# รายงานการวิจัย

## ผลของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารกุ้งก้ามกราม

## The Effects of Palm Kernel Cake Supplementation in Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Diets


วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

เจษฎา อิสเหาะ Jesada Ishaak

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2555



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

# รายงานการวิจัย

## ผลของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารกุ้งก้ามกราม

## The Effects of Palm Kernel Cake Supplementation in Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Diets


วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

เจษฎา อิสเหาะ Jesada Ishaak

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2555



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

# กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้โดยได้รับความช่วยเหลือเกื้อกูลจากบุคคลหลายฝ่าย บุคคลเหล่านั้นล้วนเป็นกัลยาณมิตรที่ควรค่าแก่การกล่าวถึง ด้วยความรู้สึกขอบคุณ และยกย่องไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ เจษฎา อิสเหาะ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง แนะนำในระหว่างการทดลองวิจัย และแก้ไขข้อบกพร่องในการทำงานวิจัยตลอดมา ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุไรวรรณ วัฒนกุล ผู้ร่วมโครงการวิจัยที่ได้คอยเป็นกำลังใจ ร่วมทำการวิจัย และปรับปรุงแก้ไขรายงานการวิจัยจนรายงานการวิจัยฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ นายนาวา แขมภูเขียว และ นางสาวอารียา หนูแหลม ผู้ช่วยวิจัยที่ได้ช่วยเหลือในการทำการวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ และนักศึกษาสาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ สถาบันครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนในการทำการวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำการวิจัย และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2555 ในการทำวิจัยเรื่องดังกล่าวนี้

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2556

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

# ผลของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารกุ้งก้ามกราม

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

## บทคัดย่อ

การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในระดับแตกต่างกัน เป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน องค์ประกอบทางเคมี ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร อัตราการรอดตาย และต้นทุนการผลิต โดยผลิตอาหารที่มีโปรตีนและพลังงานในอาหาร (GE) เท่ากันทุกสูตร คือ 35 เปอร์เซ็นต์ และ 3,500 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ แต่มีระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่เสริมในสูตรอาหารต่างกัน 6 ระดับ (สูตรที่ 1-6) คือ 0, 5, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอาหารสูตรที่ 7 คืออาหารเม็ดกุ้งก้ามกรามสำเร็จรูป เป็นสูตรเปรียบเทียบ นำไปเลี้ยงกุ้งก้ามกราม น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.67$\pm$0.12 กรัม เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ทั้งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ รองลงมาคือ ที่ระดับ 40% แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่แตกต่างจากสูตรที่ 7 ($p$>0.05) แต่มีการเจริญเติบโตสูงกว่าที่ระดับ 30, 5, 10 และ 20% ตามลำดับ ($p$<0.05) และพบว่า กุ้งก้ามกรามมีความสามารถในการย่อยอาหารสูตรที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบได้ต่ำกว่าสูตรอาหารที่ไม่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของตัวกุ้ง พบว่า กุ้งที่ได้รับอาหารที่มีระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันแตกต่างกัน มีองค์ประกอบของโปรตีนและไขมันในตัวไม่แตกต่างกัน ($p$>0.05) และทุกระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ โดยทำให้ราคาอาหารกุ้งถูกลง ส่งผลให้มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด คือ 19.44 บาท/น้ำหนักอาหารกุ้ง 1 กิโลกรัม และสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ 46.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 7 ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่จำหน่ายตามท้องตลาด

**คำสำคัญ :** กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน อาหารกุ้ง กุ้งก้ามกราม

---

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

[2]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ตำบลหันตรา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

# The Effects of Palm Kernel Cake Supplementation in Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Diets

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

**Abstract**

The experiment on effects of palm-kernel cake (PKC) supplementation in different levels of feed on the growth, PER, chemical composition, efficiency of digestibility survival rates and production costs of Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) was studied. The feed contained 35% protein and 3,500 Kcal/Kg (GE) in six formulas with varying levels ; 0, 5, 10, 20, 30 and 40% of palm-kernel cake compared with pellet feed (formular 7), respectively. The feed were given for 6 months to prawns which the initial average weight were 0.67±0.12 g. The result showed that 0% PKC was highest growth performance as % weight gain and specific growth rate were not significantly different with 40% and control feed (formular 7) ($p>0.05$), but significantly different ($p<0.05$) with 30, 5, 10 and 20% respectively. Shrimp has the lower ability to digest palm kernel cake feeds than non palm kernel cake formulas. The analysis of whole body composition for protein and fat content showed no differences caused by the supplementation of palm kernel cake in their feed. All of the feed formula has no effect on survival rate. The current study showed that the supplementation of 40% palm kernel cake in diet was optimum for Giant Freshwater feed both in terms of growth and economic returns. Additionally, the prices of feed was downing in a lower feed cost is 19.44 baht/ 1 kg. There can help reduce the cost of production of 46.0 percentage compared with formula 7 (pellet feed) in the local market.

**Keywords :** Palm Kernel Cake, Shrimp diet, Giant Freshwater Prawn

[1]Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Techonology Srivijaya, Sikao, Trang
[2]Rajamangala University of Techonology Suvarnabhumi, Huntra, Phranakhonsiayutthaya, Ayutthaya

# สารบัญ

**หน้า**


| | |
|---|---|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| บทนำ | 1 |
| วิธีดำเนินการวิจัย | 5 |
| ผลการวิจัย | 12 |
| วิจารณ์ | 24 |
| สรุป | 27 |
| ข้อเสนอแนะ | 27 |
| เอกสารอ้างอิง | 28 |
| ภาคผนวก | **31** |


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารโดยการวิเคราะห์ (% น้ำหนักแห้ง) | 7 |
| 2 | สูตรอาหารจากการคำนวณที่มีปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมที่ใช้สำหรับการทดลอง | 8 |
| 3 | องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ | 9 |
| 4 | การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน | 13 |
| 5 | น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน | 17 |
| 6 | อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาค่าอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน | 19 |
| 7 | ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน | 19 |
| 8 | ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน | 20 |
| 9 | ประสิทธิภาพการย่อยอาหารของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน | 21 |
| 10 | คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ด้วยอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน | 23 |


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ลิขสิทธิ์

# สารบัญภาพ


**รูปที่** **หน้า**

1 การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน 14

**รูปผนวกที่**

1 ลูกกุ้งก้ามกรามที่นับลงบ่อเลี้ยงในการทดลอง 32
2 วัตถุดิบอาหารที่เป็นส่วนผสมในสูตรอาหารทดลอง 32
3 ชั่งวัตถุดิบอาหารตามสูตรอาหารสูตรต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง 32
4 นำวัตถุดิบอาหารที่คลุกเคล้าผสมเข้ากันมาทำการอัดเม็ดอาหาร 32
5 อาหารกุ้งก้ามกรามที่ผ่านการอัดเม็ดเป็นเส้นยาวไว้ใช้ทดลอง 32
6 อบอาหารที่ผ่านการอัดเม็ดแล้วในตู้อบความร้อน 60 องศาเซลเซียส 32
7 กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (PKC 0%) 33
8 กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (PKC 5%) 33
9 กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (PKC 10%) 33
10 กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (PKC 20%) 33
11 กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (PKC 30%) 33
12 กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 (PKC 40%) 33
13 กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7 (อาหารสำเร็จรูป) 34
14 เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (PKC 0%) 34
15 เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (PKC 5%) 34
16 เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (PKC 10%) 34
17 เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (PKC 20%) 34
18 เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (PKC 30%) 34
19 เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 (PKC 40%) 35
20 เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7 (อาหารสำเร็จรูป) 35


มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศรีราชา วิทยาเขตตรัง

# บทนำ

กุ้งก้ามกราม Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) เป็นกุ้งน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ที่สุด (ที่เคยพบมีลำตัวยาว 30 ซม. น้ำหนัก 400 กรัม) ลูกกุ้งวัยอ่อนจะอาศัยอยู่ในน้ำกร่อย เมื่อมีวัยวะครบถ้วนเหมือนพ่อแม่จะอาศัยในน้ำจืด (บรรจง, 2521) ซึ่งเดิมมีชุกชุมในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีทางน้ำติดต่อกับแม่น้ำ และทะเล ในประเทศไทยพบแพร่กระจายอยู่ทุกภาค ทางภาคใต้พบได้ในแม่น้ำปากพนัง แม่น้ำตาปี แม่น้ำปัตตานี และแม่น้ำตรัง (นภดล, 2551) กุ้งก้ามกรามถือได้ว่ามีบทบาทสำคัญมากในการเลี้ยงกุ้งน้ำจืด เนื่องจากเป็นสินค้าสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งภายในประเทศ และเป็นสินค้าส่งออกที่เลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในหลายจังหวัดของประเทศไทย ดังนั้น จึงได้มีการพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามขึ้นจนกลายเป็นอาชีพสำคัญอาชีพหนึ่ง และมีการพัฒนาไปสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรม กุ้งก้ามกรามเป็นกุ้งน้ำจืดที่มีการส่งออกมากที่สุดโดยส่งออกในรูปแบบกุ้งก้ามกรามแช่แข็ง จากข้อมูลการส่งออกปี 2542 สามารถส่งออก 1,027 ตัน และเพิ่มเป็น 2,964 ตันในปี 2543 (กองเศรษฐกิจการประมง, 2542) นอกจากนี้ผลผลิตการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามปี 2552 สูงถึง 27,500 ตัน คิดเป็นมูลค่าถึง 3,689.4 ล้านบาท (กรมประมง, 2554) และในอนาคตคาดว่าผลผลิต และปริมาณการส่งออกกุ้งก้ามกรามจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอีก แต่ปัญหาของการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือ ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะราคาอาหารกุ้ง แต่ราคากุ้งไม่ได้สูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งเลิกกิจการไปในที่สุด

ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ อาหารนับได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากอาหารเป็นต้นทุนหลักที่สูงที่สุดของการเลี้ยง Blyth and Dodd (2002) และ Kongkeo and Phillips (2002) รายงานว่า อาหาร เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อความสำเร็จในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในการเลี้ยงปลา อาหารเป็นต้นทุนที่สูงที่สุดคือประมาณ 50-70 % ของต้นทุนทั้งหมด ฉะนั้น หากผู้เลี้ยงไม่ให้ความสำคัญต่อการให้อาหารสัตว์น้ำ โอกาสที่จะเกิดความล้มเหลวในการเลี้ยงก็จะสูงตามไปด้วย ทั้งนี้เพราะ อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำมีโปรตีนเป็นสารอาหารหลัก โปรตีนมีความสำคัญที่สุดจำเป็นต่อการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ในขณะเดียวกันก็จะมีราคาแพงที่สุด ปลาแต่ละชนิดมีความต้องการอาหารเป็นหลัก คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน ตลอดจนเกลือแร่ในปริมาณที่แตกต่างกันไป โดยทั่วไปถือว่าอาหารโปรตีนคืออาหารหลักที่สำคัญที่สุด การใช้ประโยชน์ของโปรตีนในสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของสัตว์น้ำ ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม คุณภาพของโปรตีน ระดับของโปรตีนและพลังงานที่มีในอาหาร ชนิดของแหล่งพลังงานและจำนวนอาหารที่ให้กิน การใช้โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต สัตว์น้ำต้องได้รับโปรตีนจากอาหารประจำวัน ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ ปริมาณโปรตีนที่สัตว์น้ำต้องการประจำวันแตกต่างกันไปตามชนิด และวัยของสัตว์น้ำ ตามคุณลักษณะของน้ำและอาหาร อาหารที่มีพลังงานจากไขมัน และคาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพอกับความต้องการของสัตว์น้ำ แม้จะมีระดับโปรตีนเกินความต้องการก็ไม่ทำให้สัตว์น้ำเติบโตอย่างเต็มที่ ทั้งนี้เพราะโปรตีนจะถูกเปลี่ยนสภาพเป็นพลังงานแทนพลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรต ดังนั้น ปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ ปริมาณโปรตีนที่น้อยที่สุดที่ทำให้สัตว์น้ำมีการเติบโตดีที่สุด (เวียง, 2542)

เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่มีราคาแพงกว่าสารประเภทอื่น ๆ ดังนั้น ปริมาณโปรตีนที่จะนำมาใช้ในการสร้างสูตรอาหาร จึงควรใช้แต่พอกับความต้องการของสัตว์น้ำเท่านั้น แหล่งโปรตีนที่ดี

สำหรับการนำไปอาหารปลา คือ ปลาหมึกป่น ปลาป่น ตักหมึกป่น เปลือก หัวกุ้งป่น กากถั่วเหลือง ถั่วเหลืองอัดเม็ด และยีสต์ เป็นต้น นอกจากนั้น การเลือกใช้แหล่งโปรตีนที่เหมาะสม สามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตอาหารได้อีกด้วย (มะลิ, 2531) ซึ่งวัตถุดิบที่มักนิยมใช้เป็นแหล่งโปรตีนในวงการอาหารสัตว์น้ำ ปัจจุบัน ได้แก่ วัตถุดิบจำพวกปลาป่น สาเหตุที่ใช้ปลาป่นเป็นวัตถุดิบอาหารซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำนั้น เนื่องจากเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี มีรสชาติที่ปลาชอบ และปลาป่นยังเป็นแหล่งน้ำมันที่อุดมด้วยกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำ ได้แก่กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวชนิด n-3 HUFA อีกด้วย คุณภาพของปลาป่นที่ใช้ในอาหารจึงมีบทบาทสำคัญที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของอาหารนั้น และปลาป่นจะมีคุณภาพแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของวัตถุดิบ คุณภาพของวัตถุดิบ และกรรมวิธีการผลิต ปลาป่นที่มีคุณภาพดีนั้นสัตว์น้ำจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้สูงสุด และมีสุขภาพดี ส่วนปลาป่นที่มีคุณภาพต่ำมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตช้า อัตรารอดตายต่ำ และอัตราแลกเนื้อสูง (จูอะดี และคณะ, 2540)

ผลผลิตจากปลาป่นของโลกร้อยละ 12 หรือประมาณ 62 ล้านตัน ถูกนำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำโดยความต้องการเพิ่มมากขึ้นทุกปี ในขณะที่ปริมาณปลาป่นที่ผลิตได้ทั่วโลกมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการลดลงของปลาในแหล่งธรรมชาติ ส่งผลให้ปลาป่นมีแนวโน้มหาได้ยาก และมีราคาสูงขึ้น ตลอดจนคุณภาพไม่คงที่ และหาได้ยากในบางฤดูกาล ซึ่งจะเป็นปัญหาที่สำคัญในอนาคต ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ จึงเป็นเหตุให้นักวิจัยอาหารสัตว์น้ำหันมาศึกษา และพยายามที่จะนำวัตถุดิบจากแหล่งโปรตีนอื่นมาใช้ทดแทนเป็นบางส่วน ซึ่งได้แก่ แหล่งโปรตีนที่ได้จากพืช เช่น การใช้กากถั่วเหลืองและโปรตีนข้าวโพด แทนที่ปลาป่นในอาหารสำหรับการเลี้ยงปลากะพงขาว สามารถทำให้ปลามีการเจริญเติบโตที่ดี และอัตราการรอดตายสูงใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนเพียงอย่างเดียว (จูอะดี และมะลิ, 2538; มะลิ และคณะ, 2539) ในปลากดเหลือง สามารถใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน แทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 10% (ปรเมษฐ์, 2550)

แหล่งโปรตีนที่ได้จากพืช สามารถนำมาใช้ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำได้ และถ้ามีการใช้ในระดับที่เหมาะสม ก็จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตอาหาร แต่มีข้อจำกัดในส่วนของการขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิด เช่น ไลซีน และเมทไธโอนีน นอกจานี้ยังมีสารยับยั้งการใช้สารอาหาร การลดความอยากกินของอาหาร และพืชบางชนิดยังมีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ แหล่งโปรตีนจากพืชที่นิยมนำมาใช้ในอาหารสัตว์น้ำ ได้แก่ กากถั่วต่าง ๆ เช่นกากถั่วเหลือง แต่กากถั่วเหลืองที่ผลิตได้ในบางครั้งก็ไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงได้มีการสั่งซื้อกากถั่วเหลืองจากต่างประเทศเข้ามาใช้ทุกปี และปริมาณการนำเข้าก็มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ราคากากถั่วเหลืองที่ซื้อขายในตลาดโลกก็มีอิทธิพลต่อราคากากถั่วเหลืองในประเทศไทยด้วย ทำให้มีแนวโน้มว่าจะมีราคาสูงขึ้น และหาได้ยากในบางโอกาส และบางท้องถิ่น ส่วนวัตถุดิบอาหารสัตว์อื่นก็มีปัญหาเช่นกัน เช่น รำละเอียดเหม็นหืน และมีมอด เมื่อเก็บไว้นาน กากถั่วเขียวมีการปลอมปน และหาได้ยาก (ธีรยุทธ, 2524)

จากปัญหาดังกล่าวนี้ จึงเป็นเหตุให้นักวิจัยอาหารสัตว์น้ำหันมาศึกษา และพยายามที่จะนำวัตถุดิบจากแหล่งโปรตีนอื่นที่หาได้ง่าย และราคาถูกกว่ามาใช้ หรือวัตถุดิบเหลือใช้จากกิจการต่าง ๆ ที่หาได้ง่ายมาทดแทนเป็นบางส่วน โดยเฉพาะวัตถุดิบเหลือใช้ เช่น กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีน และพลังงานทดแทน มาใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร ดังจะเห็นได้จาก การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลา (นิรุทธ์, 2544: นารีรัตน์, 2548 และ วุฒิพร และคณะ, 2547) และกุ้งขาวแวนนาไม วัฒนา และคณะ (2552)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวตระกูลปาล์ม เช่นเดียวกับ มะพร้าว ตาล และจาก มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Elaeis guineensis* Jacq. มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา อเมริกากลาง และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีการนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรก หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ที่จังหวัดสงขลา และมีการปลูกเชิงเศรษฐกิจครั้งแรก ในปี พ.ศ. 2511 ที่จังหวัดกระบี่และสตูล โดยนำพันธุ์มาจากประเทศมาเลเซีย ต่อมาได้มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในอีกหลายจังหวัด ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ และปลูกกันมากทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยมีการขยายตัวเชิงอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วจังหวัดที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากได้แก่ กระบี่ สุราษฎ์ธานี ชุมพร สตูล และตรัง ตามลำดับ มีพื้นที่ปลูกทั้งหมดประมาณร้อยละ 95.46 ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งประเทศ ในปี พ.ศ. 2540 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งสิ้น ประมาณ 1,096,615 ไร่ โดยมีผลผลิตรวม 2,680,342 ตัน (สุดารัตน์, 2540)

ในอุตสาหกรรมสกัด (หีบ) ปาล์มน้ำมัน ผลพลอยได้คือกากผลปาล์มน้ำมัน (oil palm meal) ซึ่งได้จากการนำเอาปาล์มทั้งผลมาสกัดน้ำมัน อีกส่วนคือ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (palm kernel meal : PKM หรือ palm kernel cake : PKC) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการนำเมล็ดปาล์ม ที่แยกเอาส่วนของเปลือกนอกออกแล้วมาสกัดน้ำมัน ซึ่งเป็นส่วนที่มีกะลาปนอยู่ ส่วนประกอบทางเคมีของส่วนนี้มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีการหีบน้ำมัน และวัตถุดิบ โดยมีโปรตีนสูงประมาณ 10-12 % หรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการสกัดน้ำมัน เยื่อใยประมาณ 20-25 % และมีความสมดุลระหว่างแคลเซียม และฟอสฟอรัสดีกว่ากากเมล็ดพืชน้ำมันชนิดอื่น ๆ จึงนิยมนำไปใช้ในส่วนผสมของอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ (วุฒิพร และคณะ, 2547) ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบผลปาล์มเพื่อเอาน้ำมัน นับวันจะมีปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะผลผลิตปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นทุกปี กากปาล์มน้ำมัน และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือหรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสกัดปาล์มน้ำมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงพอสมควรโดยเฉพาะโปรตีน และไขมัน หาได้ง่าย และมีราคาถูก สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำได้ โดยได้มีงานวิจัยทดลองมาก่อนหน้านี้แล้ว พบว่า สามารถนำเอากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน มาใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีน และพลังงานทดแทน เช่น ในปลานิล พบว่า การเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารที่มีระดับพลังงานไม่เกิน 3,600 กิโลคาลอรีต่อกิโลกรัม เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับปลานิล ทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ (นิรุทธิ์, 2544) ปลานิลแดงแปลงเพศ (วุฒิพร และคณะ, 2547) Omoregie and Ogbemudia (1993) ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มป่น ทดลองเลี้ยงปลานิล (*O. niloticus*) ขนาด 2.57 กรัม พบว่า สามารถใช้กากปาล์มในสูตรอาหารได้ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถทดแทนปลาป่นได้ 37.5 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร ส่วนผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า สามารถใช้เป็นส่วนผสมในสูตรอาหารได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ และช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงได้ ซึ่งนับว่าเป็นทางเลือกใหม่ที่ช่วยลดต้นทุนในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม วัฒนา และคณะ (2552)

ดังนั้น การนำกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ หรือผลพลอยได้ที่มีแพร่หลายในท้องถิ่นภาคใต้ โดยเฉพาะจังหวัดตรัง มาใช้เป็นวัตถุดิบผลิตอาหารกุ้งก้ามกราม จึงเป็นแนวทางของการวิจัยในครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นศึกษาถึง ผลของสัดส่วนที่เหมาะสมของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหาร ต่อประสิทธิภาพในการย่อยอาหาร การเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ คุณค่าทางโภชนาการ และเปรียบเทียบต้นทุนอาหารต่อผลผลิตกุ้งก้ามกราม เพื่อเป็นแนวทางในการที่จะพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกรามราคาประหยัด ลดต้นทุน

การผลิต โดยใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่น และภูมิปัญญาท้องถิ่น ภายใต้กระบวนการทางธรรมชาติที่ยั่งยืนปลอดภัย คำนึงถึงสภาพแวดล้อม ลดการนำเข้าวัตถุดิบบางอย่าง และรู้จักใช้วัตถุดิบเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์ และมีประสิทธิภาพสูงสุด นำมาซึ่งการพึ่งพาตนเองของประเทศชาติ นำความรู้เผยแพร่ต่อเกษตรกรเพื่อให้เกิดความตระหนักและมีเจตคติที่ดีในกระบวนการเกษตรธรรมชาติ และคาดว่าผลการศึกษาวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาอาชีพการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งน้ำจืดของประเทศไทยให้ก้าวหน้าอย่างเป็นระบบและยั่งยืนต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

# วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างกัน เป็นส่วนผสมในอาหารกุ้งก้ามกราม มีขั้นตอนการดำเนินงานเป็นดังนี้

**1. การวิจัยส่วนที่ 1** ศึกษาผลของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ ในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งก้ามกราม โดยศึกษาผลของอาหารต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ องค์ประกอบทางเคมีของตัวกุ้งก้ามกราม และต้นทุนอาหารต่อผลผลิต แบ่งออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

**1.1 การวางแผนการทดลอง**

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยศึกษาระดับของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารกุ้งก้ามกราม ที่ต่างกัน 6 ระดับคือ 0, 5, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีชุดการทดลองที่ใช้อาหารเม็ดกุ้งก้ามกรามสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดเป็นชุดการทดลองเปรียบเทียบ ดังนั้น มีชุดการทดลองทั้งสิ้น 7 ชุดการทดลอง (7 สูตรอาหาร) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สูตรอาหารที่ไม่มีการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (สูตรควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 สูตรอาหารที่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับ 5 เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 3 สูตรอาหารที่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับ 10 เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 4 สูตรอาหารที่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับ 20 เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 5 สูตรอาหารที่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับ 30 เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 6 สูตรอาหารที่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับ 40 เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 7 อาหารเม็ดกุ้งก้ามกรามสำเร็จรูป

**1.2 การเตรียมระบบเลี้ยง**

บ่อที่ใช้ทดลองเลี้ยงเป็นบ่อซีเมนต์ขนาด 1.5 X 2 X 1.2 เมตร ทำความสะอาด เติมน้ำจืดที่สะอาดลึก 0.8 เมตร ดังนั้นจะมีปริมาตรน้ำในบ่อทดลองเท่ากับ 2.4 ลูกบาศก์เมตร มีการให้อากาศในบ่อทดลองโดยใช้สายยาง และหัวทราย ปิดปากบ่อเพื่อพรางแสงบางส่วนด้วยกระเบื้องมุงหลังคา

**1.3 การเตรียมกุ้งทดลอง**

นำลูกกุ้งก้ามกรามระยะวัยรุ่น (juvenile) อายุประมาณ 40-65 วัน (รูปผนวกที่ 1) จากฟาร์มเพาะและอนุบาลลูกกุ้ง มาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาดความจุน้ำ 6 ตัน (1.5 X 4 X 1 เมตร) ให้อาหารสมทบที่จะใช้เลี้ยงวันละ 2 ครั้ง จนกระทั่งลูกกุ้งเคยชินกับอาหารเม็ด เป็นระยะเวลา 10 วัน หลังจากนั้นสุ่มกุ้ง จำนวน 50 ตัว ชั่งน้ำหนักรวมเพื่อหาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น จากนั้นจะสุ่มลูกกุ้งปล่อยลงบ่อทดลองบ่อละ 75 ตัว (ความหนาแน่นเท่ากับ 25 ตัว/ตารางเมตร)

**1.4 การเตรียมอาหารทดลอง**

นำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต (ตารางที่ 1) เพื่อนำค่าที่ได้มาสร้างเป็นสูตรอาหารที่ใช้ทดลอง อาหารทดลองที่มีการเสริมกากเนื้อเม็ดในปาล์มน้ำมันทั้ง 6 สูตรนั้น การเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันจะใช้วิธีการแทนที่ลงไปในสูตรอาหารตามระดับที่กำหนดไว้ และกำหนดให้มีระดับโปรตีน และพลังงานเท่ากันหรือใกล้เคียงกันทุกชุดการทดลอง (สูตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

อาหาร) โดยให้มีระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ พลังงานในอาหาร (GE) 3,500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (กำหนดตามรายงานของ Mitra *et al*. 2005) โดยจัดเตรียมอาหารเม็ดแบบชื้น วัตถุดิบที่ใช้ คือ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพดป่น รำละเอียด ปลายข้าว สารเหนียว น้ำมันปลา น้ำมันพืช วิตามินผสม แร่ธาตุรวม (premix) และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันแตกต่างกันตามสูตรอาหาร

**ขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง**

นำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียดแล้วนั้น (รูปผนวกที่ 2) มาชั่งให้ได้น้ำหนัก (รูปผนวกที่ 3) ตามที่คำนวณไว้ในแต่ละสูตร (ตารางที่ 2) รวมทั้งวัตถุดิบที่เป็นของเหลว เช่น น้ำมัน โดยนำวัตถุแห้งทั้งหมดมาผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร เป็นเวลาประมาณ 10 นาที จากนั้นจึงค่อย ๆ เติมน้ำมันลงไปทีละน้อย และเปิดเครื่องผสมอาหารเป็นเวลา 5 นาที แล้วค่อย ๆ เติมน้ำสะอาดในปริมาตร 35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร เปิดเครื่องอีกครั้งนาน 10 นาที เมื่อวัตถุดิบอาหารผสมเข้ากันเป็นอย่างดี จึงนำเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหาร (รูปผนวกที่ 4) จากนั้นนำอาหาร (รูปผนวกที่ 5) ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้อาหารที่มีระบบการควบคุมอุณหภูมิ (รูปผนวกที่ 6) เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง นำอาหารที่อบแห้งแล้ววางให้เย็น อาหารที่ผลิตแล้วบรรจุลงในถุงพลาสติก และเก็บรักษาในตู้เย็น (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส) เพื่อใช้สำหรับการทดลอง

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ อาหารทดลองทุกสูตร ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้น ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1990) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกซ์, nitrogen free extract, NFE) คำนวณได้จากสูตร 100 – (ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เยื่อใย) และคำนวณพลังงานในอาหาร (ตารางที่ 3)

**1.5 การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล**

**อาหารและการให้อาหาร**

ให้อาหารทั้ง 7 สูตรในทุกบ่อการทดลองตามแผนการทดลองที่วางไว้ ให้อาหารทุกวัน วันละ 2 มื้อ (เช้า – เย็น) ใส่อาหารในยอ ตลอดการทดลอง โดยในครั้งแรกจะให้อาหารประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และปรับปริมาณการกินอาหารตามปริมาณอาหารที่เหลือในยอ บันทึกข้อมูลน้ำหนักอาหารเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษา

**ตารางที่ 1** องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารโดยการวิเคราะห์ (% น้ำหนักแห้ง)

| วัตถุดิบอาหาร | องค์ประกอบทางเคมี (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | โปรตีน | ไขมัน | ความชื้น | เถ้า | เยื่อใย | NFE |
| ปลาป่น | 57.13+0.78 | 7.33+0.06 | 6.53+0.03 | 24.92+0.09 | - | 1.09+0.18 |
| กากถั่วเหลือง | 44.56±0.87 | 1.96±0.02 | 10.73±0.05 | 6.47±0.04 | 6.75±0.23 | 29.53±0.85 |
| กากปาล์ม | 12.78±0.08 | 8.90±0.16 | 2.67±0.06 | 3.92±0.04 | 37.73±0.77 | 30.00±0.84 |
| รำละเอียด | 13.50±0.19 | 14.62±0.05 | 7.61±0.04 | 7.40±0.05 | 6.71±0.28 | 50.16±0.87 |
| ข้าวโพดป่น | 7.36±0.19 | 4.72±0.05 | 8.95±0.04 | 1.31±0.05 | 2.20±0.28 | 75.46±0.87 |
| ปลายข้าว | 6.75±0.06 | 0.27±0.02 | 12.59±0.02 | 0.38±0.01 | 0.51±0.22 | 79.50±1.20 |

**การศึกษาการเจริญเติบโต และอัตรารอดตาย**

ทำการสุ่มตัวอย่างกุ้งก้ามกรามจากทุกชุดการทดลอง จำนวน 15 ตัว/บ่อ เพื่อชั่งน้ำหนักทุก 1 เดือน เป็นเวลา 6 เดือน และนำมาศึกษาการเจริญเติบโต (ในรูปค่าเฉลี่ยของข้อมูล) นำมาคำนวณค่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR, % ต่อวัน) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %), อัตรารอดตาย (survival rate, %) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

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

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

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

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

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

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา

**ตารางที่ 2** สูตรอาหารจากการคำนวณ ที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (PKC) เป็นส่วนผสม ที่ใช้สำหรับการทดลอง

| วัตถุดิบ (กรัม) | สูตรอาหารที่มีปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 (0%) | 2 (5%) | 3 (10%) | 4 (20%) | 5 (30%) | 6 (40%) |
| ปลาป่น | 21.45 | 21.29 | 21.4 | 21.45 | 32.10 | 41.4 |
| กากถั่วเหลือง | 44 | 43.81 | 43.41 | 42.60 | 27.90 | 8.6 |
| กากปาล์ม | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| ปลายข้าว | 11.9 | 9.55 | 7.65 | 3 | 0 | 0 |
| รำละเอียด | 12.65 | 10.35 | 7.54 | 2.95 | 0 | 0 |
| Alfa starch | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| น้ำมันพืช | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| น้ำมันปลา | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| วิตามินผสม | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Premix* | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **รวม** | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100 |
| โปรตีน (%) | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| ไขมัน (%) | 7.17 | 7.26 | 7.29 | 7.49 | 8.6 | 8.29 |
| GE (Kcal/Kg) | 3,931 | 3,881.3 | 3,830.6 | 3,733.3 | 3,697 | 3,645 |
| ราคาอาหาร/กก | 21.54 | 21.28 | 21.06 | 20.58 | 21.30 | 19.44 |

* Premix (สารผสมล่วงหน้า) ประกอบด้วยวิตามินและแร่ธาตุในปริมาณ/อาหาร 1 กก. ดังนี้ 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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

**ตารางที่ 3** องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ

| สูตรอาหาร | องค์ประกอบทางเคมี (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | โปรตีน | ไขมัน | ความชื้น | เถ้า | เยื่อใย | NFE |
| 1 (0%) | 34.12±0.14 | 11.27±0.03 | 7.48±0.04 | 9.03±0.03 | 3.23±0.15 | 38.10±0.16 |
| 2 (5%) | 34.41±0.19 | 11.47±0.01 | 6.47±0.08 | 9.09±0.02 | 3.55±0.03 | 38.56±0.21 |
| 3 (10%) | 34.36±0.25 | 7.85±0.22 | 9.03±0.23 | 8.82±0.07 | 4.54±0.10 | 39.94±0.16 |
| 4 (20%) | 35.03±0.36 | 8.41±0.21 | 5.86±0.09 | 9.21±0.05 | 5.52±0.10 | 41.49±0.25 |
| 5 (30%) | 35.46±0.73 | 10.73±0.19 | 5.85±0.09 | 10.76±0.05 | 4.67±0.28 | 35.20±0.10 |
| 6 (40%) | 36.25±0.81 | 10.10±0.08 | 6.84±0.03 | 12.32±0.05 | 5.01±0.64 | 34.49±0.32 |
| 7 (อาหารเม็ด) | 39.87±0.05 | 6.65±0.03 | 9.96±0.09 | 10.62±0.04 | 1.52±0.06 | 32.90±0.25 |

หมายเหตุ : ในวงเล็บคือ ระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในสูตรอาหาร

**การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา**

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างโดยการสุ่มเก็บเนื้อเยื่อตับ จากตัวอย่างกุ้งก้ามกรามของทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ตัว มาแช่ในสารละลายฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปผ่านกรรมวิธีเตรียมเนื้อเยื่อของ Humason (1972) เนื้อเยื่อตับถูกตัดให้มีความหนา 3-4 ไมโครเมตร แล้วย้อมด้วยสี Hematoxylin Eosin (HE) (Bancroft, 1967) จากนั้นนำตัวอย่างไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อเปรียบกันในแต่ละชุดการทดลอง

**การศึกษาองค์ประกอบเลือด**

เก็บตัวอย่างเลือดจากกุ้งตัวอย่างที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ ครบ 6 เดือน ชุดการทดลองละ 3 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) เป็นเซลล์ต่อมิลลิลิตร 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 $10^4$

**การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของตัวกุ้งก้ามกราม**

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างโดยการสุ่มตัวอย่างกุ้งก้ามกรามของทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ตัว มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการ AOAC (1990)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ศูนย์วิทยทรัพยากร

**การศึกษาต้นทุนการผลิต**

คำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตกุ้งก้ามกราม (unit feeding cost) โดยสมการ

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

**การศึกษาคุณภาพน้ำ**

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ในระหว่างการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลอง โดยดัชนีที่จะใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำประกอบด้วย อุณหภูมิน้ำวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท, ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ด้วย pH meter, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (วัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบดิจิตอล YSI Model 650 MDS), ความเป็นด่างของน้ำ (ด้วยวิธีการ Titration), แอมโมเนีย และไนไตรท์

**2. การวิจัยส่วนที่ 2** ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารทดลองของกุ้งก้ามกราม

ในการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของกุ้งก้ามกราม โดยเติมโครมิกออกไซด์ ($Cr_2O_3$) 0.5 - 1% ของน้ำหนักอาหาร เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ ในอาหารสูตรเดิมที่มีระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันทั้ง 6 ระดับ ๆ ละ 3 ซ้ำ (18 ตู้ทดลอง) แล้วเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในตู้กระจกขนาด 40x 60 x 40 ซม. จำนวนตู้ละ 5 ตัว (ขนาดประมาณ 60-80 ตัว/กก.) ประมาณ 15 วัน จนกระทั่งกุ้งยอมรับอาหารที่มีส่วนผสมของโครมิกออกไซด์ ทำการเก็บรวบรวมมูลกุ้ง หลังจากให้อาหาร 4 ชั่วโมง โดยวิธีกาลักน้ำลงสู่ถุงกรอง และนำไปแช่แข็ง ระยะเวลาเก็บมูลกุ้งประมาณ 60 วัน หรือจนกว่าจะได้ตัวอย่างเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ ปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีการ AOAC (1990) ทำการวิเคราะห์ปริมาณโครมิกออกไซด์ ในอาหารและในมูลตามวิธีของ Furukawa และ Tsukahara (1966) คำนวณหาประสิทธิภาพการย่อยโดยสมการ

$$\text{ความสามารถในการย่อย (บนฐานของวัสดุแห้ง)} = 100 - 100\ [\%\ \text{มาร์กเกอร์ในอาหาร} / \%\ \text{มาร์กเกอร์ในมูล}]$$

$$\%\ \text{ความสามารถในการย่อยสารอาหาร} = 100 - 100\ [\ \frac{\%\ \text{มาร์กเกอร์ในอาหาร x \% สารอาหารในมูล}}{[\ \%\ \text{มาร์กเกอร์ในมูล x\% สารอาหารในอาหาร}]}]$$

**3. การวิเคราะห์ข้อมูล**

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

**4. สถานที่ทำการทดลอง**

ทำการทดลอง ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ในปีงบประมาณ 2555

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

# ผลการวิจัย

**การวิจัยส่วนที่ 1** ทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในปริมาณที่ต่างกัน เป็นส่วนผสมในอาหาร 6 ระดับ (สูตรอาหาร) คือ สูตรที่ 1 (PKC 0%), สูตรที่ 2 (PKC 5%), สูตรที่ 3 (PKC 10%), สูตรที่ 4 (PKC 20%), สูตรที่ 5 (PKC 30%), สูตรที่ 6 (PKC 40%) และสูตรที่ 7 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป) เป็นสูตรเปรียบเทียบ ให้ผลการทดลอง ดังนี้

**การเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนัก**

**น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว**

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง 6 เดือน พบว่า กุ้งก้ามกรามมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4 และ รูปที่ 1 ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 0.67$\pm$0.12 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p$>0.05) โดยเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่เดือนที่ 2 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ($p$<0.05) เมื่อพิจารณาแต่ละระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหาร พบว่า ในเดือนที่ 4 กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน สูตรที่ 1 (PKC 0%) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงที่สุด (8.97$\pm$3.83 กรัม) แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05) กับกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 (PKC 40%) และสูตรที่ 7 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 8.63$\pm$3.58 และ 8.95$\pm$3.24 กรัม ตามลำดับ ซึ่งกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (PKC 20%) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ต่ำที่สุด (7.17$\pm$2.64 กรัม) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05) กับสูตรที่ 1, 5, 6 และ 7 แต่ไม่แตกต่างจากกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 และ 3 ($p$>0.05) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 7.66$\pm$3.48 และ 7.65$\pm$3.54 กรัม ตามลำดับ ส่วนกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 และ 6 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 8.04$\pm$3.99 และ 8.63$\pm$3.58 กรัม ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 6 พบว่า กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7 ยังคงมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด (12.07$\pm$4.72 กรัม) และมีน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05) กับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 6 ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 11.82$\pm$4.34 และ 11.51$\pm$4.23 กรัม ตามลำดับ แต่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวแตกต่างจากกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ($p$<0.05) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 9.93$\pm$4.76, 9.78$\pm$4.42, 9.13$\pm$3.94 และ 10.43$\pm$3.78 กรัม ตามลำดับ โดยกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (PKC 20%) มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด แตกต่างจากกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2, 3, และ 4 ($p$<0.05) ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแต่ละระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหาร พบว่า กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน สูตรที่ 1 (PKC 0%) มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตตรัง

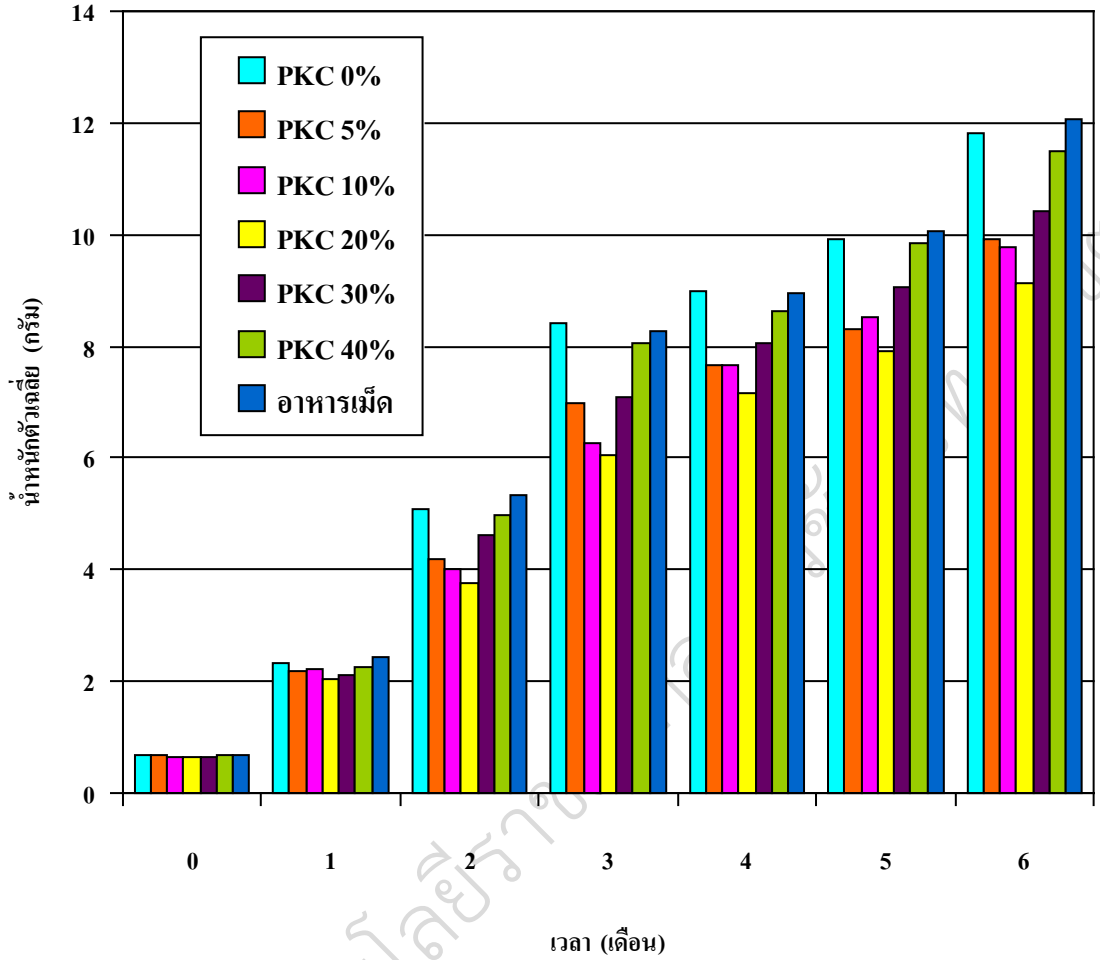
**ตารางที่ 4** การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน

| ระยะเวลา (เดือน) | สูตรอาหาร | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 (0%) | 2 (5%) | 3 (10%) | 4 (20%) | 5 (30%) | 6 (40%) | 7 (อาหารเม็ด) |
| เริ่มทดลอง | 0.69±0.18 [a] | 0.69±0.21 [a] | 0.65±0.17 [a] | 0.66±0.22 [a] | 0.64±0.19 [a] | 0.67±0.20 [a] | 0.68±0.16 [a] |
| 1 | 2.32±0.54 [c] | 2.17±0.66 [bc] | 2.23±0.54 [bc] | 2.03±0.51 [a] | 2.13±0.58 [bc] | 2.24±0.59 [bc] | 2.43±0.63 [c] |
| 2 | 5.07±1.24 [d] | 4.20±0.90 [abc] | 4.01±1.04 [ab] | 3.77±0.94 [a] | 4.62±1.27 [bc] | 4.97±0.92 [cd] | 5.32±1.51 [d] |
| 3 | 8.43±2.08 [d] | 6.99±2.49 [bc] | 6.26±1.86 [ab] | 6.06±1.89 [a] | 7.09±2.93 [c] | 8.07±2.91 [d] | 8.26±1.65 [d] |
| 4 | 8.97±3.83 [c] | 7.66±3.48 [ab] | 7.65±3.54 [ab] | 7.17±2.64 [a] | 8.04±3.99 [bc] | 8.63±3.58 [c] | 8.95±3.24 [c] |
| 5 | 9.93±4.28 [d] | 8.29±4.67 [ab] | 8.52±4.35 [ab] | 7.93±4.24 [a] | 9.07±4.04 [bc] | 9.84±3.90 [cd] | 10.05±4.94 [d] |
| 6 | 11.82±4.34 [d] | 9.93±4.76 [b] | 9.78±4.42 [b] | 9.13±3.94 [a] | 10.43±3.78 [bc] | 11.51±4.23 [cd] | 12.07±4.72 [d] |

หมายเหตุ : ในวงเล็บ คือระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหาร

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง




**รูปที่ 1** การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

**น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน**

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต (%SGR : กรัม/วัน) และอัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร ที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารเม็ดแตกต่างกัน คือ 0%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40% และ ชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นอาหาร เป็นระยะเวลา 6 เดือน แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกุ้งก้ามกราม ชุดการทดลองที่ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นอาหาร มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (1,681.16±91.73 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่ผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันสูตรอาหารที่ 2, 3, 4 และ 5 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05) แต่ไม่แตกต่างกับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 และ 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารที่ 1 และ 6 ($p$>0.05) ส่วนกุ้งก้ามกรามจากชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองทั้ง 6 สูตร ( PKC 0 %, PKC 5%, PKC 10%, PKC 20%, PKC 30% และ PKC 40%) สูตรอาหารที่ 1 และ 6 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างสูงไม่แตกต่างกัน ($p$>0.05) แต่แตกต่างกับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05) ส่วนกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 2 และ 3 มีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,341.13±58.62 และ 1,393.61±70.49 ตามลำดับ โดยกุ้งที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ( PKC 0% ) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด 1,619.04±76.39 ในขณะที่กุ้งที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (PKC 20%) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด เท่ากับ 1,283.33±52.18 (ตารางที่ 5)

ผลการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโต (%SGR : กรัม/วัน) ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5) โดยกุ้งก้ามกรามชุดการทดลองที่ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นอาหาร มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด (1.60±0.08 กรัม/วัน) สูงกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดทั้ง 6 สูตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05) กับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 แต่ไม่แตกต่างกับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 และ 6 ส่วนกุ้งก้ามกรามจากชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองทั้ง 6 สูตร มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.45±0.05 – 1.58±0.10 กรัม/วัน โดยกุ้งที่ได้รับอาหารเม็ดสูตรที่ 1 (PKC 0%) มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด (1.58±0.10 กรัม/วัน) ในขณะที่อาหารเม็ดสูตรที่ 4 (PKC 20%) มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยที่สุด (1.45±0.05 กรัม/วัน)

สำหรับอัตราการรอดตายของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองทั้ง 7 สูตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p$>0.05) โดยอัตราการรอดตายของกุ้งก้ามกรามที่ใช้กากเนื้อเมล็ดเป็นส่วนผสมในสูตรที่ 1 มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด (80.33±4.21 เปอร์เซ็นต์) ส่วนชุดการทดลองสูตรที่ 3 (PKC 20%) มีอัตรารอดตายต่ำที่สุด เท่ากับ 72.68±3.48 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5)

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร แสดงในตารางที่ 5 พบว่า กุ้งที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 7 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป) มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงกว่ากุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ PKC 0%, 5%, 10%, 20%, 30 และ PKC 40%) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)โดยมีการใช้โปรตีนอยู่ในช่วง 1.49±0.04 - 1.70±.0.03 และกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันทั้ง 6 สูตร มี

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนต่ำกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป (สูตรที่ 6) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งกุ้งทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงที่สุด เท่ากับ $1.43 \pm 0.09$ (ตารางที่ 5)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

**ตารางที่ 5** น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

| สูตรอาหาร | น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว) | น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว) | น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%) | อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (% ต่อวัน) | อัตราการรอดตาย (%) | ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (PKC 0%) | 0.69±0.18 $^{a}$ | 11.82±4.34 $^{d}$ | 1,619.04±76.39 $^{d}$ | 1.58±0.10 $^{cd}$ | 80.33±4.21 $^{a}$ | 1.43±0.09 $^{c}$ |
| 2 (PKC 5%) | 0.69±0.21 $^{a}$ | 9.93±4.76 $^{b}$ | 1,341.13±58.62 $^{b}$ | 1.48±0.08 $^{b}$ | 78.25±3.57 $^{a}$ | 1.22±0.08 $^{ab}$ |
| 3 (PKC 10%) | 0.65±0.17 $^{a}$ | 9.78±4.42 $^{b}$ | 1,393.61±70.49 $^{b}$ | 1.50±0.06 $^{b}$ | 72.68±3.48 $^{a}$ | 1.14±0.06 $^{a}$ |
| 4 (PKC 20%) | 0.66±0.22 $^{a}$ | 9.13±3.94 $^{a}$ | 1,283.33±52.18 $^{a}$ | 1.45±0.05 $^{a}$ | 73.15±4.80 $^{a}$ | 1.07±.0.08 $^{a}$ |
| 5 (PKC 30%) | 0.64±0.19 $^{a}$ | 10.43±3.78 $^{bc}$ | 1,530.68±83.42 $^{c}$ | 1.55±0.09 $^{c}$ | 79.35±2.30 $^{a}$ | 1.29±0.10 $^{b}$ |
| 6 (PKC 40%) | 0.67±0.20 $^{a}$ | 11.51±4.23 $^{cd}$ | 1,615.91±68.45 $^{cd}$ | 1.58±0.10 $^{cd}$ | 78.75±3.38 $^{a}$ | 1.36±0.07 $^{c}$ |
| 7 (อาหารเม็ด) | 0.68±0.16 $^{a}$ | 12.07±4.72 $^{d}$ | 1,681.16±91.73 $^{d}$ | 1.60±0.08 $^{d}$ | 75.75±3.19 $^{a}$ | 1.52±0.08 $^{c}$ |

หมายเหตุ : ในวงเล็บ คือระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหาร

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

**อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุนการผลิต**

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุนการผลิต ของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร แสดงในตารางที่ 6 พบว่า กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป (สูตรที่ 7) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด เท่ากับ 3.01±0.20 ต่ำกว่ากุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (สูตรที่ 2, 3 และ 4) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05) แต่ไม่แตกต่างจากกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 5 และ 6 ($p$>0.05) ซึ่งมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 3.35±0.28, 3.50±0.49 และ 3.42±0.54 ตามลำดับ ส่วนกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 – 4 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p$>0.05) ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าอยู่ในช่วง 4.16±0.45 – 4.57±0.19 แต่แตกต่างกับสูตรที่ 1, 5 และ 6 ($p$<0.05) โดยกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (PKC 20%) มีอัตราการแลกเนื้อสูงที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเป็น 4.57±0.19 (ตารางที่ 6)

จากการคำนวณราคาค่าอาหารที่นำมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารทั้ง 6 สูตร พบว่า สูตรอาหารที่มีส่วนประกอบของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นจะทำให้อาหารมีราคาต่ำลง ดังตารางที่ 6 และจากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารสูตรต่าง ๆ ต่อการผลิตกุ้งก้ามกราม 1 กิโลกรัม พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง ($p$<0.05) (ตารางที่ 6) โดยกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 (PKC 40%) มีต้นทุนค่าการผลิตกุ้งต่อหน่วยต่ำที่สุด (66.50±3.65 บาท) รองลงมาได้แก่กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 มีต้นทุนค่าอาหาร เท่ากับ 72.16±3.48 บาท ต่อการผลิตกุ้งก้ามกราม 1 กิโลกรัม ส่วนกลุ่มที่มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตสูงกว่านี้ได้แก่ กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5, 2, 3, 4, และสูตรที่ 7 ซึ่งมีต้นทุนค่าอาหาร เท่ากับ 74.52±4.78, 88.50±4.42, 90.18±6.82, 94.89±5.16 และ 108.53±7.26 บาท ตามลำดับ

**การเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และองค์ประกอบเลือด**

จากผลการศึกษาพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อตับของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารทดลองที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เมื่อทำการตัดเนื้อเยื่อทางด้านความยาว (Long section) พบว่าตรวจไม่พบความผิดปกติของพยาธิสภาพในเซลล์ตับกุ้งก้ามกรามทุก ๆ ระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (รูปผนวกที่ 14, 15, 16, 17, 18, 19 และ 20) โดยพบเซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ มีโครงสร้างปกติ และมีการสะสมอาหารปกติ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเลือดของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ พบว่า ปริมาณเม็ดเลือดรวม (x $10^6$ เซลล์ / มล.) ของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร เป็นระยะเวลา 6 เดือน มีค่าอยู่ในช่วง 5.73±2.46 - 7.13±1.65 x $10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างทุกชุดการทดลอง ($p$>0.05) ดังตารางที่ 7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

**ตารางที่ 6** อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาค่าอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

| สูตรอาหาร | อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ | ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม) | ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักกุ้ง (บาทต่อกิโลกรัม) |
|---|---|---|---|
| 1 (PKC 0%) | 3.35±0.28 [a] | 21.54 | 72.16±3.48 [b] |
| 2 (PKC 5%) | 4.16±0.45 [b] | 21.28 | 88.50±4.42 [c] |
| 3 (PKC 10%) | 4.28±0.71 [b] | 21.06 | 90.18±6.82 [c] |
| 4 (PKC 20%) | 4.57±0.19 [c] | 20.58 | 94.89±5.16 [b] |
| 5 (PKC 30%) | 3.50±0.49 [ab] | 21.30 | 74.52±4.78 [b] |
| 6 (PKC 40%) | 3.42±0.54 [a] | 19.44 | 66.50±3.65 [a] |
| 7 (อาหารเม็ด) | 3.01±0.20 [a] | 36.00 | 108.53±7.26 [d] |

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหาร
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p$>0.05)

**ตารางที่ 7** ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

| สูตรอาหาร | ปริมาณเม็ดเลือดรวม (x $10^6$ เซลล์ / มล.) |
|---|---|
| 1 (0%) | 6.46±2.23 [a] |
| 2 (5%) | 5.67±1.89 [a] |
| 3 (10%) | 5.73±2.46 [a] |
| 4 (20%) | 6.10±3.01 [a] |
| 5 (30%) | 7.02±2.67 [a] |
| 6 (40%) | 7.13±1.65 [a] |
| 7 (อาหารเม็ด) | 6.96±2.12 [a] |

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหาร
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

**องค์ประกอบทางเคมีของกุ้งก้ามกราม**

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งก้ามกรามเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 8) พบว่า ความชื้น และเถ้าของปลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p$>0.05) ในทุกระดับของการผสมกาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

เนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (สูตรที่ 1 – 6) และในสูตรที่ 7 ซึ่งใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นอาหาร โดยมีค่าอยู่ในช่วง 79.08±0.14 - 83.23±0.12 และ 1.15±0.11 - 41.26±0.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตรพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($p$<0.05) โดยอาหารสูตรที่ 7 (อาหารเม็ด) มีระดับโปรตีนในเนื้อสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 21.35±1.08 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5, 2, 1, 6, 4 และ 3 ตามลำดับ โดยระดับโปรตีนในเนื้อมีค่าอยู่ในช่วง 17.35±0.50 - 20.71±1.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับไขมัน พบว่า ระดับไขมันในเนื้อปลาทดลองในทุกระดับของการผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (สูตรที่ 1 – 6) และในสูตรที่ 7 ซึ่งใช้อาหารสำเร็จรูปเป็นอาหาร มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p$<0.05) โดยสูตรอาหารที่ 2 (PKC 5%) มีระดับไขมันสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.69±0.25 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่สูตรอาหารที่ 1, 4, 3, 6, 7 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งมีระดับไขมันในเนื้อ เท่ากับ 0.54±0.18, 0.39±0.09, 0.22±0.05, 0.20±0.04, 0.12±0.03 และ 0.09±0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

**ตารางที่ 8** ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

| สูตรอาหาร | ส่วนประกอบ (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ความชื้น | โปรตีน | ไขมัน | เถ้า |
| 1 (PKC 0%) | 83.16±0.57 $^{a}$ | 19.14±1.28 $^{b}$ | 0.54±0.18 $^{cd}$ | 1.18±0.13 $^{a}$ |
| 2 (PKC 5%) | 83.23±0.12 $^{a}$ | 19.52±1.55 $^{bc}$ | 0.69±0.25 $^{d}$ | 1.15±0.11 $^{a}$ |
| 3 (PKC 10%) | 79.08±0.14 $^{a}$ | 17.35±0.50 $^{a}$ | 0.22±0.05 $^{ab}$ | 1.23±0.25 $^{a}$ |
| 4 (PKC 20%) | 79.47±0.07 $^{a}$ | 17.66±1.33 $^{a}$ | 0.39±0.09 $^{bc}$ | 1.20±0.08 $^{a}$ |
| 5 (PKC 30%) | 82.31±0.62 $^{a}$ | 20.71±1.86 $^{c}$ | 0.09±0.04 $^{a}$ | 1.25±0.25 $^{a}$ |
| 6 (PKC 40%) | 80.43±0.40 $^{a}$ | 19.10±0.39 $^{b}$ | 0.20±0.04 $^{ab}$ | 1.22±0.03 $^{a}$ |
| 7 (อาหารเม็ด) | 79.69±0.28 $^{a}$ | 21.35±1.08 $^{c}$ | 0.12±0.03 $^{a}$ | 1.26±0.14 $^{a}$ |

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหาร

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

**การวิจัยส่วนที่ 2** ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารทดลองของกุ้งก้ามกราม ที่ทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในปริมาณที่ต่างกัน เป็นส่วนผสมในอาหาร 6 ระดับ (สูตรอาหาร) ให้ผลการทดลอง ดังนี้

**ประสิทธิภาพการย่อยอาหารทดลองของกุ้งก้ามกราม**

ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน ไขมัน และเถ้า ของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันทั้ง 6 สูตร เป็นระยะเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 9

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

จากการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารบนฐานวัตถุแห้ง พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยอาหารสูตรที่ไม่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (สูตรที่ 1) มีค่าเท่ากับ 78.54±1.23 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง (สูตรที่ 2, 3, 4, 5 และ 6) ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการย่อยอาหารอยู่ระหว่าง 71.21±2.45 - 76.64±2.45 โดยมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารจะทำให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร โปรตีน ไขมัน และเถ้า ลดต่ำลง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05) ซึ่งประสิทธิภาพการย่อย โปรตีน ไขมัน และเถ้า มีค่าอยู่ระหว่าง 69.26±1.28 - 75.62±0.73, 78.17±3.29 - 86.79±3.47 และ 165.15±0.57 - 78.00±1.70 เปอร์เซ็นต์

**ตารางที่** 9 ประสิทธิภาพการย่อยอาหารของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

| สูตรอาหาร | ประสิทธิภาพการย่อย (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | วัตถุแห้ง | โปรตีน | ไขมัน | เถ้า |
| 1 (PKC 0%) | 78.54±1.23 $^{c}$ | 75.62±0.73 $^{c}$ | 86.79±3.47 $^{b}$ | 78.00±1.70 $^{c}$ |
| 2 (PKC 5%) | 76.24±2.14 $^{b}$ | 72.23±1.30 $^{bc}$ | 79.65±1.49 $^{a}$ | 72.51±1.08 $^{bc}$ |
| 3 (PKC 10%) | 73.31±6.01 $^{ab}$ | 70.03±3.79 $^{ab}$ | 79.12±2.94 $^{a}$ | 70.55±1.14 $^{b}$ |
| 4 (PKC 20%) | 71.21±2.45 $^{a}$ | 69.26±1.28 $^{a}$ | 78.97±3.12 $^{a}$ | 68.20±0.97 $^{ab}$ |
| 5 (PKC 30%) | 75.47±1.61 $^{b}$ | 71.40±1.39 $^{ab}$ | 78.17±3.29 $^{a}$ | 65.15±0.57 $^{a}$ |
| 6 (PKC 40%) | 76.64±2.45 $^{bc}$ | 73.69±2.28 $^{c}$ | 83.51±4.12 $^{b}$ | 75.74±3.97 $^{c}$ |

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหาร
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p$>0.05)

**คุณภาพน้ำ**

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง (ตารางที่ 10) พบว่า อุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 28.09±1.52 - 29.20±0.94 ความเป็นกรดเป็นด่าง 7.01±1.05 - 7.94±0.67 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 6.39±0.72 - 7.13±0.39 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 102.00±1.58 - 106.65±3.43 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 0.35±0.02 - 0.57±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.19±0.02 - 0.32±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่กุ้งก้ามกรามสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

**ตารางที่ 10** คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ด้วยอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

| สูตรอาหาร | อุณหภูมิ (°C) | ความเป็นกรดเป็นด่าง | ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) | ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) | แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร) | ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (PKC 0%) | 28.58±0.21 | 7.32±0.23 | 7.02±0.85 | 105.46±2.20 | 0.35±0.02 | 0.19±0.02 |
| 2 (PKC 5%) | 29.04±0.31 | 7.51±0.60 | 7.13±0.39 | 106.65±3.43 | 0.38±0.04 | 0.21±0.04 |
| 3 (PKC 10%) | 28.64±0.16 | 7.03±0.84 | 6.68±0.35 | 102.00±1.58 | 0.36±0.02 | 0.23±0.01 |
| 4 (PKC 20%) | 28.36±0.47 | 7.46±0.35 | 7.04±0.38 | 105.34±1.27 | 0.42±0.01 | 0.28±0.04 |
| 5 (PKC 30%) | 28.09±1.52 | 7.01±1.05 | 6.57±0.45 | 106.25±2.26 | 0.57±0.05 | 0.32±0.01 |
| 6 (PKC 40%) | 29.20±0.94 | 7.94±0.67 | 6.39±0.72 | 103.61±2.73 | 0.40±0.04 | 0.20±0.02 |
| 6 (อาหารเม็ด) | 28.36±0.47 | 7.26±0.35 | 7.04±0.38 | 105.34±1.27 | 0.42±0.01 | 0.28±0.04 |

หมายเหตุ : -ในวงเล็บ คือระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

# วิจารณ์

จากผลการทดลองครั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าการเจริญเติบโต จะเห็นได้ว่า กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเสริมในอาหารในปริมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ให้การเจริญเติบโตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันผสมในสูตรอาหาร และมีการเจริญเติบโตดีเทียบเท่ากับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม (PKC 0 %) โดยสามารถพิจารณาได้จากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05) และมีการเจริญเติบโตสูงกว่าชุดการทดลองที่มีการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 30, 5, 10 และ 20% ตามลำดับ ($p$<0.05) แสดงให้เห็นว่าระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม โดยเมื่อเพิ่มปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารจนถึงระดับ 40% ทำให้กุ้งก้ามกรามมีอัตราการเจริญจำเพาะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ ทำให้ทราบว่าสามารถเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารกุ้งก้ามกรามได้ถึง 40% แต่ต้องเพิ่มปริมาณปลาป่นเป็น 2 เท่าจากสูตรควบคุม เพื่อรักษาระดับของโปรตีนในสูตรให้เท่ากัน (35%) โดยส่งผลให้กุ้งก้ามกรามมีการเจริญเติบโตดี มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเพิ่มสูงขึ้น โดยไม่ส่งผลต่อต้นทุนค่าอาหาร และสามารถลดต้นทุนค่าอาหารได้ต่ำที่สุด (19.44 บาท/อาหาร 1 กิโลกรัม) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดลองของ วัฒนา และคณะ (2552) ที่ทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเสริมในอาหารที่ระดับ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30% โดยผลิตอาหารที่มีโปรตีนและพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร 40% และ 3,300 Kcal/kg เท่ากันทุกสูตรเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า ที่ระดับของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 30% ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าที่ระดับอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกับกุ้งขาวที่ได้รับอาหารชุดควบคุม (PKC 0 %) เช่นเดียวกับการทดลองของ นิรุทธิ์ (2544) ที่ทดลองเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารที่มีระดับพลังงานไม่เกิน 3,600 กิโลคาลอรีต่อกิโลกรัม เลี้ยงปลานิล รายงานว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มว่ามีการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 0 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและได้แนะนำว่า การเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลานิล ทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์

ส่วนอัตราการรอดตายของกุ้งก้ามกรามจากทุกสูตรอาหารไม่มีความแตกต่างกัน ($p$>0.05) แสดงว่า ระดับของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการรอดตาย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับพลังงานที่กุ้งได้รับในแต่ละสูตรอาหารมีค่าใกล้เคียงกันและเหมาะสม เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (วัฒนา และคณะ, 2552) และระดับพลังงานในอาหารจากการทดลองครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับรายงานในกุ้งกุลาดำของ เปี่ยมศักดิ์ (2534) รายงานว่า ในปัจจุบันอาหารกุ้งส่วนใหญ่จะมีพลังงานแปรผันอยู่ในช่วง 3 –4 กิโลแคลอรี/กรัม อาหารกุ้งกุลาดำที่ดีควรมีพลังงาน 3.3 กิโลแคลอรี/กรัม ซึ่งจะสอดคล้องกับการทดลองของ Alava and Lim (1983) รายงานว่า พลังงานรวมของอาหารกุ้งที่เหมาะสม จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดดีที่สุด

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งก้ามกรามเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีทุก ๆ ค่าของกุ้งก้ามกราม แต่มีแนวโน้มว่าระดับโปรตีนที่สะสมในตัวกุ้งลดลง ตามระดับไขมันในอาหารที่เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณไขมันในอาหารที่เพิ่มสูงขึ้น มาจาก

การเพิ่มขึ้นของระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในอาหารเช่นเดียวกับความชื้นก็มีแนวโน้มลดลง ส่วนระดับไขมันในตัวปลามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับไขมันในอาหารที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารปลา ซึ่งสอดคล้องกับ นิรุทธิ์ (2544) ทดลองในปลานิล และวุฒิพร และคณะ (2541) ที่ทดลองในปลากดเหลือง

ส่วนผลการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารทดลอง พบว่า สูตรอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันผสมอยู่ กุ้งก้ามกรามสามารถย่อยได้ต่ำกว่าสูตรอาหารที่ไม่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน อาจเนื่องมาจากกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีส่วนประกอบของเยื่อใยอยู่ค่อนข้างสูง ซึ่งกุ้งไม่สามารถที่จะย่อยได้ จึงทำให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหารมีค่าต่ำ สอดคล้องกับการทดลองในปลานิลของ นิรุทธิ์ (2544) และ McDonald *et al*. (1981) ที่กล่าวไว้ว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีเยื่อใยสูง ทำให้ประสิทธิภาพของการย่อยได้ต่ำ ส่วนปลาในการทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 มีส่วนผสมกากของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 40 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการย่อยอาหารสูงที่สุดก็น่าจะมาจากอาหารสูตรที่ 6 ดังกล่าวมีสัดส่วนของระดับของโปรตีนจากปลาป่น และไขมันที่เหมาะสมทำให้กุ้งสามารถย่อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการทดลองครั้งนี้ กล่าวได้ว่า ต้นทุนค่าอาหารมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ โดยพบว่า สามารถผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหมอไทยได้ถึง 40% โดยมีผลทำให้ต้นทุนสำหรับผลิตกุ้ง 1 กิโลกรัมต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาราคาค่าอาหารต่อกิโลกรัม พบว่า การเพิ่มกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารกุ้ง สูตรที่ 6 ทำให้ราคาอาหารต่อกิโลกรัมลดลงประมาณ 16.56 บาท คิดเป็น 46.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 7 ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม กล่าวได้ว่า ราคาอาหารสูตรดังกล่าวนี้ก็ยังมีราคาต่ำกว่าอาหารสำเร็จรูปที่มีขายตามท้องตลาดทั่ว ๆ ไป อีกทั้งยังมีระดับโปรตีนที่สูงกว่า ซึ่งน่าจะทำให้มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ส่งผลให้ระยะเวลาของการเลี้ยงสั้นลง ผลกำไรก็มากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ นิรุทธิ์ (2544) ที่ทำการศึกษาผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันต่อการเจริญเติบโต และต้นทุนการผลิตของปลานิลแปลงเพศ พบว่า การเพิ่มกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารปลานิลทำให้ราคาค่าอาหารต่อกิโลกรัมลดลงประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ ต่อการเพิ่มระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 15 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น การผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ในการวิจัยครั้งนี้ มีความเหมาะสมทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ กล่าวได้ว่า สามารถผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารเม็ดสำเร็จรูป สำหรับเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้ถึง 40% ทำให้การเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด โดยมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัมสำหรับการผลิตกุ้งก้ามกรามต่ำที่สุด (19.44 บาท/กิโลกรัม)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง พบว่า อุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 25.89$\pm$1.28 ถึง 29.53$\pm$0.40 ความเป็นกรดเป็นด่าง 7.75$\pm$0.15 ถึง 8.32$\pm$0.43 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 6.56$\pm$0.30 ถึง 7.12$\pm$0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 85.40$\pm$1.67 ถึง 120.64$\pm$2.35 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 0.31$\pm$0.02 ถึง 0.49$\pm$0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.18$\pm$0.02 ถึง 0.30$\pm$0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่กุ้งก้ามกรามสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งในบ่อ (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง และกองส่งเสริมการประมง, 2550)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

## สรุป

การศึกษาผลของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่เสริมในอาหารของกุ้งก้ามกราม จากการวิจัยสรุปได้ว่า

1. สามารถผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารสำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ 0.67$\pm$0.12 กรัม ในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ส่งผลต่ออัตราการรอดตาย แต่ส่งผลให้ให้การเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม (ระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 0 เปอร์เซ็นต์) และที่ระดับ 5, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

2. การผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัมในการผลิตกุ้งก้ามกรามไม่ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในระดับอื่น ๆ และเปรียบเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป

3. การผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารที่ระดับต่าง ๆ (5 - 40 เปอร์เซ็นต์) ไม่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และปริมาณเม็ดเลือดของกุ้งก้ามกราม

4. ประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนในอาหารของกุ้งก้ามกรามในสูตรอาหารที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าที่ระดับของการผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับอื่น ๆ

## ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงวัสดุที่จะนำมาใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิตอาหาร และช่วยในเรื่องของการกระตุ้นการกินอาหาร เช่น วัสดุเศษเหลือจากโรงงานผลิตอาหารปลากระป๋อง เช่น เศษเหลือของเครื่องในปลา และน้ำนึ่งปลาที่เหลือจากขบวนการผลิต เพื่อใช้เป็นสูตรอาหารที่สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

# เอกสารอ้างอิง


กรมประมง. 2554. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ.2552. เอกสารฉบับที่ 9 / 2554. ศูนย์สารสนเทศกรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 91 น.

กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง และกองส่งเสริมการประมง. 2550. การเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กรมประมง. 16 น.

กองเศรษฐกิจการประมง. 2542. สถิติผลการผลิตการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดปี พ.ศ. 2539. กรมประมง, กรุงเทพฯ. 35 น.

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

จูอะดี พงษ์มณีรัตน์ และมะลิ บุญรัตนผลิน. 2538. การใช้แหล่งโปรตีนพืชบางชนิดในอาหารสำหรับปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 14/2538. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา, กรมประมง. 12 น.

จูอะดี พงษ์มณีรัตน์, มะลิ บุญรัตนผลิน และ ชูศักดิ์ บริสุทธิ์. 2540. ผลของปลาป่นไทยต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 1/2540. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา, กรมประมง. 16 น.

นภดล ศรีสุกใส. 2551. การเหนี่ยวนำให้เกิดทริพลอยดีในกุ้งก้ามกราม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นารีรัตน์ มะหมัด. 2548. ผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกบิ๊กอุย : http://www.bio.sci.tsu.ac.th/research/list.php?option=3&pageid=2. (เข้าค้นเมื่อ 1 กันยายน 2555)

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

บรรจง เทียนส่งรัศมี. 2521. หลักการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 107น.

ปรเมษฐ์ มุสิการุณ. 2550. การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองชนิดต่าง ๆ ด้วยเทคนิคการย่อยในห้องปฏิบัติการ และการนำผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองไปใช้ทดแทนปลาป่นในอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวาริชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

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

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

มะลิ บุญรัตผลิน, ประวิทย์ สุรณีรนาถ และ ธำมรงค์ ตันภิบาล. 2539. การแทนที่ปลาป่นด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองชนิดต่างๆ ในอาหารปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 19/2539. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา, กรมประมง. 30 น.

วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล และ เจษฎา อิสเหาะ. 2552. การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในอาหารที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม. รายงานการวิจัยประจำปี 2552,


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง. ตรัง.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนาศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255 น.

วุฒิพร พรหมขุนทอง เรวดี สัจจกุล ทัศนีย์ นบนอบ และ กิจการ ศุภมาตย์. 2541. ผลของไขมันระดับต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ การใช้ประโยชน์จากอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของปลากดเหลืองขนาดปลานิ้ว. รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 1-13.

วุฒิพร พรหมขุนทอง, วรรณชัย พรหมเกิด, กิจการ ศุภมาตย์, วุฒิกรณ์ จิตติวรรณ และ ตุสิต นาคะชาต. 2547. การแทนที่ปลาป่นในอาหารปลานิลแดงแปลงเพศด้วยกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 26(2) : 167-179.

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

AOAC. 1990. 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.

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

Blyth, P.J. and R.A. Dodd. 2002. An economic assessment of current practice and methods to improve feed management of caged finish in several SE Asia regions. Akvasmart Pty. Ltd. Australia. 18 pp.

Furukawa. A. and H. Tsukahara. 1966. On the acid digestion method for the determination of Chromic oxides as an index substance in the study of digestibility of fish feed. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 32 : 502-506.

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

Kongkeo, H. and. Phillips. 2002. Regional overview of marine finish farming, with an emphasis on groupers and regional cooperation. *In* : Report of the Regional Workshop on Sustainable Seafarming and Grouper Aquaculture. 17-20 April 2000. Medan, Indonesia. pp 35-42.

Mitra. G., P.K. Mukhopadhyay and D.N. Chattopadhyay. 2005. Nutrition and Feeding In Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Farming. Aqua Feeds: Formulation & Beyond, Volume 2 Issue 1. 17-19.

McDonald, P., Edward, R.A. and Greenhalgh, J.F.D. 1981. Animal Nutrition. London: Longman.

Omoregie, E. and Ogbemudia, F.I. 1993. Effect of substituting fish meal with palm kernel meal on Growth and food utilization of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Isr. J. Aquacult. – Bamidgeh 45 : 113-119.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

# ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

**รูปผนวกที่ 1** ลูกกุ้งก้ามกรามที่นับลงบ่อเลี้ยงในการทดลอง

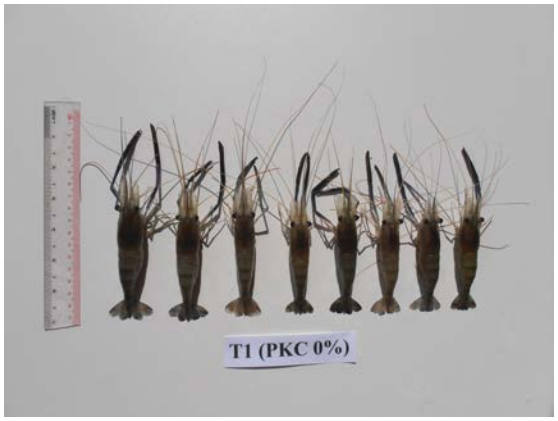
**รูปผนวกที่ 2** วัตถุดิบอาหารที่เป็นส่วนผสมในสูตรอาหารทดลอง

**รูปผนวกที่ 3** ชั่งวัตถุดิบอาหารตามสูตรอาหารสูตรต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

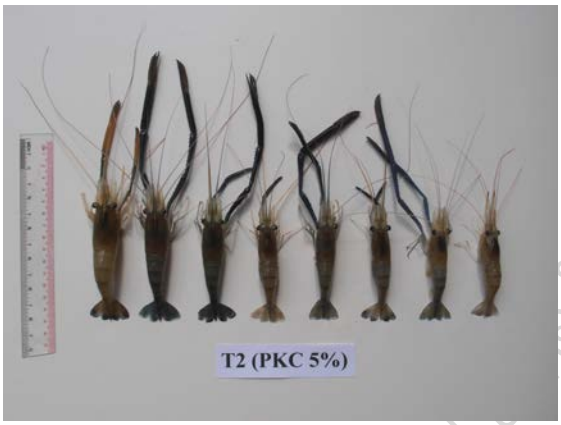
**รูปผนวกที่ 4** นำวัตถุดิบอาหารที่คลุกเคล้าผสมเข้ากันมาทำการอัดเม็ดอาหาร

**รูปผนวกที่ 5** อาหารกุ้งก้ามกรามที่ผ่านการอัดเม็ดเป็นเส้นยาวไว้ใช้ทดลอง

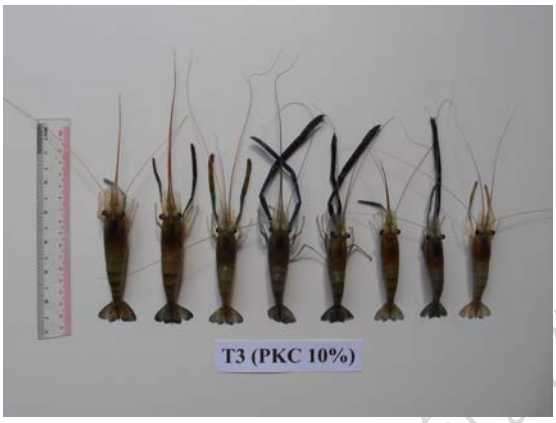
**รูปผนวกที่ 6** อบอาหารที่ผ่านการอัดเม็ดแล้วในตู้อบความร้อน 60 องศาเซลเซียส



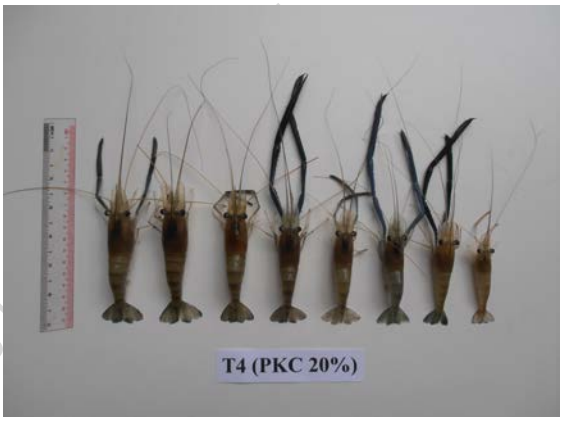

**รูปผนวกที่ 7** กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหาร สูตรที่ 1 (PKC 0%)




**รูปผนวกที่ 8** กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหาร สูตรที่ 2 (PKC 5%)




**รูปผนวกที่ 9** กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหาร สูตรที่ 3 (PKC 10%)

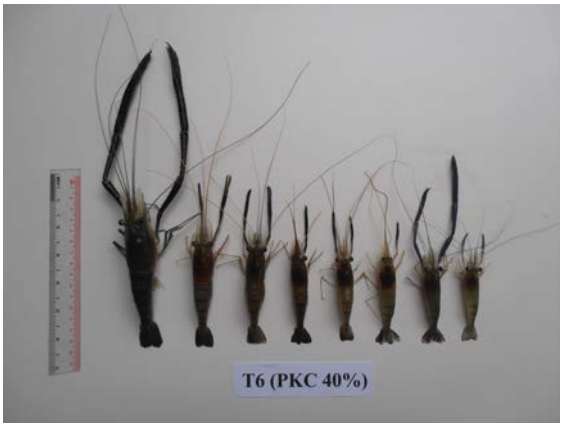



**รูปผนวกที่ 10** กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหาร สูตรที่ 4 (PKC 20%)

**รูปผนวกที่ 11** กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหาร

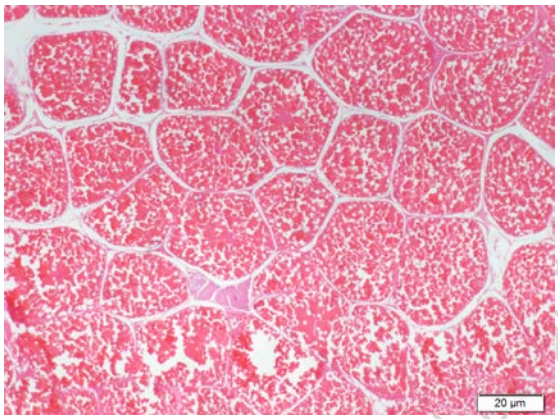
สูตรที่ 5 (PKC 30%)

**รูปผนวกที่ 12** กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหาร

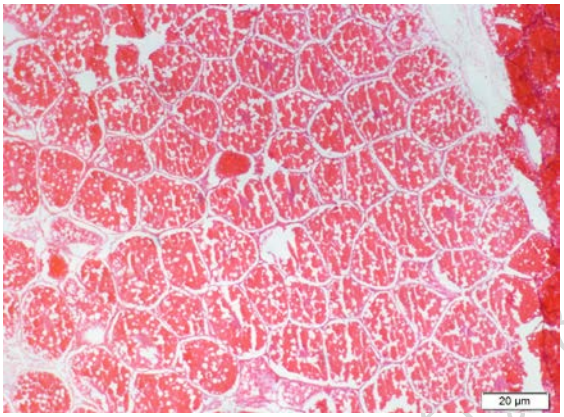



สูตรที่ 6 (PKC 40%)

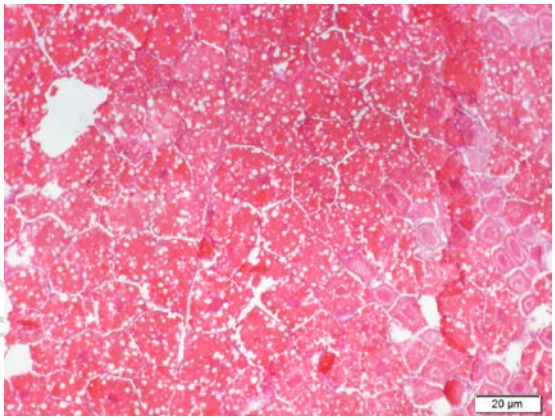
**รูปผนวกที่ 13** กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป)




**รูปผนวกที่ 14** เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (PKC 0%)

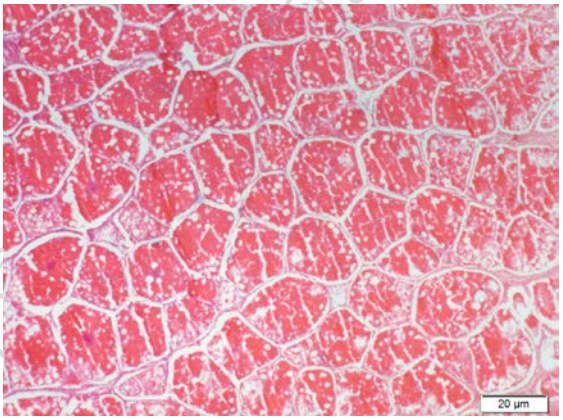



**รูปผนวกที่ 15** เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (PKC 5%)



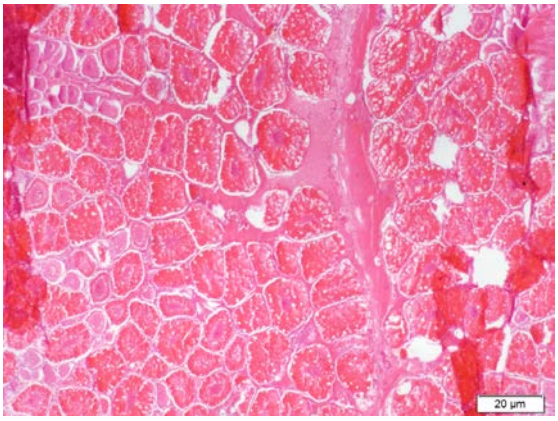

**รูปผนวกที่ 16** เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (PKC 10%)

**รูปผนวกที่ 17** เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับ

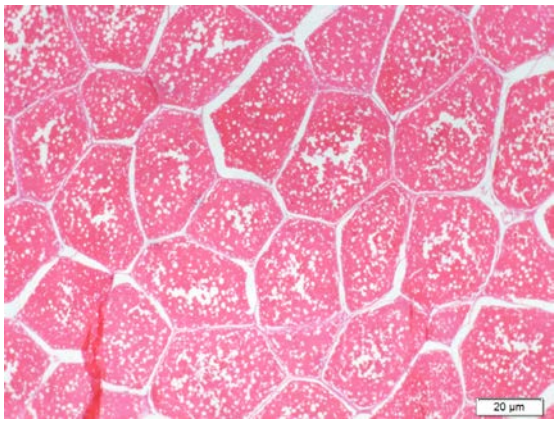



อาหารสูตรที่ 4 (PKC 20%)

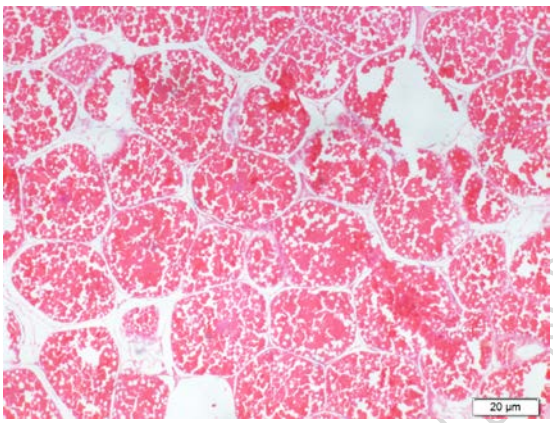
**รูปผนวกที่ 18** เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับ




อาหารสูตรที่ 5 (PKC 30%)




**รูปผนวกที่ 19** เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 (PKC 40%)




**รูปผนวกที่ 20** เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7 (อาหารเม็ด)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสตูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง