วงปี ค.ศ. 1995 กุ้งขาวได้ถูกนำเข้ามาเพาะเลี้ยงในเอเชียครั้งแรกในประเทศจีน เพื่อเป็นการหาพันธุ์กุ้งทะเลที่ทนทานต่อโรคไวรัสตัวแดงดวงขาว ทดแทนกุ้งกุลาดำ และเป็นการชดเชยผลผลิตกุ้งขาวที่ลดลงจากการเพาะเลี้ยงในแถบละตินอเมริกา จนปัจจุบันได้มีการนำกุ้งขาวเข้ามาเพาะเลี้ยงมากขึ้นในเขตเอเชียตะวันออก เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเอเชียใต้ ทำให้กุ้งขาวกลายเป็นสัตว์น้ำที่กำลังมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของหลายๆ ประเทศในเขตเอเชีย (Tu et al., 1999)

เนื่องจากกุ้งขาวสามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ในช่วงกว้าง เช่น สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ทั้งในน้ำที่มีระดับความเค็มที่ 0 – 35 ส่วนในพันส่วน แต่ระดับความเค็มที่สามารถ

เจริญเติบโตได้ดีคือ 12-22 ส่วนในพันส่วน ส่วนอุณหภูมิที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีคือ 26-29 องศาเซลเซียส แต่สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ที่อุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส ระดับออกซิเจนที่ละลายน้ำควรมีค่า 4-9 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นกรดด่างควรอยู่ระหว่าง 7.2-8.6 กุ้งชนิดนี้ชอบน้ำค่อนข้างกระด้างเฉลี่ย 120 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำที่มีค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร จากข้อมูลดังกล่าว จึงพบว่า สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ทั้งในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งหรือบริเวณพื้นที่ที่มีความเค็มต่ำ โดยใช้ระบบการเลี้ยงได้หลายระบบทั้งระบบธรรมชาติ ระบบกึ่งหนาแน่น และการเลี้ยงแบบหนาแน่น ระบบการเลี้ยงกุ้งขาวในบ่อดินเป็นการประยุกต์ระหว่างระบบกึ่งพัฒนากับระบบพัฒนา การเลี้ยงระบบนี้มีการดำเนินการในประเทศแถบเอเชีย รวมทั้งประเทศไทย บ่อดินมีขนาดเล็กลง และมีการจัดการในระหว่างการเลี้ยงเพิ่มขึ้น เช่นในเรื่องของอาหารและการให้อาหาร ซึ่งในช่วงวันที่ 1 ถึง 40 ของการเลี้ยงให้อาหารโปรตีนสูง 40% และเริ่มเปลี่ยนมาใช้อาหารที่มีโปรตีนต่ำ 30% ซึ่งเป็นข้อดีประการหนึ่งของกุ้งขาวที่สามารถใช้อาหารโปรตีนต่ำ ทำให้ต้นทุนการผลิตถูกลง นอกจากนี้ยังสามารถใช้อาหารธรรมชาติจากบ่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้เปอร์เซ็นต์เนื้อสูงถึง 66-88% (Iversen and Hale, 1992)

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่กินได้ทั้งพืชและสัตว์ รวมทั้งจุลินทรีย์ และซากเน่าเปื่อย พฤติกรรมการกินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม จะไม่เหมือนกับกุ้งกุลาดำ โดยกุ้งขาวชนิดนี้จะชอบกินอาหารกลางน้ำเป็นส่วนใหญ่ สำหรับอาหารที่ตกลงไปอยู่ที่พื้นก้นบ่อแล้ว กุ้งจะลงไปโฉบและอุ้มขึ้นมาแทะกิน กุ้งขาวแวนนาไมจะกินอาหารได้ดีตั้งแต่เวลา 08.00 น. จนถึง 20.00 น. สำหรับความต้องการโปรตีนจะแตกต่างกันตามช่วงอายุของกุ้ง โดยเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารจะลดลงเมื่ออายุของกุ้งเพิ่มขึ้น (ภิญโญ, 2545) ความต้องการอาหารของกุ้งโดยทั่วไปก็เช่นเดียวกับสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน ตลอดจนเกลือแร่ในปริมาณที่แตกต่างกันไป โดยทั่วไปถือว่าอาหารโปรตีนคืออาหารหลักที่สำคัญที่สุดเพื่อใช้ในการสร้างความเจริญเติบโตให้แก่ร่างกาย ต้องการคาร์โบไฮเดรต และไขมันเพื่อเป็นแหล่งพลังงาน กุ้งแต่ละชนิดแต่ละขนาดต้องการโปรตีน และระดับพลังงานในอาหารแตกต่างกัน ดังผลการศึกษาของ Kureshy และ Davis (2002) พบว่า กุ้งขาวระยะวัยรุ่น และระยะก่อนเต็มวัยมีความต้องการโปรตีนที่ระดับ 32 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลการศึกษาของ Wyk (1999) พบว่า ความต้องการโปรตีนและไขมัน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของอาหารและโปรตีน สิ่งแวดล้อมในการเลี้ยง และขนาดของกุ้ง โดยระดับโปรตีนในอาหารสัมพันธ์กับระดับพลังงาน ที่มีต่อการใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตของกุ้ง การเพิ่มระดับพลังงานในอาหารให้เหมาะสมโดยใช้ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ช่วยลดระดับโปรตีนในอาหารลงได้ (ชุติมา และคณะ, 2546) เปี่ยมศักดิ์ (2534) รายงานว่า ในปัจจุบันอาหารกุ้งส่วนใหญ่จะมีพลังงานแปรผันอยู่ในช่วง 3 – 4 Kcal/g อาหารกุ้งกุลาดำที่ดีควรมีพลังงาน 3.3 Kcal/g ซึ่งจะสอดคล้องกับการ

ทดลองของ Alava และ Lim (1983) ซึ่งพบว่า พลังงานรวมของอาหารกุ้งกุลาดำที่เหมาะสม ควรมีค่า 330 Kcal/100g เพราะจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดดีที่สุด

ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ อาหารนับได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในเรื่องอาหารจะตกอยู่ประมาณ 50-80 % ของต้นทุนทั้งหมด ฉะนั้นหากผู้เลี้ยงไม่ให้ความสำคัญต่อการให้อาหารสัตว์น้ำ โอกาสที่จะเกิดความล้มเหลวในการเลี้ยงก็จะสูงตามลำดับ ซึ่งอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โปรตีนนับเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญที่สุด ในขณะเดียวกันก็จะมีราคาแพงที่สุดเวียง (2528) ได้กล่าวถึงปริมาณโปรตีนที่จะนำมาใช้ในการสร้างสูตรอาหาร เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่มีราคาแพงกว่าสารประเภทอื่น ๆ จึงควรใช้แต่พอกับความต้องการของสัตว์น้ำเท่านั้น แหล่งโปรตีนในอาหารมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพของอาหาร การเลือกใช้แหล่งโปรตีนจึงมีความสำคัญ นอกจากนั้นการเลือกใช้แหล่งโปรตีนที่เหมาะสมสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตอาหารได้อีกด้วย แหล่งโปรตีนที่ดีสำหรับอาหารกุ้ง คือ ปลาหมึกป่น ปลาป่น ตับหมึกป่น เปลือก หัวกุ้งป่น กากถั่วเหลือง ถั่วเหลืองอัดเม็ด และยีสต์ เป็นต้น (มะลิ, 2531)

ในปัจจุบันวงการอาหารสัตว์ มีการใช้แหล่งโปรตีนที่ได้จากสัตว์ และพืช วัตถุดิบที่มักจะนิยมใช้เป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์ ได้แก่ วัตถุดิบจำพวกปลาป่น เนื่องจากมีโปรตีนสูง ปลาป่นเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำ เนื่องจากเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี และมีรสชาติที่ปลาชอบ ผลผลิตจากปลาป่นของโลกร้อยละ 12 หรือประมาณ 62 ล้านตัน ถูกนำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำโดยความต้องการเพิ่มมากขึ้นทุกปี ในขณะที่ปริมาณปลาป่นที่ผลิตได้ทั่วโลกมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการลดลงของปลาในแหล่งธรรมชาติ ส่งผลให้ปลาป่นมีแนวโน้มหาได้ยาก และมีราคาสูงขึ้น ตลอดจนคุณภาพไม่คงที่และหาได้ยากในบางฤดูกาล ซึ่งจะเป็นปัญหาที่สำคัญในอนาคต

แหล่งโปรตีนจากพืช โปรตีนที่ได้จากพืชหากใช้ในระดับที่เหมาะสม จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตอาหาร แต่มีข้อจำกัดในส่วนของการขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิด เช่น ไลซีน และเมทไธโอนีน มีสารยับยั้งสารอาหาร การลดความอยากกินของอาหาร และพืชบางชนิดยังมีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อกุ้งได้แหล่งโปรตีนจากพืชที่นิยมนำมาใช้ในอาหารกุ้ง ได้แก่ กากถั่วต่าง ๆ เช่นกากถั่วเหลือง แต่กากถั่วเหลืองที่ผลิตได้ในบางครั้งก็ไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงได้มีการสั่งซื้อกากถั่วเหลืองจากต่างประเทศเข้ามาใช้ทุกปี และปริมาณการนำเข้าก็มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ราคากากถั่วเหลืองที่ซื้อขายในตลาดโลกก็มีอิทธิพลต่อราคากากถั่วเหลืองในประเทศไทยด้วย ทำให้มีแนวโน้มว่าจะมีราคาสูงขึ้น และหาได้ยากในบางโอกาส และบางท้องถิ่น ส่วนวัตถุดิบอาหารสัตว์อื่นก็มีปัญหาเช่นกัน เช่น รำละเอียดเหม็นหืน และมีมอด เมื่อเก็บไว้นาน กากถั่วเขียวมีการปลอมปน และ

หาได้ยาก (ธีรยุทธ, 2524) จากปัญหาดังกล่าวนี้ จึงเป็นเหตุให้นักวิจัยอาหารสัตว์น้ำหันมาศึกษาและพยายามที่จะนำวัตถุดิบจากแหล่งโปรตีนอื่นที่หาได้ง่าย และราคาถูกกว่ามาใช้ หรือวัตถุดิบเหลือใช้จากกิจการต่าง ๆ ที่หาได้ง่ายมาทดแทนเป็นบางส่วน โดยเฉพาะวัตถุดิบเหลือใช้ เช่น กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีน และพลังงานทดแทน มาใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร ดังจะเห็นได้จาก การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิล (นิรุทธ์, 2544)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ และปลูกกันมากทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยมีการขยายตัวเชิงอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ในปี พ.ศ. 2540 ผลผลิตปาล์มน้ำมันทั้งทะลายเท่ากับ 2,680,342 ตัน (สุดารัตน์, 2540) และในอุตสาหกรรมสกัดปาล์มน้ำมัน กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (palm kernel meal : PKM หรือ palm kernel cake : PKC) ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือ หรือผลพลอยได้ จากการหีบผลปาล์มเพื่อเอาน้ำมัน นับวันจะมีปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะผลผลิตปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นทุกปี กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันนี้ มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น โปรตีน และไขมัน สูงพอสมควร หาได้ง่าย และมีราคาถูก สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำได้ (นิรุทธ์, 2544) ดังนั้นจึงเป็นทางเลือกใหม่ที่อาจจะช่วยลดต้นทุนในการเลี้ยงกุ้งขาวได้

ดังนั้น การนำเอาวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือ หรือผลพลอยได้ที่มีแพร่หลายในท้องถิ่นภาคใต้ คือ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน มาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารกุ้งขาว จึงเป็นแนวทางของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เพื่อที่จะพัฒนาสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงกุ้งขาวให้ดี การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ มุ่งเน้นศึกษาถึงผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ในปริมาณต่าง ๆ กันเป็นส่วนผสมในอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารต่าง ๆ กัน ต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ องค์ประกอบของเลือด การเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อกุ้ง 1 กิโลกรัม ของกุ้งขาวแวนนาไม และคาดว่าผลการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นเป็นแนวทางในการผลิตอาหารกุ้งขาวราคาประหยัด ลดต้นทุนการผลิต โดยใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่น และภูมิปัญญาท้องถิ่น ลดการนำเข้าวัตถุดิบบางอย่าง เพิ่มมูลค่าและประสิทธิภาพของวัตถุดิบในท้องถิ่นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งของประเทศไทยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในอาหาร ที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม แบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 การทดลอง ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 ทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในปริมาณที่ต่างกัน เป็นส่วนผสมในอาหาร ต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของ องค์ประกอบของเลือด และการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยาของกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานเป็นดังนี้

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Compleately Randomized Design; CRD) โดยแบ่งเป็น 7 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองประกอบไปด้วยบ่อทดลอง 3 ซ้ำ ทั้งหมด 21 บ่อทดลอง ระยะเวลาเลี้ยง 16 สัปดาห์ โดยศึกษาระดับปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารที่ต่างกัน 7 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 %

2. การเตรียมระบบเลี้ยง

บ่อที่ใช้ทดลองเลี้ยงเป็นบ่อซีเมนต์ขนาด 1.5 X 2 X 1.2 เมตร ทำความสะอาด เติมน้ำทะเลที่สะอาดลึก 0.8 เมตร ดังนั้นจะมีปริมาตรน้ำในบ่อทดลองเท่ากับ 2.4 ตัน (รูปผนวกที่ 1)มีการให้อากาศในบ่อทดลองตลอดเวลาโดยใช้สายยางและหัวทราย ปิดปากบ่อเพื่อพรางแสงบางส่วนด้วยกระเบื้องมุงหลังคา (รูปผนวกที่ 2)

3. การเตรียมกุ้งทดลอง

นำลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะ P10 จากฟาร์มเพาะและอนุบาลลูกกุ้งของเอกชน(รูปผนวกที่ 3) มาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาดความจุน้ำ 6 ตัน (1.5 X 4 X 1 เมตร) ให้อาหารสำเร็จรูปทางการค้าวันละ 2 ครั้ง จนกระทั่งลูกกุ้งเคยชินกับอาหารเม็ด อนุบาลลูกกุ้งเป็นระยะเวลา 10 วันจนได้ลูกกุ้งระยะ P20 หลังจากนั้นสุ่มกุ้งไปเลี้ยงในบ่อทดลอง จำนวน 200 ตัว (ความหนาแน่นประมาณ 65 ตัว/ตารางเมตร)

4. การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารทดลองมี 7 สูตร โดยจัดเตรียมอาหารเม็ดแบบชื้น วัตถุดิบที่ใช้คือ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด ปลายข้าว สารเหนียว น้ำมันปลา น้ำมันพืช วิตามินผสม และแร่ธาตุรวม (premix) ผสมกับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารเหมือนกันทุกสูตร แต่มีปริมาณแตกต่างกันตามสูตร ดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารสูตรควบคุม (ไม่ผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน)
สูตรที่ 2 อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในระดับ 5 เปอร์เซ็นต์
สูตรที่ 3 อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์
สูตรที่ 4 อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในระดับ 15 เปอร์เซ็นต์
สูตรที่ 5 อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์
สูตรที่ 6 อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในระดับ 25 เปอร์เซ็นต์
สูตรที่ 7 อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง

นำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว (รูปผนวกที่ 4) นำมาร่อนด้วยตาข่ายมุ้งสีฟ้าขนาดความกว้างของช่องตาข่าย เท่ากับ 1 มิลลิเมตร (รูปผนวกที่ 5) เพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนออกอีกครั้ง นำวัตถุดิบไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต (ตารางที่ 1) นำมาชั่งให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณไว้ในแต่ละสูตร (ตารางที่ 2) รวมทั้งวัตถุดิบที่เป็นของเหลว เช่น น้ำมัน โดยนำวัตถุแห้งทั้งหมดมาผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร (รูปผนวกที่ 6 และ 7) เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงค่อย ๆ เติมน้ำมันลงไปทีละน้อย (รูปผนวกที่ 8) และเปิดเครื่องผสมอาหารเป็นเวลา 5 นาที แล้วค่อย ๆ เติมน้ำสะอาดในปริมาตร 35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร เปิดเครื่องอีกครั้งนาน 10 นาที เมื่อวัตถุดิบอาหารผสมเข้ากันเป็นอย่างดี (รูปผนวกที่ 9) จึงนำเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหาร (รูปผนวกที่ 10 และ 11) ที่มีหน้าแว่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำอาหาร (รูปผนวกที่ 12) ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในโรงอบอาหารที่มีระบบการควบคุมอุณหภูมิ (รูปผนวกที่ 13) เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง นำอาหารที่อบแห้งแล้ววางให้เย็น ใช้มีดขนาดเล็กตัดเม็ดอาหารให้มีขนาดต่างกัน 2 ขนาด โดยนำเม็ดอาหารมาร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดเล็กจะลอดผ่านช่องตะแกรง เพื่อความเหมาะสมกับขนาดของกุ้งที่เลี้ยง (ขนาดเล็กสำหรับกุ้งเริ่มต้นจนถึง 1 เดือน และขนาดใหญ่สำหรับกุ้งโต) อาหารที่ผลิตแล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทธีลีน และเก็บในถุงสีดำเพื่อป้องกันแสง เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการใช้งาน และอาหารทุกสูตรมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้น ตามวิธีมาตรฐานของ

AOAC (1990) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกซ์, nitrogen free extract, NFE) คำนวณได้จากสูตร 100 – (ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เยื่อใย) และคำนวณพลังงานในอาหาร (ดังตารางที่ 3)

การทดลองที่ 1 กำหนดให้มีระดับโปรตีน และพลังงานให้เท่ากันทุกชุดการทดลอง (สูตรอาหาร) โดยให้มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ พลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) ประมาณ 3,300 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยพลังงานได้คำนวณโดยใช้ค่าต่าง ๆ คือ 4.5 กิโลแคลอรีสำหรับโปรตีน 1 กรัม 8.4 กิโลแคลอรีสำหรับไขมัน 1 กรัม และ 2.1 กิโลแคลอรีสำหรับคาร์โบไฮเดรต 1 กรัม (วิมล และคณะ, 2535)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารโดยการวิเคราะห์ (% น้ำหนักแห้ง)

วัตถุดิบ	องค์ประกอบทางเคมี (%)					
อาหาร	โปรตีน	ไขมัน	ความชื้น	เถ้า	เยื่อใย	NFE
ปลาป่น	57.11+0.78	7.97+0.06	5.31+0.03	17.43+0.09	-	12.19+0.18
กากถั่วเหลือง	46.01±0.87	1.32±0.02	8.99±0.05	7.35±0.04	7.43±0.23	28.90±0.85
รำละเอียด	10.50±0.19	11.21±0.05	7.86±0.04	10.72±0.05	18.80±0.28	40.91±0.87
ปลายข้าว	6.64±0.06	0.22±0.02	10.90±0.02	0.39±0.01	-	81.85±1.20
กากปาล์ม	13.56±0.08	9.34±0.16	3.70±0.06	4.44±0.04	37.71±0.77	31.25±0.84

5. การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1 อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหารทั้ง 7 สูตรในทุกบ่อการทดลองตามแผนการทดลองที่วางไว้ ให้อาหารทุกวัน วันละ 2 มื้อ (เช้า – เย็น) โดยการใส่อาหารในยอ ตลอดการทดลอง และปรับปริมาณการกินอาหารตามปริมาณอาหารที่เหลือในยอ บันทึกข้อมูลน้ำหนักอาหารเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ต่อไป

5.2. การศึกษาการเจริญเติบโต และอัตรารอดตาย

ทำการสุ่มตัวอย่างกุ้งขาวแวนนาไม จากทุกชุดการทดลอง จำนวน 40 ตัว/บ่อ เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาวทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 เดือน (16 สัปดาห์) และนำมาศึกษาการเจริญเติบโต

ตารางที่ 2 สูตรอาหารที่มีปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมระดับต่าง ๆ ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม สำหรับการทดลองที่ 1

วัตถุดิบ	สูตรอาหารที่มีปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม (%)						
(กรัม)	1 (0 %)	2 (5 %)	3 (10 %)	4 (15 %)	5 (20 %)	6 (25 %)	7 (30 %)
ปลาป่น	48.95	48.61	47.81	47.05	46.37	45.54	44.71
กากถั่วเหลือง	24.48	24.3	23.9	23.52	23.19	22.77	22.35
รำละเอียด	4.56	2.23	1.98	1.63	0.79	0.72	0.65
ปลายข้าว	4.56	2.23	1.98	1.63	0.79	0.72	0.65
กากปาล์ม	0	5	10	15	20	25	30
น้ำมันปลา	4.23	4.32	4	3.7	3.5	3.15	2.8
น้ำมันพืช	4.23	4.32	4	3.7	3.5	3.15	2.8
วิตามินผสม	2	2	2	2	2	2	2
Premix*	3	3	3	3	3	3	3
Alfa starch	4	4	4	4	4	4	4
โปรตีน(%)	40	40	40	40	40	40	40
ไขมัน (%)	13.20	13.55	13.29	13.05	12.96	12.65	12.33
DE(Kcal/Kg)	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300
ราคา/กก.	25.84	25.73	24.70	23.76	23.05	22.08	21.16

* Premix (สารผสมล่วงหน้า) ประกอบด้วยวิตามินและแร่ธาตุในปริมาณ/อาหาร 1 กก. ดังต่อไปนี้ vitamin A 1,000 หน่วยสากลต่อมิลลิกรัม; vitamin D_3 250 หน่วยสากลต่อมิลลิกรัม; vitamin E 5 หน่วยสากลต่อมิลลิกรัม; vitamin B_1 2,000 มิลลิกรัม; vitamin B_2 800 มิลลิกรัม; vitamin B_6 2,000 มิลลิกรัม; vitamin B_{12} 1 มิลลิกรัม; vitamin C 10,000 มิลลิกรัม; panthothenic acid 300 มิลลิกรัม; nicotinic acid 5,000 มิลลิกรัม; folic acid 200 มิลลิกรัม; biotin 2 มิลลิกรัม; iron 500 มิลลิกรัม; zinc 7,000 มิลลิกรัม; manganese 800 มิลลิกรัม; selenium 10 มิลลิกรัม; lysine 15,000 มิลลิกรัม; methionine 3,000 มิลลิกรัม

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ

สูตรอาหาร	องค์ประกอบทางเคมี (%)					
	โปรตีน	ไขมัน	ความชื้น	เถ้า	เยื่อใย	NFE
1 ชุดควบคุม	40.61±0.15	7.47±0.35	5.27±0.10	9.92±0.02	7.54±0.24	29.19
2 (5%)	40.32±0.64	7.84±0.82	5.92±0.26	9.87±0.04	7.14±0.11	28.91
3 (10%)	39.59±0.16	8.25±1.20	5.19±0.12	9.75±0.04	9.13±0.35	27.49
4 (15%)	40.03±0.09	8.76±0.80	5.42±0.17	9.71±0.06	9.60±0.15	26.48
5 (20%)	39.65±0.39	8.94±0.68	5.13±0.09	9.61±0.02	9.23±0.27	27.44
6 (25%)	39.35±0.18	9.29±0.78	5.40±0.16	9.42±0.05	9.92±0.14	26.62
7 (30%)	39.12±0.65	9.71±0.87	5.26±0.09	9.14±0.03	12.02±0.23	24.75

หมายเหตุ : ในวงเล็บคือ ระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหาร

(ในรูปค่าเฉลี่ยของข้อมูล) นำมาคำนวณค่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR, % ต่อวัน) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %) และอัตรารอดตาย (survival rate, %) (รูปผนวกที่ 14 และ 15) โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

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

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

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

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

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

5.3. การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ในระหว่างการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลองโดยดัชนีที่จะใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำประกอบด้วย ความเค็มโดยใช้เครื่อง salinometer, อุณหภูมิน้ำวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท, 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)

5.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างโดยการสุ่มเก็บเนื้อเยื่อตับ จากตัวอย่างกุ้งขาวจากทุกชุดการ การทดลองละ 6 ตัว มาแช่ในสารละลาย บูแอง (Bouin's fluid) 1 สัปดาห์ แล้วเปลี่ยนน้ำยาดองเป็นแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปผ่านกรรมวิธีเตรียมเนื้อเยื่อของ Humason (1972) เนื้อเยื่อตับถูกตัดให้มีความหนา 3-4 ไมโครเมตร แล้วย้อมด้วยสี Hematoxylin Eosin (HE) (Bancroft, 1967) จากนั้นนำตัวอย่างไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อเปรียบกันในแต่ละชุดการทดลอง

5.5 การศึกษาองค์ประกอบเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดจากกุ้งตัวอย่างที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ ครบ 16 สัปดาห์ ชุดการทดลองละ 10 ตัว โดยใช้เข็มขนาด 20-25G ยาว 1 นิ้ว และกระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 1 มิลลิลิตร เจาะเลือดจากบริเวณขาเดินคู่ที่ 3 (รูปผนวกที่ 16) ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลายทริปแพนบลู (trypan blue) 0.15 % ในน้ำเกลือ 2.5 % ผสมให้เข้ากันในหลอดพลาสติก หลังจากนั้นนำไปนับเซลล์เม็ดเลือดทั้งหมดโดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ (haemacytometer) (รูปผนวกที่ 17) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แล้วคำนวณปริมาณเม็ดเลือดทั้งหมด(Total hemocytes count) เป็นเซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปผนวกที่ 18) ตามวิธีการที่รายงานใน กิจการ และสิทธิ (2538) โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

ปริมาตรของฮีมาไซโตมิเตอร์ = กว้าง X ยาว X สูง

= 1มม. X 1มม. X 0.1มม.

= 0.1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ($มม^3$)

จำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง/ลูกบาศก์มิลลิเมตร = เซลล์เม็ดเลือดที่นับได้

จำนวนเซลล์เม็ดเลือด/มิลลิลิตร = เซลล์เม็ดเลือดที่นับได้ X 10^4

5.6 การศึกษาต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม (unit feeding cost) โดยสมการ

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

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาหาค่า การเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่าง treatment ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test: DMRT (Steel and Torrie, 1980) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 ทดลองใช้ปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่เหมาะสม (จากการทดลองที่ 1) เป็นส่วนผสมในอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารต่างกันต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของ องค์ประกอบของเลือด และการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยาของกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานเป็นดังนี้

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Compleately Randomized Design; CRD) โดยแบ่งเป็น 7 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองประกอบไปด้วยบ่อทดลอง 3 ซ้ำ ทั้งหมด 21 บ่อทดลอง ระยะเวลาเลี้ยง 16 สัปดาห์ โดยศึกษาระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารที่ต่างกัน 7 ระดับ คือ 2,900, 3,100, 3,300, 3,500, 3,700, 3,900 และ 4,100 Kcal /1 kg

2. การเตรียมระบบเลี้ยง

บ่อที่ใช้ทดลองเลี้ยงเป็นบ่อซีเมนต์ขนาด 1.5 X 2 X 1.2 เมตร ทำความสะอาด เติมน้ำทะเลที่สะอาดลึก 0.8 เมตร ดังนั้นจะมีปริมาตรน้ำในบ่อทดลองเท่ากับ 2.4 ตัน มีการให้อากาศในบ่อทดลองตลอดเวลาโดยใช้สายยางและหัวทราย ปิดปากบ่อเพื่อพรางแสงบางส่วนด้วยกระเบื้องมุงหลังคาเหมือนการทดลองที่ 1

3. การเตรียมกุ้งทดลอง

นำลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะ P10 จากฟาร์มเพาะและอนุบาลลูกกุ้งของเอกชน มาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาดความจุน้ำ 6 ตัน (1.5 X 4 X 1 เมตร) ให้อาหารสำเร็จรูปทางการค้าวันละ 2 ครั้ง จนกระทั้งลูกกุ้งเคยชินกับอาหารเม็ด อนุบาลลูกกุ้งเป็นระยะเวลา 10 วันจนได้ลูกกุ้งระยะ P20 หลังจากนั้นสุ่มกุ้งไปเลี้ยงในบ่อทดลอง จำนวน 200 ตัว (ความหนาแน่นประมาณ 65 ตัว/ตารางเมตร) เหมือนการทดลองที่ 1

4. การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารทดลองมี 7 สูตร โดยจัดเตรียมอาหารเม็ดแบบชื้น วัตถุดิบที่ใช้คือ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด ปลายข้าว สารเหนียว น้ำมันปลา น้ำมันพืช วิตามินผสม และแร่ธาตุรวม (premix) ผสมกับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารเหมือนกันทุกสูตร แต่มีปริมาณแตกต่างกันตามสูตรดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารสูตรที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) 2,900 Kcal /1 kg
สูตรที่ 2 อาหารสูตรที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) 3,100 Kcal /1 kg
สูตรที่ 3 อาหารสูตรที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) 3,300 Kcal /1 kg
สูตรที่ 4 อาหารสูตรที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) 3,500 Kcal /1 kg
สูตรที่ 5 อาหารสูตรที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) 3,700 Kcal /1 kg
สูตรที่ 6 อาหารสูตรที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) 3,900 Kcal /1 kg
สูตรที่ 7 อาหารสูตรที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) 4,100 Kcal /1 kg

ขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง ซึ่งเหมือนกับการทดลองที่ 1 ดังนี้

นำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียดแล้วเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ชั่งให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณไว้ในแต่ละสูตร (ตารางที่ 4) ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงค่อย ๆ เติมน้ำมันลงไปทีละน้อย และเปิดเครื่องผสมอาหารเป็นเวลา 5 นาที

ตารางที่ 4 สูตรอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg) ระดับต่าง ๆ ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม สำหรับการทดลองที่ 2

วัตถุดิบ (กรัม)	สูตรอาหารที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg)						
	1 (2,900)	2 (3,100)	3 (3,300)	4 (3,500)	5 (3,700)	6 (3,900)	7 (4,100)
ปลาป่น	44.74	44.70	44.71	44.72	44.73	44.74	44.75
กากถั่วเหลือง	22.37	22.35	22.35	22.36	22.37	22.37	22.38
รำละเอียด	0.49	0.70	0.65	0.60	0.55	0.51	0.46
ปลายข้าว	0.49	0.70	0.65	0.60	0.55	0.51	0.46
กากปาล์ม	30	30	30	30	30	30	30
น้ำมันปลา	0.45	1.60	2.8	4	5.2	6.4	7.6
น้ำมันพืช	0.45	1.60	2.8	4	5.2	6.4	7.6
วิตามินผสม	2	2	2	2	2	2	2
Premix*	3	3	3	3	3	3	3
Alfa starch	4	4	4	4	4	4	4
โปรตีน(%)	40	40	40	40	40	40	40
ไขมัน (%)	7.62	9.94	12.33	14.73	17.13	19.52	21.92
DE(Kcal/100g)	2,900	3,100	3,300	3,500	3,700	3,900	4,100
ราคา/กก.	18.55	19.84	21.16	22.49	23.81	25.80	26.46

* Premix (สารผสมล่วงหน้า) ประกอบด้วยวิตามินและแร่ธาตุในปริมาณ/อาหาร 1 กก. ดังต่อไปนี้ vitamin A 1,000 หน่วยสากลต่อมิลลิกรัม; vitamin D_3 250 หน่วยสากลต่อมิลลิกรัม; vitamin E 5 หน่วยสากลต่อมิลลิกรัม; vitamin B_1 2,000 มิลลิกรัม; vitamin B_2 800 มิลลิกรัม; vitamin B_6 2,000 มิลลิกรัม; vitamin B_{12} 1 มิลลิกรัม; vitamin C 10,000 มิลลิกรัม; panthothenic acid 300 มิลลิกรัม; nicotinic acid 5,000 มิลลิกรัม; folic acid 200 มิลลิกรัม; biotin 2 มิลลิกรัม; iron 500 มิลลิกรัม; zinc 7,000 มิลลิกรัม; manganese 800 มิลลิกรัม; selenium 10 มิลลิกรัม; lysine 15,000 มิลลิกรัม; methionine 3,000 มิลลิกรัม

แล้วค่อย ๆ เติมน้ำสะอาดในปริมาตร 35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร เปิดเครื่องอีกครั้งนาน 10 นาที เมื่อวัตถุดิบอาหารผสมเข้ากันเป็นอย่างดี จึงนำเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหาร ที่มีหน้าแว่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำอาหารไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในโรงอบอาหารที่มีระบบการควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง ใช้มีดขนาดเล็กตัดเม็ดอาหารที่แห้งแล้วให้มีขนาดต่างกัน 2 ขนาด โดยนำเม็ดอาหารมาร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดเล็กจะลอดผ่านช่องตะแกรง เพื่อความเหมาะสมกับขนาดของกุ้งที่เลี้ยง เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 นำอาหารที่ผลิตแล้วทุกสูตรมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้น ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1990) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกซ์, nitrogen free extract, NFE) คำนวณได้จากสูตร 100 – (ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เยื่อใย) และคำนวณพลังงานในอาหาร (ดังตารางที่ 5)

การทดลองที่ 2 กำหนดให้มีระดับโปรตีน เท่ากันทุกชุดการทดลอง (สูตรอาหาร) โดยให้มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ พลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) ต่างกัน 7 ระดับ โดยพลังงานได้คำนวณโดยใช้ค่าต่าง ๆ คือ 4.5 กิโลแคลอรีสำหรับโปรตีน 1 กรัม 8.4 กิโลแคลอรีสำหรับไขมัน 1 กรัม และ 2.1 กิโลแคลอรีสำหรับคาร์โบไฮเดรต 1 กรัม (วิมล และคณะ, 2535)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) ระดับต่าง ๆ

สูตรอาหาร	องค์ประกอบทางเคมี (%)					
	โปรตีน	ไขมัน	ความชื้น	เถ้า	เยื่อใย	NFE
1 (2,900)	40.03±0.18	7.26±0.08	5.81±0.10	8.98±0.02	12.04±0.67	25.88
2 (3,100)	39.98±1.13	8.42±0.16	5.63±0.09	9.08±0.09	11.96±0.35	24.93
3 (3,300)	40.01±0.60	9.87±0.15	5.40±0.14	9.12±0.05	11.90±0.97	23.70
4 (3,500)	40.01±0.96	11.23±0.25	5.17±0.12	9.06±0.02	11.95±1.03	22.58
5 (3,700)	40.02±0.61	13.31±0.15	4.82±0.29	9.10±0.08	12.02±1.10	20.73
6 (3,900)	40.05±0.23	16.52±0.09	4.36±0.14	9.13±0.03	12.00±0.92	17.94
7 (4,100)	40.09±0.38	19.92±0.10	4.05±0.18	8.99±0.06	11.98±0.83	14.97

หมายเหตุ : ในวงเล็บคือ ระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE ; Kcal/Kg)

5. การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1 อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหารทั้ง 7 สูตรในทุกบ่อการทดลองตามแผนการทดลองที่วางไว้ ให้อาหารทุกวัน วันละ 2 มื้อ (เช้า – เย็น) โดยการใส่อาหารในยอ ตลอดการทดลอง และปรับปริมาณการกินอาหารตามปริมาณอาหารที่เหลือในยอ บันทึกข้อมูลน้ำหนักอาหารเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ต่อไป

5.2. การศึกษาการเจริญเติบโต และอัตรารอดตาย

ทำการสุ่มตัวอย่างกุ้งขาวแวนนาไม จากทุกชุดการทดลอง จำนวน 40 ตัว/บ่อ เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาวทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 เดือน (16 สัปดาห์) และ นำมาศึกษาการเจริญเติบโต (ในรูปค่าเฉลี่ยของข้อมูล) นำมาคำนวณค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR, % ต่อวัน) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %) และอัตรารอดตาย (survival rate, %) โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

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

น้ำหนักกุ้งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น = น้ำหนักกุ้งทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - น้ำหนักเริ่มต้น

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

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

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

5.3. การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ในระหว่างการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลองโดยดัชนีที่จะใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำประกอบด้วย ความเค็มโดยใช้เครื่อง salinometer, อุณหภูมิน้ำวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท, 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)

5.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างโดยการสุ่มเก็บเนื้อเยื่อตับ จากตัวอย่างกุ้งขาวจากทุกชุดการ การทดลองละ 6 ตัว มาแช่ในสารละลาย บูแอง (Bouin's fluid) 1 สัปดาห์ แล้วเปลี่ยนน้ำยาดองเป็นแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปผ่านกรรมวิธีเตรียมเนื้อเยื่อของ Humason (1972) เนื้อเยื่อตับถูกตัดให้มีความหนา 3-4 ไมโครเมตร แล้วย้อมด้วยสี Hematoxylin Eosin (HE) (Bancroft, 1967) จากนั้นนำตัวอย่างไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อเปรียบกันในแต่ละชุดการทดลอง

5.5 การศึกษาองค์ประกอบเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดจากกุ้งตัวอย่างที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ ครบ 16 สัปดาห์ ชุดการทดลองละ 10 ตัว โดยใช้เข็มขนาด 20-25G ยาว 1 นิ้ว และกระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 1 มิลลิลิตร เจาะเลือดจากบริเวณขาเดินคู่ที่ 3 ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลายทริปแพนบลู (trypan blue) 0.15 % ในน้ำเกลือ 2.5 % ผสมให้เข้ากันในหลอดพลาสติก หลังจากนั้นนำไปนับเซลล์เม็ดเลือดทั้งหมดโดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ (haemacytometer) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แล้วคำนวณปริมาณเม็ดเลือดทั้งหมด(Total hemocytes count) เป็นเซลล์ต่อมิลลิลิตรตามวิธีการที่รายงานใน กิจการ และสิทธิ (2538) โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

ปริมาตรของฮีมาไซโตมิเตอร์ = กว้าง X ยาว X สูง

= 1มม. X 1มม. X 0.1มม.

= 0.1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ($มม^3$)

จำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง/ลูกบาศก์มิลลิเมตร = เซลล์เม็ดเลือดที่นับได้

จำนวนเซลล์เม็ดเลือด/มิลลิลิตร = เซลล์เม็ดเลือดที่นับได้ X 10^4

5.6 การศึกษาต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม (unit feeding cost) โดยสมการ

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

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาหาค่า การเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่าง treatment ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test: DMRT (Steel and Torrie, 1980) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

7. สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ในปีงบประมาณ 2552

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในปริมาณที่ต่างกัน เป็นส่วนผสมในอาหาร 7 ระดับ (สูตรอาหาร) คือ สูตรที่ 1 (PKC 0%), สูตรที่ 2 (PKC 5%), สูตรที่ 3 (PKC 10%), สูตรที่ 4 (PKC 15%), สูตรที่ 5 (PKC 20%), สูตรที่ 6 (PKC 25%) และ สูตรที่ 7 (PKC 30%) ให้ผลการทดลอง ดังนี้

การเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง 16 สัปดาห์ พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 6 และ รูปที่ 1 โดยที่น้ำหนักกุ้งขาวเฉลี่ยต่อตัวเมื่อเริ่มทดลองจนถึงสัปดาห์ที่ 2 ของแต่ละชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 0.06 ± 0.02 กรัม น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งขาวเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง เมื่อพิจารณาแต่ละระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน พบว่า ในสัปดาห์ที่ 12 และ 14 กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน สูตรที่ 1 (PKC 0%) มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด (6.85 ± 1.67 และ 10.36 ± 1.54 กรัม ตามลำดับ) แต่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7 (PKC 30%) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 6.83 ± 0.92 และ 10.18 ± 1.46 กรัม ตามลำดับ กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทั้งสูตรที่ 1 และ 7 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงกว่ากุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (PKC 5%), สูตรที่ 3 (PKC 10%), สูตรที่ 4 (PKC 15%), สูตรที่ 5 (PKC 20%) และสูตรที่ 6 (PKC 25%) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยในสัปดาห์ที่ 14 กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 8.98 ± 1.44, 8.28 ± 1.38, 8.78 ± 1.89, 8.38 ± 1.25 และ 9.28 ± 1.43 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสูตรที่ 2 กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ต่ำที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับ สูตรที่ 2, 4 และ 6 ส่วนกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2, 4 และ 6 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 16 พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ยังคงมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด (13.66 ± 2.24 กรัม) และมีน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 และ สูตรที่ 7 ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 13.34 ± 1.32 และ 13.53 ± 1.32 กรัม ตามลำดับ

แต่มีน้ำหนักต่อตัวเฉลี่ยแตกต่างจากกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3, 4, 5 และ 6 ($p<0.05$) ซึ่งมีน้ำหนักต่อตัวเฉลี่ย เท่ากับ 12.21 ± 1.42, 11.83 ± 1.62, 11.45 ± 1.49 และ 11.82 ± 1.43 กรัม ตามลำดับ โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (PKC 20%) มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด

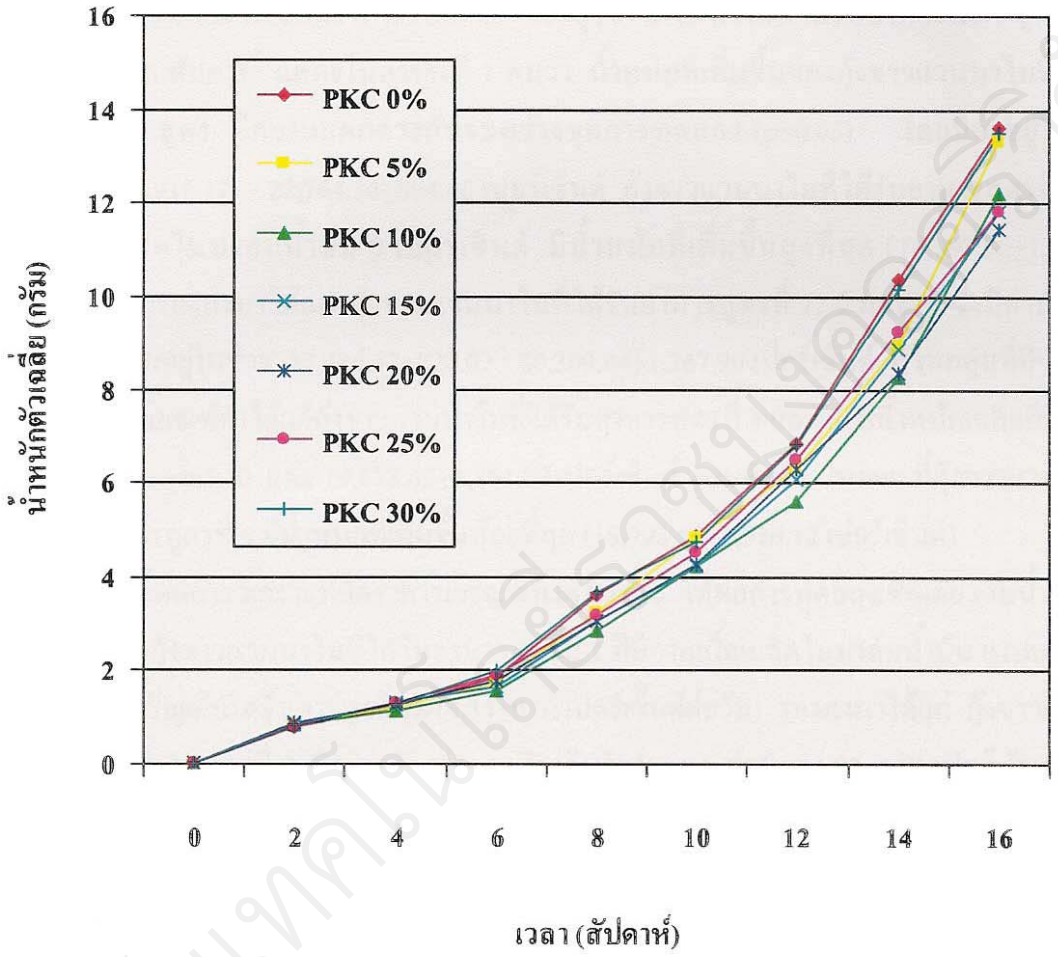
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

ระยะเวลา	สูตรอาหาร						
(สัปดาห์)	1 (0%)	2 (5%)	3 (10%)	4 (15%)	5 (20%)	6 (25%)	7 (30%)
เริ่มทดลอง	0.06±0.02^{a}	0.06±0.02^{a}	0.06±0.02^{a}	0.06±0.02^{a}	0.06±0.02^{a}	0.06±0.02^{a}	0.06±0.02^{a}
2	0.83±0.26^{a}	0.86±0.25^{a}	0.84±0.23^{a}	0.87±0.25^{a}	0.88±0.27^{a}	0.81±0.25^{a}	0.85±0.27^{a}
4	1.26±0.27^{bc}	1.23±0.27^{ab}	1.17±0.25^{a}	1.31±0.28^{c}	1.27±0.27^{bc}	1.33±0.25^{c}	1.27±0.30^{bc}
6	1.88±1.05^{c}	1.78±0.36^{bc}	1.59±0.32^{a}	1.69±0.36^{ab}	1.81±0.36^{bc}	1.91±0.37^{cd}	2.02±0.43^{d}
8	3.63±0.54^{c}	3.25±0.53^{b}	2.89±0.61^{a}	3.08±0.51^{b}	3.08±0.56^{b}	3.21±0.63^{b}	3.71±0.70^{c}
10	4.89±0.86^{c}	4.83±0.79^{c}	4.23±0.70^{a}	4.26±0.74^{a}	4.31±0.75^{a}	4.55±0.60^{b}	4.75±0.79^{bc}
12	6.85±1.67^{d}	6.31±1.08^{bc}	5.63±1.13^{a}	6.08±1.12^{b}	6.32±0.86^{bc}	6.54±0.97^{cd}	6.83±0.92^{d}
14	10.36±1.54^{d}	8.98±1.44^{c}	8.28±1.38^{a}	8.78±1.89^{bc}	8.38±1.25^{ab}	9.28±1.43^{c}	10.18±1.46^{d}
16	13.66±2.24^{c}	13.34±1.32^{c}	12.21±1.42^{b}	11.83±1.62^{ab}	11.45±1.49^{a}	11.82±1.43^{ab}	13.53±1.32^{c}

หมายเหตุ : ในวงเล็บ คือระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหาร

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวนอนโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)



รูปที่ 1 การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตาย

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตาย ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตร เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 7 พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตร มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง ($p<0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 18,993.56±1,916.12 - 22,764.36±804.46 เปอร์เซ็นต์ กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 0 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด (18,993.56±1,916.12 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาได้แก่ กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7, 2 และ 3 ซึ่งมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 22,486.42±220.02 - 20,309.84±1,367.99 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำได้แก่กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 และ 6 มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นคือ 19,682.33±465.70 และ 19,673.69±1,861.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (18,993.56±1,916.12 เปอร์เซ็นต์)

ส่วนผลการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด (4.55±0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) รองลงมาได้แก่ กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7 ซึ่งมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 4.53±0.01 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ในขณะที่กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะน้อยที่สุด (4.38±0.08 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) (ตารางที่ 7)

สำหรับอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยอยู่ในช่วง 81.87±9.24 - 86.00±5.54 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

สูตรอาหาร	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (% ต่อวัน)	อัตราการรอดตาย (%)
1 (0%)	0.06±0.02^{a}	13.66±2.24^{c}	22,764.36±804.46^{c}	4.55±0.03^{c}	86.00±5.54^{a}
2 (5%)	0.06±0.02^{a}	13.34±1.32^{c}	22,189.27±909.23^{c}	4.51±0.03^{c}	81.87±9.24^{a}
3 (10%)	0.06±0.02^{a}	12.21±1.42^{b}	20,309.84±1,367.99^{b}	4.43±0.06^{b}	83.73±6.18^{a}
4 (15%)	0.06±0.02^{a}	11.83±1.62^{ab}	19,682.33±465.70^{ab}	4.41±0.02^{ab}	83.07±3.00^{a}
5 (20%)	0.06±0.02^{a}	11.45±1.49^{a}	18,993.56±1,916.12^{a}	4.38±0.08^{a}	85.33±7.85^{a}
6 (25%)	0.06±0.02^{a}	11.82±1.43^{ab}	19,673.69±1,861.87^{ab}	4.40±0.08^{ab}	82.80±3.02^{a}
7 (30%)	0.06±0.02^{a}	13.53±1.32^{c}	22,486.42±220.02^{c}	4.53±0.01^{c}	83.83±5.23^{a}

หมายเหตุ : ในวงเล็บ คือระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหาร

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุนการผลิต

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุนการผลิต ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร แสดงในตารางที่ 8 พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าอยู่ในช่วง $1.67\pm0.08 - 1.86\pm0.13$ ซึ่งกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 มีอัตราการแลกเนื้อต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 1.67 ± 0.08 ส่วนกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเป็น 1.73 ± 0.20, 1.81 ± 0.19, 1.75 ± 0.64, 1.86 ± 0.13, 1.81 ± 0.26 และ 1.79 ± 0.13 ตามลำดับ

จากการคำนวณราคาค่าอาหารที่นำมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารทั้ง 7 สูตร พบว่า สูตรอาหารที่มีส่วนประกอบของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นจะทำให้อาหารมีราคาต่ำลง ดังตารางที่ 8 และจากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารสูตรต่าง ๆ ต่อการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม 1 กิโลกรัม พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง ($p<0.05$) (ตารางที่ 8) โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7 (PKC 30%) และสูตรที่ 6 มีต้นทุนค่าการผลิตกุ้งต่อหน่วยต่ำที่สุด (37.92 ± 3.26 และ 39.95 ± 2.43 บาท ตามลำดับ) รองลงมาได้แก่กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 มีต้นทุนค่าอาหาร เท่ากับ 41.28 ± 2.97 และ 42.62 ± 6.52 บาท ตามลำดับ ต่อการผลิตกุ้งขาว 1 กิโลกรัม ส่วนกลุ่มที่มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตสูงกว่านี้ได้แก่ กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ซึ่งมีต้นทุนค่าอาหาร เท่ากับ 43.27 ± 1.78 และ 44.31 ± 1.62 บาท ตามลำดับ ขณะที่กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (PKC 5%) มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูงที่สุด (44.50 ± 2.16 บาท)

ตารางที่ 8 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาค่าอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

สูตรอาหาร	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม)	ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักกุ้ง (บาทต่อกิโลกรัม)
1 (0%)	1.67 ± 0.08^{a}	25.84	43.27 ± 1.78^{b}
2 (5%)	1.73 ± 0.20^{a}	25.73	44.50 ± 2.16^{b}
3 (10%)	1.81 ± 0.19^{a}	24.70	44.31 ± 1.62^{b}
4 (15%)	1.75 ± 0.64^{a}	23.76	41.28 ± 2.97^{ab}
5 (20%)	1.86 ± 0.13^{a}	23.05	42.62 ± 6.52^{ab}
6 (25%)	1.81 ± 0.26^{a}	22.08	39.95 ± 2.43^{a}
7 (30%)	1.79 ± 0.13^{a}	21.16	37.92 ± 3.26^{a}

หมายเหตุ : -ในวงเล็บ คือระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหาร

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และองค์ประกอบเลือด

จากผลการศึกษาพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อตับของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ พบว่า ตรวจไม่พบความผิดปกติของพยาธิสภาพในเซลล์ตับกุ้งขาวแวนนาไมทุก ๆ ระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (รูปผนวกที่ 19 และ 20) โดยพบเซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ โครงสร้างท่อตับปกติ และมีการสะสมอาหารปกติ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเลือดของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ พบว่า ปริมาณเม็ดเลือดรวม (x 10^6 เซลล์ / มล.) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ มีค่าอยู่ในช่วง 229.54±67.55 - 254.23±58.82 x 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างทุกชุดการทดลอง ($p>0.05$) ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

สูตรอาหาร	ปริมาณเม็ดเลือดรวม (x 10^6 เซลล์ / มล.)
1 (0%)	251.37±74.42 [a]
2 (5%)	241.26±43.85 [a]
3 (10%)	229.80±68.46 [a]
4 (15%)	254.23±58.82 [a]
5 (20%)	229.54±67.55 [a]
6 (25%)	230.48±54.58 [a]
7 (30%)	244.27±52.12 [a]

หมายเหตุ : -ในวงเล็บ คือระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหาร

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง (ตารางที่ 10) พบว่า ความเค็มมีค่าอยู่ระหว่าง 20.22±0.94 - 22.29±1.10 อุณหภูมิ 27.89±1.25 - 29.32±0.42 ความเป็นกรดเป็นด่าง 7.72±0.16 - 8.26±0.48 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 6.96±0.32 - 7.27±0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 102.00±1.58 - 113.64±2.75 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 0.35±0.03 - 0.57±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.18±0.02 - 0.32±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่กุ้งขาวแวนนาไมสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตารางที่ 10 คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ด้วยอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

สูตรอาหาร	ความเค็ม (ppt)	อุณหภูมิ (°C)	ความเป็นกรดเป็นด่าง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1 (0%)	20.43±0.93	28.62±0.14	7.72±0.16	7.27±0.50	106.50±2.39	0.45±0.03	0.18±0.02
2 (5%)	22.29±1.10	29.32±0.42	7.81±0.60	7.13±0.39	108.45±3.47	0.38±0.04	0.21±0.04
3 (10%)	22.18±0.98	28.64±0.16	8.03±0.88	6.98±0.30	102.00±1.58	0.38±0.02	0.23±0.01
4 (15%)	20.39±0.09	28.36±0.47	8.24±0.28	7.04±0.38	109.34±1.27	0.42±0.01	0.28±0.04
5 (20%)	21.78±1.23	27.89±1.25	8.15±0.54	6.98±0.68	106.25±2.26	0.57±0.05	0.32±0.01
6 (25%)	20.52±0.83	29.20±0.94	7.95±0.63	6.96±0.32	113.64±2.75	0.35±0.03	0.19±0.01
7 (30%)	20.22±0.94	29.15±0.41	8.26±0.48	7.01±0.65	110.25±3.48	0.40±0.04	0.30±0.02

การทดลองที่ 2 ทดลองใช้ปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่เหมาะสม (จากการทดลองที่ 1 ซึ่งพบว่า ใช้ผสมในอาหารกุ้งขาวแวนนาไมที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์) เป็นส่วนผสมในอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารต่างกัน 7 ระดับ (7 สูตรอาหาร) คือ 2,900, 3,100, 3,300, 3,500, 3,700, 3,900 และ 4,100 Kcal /1 kg และมีระดับโปรตีน 40 % ให้ผลการทดลอง ดังนี้

การเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

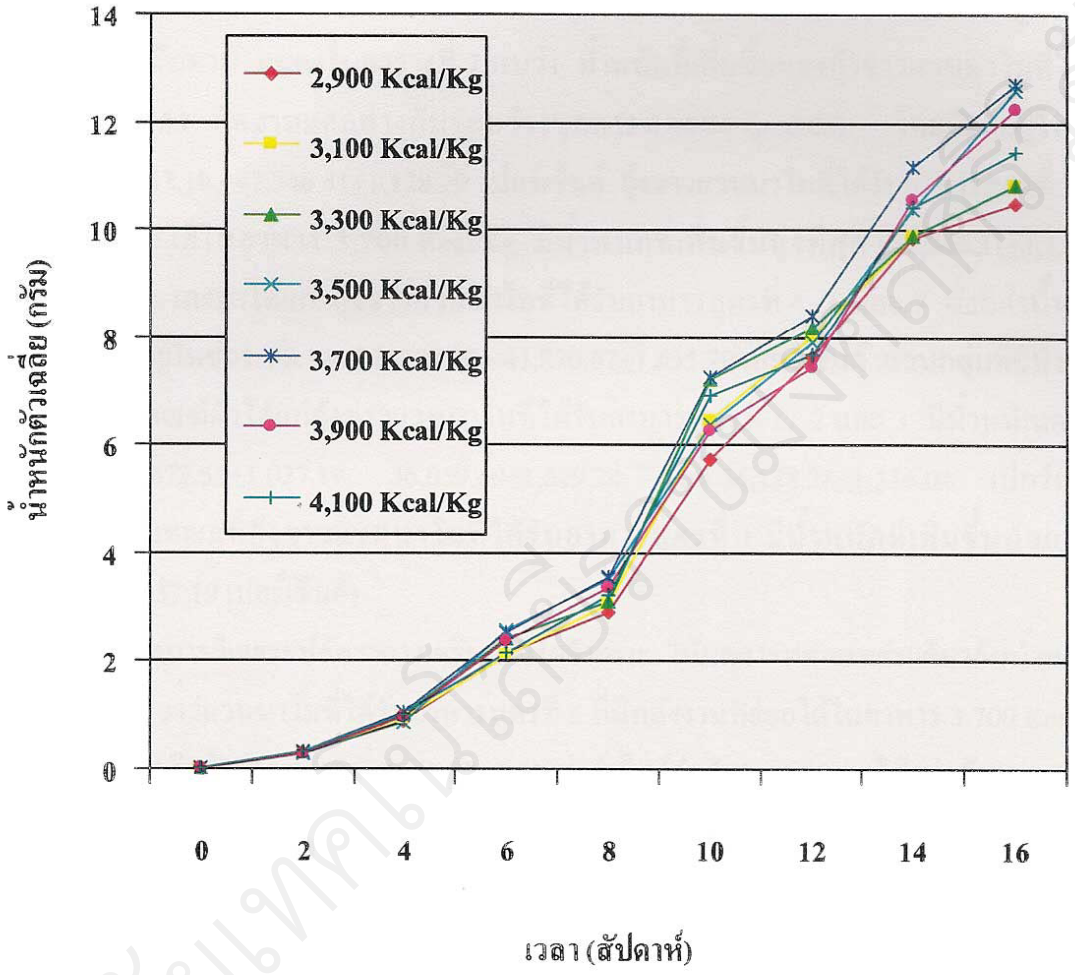
น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง 16 สัปดาห์ พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 11 และ รูปที่ 2 โดยที่น้ำหนักกุ้งขาวเฉลี่ยต่อตัวเมื่อเริ่มทดลองจนถึงสัปดาห์ที่ 2 ของแต่ละชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 0.03$\pm$0.02 กรัม น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งขาวเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง เมื่อพิจารณาอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) แต่ละระดับ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 12 กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (3,700 Kcal/kg) มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด (8.42$\pm$1.76 กรัม) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (2,900 Kcal/kg), สูตรที่ 2 (3,100 Kcal/kg), สูตรที่ 3 (3,300 Kcal/kg), สูตรที่ 4 (3,500 Kcal/kg), สูตรที่ 6 (3,900 Kcal/kg) และ สูตรที่ 7 (4,100 Kcal/kg) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 7.66$\pm$3.98, 8.07$\pm$1.82, 8.18$\pm$1.72, 7.93$\pm$1.78, 7.44$\pm$2.01 และ 7.68$\pm$1.71 กรัม ตามลำดับ โดยในสัปดาห์ที่ 14 กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4, 6 และ 7 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 10.39$\pm$1.98, 10.59$\pm$1.66, และ 10.44$\pm$2.30 กรัม ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับอาหารสูตรที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งสูตรที่ 1 กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ต่ำที่สุด เท่ากับ 9.86$\pm$2.30 กรัม และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 16 พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 ยังคงมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด (12.71$\pm$2.00 กรัม) และมีน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 12.59$\pm$1.88 แต่มีน้ำหนักต่อตัวเฉลี่ยแตกต่างจากกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3, 6 และ 7 ($p<0.05$) ซึ่งมีน้ำหนักต่อตัวเฉลี่ย เท่ากับ 10.49$\pm$2.09, 10.84$\pm$2.31, 10.86$\pm$2.20, 12.26$\pm$2.58 และ 11.46$\pm$2.34 กรัม ตามลำดับ โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (2,900 Kcal/kg) มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด

ตารางที่ 11 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) ระดับต่าง ๆ เป็น เวลา 16 สัปดาห์

ระยะเวลา	สูตรอาหาร (DE; Kcal/Kg)						
(สัปดาห์)	1 (2,900)	2 (3,100)	3 (3,300)	4 (3,500)	5 (3,700)	6 (3,900)	7 (4,100)
เริ่มทดลอง	0.03±0.02 ^{a}	0.03±0.02 ^{a}	0.03±0.02 ^{a}	0.03±0.02 ^{a}	0.03±0.02 ^{a}	0.03±0.02 ^{a}	0.03±0.02 ^{a}
2	0.35±1.14 ^{a}	0.31±0.11 ^{a}	0.34±0.19 ^{a}	0.32±0.14 ^{a}	0.35±0.17 ^{a}	0.31±0.11 ^{a}	0.36±0.16 ^{a}
4	0.93±0.38 ^{a}	0.94±0.38 ^{a}	1.04±0.72 ^{a}	0.89±0.35 ^{a}	1.07±0.41 ^{a}	0.98±0.31 ^{a}	1.04±0.39 ^{a}
6	2.16±0.84 ^{ab}	2.13±0.73 ^{a}	2.44±0.56 ^{bc}	2.58±0.51 ^{c}	2.54±0.70 ^{bc}	2.39±0.57 ^{abc}	2.17±0.48 ^{ab}
8	2.44±1.43 ^{a}	3.07±1.03 ^{ab}	3.12±1.01 ^{ab}	3.54±1.08 ^{d}	3.59±1.13 ^{d}	3.38±1.14 ^{bc}	3.22±0.96 ^{abc}
10	5.75±1.58 ^{a}	6.47±1.77 ^{abc}	7.23±1.75 ^{c}	6.38±1.66 ^{ab}	7.25±0.70 ^{c}	6.28±1.91 ^{ab}	6.93±1.61 ^{bc}
12	7.66±3.98 ^{b}	8.07±1.82 ^{c}	8.18±1.70 ^{c}	7.93±1.78 ^{bc}	8.42±1.76 ^{d}	7.44±2.01 ^{a}	7.68±1.71 ^{b}
14	9.86±2.30 ^{a}	9.91±1.93 ^{a}	9.91±2.23 ^{a}	10.39±1.98 ^{b}	11.17±1.88 ^{c}	10.59±1.66 ^{b}	10.44±2.30 ^{b}
16	10.49±2.09 ^{a}	10.84±2.31 ^{a}	10.86±2.20 ^{a}	12.59±1.88 ^{cd}	12.71±2.00 ^{d}	12.26±2.58 ^{c}	11.46±2.34 ^{b}

หมายเหตุ : ในวงเล็บ คือระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวนอนโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)



รูปที่ 2 การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg) ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตาย

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตาย ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตร เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 7 พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตร มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง ($p<0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 34,672.51±1,037.19 - 42,346.31±1,128.20 เปอร์เซ็นต์ กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 ที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร 3,700 Kcal/Kg มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด (42,346.31±1,128.20 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาได้แก่ กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4, 6 และ 7 ซึ่งมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 38,124.27±797.02 - 41,870.67±1,635.29 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำได้แก่กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2 และ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นคือ 34,672.51±1,037.19, 36,059.60±1,529.74 และ 36,128.28±1,316.04 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (34,672.51±1,037.19 เปอร์เซ็นต์)

ส่วนผลการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 ที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร 3,700 Kcal/Kg มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด (5.08±0.01 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) รองลงมาได้แก่ กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 ซึ่งมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 5.07±0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ในขณะที่กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะน้อยที่สุด (4.86±0.02 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) (ตารางที่ 12)

สำหรับอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยอยู่ในช่วง 84.78±4.82 - 89.24±3.20 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg) ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

สูตรอาหาร	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (% ต่อวัน)	อัตราการรอดตาย (%)
1 (2,900)	0.03±0.02^{a}	10.49±2.09^{a}	34,672.51±1,037.19^{a}	4.86±0.02^{a}	85.83±5.69^{a}
2 (3,100)	0.03±0.02^{a}	10.84±2.31^{a}	36,059.60±1,529.74^{a}	4.93±0.04^{a}	89.17±6.34^{a}
3 (3,300)	0.03±0.02^{a}	10.86±2.20^{a}	36,128.28±1,316.04^{a}	4.94±0.03^{a}	86.67±3.72^{a}
4 (3,500)	0.03±0.02^{a}	12.59±1.88^{cd}	41,870.67±1,635.29^{cd}	5.07±0.03^{cd}	89.24±3.20^{a}
5 (3,700)	0.03±0.02^{a}	12.71±2.00^{d}	42,346.31±1,128.20^{d}	5.08±0.01^{d}	85.78±5.54^{a}
6 (3,900)	0.03±0.02^{a}	12.26±2.58^{c}	40,746.50±1,067.97^{c}	5.05±0.02^{c}	84.78±4.82^{a}
7 (4,100)	0.03±0.02^{a}	11.46±2.34^{b}	38,124.27±797.02^{b}	4.99±0.02^{b}	87.34±6.58^{a}

หมายเหตุ : ในวงเล็บ คือระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุนการผลิต

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุนการผลิต ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร แสดงในตารางที่ 13 พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg) ระดับต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าอยู่ในช่วง $1.61\pm0.23 - 1.77\pm0.16$ ซึ่งกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 มีอัตราการแลกเนื้อต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 1.61 ± 0.23 ส่วนกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5, และ 7 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเป็น 1.77 ± 0.16, 1.72 ± 0.32, 1.69 ± 0.13, 1.70 ± 0.11, 1.66 ± 0.18 และ 1.74 ± 0.08 ตามลำดับ

จากการคำนวณราคาค่าอาหารที่นำมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารทั้ง 7 สูตร พบว่า สูตรอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารเพิ่มขึ้น จะทำให้อาหารมีราคาเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ดังตารางที่ 13 และจากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารสูตรต่าง ๆ ต่อการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม 1 กิโลกรัม พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง ($p<0.05$) (ตารางที่ 13) โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2 และสูตรที่ 3 มีต้นทุนค่าการผลิตกุ้งต่อหน่วยต่ำที่สุด (33.94 ± 1.42, 34.68 ± 3.43 และ 35.68 ± 1.85 บาท ตามลำดับ) รองลงมาได้แก่กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 มีต้นทุนค่าอาหาร เท่ากับ 38.42 ± 2.23 และ 39.43 ± 1.61 บาท ตามลำดับ ต่อการผลิตกุ้งขาว 1 กิโลกรัม ส่วนกลุ่มที่มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตสูงกว่านี้ได้แก่ กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 และสูตรที่ 7 ซึ่งมีต้นทุนค่าอาหาร เท่ากับ 41.97 ± 2.64 และ 46.15 ± 3.76 บาท ตามลำดับ ขณะที่กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7 (4,100 Kcal/Kg) มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูงที่สุด (46.15 ± 3.76 บาท)

ตารางที่ 13 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาค่าอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg) ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

สูตรอาหาร	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม)	ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักกุ้ง (บาทต่อกิโลกรัม)
1 (2,900)	1.77 ± 0.16^{a}	18.55	33.94 ± 1.42^{a}
2 (3,100)	1.72 ± 0.32^{a}	19.84	34.68 ± 3.43^{a}
3 (3,300)	1.69 ± 0.13^{a}	21.16	35.68 ± 1.85^{a}
4 (3,500)	1.70 ± 0.11^{a}	22.49	38.42 ± 2.23^{ab}
5 (3,700)	1.66 ± 0.18^{a}	23.81	39.43 ± 1.61^{ab}
6 (3,900)	1.61 ± 0.23^{a}	25.80	41.97 ± 2.64^{b}
7 (4,100)	1.74 ± 0.08^{a}	26.46	46.15 ± 3.76^{b}

หมายเหตุ : -ในวงเล็บ คือระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg)

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และองค์ประกอบเลือด

จากผลการศึกษาพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อตับของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg) ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ตรวจไม่พบความผิดปกติของพยาธิสภาพในเซลล์ตับกุ้งขาวแวนนาไมทุก ๆ ระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg) (รูปผนวกที่ 21 และ 22) โดยพบเซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ โครงสร้างท่อตับปกติ และมีการสะสมอาหารปกติ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเลือดของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ พบว่า ปริมาณเม็ดเลือดรวม (x 10^6 เซลล์ / มล.) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ มีค่าอยู่ในช่วง 202.89±80.54 - 264.78±49.02 x 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างทุกชุดการทดลอง ($p>0.05$) ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg) ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

สูตรอาหาร	ปริมาณเม็ดเลือดรวม (x 10^6 เซลล์ / มล.)
1 (2,900)	202.89±80.54 [a]
2 (3,100)	231.11±43.72 [a]
3 (3,300)	226.00±79.76 [a]
4 (3,500)	241.89±57.70 [a]
5 (3,700)	227.56±77.05 [a]
6 (3,900)	240.67±64.77 [a]
7 (4,100)	264.78±49.02 [a]

หมายเหตุ : -ในวงเล็บ คือระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg)

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง (ตารางที่ 15) พบว่า ความเค็มมีค่าอยู่ระหว่าง 14.25±0.83 - 17.28±1.52 อุณหภูมิ 27.57±0.24 - 29.47±0.32 ความเป็นกรดเป็นด่าง 7.59±0.94 - 8.15±0.35 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 6.78±0.26 - 7.67±0.71 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 96.95±1.24 - 110.25±2.76 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 0.35±0.02 - 0.52±0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.20±0.03 - 0.36±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่กุ้งขาวแวนนาไมสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตารางที่ 15 คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ด้วยอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE; Kcal/Kg) ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

สูตรอาหาร	ความเค็ม (ppt)	อุณหภูมิ (°C)	ความเป็นกรดเป็นด่าง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1 (2,900)	14.25±0.83	27.57±0.24	7.91±0.13	7.67±0.71	110.25±2.76	0.39±0.01	0.28±0.01
2 (3,100)	16.31±1.04	28.69±0.53	8.14±0.68	7.48±0.34	106.32±1.94	0.35±0.02	0.26±0.02
3 (3,300)	15.25±0.35	28.36±0.41	8.01±0.65	7.05±0.52	96.95±1.24	0.35±0.03	0.34±0.03
4 (3,500)	15.47±0.12	29.47±0.32	7.59±0.94	6.78±0.26	102.78±1.04	0.40±0.01	0.26±0.04
5 (3,700)	17.28±1.52	28.76±1.03	8.13±0.57	6.95±0.63	106.75±1.45	0.52±0.04	0.31±0.03
6 (3,900)	15.52±0.75	29.04±0.27	8.04±0.75	7.14±0.38	105.17±2.41	0.38±0.05	0.20±0.03
7 (4,100)	14.28±0.84	29.41±0.29	8.15±0.35	7.08±0.41	104.48±2.82	0.42±0.02	0.36±0.01

วิจารณ์

จากผลการทดลองครั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าการเจริญเติบโต จะเห็นได้ว่า กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันผสมในปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ให้การเจริญเติบโตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันผสมในสูตรอาหาร และมีการเจริญเติบโตดีเทียบเท่ากับกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์กากปาล์ม) ที่มีปริมาณปลาป่น และกากถั่วเหลืองสูงสุด โดยสามารพิจารณาได้จากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ รวมถึงน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เป็นระดับที่ใกล้เคียงกับการทดลองของ นิรุทธิ์ (2544) ที่ทดลองเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารที่มีระดับพลังงานไม่เกิน 3,600 กิโลคาลอรีต่อกิโลกรัม เลี้ยงปลานิล พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มว่ามีการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 0 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และได้แนะนำว่า การเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลานิล ทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ เมื่อพิจารณาถึงระดับของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหาร ที่ระดับ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ จะมีการเจริญเติบโตต่ำกว่าที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับของไขมันในอาหารที่กุ้งขาวแวนนาไมได้รับแตกต่างกัน ซึ่งจากการวิเคราะห์อาหารสูตรต่าง ๆ ที่ผลิตขึ้น พบว่า มีระดับไขมันเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยที่ระดับของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณไขมัน 9.71 ± 0.87 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าสูตรอาหารอื่น ๆ ซึ่งระดับไขมันดังกล่าวสูงพอที่จะทำให้กุ้งขาวแวนนาไมมีการเจริญเติบโตดีกว่ากุ้งขาวที่ได้รับอาหารในสูตรอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bautista (1986) รายงานว่า อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำควรมีปริมาณของไขมัน 5 – 10 เปอร์เซ็นต์ หรือ 11.7 เปอร์เซ็นต์ (Mendoza, 1982) สำหรับกุ้งวัยรุ่น ดังนั้นสัดส่วนของโปรตีนและไขมันในอาหารย่อมส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ในทุกสูตรอาหารจะมีระดับของโปรตีนเท่ากัน คือ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่จะต่างกันที่ระดับไขมันในอาหารแต่ละสูตร โดยชุดการทดลองที่มีระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารที่ผลิต พบว่ามีสัดส่วนระหว่างโปรตีนและไขมัน เท่ากับ 40:9.71 ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ อัตรา (2547) ที่ได้ทำการศึกษาผลของสัดส่วนระหว่างโปรตีนต่อไขมันที่ระดับต่าง ๆ กัน ในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลากะรังดอก

แดง โดยเลี้ยงปลากะรังดอกแดงด้วยอาหารเม็ดแห้งจำนวน 9 สูตร ที่มีสัดส่วนระหว่างโปรตีนต่อไขมันในอาหารเท่ากับ 43/13, 43/17, 43/21, 48/13, 48/17, 48/21, 53/13, 53/17 และ 53/21 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เลี้ยงปลากะรังดอกแดงที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 6.20 กรัม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุด การทดลองพบว่า ปลากะรังดอกแดงที่ได้รับอาหารสูตรที่มีสัดส่วนระหว่างโปรตีน/ไขมัน 43/17 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด

เมื่อทำการทดลองที่ 2 โดยใช้ระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารเท่ากันทุกสูตร คือ 30 เปอร์เซ็นต์ (ผลจากการทดลองที่ 1) มีระดับโปรตีนเท่ากันทุกสูตร คือ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างกันที่ระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) 7 ระดับคือ 2,900, 3,100, 3,300, 3,500, 3,700, 3,900 และ 4,100 กิโลคาลอรีต่อกิโลกรัม พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารสูตรที่ 5 (3,700 กิโลคาลอรีต่อกิโลกรัม) มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด และจากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มระดับพลังงานให้สูงขึ้น การเจริญเติบโตจะเพิ่มสูงขึ้นตามระดับพลังงานจนถึงระดับที่เหมาะสม และจะเริ่มลดลงเมื่อระดับพลังงานในอาหารเพิ่มขึ้นมากจนเกินไป ดังนั้นผลจากการทดลองครั้งนี้พอจะสรุปได้ว่า ระดับพลังงานในอาหารที่ 3,700 กิโลคาลอรีต่อกิโลกรัม เป็นระดับพลังงานที่เหมาะสมในอาหารที่มีการผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเริ่มต้นที่ 0.03±0.02 กรัม เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ซึ่งระดับพลังงานที่เหมาะสมในอาหารจะมีความแตกต่างกันไปในสัตว์สัตว์น้ำแต่ละชนิด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sedgwick (1979) ซึ่งรายงานว่าอาหารที่มีพลังงานมากเกินไปทำให้กุ้งแชบ๊วยกินอาหารได้น้อยลง แล้วส่งผลให้กุ้งได้รับโปรตีนและสารอาหารที่จำเป็นอื่น ๆ น้อยลงตามไปด้วย และ Lim and Pascual (1979) พบว่า กุ้งกุลาดำวัยรุ่นขนาดหนักประมาณ 1 กรัม เจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 38% พลังงาน 3,200-3,600 กิโลคาลอรีต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อคิดเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักระหว่างพลังงานกับโปรตีนจะได้เท่ากับ 8.4-9.5 : 1 พลังงานจำนวนนี้กุ้งควรได้รับอย่างเพียงพอจากคาร์โบไฮเดรตและไขมัน และระดับพลังงานในอาหารจากการทดลองครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับรายงานในกุ้งกุลาดำ ของ เปี่ยมศักดิ์ (2534) รายงานว่า ในปัจจุบันอาหารกุ้งส่วนใหญ่จะมีพลังงานแปรผันอยู่ในช่วง 3 –4 กิโลแคลอรี/กรัม อาหารกุ้งกุลาดำที่ดีควรมีพลังงาน 3.3 กิโลแคลอรี/กรัม ซึ่งจะสอดคล้องกับการทดลองของ Alava และ Lim (1983) ซึ่งพบว่า พลังงานรวมของอาหารกุ้งกุลาดำที่เหมาะสม ควรมีค่า 330 กิโลแคลอรี/100 กรัม เพราะจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดดีที่สุด

สรุป

จากการศึกษาผลของการทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในอาหารที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารต่างกันต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม สามารถสรุปได้ดังนี้

1. สูตรอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร 3,700 กิโลคาลอรีต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นสูตรอาหารที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม โดยระดับดังกล่าวนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อ พยาธิสภาพของเนื้อเยื่อตับ และองค์ประกอบเลือด

2. ต้นทุนการผลิตอาหารและต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม ของอาหารสูตรที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำที่สุด ส่วนต้นทุนการผลิตอาหารและต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม ของอาหารที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร 3,700 กิโลคาลอรีต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นสูตรอาหารที่ไม่มีค่าต่ำสุด แต่ให้ผลการเจริญเติบโตสูงที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาต่อไปถึงเรื่องของประสิทธิภาพการย่อยอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม ที่มีระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ อีกครั้ง เพื่อจะได้เป็นผลยืนยันที่แน่นอนของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่สามารถใช้เป็นส่วนผสมในอาหารที่เหมาะสม เพื่อที่จะช่วยลดในเรื่องของต้นทุนในการผลิตอาหารกุ้งต่อไป

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงวัสดุที่จะนำมาใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิตอาหาร และช่วยในเรื่องของการกระตุ้นการกินอาหาร เช่น วัสดุเศษเหลือจากโรงงานผลิตอาหารปลาทะเล เช่น เศษเหลือของเครื่องในปลา และน้ำนึ่งปลาที่เหลือจากขบวนการผลิต เพื่อใช้เป็นสูตรอาหารที่สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารต่อไป

เอกสารอ้างอิง

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

คณิต ไชยาคำ และบุญส่ง สิริกุล. 2523. การทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยอาหารผสมสูตรต่าง ๆ กันในบ่อดิน. เอกสารทางวิชาการกองประมงน้ำกร่อย, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 14 น.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2546. ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจก่อนเลี้ยง. น. 163 – 166. *ใน* กุ้งขาว อินเทคค์. วารสารริมบ่อฉบับพิเศษ, แลบอินเตอร์. กรุงเทพฯ.

ชัยรัตน์ นิลนนท์. 2538. การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพปาล์มน้ำมัน. <u>ใน</u> ปาล์มน้ำมัน. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

นิพนธ์ เหมะประสิทธิ์. 2521. ผลของอาหารผสมซึ่งมีโปรตีนระดับต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นิรุทธิ์ สุขเกษม. 2544. ผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันต่อการเจริญเติบโตของปลานิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวาริชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ประเสริฐ สีตะสิทธิ์, มะลิ บุณยรัตผลิน และนันทิยา อุ่นประเสริฐ. 2525. อาหารปลา. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 88 น.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2545. ศาสตร์ของกุ้งขาว ลิโทพีเนียส แวนนาไม (ตอนที่ 3). วารสารสัตว์น้ำ ปีที่ 14 ฉบับที่ 161. หน้า109-112.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2534. อาหารสำหรับเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วารสารการประมง 44(4) : 329-341.

มะลิ บุณยรัตนผลิน. 2531. อาหารและการให้อาหารกุ้งกุลาดำ. สำนักพิมพ์ช่องนนทรีย์, กรุงเทพ ฯ. 63 น.

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

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2528. อาหารปลา. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 111 น.

สุดารัตน์ เตชะสีประเสริฐ. 2540. ปาล์มน้ำมัน. ว.ข่าวเศรษฐกิจการเกษตร 43 : 17-18.

เสาวนิต คูประเสริฐ, วินัย ประลมพ์กาญจน์, สุรพล ชลดำรงค์กุล และ สุจิตร์ ชลดำรงค์กุล. 2530. ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพของกากปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์. 9 : 163-167.

AOAC. 1985. Official Methods of Analysis. Washington, DC: AOAC.

Alava, V.R. and C. Lim. 1983. The quantitative dietary protein requirements of *Penaeus monodon* Juveniles in a controlled environment. Aquaculture 30 : 53-61.

Bentista, M.N. 1986. The response of *Penaeus monodon* Juvenile to varying protein/energy ratios in Test diet. Aquaculture 95 : 329-345.

Devendra, C. 1977. Utilization of feeding stuffs from the oil palm. Proceedings of Symposium., Faculty of Medicine, National University of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, 17-19 October 1977. pp. 116-131.

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

Iversen, E. and K. Hale. 1992. Aquaculture sourcebook. A Guide to North American species. 1st ed. New York, Van Nostrand Reinhold. 308 p.

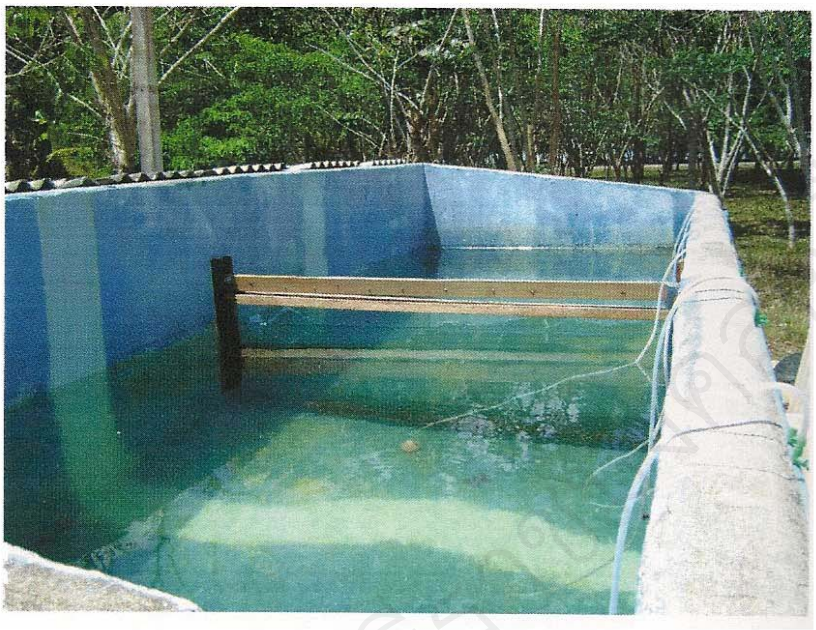
Kanazawa, A.S., S. Teshima and S. Tokiwa. 1970. Nutrition requirements of Prawn I : Feeding on Artificial diet. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 36 : 946-954.

Sick, L.V. and J.W. Andrews. 1973. Theeffect of selected dietary lipids, carbohydrate and proteins on Growth, survival and body composition of *Penaeus duorarum*. Proc. World Maricult. Soc. 4 : 263-276.

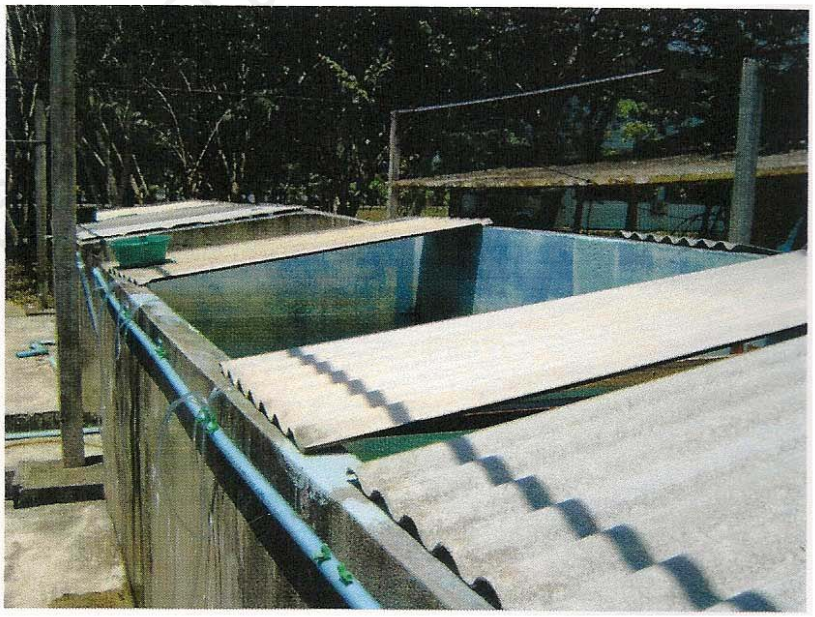
Tu, C., Huang, H.T., Chuang, S.H, Hsu, J.P, Kuo, S.T., Li, N.J., Hsu, T.L., M.C. and S.Y. Lin 1999. Taura syndrome in Pacific white shrimp*Penaeus vannamai* culture in Taiwan. Dis. Aquat. Org. 38 : 159-161.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



รูปผนวกที่ 1 บ่อที่ใช้ทำการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



รูปผนวกที่ 2 ปิดปากบ่อที่ใช้ทำการทดลองเลี้ยงด้วยกระเบื้องมุงหลังคา

รูปผนวกที่ 3 ลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ใช้ทดลอง

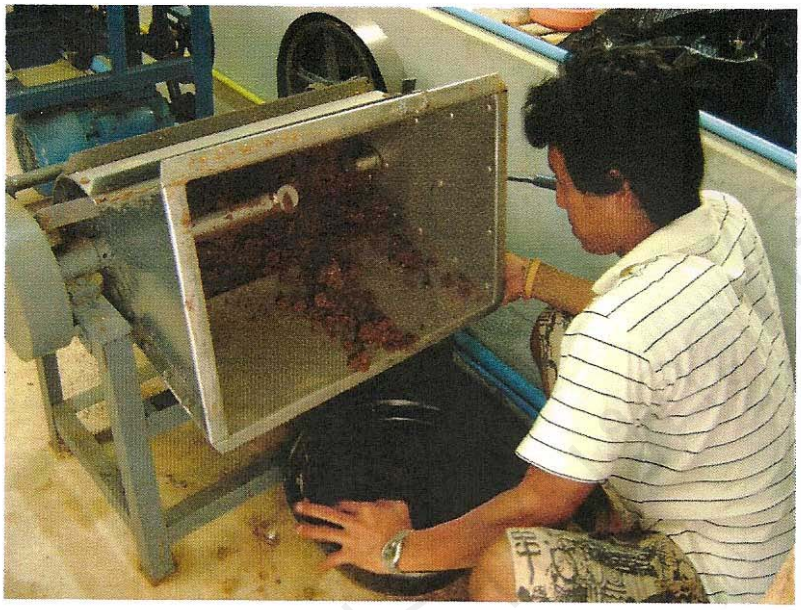
รูปผนวกที่ 4 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียด

รูปผนวกที่ 5 ร่อนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารผ่านตาข่ายสีฟ้า

รูปผนวกที่ 6 เครื่องผสมวัตถุดิบอาหาร

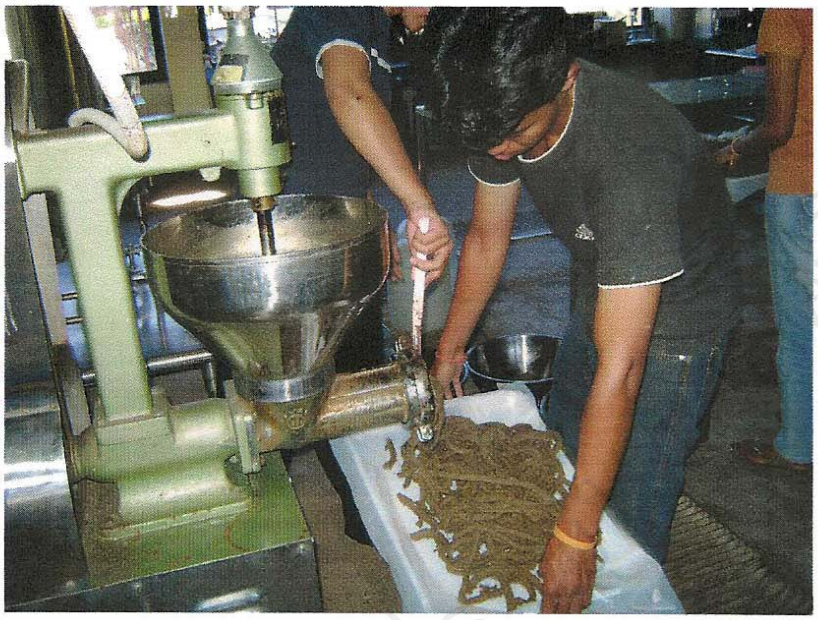
รูปผนวกที่ 7 ผสมวัตถุดิบอาหารให้เข้ากัน

รูปผนวกที่ 8 เติมน้ำมันลงผสมในวัตถุดิบอาหาร



รูปผนวกที่ 9 วัตถุดิบอาหารที่คลุกเคล้าผสมกันดีแล้ว

รูปผนวกที่ 10 เครื่องอัดเม็ดอาหาร

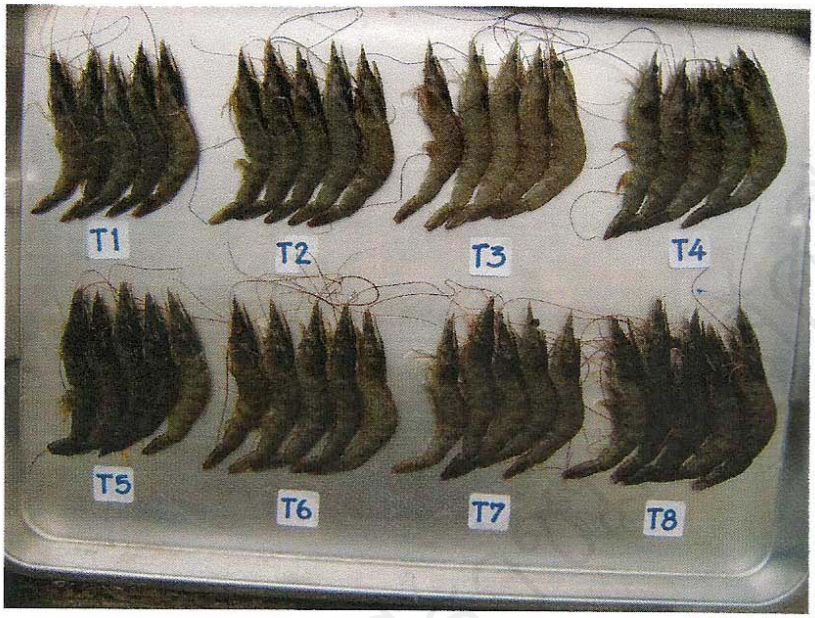


รูปผนวกที่ 11 ทำการอัดเม็ดอาหาร

รูปผนวกที่ 12 อาหารที่ผ่านการอัดเม็ดแล้ว

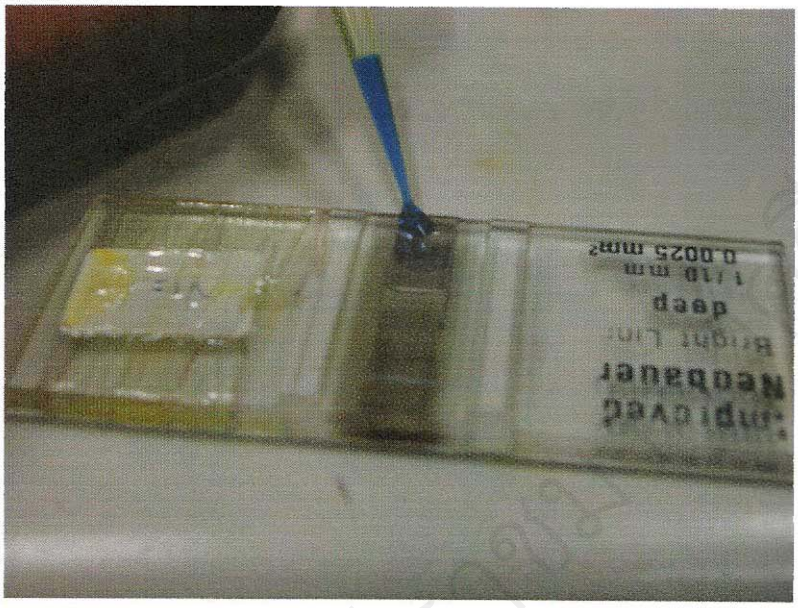
รูปผนวกที่ 13 อบอาหารที่ผ่านการอัดเม็ดในโรงอบอาหาร

รูปผนวกที่ 14 นับอัตราการรอดตายของกุ้งขาวที่ทำการทดลอง

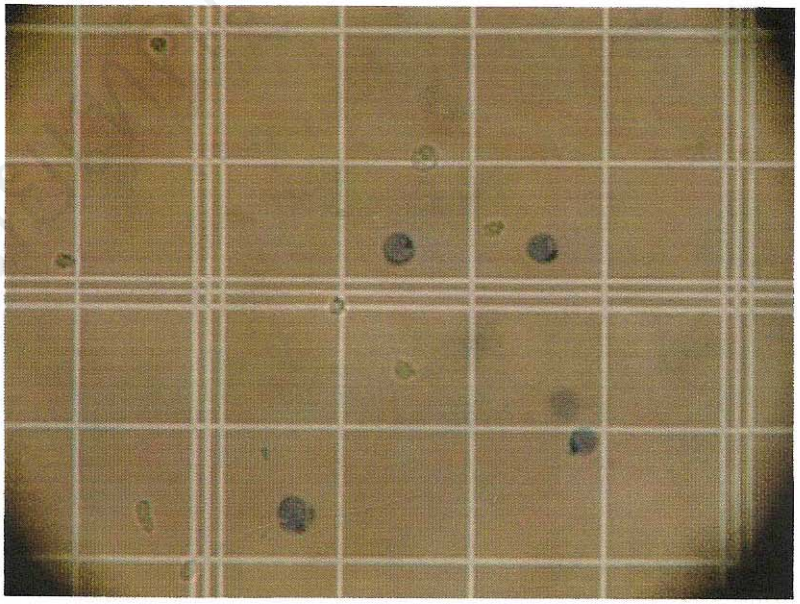


รูปผนวกที่ 15 กุ้งขาวแวนนาไมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

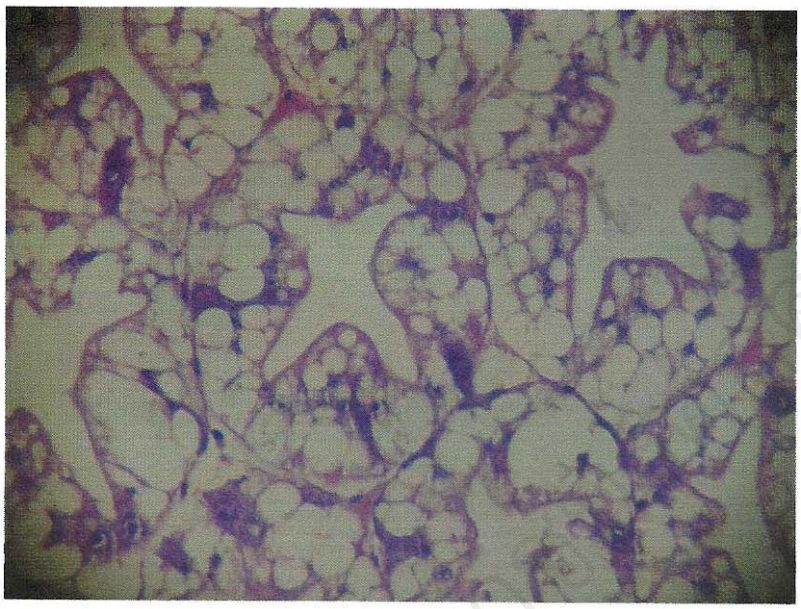
รูปผนวกที่ 16 เจาะเลือดบริเวณขาเดินคู่ที่ 3 ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง



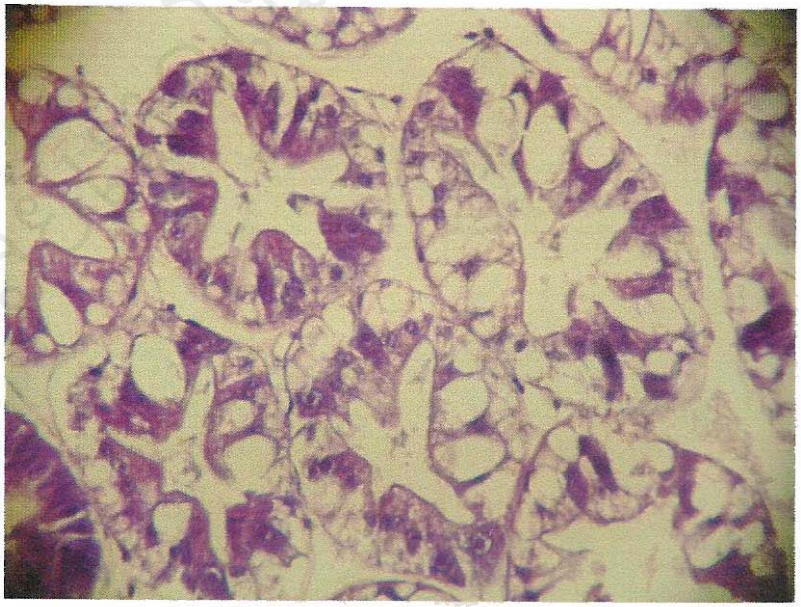
รูปผนวกที่ 17 ใส่เลือดกุ้งขาวที่ย้อมสีแล้วใน haemacytometer



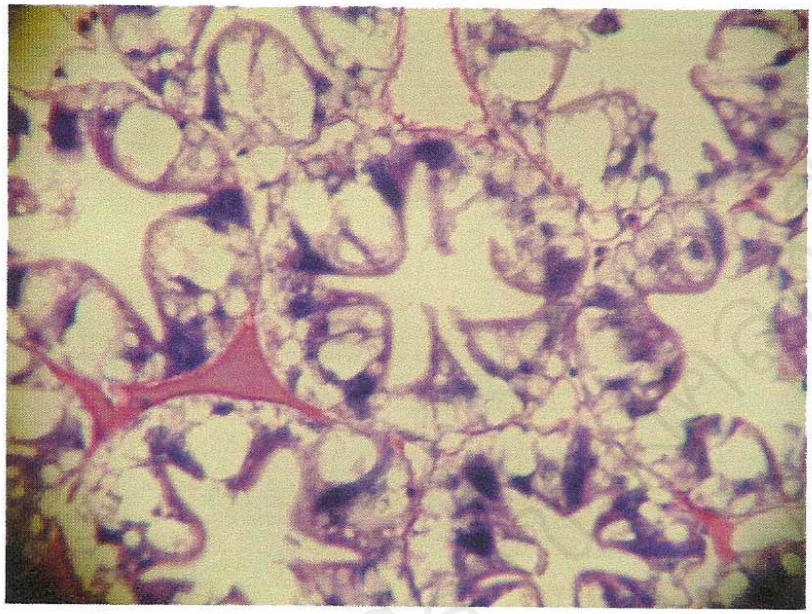
รูปผนวกที่ 18 เม็ดเลือดกุ้งขาวที่ย้อมสีเป็นสีฟ้า



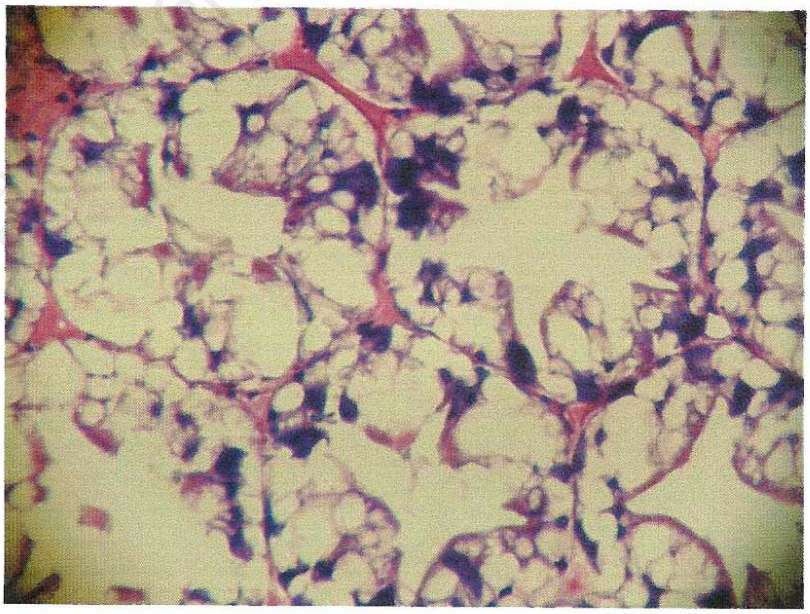
รูปผนวกที่ 19 เนื้อเยื่อตับกุ้งขาวชุดการทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 0 เปอร์เซ็นต์



รูปผนวกที่ 20 เนื้อเยื่อตับกุ้งขาวชุดการทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์



รูปผนวกที่ 21 เนื้อเยื่อตับกุ้งขาวชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร 2,900 Kcal/Kg



รูปผนวกที่ 22 เนื้อเยื่อตับกุ้งขาวชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร 3,700 Kcal/Kg