รายงานการวิจัย

แนวทางการลดต้นทุนโดยใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการหมักด้วย EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารปลาทับทิม

Guideline for Cost Reduction of Using on Palm Kernel Meal Fermented with EM for Soybean Meal Replacement in Red Tilapia (*Oreochromis* sp.) Diet

วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

เจษฎา อิสเหาะ Jesada Ishaak

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2560

รายงานการวิจัย

แนวทางการลดต้นทุนโดยใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการหมักด้วย EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารปลาทับทิม

Guideline for Cost Reduction of Using on Palm Kernel Meal Fermented with EM for Soybean Meal Replacement in Red Tilapia (*Oreochromis* sp.) Diet

วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

เจษฎา อิสเหาะ Jesada Ishaak

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้โดยได้รับความช่วยเหลือเกื้อกูลจากบุคคลหลายฝ่าย บุคคลเหล่านั้นล้วนเป็นกัลยาณมิตรที่ควรค่าแก่การกล่าวถึง ด้วยความรู้สึกขอบคุณ และยกย่องไว้ ณ ที่นี้

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

ขอขอบคุณ นายนาวา แขมภูเขียว และนางสาวอารียา หนูแหลม ผู้ช่วยวิจัยที่ได้ช่วยเหลือในการทำการวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ และ นักศึกษาสาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ สถาบันครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนในการทำการวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำการวิจัย และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2560 ในการทำวิจัยเรื่องดังกล่าวนี้

คณะผู้วิจัย

สิงหาคม 2561

แนวทางการลดต้นทุนโดยใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ที่ผ่านกระบวนการหมักด้วย EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารปลาทับทิม

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

บทคัดย่อ

การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการโดยการหมัก ด้วย EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารเลี้ยงปลาทับทิม เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลา องค์ประกอบเลือด และคุณค่าทางโภชนาการของปลา โดยผลิตอาหารที่มีโปรตีนเท่ากันทุกสูตร คือ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มีระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (FPKM) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารต่างกัน 5 ระดับ (สูตรที่ 1-5) คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป (สูตรที่ 6) เป็นสูตรเปรียบเทียบ นำไปเลี้ยงปลาทับทิมน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 14.85 ± 0.28 กรัม ในบ่อซีเมนต์ขนาด 1 ม. x 2 ม. x 0.6 ม. จำนวน 40 ตัว/บ่อ เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ปลาได้รับอาหารสูตรที่ 6 (สูตรเปรียบเทียบ) มีค่าการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้ อาหารสูงที่สุด ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาในชุดการทดลองที่ใ ช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (FPKM) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร (สูตรที่ 1-5) พบว่า ปลาได้รับอาหารสูตรที่ 3 (FPKM 50%) มีค่าการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงที่สุด ($P<0.05$) โดยปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (FPKM 50%) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด ($P<0.05$) ในขณะที่องค์ประกอบเลือด พยาธิสภาพของตับ และคุณค่าทางโภชนาการของปลาในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) อาหารสูตรที่ 3 (FPKM 50%) สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลาลงได้ 38.43% เมื่อเปรียบเทียบอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป ผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหาร ลดต้นทุนในปลานิล และสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ต่อไป

คำสำคัญ: กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน การหมัก อาหารปลา ปลาทับทิม

.....

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

[2]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ตำบลหันตรา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Guideline for Cost Reduction of Using on Palm Kernel Meal Fermented with EM for Soybean Meal Replacement in Red Tilapia (*Oreochromis* sp.) Diet

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

ABSTRACT

The solid state fermentation of palm kernel meal (PKM) by effective microorganisms (EM) improved the nutritive values of PKM. Replacement of soybean meal (SBM) with fermented PKM (FPKM) as protein source was investigated for its effects in red tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*). The two months old fish (14.85 ± 0.28 g initial weight) were randomly stocked into 20 cement ponds (1 m x 2 m x 0.6 m) at 40 fish/pond. The fishes were fed by SBM based diets with replacement by FPKM at 25% (25FPKM), 50% (50FPKM), 75% (75FPKM) and 100% (100FPKM), while an FPKM free diet (0FPKM) was used as control and compared diet (formula 6) was artificial floating pellet feed. These all diets contained 30% protein. Four replicate experiments were conducted in a recirculating system for 6 months. At the end of the feeding trial, fish fed with artificial floating pellet feed (formula 6) was superior in growth performance and feed utilization parameters (FCR and PER) ($P<0.05$). When considering In the experimental diets (formula 1-5), fish fed with 50FPKM diet was superior in growth performance and feed utilization parameters (FCR and PER) ($P<0.05$). No differences in carcass composition and no negative effects on hematological parameters at the 50% replacement level of SBM by FPKM also support this alternative. Findings from the current study could be applied in a low-cost FPKM-containing diet for tilapia, and they suggest the potential feedstuff use of FPKM also with other aquatic animals.

Keyword: palm kernel meal ; effective microorganisms ; carcass; feed utilization; red tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*).

.....

[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)
สารบัญภาพ (3)
บทนำ 1
วิธีดำเนินการวิจัย 13
ผลการวิจัย และอภิปรายผล 20
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 37
บรรณานุกรม 38
ภาคผนวก 43
ภาคผนวก ก 44
ภาคผนวก ข 48

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณการนำเข้ากากถั่วเหลือง และมูลค่าเฉลี่ย ระหว่าง พ.ศ. 2542-2548	7
2	องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารโดยการวิเคราะห์ (% น้ำหนักแห้ง)	15
3	สูตรอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM เป็นส่วนผสมในอาหารที่ได้จากการคำนวณ สำหรับเลี้ยงปลาทับทิมทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือน	16
4	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (กากปาล์มหมัก EM ในอาหารปลาทับทิมระดับต่าง ๆ กัน)	17
5	การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SD หน่วยเป็นกรัม) ของปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน	22
6	น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และต้นทุนค่าอาหาร ของปลาทับทิม ที่ได้รับอาหาร ผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน	25
7	ค่าองค์ประกอบเลือดของปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน	32
8	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา และค่าดัชนีตับ (HSI) ของปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน	34
9	คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน	36

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเจริญเติบโตของ ปลาทับทิม ที่ได้รับอาหาร ผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร ระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 6 เดือน	23

ภาพผนวกที่

1	กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน	45
2	ตวงน้ำหมัก EM	45
3	ผสมกากน้ำตาล	45
4	ผสมน้ำหมัก EM	45
5	คลุกเคล้าผสมวัตถุดิบอาหาร	45
6	ทดลองปั้นก้อนอาหาร	45
7	บรรจุอาหารในถุงซิป	45
8	ไล่อากาศออกจากถุงซิป	45
9	วัตถุดิบอาหารใช้ทดลอง	46
10	ชั่งวัตถุดิบอาหารตามสูตร	46
11	อัดเม็ดอาหารทดลอง	46
12	อาหารทดลองอัดเม็ด	46
13	อบอาหารที่ผ่านการอัดเม็ด	46
14	อาหารทดลองที่อบแห้ง	46
15	ตับปลาทับทิมสูตร 1 (0%)	47
16	ตับปลาทับทิมสูตร 2 (25%)	47
17	ตับปลาทับทิมสูตร 3 (50%)	47
18	ตับปลาทับทิมสูตร 4 (75%)	47
19	ตับปลาทับทิมสูตร 5 (100%)	47
20	ตับปลาทับทิมสูตร 6 (อาหารเม็ด)	47

บทนำ

ปลาทับทิม (*Oreochromis* spp.) ปัจจุบัน จัดได้ว่าเป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจมีความสำคัญมากชนิดหนึ่ง เพราะมีรสชาติดี ตลอดจนสีสันสวยงามเป็นที่น่ารับประทาน และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น ปลาทับทิมที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปคุณภาพสูงจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว ชนิดโอเมก้า-3 สูงกว่าปลาน้ำจืดปลาน้ำกร่อยทั่วไปถึง 4 เท่า จึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งใน และต่างประเทศ แต่ปัญหาของการเลี้ยงปลาทับทิมที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน คือ ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะราคาอาหาร ปลาไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงจำนวนมากไม่กล้าลงทุนเลี้ยง

ในการเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น อาหารนับได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในเรื่องอาหารจะตกอยู่ประมาณ 50-70 % ของต้นทุนทั้งหมด (Blyth and Dodd, 2002; Kongkeo and Phillips, 2002) ฉะนั้นหากผู้เลี้ยงไม่ให้ความสำคัญต่อการให้อาหารสัตว์น้ำ โอกาสที่จะเกิดความล้มเหลวในการเลี้ยงก็จะสูงตามไปด้วย ซึ่งในปัจจุบัน อาหารสัตว์น้ำมีราคาสูงขึ้นเป็นอย่างมาก เนื่องจากผลผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ ทั้งส่วนที่เป็นแหล่งโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต มีจำนวนลดลงเนื่องจากสภาวะภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากสภาวะโลกร้อน ส่งผลให้ราคาวัตถุดิบสัตว์น้ำดังกล่าว มีราคาค่อนข้างสูง สำหรับประเทศไทยนั้น มีปริมาณการนำเข้าวัตถุดิบอาหารสัตว์จากต่างประเทศสูงขึ้นทุกปี โดยเฉพาะปลาป่น กากถั่วเหลือง และข้าวโพด เป็นต้น โดยในปี พ.ศ. 2550 มีปริมาณนำเข้า 13,322, 2,104,512 และ 150,356 ล้านตัน ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2551) ทำให้ประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตราในการนำเข้าวัตถุดิบอาหารเป็นจำนวน 360.6, 21,463.6 และ 495.07 ล้านบาท ตามลำดับ จึงส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสัตว์น้ำสูงตามไปด้วย ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ จึงเป็นเหตุให้นักวิจัยอาหารสัตว์น้ำหันมาศึกษา และพยายามที่จะนำวัตถุดิบจากแหล่งโปรตีนอื่นที่หาได้ง่ายและราคาถูกกว่ามาใช้ หรือวัตถุดิบเหลือใช้จากกิจการต่าง ๆ ที่หาได้ง่ายมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร หรือทดแทนเป็นบางส่วน ก็จะช่วยลดต้น ทุนค่าอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำลง ได้ ดังนั้น การศึกษาวิจัยและพัฒนาใช้ทรัพยากรอาหารในระบบเกษตรกรรมที่มีศักยภาพในท้องถิ่น (potential local feed resources) ภายในประเทศจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการนำใช้ผลผลิต และผลพลอยได้ทั้งระบบให้ เกิดประโยชน์สูงสุด โดยเฉพาะปาล์มน้ำมัน และผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมันที่มีมากในภาคใต้ และในอนาคตมีแนวโน้มการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้นทุกปี (ปิ่น และ อัจฉรา, 2554)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญและปลูกกันมากทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยมีการขยายตัวเชิงอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ในปี พ .ศ. 2540 ผลผลิตปาล์มน้ำมันทั้งทะลายเท่ากับ 2,680,342 ตัน (สุดารัตน์, 2540) ซึ่งในอุตสาหกรรมสกัด (palm kernel meal : PKM หรือ palm kernel cake : PKC) ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือ หรือผลพลอยได้ที่มีคุณค่าทางโภชนะโดยเฉพาะโปรตีน

และไขมัน สูงพอสมควร หาได้ง่าย และมีราคาถูก สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำได้ ซึ่งจากรายงานการทดลองใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิล พบว่าสามารถเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันได้ถึงที่ระดับ 30% ในอาหาร ซึ่งทำให้มีต้นทุนการผลิตปลาต่ำที่สุด คือ 17.33 บาทต่อกิโลกรัม สามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ดีพอสมควร และเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลานิลทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ (นิรุทธิ์, 2544) และเป็นไปในทำนองเดียวกับ การทดลองในปลากะรังของ วัฒนา และคณะ (2551) จากคุณสมบัติที่ผ่านมาพอจะเป็นมูลเหตุให้ทราบได้ว่า กากเนื้อ ในเมล็ดปาล์มน้ำมันสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำ อาจจะใช้เป็นแหล่งโปรตีน ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นหรือกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารได้

แต่จากการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ ยวข้องเกี่ยวกับการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำ ทดแทนปลาป่น หรือกากถั่วเหลือง พบว่า ใช้ประกอบสูตรอาหารได้ในระดับที่ต่ำ สามารถใช้ทดแทนได้เพียงบางส่วนเท่านั้น เนื่องจากโปรตีนจากกากปาล์มมีคุณค่าทางอาหารต่ำกว่าปลาป่น และกากถั่วเหลือง และสัตว์น้ำมีความสามารถในการใช้วัตถุดิบพืชเป็นแหล่งโปรตีนได้ต่ำกว่าปลาป่น เมื่อใช้วัตถุดิบพืชเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารในปริมาณสูง สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำ ซึ่งเป็นปัจจัยจำกัด กล่าวคือ มีความไม่สมดุลของสารอาหารสำหรับสัตว์น้ำ เป็นต้น นอกจากนั้น กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ยังมีเยื่อใยสูง และถ้าใช้วัตถุดิบพืชระดับสูงในอาหารจะลดความน่ากินของอาหาร และมีผลต่อคุณภาพเม็ดอาหาร ถึงแม้วัตถุดิบพืชที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำจะส่งผลด้านลบต่อสัตว์น้ำบ้าง แต่วัตถุดิบพืชก็มีราคาถูก แล ะหาได้ง่ายกว่า ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวคิดในการ ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะและให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใน โดยวิธีการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ (EM) เพื่อลดข้อจำกัดก่อนการนำไปใช้ประกอบในสูตรอาหารสัตว์ ส่งผลให้การใช้วั ตถุดิบดังกล่าวในอาหาร ของปลาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถเพิ่มระดับการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้สูงขึ้นกว่าเดิม ก็จะเป็นการช่วยลดต้นทุนในอาหารสัตว์น้ำลงได้ ซึ่งน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพื่อเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสำหรับปลา

ดังนั้น การ นำเอาวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือ หรือผลพลอยได้ที่มีแพร่หลายในท้องถิ่นภาคใต้ คือกากเนื้ อ ในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ผ่านการหมัก มาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหาร ปลาทับทิม เพื่อลดการใช้ กากถั่วเหลือ งซึ่งเป็ นวัตถุดิบที่มีราคาแพงในการผลิตอาหารสัต ว์น้ำ จึงเป็นแนวทางของการศึกษา วิจัยในครั้งนี้ เพื่อที่จะพัฒนาสูตรอาหารสำหรับเลี้ยง ปลาทับทิมให้ดียิ่งขึ้น เป็นการต่อยอดงานวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนค่าอาหารให้ได้มากยิ่งขึ้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของการใช้ กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน หมักด้วย EM เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลือง ในปริมาณต่าง ๆ กันเป็นส่วนผสมในอาหาร ต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของ ปลาทับทิม อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน องค์ประกอบของเลือด ปลาทับทิม

และต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิต ปลาทับทิม เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนค่าอาหาร และรู้จักใช้วัตถุดิบเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และคาดว่าผลการศึกษาวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาอุตสาหกรรมการเลี้ยงปลาทับทิม และปลาน้ำจืดของประเทศไทยต่อไป

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นแนวทางการผลิตอาหาร ปลาทับทิม ราคาประหยัด ลดต้นทุนการผลิต และมีการพัฒนาสูตรอาหารให้มีประสิทธิภาพในการเลี้ยงที่ให้อัตราการเจริญเติบโตดี แต่ราคาอาหารถูกลงกว่าเดิม โดยใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่น และเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย ในท้องถิ่น มีผลผลิตจำนวนมาก นำมาใช้เป็นแหล่ง วัตถุดิบผลิตอาหารสัตว์น้ำ ทดแทนหรือ ลดการใช้วัตถุดิบอาหารที่มีราคาแพง เพื่อช่วยเกษตรกรในการลดต้นทุนการผลิตอาหาร กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน จึงเป็นวัตถุดิบอาหาร ที่มีความเป็นไปได้ที่จะใ ช้เป็นส่วนผสม ในอาหารปลาได้ เพราะมีราคาถูก และหาได้ง่ายโดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดตรัง แต่ต้องมีการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันให้ดีขึ้น ลดปริมาณสารต้านโภชนะ โดยการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ (EM) ทำให้สามารถเพิ่มระดับการใช้วัตถุดิบดังกล่า วได้สูงขึ้นกว่าเดิม การวิจัยในครั้งนี้ ต้องการที่จะ หาระดับของการใช้กากเนื้อในเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมักเพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกในการทดแทนกากถั่วเหลืองของสูตร อาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยงปลาทับทิม ที่เหมาะสม และดีที่สุดต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายของ ปลา และองค์ประกอบอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนสามารถลดราคาอาหารปลาได้มากยิ่งขึ้น และงานวิจัยนี้ได้องค์ความรู้ สามารถตอบคำถามของสมมุติฐานดังกล่าวได้ ทั้งนี้เพื่อการประยุกต์ใช้ในสัตว์น้ำชนิดอื่นต่อไป และเผยแพร่แก่นักวิชาการและบุคคลทั่วไป

ปลาทับทิม

ปลาในตระกูล Tilapia เป็นปลามีถิ่นกำเนิดในทวีป แอฟริกา มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถปรับตัว ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่ไม่ค่อยเหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ดี เจริญเติบโตและสามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย และรวดเร็ว ทั้งยังเป็นกลุ่มปลาที่ใช้พลังงานในการผลิตต่ำเพราะสามารถใช้ประโยชน์จากห่วงโซ่อาหารลำดับต้นๆกล่าวคือเป็นกลุ่มปลาที่กินแพลงก์ตอน เป็นอาหารเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแพลงก์ตอนพืชจนจัดได้ว่าการเพาะเลี้ยงปลาตระกูล Tilapia เป็นวิธีการผลิตโปรตีนที่ใช้พลังงานในการผลิตต่ำที่สุดวิธีหนึ่ง เป็นสาเหตุให้มีการนำปลากลุ่มนี้มาเพาะเลี้ ยงกันอย่างกว้างขวางโดยปลาในสกุล ได้แก่ *Oreochromis niloticus* , *O. aureus* และ *O. mossambicus* เป็นปลาที่นิยมเลี้ยงมากกว่าปลาในสกุลอื่น เนื่องจากมีคุณสมบัติโดยทั่วไปเหนือกว่าเช่น อัตราการเจริญเติบโต และความอดทนต่อการเปลี่ยนแปลงต่อสภาพแวดล้อมซึ่งหากไม่นับรว มปลาไน (*Cyprinus carpio*) แล้วปลาในตระกูล Tilapia นับเป็นกลุ่มปลาที่มีการเพาะเลี้ยงแพร่หลายที่สุดในโลก (Balarin and Hatton, 1979)

ลักษณะภายนอกของปลาทับทิม

ลักษณะ รูปร่าง ของลำตัวปลาทับทิมมีความคล้ายคลึงกับปลานิลธรรมดามาก แต่มีริมฝีปากเฉียงขึ้น ที่ต่างกันชัดเ จน คือ สีของลำตัว คือ ปลาทับทิมมีสีบริเวณลำตัวเป็นสีส้ม ส้มแดง แดง ส้มเหลือง หรือชมพู บางตัวอาจมีเม็ดสี สีดำ (melanin pigment) ขนาดเล็กกระจายทั่วไปบนบริเวณลำตัว ครีบหลัง ครีบก้น และครีบหางมักมีจุดสีส้มแดงเล็กเรียงกันเป็นแถวทำให้เห็นเป็นแถบสีส้มแดงมีลักษณะต่างจากปลานิลธรรมดา ซึ่งลำตัวสีเขียวปนน้ำตาลหรือเทาปนน้ำเงิน ลักษณะที่มีความแตกต่างกันเห็นได้ชัด คือ สีของผนังช่องท้องในปลานิลแดงผนังช่องท้องจะมะมีสีขาว เนื่องจากไม่มีเม็ดสีสีดำ แต่ปลานิลธรรมดาผนังช่องท้องมีสีดำเนื่องจากมีเม็ดสี และช่องท้องของปลานิลแดงมีป ริมาณไขมันมากกว่าปลานิลธรรมดา

บริเวณครีบหางปลาทับทิมไม่มีลายเส้นตามขวาง นัยน์ตาปลาทับทิมมีหลายแบบ คือ นัยน์ตาสีแดง วงรอบตาสีเหลือง หรือนัยน์ตาสีดำ วงรอบตาสีแดง เป็นต้น มีเกล็ด 3 แถวที่บริเวณแก้ม ครีบหลังมีอันเดียว ประกอบด้วยก้านครีบแข็ง 15-17 อัน ก้านครีบ อ่อน 12-14 อัน ครีบอกมีเฉพาะก้านครีบอ่อน 13 อัน ครีบท้องมีก้านครีบแข็ง 1 อัน ก้านครีบอ่อน 5 อัน ครีบก้นมีก้านครีบแข็ง 3 อัน ก้านครีบอ่อน 9-11 อัน และครีบหางมีก้านครีบอ่อน 16-18 อัน จำนวนเกล็ดบนเส้นข้างลำตัว 33-38 เกล็ด และเกล็ดรอบคอดหาง 18-19 เกล็ด (มานพ และคณะ, 2536)

ลักษณะเด่นของปลาทับทิม

เป็นปลาที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็วมาก มีปริมาณเนื้อที่ใช้บริโภคต่อน้ำหนักสูงถึง 40% และมีสันหนามาก ส่วนหัวเล็ก โครงกระดูกเล็ก ก้างน้อย เส้นใยกล้ามเนื้อละเอียดแน่นจึงมีรสชาติดี ปราศจากกลิ่นที่เกิดจากไขมันปลา เจริญเติบโตได้ ในความความเค็มถึง 25 ppt สามารถเลี้ยงในกระชังที่มีความหน าแน่นสูง โดยมี ผลผลิตเฉลี่ย 40 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กินอาหารเก่ง ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี และมีความต้านทานต่อโลกสัตว์น้ำต่าง ๆ ได้ดี ผิวมีสีแดงส้มอมชมพูเนื้อทุกส่วนมีสีขาวทำให้น่ารับประทาน

นอกจากนี้ในแง่โภชนาการเนื้อปลามีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวทำให้ไม่สะสมในผนังหลอดเลือด ลดความเสี่ยงจากโรคที่เกี่ยวกับหัวใจ โรคความดันโลหิต นอกจากนี้ปลาทับทิมที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปคุณภาพสูงจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว ชนิดโอเมก้า-3 สูงกว่าปลาน้ำจืดปลาน้ำกร่อยทั่ วไปถึง 4 เท่า ในแง่ของความเชื่อเนื้อของปลาทับทิม และผนังท้องมีสีขาวสะอาด ไม่มีผนังช่องท้องเป็นสีเทาดำ โดยมีเกล็ดและผิวหนังเป็นสีแดง ซึ่งมีความเชื่อว่าเป็นสีมงคลจึงเหมาะสมกับการจัดเลี้ยงในเทศกาลต่าง ๆ ด้วยเหตุลักษณะต่าง ๆ ของปลาทับทิม ในวันที่ 22 มกราคม 2541 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ได้พระราชทานนามว่า “ปลาทับทิม” อย่างเป็นทางการ

ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวตระกูลปาล์ม เช่น เดียวกับมะพร้าว ตาล และจาก มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Elaeis guineensis* Jacq. มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา อเมริกา กลาง และเอเชีย

ตะวันออกเฉียงใต้ มีการนำ เข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรก หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ที่จังหวัดสงขลา และมีการปลูกเชิงเศรษฐกิจครั้งแรก ในปี พ.ศ. 2511 ที่จังหวัดกระบี่และสตูล โดยนำพันธุ์มาจากประเทศมาเลเซีย ต่อมาได้มีการปลูกกันอย่างแ พร่หลายในอีกหลาย จังหวัดโดยในปี พ.ศ. 2530 จังหวัดที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากได้แก่ กระบี่ สุราษฎ์ธานี ชุมพร สตูล และตรัง ตามลำดับ มีพื้นที่ปลูกทั้งหมดประมาณร้อยละ 95.46 ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้ งประเทศ ในปี พ.ศ. 2531 ผลผลิตปาล์มน้ำมันทั้งทะลายเท่ากับ 885,000 ตัน และในปี พ.ศ. 2540 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งสิ้น ประมาณ 1,096,615 ไร่ โดยมีผลผลิตรวม 2,680,342 ตัน (สุดารัตน์, 2540) ความต้องการน้ำมันปาล์มดิบของโรงงานกลั่ นน้ำมันปาล์มและอุตสาหกรรมอื่น ๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจและประชากร นอกจ ากนั้นน้ำมันปาล์ มยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้อย่างกว้างขวาง อีกทั้งเป็นพืชยืนต้นที่ให้น้ำมันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น ๆ (ชัยรัตน์, 2538)

การขยายตัวของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเกิดขึ้นอย่ างรวดเร็วในช่วงเวลา 30 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะปลูกปาล์มน้ำมันน้อยอยู่ เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย สำหรับประเทศไทยยังมีการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันน้อยอยู่เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศดังกล่าว (1.4 ล้านไร่ หรือ 0.02% ของพื้นที่เก็บเกี่ยวทั้งโลก) ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้คิดเป็น 95% (ธีระ และคณะ, 2548) ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ แต่ปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคตได้มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากปัญหาความต้องการใช้น้ำมัน และพลังงานในประเทศที่สูงเพิ่มมากขึ้น เพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันในอนาคต

กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม

ทะลายปาล์มสด เป็นผลผลิตจากต้นปาล์ม ซึ่งประกอบด้วยทะลาย (bunch) และ ผลปาล์ม (fruit) ภายในผลจะประกอบด้วยส่วนของชั้นเปลือก (mesocarp) และจากชั้นเปลือกจะมีกะลา (shell) หุ้มเมล็ดในอยู่ ทะลายปาล์มสดจะถูกส่งเข้าสู่โรงงานผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันซึ่งจะมีผลผลิตคือ น้ำมันปาล์ม แ ละผลพลอยได้ คือกะลาปาล์ม และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (Devendra, 1977)

ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบผลปาล์มเพื่อเอาน้ำมัน นับวันจะมีปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะผลผลิตปาล์มน้ำมัน เพิ่มขึ้นทุกปี กากปาล์มน้ำมัน และกากเนื้อเมล็ดในปาล์ม น้ำมัน ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือหรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสกัดปาล์มน้ำมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงพอสมควร หาได้ง่าย และมีราคาถูก ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำได้ ดังรายงานที่ทดลองในปลานิล ของ นิรุทธิ์ (2544) และวัฒนา และคณะ (2553) ได้ทำการทดลองในปลาหมอไทย นับว่าเป็นทางเลือกใหม่ที่ช่วยลดต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์น้ำ

ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางอาหารของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

กากเนื้อ ในเมล็ดในปาล์มน้ำมัน เป็นกา กที่ได้จากการเอาเมล็ดปาล์มที่กระเทาะ เอากะลาออกไปแล้วมาอัดน้ำมัน กากที่ได้จึงควรมีแต่เนื้อเมล็ดในปาล์ม แต่ในโรงงานที่ผลิตได้ในประเทศไทย

ยังไม่สามารถแยกกะลาออกได้หมด องค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มจะมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวิธีการหีบน้ำมัน และวัตถุดิบ (สายพันธุ์ปาล์ม) เช่น โปรตีนมีค่าระหว่าง 11.75-20.56 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.80-23.77 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก (NFE) 42.68-63.50 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 10.46-29.65 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3.06-4.82 เปอร์เซ็นต์ ธาตุแคลเซียม 0.18-0.31 กรัม ธาตุฟอสฟอรัส 0.28-0.79 กรัม และพลังงานรวม 3,728-5,584 กิโลคาลอรี/กิโลกรัม (นิรุทธิ์, 2544)

ความต้องการอาหารและโภชนาการของสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำกินอาหารเข้าไป จุดประสงค์หลักเพื่อใช้ในการบำรุงร่างกายให้อยู่ในสภาพปกติ และเพื่อใช้ในการสร้างความเจริญเติบโตให้แก่ร่างกายดังนั้น อาหารที่จะนำมาใช้เลี้ยงจึงจำ เป็นต้องมีส่วนประกอบของอาหารหลัก 5 หมู่ คือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุ ในบรรดาส่วนประกอบของอาหารหลักดังกล่าว โปรตีนนับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุด เนื่องจากมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโต ในขณะเดียวกันก็มีราคาแพง ที่สุด อาหารที่ผสมออกมาเป็นสูตรอาหารนั้น ผู้เลี้ยงจำเป็นต้องคำนึงถึงความต้องการสารอาหารของสัตว์น้ำแต่ละชนิด แต่ผลที่เกิดขึ้นในแง่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อ วัตถุดิบที่นำมาผสมควรหาได้ง่าย ราคาถูกและมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยปกติสัตว์น้ำต้องกา รโปรตีนในอาหารสูงกว่าสัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ทั้งนี้ เนื่องจากสัตว์น้ำมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตได้น้อยกว่า สัตว์น้ำจึงจำเป็นต้องอาศัยโปรตีนเป็นแหล่งพลังงานแทน ความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำนอกจากจะแตกต่างกันตามชนิดข องสัตว์น้ำแล้ว ยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของสัตว์น้ำนั้น ๆ ด้วย (NRC, 1983)

ความสำคัญประการหนึ่ง ในการสร้างสูตรอาหารคือ การเลือกวัตถุดิบเพื่อทำอาหารสัตว์น้ำ ผู้เลี้ยงจะต้องคำนึงถึงคุณภาพหรือคุณค่าทางอาหารของวัตถุดิบนั้นด้วยว่า สัตว์น้ำมีความสามารถในกา ร ย่อยได้มากน้อยเพียงใด และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อร่างกายได้มากน้อยเพียงใด

อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบัน ส่วนใหญ่นิยมใช้อาหารผสมสำเร็จรูปเป็นหลักในการเลี้ยง และในการผลิตอาหารประเภทนี้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงประการแรกคือ ปริมาณโปรตีนในอาหาร เวียง (2528) กล่าวว่า แหล่งของโปรตีนในอาหารที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์มี 2 ประเภทคือ โปรตีนจากสัตว์และโปรตีนจากพืช โดยโปรตีนจากสัตว์จะแตกต่างจากโปรตีนจากพืช เนื่องจากชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่แตกต่างกัน และในการให้อาหารสัตว์น้ำนั้น สัตว์น้ำจะโตเร็วหรือช้านั้นจ ะขึ้นอยู่กับคุณภาพอาหารที่ได้รับ และต้องให้ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ นับได้ว่าโปรตีนเป็นสารอาหารที่ช่วยในการเจริญเติบโตอย่างแท้จริง (เวียง, 2542)

อุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์และความต้องการวัตถุดิบ

อุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ เป็นอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตผลการ เกษตรประเภทหนึ่งที่ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากทางเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งในด้านการก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัตถุดิบ รวมทั้งเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดการจ้างงานขึ้นในท้องถิ่นเป็นจำนวนมาก

อาหารสัตว์ เป็นปัจจัยสำคัญต่ออาชีพการเลี้ยงสัตว์ คิดเป็นมูลค่าสูงถึงป ระมาณ 70-80 % ของต้นทุนการเลี้ยงสัตว์ทั้งหมด ต้นทุนทางด้านราคาอาหารสัตว์จึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อกำไรหรือขาดทุนของเจ้าของกิจการ และเชื่อมโยงต่อเนื่องถึงปริมาณการผลิต การตลาด ตลอดจนราคาผลิตภัณฑ์จากสัตว์ นอกจากนี้ยังต้องเสียเปรียบในการแข่งขันในตลาดโลกให้กับคู่แ ข่งซึ่งมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า วิกฤตการณ์วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เกิดขึ้นหากไม่ได้รับการแก้ไขหรือผ่อนคลายให้เบาบาง ลง ก็เป็นที่แน่นอนว่าจะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น แนวโน้มความต้องการวัตถุดิบประเภทโปรตีนยังคงเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ด้านการผลิตในประเทศยังขยายตัวไม่ ทันกับความต้องการ เช่น กากถั่วเหลือง กรมการค้าภายใน (2550) รายงานว่า กากถั่วเหลืองเป็นสินค้าที่ผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่นำเข้ามาเพื่อผลิตเป็นน้ำมันสำหรับบริโภค และใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ โดยตั้งแต่เดือน มกราคมถึงตุลาคม พ.ศ.2542-2548 ประเทศไทยนำเข้ากากถั่วเหลือง ปริมาณ 1,331,099-1,881,419 ตัน มูลค่าเฉลี่ย 10,532.32 ล้านบาท เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมาตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณการนำเข้ากากถั่วเหลือง และมูลค่าเฉลี่ย ระหว่าง พ.ศ. 2542-2548

ปี พ.ศ.	ปริมาณการนำเข้า[1]	ราคา[2]
2542	1,331,099	7.67
2543	1,312,234	9.32
2544	1,561,630	10.45
2545	1,755,550	9.66
2546	1,917,874	10.82
2547	1,262,261	12.75
2548	1,881,419	11.37

ที่มา: กรมการค้าภายใน (2550)

[1]หน่วย : ตัน, [2]ราคาขายส่ง กากถั่วเหลือผลิตในประเทศไทยจากเมล็ดนำเข้าโปรตีน 42-45 เปอร์เซ็นต์ ณ หน้าโรงงานสกัดน้ำมัน ตลาด กทม, หน่วยเป็น บาท

ระดับราคา กากถั่วเหลืองที่ขายได้โดยเฉลี่ย ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ .ศ. 2542-2548 กิโลกรัมละ 7.67-12.75 บาท และราคา เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากไทยนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ คือ มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (กรมการค้าภายใน , 2550) เหตุผลดังกล่าว จึงเป็นจุดประสงค์หลักของการพัฒนาการผลิตโปรตีนทางเลือกอื่น ๆ เป็นอาหารสัตว์ เพื่อเพิ่มประสิ ทธิ์

ภาพในการผลิตในประเทศไทย โดยเน้นการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นที่หาซื้อได้ง่าย และมีราคาถูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น ตัวอย่างเช่น มันสำปะหลัง และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ซึ่งนับได้ว่าเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ทั่วไป และสามารถที่นำไปใช้ประโ ยชน์ได้ทุกส่วน และยังจัดได้ว่าเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งของพลังงานที่ดี และมีราคาถูก

และในปัจจุบันนี้เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงปลาทับทิม พบว่า มีราคาสูงมากขึ้นเนื่องจากปัญหาในเรื่องของวัตถุดิบดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้น ถ้าหาก สามารถหาแหล่งของวัตถุดิบที่สามารช่วยลดต้นทุนค่าอาหาร ก็จะเป็นการช่วยเหลืออุตสาหกรรมการเลี้ยง ปลาน้ำจืด ของประเทศไทยได้

แหล่งโปรตีนทดแทน

ด้วยเหตุของปัญหาแหล่งโปรตีนที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ จึงเป็นเหตุให้นักวิจัยอาหารสัตว์น้ำหันมาศึกษา และพยายามที่จะนำวัตถุดิบจากแหล่งโปรตีนอื่นที่หาได้ง่ายและราคาถูกกว่ามาใช้ หรือวัตถุดิบเหลือใช้จากกิจการต่าง ๆ ที่หาได้ง่ายมาทดแทนเป็นบางส่วน ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะวัตถุดิบเหลือใช้ เช่น กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานทดแทนในอาหารปลานิล (นิรุทธิ์, 2544) โดยทำการทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิล พบว่าสามารถเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันได้ถึงที่ระดับ 30% ในอาหาร ซึ่งทำให้มีต้นทุนการผลิตปลาต่ำที่สุด คือ 17.33 บาทต่อกิโลกรัม สามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ดีพอสมควร และเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลานิลทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ (นิรุทธิ์, 2544) และเป็นไปในทำนองเดียวกับ การทดลองในปลาหมอไทยของ วัฒนา และคณะ (2553) นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ ยงปลาน้ำจืดในร่องสวนของวัฒนา และคณะ (2554) และในอาหารกุ้งก้ามกราม (วัฒนา และคณะ, 2555)

การใช้โปรตีนจากพืชทดแทนปลาป่น

การใช้วัตถุดิบพืชเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสัตว์น้ำ สามารถใช้ทดแทนได้เพียงบางส่วนเท่านั้น เนื่องจากโปรตีนจากกากปาล์มมีคุณค่าทางอ าหารต่ำกว่าปลาป่น และกากถั่วเหลือง และสัตว์น้ำมีความสามารถในการใช้วัตถุดิบพืชเป็นแหล่งโปรตีนได้ต่ำกว่าปลาป่น เมื่อใช้วัตถุดิบพืชเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารในปริมาณสูง สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำ ซึ่งเป็นปัจจัยจำกัด กล่าวคือ มีความไ ม่สมดุลของสารอาหารสำหรับสัตว์น้ำ เป็นต้น นอกจากนั้น กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ยังมีเยื่อใยสูง และถ้าใช้วัตถุดิบพืชระดับสูงในอาหารจะลดความน่ากินของอาหาร และมีผลต่อคุณภาพเม็ดอาหาร ถึงแม้วัตถุดิบพืชที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำจะส่งผลด้านลบต่อสัตว์น้ำ บ้าง แต่วัตถุดิบพืชก็มีราคาถูก และหาได้ง่ายกว่า จึงมีความจำเป็นต้องมีการ ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของ กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันให้ดีขึ้น โดย การหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อให้การใช้วัตถุดิบดังกล่าวในอาหารของปลาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพทำให้สามารถเพิ่มระดับการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้สูงขึ้นกว่าเดิม

การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยวิธีการหมัก

การหมักในทางชีวเคมีหมายถึง การสร้างพลังงานจากกระบวนการย่อยสลาย หรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารประกอบอินทรีย์โดยอาศัยเอนไซม์เป็นตัวช่วย ซึ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์คุณภาพต่ำ หรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตร สามารถนำมาผ่านกระบวนการหมักเพื่อปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะให้ดีขึ้น และทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใน ลดข้อจำกัดก่อนการนำไปใช้ประกอบสูตรอาหารสัตว์ได้ (สุภัตรา, 2556)

จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective microorganisms, EM)

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นจุลินทรีย์ที่เกษตรกรนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ จุลินทรีย์ EM (Effective microorganisms) ซึ่งถูกค้นพบโดยศาสตราจารย์ ดร .เทรูโอะ ฮิหงะ ผู้เชี่ยวชาญสาขาพืชสวน (Horiticulture) ชาวญี่ปุ่น ที่ได้ศึกษาเรียนรู้เป็นระยะเวลาถึง 15 ปี โดยพบว่าลักษณะโดยทั่วไปของ EM เป็นของเหลวสีน้ำตาล กลิ่นเปรี้ยว อมหวาน เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีชีวิต และไม่สามารถใช้ร่วมกับสารเคมี ยาปฏิชีวนะ และยาฆ่าเชื้อต่าง ๆ ได้ สามารถนำไปเพาะขยายช่วยปรับสภาพความสมดุลของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม (รัช, 2544)

รัช (2544) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของ EM ไว้ว่า EM ที่ทำใช้ในประเทศไทยมีสูตรเดียวเรียกว่า EM รวม หรือเรียกว่า ซุปเปอร์ EM เป็นจุลินทรีย์ที่ได้คัดสรรอย่างดีแล้วจากจุลินทรีย์ทั่วไปมากกว่า 80 ชนิด ที่ไม่มีพิษแต่มีประโยชน์ต่อพืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อม แยกได้เป็น 5 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มจุลินทรีย์พวกเชื้อราที่มีเส้นใย (Filamentous fungi) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งการย่อยสลายอินทรีย์สาร ทำงานได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน มีคุณสมบัติต้านทานความร้อนได้ดี ปกติใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตเหล้า ทำหน้าที่ผลิตปุ๋ยหมัก ใช้หมักแอลกอฮอล์เป็นส่วนใหญ่ ช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุให้มีอณูเล็กลง และรากพืชสามารถดูดไปใช้เป็นอาหารได้ง่าย

กลุ่มที่ 2 กลุ่มจุลินทรีย์พวกสังเคราะห์แสง (Photosynthetic microorganisms) ทำหน้าที่สังเคราะห์สารอินทรีย์ให้แก่ดิน ซึ่ง จะประกอบด้วย ธาตุไนโตรเจน กรดอะมิโน น้ำตาล วิตามิน และฮอร์โมน จะเพิ่มประสิทธิภาพและความสมบูรณ์ให้แก่ดิน

กลุ่มที่ 3 กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้การหมัก (Zymogenic or fermented microorganisms) ทำหน้าที่เป็นตัวกระทำให้ดินเปลี่ยนสภาพต้านทานโรคเข้าสู่วงจรการย่อยสลาย แบบหมัก และแบบสังเคราะห์เป็นหัวเชื้อในการผลิตปุ๋ยหมัก ป้องกันแมลง และต้านทานโรค สามารถบำบัดมลพลพิษในน้ำเสีย ที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษต่าง ๆ ได้

กลุ่มที่ 4 กลุ่มจุลินทรีย์พวกตรึงไนโตรเจน (Nitrogen-fixing microorganisms) มีทั้งพวกที่เป็นสาหร่าย และพวกแบคทีเรีย ทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศในดิน แล้วผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น โปรตีน กรดอะมิโน แป้ง น้ำตาล กรดไขมัน วิตามิน ฮอร์โมน และกรดอินทรีย์

กลุ่มที่ 5 กลุ่มจุลินทรีย์พวกสร้างกรดแลคตริก (Lactic acids) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการต่ อต้านเชื้อรา และแบคทีเรียที่เป็นโทษ จุลินทรีย์พวกนี้ ส่วนใหญ่ไม่ต้องการอากาศหายใจ ในสภาวะปกติทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพจากดินเน่าเปื่อยหรือดินก่อโรค ให้กลายเป็นดินที่ต่อต้านโรค โดยช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชต่าง ๆ ให้มีจำนวนน้อยลง หรือให้หมดไป นอกจากนั้นยังช่วยเร่งการงอกของเมล็ดพืชอีกด้วย

ประโยชน์ของ EM ทางด้านประมง

EM ช่วยควบคุมคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้ ช่วยแก้ปัญหาโรคพยาธิในน้ำ ซึ่งเป็นอันตรายต่อ กุ้ง ปลา กบ หรือสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่เลี้ยง ช่วยรักษาโรคแผลต่าง ๆ ใน ปลา กบ จระเข้ ตะพาบน้ำ ฯลฯ ช่วยลดปริมาณขี้เลนในบ่อ ช่วยให้เลนไม่เน่าเหม็น สามารถนำไปผสมเป็นปุ๋ยหมักใช้กับพืชต่าง ๆ ได้ดี (นิรนาม, 2544)

กระบวนการหมัก

กระบวนการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์แบ่งตามลักษณะ หรือปริมาณน้ำในอาหารได้ 3 แบบ คือ การหมักแบบแห้ง (solide-state fermentation) โดยมีการเติมน้ำเล็กน้อยเพื่อให้ เหมาะต่อการเจริญของจุลินทรีย์ การหมักในอาหารกึ่งของเหลว (solide-solid fermentation) มีอาหารหมักเป็นของเหลวแต่มีของแข็งแขวนลอยบางส่วน และการหมักในอาหารเหลว (submerged fermentation) โดยเชื้อจุลินทรีย์เจริญในอาหารที่มีลักษณะเหลว (เสริมศักดิ์, 2546)

ผลของการหมักวัตถุดิบอาหารสัตว์

จากการรวบรวมข้อมูลการหมักวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ สามารถปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะให้ดีขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มปริมาณโปรตีนในวัตถุหมัก และสามารถใช้ในสูตรอาหารได้เพิ่มขึ้น สายันต์ (2547) ศึกษาการใช้อาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ ร่วมกับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรี ยเสริมกากน้ำตาลในอาหารแพะเพศผู้ลูกผสม (พันธุ์พื้นเมืองไทย ×พันธุ์แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) โดยให้แพะได้รับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์เสริมกากน้ำตาล แบบเต็มที่ *(da libitum)* เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเ ทียบปริมาณอาหารที่กินได้ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ไม่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ย 2.86 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิ จารณาอัตราการเจริญเติบโตของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 29.78 และ 27.56 กรัมต่อตัวต่อวัน สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์ มน้ำมัน 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (24.00, 19.72 และ 18.00 กรัมต่อวันตามลำดับ)

Adamafio et al. (2010) ศึกษาการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. niger*, *A. flavus* และ *Lactobacillus* แล้วนำน้ำหมัก ที่ได้ไปหมักเปลือกมันสำปะหลัง พบว่า สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในเปลือกมันสำปะหลังได้ ส่วนเยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณลดลง ($P<0.05$) เนื่องจากจุลินทรีย์ใช้คาร์โบไฮเดรตทั้งในรูปแป้ง และเยื่อใยเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับสร้างพลังงานให้กับเซลล์ เช่นเดียวกับการทดลองของ David (2011) พบว่า การหมักกากผลไม้ก่อนนำมาใช้ประกอบสูตรอาหารไก่เนื้อสามารถเพิ่มโปรตีน และลดปริมาณเยื่อใยได้ เช่นเดียวกัน วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ผ่านกระบวนการหมักสามารถที่จะลดปริม าณสารต้านโภชนะที่มีอยู่ในวัตถุดิบชนิดนั้น ๆ ได้ เช่ น แทนนิน กรดไฟทิก และ ทริปซิน จากการทำงานของจุลินทรีย์ที่ปล่อยเอนไซม์เพื่อย่อยสลายวัตถุดิบ

สำหรับในประเทศไทยได้มีการศึกษาวิจัยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำเพื่อนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตาม กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมีองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนที่มีคุณภาพค่อ นข้างต่ำ และมีเยื่อใยอยู่สูง จึงได้มีแนวคิดการพัฒนาวิธีการใช้ประโยชน์จากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำโดยกรรมวิธีกา รหมักเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญระหว่างการหมัก ซึ่งเป็นวิธีการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้มากขึ้น และมีต้นทุนการผลิตที่ไม่สูง แต่ข้อมูลมีจำกัด (ปิ่น และ อัจฉรา , 2554) ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้น่าจะช่วยแก้ปัญหาถึงผลของการนำกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันดังกล่าวได้

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึงผลของกากเนื้อในเมล็ด ปาล์มน้ำมันหมัก EM ในอาหารปริมาณต่าง ๆ เพื่อทดแทนแหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลืองต่อ การเจริญเติบโต อัตรา รอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ลักษณะทางทางเนื้อเยื่อวิทยา องค์ประกอบของเลือด และองค์ประกอบทางเคมีของปลาทับทิม
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิต ปลาทับทิม ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักเป็นส่วนผสมในอาหารปริมาณต่าง ๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษาจะสามารถพัฒนาอาหารสัตว์น้ำไปในทิศทางและความต้องการที่เหมาะสมขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาห กรรมปาล์มน้ำมัน ในท้องถิ่นให้มีศักยภาพสูงขึ้น และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมด้วยการลดมลพิษจากการปล่อยทิ้งของวัสดุเศษเหลือดังกล่าว และเป็นองค์ความรู้ ในการผลิตอาหารเลี้ยงปลา ทับทิม ที่มีราคาถูก ภายใต้กระบวนการประหยัดต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกร เป็นการบริการความรู้ให้แก่ประชาชน เพื่อให้เกิดความตระหนัก และเจตคติที่ดีในกระบวนการเกษตรธรรมชาติ เป็นการบริการความรู้แก่ภาคธุรกิจสามารถนำไปสู่การผลิตเชิงพา ณิชย์ และสามารถนำผลงานใช้ในการประชาสัมพันธ์ สร้างเจตคติที่ดีต่ อเกษตรกร และผู้บริโภค ทราบถึงแนวทางในการที่จะถ่ายทอดเทคโนโลยีการลดต้นทุนในการเลี้ยงปลา

ทับทิม โดยใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมัก ในระดับที่เหมาะสม เป็นส่วนผสมในอาหาร ให้แก่นิสิต นักศึกษาสาขาประมง หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาทับทิม และปลานิล และผู้ประกอบการทุกระดับ เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ อาหารสัตว์น้ำต้นทุนต่ำ และเพื่อให้ทราบถึงแนวทางในการใช้ประโยชน์จากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมัก เพื่อพัฒนาต่อยอดในการพัฒนาการใช้ประโยชน์ในอาหารปลาทับทิม ปลานิล และสัตว์น้ำชนิดอื่นต่อไป ตลอดจนส่งเสริมให้มีการนำนำไปใช้ได้จริง เพื่อรองรับนโยบายของรัฐบาลทางด้านการเกษตร 4.0 ของประเทศไทย

วิธีการดำเนินการวิจัย

แนวทางการลดต้นทุนโดยใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่าน กระบวนการหมักด้วย EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารปลาทับทิม มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Compleately Randomized Design; CRD) โดยศึกษาระดับของการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมัก ด้วย EM เป็นแหล่งโปรตีน ทดแทนกากถั่วเหลือง ในสูตรอาหารปลาทับทิมในระดับ 0, 25, 50, 75, และ 100 % และมีชุดการทดลองที่ใช้อาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ที่มีขายตามท้องตลาดเป็นชุดการทดลองเปรียบเทียบ ดังนั้น มีชุดการทดลองทั้งสิ้น 6 ชุดการทดลอง (6 สูตรอาหาร) ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักทดแทนกากถั่วเหลือง 0%
ชุดการทดลองที่ 2 กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักทดแทนกากถั่วเหลือง 25%
ชุดการทดลองที่ 3 กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักทดแทนกากถั่วเหลือง 50%
ชุดการทดลองที่ 4 กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักทดแทนกากถั่วเหลือง 75%
ชุดการทดลองที่ 5 กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักทดแทนกากถั่วเหลือง 100%
ชุดการทดลองที่ 6 อาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป

การเตรียมระบบเลี้ยง

ทำการทดลองเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ขนาด 1x2x0.6 เมตร จำนวน 24 บ่อ ตามชุดการทดลอง ที่อยู่ในโรงเพาะฟักปลาสวยงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ทำความสะอาดบ่อเลี้ยง เติมน้ำจืดที่สะอาด สูง 40 เซนติเมตร ให้อากาศใช้สายยาง และหัวทราย

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการทดลองในปลา ทับทิมอายุประมาณ 2 เดือน ขนาดประมาณ 7-10 เซนติเมตร โดยก่อนเริ่มทำการทดลองจะนำลูกปลามาอนุบาลในซีเมนต์ขนาดความจุน้ำ 4 ตัน (1 x 4 x 1 เมตร) ให้อาหารสูตรควบคุม ที่จะใช้เลี้ยงวันละ 2 ครั้ง จนกระทั่งลูกปลาเคยชินกับอาหารเม็ด เป็นระยะเวลา 10 วัน หลังจากนั้นสุ่มลูกปลาลงเลี้ยงในบ่อทดลอง จำนวน 40 ตัว/บ่อ ทำการชั่งหาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของปลา

การเตรียมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการทดลอง นำมาจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มของจังหวัดตรัง ทำการบดด้วยเครื่องบดละเอียด แล้วนำมาผ่านกระบวนการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ (EM) ด้วยวิธีการหมักแบบแห้ง (solid-state fermentation) ซึ่งเป็นแบบของการหมักเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบ (transformation process) (เสริมศักดิ์, 2546) โดยผสมเชื้อจุลินทรีย์กับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก (w/w) และผสมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ (w/w) เติมน้ำ 5 เปอร์เซ็นต์ (w/w) เพื่อให้เหมาะต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ทำการคลุกเคล้าผสมให้ทั่วถึงทุกส่วน เก็บใส่ถุงซิป ไล่อากาศออกให้มากที่สุด ซึ่งจะเป็นการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน ใช้เวลาในการหมักประมาณ 30 วัน (ภาพผนวกที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ)

การเตรียมอาหารทดลอง

นำกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม น้ำมัน กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม น้ำมันหมัก EM และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต (ตารางที่ 2) เพื่อนำค่าที่ได้มาสร้างเป็นสูตรอาหารทดลอง อาหารทดลองทั้ง 5 สูตร ใช้วัตถุดิบ ปลาป่น กา กถั่วเหลือง รำละเอียด ปลายข้าว น้ำมันปลา น้ำ มันพืช วิตามิน แร่ธาตุผสม และ สารเหนียว ผสมกับ กากเนื้อเมล็ดในปาล์ม น้ำมันหมักในอาหารเหมือนกันทุกสูตร แต่มีปริมาณแตกต่างกันตามชุดการทดลอง โดยใช้กากปาล์มหมัก EM แทนที่กากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร ตามระดับที่กำหนดไว้ (ดังแสดงในตารางที่ 3) และกำหนดให้มีระดับโปรตีน และพลังงานเท่ากันทุกชุดการทดลอง (สูตรอาหาร) โดยให้มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ (กำหนดตามรายงานในอาหารปลานิล ของ นิรุทธิ์, 2544) ไขมันไม่น้อยกว่า 8% และระดับพลังงาน รวมในอาหาร (GE) ในสูตรอาหาร ไม่ต่ำกว่า 3,300 Kcal/kg การปรับระดับพลังงานในอาหาร ใช้การเติมน้ำมันปลาและน้ำมันพืช (ในสัดส่วน 1:1) ค่าพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารคำนวณโดยใช้ค่าต่าง ๆ ซึ่งประยุกต์มาจากค่าที่ใช้ในปลานิล คือ 4.4 Kcal/g สำหรับโปรตีน 9.0 Kcal/g สำหรับไขมัน และ 3.7 Kcal/g สำหรับคาร์โบไฮเดรต (Stickney, 1979)

ขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง

นำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว ชั่งให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณไว้ในแต่ละสูตร รวมทั้งวัตถุดิบที่เป็นของเหลว เ ช่น น้ำมัน โดยนำวัตถุแห้งทั้งหมดมาผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงค่อย ๆ เติมน้ำมันลงไปทีละน้อย และเปิดเครื่องผสมอาหารเป็นเวลา 5 นาที แล้วค่อย ๆ เติมน้ำสะอาด เปิดเครื่องอีกครั้งนาน 10 นาที เมื่อวัตถุดิบอาหารผสมเข้ากันเป็นอย่ างดี จึงนำเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหาร (Mincer) ที่มีหน้าแว่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-6 มิลลิเมตร (ตามขนาดของปากปลา) จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศา

เซลเซียส ในตู้อบอาหารที่มีระบบการควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง นำอาหารที่อบแห้งแล้ววางให้เย็น อาหาร ที่ผลิตแล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทธีลีน และเก็บในถุงสีดำเพื่อป้องกันแสง รอนำไปใช้งาน (ภาพผนวกที่ 9, 10, 11, 12, 13 และ 14)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารโดยการวิเคราะห์ (% น้ำหนักแห้ง)

วัตถุดิบ	องค์ประกอบทางเคมี (%)					
	โปรตีน	ไขมัน	ความชื้น	เถ้า	เยื่อใย	NFE
ปลาป่น	57.11+0.65	7.97+0.05	5.31+0.03	17.43+0.07	ND	12.18+0.25
กากถั่วเหลือง	46.01±0.87	1.32±0.08	8.99±0.13	7.35±0.10	7.43±0.21	28.90±0.92
กากปาล์ม	12.78±0.08	8.90±0.16	2.67±0.06	3.92±0.04	37.71±0.31	34.02±0.64
กากปาล์มหมัก	15.09±0.16	7.33±0.21	4.87±0.37	2.70±0.24	23.42±0.24	46.59±0.43
ข้าวโพด	7.36±0.12	4.72±0.10	8.95±0.13	2.62±0.09	2.2±0.13	74.15±0.11
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
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

หมายเหตุ : - ราคาวัตถุดิบอาหาร ปลาป่น 35 บาท/กก., กากถั่วเหลือง 18.20 บาท/กก., กากปาล์ม 6 บาท/กก., ข้าวโพด 9.20 บาท/กก., รำละเอียด 10.50 บาท/กก., ปลายข้าว 10 บาท/กก., แอลฟา–สตาร์ช 35 บาท/กก., น้ำมันปลา 85 บาท/กก., น้ำมันพืช 35 บาท/กก., วิตามินรวม 100 บาท/กก., premix 70 บาท/กก., EM 6 บาท/กก.

นำอาหารทุกสูตรมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้น ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (2005) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกซ์, NFE) คำนวณได้จากสูตร 100 – (ความชื้น+โปรตีน+ไขมัน+เถ้า+เยื่อใย) และคำนวณค่าพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (ตารางที่ 3) คำนวณโดยใช้ค่าต่าง ๆ ซึ่งประยุกต์มาจากค่าที่ใช้ในปลานิล คือ 4.4 Kcal/g สำหรับโปรตีน 9.0 Kcal/g สำหรับไขมัน และ 3.7 Kcal/g สำหรับคาร์โบไฮเดรต (Stickney, 1979)

การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหารทดลองทั้ง 6 สูตรในทุกบ่อทดลองตามแผนการทดลอง ให้อาหารทุกวัน วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ไม่เกิน 10% ของน้ำหนักตัว ให้จนปลากินอิ่ม (Satiation) โดยสังเกตจากการที่ปลาไม่ขึ้นมา

ฮุบอาหาร จะไม่ให้เผื่อเหลือ เพื่อให้ค่าที่ได้จะใกล้เคียงความเป็นจริง บันทึกน้ำหนักอาหารที่ปลากินเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการแลกเนื้อ (FCR)

ตารางที่ 3 สูตรอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (PKC) หมัก EM เป็นส่วนผสมในอาหาร ที่ได้จากการคำนวณ สำหรับเลี้ยงปลาทับทิมทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือน

วัตถุดิบ (กรัม)	**สูตรอาหารที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักทดแทนกากถั่วเหลือง (%)**				
	1 (0%)	**2 (25%)**	**3 (50%)**	**4 (75%)**	**5 (100%)**
ปลาป่น	26.9	30.8	34.8	38.8	42.7
กากถั่วเหลือง	25.0	18.8	12.5	6.2	-
กากปาล์มหมัก EM	-	6.2	12.5	18.8	25.0
รำละเอียด	8.5	7.6	6.7	5.8	4.9
ปลายข้าว	12.7	11.4	10.0	8.6	7.3
ข้าวโพด	15.9	14.2	12.5	10.8	9.1
น้ำมันปลา	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
น้ำมันพืช	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Premix*	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Alfa starch	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
วิตามินรวม	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
รวม	100	100	100	100	100
โปรตีน (%)	30	30	30	30	30
ไขมัน (%)	8.50	8.97	9.45	9.93	10.40
DE (Kcal/ 100 g)	283.45	286.17	288.96	291.73	294.45
ราคาอาหาร/กก.	22.62	22.86	23.10	23.35	23.59

* 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

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (กากปาล์มหมัก EM ในอาหารปลาทับทิมระดับต่าง ๆ กัน)

สูตรอาหาร	อาหารทดลอง					
	1 (0%)	2 (25%)	3 (50%)	4 (75%)	5 (100%)	6 (อาหารเม็ด)
โปรตีน	30.63±0.13	29.87±0.57	30.61±0.49	30.22±0.47	30.05±0.55	32.14±0.12
ไขมัน	10.13±0.24	10.90±0.28	10.11±0.08	9.54±0.52	9.50±0.46	5.80±0.39
ความชื้น	5.84±0.24	5.96±0.35	5.81±0.17	5.90±0.21	5.91±0.31	10.12±0.49
เถ้า	13.28±0.83	14.50±0.65	15.37±0.72	17.22±0.96	18.78±0.56	7.98±0.14
เยื่อใย	7.28±0.87	7.47±0.49	7.82±0.61	8.03±0.48	8.98±0.60	10.14±0.34
NFE	32.84±1.83	31.30±1.23	30.28±1.01	29.09±1.09	26.78±0.87	33.82±1.29
GE (kcal kg^{-1})	4,316	4,291	4,231	4,115	4,046	4,149
ราคา (บ/กก.)	22.62	22.86	23.10	23.35	23.59	34.00

การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ทำการสุ่มตัวอย่างปลาทับทิมจากทุกชุดการทดลอง จำนวน 15 ตัว/บ่อ (ภาพผนวกที่ 16) เพื่อชั่งน้ำหนักทุก ๆ เดือน ทำการทดลองเลี้ยง 6 เดือน และนำมาศึกษาการเจริญเติบโต (ในรูปค่าเฉลี่ยของข้อมูล) นำมาคำนวณค่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR, %ต่อวัน) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %) อัตรารอดตาย (survival rate, %) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}$$

$$\text{น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น} = \text{น้ำหนักปลาทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}$$

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

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, \%)} = \left(\frac{\text{น.น. ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น.น. ปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}}\right) \times 100$$

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

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) = $\frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน (กรัม)}}$

การศึกษาต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลานิล (unit feeding cost) โดยสมการ

ต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิต = $\frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด (กก.) x ราคาอาหาร (บาท)}}{\text{น้ำหนักปลาทั้งหมด (กก.)}}$

การศึกษาลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาของตับ

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

การศึกษาองค์ประกอบเลือด

สุ่มปลาจากทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 12 ตัวมาสลบด้วยน้ำยา 2-phenoxyethanol เจาะเลือดจากบริเวณโคนหาง โดยใช้เอทีลีนไดอะมีนเตตราอะซีติก (EDTA) 1.0% เคลือบหลอดทดลองเพื่อป้องกันการแข็งตัวของ เลือด เพื่อศึกษาองค์ประกอบของเลือด ได้แก่ Haemoglobin (Hb) และ Haematocrit (Hct) ตามวิธีการของ Larsen and Snieszko (1961), Plasma protein ดัดแปลงตามวิธีการของ Lowry et al. (1951) และ Blood cell count ดัดแปลงตามวิธีการของ Blaxhall and Daisley (1973)

การศึกษาค่าดัชนีตับของปลาทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บ ตัวอย่างโดยการสุ่มเก็บตับ จากตัวอย่างปลาของทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 10 ตัว มาทำการศึกษาค่าดัชนีตับ (HSI) ของปลา ดังนี้

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

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของตัวปลาทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างปลาทับทิมจากทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 5 ตัว มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการ AOAC (2005)

การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทุก 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลอง โดยดัชนีที่จะใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำประกอบด้วย อุณหภูมิน้ำวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ด้วย pH meter ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (วัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบดิจิตอล YSI Model 650 MDS) ค่าความเป็นด่างของน้ำ (ด้วยวิธีการ Titration) แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ (Strickland and Parsons, 1972)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่าง ค่าเฉลี่ยของข้อมูล ต่าง ๆ ระหว่าง treatment โดยใช้ Duncan’s New multiple range test : DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ระยะเวลาทำการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ในปีงบประมาณ 2560

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การศึกษาผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมักด้วย EM ในปริมาณที่ต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 % เพื่อทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารปลา บทิม และชุดการทดลองที่ใช้อาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ เป็นชุดเปรียบเทียบ ให้ผลการทดลอง ดังนี้

คุณสมบัติทางเคมีของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่หมักด้วย EM

ผลของการหมักกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันด้วย EM ช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนขึ้นจากเดิม คิดเป็น 18.08% และคาร์โบไฮเดรต (NFE) คิดเป็น 36.95% ในขณะที่ปริมาณไขมัน เยื่อใย และเถ้าในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันลดลงคิดเป็น 13.97%, 37.89% และ 31.12% ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

การหมักผลิตภัณฑ์จากพืชโดยใช้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ และได้รับการรับรอง เช่น จุลินทรีย์ EM (Effective microorganisms) เป็นแนวทางหนึ่งในการ ปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของอาหารสัตว์ โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์จากแบคทีเรีย ยีสต์ และรา จากการทดลองในครั้งนี้ พบว่า การหมัก กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันด้วย EM ช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน และ NFE ในขณะที่ปริมาณไขมัน เยื่อใย และเถ้า ในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันลดลง (ตารางที่ 2) ซึ่งโปรตีนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการ ทำงานของเอนไซม์ที่จุลินทรีย์ผลิตออกมา ไปสลายพันธะโปรตีนโมเลกุลใหญ่ (protein complexes) ให้แตกออกเป็นโปรตีนโมเลกุลที่เล็กลง (Lohlum et al., 2014) จุลินทรีย์จะเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนขึ้นมา นอกจากจะส่งผลให้ ปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้ คุณภาพของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ดีขึ้นในรูปของกรดอะมิโน ที่เกิดขึ้น สอดคล้องกับการหมัก ด้วยเชื้อรา *Trichoderma reesei* (Cheah et al., 1989) ปริมาณไขมัน ในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการหมักจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถลดปริมาณของไขมันอิ่มตัวลงได้จากการหมัก ซึ่งไขมันในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่ก็เป็นไขมันชนิดอิ่มตัว เป็นไปในทำนองเดียวกับการทดลองหมักพืชสมุนไพรด้วย *Lactobacillus plantarum* และ *Saccharomyces cerevisiae* ของ Ahmed et al. (2016) พบว่าสามารถลดปริมาณไขมันอิ่มตัวได้ นอกจากนี้ปริมาณเยื่อใยในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการหมักลดลงอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากใน EM มีจุลินทรีย์ประเภท cellulolytic microorganisms ซึ่งมีเอนไซม์ cellulase สามารถย่อย เซลลูโลส ได้เป็นอย่างดีทำให้ปริมาณเยื่อใยในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านขบวนการหมักด้วย EM ลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Halliwell et al. (1985)

การเจริญเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร ตลอดระยะเวลา

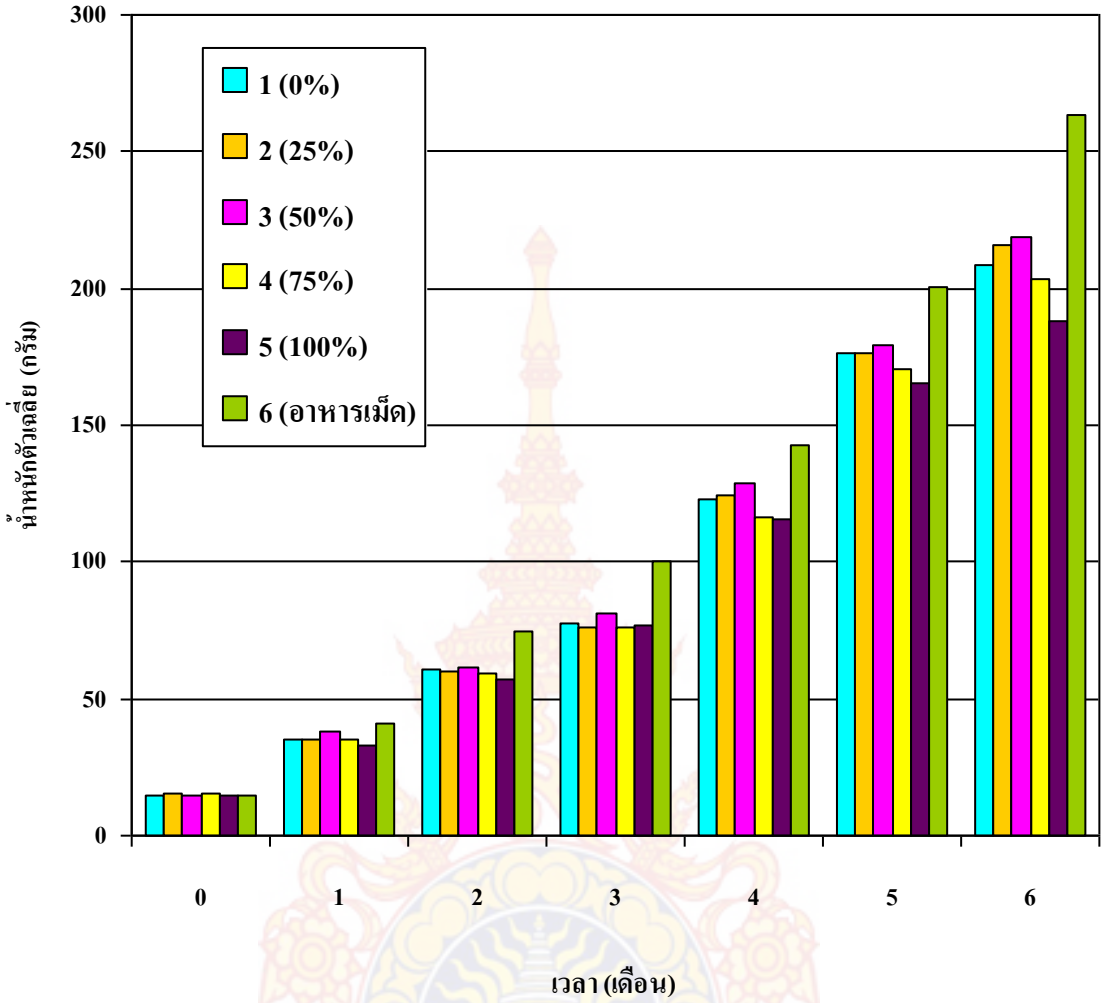
การทดลอง 6 เดือน พบว่า ปลาทับทิมมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการทดลองเลี้ยง ดังแสดงในตารางที่ 4 และ ภาพที่ 1 ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองปลาที่ใช้ทดลองทั้งหมด มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 14.85±0.28 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยน้ำหนักปลาเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่เดือนที่ 2 จนกระทั้งสิ้นสุดการทดลอง (P<0.05) เมื่อพิจารณาแต่ละระดับ ของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร ทดลอง ระดับต่าง ๆ กัน ที่ใช้เลี้ยงปลาทับทิมในเดือนที่ 3 ซึ่งสามารถเห็นความแตกต่างของปลา ทับทิมในแต่ละชุดการทดลองอย่างชัดเจน พบว่า ปลาที่ได้รับอาหาร สูตรที่ 6 (อาหารเม็ด) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงที่สุด (100.58±3.94 กรัม) สูงกว่าปลาในชุดการทดลองที่ 3 (50%), 1 (0%), 5 (100%), 4 (75%) และ 2 (25%) ตามลำดับ แตกต่างอย่าง มีนัยสำคัญ ทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 81.42±1.44, 77.48±3.42, 77.18±1.65, 76.38±2.63 และ 75.77±3.76 กรัม ตามลำดับ แต่ทั้ง 5 ชุดการทดลองที่มีส่วนผสมของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง ดังกล่าว มีน้ำหนักต่อตัวเฉลี่ย ต่ำกว่า ชุดการทดลอง เปรียบเทียบ สูตรที่ 6 (อาหารเม็ด) แตกต่างอย่าง มีนัยสำคัญ ทางสถิติ (P<0.05) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 6 ปลาทับทิมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 (อาหารเม็ด) ยังคงมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงที่สุด (263.42±4.15 กรัม) สูงกว่าปลาในทุกชุดการทดลองที่มีส่วนผสมของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร (สูตรที่ 1-5) แตกต่างอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนในชุดการทดลอง ที่มีส่วนผสมของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร (สูตรที่ 1-5) นั้น สูตรที่ 3 (50%) มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด เท่ากับ 218.97±3.29 รองลงมาคือสูตรที่ 2 (25%), 1 (0%) และสูตรที่ 4 (75%) ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่าง ไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 215.99±4.28, 208.41±5.62 และ 203.44±5.77 กรัม ตามลำดับ แต่ทั้ง 4 ชุดการทดลองดังกล่าว มีน้ำหนักต่อตัวเฉลี่ยสูงกว่าชุดการทดลองที่ 5 (100%) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ต่ำที่สุด เท่ากับ 187.73±4.67 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 4 และภาพที่ 1)

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE หน่วยเป็นกรัม) ของปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ระยะเวลา	สูตรอาหาร					
(เดือน)	1 (0 %)	2 (25 %)	3 (50 %)	4 (75 %)	5 (100 %)	6 (อาหารเม็ด)
เริ่มทดลอง	14.66±0.37^{a}	15.13±1.23^{a}	14.60±0.60^{a}	15.05±0.25^{a}	14.81±0.56^{a}	14.89±0.53^{a}
1	35.48±2.84^{a}	35.13±3.61^{a}	38.14±3.62^{a}	34.88±2.34^{a}	33.25±3.71^{a}	40.73±3.06^{a}
2	60.82±2.92^{b}	59.75±2.78^{b}	61.26±3.86^{b}	58.91±2.46^{b}	57.16±3.95^{b}	74.29±2.55^{a}
3	77.48±3.42^{bc}	75.77±3.76^{c}	81.42±1.44^{b}	76.38±2.63^{bc}	77.18±1.65^{bc}	100.58±3.94^{a}
4	122.98±12.19^{ab}	124.73±15.80^{ab}	128.84±12.25^{ab}	116.57±11.60^{b}	115.52±14.58^{b}	142.49±15.47^{a}
5	176.30±21.80^{ab}	176.60±21.86^{ab}	179.26±26.11^{ab}	170.44±23.85^{b}	165.24±26.04^{b}	200.14±27.01^{a}
6	208.41±5.62^{bc}	215.99±4.28^{b}	218.97±3.29^{b}	203.44±5.77^{bc}	187.73±4.67^{c}	263.42±4.15^{a}

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวนอนโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p>0.05)



ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตของปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 6 เดือน

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และต้นทุนค่าอาหาร

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเริ่มต้น และ สิ้นสุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต (%SGR : %/วัน) อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และต้นทุนค่าอาหาร ของปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร ที่มีการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร ทดลองระดับแตกต่างกัน คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่ 6 เป็นสูตรเปรียบเทียบ เป็นระยะเวลา 6 เดือน แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของ ปลาทับทิม ชุดการทดลองที่ใช้อาหารสูตรที่ 6 (อาหารเม็ด) มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (1,670.01±72.14 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าปลาทับทิมในชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารชุดการทดลองที่ 3 (50%), 2 (25%), 1 (0%), 4 (75%) และ 5 (100%) ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เท่ากับ 1,403.83±77.20, 1,357.06±69.07, 1,328.65±86.18, 1,254.05±76.14 และ 1,171.42±73.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาในชุดการทดลองที่ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง (สูตรที่ 1-5) ปลาทับทิมในชุดการทดลองที่ 3 (50%) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด สูงกว่าชุดการทดลองที่ 2 (25%), 1 (0%), 4 (75%) และ 5 (100%) ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่ปลาทับทิมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร 100 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (ตารางที่ 6)

ผลการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ (SGR : %/วัน) ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 6) ชุดการทดลองที่ใช้อาหารสูตรที่ 6 (อาหารเม็ด) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด (1.59±0.04 %/วัน) สูงกว่าปลาทับทิมในชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารในชุดการทดลองที่ 3 (50%), 2 (25%), 1 (0%), 4 (75%) และ 5 (100%) ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ เท่ากับ 1.51±0.03, 1.48±0.10, 1.47±0.08, 1.45±0.03 และ 1.41±0.03 %/วัน ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาในชุดการทดลองที่ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง ปลาทับทิมในชุดการทดลองที่ 3 (50%) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด สูงกว่าชุดการทดลองที่ 2 (25%), 1 (0%) และชุดการทดลองที่ 4 (75%) ตามลำดับ แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ทั้ง 3 ชุดการทดลองดังกล่าวนี้ มีอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับปลาทับทิมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร 100 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะน้อยที่สุด เท่ากับ 1.41±0.03 %/วัน (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และต้นทุนค่าอาหารของปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน

สูตรอาหาร	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/กก.)
1 (0 %)	14.66±0.37^{a}	208.41±5.62^{bc}	1,328.65±86.18^{b}	1.47±0.08^{bc}	90.63±3.15^{a}	2.18±0.12^{ab}	1.53±0.02^{bc}	43.11±2.21^{ab}
2 (25 %)	15.13±1.23^{a}	215.99±4.28^{b}	1,357.06±69.07^{b}	1.48±0.10^{b}	89.38±2.39^{a}	2.15±0.18^{ab}	1.54±0.11^{bc}	43.52±4.05^{ab}
3 (50 %)	14.60±0.60^{a}	218.97±3.29^{b}	1,403.83±77.20^{b}	1.51±0.03^{b}	92.50±2.88^{a}	1.95±0.08^{a}	1.69±0.06^{ab}	40.40±1.50^{a}
4 (75 %)	15.05±0.25^{a}	203.44±5.77^{bc}	1,254.05±76.14^{b}	1.45±0.03^{bc}	90.00±3.40^{a}	2.21±0.09^{b}	1.51±0.08^{bc}	45.45±5.12^{ab}
5 (100 %)	14.81±0.56^{a}	187.73±4.67^{c}	1,171.42±73.94^{b}	1.41±0.03^{c}	90.00±2.04^{a}	2.40±0.16^{b}	1.41±0.09^{c}	47.10±2.28^{b}
6 (อาหารเม็ด)	14.89±0.53^{a}	263.42±4.15^{a}	1,670.01±72.14^{a}	1.59±0.04^{a}	90.00±2.04^{a}	1.93±0.18^{a}	1.82±0.18^{a}	65.62±4.98^{c}

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

สำหรับอัตราการรอดตายของ ปลาทับทิม ที่ได้รับอาหา รเม็ดทดลอง ที่มีการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร ทดลองระดับแตกต่างกัน คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่ 6 เป็นสูตรเปรียบเทียบ เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า อัตราการรอดตาย ของปลาทั้ง 6 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารที่ 3 (50%) มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด (92.50±2.88 เปอร์เซ็นต์) ส่วนชุดการทดลองสูตรที่ 2 (25 เปอร์เซ็นต์) มีอัตรารอดตายต่ำที่สุด เท่ากับ 89.38±2.39 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารเม็ดทดลอง ที่มีการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร ทดลองระดับแตกต่างกัน คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่ 6 เป็นสูตรเปรียบเทียบ เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ปลาบทิมที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 6 (สูตรเปรียบเทียบ ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาด) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด เท่ากับ 1.93±0.18 ต่ำกว่าปลาทับทิม ที่ได้รับอาหาร สูตรที่ 3 (50%) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 1.95±0.08 แต่เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มปลาทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ด้วยกัน พบว่า ปลาทับทิมในสูตรที่ 3 ซึ่งใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ต่ำกว่าปลาทับทิมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2, 1, 4 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 2.15±0.18, 2.18±0.12, 2.21±0.09 และ 2.40±0.16 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (ผสมกากปาล์มหมักในสูตรอาหาร 100 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการแลกเนื้อสูงที่สุด (ตารางที่ 6)

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของ ปลาทับทิมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 6 (ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาด) มีค่าประสิทธิ ภาพการใช้โปรตีนสูง ที่สุด (1.82±0.18) สูงกว่าปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 3 ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน เท่ากับ 1.69±0.06 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ทั้ง 2 ชุดการทดลองดังกล่าว มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงกว่าปลาทับทิมที่ได้รับ อาหารสูตรที่ 2, 1, 4 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน เท่ากับ 1.54±0.11, 1.53±0.02, 1.51±0.08 และ 1.41±0.09 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยปลาทับทิมในสูตรที่ 5 มีค่าประสิทธิภาพ การใช้โปรตีนต่ำที่สุด เท่ากับ 1.41±0.09 (ตารางที่ 6)

จากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารสูตรต่าง ๆ ต่อการผลิตปลา ทับทิม 1 กิโลกรัม พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง (P<0.05) โดยปลา ทับทิมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 (อาหารเม็ด) มีต้นทุนค่าการผลิตปลาต่อหน่วยสูงที่สุด (65.62±4.98 บาท/กิโลกรัม) รองลงมาคือ ปลา ทับทิมที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (100%) ซึ่งมีค่าต้นทุนค่าการผลิตปลาต่อหน่วย เท่ากับ 47.10±2.28 บาท/กิโลกรัม

โดยปลาทับทิมในสูตรที่ 3 (50%) มีค่าต้นทุนค่าการผลิตปลาต่อหน่วย ต่ำที่สุด เท่ากับ 40.40±1.50 บาท/กิโลกรัม (ตารางที่ 6)

ในการเลี้ยงสัตว์น้ำใน ปัจจุบัน นักวิจัยด้านอาหารสัตว์น้ำ หรือเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ปลาเอง ได้ทำการศึกษาเพื่อลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงปลา โดยการทดลองใช้วัสดุเศษเหลือ หรือ ผลพลอยได้จากพืช มาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่น หรือทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารปลาหลาย ๆ ชนิด สำหรับการศึกษาทดลองครั้งนี้ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง จากผลการศึกษา เมื่อพิจารณาค่า การเจริญเติบโต พบว่า ปลาทับทิมที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป (ชุดการทดลองที่ 6) ซึ่งเป็นชุดการทดลองเปรียบเทียบ มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด สูงกว่าปลาทับทิมในชุดการทดลองที่ผลิตขึ้นในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง (ชุดการทดลองที่ 1-5) โดยสามารถพิจารณาได จากน้ำ หนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ รวมถึงน้ำ หนักเฉลี่ ยต่อตัว ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใ ช้อาหารของปลา พบ ว่า ปลาทับทิมที่ไดรับอาหารสำ เร็จรูป มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชนดีกว่าปลาที่ไดรับอาหารที่ผลิตขึ้น ในห้องปฏิบัติการ (ชุดการทดลองที่ 1-5) เป็นไปในทำนองเดียวกับ นพวรรณ และคณะ (2549) โดย ทดลองใ ช้หัวกุ้ งป่นเป็นแหล่ งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากปลาป่ นในอาหารสำหรับปลานิลแดงแปลงเพศเ ป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยอาหารทดลองมีทั้งหมด 6 สูตร สูตรที่ 1-5 เป็นอาหารที่มีโปรตีนจากหัวกุ้ งป่นทดแทนโปรตีนจากปลาป่ นในปริมาณ 0, 25, 50, 75 และ 100% ของปริมาณโปรตีนจากปลาป่น ตามลำดับ สวนอาหารสูตรที่ 6 เป็นสูตรเปรียบเทียบ ใช้อาหารเม็ดปลาดุกสำเร็จรูป พบว่า ปลานิลแดงที่ไดรับอาหารสำเร็จรูปสำหรับปลาดุกมีค่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใ ช้อาหาร และโปรตีนที่นำ ไปใช้ประโยชนสูงกว่าปลาที่ได รับอาหารสูตรอื่น ๆ ทั้งนี้ เนื่องจากในกระบวนการผลิตอาหารปลาดุกซึ่งเป็นอาหารเม็ดลอยน้ำนั้น มีการให้ความร้อนเพื่อทำให้แป้งสุก ซึ่งส่งผลให้ปลาย่อยคาร์โบไฮเดรตในอาหารได ดีขึ้น จึงใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานได อย่างมีประสิทธิภาพ สวนไขมันและโปรตีนในอาหารถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต สำ หรับอาหารปลานิลแดงสูตรอื่น ๆ เป็ นอาหารที่ผลิตขึ้น ในห้องปฏิบัติการซึ่งใ ช้มันเส้นเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ถึ งแม้บางส่วนจะนำไปต้มให้สุกเพื่อใช้เป็นสารเหนียวในอาหาร แ ต่มันเส้นปริมาณมากยังไม สุก จึงอาจส่งผลต่อการย่ อย และใช้ประโยชน คาร์โบไฮเดรตในอาหาร ซึ่งในการทดลอง ครั้งนี้ใช้อาหารปลาทับทิมสำเร็จรูปเป็นชุดการทดลองเปรียบเทียบเช่นเดียวกัน ดังนั้น หากใช้วัตถุดิบอาหาร ที่ไม่มีการให้ความร้อนเพื่อทำให้แป้งสุกในปริมาณที่สูงจะส่ งผลต่อการเจริญ เติบโต และประสิทธิภาพการใ ช้อาหารของปลา ดังเหตุผลที่ไดกล่าวแล้วข้างต้น

เมื่อพิจารณาถึงการเจริญเติบโตของปลาทับทิมที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ เพื่อทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารปลา ในครั้งนี้ พบว่า ปลาทับทิม ที่เลี้ยงด้วยอาหาร ผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์ มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง 50

เปอร์เซ็นต์ (ชุดการทดลองที่ 3) มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพในการใช้อาหาร ที่ดีกว่าที่ระดับอื่น ๆ โดย มีการเจริญเติบโตดี กว่าปลาที่ได รับอาหารสูตรควบคุม (สูตรที่ 1) ที่มีปริมาณปลาป่น และกากถั่วเหลือง สูงสุด (P>0.05) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะลดลง เมื่อผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM เกินกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ระดับการทดแทนกากถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ (ชุดการทดลองที่ 5) มีค่าการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพในการใช้อาหารต่ำที่สุด อาจชี้ให้เห็นว่า การแท นที่กากถั่วเหลือง ด้วยกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับสูงขึ้น ทำให้ปลาได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ เป็นผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกับการศึกษาของวุฒิพร และคณะ (2547) ที่ทดลองแทนที่ปลาป่นในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล ด้วยอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ให้มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ รายงานว่า การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารลดลง ตามระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมเพิ่มสูงขึ้นในอาหาร และจากการทดลองครั้ งนี้ การเจริญเติบโตของปลาสูงที่สุดเมื่อปลาได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่ต่างกับปลาที่ได้รับอาหาร เม็ดสำเร็จรูป และ สูตรพื้นฐาน (สูตร 1) และเป็นไปในทำนองเดียวกับวัฒนา และคณะ (2559) ที่ทำการศึกษาผลของการใช้กาก เนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมักด้วย EM ในปริมาณที่ต่างกัน 5 ระดับคือ 0, 5, 10, 20 และ 30 % ร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ เพื่อทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารปลากะพงขาว และชุดการทดลองที่ใช้อาหารเม็ดปลา กะพงขาว สำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ เป็นชุดเปรียบเทียบ รายงานว่า การทดแทนที่ระดับ 10 % เป็นระดับที่เหมาะสม และ ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1-5 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะลดลงตามระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร

ซึ่งจากผลการทดลอง ในปลาทับทิมครั้งนี้ พบว่า สามาร ถทดแทน กากถั่ว เหลือง ด้วย กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ได้สูงสุดไม่ควรเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ เพราะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเสริมลงไปในอาหารตั้งแต่ 75 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป แนวโน้มการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารเริ่มลดลง กล่าวได้ว่า ระดับทดแทนที่สูงกว่าระดับที่เหมาะสมมี แนวโน้มที่จะทำให้การเจริญเติบโตและการใช้อาหารในปลาลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการใช้วัตถุดิบพืชในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ขาดสารอาหารบางชนิดที่มีปริมาณน้อยในพืช เช่น เมทไธโอนีน ทำให้สัตว์น้ำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย (NRC, 1993) และสอดคล้องกับการใช้วัตถุดิ บจากแหล่งโปรตีนอื่น ๆ ทดแทนกากถั่วเหลือง เช่น Yue and Zhou (2008) ได้ทำการทดลองใช้เมล็ดฝ้ายทดแทน กากถั่วเหลืองในอาหารเลี้ยงปลานิลลูกผสม (*O. niloticus* × *O. aureus*) ได้รายงานว่า การใช้เมล็ดฝ้ายทดแทน กากถั่วเหลือง 60% ในอาหาร เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดที่ เช่นเดียวกันกับ Deng *et al*. (2015) ได้ทดลองใช้ เมล็ดพันธุ์ยางทดแทน กากถั่วเหลืองในอาหารเลี้ยงปลานิล รายงานว่าการ ใช้เมล็ดพันธุ์ยางทดแทน กากถั่วเหลือง 30% ในอาหารเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Azaza *et al*. (2009) พบว่า การใช้ถั่วโอตามาทดแทนกากถั่วเหลืองที่ระดับ 24% เป็นระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลา *O. niloticus* ในขณะที่การ

ใช้เมล็ดฝ้ายทดแทน กากถั่วเหลือง 50% เป็นระดับที่เหมาะสมในอาหารปลาดุก *Ictalurus puctatus* (Barros et al., 2002)

อัตรารอดตายของปลา ทับทิมที่ได้รับอาหารทั้ง 6 สูตรอาหาร (ตารางที่ 5) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าอยู่ระหว่าง 84.33-92.50 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า อาหารทดลองที่มีการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน หมัก EM ทุก ๆ ระดับในครั้งนี้ ไม่ส่งผลต่ออัตราการรอดตายของปลาทับทิม เช่นเดียวกับการทดลอง ของ วัฒนา และคณะ (2559) ที่ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ในปริมาณที่ต่างกัน 5 ระดับ ร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ เพื่อทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารปลากะพงขาว และสอดคล้องกับ วัฒนา และคณะ (2555) ที่ทำการทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในระดับแตกต่างกัน 6 ระดับ เป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของวุฒิพร และคณะ (2547) ที่ทดลองแทนที่ปลาป่นในอาหารปลานิลแดงแปลงเพศด้วยกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ รายงานว่า การผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของปลา และกุ้งที่ทดลอง

สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของปลาทับทิมในสูตรอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ระดับต่าง ๆ (สูตรที่ 1-5) โดยการศึกษาครั้งนี้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของปลาทับทิมในสูตรอาหารที่มีกากเนื้อเ มล็ดในปาล์มน้ำมัน หมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองที่ ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (ชุดการทดลองที่ 3) มีค่าต่ำที่สุด ($P<0.05$) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารให้สูงขึ้น และเมื่อพิจารณาถึงระดับของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ต่อประสิทธิภาพการใช้โปรตีน เป็นไปในทิศทางเดียวกับการเจริญเติบโต คือเมื่อเพิ่มระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันจะทำให้ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนลดลง โดยการศึกษาครั้งนี้ ประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนต่ำสุดในปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (1.41) ขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าสูงสุดในอาหารที่มีการแทนที่ กากถั่ว เหลือง ในระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ และเป็นไปในลักษณะเดียวกับการศึกษาของวุฒิพร และคณะ (2547) ที่ทดลองแทนที่ปลาป่นในสูตรอาหารเลี้ยงปลา นิลด้วยอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ รายงานว่า ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารลดลง ส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าสูง ขึ้นตามระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำ มันที่ผสมเพิ่มสูงขึ้น ในอาหาร และสอดคล้องกับวัฒนา และคณะ (2559) ที่ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน หมัก EM ในปริมาณที่ต่างกันร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ เพื่อทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารปลากะพงขาว และ วัฒนา และคณะ (2555) ที่ทำการทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในระดับแตกต่างกัน 6 ระดับ เป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

จากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารสูตรต่าง ๆ ต่อการผลิตปลา ทับทิม 1 กิโลกรัม พบว่า ราคาต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตจากการทดลองครั้งนี้ มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และอัตราการอดตาย พบว่า

การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน หมัก EM เป็นส่วนผสมในอาหาร ทดแทนกากถั่วเหลือง (สูตรที่ 1-5) มีต้นทุนค่าอาหารต่อ ผลผลิตปลา ตั้งแต่ 40.40-47.10 บาทต่อกิโลกรัม ต่ำกว่าปลาที่เลี้ ยงด้ วย อาหารเม็ด ปลาทับทิม สำเร็จรูป ที่มีต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วย เท่ากับ 65.62±4.98 บาทต่อกิโลกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสูตรอาหารที่มีระดับกากเนื้อเมล็ดใน ปาล์มน้ำมันหมัก EM ในสูตรอาหาร 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) มีต้นทุนค่าอาหารต่อ ผลผลิตปลาต่ำที่สุด (40.40±1.50) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กับสูตรควบคุม (สูตรที่ 1) ซึ่งไม่ใช้กากเนื้อเมล็ดใน ปาล์มน้ำมันหมัก EM และสูตรที่ 2 (ทดแทน 25%) และเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารที่ 4 และ 5 ถึงแม้ว่าระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหาร ที่ 4 และ 5 ที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้ทำให้ ต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยลดลงมากกว่าสูตรที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจาก อัตราการแลกเนื้อ และประสิทธิภาพ การใช้โปรตีนของปลา ทับทิมในสูตรที่ 4 และ 5 ไม่ดีเท่ากับ สูตรที่ 3 ดังนั้น จากผลการทดลอง ครั้งนี้ ทำให้สรุปได้ว่า ที่ระดับของการ ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน หมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสม ที่สุด ทั้งในแง่ผลผลิต และทางเศรษฐศาสตร์ ในการลดต้นทุน ค่าอาหารต่อผลผลิตปลาทับทิม โดย พิจารณาจาก เปอร์เซ็นต์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อั ตราการ เปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย และต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลา สอดคล้องกับการทดลอง ของ วุฒิพร และคณะ (2547) ที่ทำการทดลองแทนที่ปลาป่นในอาหารปลานิลแดงแปลงเพศด้วยกาก เนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน รายงานว่า สามารถผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารสำหรับเลี้ยง ปลานิลได้ไม่เกิน 20% โดยมีผลทำให้ต้นทุนสำหรับผลิตปลาต่ำ ที่สุด และเป็นไปในทำนองเดียวกับ วัฒนา และคณะ (2553) ทดลองในปลาหมอไทย รายงานว่า การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตร อาหารทำให้ราคาอาหารปลา หมอถูกลง โดยสูตรอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ทดแทนปลา ป่นในสูตรอาหาร 9 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็ นเนื้อต่ำที่สุด ($p<0.05$) ส่งผลให้มีต้นทุน ค่าอาหารต่อการผลิต ปลาต่ำที่สุด เท่ากับ 58.80 บาทต่อกิโลกรัม และสอดคล้องกับ วัฒนา และคณะ (2559) ทดลองในปลากะพงขาว รายงานว่า สูตรอาหารที่มีระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (PKM) หมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร ส่งผลให้มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิต ปลาต่ำที่สุด เท่ากับ 57.10 บาทต่อกิโลกรัม และจากผลการทดลองในปลาทับทิมครั้งนี้ พบว่า การใช้ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน หมัก EM เป็นส่วนผสมในอาหาร ทดแทนกากถั่วเหลือง 50 เปอร์เซ็นต์ ทำ ให้ราคาอาหาร ปลาถูกลง ส่งผลให้มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด และสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารต่อ ผลผลิตปลาลงได้ 38.43 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 6 ซึ่งเป็นอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป ที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยา

จากผลการศึกษา ลักษณะ ของเนื้อเยื่อ ตามแนวยาว ตับของ ปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารเม็ด ผสม กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทดลอง ระดับแตกต่างกัน คือ

0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่ 6 เป็นสูตรเปรียบเทียบ เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ตรวจไม่พบความผิดปกติของพยาธิสภาพในเซลล์ตับปลาทับทิมทุก ๆ ระดับของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร (สูตรอาหารที่ 1-5) และชุดการทดลองที่ 6 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป) โดยพบเซลล์ตับ (hepatocyte) เรียงตัวเป็นระเบียบ มีโครงสร้างปกติ และมีการสะสมอาหาร ปกติ และพบว่า มีช่องว่าง (V = hydropic vacuoles) ในเนื้อเยื่อตับทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ (ศรชี้) กระจายอยู่ภายในเนื้อเยื่อของตับปลาทับทิม แสดงว่ามีการสะสมเม็ดไขมัน (lipid droplets) ในตับเป็นปกติ (ภาพผนวกที่ 15-20)

เมื่อพิจารณาเนื้อเยื่อตับของปลาทับทิมจากการทดลอง ที่ได้รับอาหารเม็ดผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร ทดลอง (สูตรที่ 1-5) และชุดการทดลองที่ 6 เป็นสูตรเปรียบเทียบ เป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำให้ทราบว่า ทุกระดับของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง ไม่ส่งผลต่อลักษณะของตับปลาทับทิม สอดคล้องกับ วัฒนา และคณะ (2555) ซึ่งได้ทำการศึกษาพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อตับของกุ้ง ก้ามกราม ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเสริมในสูตรอาหาร ระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 6 เดือน รายงานว่า เมื่อทำการตัดเนื้อเยื่อทางด้า นความยาว (Long section) พบว่า ตรวจไม่พบความผิดปกติของพยาธิสภาพในเซลล์ตับกุ้งก้ามกรามทุก ๆ ระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ที่เสริมในสูตรอาหาร โดยพบเซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ มีโครงสร้างปกติ และมีการสะสมเม็ดไขมัน (lipid droplets) ในตับเป็นปกติ และสอดคล้องกับการศึกษาของ นิรุทธ์ (2544) พบว่า ไม่พบความผิดปกติในทุกระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในสูตรอาหารปลานิล และรายงานว่า สามารถใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันได้สูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารปลานิล โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบเลือดและตับ

ค่าองค์ประกอบเลือดของปลาทดลอง

จากการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบเลือด ของปลาทดลอง คือ องค์ประกอบของเม็ดเลือด ได้แก่ ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และองค์ประกอบทางเคมีของเลือด ได้แก่ พลาสมาโปรตีน ของปลาทับทิมที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารทดลองผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร ระดับต่าง ๆ ทั้ง 6 สูตร เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ค่าฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดง และพลาสมาโปรตีน ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าฮีโมโกลบิน ระหว่าง 7.60±0.58–8.73±0.16 กรัมต่อเดซิลิตร ค่าฮีมาโตคริตอยู่ในช่วง 30.24±0.91–33.33±0.68 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเม็ดเลือดแดงอยู่ในช่วง 2.01±0.05–2.33±0.03×10^6 เซลล์ต่อไมโครลิตร และค่า พลาสมาโปรตีน อยู่ในช่วง 2.01±0.11–2.32±0.18 กรัมเปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณเม็ดเลือดขาวในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีปริมาณเม็ดเลือดขาวต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 4, 3, 6 และ 5 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p<0.05$) ซึ่งในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีปริมาณเม็ดเลือดขาว เท่ากับ 49.02±3.11 และ 39.87±4.05 × 10^3 เซลล์ต่อไมโครลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าองค์ประกอบเลือดของปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน

สูตรอาหาร	Hemoglobin (g/dl)	Hematocrit (%)	RBC ($\times10^6$ cell/µl)	WBC ($\times10^3$cell/µl)	Plasma protein (g%)
1 (0 %)	8.73±0.16^a	33.23±0.71^a	2.33±0.03^a	49.02±3.11^b	2.14±0.04^a
2 (25 %)	7.60±0.58^a	30.63±0.58^a	2.05±0.10^a	39.87±4.05^b	2.01±0.11^a
3 (50 %)	7.98±0.37^a	32.22±0.87^a	2.14±0.04^a	56.10±4.26^a	2.32±0.18^a
4 (75 %)	8.02±0.52^a	31.20±0.51^a	2.01±0.05^a	52.56±5.38^a	2.20±0.16^a
5 (100 %)	7.64±0.37^a	30.24±0.91^a	2.11±0.12^a	58.43±4.56^a	2.06±0.15^a
6 (อาหารเม็ด)	8.52±0.63^a	33.33±0.68^a	2.19±0.15^a	56.72±4.43^a	2.28±0.17^a

หมายเหตุ : - ในวงเล็บของสูตรอาหาร คือระดับของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร

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

เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบเลือด คือ ค่าปริมาณโปรตีนในพลาสมา ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาว พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปลาปกติ (Wedemeyer and Yasutake, 1977) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ กิจการ และวัชรินทร์ (2530) และ Boonyaratpalin and Phromkhunthong (2000) ที่ทำการศึกษาในปลานิล แสดงว่าสูตรอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในระดับที่ใช้ในการทดลองมีความสมดุลของสารอาหาร ถึงแม้ว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันจะมีองค์ประกอบของกรดอะมิโน เมทไธโอนีน ไลซีน และทริปโ ตเฟนต่ำ (Yeong, 1981) แต่การเลือกปลาป่นคุณภาพสูงมาใช้ร่วมกันเพื่อสร้างเป็นสูตรอาหาร รวมทั้งการใช้วิตามิน และแร่ธาตุที่เหมาะสม ทำให้ได้สูตรอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน เมื่อนำมาทดลองเลี้ยงปลาทำให้ปลาสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ส่งผลให้กลไกการทำงานของ ระบบเลือดเป็นปกติ และสอดคล้องกับการศึกษาของ นิรุทธ์ (2544) พบว่า องค์ประกอบเลือด ของปลาทดลอง มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปลาปกติ ในทุกระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในสูตรอาหารปลานิล

และรายงานว่า สามารถใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันได้สูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารปลานิล โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบเลือดและตับ

ค่าดัชนีตับของปลาทดลอง

จากผลการศึกษา ค่าดัชนีตับ (HIS) ของปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารเม็ด ผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทดลอง ระดับแตกต่างกัน และชุดการทดลอง ที่ 6 เป็นสูตรเปรียบเทียบ เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ทุก ๆ ระดับของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร (สูตรอาหารที่ 1-5) และชุดการทดลองที่ 6 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป) มีค่าดัชนีตับไม่แตกต่าง กัน โดยชุดการทดลองที่ 5 (100%) มีค่าดัชนีตับสูงที่สุด เท่ากับ 1.82±0.61 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ 4 (75%) มีค่าดัชนีตับต่ำที่สุด เท่ากับ 1.58±0.31 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 8)

จากผลการทดลอง พบว่า ทุกระดับของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง ไม่ส่งผลต่อขนาดของตับปล าทับทิม ซึ่งค่าดัชนีตับของปลาทับทิม ที่วัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 1.58-1.82 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ นิรุทธ์ (2544) พบว่า ปลานิลทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผสมในสูตรอาหาร มีค่าดัชนีตับต่อตัวอยู่ในช่วง 1.53-1.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ตับ มีขนาดปกติ มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Fagbenro (1994) และ Boonyaratpalin and Phromkhunthong (2000) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1-2 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาของ De Silva et al. (1991) พบว่า ปลานิลแดงที่ได้รับอาหารที่มีระดับพลังงาน (ไขมัน) สูง ทำให้ตับมีขนาดใหญ่ขึ้นส่งผลให้ค่าดัชนีตับต่อตัวสูงขึ้น โดยมีค่าสูงกว่า 2 เปอร์เซ็นต์

องค์ประกอบทางเคมีของปลาทับทิมทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารเม็ดทดลอง ที่ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง ในสูตรอาหาร ทดลองระดับต่างกัน คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่ 6 (อาหารเม็ด) เป็นสูตรเปรียบเทียบ นาน 6 เดือน พบว่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ของเนื้อปลาทับทิมทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกระดับของการ ใช้กากเนื้อ เมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร (สูตรที่ 1-5) และชุดการทดลองเปรียบเทียบ (สูตรที่ 6) โดย ค่าความชื้น มีค่าอยู่ในช่วง 59.86±1.37–61.31±1.69 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าของปริมาณเถ้า มีค่าอยู่ในช่วง 2.25±0.24–3.01±0.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระดับโปรตีน และ ระดับไขมันในเนื้อปลาทับทิมที่ได้รับอาหารทั้ง 6 สูตร พบว่าไม่มีความแตกต่ างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยอาหารสูตรที่ 6 (อาหารเม็ด) มีระดับโปรตีนในเนื้อ สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 20.64±0.38 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือปลาทับทิมสูตรที่ 3, 1, 2, 4 และ 5 ตามลำดับ โดยมีระดับโปรตีนอยู่ในช่วง 20.64±0.38 – 18.72±0.73 เปอร์เซ็นต์ สำหรับไขมัน พบว่า

สูตรอาหารที่ 6 มีระดับไขมันสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ปลาในสูตรอาหารที่ 3, 2, 1, 5 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งมีระดับไขมันในเนื้ออยู่ในช่วง 5.71±0.68 – 6.25±0.36 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา และค่าดัชนีตับ (HSI) ของปลาทับทิมที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน

สูตรอาหาร	องค์ประกอบทางเคมี (% น้ำหนักสด)				HSI
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	(%)
1 (0 %)	66.94±0.63[a]	20.04±0.61[a]	5.94±0.52[a]	3.33±0.49[a]	1.64±0.18[a]
2 (25 %)	67.35±0.56[a]	20.03±0.45[a]	6.01±0.58[a]	3.65±0.63[a]	1.60±0.23[a]
3 (50 %)	68.01±0.75[a]	20.53±0.87[a]	6.20±0.60[a]	3.36±0.50[a]	1.78±0.26[a]
4 (75 %)	68.43±0.56[a]	19.86±0.65[a]	5.66±0.49[a]	3.54±0.76[a]	1.58±0.31[a]
5 (100 %)	67.06±0.67[a]	18.72±0.73[a]	5.71±0.68[a]	3.70±0.45[a]	1.82±0.61[a]
6 (อาหารเม็ด)	67.37±0.51[a]	20.64±0.38[a]	6.25±0.36[a]	3.34±0.21[a]	1.81±0.22[a]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บของสูตรอาหาร คือระดับของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลากะพงขาว (บนฐานของน้ำหนักเปียก) ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ในทุกระดับของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง ในสูตรอาหาร มีค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน และปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกัน แสดงว่า ทุกระดับของการ ใช้ไม่ได้ส่งผลต่อ คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลา ทับทิม สอดคล้องกับผลการทดลองของ นิรุทธ์ (2544) ในการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันผสมในอาหารเลี้ยงปลานิล รายงานว่า ทุกระดับของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำ มันผสมในอาหาร ไม่ได้ส่งผลต่อ คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลา ทั้งค่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน และปริมาณเถ้า กล่าวได้ว่า สามารถใช้ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มหมัก EM ผสมในอาหารทดแทนกากถั่วเหลืองสำหรับเลี้ยงปลาทับทิมได้ถึง 50% จึงจะให้ผลดีที่สุดเทียบเท่ากับปลาในสูตรควบคุม และปลาที่ได้รับอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป

คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงปลาทับทิม ด้วยอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นใน สูตรอาหาร ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า อุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 27.60-29.83 °C ความเป็นกรดเป็นด่าง 7.90-8.15 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 6.10–6.96 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 89.60-92.86 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียรวม 0.25-0.43 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.20-0.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่ปลาทับทิมสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองของการเลี้ยงปลาทับทิม ที่ได้รับอาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทดลองระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน

สูตรอาหาร	อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)	ความเป็นกรดเป็นด่าง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l)	ความเป็นด่าง (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)	ไนไตรท์ (mg/l)
1 (0 %)	27.60-29.00	8.13-8.27	6.56-7.20	89.60-103.78	0.30-0.57	0.20-0.57
2 (25 %)	29.03- 29.50	8.15-8.26	6.96-7.30	90.56-108.40	0.32-0.62	0.37-0.69
3 (50 %)	28.64-29.70	8.06-8.28	6.25-7.15	90.78-105.73	0.25-0.50	0.35-0.50
4 (75 %)	28.36-29.75	7.90-8.25	6.33-7.20	92.17-102.00	0.36-0.76	0.43-0.69
5 (100 %)	29.04-29.83	7.98-8.29	6.10-7.40	90.60-105.39	0.31-0.72	0.24-0.65
6 (อาหารเม็ด)	28.85-29.20	8.04-8.16	6.40-7.10	92.86-105.34	0.43-0.67	0.30-0.71

หมายเหตุ : - ในวงเล็บของสูตรอาหาร คือระดับของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM (เปอร์เซ็นต์) ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน หมัก EM เป็นส่วนผสม ทดแทนกากถั่วเหลือง ในอาหารปลาทับทิมระดับต่าง ๆ กัน นำไปเลี้ยงปลาทับทิมเป็นระยะเวลา 6 เดือน สรุปได้ว่า

1. สูตรอาหารปลาทับทิมที่มีระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM เป็นส่วนผสมทดแทนกากถั่วเหลือง 50% มีระดับโปรตีน 30% เป็นสูตรอาหารที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ดีเทียบเท่ากับอาหารสูตรควบคุม (สูตรที่ 1)

2. ต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลาทับทิม ในสูตรที่ 3 ที่มีการผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง ในสูตรอาหาร ที่ระดับ 50% มีค่าต่ำที่สุด และสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลาลงได้ 38.43% เมื่อเปรียบเทียบอาหารเม็ด ปลาทับทิมสำเร็จรูปที่จำหน่ายตามท้องตลาด ดังนั้น การผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง ในสูตรอาหาร ที่ระดับ 50% เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลา ทับทิม ในด้านการเจริญเติบโต และทางด้านเศรษฐศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลอง ผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน หมัก EM ทดแทนกากถั่วเหลือง ในสูตรอาหารปลาทับทิม อาจมีกลิ่นของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมัก EM ที่ส่งผลให้ปลากินอาหารที่ผลิตขึ้นน้อยลง จึงควรศึกษาร่วมกับการใช้สารแต่งกลิ่นเพื่อดึงดูดการกินอาหารของปลาทับทิมให้ดีขึ้น

2. ควรทำการศึกษาทดลองในสถานที่จริง หรือบ่อดินเลี้ยงปลาทับทิมของเกษตรกร เพื่อจะได้ทราบผลตอบแทนที่แท้จริงของการเลี้ยง

3. ผู้สนใจ สามารถนำสูตรอาหารดังกล่าว ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารปลาทับทิมเชิงพาณิชย์ได้

บรรณานุกรม

กรมการค้าภายใน. 2550. **สำนักงานส่งเสริมสินค้าการเกษตร กรมการค้าภายใน 2550**. กระทรวงพาณิชย์. แหล่งที่มา: http://www.dft.go.th, 14 สิงหาคม 2557.

กิจการ ศุภมาตย์ และวัชรินทร์ รัตนชู. 2530. ผลการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำต่อองค์ประกอบเลือดในปลานิล (Sarotherodon niloticus). **วารสารสงขลานครินทร์ วทท**. 9 : 471-477.

ชัยรัตน์ นิลนนท์. 2538. การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพปาล์มน้ำมัน. *ใน* **ปาล์มน้ำมัน**. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงษ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และ สมเกียรติ สีสนอง. 2548. **เส้นทางสู่ความสำเร็จ : การผลิตปาล์มน้ำมัน**. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่ สงขลา. 117 น.

นิรุทธิ์ สุขเกษม. 2544. ผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันต่อการเจริญเติบโตของปลานิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวาริชศาสตร์, หาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

นิรนาม. 2544. การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์อีเอ็มเพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. **วารสารสัตว์บก**. 9, 102 (ตุลาคม) : 102-105.

นพวรรณ ฉิ้มสังข์, นิฟารีซา เจ๊ะเล๊าะ, พรพิมล พิมลรัตน์ และชุติมา ตันติกิตติ. 2549. การใช้หัวกุ้งป่นทดแทนปลาป่นในอาหารปลานิลแดงแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus* x *O. mosambicus*). น. 589-597 *ใน* **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 : สาขาประมง**, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิ่น จันจุฬา และ อัจฉรา เพ็งหนู. 2554. การผลิตและการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพิ่มโปรตีนโดยกระบวนการหมักด้วยเชื้อยีสต์เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่.

มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ภานุ เทวรัตน์มณีกุล, พรรณศรี จริโมภาส, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวัณยวุฒิ, วีระ วัชรกรโยธิน และวิมล จันทรโรทัย. 2536. **การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล**. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 23. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 87 น.

รัช รุจิรวรรธน์. 2544. ประวัติและความสำคัญของจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM). **วารสารเกษตรคิวเซ.** 10, 37 (เมษายน-มิถุนายน) : 45-49.

วัฒนา วัฒนกุล อุไรวรรณ วัฒนกุล และ เศวต ไชยมงคล. 2551. ผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่เสริมในอาหารเม็ดเลี้ยงปลากะรังเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต. รายงานการวิจัย.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง. ตรัง.

วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล และ เจษฎา อิสเหาะ. 2553. สัดส่วนที่เหมาะสมของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารสำหรับปลาหมอไทย. รายงานการวิจัยประจำปี 2553. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง. ตรัง.

วัฒนา วัฒนกุล อุไรวรรณ วัฒนกุล และ แจ่มจันทร์ เพชรศิริ. 2554. การใช้อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเลี้ยงปลาน้ำจืดในร่องสวนเพื่อลดต้นทุนการผลิตของชุมชนบ้านตะโหมด พัทลุง. การประชุมวิชาการระดับชาติเครือข่ายวิจัยสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศประจำปี 2554. **การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2554.** วันที่ 25-28 พฤษภาคม 2554. โรงแรมเจ.บี. อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา.

วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล และ เจษฎา อิสเหาะ. 2555. ผลของการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารกุ้งก้ามกราม. รายงานการวิจัยประจำปี 2555. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง, ตรัง.

วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล และ เจษฎา อิสเหาะ. 2559. การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมักเพื่อลดต้นทุนค่าอาหารสำหรับการเลี้ยงปลากะพงขาว. รายงานการวิจัยประจำปี 2559. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง, ตรัง.

วุฒิพร พรหมขุนทอง, วรรณชัย พรหมเกิด, กิจการ ศุภมาตย์, วุฒิกรณ์ จิตติวรรณ และดุสิต นาคะชาต. 2547. การแทนที่ปลาป่นในอาหารปลานิลแดงแปลงเพศด้วยกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน. **วารสารสงขลานครินทร์ วทท.** 26(2) : 167-179.

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

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

สายันต์ ปานบุตร. 2547. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันและเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรียเสริมกากน้ำตาล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

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

สุภัตรา โอกระโทก. 2556. ผลของการใช้กากมันสำปะหลังหมักด้วยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* เพื่อเป็นอาหารในไข่ไก่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

เสริมศักดิ์ มานะเลิศสกุล. 2546. การผลิตอาหารสัตว์จากกากมันสำปะหลังและกากน้ำตาลโดยการหมักแบบแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. **ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสินค้าเกษตร**. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/oae_website/oae_imex.php, 14 สิงหาคม 2557.

Adamafio, N. A., Sakyiamah, M., and Tettey, J. 2010. Fermentation in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) pulp juice improves nutritive value of cassava peel. **Afr. J. Biochemis. Res.** 4 (3) : 51-56.

Ahmed, S.T., Mun, H. S., Islam, Md.M., Ko, S. Y., Yang, C. J. 2016. Effects of dietary natural and fermented herb combination on growth performance, carcass traits and meat quality in grower-finisher pigs. **Meat Sci.** 122 : 7–15.

AOAC. 2005. **Official Methods of Analysis**, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Azaza, M.S., Wassim, K., Mensi, F., Abdelmouleh, A., Brini, B., Kraïem, M.M. 2009. Evaluation of faba beans (*Vicia faba* L. var. *minuta*) as a replacement for soybean meal in practical diets of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture** 287 : 174–179.

Balarin J. D. and J. P. Hatton. 1979. **Tilapia: A guide to their biology and culture in Africa.** Unit of Aquatic Pathobiology, Stirling University, U.K. 174 p.

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

Barros, M.M., Lim, C., Klesius, P.H., 2002. Effect of soybean meal replacement by cottonseed meal and iron supplementation on growth, immune response and resistance of channel catfish (*Ictalurus puctatus*) to *Edwardsiella ictaluri* challenge. **Aquaculture** 207 : 263–279.

Blaxhall, P.C., Daisley, K.W. 1973. Routine haematological methods for use with fish Blood. **J. Fish. Biol.** 5 : 771–781.

Blyth, P.J. and Dodd, R. A. 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.

Boonyaratpalin, M. and W. Phromkhunthong. 2000. Effects of Ronozyme treaded rice bran and oil palm meal on growth of sex reversed *Tilapia niloticus*. pp. 50-63. *In* **The Sixth Roche Aquaculture Conference Asia Pacific (ed. B. Hunter) September 29 2000.** Bangkok, Thailand.

Cheah, S. C., Ooi, L. C. L., Ong, A. S. H. 1989. Improvement in the protein content of palm kernel meal by solid state fermentation. pp. 96–99. *In* **Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs (Ed. By T.H. Applewhite).** AOCS, Champaign, IL.

David, F. A. 2011. Effect of *Terminalia catappa* fruit meal fermented by *Aspergillus niger* as replacement of maize on growth performance, nutrient digestibility, and serum biochemical profile of broiler chickens. **Biotech. Res. International.** 10 : 1-6.

Deng, J., Mai, K., Chen, L., Mi, H., Zhang, L. 2015. Effects of replacing soybean meal with rubber seed meal on growth, antioxidant capacity, non-specific immune response, and resistance to *Aeromonas hydrophila* in tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). **Fish Shell. Immunol.** 44 : 436–444.

De silva, S. S., Gunasekera, R. M. and Smith, K. F. 1991. Interaction of varying dietary Protein and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein sparing. **Aquaculture** 95 : 305-318.

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

Fagbenro, O. A. 1994. Dried fermented fish silage in diets for *Oreochromis niloticus*. **Isr. J. Aquacult. Bamidgeh** 46 : 140-147.

Halliwell, G., Wahab, M.N.B.A., Patel, A.H. 1985. The contribution of endo-1,4-β-D-glucanase to cellulolysis in *Trichoderma koningii*. **J. Appl. Biochem.** 7 : 43–54.

Humason, G. L. 1972. **Animal Tissue Technique, 4thed.** 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. pp 35-42. *In* **Report of the Regional Workshop on Sustainable Seafarming and Grouper Aquaculture.** 17-20 April 2000. Medan, Indonesia.

Larsen, H. N., Snieszko, S. F. 1961. Comparison of various methods of determination of haemoglobin in trout blood. **Prog. Fish Cult.** 23 : 8–17.

Lohlum, S. A., Forcados, E. G., Chuku, A., Agida, O. G., Ozele, N. 2014. Corn cob as a feed component through fungal fermentation using *Aspergillus niger*. **CIBTech J. Microbiol.** 3 : 37–42.

Lowry, O. H., Rosenbrough, N. J., Farr, A. L., Randall, R. J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. **J. Biol. Chem.** 193 : 265–275.

NRC. 1983. **Nutrient requirements of coldwater fishes.** National Academy of Sciences, Washington, D.C.

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

Stickney, R. R. 1979. **Principles of Warmwater Aquaculture.** New York: John Wiley and Sons.

Strickland, J. D. H. and Parsons, T. R. 1972. **A practical handbook of seawater analysis 2^{ed}.** Ottawa : Fisheries Research Board of Canada.

Wedemeyer, G. A. and Yasutake, W. T. 1977. Clinical Methods for the Assessment of the effects of Environment Stress on Fish Health. **U.S. Fish Wildl. Serv. Tech. Pap.** 89 : 1-18.

Viola, S. and Arieli, Y. 1982. Nutrition studies with a high-protein pellet for carp and Sarotherodon Spp. (tilapia). Isr. J. Aquacult. –Bamidgeh 34 : 39-46.

Yeong, S.W. 1981. Biological utilization of palm by-products by chickens. Ph.D. Dissertation, University of Malaysia.

Yue, Y., Zhou, Q. 2008. Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus.* **Aquaculture** 284 : 185–189.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ภาพกิจกรรมของการดำเนินการวิจัย

ภาคผนวก ก ภาพกิจกรรมของการดำเนินการวิจัย

ภาพนวกที่ 1 กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

ภาพผนวกที่ 2 ตวงน้ำหมัก EM

ภาพผนวกที่ 3 ผสมกากน้ำตาล

ภาพผนวกที่ 4 ผสมน้ำหมัก EM

ภาพผนวกที่ 5 คลุกเคล้าผสมวัตถุดิบอาหาร

ภาพผนวกที่ 6 ทดลองปั้นก้อนอาหาร

ภาพผนวกที่ 7 บรรจุอาหารในถุงซิป

ภาพผนวกที่ 8 ไล่อากาศออกจากถุงซิป

ภาคผนวก ก (ต่อ) ภาพกิจกรรมของการดำเนินการวิจัย

ภาพนวกที่ 9 วัตถุดิบอาหารใช้ทดลอง

ภาพผนวกที่ 10 ชั่งวัตถุดิบอาหารตามสูตร

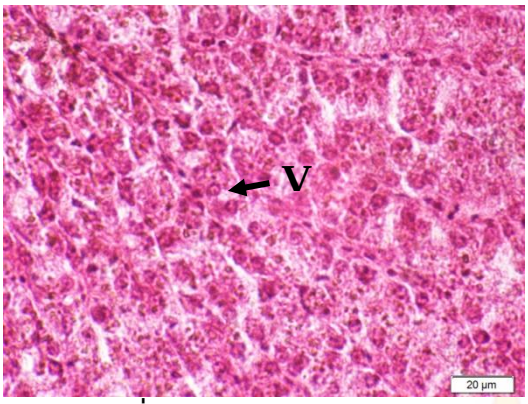
ภาพผนวกที่ 11 อัดเม็ดอาหารทดลอง

ภาพผนวกที่ 12 อาหารทดลองอัดเม็ด

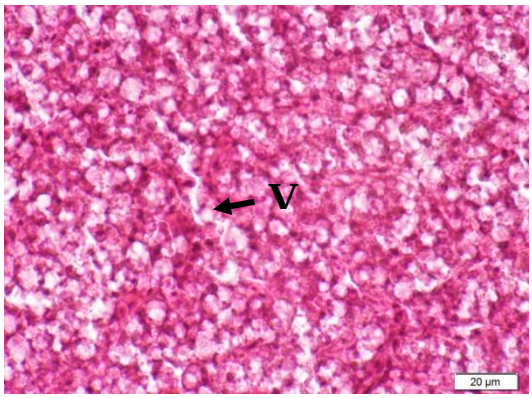
ภาพผนวกที่ 13 อบอาหารที่ผ่านการอัดเม็ด

ภาพผนวกที่ 14 อาหารทดลองที่อบแห้ง

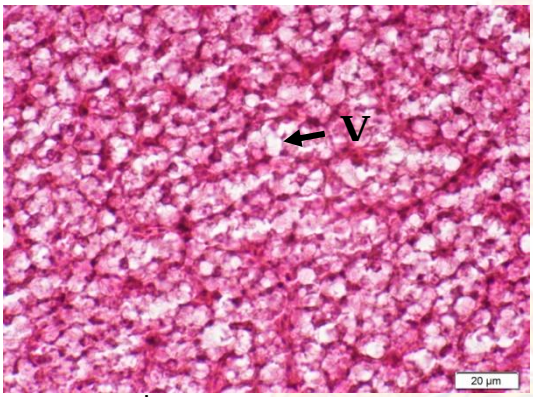
ภาคผนวก ก (ต่อ) ภาพเนื้อเยื่อตับของปลาทับทิมทดลอง



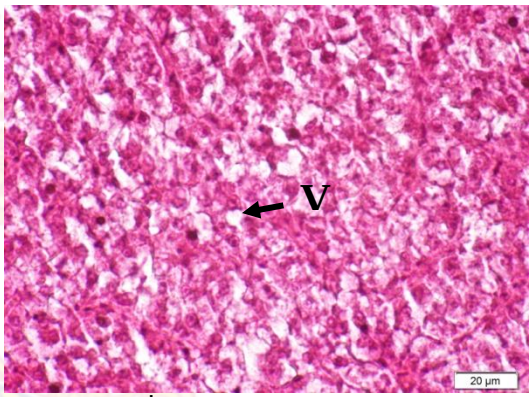
ภาพนวกที่ 15 ตับปลาทับทิมสูตร 1 (0%)



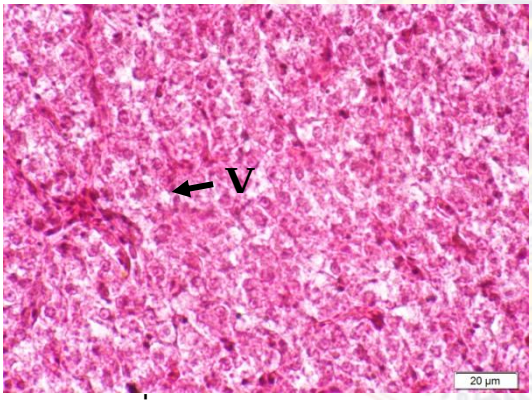
ภาพผนวกที่ 16 ตับปลาทับทิมสูตร 2 (25%)



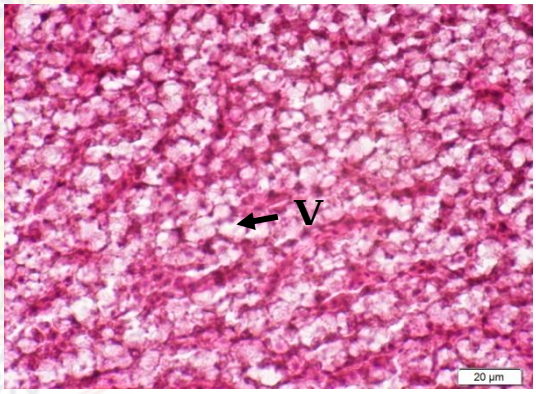
ภาพผนวกที่ 17 ตับปลาทับทิมสูตร 3 (50%)



ภาพผนวกที่ 18 ตับปลาทับทิมสูตร 4 (75%)



ภาพผนวกที่ 19 ตับปลาทับทิมสูตร 5 (100%)



ภาพผนวกที่ 20 ตับปลาทับทิมสูตร 6 (อาหารเม็ด)

ภาคผนวก ข

การนำเสนอผลงานวิจัย

Proceeding in The 9th International Conference

Rajamangala University of Technology 1-3 August 2018