รายงานการวิจัย

การสร้างมูลค่าเพิ่มของวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ : กรณีศึกษาการประยุกต์ใช้น้ำนึ่งปลาในการผลิตอาหารต้นทุนต่ำเลี้ยงปลานิลแดงทะเล

Creating added value of by-product from seafood processing Industrial : case study on the application of fish condensate to low cost feed production for seawater red tilapia (*Oreochromis sp.*) culture

วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

ชาญยุทธ สุดทองคง Chanyut Sudtongkong

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ประจำปี พ.ศ. 2564

รายงานการวิจัย

การสร้างมูลค่าเพิ่มของวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ : กรณีศึกษาการประยุกต์ใช้น้ำนึ่งปลาในการผลิตอาหารต้นทุนต่ำเลี้ยงปลานิลแดงทะเล

Creating added value of by-product from seafood processing Industrial : case study on the application of fish condensate to low cost feed production for seawater red tilapia (*Oreochromis sp.*) culture

วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

ชาญยุทธ สุดทองคง Chanyut Sudtongkong

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ประจำปี พ.ศ. 2564

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณงบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปี 2564 งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัย นำเอาน้ำนึ่งปลา ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือ หรือผลพลอยได้ที่มีอยู่ในปริมาณมากจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบโปรตีนในอาหาร ทดแทนการใช้โปรตีนจากปลาป่น และช่วยแต่งกลิ่นชวนกินอาหาร ในการผลิตอาหารปลานิล แดงทะเล เพื่อลดการใช้ปลาป่นและกากถั่วเหลืองซึ่งเป็น 2 วัตถุดิบที่มีราคาแพงใน การผลิตอาหารสัตว์น้ำ การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของการใช้โปรตีน จากน้ำนึ่งปลา มาเป็นส่วนผสมในอาหาร ทดแทนโปรตีนจากปลาป่น เป็นอาหารเลี้ยงปลานิลแดงทะเล ซึ่งก็คือปลานิลแดงที่ปรับความเค็มให้สามารถอาศัยอยู่ในน้ำทะเลได้อย่างปกติ ปลานิลแดงทะเลที่เลี้ยงด้ว ยอาหารสำเร็จรูปคุณภาพสูงจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว ชนิดโอเมก้า-3 สูงกว่าปลาน้ำจืดปลาน้ำกร่อยทั่วไปถึง 4 เท่า อีกทั้งปลานิลแดงทะเลไม่มีกลิ่นโคลนเหมือนกับปลาที่เลี้ยงในบ่อดินน้ำจืด จึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งใน และต่างประเทศ ตลอดจนราคาของปลานิลแดงทะเลจะมี ราคาสูงกว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในน้ำจืดปกติเกือบเท่าตัว และศึกษาผลการเลี้ยงด้านการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ คุณค่าทางโภชนาการ รวมถึงเปรียบเทียบต้นทุนอาหารต่อผลผลิตของปลานิล แดง อันก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาห กรรมแปรรูปสัตว์น้ำ และคาดว่าจะ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงและยั่งยืน รองรับการพัฒนาทางด้านการประมง 4.0 ของประเทศไทยต่อไป

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ทั้งความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ ตลอดจนสถานที่ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้การช่วยเหลืออำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่อุทิ ศกำลังกายและกำลังใจช่วยในการวิจัยครั้งนี้ลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนครอบครัวและผองเพื่อนที่ให้ความห่วงใย เป็นกำลังใจให้เสมอมา รวมทั้งกัลยานมิตรทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามในที่นี้ด้วย

หัวหน้าโครงการวิจัย

สิงหาคม 2565

การสร้างมูลค่าเพิ่มของวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ : กรณีศึกษาการประยุกต์ใช้น้ำนึ่งปลาในการผลิตอาหารต้นทุนต่ำเลี้ยงปลานิลแดงทะเล

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

บทคัดย่อ

การทดลองใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ ต่างกัน ในอาหารเลี้ยงปลานิลแดงทะเล เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา ค่าองค์ประกอบเลือด ลักษณะทางเนื้อเยื่อของตับ อัตราการรอดตาย และต้นทุนอาหารต่อผลผลิต โดย ได้ศึกษาระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารต่างกัน 6 ระดับ คือ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยกำหนดให้ อาหารมีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันทุกสูตร และมีอาหารเม็ดสำเร็จรูป (ชุดการทดลอง ที่ 7) เป็นสูตรเปรียบเทียบ นำไปเลี้ยงปลานิล แดงทะเล น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 27.84±2.46 กรัม ในถังพลาสติกกลม ขนาด 500 ลิตร ถังละ 30 ตัว เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ปลาที่ได้รับอาหาร ที่ระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 10, 20 และ 30% (ชุดการทดลองที่ 4) มีการเจริญเติบโตทั้งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) สูงกว่าที่ระดับ 0, 40 และ 50% ตามลำดับ ($p<0.05$) และมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มระดับของน้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นมากกว่า 30% จะทำให้การเจริญเติบโตของปลาลดลง และการเพิ่มระดับของน้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาลดลง แต่ปริมาณไขมันในเนื้อปลาเพิ่มสูงขึ้น ทุกระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาไม่ส่งผลต่อ ลักษณะของเนื้อเยื่อตับ ค่าองค์ประกอบเลือด และอัตราการรอดตาย และจากผลการทดลองสรุปได้ว่า การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลานิลแดงทะเล ทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ โดยมีต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิต เท่ากับ 50.75±3.89 บาทต่อกิโลกรัม สามารถลดต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตของปลานิลได้เท่ากับ 16.58 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็น 24.64 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาด

คำสำคัญ : น้ำนึ่งปลา อาหารปลา ปลานิลแดงทะเล

---

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

Creating added value of by-product from seafood processing Industrial : case study on the application of fish condensate to low cost feed production for seawater red tilapia (*Oreochromis* sp.) culture

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

ABSTRACT

The experiment was carried out to determine the replacement of fish meal protein with fish condensated in diet at different levels on growth performance, protein efficiency, chemical composition, hematology, liver histology, survival rate, feed conversion rate and production cost of red tilapia (*Oreochromis* sp.). The diets were contained 30% protein in six formulas with varying levels ; 0, 10, 20, 30, 40 and 50% of fish condensated replacement (formula 1-6) compared with commercial feed (formula 7), respectively. Fish with initial average weight 27.84±2.46 g. were reared in 500 L plastic tank at the stocking rate of 30 fish per tank for 6 months. The result showed that fish feed on diet contained 30% of fish meal replacement with fish condensated (formula 4) represented highest growth performance in term of weight gain (WG) and specific growth rate (SGR), but were not significantly different ($p>0.05$) with 20 and 10% levels. There were significantly different ($p<0.05$) with formula 0, 40 and 50% levels, respectively. The growth performance of fishes tended to increase by the level of liquid fish condensate up to 30% and then decreased. When replacement of liquid fish condensate in diet increase it was decrease protein but increase fat in fish meat ($p<0.05$). All of the diet formulas were not effects on liver histology, hematology and survival rate. The current study concluded that at 40% of fish meal protein replacement with fish condensate in diet was optimum for Seawater Red Tilapia feed taking into account the weight increase and economic returns with lowest production cost of 50.75±3.89 baht/kg and could reduce the feed cost production of fish up to 16.58 baht/kg, equivalent to 24.64% compared on the pellet diet.

Keywords: Fish Condensate, Fish Diet, Seawater Red Tilapia (*Oreochromis sp.*)

.....

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

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทนำ	1
วิธีดำเนินการวิจัย	7
ผลการวิจัย และอภิปรายผล	13
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	27
บรรณานุกรม	29
ภาคผนวก	32

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารปลานิลแดงทะเล	8
2	สูตรอาหารปลานิลแดงทะเลที่มีการทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ด้วยโปรตีนจากน้ำนึ่งปลา (%) ที่ได้จากการคำนวณ	9
3	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารปลานิลแดงทะเล (ค่าเฉลี่ย±SD)	10
4	การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของปลานิลแดงทะเล ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน	15
5	น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ของปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน	17
6	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาค่าอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตปลานิลแดงทะเล ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร	18
7	ค่าองค์ประกอบเลือดของปลานิลแดงทะเล ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	20
8	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิลแดงทะเล ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	21
9	คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงปลานิลแดงทะเล ด้วยอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	22

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหาร ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 6 เดือน	16

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ตับปลานิลแดงทะเลจากสูตร 1 (0%)	33
2	ตับปลานิลแดงทะเลจากสูตร 2 (10%)	33
3	ตับปลานิลแดงทะเลจากสูตร 3 (20%)	33
4	ตับปลานิลแดงทะเลจากสูตร 4 (30%)	33
5	ตับปลานิลแดงทะเลจากสูตร 5 (40%)	33
6	ตับปลานิลแดงทะเลจากสูตร 6 (50%)	33
7	ตับปลานิลแดงทะเลจากอาหารสูตร 7	33

บทนำ

ปลานิลแดง หรือปลาทับทิม (*Oreochromis sp.*) ปัจจุบัน จัดได้ว่าเป็นปลาเศรษฐกิจ ที่มีความสำคัญมากชนิดหนึ่ง เพราะมีรสชาติดี ตลอดจนสีสันสวยงามเป็นที่น่ารับประทาน และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะ ปลานิลแดงทะเล ซึ่งก็คือปลานิลแดงที่ปรับสภาพความเค็มให้สามารถอาศัยอยู่ในน้ำทะเลได้อย่างปกติ ปลานิลแดงทะเลที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปคุณภาพสูงจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว ชนิดโอเมก้า- 3 สูงกว่าปลาน้ำจืดปลาน้ำกร่อยทั่วไปถึง 4 เท่า อีกทั้งปลานิลแดงทะเลไม่มีกลิ่นโคลนเหมือนกับปลาที่เลี้ยงในบ่อดินน้ำจืด จึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งใน และต่างประเทศ ตลอดจนราคาของปลานิลแดงทะเลจะมีราคาสูงกว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในน้ำจืดปกติเกือบเท่าตัว จึงมีการเลี้ยงปลานิลแดงทะเลเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจังหวัดตรังเอง เป็นจัง หวัดที่มีพื้นที่ติดทะเลฝั่งอันดามัน มีการเลี้ยงปลาในกระชังเป็นจำนวนมาก ทั้งปลาทะเลเศรษฐกิจ ปลาทับทิม และปลานิลแดงทะเล แต่ปัญหาของการเลี้ยงปลานิลแดง ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน คือ เกษตรกรนิยมเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป เนื่องจากสะดวกและง่ายต่อการจัดการ แต่การเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป ซึ่งมีราคาแพง ไม่คุ้มทุนการผลิต ส่งผลให้เกษตรกรผู้เลี้ยง ปลาขาดทุน และไม่กล้าลงทุนเลี้ยง จึง เป็นเหตุผลหลักในการเลิกเลี้ยงของเกษตรกร เพราะในการเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น อาหารนับได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากต้นทุน ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในเรื่องอาหารจะตกอยู่ประมาณ 50-70 % ของต้นทุนทั้งหมด ฉะนั้นหากผู้เลี้ยงไม่ให้ความสำคัญต่อการให้อาหารสัตว์น้ำ โอกาสที่จะเกิดความล้มเหลวในการเลี้ยงก็จะสูงตามไปด้วย ซึ่งในปัจจุบันการผลิตอาหารสัตว์น้ำนิยมใช้ปลาป่นเป็นวัตถุดิบที่เป็ นเป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์เป็นหลักร่วมกับกากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช แต่ปริมาณปลาป่นที่ผลิตได้ทั่วโลกมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการลดลงของปลาในแหล่งธรรมชาติ ส่งผลให้ปลาป่นมีแนวโน้มหาได้ยาก และมีราคาสูงขึ้น ตลอดจนคุณภาพไม่คงที่ และหาได้ยากในบางฤดูกาล ส่วนกากถั่วเหลืองก็เป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่มีราคาค่อนข้างสูง และมีปริมาณการนำเข้าจากต่างประเทศสูงขึ้นทุกปี จึงส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสัตว์น้ำสูงตามไปด้วย ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ จึงเป็นเหตุให้นักวิจัยอาหารสัตว์น้ำหันมาศึกษา และพยายามที่จะนำวัตถุดิบจากแหล่งโปรตีนอื่นที่หาได้ง่าย และราคาถูกกว่ามาใช้ ทดแทน โดยเฉพาะวัตถุดิบเหลือใช้จากกิจการต่าง ๆ หรือวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำในท้องถิ่นที่มีผลผลิตจำนวนมาก หาได้ง่าย ราคาถูก และมีคุณค่าทางโภชนาการ นำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนผสมในอาหาร ท ดแทนการใช้โปรตีนจากปลาป่น และกากถั่วเหลือง ซึ่งมีราคาแพงในการผลิตอาหาร (เจษฎา และสุภาวดี , 2553) เป็นการลดการใช้วัตถุดิบอาหารที่มีราคาแพง ก็จะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำได้

การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาถึงผลของการใช้น้ำนึ่งปลา ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือ หรือผลพลอยได้ที่มีอยู่ในปริมาณมากจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ ในท้องถิ่น ที่มีผลผลิตจำนวนมาก หาได้ง่าย ราคาถูก และมีคุณค่าทางโภชนาการ นำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนผสมในอาหาร ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในปริมาณต่าง ๆ กันเป็นส่วนผสมในอาหาร เลี้ยงปลานิลแดงทะเล เพื่อเป็นแนวทางในการ

ลดต้นทุนการผลิต โดยการใช้วัตถุดิบเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ อันก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเศษเหลือ จากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการผลิตสัตว์ น้ำ และลดต้นทุนการบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนลดมลภาวะจากกระบวนการผลิต และคาดว่าผลการศึกษาวิจัยนี้ จะใช้น้ำนึ่งปลาในการผลิตอาหารต้นทุนต่ำได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาอาชีพการเลี้ยง ปลานิลแดงทะเล ให้เกิดความยั่งยืนในอาชีพของเกษตรกร และอุตสาหกรรมการเลี้ยงปลาชนิดอื่น ๆ ของประเทศไทยต่อไป

ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และขอบเขตการวิจัย

จังหวัดตรังเป็นจังหวัดทางภาคใต้ที่มีพื้นที่ติดฝั่งทะเลอันดามัน มี ทั้งโรงงานที่ แปรรูป อาหารทะเล และโรงงานผลิตอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง ที่สามารถรองรับวัตถุดิบจากทะเลจำนวนหลายโรงงาน ในแต่ละเดือนจะมีวัสดุเศษเหลือ จากกระบวน ขบวนการผลิต เกิดขึ้น จำนวนมาก ทั้งส่วนที่เป็นของแข็ง (เศษเนื้อ กระดูก หัว เครื่องใน และหนังปลา) และส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ เลือดปลา และน้ำนึ่งปลา วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่ใช้ทำเป็นปลาป่นเพื่อนำไปเลี้ยงสัตว์ ส่วนวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวจะถูกกำจัดโดยการปล่อยทิ้ง ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา เนื่องจากยังมีสารประกอบอินทรีย์อยู่สูง (Prasertsan et.al., 1988) ซึ่งวัสดุเศษเหลือดังกล่าวประกอบด้วยสารอาหารที่สำคัญหลายชนิด และที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น โปรตีน ไขมัน และกรดอะมิโนที่จำเป็น (จิตรวดี, 2540) และจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในน้ำนึ่งปลาของโรงงานปุ้มปุ้ย จ.ตรังของคณะผู้วิจัย พบว่า แต่ละเดือนจะมีปริมาณของน้ำนึ่งปลาที่เป็นวัสดุเศษเหลือจำนวนมาก และมีคุณสมบัติทางเคมีโดยมีปริมาณโปรตีนในน้ำนึ่งปลา 45.15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก (W/W) ตลอดจนมีกลิ่นที่กระตุ้นการกินอาหารของสัตว์น้ำได้ (วัฒนา และคณะ, 2558) จากคุณสมบัติดังกล่าวพอจะเป็นมูลเหตุให้ทราบได้ว่า น้ำนึ่งปลาสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำ โดยใช้เป็นแหล่งโปรตีน หรือทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารสัตว์น้ำได้

จังหวัดตรัง มีการเลี้ยงปลาในกระชังเป็นจำนวนมาก ทั้งปลาทะเลเศรษฐกิจ และปลาน้ำจืด เช่น ปลานิล ปลาทับทิม (*Oreochromis sp.*) และปลานิลแดงทะเล ซึ่งปัจจุบัน ปลานิลแดงทะเล จัดได้ว่าเป็นปลาเศรษฐกิจมีความสำคัญมากชนิดหนึ่ง เพราะมีรสชาติดี ตลอดจนสีสันสวยงามเป็นที่น่ารับประทาน และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยปลานิลแดงทะเล ซึ่งก็คือปลานิลแดงที่ปรับ สภาพให้สามารถอาศัยอยู่ในน้ำทะเลได้อย่างปกติ ปลานิลแดงทะเล ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปคุ ณภาพสูงจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว ชนิดโอเมก้า- 3 สูงกว่าปลาน้ำจืดปลาน้ำกร่อยทั่วไปถึง 4 เท่า อีกทั้ง ปลานิลแดงทะเลไม่มีกลิ่นโคลนเหมือนกับปลาที่เลี้ยงในบ่อดินน้ำจืด จึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งใน และต่างประเทศ ตลอดจนราคาของปลานิลแดงทะเลจะมีราคาสูงกว่าปลานิล แดงที่เลี้ยงในน้ำจืดปกติเกือบเท่าตัว จึงมีการเลี้ยงปลานิลแดงทะเลเพิ่มมากขึ้น

ความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำ

โปรตีนเป็นสารอินทรีย์ที่พบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด สัตว์มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบมากกว่าในสิ่งมีชีวิตประเภทอื่น (เวียง, 2542) โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการมีชีวิต และการเจริญเติบโต มีหน้าที่ในการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ ฮอร์โมน สารภูมิคุ้มกันโรค และฮีโมโกลบิน เป็นต้น ปลาวัยอ่อนต้องการโปรตีนปริมาณมาก และความต้องการโปรตีนจะลดลงเมื่อปลาโตขึ้น การกำหนดปริมาณโปรตีนที่ปลาได้รับในวันหนึ่ง ๆ นอกจากจะพิจารณาถึง วัย ขนาด ชนิด และสภาวะแวดล้อม ปริมาณความต้องการโปรตีนยังแตกต่างกันไปตามอุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนในน้ำ ซึ่งมีผลต่อการใช้โปรตีนของสัตว์น้ำเป็นอย่างมาก เพราะ อุณหภูมิ และออกซิเจนในน้ำจะช่วยเร่งอัตราการเผาผลาญอาหาร ขณะเดียวกันอาหารที่มีโปรตีนมากเกินไป นอกจากจะทำให้สัตว์น้ำไม่เจริญเติบโต อันเนื่องจากต้องสูญเสียพลังงานในกระบวนการดีอะมิเนชัน (deamination) ภายในร่างกายของสัตว์น้ำโดยตรง สารประกอบไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายลงไปในน้ำจะทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมลง เป็นผลให้ปลาเบื่ออาหาร การใช้ประโยชน์จากอาหารได้น้อย และอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ดังนั้น ปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาคือ ปริมาณโปรตีนซึ่งน้อยที่สุดที่ทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตดีที่สุด (เวียง, 2528)

การใช้โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต พบว่า สัตว์น้ำจะต้องได้รับโปรตีนจากอาหาร แต่ละมื้อใ น ปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการเท่านั้น รวมถึงพลังงานก็เช่นกัน ในกรณีที่อาหารมีระดับโปรตีนสูงเพียงพอกับความต้องการแต่มีพลังงานต่ำ อาหารนั้นก็ จะไม่ทำให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตเหมือน การทดลองในปลากดหลวง (Mangalik, 1986) เพราะโปรตีนจะต้องถูกเปลี่ยนสภาพเป็นพลังงานเสริมกับพลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรต ผลจากการเปลี่ยนโปรตีนเป็นพลังงานทำให้จำเป็นต้องเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารให้สูงขึ้น (NRC, 1983) และการเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารทำให้เกิดสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษในร่างกายของสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยเหตุนี้อาหารจึงควรมีโปรตีนและพลังงานในสัดส่วนที่เหมาะสม มีรายงานว่าอาหารสัตว์น้ำควรมีพลังงาน 8-9 กิโลแคลอรีต่อโปรตีน 1 กรัม (Lim and Dominy, 1989) ค่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหาร นั้นควรประเมินจากการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ตามหลักการและวิธีการของ Almquist (1972) โดย Pandian (1987) ให้ข้อสรุปว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลากินพืช ปลากินพืชและสัตว์ มีค่าเท่ากัน คือ 20 – 30% สำหรับปลากินเนื้อ 30-40% และกุ้งทะเล 40-50%

แหล่งโปรตีนของอาหารปลา

ต้นทุนในการเลี้ยงปลานับได้ว่า อาหารเป็นต้นทุนที่สูงสุด ประมาณ 50-70 % ของต้นทุนทั้งหมด (Blyth and Dodd, 2002; Kongkeo and Phillips, 2002) เพราะใช้โปรตีนเป็นสาร อาหารหลักในการเจริญเติบโต โดยปลาป่นเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนหลักที่ นิยมใช้เป็นส่วนผสมการผลิตในองค์ประกอบของอาหารสัตว์น้ำ เพราะให้กรดอะมิโน ที่ดีและมีความสมดุล โดย ปลาป่น จะช่วยเพิ่มกรดอะมิโนไลซีน และเมทไธโอนีนให้กับวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีนจากพืช เพราะวัตถุดิบจาก

พืชมักจะมีเมทไธโอนีน ซีสตีน และไลซีนต่ำ ปลาป่นมีแร่ธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส แคลเซียม ทองแดง สังกะสี แมงกานีส ไอโอดีน และวิตามิน เช่น วิตามินเอ ดี บี 12 บีรวม ในปริมาณ มาก (ทัศนีย์, 2546) นอกจากนี้ปลาป่นยังเป็นแหล่งน้ำมันที่อุดมด้วยกรดไขมันที่ จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำ ได้แก่กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวชนิด n-3 HUFA อีกด้วย คุณภาพของปลาป่นที่ใช้ในอาหารจึงมีบทบาทสำคัญที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของอาหารนั้น ปลาป่นที่มีคุณภาพดี สัตว์น้ำจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้สูงสุด ส่วนปลาป่นที่มีคุณภาพต่ำมีผลทำให้ อัตราการเจริญเติบโตช้า อัตรารอด ตายต่ำ จึงมีการวิจัยที่ทำการศึกษาแหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารสัตว์น้ำเพื่อลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีน โดยเฉพาะวัตถุดิบเหลือใช้ เช่น น้ำนึ่งปลาจากโรงงานผลิตปลากระป๋องทดแทนโปรตีนในอาหารปลาดุกลูกผสม (สุทิน และวิชิต, 2547) การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีน และพลังงานทดแทนในอาหารปลานิล (นิรุทธิ์, 2544) การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน เสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (วัฒนา และคณะ, 2552) เป็นต้น

สำหรับวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว คือ เลือดปลา น้ำนึ่งปลา ยังมีสารประกอบอินทรีย์อยู่สูง (Prasertsan *et al*., 1988) มักจะกำจัดและปล่อยทิ้ง ก่อให้เกิดปัญหาการบำบัดน้ำเสีย โดยเฉพาะน้ำนึ่งปลาทูน่า พบว่ามีปริมาณไขมันและโปรตีนโดยเฉลี่ยร้อยละ 0.41 และ 6.54 ตามลำดับ การนำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาใช้ประโยชน์ จะเป็นการเพิ่มมูลค่าและลดต้นทุนการบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนลดมลภาวะจากกระบวนการผลิต จากการวิจัยเจษฎา และสุภาวดี (2553) ทำการทดลองใช้น้ำนึ่งปลาจากการผลิตของโรงงานปลาทูน่ากระป๋องเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ ยงปลาสวายเนื้อขาวที่แตกต่างกัน (0 - 100%) อาหารปลาแต่ละสูตรมีโปรตีน 27% และพลังงานที่ย่อยได้ 2,500 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ใช้เลี้ยงปลาสวายเนื้อขาว เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของสวายเนื้อขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งมีน้ำนึ่งปลา 20 % มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด แตกต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม 0% (p<0.05) ตลอดจนให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหารดีที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p<0.01) ขณะที่การผลิตอาหารปลานิลโดยทดแทนโปรตีนด้วยน้ำนึ่งปลาแมคเคอเรล ของ วัฒนา และคณะ (2557) รายงาน ระดับที่เหมาะสมของการใช้น้ำนึ่งปลาในอาหารหารเลี้ยงปลานิลอยู่ที่ระดับร้อยละ 20 ทำให้ปลานิลมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด

สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะเป็นการศึกษาถึงผล ของการใช้น้ำนึ่งปลาเป็นส่วนผสมในอาหารปริมาณต่าง ๆ กัน ต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา องค์ประกอบเลือด และ คุณค่าทางโภชนาการของปลาทดลอง ด้วยวิธี A.O.A.C., (2000) และเปรียบเทียบต้นทุนอาหารต่อผลผลิต โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ศึกษาระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ต่างกัน 6 ระดับ คือ 0, 10, 20, 30, 40, และ 50 % ระดับละ 3 ซ้ำ ในสูตรอาหารปลานิล แดงทะเลที่สร้างขึ้น โดยใช้ปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพดป่น ปลายข้าว รำละเอียด น้ำมันพืช น้ำมันปลา สาร

เหนียว วิตามิน แร่ธาตุรวม เป็นวัตถุดิบอาหารหลั ก และให้มีระดับโปรตีน เท่ากันทุกสูตร ใช้อาหารเม็ดปลานิลสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ที่มีขายตามท้องตลาดเป็นชุดการทดลองเปรียบเทียบ ทดลองเลี้ยงปลาในถังพลาสติกขนาด 500 ลิตร จำนวน 30 ตัวต่อถัง เป็นระยะเวลา 6 เดือน เก็บข้อมูล และสรุปผลการวิจัยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการทดลอง ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ในปีงบประมาณ 2564 และคาดว่าผลการศึกษาวิจัยนี้ จะใช้น้ำนึ่งปลาในการผลิตอาหารต้นทุนต่ำได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาอาชีพการเลี้ยง ปลานิลแดงทะเล ให้เกิดความยั่งยืนในอาชีพ ของเกษตรกร และอุตสาหกรรมการเลี้ยง ปลาชนิดอื่น ๆ ตลอดจนสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ และ ได้องค์ความรู้ในการนำไปสู่การผลิต อาหารปลานิลแดงทะเลต้นทุนต่ำเชิงพาณิชย์ รองรับการพัฒนาการประมง 4.0 ของประเทศไทยต่อไป

แนวคิด และสมมติฐานงานวิจัย

เป็นแนวทางการผลิตอาหารปลานิลแดงราคาประหยัด ลดต้นทุนการผลิต และมีการพัฒนาสูตรอาหารให้มีประสิทธิภาพในการเลี้ยงเทียบเท่ากับอาหารสำเร็จรูปในท้องตลาด โดยใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่น โดยเฉพาะวัสดุเศษเหลือ หรือผลพลอยได้ที่มีอยู่ในปริมาณมากจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ ของภาคใต้ ซึ่งได้แก่น้ำนึ่งปลา ภายใต้กระบวนการทางธรรมชาติที่ยั่งยืน ปลอดภัย คำนึงถึงสภาพแวดล้อม ซึ่งถ้าหากผลจากการวิจัยเป็นไปในทิศทางที่วางไว้ และเป็นผลในเชิงบวก ก็จะเป็นการลดการนำเข้าวัตถุดิบอาหารจากต่างประเทศ สามารถเพิ่มมูลค่า และประสิทธิภาพของวัตถุดิบในท้องถิ่ น ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากร วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด นำมาซึ่งการพึ่งพาตนเอง เพื่อให้เกิดความตระหนัก และมีเจตคติที่ดีในกระบวนการเกษตรธรรมชาติ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ของน้ำนึ่งปลาจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ และอาหารที่ผลิตขึ้น

2. เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ของปลานิลแดงทะเลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในปริมาณต่าง ๆ กันกับสูตรอาหารเปรียบเทียบ

3. เพื่อเปรียบเทียบ คุณสมบัติทางเคมี การเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา องค์ประกอบเลือด และต้นทุนอาหารต่อหน่วยผลผลิตของปลานิลแดงทะเล ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในปริมาณต่าง ๆ กันกับสูตรอาหารเปรียบเทียบ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษาจะสามารถพัฒนาอาหารสัตว์น้ำไปในทิศทางและความต้องการที่เหมาะสมขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเศษเหลือจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากร วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด นำมาซึ่งการพึ่งพาตนเองและยกระดับการผลิตให้มีมาตรฐาน ตลอดจนสามารถนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ โดยองค์ความรู้ที่ได้จะเป็นทางเลือกเพิ่มเติม สำหรับเกษตรกร และ ผู้ผลิตอาหารสัตว์น้ำ อีกทั้ง สามารถเผยแพร่ความรู้ในการพัฒนาวัตถุดิบอาหารและอาหารสัตว์น้ำให้แก่ นิสิต นักศึกษา หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง กลุ่มเกษตรกร และผู้ประกอบการทุกระดับ เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ และส่งเสริมให้มีการนำไปใช้ได้จริง

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การสร้างมูลค่าเพิ่ม ของวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์ น้ำ : กรณีศึกษาการประยุกต์ใช้น้ำนึ่งปลาในการผลิตอาหารต้นทุนต่ำเลี้ยงปลานิลแดงทะเล ซึ่งแบ่งออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยศึกษาระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารปลา ทับทิม ที่ต่างกัน 6 ระดับคือ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 % และมีชุดการทดลองที่ใช้อาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ที่มีขายตามท้องตลาดเป็นชุดการทดลองเปรียบเทียบ ดังนั้น มีชุดก ารทดลองทั้งสิ้น 7 ชุดการทดลอง (7 สูตรอาหาร) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สูตรอาหารที่ไม่ใช้น้ำนึ่งปลา (สูตรควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 10 เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 3 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 20 เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 4 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 30 เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 5 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 40 เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 6 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50 เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 7 อาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป

การเตรียมระบบเลี้ยง

ทำการทดลองเลี้ยงใน ถังพลาสติกทรงกลมขนาด 500 ลิตร จำนวน 21 ใบ ตามชุดการทดลอง ใส่น้ำที่ระดับความเค็ม 20 ppt ในถังปริมาตร 300 ลิตร ซึ่งถังแต่ละถังจะมีระบบกรองน้ำแบบหมุนเวียนผ่านระบบกรอง ภายในถัง ทำการเปลี่ยนน้ำ อาทิตย์ละครั้ง ในปริมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ หรือ เมื่อคุณภาพน้ำในถังไม่เหมาะสม

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการทดลองในปลานิล แดง ขนาดประมาณ 3-5 นิ้ว โดยก่อนเริ่มทำการทดลองจะนำลูกปลามาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาดความจุ 4 ตัน (1 x 4 x 1 เมตร) ให้อาหารสมทบ (สูตรควบคุม) วันละ 2 ครั้ง จนกระทั่งลูกปลาเคยชินกับอาหารเม็ด เป็นระยะเวลา 10 วัน และในขณะเตรียมปลาทดลองจะทำการปรับความเค็มของน้ำให้ปลานิลแดงสามารถอยู่ใ นน้ำที่มีความเค็ม 20 ppt จนไม่มีการตาย หลังจากนั้นสุ่มลูกปลาลงเลี้ยงใน ถังทดลอง จำนวน 30 ตัว/ถัง ทำการชั่งหาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของปลา

การเตรียมอาหารทดลอง

นำน้ำนึ่งปลา และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต เพื่อนำค่าที่ได้ (ตารางที่ 1) มาสร้างเป็นสูตรอาหารทดลอง อาหารทดลองที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทั้ง 6 สูตรนั้น ใช้วิธีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารตามระดับที่กำหนดไว้ ซึ่งกำหนดให้มีระดับโปรตีน และพลังงานเท่ากันทุกชุดการทดลอง โดยให้มีระดับโปรตีน 30% (กำหนดตามรายงานของ นิรุทธิ์ , 2544) ไขมันไม่น้อยกว่า 8% และระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) ในสูตรอาหาร ไม่ต่ำกว่า 3,300 Kcal/kg ค่าพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารคำนวณโดยใช้ค่าต่าง ๆ ซึ่งประยุกต์มาจาก Stickney (1979) อาหารทดลองทั้ง 6 สูตร ใช้วัตถุดิบ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด ปลายข้าว น้ำมันปลา น้ำมันพืช วิตามิน แร่ธาตุผสม และ สารเหนียว ผสมกับน้ำนึ่งปลาในอาหารตามชุดการทดลอง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารปลานิลแดงทะเล

วัตถุดิบ	โปรตีน	ไขมัน	ความชื้น	เถ้า	เยื่อใย
ปลาป่น	57.11	7.97	5.31	17.43	-
กากถั่วเหลือง	46.01	1.32	8.99	7.35	7.43
น้ำนึ่งปลา	45.15	14.45	45.60	8.11	-
ข้าวโพด	7.36	4.72	8.95	2.62	2.2
ปลายข้าว	6.75	0.27	12.59	0.38	0.51
รำละเอียด	13.5	14.62	7.61	7.4	6.71

หมายเหตุ : ราคาวัตถุดิบอาหารต่อ 1 กก. : ปลาป่น 32 บาท, รำละเอียด 10.50 บาท, กากถั่วเหลือง 15 บาท, น้ำนึ่งปลา 18 บาท, ปลายข้าว 10 บาท, ข้าวโพด 9.20 บาท, แอลฟา–สตาร์ช 35 บาท, น้ำมันปลา 20 บาท, น้ำมันพืช 40 บาท, วิตามินรวม 90 บาท, premix 70 บาท

ขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง

นำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว และที่เป็นของเหลว ชั่งให้ได้น้ำหนักตามสูตรที่คำนวณ (ตารางที่ 2) เช่น น้ำมัน โดยนำวัตถุแห้งทั้งหมดมาผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงเติมน้ำมันลงไปทีละน้อย และเปิดเครื่องผสมอาหารเป็นเวลา 5 นาที แล้วค่อย ๆ เติมน้ำสะอาด เปิดเครื่องอีกครั้งนาน 10 นาที เมื่อวัตถุดิบอาหารผสมเข้ากันเป็นอย่างดี จึงนำเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหาร (Mincer) ที่มีรูหน้าแว่นเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-6 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C ในตู้อบอาหารที่มีระบบการควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 24–48 ชั่วโมง นำอาหารที่

อบแห้งแล้ววางให้เย็น บรรจุลงในถุงโพลีเอทธีลีนสีดำเพื่อป้องกันแสง เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C

ตารางที่ 2 สูตรอาหารปลานิลแดงทะเลและองค์ประกอบทางเคมี ที่มีการทดแทนโปรตีนจากปลาป่นด้วยโปรตีนจากน้ำนึ่งปลา (%) ที่ได้จากการคำนวณ

วัตถุดิบอาหาร	การทดแทนโปรตีนจากปลาป่นด้วยโปรตีนจากน้ำนึ่งปลา (%)					
	T1 (0%)	T2 (10%)	T3 (20%)	T4 (30%)	T5 (40%)	T6 (50%)
ปลาป่น	31.52	28.37	25.21	22.06	18.91	15.76
กากถั่วเหลือง	19.00	19.11	19.31	19.52	19.73	19.94
รำละเอียด	11.81	11.62	11.28	10.93	10.58	10.23
ปลายข้าว	11.81	11.62	11.28	10.93	10.58	10.23
ข้าวโพดป่น	11.81	11.62	11.28	10.93	10.58	10.23
น้ำนึ่งปลา	0.00	3.99	7.97	11.96	15.95	19.93
อัลฟาสตาร์ช	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
น้ำมันพืช	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
น้ำมันปลา	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
วิตามินรวม	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
พรีมิกซ์ *	2.00	1.63	1.61	1.62	1.62	1.63
รวม	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
โปรตีน (%)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
ไขมัน (%)	12.63	12.92	13.18	13.44	13.70	13.96
DE (Kcal/kg)	3112.33	3121.00	3121.43	3121.42	3121.41	3121.40
GE (Kcal/kg)	4257.41	4253.14	4234.50	4215.05	4195.61	4176.16
ต้นทุน/กก (บาท)	22.96	22.37	22.01	21.66	20.39	20.95

หมายเหตุ : * 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 800มิลลิกรัม; 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

นำอาหารทุกสูตรมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกซ์, nitrogen free extract, NFE) คำนวณได้จากสูตร 100 – (ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เยื่อใย) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารปลานิลแดงทะเล (ค่าเฉลี่ย±SD)

Formula	Percent on dry matter basis					
	Protein	Fat	Moisture	Ash	Crude fiber	NFE
1 (0%)	29.98±0.09	12.32±0.16	6.31±0.13	11.40±0.06	4.49±0.28	35.70±0.26
2 (10%)	30.48±0.15	12.42±0.18	6.46±0.12	12.42±0.10	3.40±0.19	34.82±0.19
3 (20%)	30.42±0.22	15.75±0.28	5.69±0.18	11.56±0.13	5.38±0.23	31.20±0.31
4 (30%)	30.19±0.14	15.58±0.14	5.48±0.09	11.12±0.08	3.46±0.17	34.17±0.23
5 (40%)	30.98±0.29	17.40±0.17	6.25±0.21	10.52±0.10	3.67±0.15	31.18±0.14
6 (50%)	30.55±0.06	17.61±0.25	8.36±0.20	10.37±0.09	2.80±0.19	32.31±0.20
7(อาหารเม็ด)	32.05±0.23	9.67±0.20	9.25±0.18	10.31±0.06	1.09±0.20	38.71±0.24

หมายเหตุ : ในวงเล็บคือ ระดับการทดแทนโปรตีนจากปลาป่นด้วยโปรตีนจากน้ำนึ่งปลา (%)

การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเลี้ยงและการให้อาหาร

ให้อาหารทั้ง 7 สูตรในทุกถังทดลองตามแผนการทดลองทุกวัน วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ไม่เกิน 10% ของน้ำหนักตัว ให้จนปลากินอิ่ม (Satiation) โดยสังเกตจากการที่ปลาไม่ กินอาหาร ไม่ให้เผื่อเหลือ เพื่อให้ค่าที่ได้ใกล้เคียงความเป็นจริง บันทึกน้ำหนักอาหารที่ปลากิน เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการแลกเนื้อ (FCR)

การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ทำการสุ่มตัวอย่างปลานิลแดงจากทุกชุดการทดลอง จำนวน 15 ตัว/ถัง เพื่อชั่งน้ำหนักทุกเดือนตลอดการทดลองเลี้ยง 6 เดือน และนำมาศึกษาการเจริญเติบโต ได้แก่ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR, % ต่อวัน) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (weight gain, %) อัตรารอดตาย (survival rate, %) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

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

น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น = น้ำหนักปลาทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - น้ำหนักเริ่มต้น

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, % ต่อวัน)

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

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %)

$$= \frac{(\text{น.น. ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น.น. ปลาเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

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

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

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างโดยการสุ่มเก็บเนื้อเยื่อตับ จากตัวอย่างปลาของทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ตัว มาแช่ในสารละลายฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปผ่านกรรมวิธีเตรียมเนื้อเยื่อตามวิธีการของ Humason (1972) เนื้อเยื่อตับถูกตัดให้มีความหนา 3-4 ไมโครเมตรย้อมด้วยสี Hematoxylin Eosin (HE) (Bancroft, 1967) จากนั้นนำตัวอย่างไปศึกษา เปรียบเทียบด้วยกล้องจุลทรรศน์

การศึกษาองค์ประกอบเลือด

สุ่มปลาจากทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 5 ตัวมาสลบด้วยน้ำยา 2-phenoxyethanol เจาะเลือดจากบริเวณโคนหาง โดยใช้เอทีลีนไดอะมีนเตตราอะซีติก (EDTA) 1.0% เคลือบหลอดทดลองเพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด เพื่อศึกษาองค์ประกอบ ของเลือดคือ Haemoglobin, Haematocrit, Plasma protein และ Blood cell count ดัดแปลงตามวิธีการของ กิจการ (2538)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของตัวปลาทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการสุ่มตัวอย่างปลา นิลแดงของทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ตัว มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้า ตามวิธี AOAC (2000)

การศึกษาต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลานิล (unit feeding cost) โดยสมการ

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

การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทุก 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลอง โดยดัชนีที่จะใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำประกอบด้วย ความเค็ม อุณหภูมิน้ำวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท , ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ด้วย pH meter, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (วัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบดิจิตอล YSI Model 650 MDS),ความเป็นด่างของน้ำ (ด้วยวิธีการ Titration), แอมโมเนียรวม และไนไตรท์

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง คือ อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิต มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) แบบทางเดียว (One Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่าง ชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan’s New multiple range test: DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

ทำการศึกษาทดลอง ณ โรงเพาะฟักสัตว์น้ำกร่อย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ในปีงบประมาณ 2564

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

ผลการวิจัย

การทดลองใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารที่ใช้เลี้ยง ปลานิลแดงทะเล ระดับต่าง ๆ กัน 7 ระดับ (สูตรอาหาร) คือ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ และอาหารเม็ดปลาทับทิมสำเร็จรูป (สูตรที่ 7) เป็นสูตรเปรียบเทียบ เป็นระยะเวลา 6 เดือน ให้ผลการทดลอง ดังนี้

การเจริญเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลานิลแดงทะเล ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง 6 เดือน พบว่า ปลานิลแดงจากทุกชุดการทดลอง มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการเลี้ยง (ดังแสดงในตารางที่ 4, ภาพที่ 1) ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 27.99$\pm$2.10 กรัม ซึ่งปลานิลแดงทะเลในทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ตั้งแต่เริ่มทำการทดลองเลี้ยงไปจนถึงการเลี้ยงในเดือนที่ 1 และน้ำหนักต่อตัวเฉลี่ยเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่ เดือนที่ 2 ไปจนกระทั้งสิ้นสุดการทดลอง ในเดือนที่ 6 (p<0.05) เมื่อพิจารณาแต่ละระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารที่ใช้เลี้ยง ปลานิลแดงทะเล พบว่า ในเดือนที่ 4 ปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7 (อาหารสำเร็จรูป) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงที่สุด (106.76$\pm$23.03 กรัม) แตกต่างอย่าง มีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p<0.05) กับปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตร 4, 6, 3, 5, 2 และ 1 (0 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 93.96$\pm$14.86, 89.05$\pm$10.08, 85.76$\pm$9.78, 85.54$\pm$16.25, 85.11$\pm$12.07 และ 83.66$\pm$10.58 กรัม ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองใน เดือนที่ 6 พบว่า ปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7 (อาหารสำเร็จรูป) มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด (144.87$\pm$8.19 กรัม) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4, 3, 2, 1, 5 และ 6 ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 128.41$\pm$4.77, 127.87$\pm$6.99, 123.89$\pm$7.42, 115.74$\pm$7.18, 118.81$\pm$5.00 และ 111.47$\pm$2.61 กรัม ตามลำดับ โดยปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 (50 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่ำที่สุด

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต (%SGR : %/วัน) อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ของปลานิลแดงทะเล ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นใน สูตรอาหาร ระดับแตกต่างกัน คือ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 6 เดือน แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของ ปลานิลแดงทะเล ชุดการทดลองที่ใช้ อาหารชุดการทดลอง ที่ 7 (อาหาร

สำเร็จรูป) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด (399.77±50.62 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4, 3, 2, 1, 5 และ 6 ซึ่งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เท่ากับ 379.65±23.34, 375.80±20.00, 322.25±62.66, 287.22±24.03, 257.03±18.30 และ 242.58±18.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางที่ 5)

อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ (%SGR : %/วัน) ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5) โดยอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะของปลานิลแดงทะเล ชุดการทดลองที่ใช้ อาหารชุดการทดลองที่ 7 (อาหารสำเร็จรูป) มีอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะสูงที่สุด (0.89±0.06 เปอร์เซ็นต์/วัน) สูงกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4, 3, 2, 1, 5 และ 6 ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะเท่ากับ 0.86±0.09, 0.85±0.07, 0.81±0.07, 0.64±0.13, 0.59±0.15 และ 0.59±0.14 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางที่ 5)

อัตราการรอดตายของปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร ระดับแตกต่างกัน คือ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่ามีอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ซึ่งมีอัตราการรอดตาย อยู่ระหว่าง 98.89 ± 1.92 ถึง 100.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5)

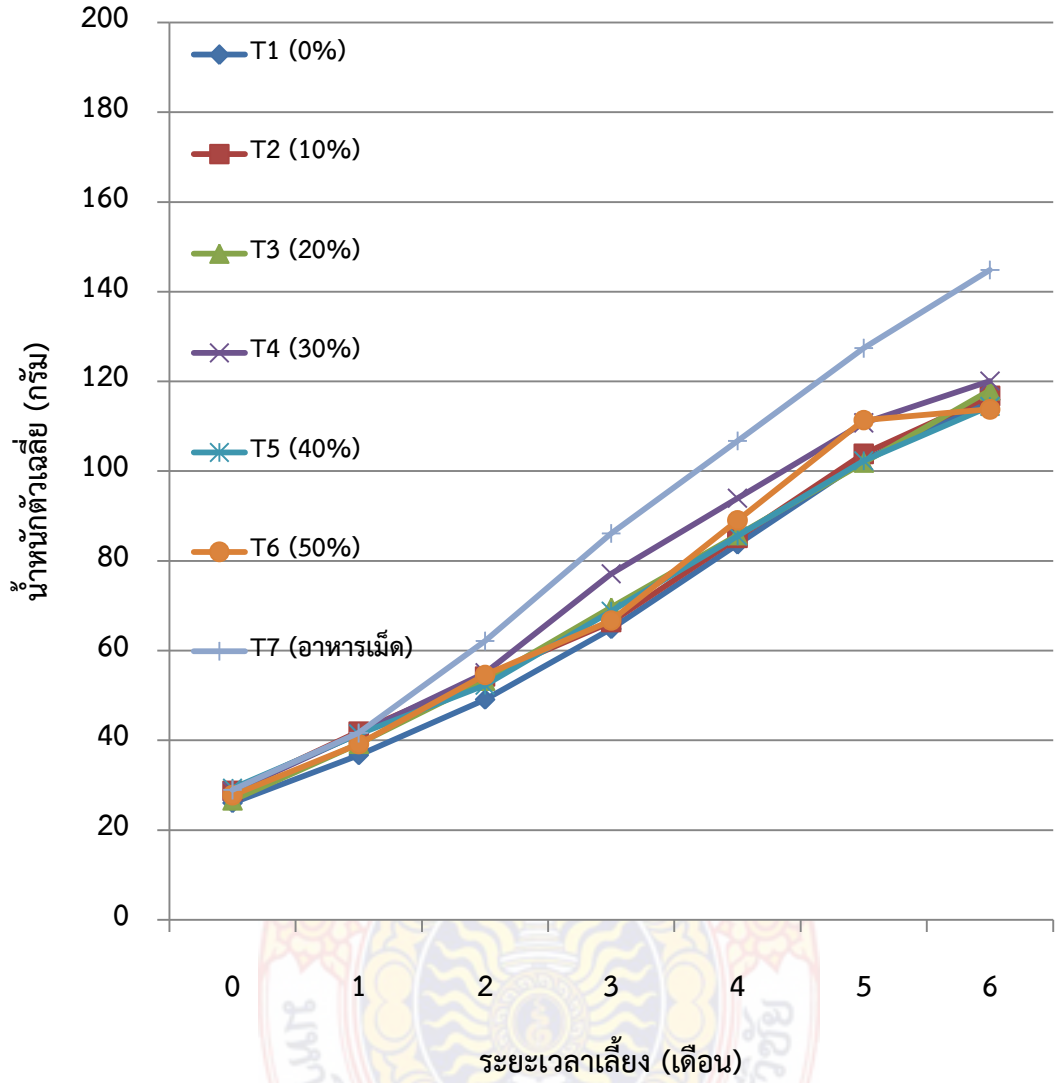
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของ ปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร ระดับแตกต่างกัน คือ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 7 (อาหารสำเร็จรูป) มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.10±0.02 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางที่ 5) ส่วนปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1-6 มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 0.04±0.01

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของปลานิลแดงทะเล ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ระยะเวลา	สูตรอาหาร						
(เดือน)	1 (0 %)	2 (10 %)	3 (20 %)	4 (30 %)	5 (40 %)	6 (50 %)	7 (อาหารเม็ด)
เริ่มทดลอง	26.02±3.03^{a}	28.74±1.55^{a}	26.62±1.96^{a}	28.56±4.01^{a}	29.32±3.19^{a}	27.77±3.25^{a}	28.93±3.66^{a}
1	36.69±8.62^{a}	41.94±6.62^{a}	39.24±8.38^{a}	41.51±8.99^{a}	41.39±7.93^{a}	39.17±7.63^{a}	41.63±8.00^{a}
2	49.08±5.65^{c}	54.22±8.85^{bc}	53.31±3.77^{bc}	55.03±6.35^{b}	52.27±7.24^{bc}	54.58±5.91^{b}	62.13±6.98^{a}
3	64.82±15.64^{c}	66.36±17.46^{c}	69.60±14.22^{bc}	77.14±16.97^{b}	68.78±18.20^{bc}	66.69±13.20^{c}	86.12±19.24^{a}
4	83.66±10.58^{c}	85.11±12.07^{c}	85.76±9.78^{c}	93.96±14.86^{b}	85.54±16.25^{c}	89.05±10.08^{bc}	106.76±23.03^{a}
5	102.49±18.36^{b}	103.86±14.78^{b}	101.92±16.30^{b}	110.77±27.12^{b}	102.30±23.19^{b}	111.40±20.56^{b}	127.41±40.25^{a}
6	115.74±7.18^{cd}	123.89±7.42^{bc}	127.87±6.99^{b}	128.41±4.77^{b}	111.81±5.00^{d}	111.47±2.61^{d}	144.87±8.19^{a}

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนว นอนโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)



ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหาร ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 6 เดือน

ตารางที่ 5 น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน

สูตรอาหาร	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (% ต่อวัน)	อัตราการรอดตาย (%)	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน
1 (0 %)	26.02±3.03^{a}	115.74±7.18^{cd}	287.22±24.03^{cd}	0.64±0.13^{cd}	100.00±0.00^{a}	0.04±0.01^{b}
2 (10 %)	28.74±1.55^{a}	123.89±7.42^{bc}	322.25±62.66^{bc}	0.81±0.07^{bc}	98.89±1.92^{a}	0.04±0.01^{b}
3 (20 %)	26.62±1.96^{a}	127.87±6.99^{b}	375.80±20.00^{b}	0.85±0.07^{b}	98.89±1.92^{a}	0.04±0.01^{b}
4 (30 %)	28.56±4.01^{a}	128.41±4.77^{b}	379.65±23.34^{b}	0.86±0.09^{b}	100.00±0.00^{a}	0.04±0.01^{b}
5 (40 %)	29.32±3.19^{a}	111.81±5.00^{d}	257.03±18.30^{d}	0.59±0.15^{d}	100.00±0.00^{a}	0.04±0.01^{b}
6 (50 %)	27.77±3.25^{a}	111.47±2.61^{d}	242.58±18.07^{d}	0.59±0.14^{d}	100.00±0.00^{a}	0.04±0.01^{b}
7 (อาหารเม็ด)	28.93±3.00^{a}	144.87±8.19^{a}	399.77±50.62^{a}	0.89±0.06^{a}	100.00±0.00^{a}	0.10±0.02^{a}

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักปลา

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักปลา ของปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหารระดับแตกต่างกัน คือ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 6 เดือน แสดงในตารางที่ 6 พบว่า ปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 7 (อาหารสำเร็จรูป) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด เท่ากับ 2.07±0.23 รองลงมา คือ ปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) แต่ปลานิลแดงทะเลทั้ง 3 สูตรอาหารดังกล่าว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ต่ำกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น สูตรอาหารที่ 2, 1, 5 และ 6 ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 2.66±0.31, 2.69±0.16, 2.73±0.15 และ 2.76±0.21 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ (p<0.05) โดยปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 (50 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ สูงที่สุด ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 2.76±0.21 (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาค่าอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตปลานิลแดงทะเล ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

สูตรอาหาร	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม)	ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักปลา (บาทต่อกิโลกรัม)
1 (0 %)	2.69±0.16^{b}	22.96	61.76±4.08^{b}
2 (10 %)	2.66±0.31^{b}	22.37	59.50±5.06^{b}
3 (20 %)	2.26±0.25^{a}	22.01	49.74±5.70^{a}
4 (30 %)	2.24±0.11^{a}	22.66	50.75±3.89^{a}
5 (40 %)	2.73±0.15^{b}	20.39	55.67±3.51^{ab}
6 (50 %)	2.76±0.21^{b}	20.95	57.82±4.02^{b}
7 (อาหารเม็ด)	2.07±0.23^{a}	32.50	67.28±5.22^{c}

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

จากการคำนวณราคาค่าอาหารที่นำมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารทั้ง 7 สูตร พบว่า สูตรอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นจะทำให้อาหารมีราคา ลดลง มีราคาอยู่ระหว่าง 20.39 – 22.96 บาท/กก. และราคาอาหารปลานิล แดงทะเลที่ผลิตขึ้นในทุกสูตรอาหารมีราคาต่ำกว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากท้องตลาดซึ่งมีราคาเท่ากับ 32.50 บาท/กก. นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิต ปลานิลแดงทะเลที่ทำการทดลอง 1 กิโลกรัม พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองที่ได้รับอาหารสูตรต่าง ๆ (p<0.05) โดยปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทน ในอาหาร 20 เปอร์เซ็นต์) มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักปลาต่อกิโลกรัมต่ำที่สุด เท่ากับ 49.74±5.70 บาทต่อกิโลกรัม และเพิ่มสูงขึ้นจากสูตรอาหารที่ 4, 5, 6, 2, 1 และ 7 ซึ่งมีต้นทุนค่าอาหารในการผลิตปลานิลแดงทะเลต่อหน่วย เท่ากับ 50.75±3.89, 55.67±3.51, 57.82±4.02, 59.50±5.06, 61.76±4.08 และ 67.28±5.22 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ต้นทุนค่าอาหารสูตรต่าง ๆ ต่อการผลิต ปลานิลแดงทะเลที่ทำการทดลอง 1 กิโลกรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางที่ 6)

การเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และค่าองค์ประกอบเลือดของปลานิลแดงทะเล

จากผลการศึกษาลักษณะของเนื้อเยื่อตับของ ปลานิลแดงทะเล ที่ได้รับอาหารทดลองที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ เป็น ระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ตรวจไม่พบความผิดปกติของพยาธิสภาพในเซลล์ตับ ปลานิล แดงทะเล ทุก ๆ ระดับ ของการ ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหาร (สูตรอาหารที่ 1–6) และสูตรที่ 7 ที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปจา กตลาด โดยพบเซลล์ตับ (hepatocyte) เรียงตัวเป็นระเบียบ มีโครงสร้างปกติ และมีการสะสมอาหารปกติ (ภาพผนวกที่ 1 - 7)

ค่าองค์ประกอบเลือด ของปลา นิลแดงทะเล ได้แก่ ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และองค์ประกอบทางเคมีของเลือด คือ พลาสมาโปรตีน ของปลานิลแดงทะเลที่เลี้ยงด้วยอาหารจำนวน 7 สูตร เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ค่าฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และ พลาสมาโปรตีน ไม่ มีความ แตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ระหว่างชุดการทดลอง โดยมีค่าฮีโมโกลบิน ระหว่าง 6.50±0.66 - 7.00±0.66 กรัมต่อเดซิลิตร ค่าฮีมาโตคริตอยู่ในช่วง 26.00±2.65 - 28.00±2.65 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเม็ดเลือดแดง อยู่ในช่วง 1.80±0.82 $\times 10^{6}$ - 2.35±0.50 $\times 10^{6}$ เซลล์ต่อไมโครลิตร ปริมาณเม็ดเลือดขาว อยู่ในช่วง 21.92±2.97 $\times 10^{3}$ - 25.49±4.14 $\times 10^{3}$ เซลล์ต่อไมโครลิตร และค่าพลาสมาโปรตีนอยู่ในช่วง 6.57±3.29 - 8.33±0.96 กรัมเปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าองค์ประกอบเลือดของปลานิลแดงทะเล ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

สูตรอาหาร	Hemoglobin (g/dl)	Hematocrit (%)	RBC ($\times 10^6$ cell/µl)	WBC ($\times 10^3$ cell/µl)	Plasma protein (g%)
1 (0 %)	6.50±0.66 [a]	26.00±2.65 [a]	1.80±0.82 [a]	24.48±3.10 [a]	8.33±0.96 [a]
2 (10 %)	6.60±0.61 [a]	26.00±3.00 [a]	2.35±0.50 [a]	23.03±2.96 [a]	7.04±2.72 [a]
3 (20 %)	6.67±0.38 [a]	26.67±1.53 [a]	2.34±0.40 [a]	21.92±2.97 [a]	7.71±1.32 [a]
4 (30 %)	6.75±0.87 [a]	27.00±3.46 [a]	2.11±0.43 [a]	23.45±3.54 [a]	6.57±3.29 [a]
5 (40 %)	6.58±0.63 [a]	26.33±2.52 [a]	2.16±0.71 [a]	22.54±3.79 [a]	7.59±0.84 [a]
6 (50 %)	6.92±0.63 [a]	27.67±2.52 [a]	1.96±0.35 [a]	23.65±2.58 [a]	8.14±1.57 [a]
7 (อาหารเม็ด)	7.00±0.66 [a]	28.00±2.65 [a]	2.31±0.58 [a]	25.49±4.14 [a]	7.72±1.36 [a]

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

องค์ประกอบทางเคมีของปลานิลแดงทะเล

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ปลานิล แดงทะเล ที่ได้รับอาหาร ทดลองที่มี การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ เป็น ระยะเวลา 6 เดือน แสดงใน ตารางที่ 8 พบว่าความชื้น และเถ้าของปลานิลแดงทะเล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ในทุกระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นใน สูตรอาหาร (สูตรที่ 1–6) และในสูตรที่ 7 ซึ่งใช้อาหาร เม็ดสำเร็จรูปเป็นอาหาร โดยค่าความชื้น มีค่าอยู่ในช่วง 34.81±0.13 - 35.85±0.15 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าของปริมาณเถ้ามีค่าอยู่ในช่วง 3.35±0.03 - 3.58±0.06 เปอร์เซ็นต์

ระดับโปรตีนในเนื้อปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารทั้ง 7 ชุดการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยอาหารสูตรที่ 7 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป) มีระดับโปรตีนในเนื้อมีค่าเท่ากับ 62.70±0.42 เปอร์เซ็นต์ ไม่ต่างจากปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตร 1, 2, 3 และ 4 โดยระดับโปรตีนในเนื้อมีค่าอยู่ในช่วง 58.20±1.07 - 62.70±0.42 เปอร์เซ็นต์ สำหรับไขมัน พบว่าระดับไขมันในเนื้อปลานิลแดงทะเลในทุกระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหารมีค่าแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p<0.05) โดยสูตรอาหารที่ 6 (50 เปอร์เซ็นต์) มีระดับไขมันเท่ากับ 2.44±0.02 เปอร์เซ็นต์ ไม่ต่างจากปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตร 3, 4 และ 5 ปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตร 7 มีปริมาณไขมันน้อยสุด (1.39±0.07 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างจากปลานิลแดง

ทะเลที่ได้รับอาหารสูตร 1 และ 2 ซึ่งมีระดับไขมันในเนื้ออยู่ในช่วง 1.29±0.08 - 2.44±0.02 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิลแดงทะเล ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

สูตรอาหาร	องค์ประกอบทางเคมี (% น้ำหนักแห้ง)			
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า
1 (0 %)	34.81±0.13^{a}	60.45±1.85^{a}	1.29±0.08^{c}	3.45±0.08^{a}
2 (10 %)	35.04±0.20^{a}	60.03±0.89^{a}	1.57±0.12^{bc}	3.36±0.06^{a}
3 (20 %)	34.82±0.24^{a}	59.94±1.05^{ab}	2.13±0.04^{ab}	3.41±0.17^{a}
4 (30 %)	35.15±0.15^{a}	59.86±1.94^{ab}	2.32±0.08^{a}	3.35±0.03^{a}
5 (40 %)	35.80±0.39^{a}	58.42±1.94^{b}	2.38±0.03^{a}	3.40±0.12^{a}
6 (50 %)	35.85±0.15^{a}	58.20±1.07^{b}	2.44±0.02^{a}	3.51±0.01^{a}
7 (อาหารเม็ด)	35.45±0.11^{a}	62.70±0.42^{a}	1.39±0.07^{c}	3.58±0.06^{a}

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

คุณภาพน้ำ

ผลคุณภาพน้ำตลอดการทดลอง พบว่า ความเค็มมีค่าอยู่ระหว่าง 18.00±1.25 - 19.50±1.42 ppt อุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 28.05±1.25 - 30.70±0.42 ค่าเป็นกรด-ด่าง 6.83±0.16 - 7.26±0.48 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 5.60±0.32 - 7.27±0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่าง 103.15±1.58 - 110.34±1.34 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 0.35±0.02 - 0.57±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.19±0.02 - 0.32±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่ปลานิล ทะเล สามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ (ตารางที่ 9) เหมาะสมต่อการเลี้ยง ปลานิลแดง (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและกองส่งเสริมการประมง, 2550)

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงปลานิลแดงทะเล ด้วยอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

ระยะเวลาเลี้ยง (เดือน)	ความเค็ม (ppt)	อุณหภูมิ (^{o}C)	ความเป็นกรดเป็นด่าง	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	18.50±0.42	30.70±0.42	7.32±0.23	7.27±0.50	103.34±1.34	0.35±0.02	0.19±0.02
2	18.00±1.25	29.04±0.31	7.21±0.60	7.13±0.39	100.65±3.43	0.38±0.04	0.21±0.04
3	19.00±0.52	28.64±0.16	6.83±0.16	6.68±0.35	103.15±1.58	0.36±0.02	0.23±0.01
4	19.50±1.42	28.36±0.47	7.46±0.35	7.04±0.38	101.34±1.27	0.42±0.01	0.28±0.04
5	19.25±1.50	28.09±1.52	6.85±1.05	6.57±0.45	101.25±2.26	0.57±0.05	0.32±0.01
6	18.55±1.50	29.20±0.94	7.26±0.48	6.39±0.72	110.34±1.34	0.40±0.04	0.20±0.02

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

การอภิปรายผล

จากผลการทดลองครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารผสมน้ำนึ่งปลาระดับต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในเดือนที่ 2 ของการทดลอง โดยปลานิลแดงทะเลในชุดการทดลองที่ได้รับอาหารสำเร็จรูป มีการเจริญเติบโตสูง ที่สุด มากกว่าปลานิลแดง ทะเลในทุก ๆ ชุดการทดลองที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอา หาร ตั้งแต่เดือนที่ 2 ไปจนสิ้นสุดการทดลอง และผลการวิเคราะห์ การเจริญเติบโตของปลานิลแดงทดลองในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมน้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นตั้งแต่ 0-50 เปอร์เซ็นต์ (ชุดการทดลองที่ 1-6) พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่เดือนที่ 2 จนกระทั่งสิ้นสุดก ารทดลอง และจากผลการทดลองครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิล แดงทะเล ในกลุ่ม ที่ได้รับอาหารผสมน้ำนึ่งปลาระดับต่าง ๆ (ชุดการทดลองที่ 1-6) มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน เมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 6 นั่นคือ การเจริญเติบโตของปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารผสมน้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 10 - 30 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ทั้งน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ แต่ทั้ง 3 ชุดการทดลองจะมีการเจริญเติบโตสูงกว่าป ลานิลแดงทะเลในชุดการทดลองที่ได้รับอาหารชุดควบคุม ซึ่งไม่มีน้ำนึ่งปลาผสมอยู่เลย และสูงกว่าในชุดการทดลองที่ 5 (40 เปอร์เซ็นต์) และชุดการทดลองที่ 6 (50 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้พบว่า การเจริญเติบโตของปลานิลแดงทะเลลดลงเมื่อระดับของน้ำนึ่งปลาในสูตรอาหารมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า สามารถที่จะใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลแดงทะเลได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งจะเป็นระดับที่ปลา นิลแดงทะเลสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด แต่เมื่อเพิ่มมากขึ้นก็จะส่งผลในทางลบ เป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดลองใช้น้ำนึ่งปลาจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิล Wattanakul *et al*. (2019) โดยพบว่า ปลา นิลที่ได้รับอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตของปลาสูงที่สุ ด และเมื่อเพิ่มระดับของการทดแทนสูงกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ และสอดคล้องกับ การทดลองใช้น้ำนึ่งปลา เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาช่อน Wattanakul *et al*. (2017) รายงานว่า ปลาช่อนที่ได้รับอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตของปลาสูงที่สุด และเมื่อเพิ่มระดับของการทดแทนสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลง

และจากผลการทดลองครั้งนี้ การเจริญเติบโตของปลานิลแดงทะเลในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมน้ำนึ่งปลา จะเพิ่มขึ้นตามระดับของน้ำนึ่งปลาที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร จนถึงระดับ ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 30 % (ชุดการทดลอง ที่ 4) และการเจริญเติบโตของปลาลดลงเมื่อเพิ่มระดับของน้ำนึ่งปลาในสูตรอาหารมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารผสมน้ำนึ่งปลาที่ระดับ 30 % มีการเจริญเติบโต (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว , น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น , อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ) สูงกว่า

ปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐาน หรือสูตรควบคุม (ชุดการทดลองที่ 1) ซึ่งไม่มีน้ำนึ่งปลาผสมอยู่เลย แต่ยังด้อยกว่าปลานิลแดงจากชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป

ดังนั้น เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าการเจริญเติบโต ค่าการใช้ประโยชน์จากอาหาร และแนวโน้มของการเจริญเติบโตของปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหารผสมน้ำนึ่งปลานั้น ยืนยันว่าสามารถใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิลได้ผลดีตั้งแต่ที่ระดับ 10 – 50 เปอร์เซ็นต์ ตามที่กล่าวมาแล้ว แต่ระดับที่เหมาะสม และให้ผลดี คือการใช้น้ำนึ่งปลาผสมในอาหารที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ และหากใช้น้ำนึ่งปลาผสมในอาหารมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้การเจริญเติบโตของปลาลดลง แสดงให้เห็นว่า สามารถที่จะใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลแดงทะเลได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งจะเป็นระดับที่ ปลาสามารถนำไปใช้ ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด แต่เมื่อเพิ่มมากขึ้นก็จะส่งผลในทางลบ เป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดลองของ เจษฎา และสุภาวดี (2553) โดยใช้น้ำนึ่งปลาจากการผลิตของโรงงานปลาทูน่ากระป๋องเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาสวายเนื้อขาว พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นที่ระดับ 20 % มีการเจริญเติบโตของปลาสูงที่สุด และเมื่อเพิ่มระดับของการทดแทนสูงกว่า 20 % จะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ สุทิน และ วิชิต (2547) ใช้ตะกอนน้ำนึ่งปลาเป็นวัตถุดิบในอาหารทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสม 5 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15 และ 20% พบว่า ปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งมีตะกอนน้ำนึ่งปลา 10% มีการเจริญเติบโตสูงสุดไม่ต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม 0% และเมื่อเพิ่มปริมาณตะกอนน้ำนึ่งปลาในอาหารเพิ่มขึ้นเป็น 15-20 % จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง แสดงว่าสูตรอาหารที่มีตะกอนน้ำนึ่งปลาในระดับที่ใช้ทดลองนี้มีความสมดุลของสารอาหาร แต่ต้องผสมในอาหารไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

อาหารปลานิลแดงทะเลผสมน้ำนึ่งปลาที่ระดับ 30 % จากผลการทดลองครั้งนี้ เป็นระดับที่ดีและเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลแดงทะเลเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ ในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมน้ำนึ่งปลาในสูตรอาหารด้วยกัน แสดงให้เห็นว่าอาหารสูตรดังกล่าวมีความสมดุลของสัดส่วนของโภชนะในอาหารที่เหมาะสม เช่นระดับโปรตีน ไขมัน และพลังงาน ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต และใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ NRC (1993) กล่าวว่าอาหารปลาที่ดีต้องมีสัดส่วนของระดับโปรตีนต่อพลังงานที่เหมาะสม และหากอาหารไม่มีความสมดุลของสัดส่วนของโภชนะ เช่นอาหารที่มีพลังงานน้อยเกินไปทำให้ร่างกายจำเป็นต้องเผาผลาญโปรตีนเพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีวิต และอาจไม่เหลือโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต ในทางตรงกันข้ามหากอาหารปลาที่ให้พลังงานมากเกินไป อาจส่งผลให้ปลากินอาหารได้น้อยลง การเจริญเติบโตจึงลดลงด้วย

ส่วนอัตราการรอดตายของปลานิลแดงทะเล จากทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่า ระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการรอดตาย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับพลังงานที่ปลาได้รับในแต่ละสูตรอาหารมีค่าใกล้เคียงกัน และ

เหมาะสม สอดคล้องกับการทดลอง ของ Wattanakul *et al*. (2019) ในปลานิล และในปลาช่อน Wattanakul *et al*. (2017) ซึ่งรายงานว่าการใช้น้ำนึ่งปลาผสมในอาหาร เพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นระดับต่าง ๆ ไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการรอดตายของปลา ทดลอง แสดงว่า ระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารจากการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการรอดตาย

จากการคำนวณราคาค่าอาหารเฉพาะต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ ที่นำมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารทั้ง 7 สูตร พบว่า สูตรอาหารที่มีส่วนประกอบของน้ำนึ่งปลาเพิ่มขึ้นจะทำให้อาหารมีราคาต่ำลง และจากการคำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิต พบว่า ต้นทุนค่าอาหารมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ โดยพบว่าสามารถใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ที่ระดับ 30% ในสูตรอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับปลานิลแดงทะเลในกลุ่มที่ใช้ผสมในอาหารด้วยกัน และสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ต่ำกว่าปลานิลแดงทะเลในชุดการทดลองที่ใช้อาหารสำเร็จรูปจากตลาด (ชุดการทดลองที่ 7) โดยทำให้ราคาอาหารต่อกิโลกรัมลดลง 16.58 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็น 24.64 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 7 ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยง ปลานิลแดง กล่าวได้ว่า ราคาอาหารสูตรดังกล่าวนี้ก็ยังมีราคาต่ำกว่าอาหารสำเร็จรูปที่มีขายตามท้องตลาดทั่ว ๆ ไป ทำให้มีผลกำไรมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองใช้น้ำนึ่งปลาในอาหารเลี้ยง กุ้งก้ามกรามของ วัฒนา และคณะ (2557) รายงานว่า ต้นทุนค่าอาหารมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ โดยพบว่า สามารถใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ที่ระดับ 40 % ในสูตรอาหาร ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิต โดยทำให้ราคาอาหารต่อกิโลกรัมลดลง 13.69 บาท คิดเป็น 38.03 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

สำหรับลักษณะของเนื้อเยื่อตับของ ปลานิลแดงทะเลที่ได้รับอาหาร ทดลองที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ และชุดการทดลองที่ 7 ที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า เซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ มีโครงสร้างปกติ และมีการสะสมอาหารปกติ แสดงให้เห็นว่าระดับต่าง ๆ ของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารจากการทดลองในครั้งนี้ (0 – 50 เปอร์เซ็นต์) ไม่ส่งผลให้เกิดความผิดปกติในพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อตับของ ปลานิลแดงทะเล แสดงว่า อาหารที่มีการผสมน้ำนึ่งปลา และอาหารเม็ดสำเร็จรูปมีความสมดุลของสัดส่วนของโภชนะในอาหารที่เหมาะสม ทำให้ปลาสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดี มีการเจริญเติบโตดี และสามารถเก็บสะสมไขมันในเซลล์ตับได้ดี สอดคล้องกับข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโตข้างต้น และสอดคล้องกับรายงานของ NRC (1993) กล่าวว่า อาหารที่มีความสมดุลของสัดส่วนของโภชนะในอาหารที่เหมาะสม เช่นระดับโปรตีน ไขมัน และพลังงาน ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต และใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีขึ้น เป็นไปในทำนองเดียวกันกับการทดลองในกุ้งก้ามกรามของ วัฒนา และคณะ (2557) ที่ได้ทำการทดลองใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60

เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ไม่พบความผิดปกติของ เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามจากทุก ๆ ชุดของการทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเลือด ของปลานิล แดงทะเล ได้แก่ ค่าฮีมาโตคริต ฮีโมโกลบิน พลาสมาโปรตีน ปริมาณเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาวของปลานิลแดงทะเลที่ทดลองเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ปลานิลแดงทะเลที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทั้ง 7 ชุดการทดลอง มีค่าองค์ประกอบของเลือด ได้แก่ ค่าฮีมาโตคริต ฮีโมโกลบิน ปริมาณ พลาสมาโปรตีน จำนวน เม็ดเลือดแดง และ เม็ดเลือดขาว ไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) ดังนั้น การใช้น้ำนึ่งปลาเป็นวัตถุดิบ ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารทุกระดับ (0 – 50 เปอร์เซ็นต์) และอาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยงปลานิลแดง ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเลือดในตัวปลา และเมื่อพิจารณาค่าองค์ประกอบเลือดของปลาที่ทดลอง พบว่า ค่าที่ได้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปลาปกติ (Wedemeyer and Yasutake, 1977) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองในปลานิลของ นิรุทธิ์ (2544) พบว่า พลาสมาโปรตีน มีค่าเฉลี่ย 9.86$\pm$0.88 กรัมเปอร์เซ็นต์ และมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ กิจการ และวัชรินทร์ (2530); Fagbenro (1994) และ Boonyaratpalin and Phromkhunthong (2000) แสดงว่าสูตรอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ใช้ในการทดลองนี้มีความสมดุลของสารอาหาร ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเลือด รวมทั้งการใช้วิตามินและแร่ธาตุที่เหมาะสม ทำให้ได้สูตรอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน เมื่อนำมาทดลองเลี้ยงปลาทำให้ปลาสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ส่งผลให้กลไกการทำงานของระบบเลือดเป็นปกติ

สำหรับผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนาการของเนื้อปลา นิลแดงทะเล เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ความชื้นและเถ้าของปลาไม่มีความแตกต่างกันในทุก ชุดการทดลองที่ใช้น้ำนึ่งปลา รวมถึงสูตรเปรียบเทียบ (อาหารสำเร็จรูป) ทั้งนี้ปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของซาก หรือสามารถบ่งชี้ถึงการปลอมปนวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ ดังนั้นเมื่อปริมาณเถ้าในเนื้อปลานิลไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่า สูตรอาหารที่ผลิตมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เลี้ยงปลาได้เช่นเดียวกับอาหารสำเร็จรู ปในท้องตลาด โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อปลานิลแดง และเมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีน ในเนื้อปลานิลแดงทะเล กล่าวได้ว่าระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลานิลแดงทะเลลดลง ส่วนปริมาณ ไขมัน มีแนวโน้มเพิ่ มขึ้นตามระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาในสูตรอาหารที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการใช้น้ำนึ่งปลามีปริมาณไขมันสูง (14 เปอร์เซ็นต์) สอดคล้องกับการทดลองใช้หัวกุ้งป่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศของ Chimsung *et. al*. (2006) พบว่า ปริมาณโปรตีนลดลง ในขณะที่ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้หัวกุ้งป่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารที่เพิ่มสูงขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. การใช้น้ำนึ่งปลาเป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงปลานิลแดงทะเล สามารถใช้ในการทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับผลิตอาหารเลี้ยงปลานิลแดงทะเล ให้มีการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลแดงทะเล ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 27.84$\pm$2.46 กรัม ดีที่สุด

2. การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารที่ระดับมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ปลานิลแดงทะเลมีปริมาณโปรตีนลดลง ในขณะที่ปริมาณไขมันในเนื้อปลาสูงกว่าการผสมน้ำนึ่งปลาระดับอื่น ๆ แต่ไม่ส่งผลให้เกิดความผิดปกติในการดำรงชีวิต องค์ประกอบเลือดของปลา และอัตรารอดตายของปลานิลแดงทะเล

3. การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหารปลานิลแดงทะเล ที่ระดับ 20-30 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ สามารถลดการใช้ปลาป่นในการผลิตอาหารปลา และส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัมในการผลิตปลานิลแดงทะเลลดลง 16.58 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็น 24.64 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาหาวิธีการเก็บรักษาน้ำนึ่งปลาเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเชื้อรา และการหืน ทำให้สามารถเก็บน้ำนึ่งปลาไว้ใช้ได้นานขึ้น เช่น การใส่สารป้องกันเชื้อรา และสารกันหืน BHA

2. ควรมีการศึกษากรดอะมิโน และกรดไขมันที่เกิดขึ้นในเนื้อปลาภายหลังจากปลาได้รับอาหารทดลอง เพื่อจะได้ทราบว่า น้ำนึ่งปลาส่งผลให้กรดอะมิโน และกรดไขมันในตังปลาเพิ่มขึ้นหรือไม่

3. แม้ว่าการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะให้ผลการทดลองที่น่าพอใจคือ สามารถใช้น้ำนึ่งปลาได้สูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ แต่เพื่อให้สามารถใช้น้ำนึ่งปลาเป็นส่วนผสมในอาหารปลานิลแดงเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนค่าอาหารลดลงได้อีก ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการแปรรูปน้ำนึ่งปลา เป็นผลิตภัณฑ์ของโปรตีนหลายประเภท เช่น โปรตีนเข้มข้น โปรตีนสกัด และโปรตีนไฮโดรไลเสท อาจจะส่งผลให้ปลามีการใช้ประโยชน์จากโปรตีนดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้น

4. ควรนำอาหารที่ผลิตขึ้นให้เกษตรกรทดลองใช้เลี้ยงปลานิลแดงด้วยตนเอง เพื่อจะได้ทราบถึงประสิทธิผลของอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลาในพื้นที่เลี้ยงจริง

5. เมื่อพิจารณาความคุ้มทุนจากต้นทุนผลผลิตต่อกิโลกรัมของปลาจากการทดลอง กับราคาจำหน่ายปลาในท้องตลาด ซึ่งมีราคาปลานิลแดงอยู่ที่ 55–60 บาทต่อกิโลกรัม พบว่า ผลของการเลี้ยงปลานิลแดงทะเลด้วยอาหารทดลองครั้งนี้ยังไม่คุ้มทุน เนื่องจากยังลดต้นทุนจากอาหารได้น้อย แต่การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ก็ยังสามารถลดต้นทุน

ค่าอาหารลง 24.64 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาด ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาหาวัตถุดิบเศษเหลือที่มีในท้องถิ่น และสามารถใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ แต่มีร าคาถูกกว่า มาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารปลาร่วมกับน้ำนึ่งปลา เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงปลานิลแดงทะเลได้มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง และกองส่งเสริมการประมง. 2550. “การเลี้ยงกุ้งก้ามกราม” โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากผนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 16 น.

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

จิตรวดี ไตรเรกพันธุ์. 2540. การผลิตโปรตีนปลาสกัดจากหัวและเครื่องในปลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

ทัศนีย์ คชสีห์. 2546. การใช้ดักแด้ไหมบ้านเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลาดุกลูกผสม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล และ แจ่มจันทร์ เพชรศิริ. 2554. การใช้อาหารผสมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเลี้ยงปลาน้ำจืดในร่องสวนเพื่อลดต้นทุนการผลิตของชุมชนบ้านตะโหมดพัทลุง. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2554. วันที่ 25-28 พฤษภาคม 2554. โรงแรมเจ.บี. อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา.

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

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

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

สุทิน สมบูรณ์ และ วิชิต เสมาชัย. 2547. การใช้ตะกอนน้ำนึ่งปลาเป็นสารแต่งกลิ่นในอาหารปลาดุกลูกผสม. หน้า 93-100. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 : สาขาประมง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ.

AOAC. 2000. "Official Methods of Analysis of AOAC international" Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Almquist, H. J. 1972. Protein and amino acids in animal nutrition. 5th ed S.B. Penick. New York.

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

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

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

Chimsung N., Chealoh N., Pimolral P. and Tantikitti C. 2006. Effects of shrimp head meal in the diets on growth, feed efficiency and pigmentation of sex-reversed red tilapia, *Oreochromis niloticus x O. mossambicus*. Songklanakarin J. Sci. Technol. 28 (5) : 951-964. (Thai).

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.

Lim, C. and W. G. Dominy. 1989. Utilization of plant proteins by warmwater fish. Paper Persented at the AOCS World Congress on Vegetable Protein Utilazation in Human Food and Animal Feed-stuff, 2-7 October 1988, Singapoer. ASA Technical Bulletin, Vol. 3AQ15 89-4. 13p.

Mangalik, A. 1986. Dietary energy requirements for channel catfish. Ph.D. Dissertation, Auburn University, Auburn, AL.

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

NRC. 1993. Nutrient requirements of fishes. National Academy Press, Washington, D.C.

Pandian, T. J. 1987. Fish energetics, pp. 357-465. *In* T.J. Pandian and F. J. Vernbeg (eds.). Animal energetics, Vol. 2, Academic Press, New York.

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

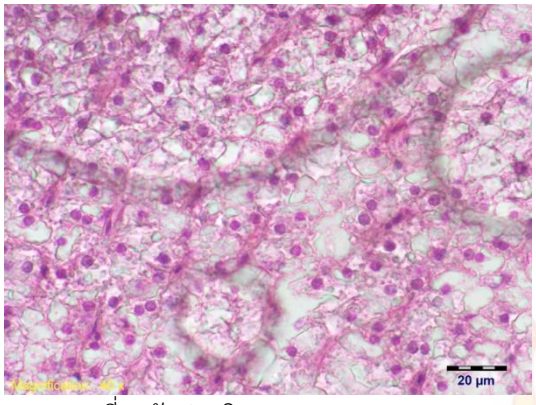
Stickney, R. R. 1979. Principles of warmwater aquaculture. New York: John Wiley and Sons.

Wattanakul W., Wattanakul U, Thongprajukaew K. and Muen C. 2017. Fish condensate as Effective replacer of fish meal protein in diet for striped snakehead, *Channa striata* (Bloch)**.** J. Fish Physiol Biochem. 2017, 217-228.

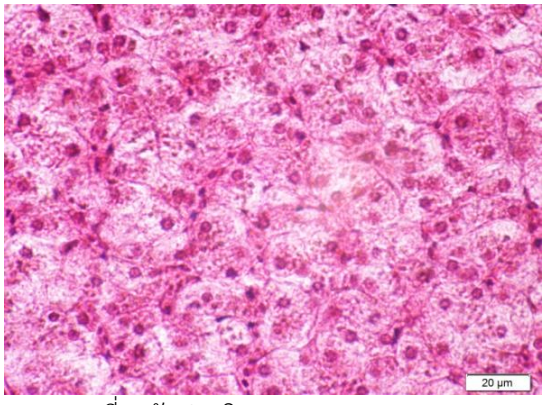
Wattanakul U., Wattanakul W, Thongprajukaew K. 2019. Optimal replacement of fosh meal protein by stick water in diet of sex-reversed Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). J. Animals. 2019, 9, 521; doi:10.3390/ani9080521.

Wedemeyer, G. A. and W.T. Yasutake. 1977. Clinical methods for the assessment of the effects of environmental stress on fish health. U. S. Fish Wildl. Serv. Tech. Pap. 89 : 1-18.

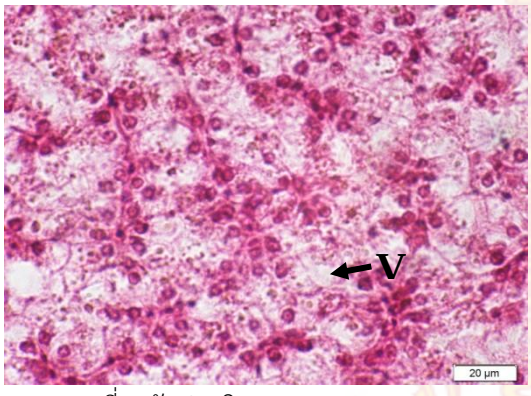
ภาคผนวก



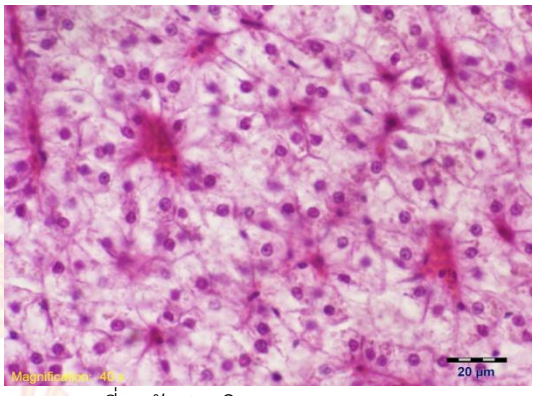
ภาพผนวกที่ 1 ตับปลานิลแดงทะเลจากสูตร 1 (0%)



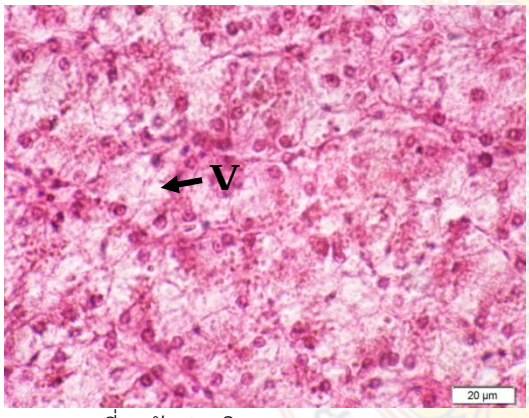
ภาพผนวกที่ 2 ตับปลานิลแดงทะเลจากสูตร 2 (10%)



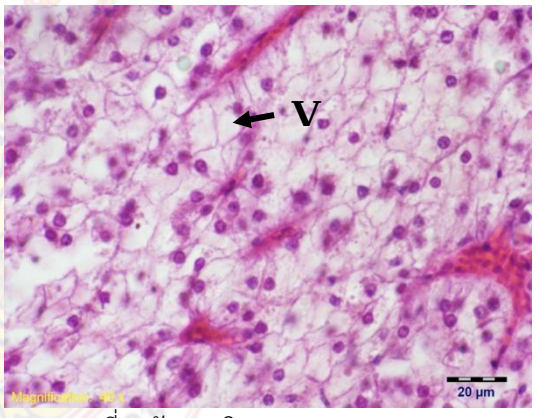
ภาพผนวกที่ 3 ตับปลานิลแดงทะเลจากสูตร 3 (20%)



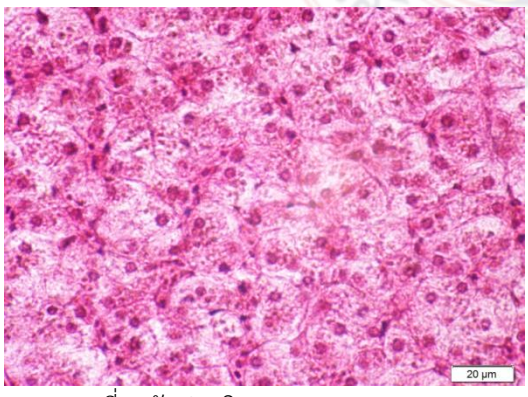
ภาพผนวกที่ 4 ตับปลานิลแดงทะเลจากสูตร 4 (30%)



ภาพผนวกที่ 5 ตับปลานิลแดงทะเลจากสูตร 5 (40%)



ภาพผนวกที่ 6 ตับปลานิลแดงทะเลจากสูตร 6 (50%)



ภาพผนวกที่ 7 ตับปลานิลแดงทะเลจากอาหารสูตร 7