

การประยุกต์ใช้เศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในสูตรอาหารต่อ
การเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลากะพงขาว
(*Lates calcarifer* Bloch, 1790) ที่เลี้ยงในน้ำจืด

Application of Marine Fish Processing Waste in Formulated Diet on
Growth Performance and Fillet Chemical Composition of Asian
Seabass (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) Reared in Fresh Water

แจ่มจันทร์ เพชรศิริ^{1*} และทวีเดช ไชยนาพงษ์¹
Jamjun Pechsiri^{1*} and Thaweedet Chainapong¹

บทคัดย่อ

เศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอด องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา และต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัวของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) ที่เลี้ยงในน้ำจืด โดยออกแบบการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 3 ชุดการทดลอง คือ อาหารอัดเม็ดที่มีส่วนผสมเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่นและกรดอะมิโนจากปลาทะเล (อาหารทดลองสูตรที่ 1: T1) อาหารอัดเม็ดที่มีส่วนผสมเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่น (อาหารทดลองสูตรที่ 2: T2) และอาหารเม็ดสำเร็จรูปเชิงการค้าสำหรับปลาทะเล (อาหารทดลองสูตรที่ 3: T3) ทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวขนาด 27-29 กรัม ในบ่อซีเมนต์น้ำจืด เป็นระยะเวลา 4 เดือน ผลการศึกษาพบว่า ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหาร T2 มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 385.70 ± 12.00 กรัม น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ $1,282.69 \pm 46.69$ เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 2.98 ± 0.09 กรัมต่อตัวต่อวัน อีกทั้งปลากะพงขาวที่ได้รับอาหาร T2 มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัวต่ำที่สุดเพียง 41.09 ± 3.98 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) มีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลากะพงขาวสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 85.47 ± 1.57 เปอร์เซ็นต์ แต่ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) มีอัตราการรอดเพียง 83.30 ± 3.30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหาร T3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่นสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในการผลิตอาหารปลาอัดเม็ดที่มีโปรตีนสูงสำหรับเลี้ยงปลากะพงขาวในน้ำจืดได้

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

* Corresponding author e-mail: jamjun2508@yahoo.com

DOI: <https://doi.org/10.65217/wichchainstru.2024.v43i1.257891>

Received: 10 February 2023, Revised: 1 May 2023, Accepted: 7 June 2023

คำสำคัญ: เศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเล สูตรอาหารปลา ปลากระพงขาว การเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมี

Abstract

Marine fish processing waste contains high amount of nutritional values. The present study aimed to investigate the efficiency of marine fish processing waste in the formulated diets on growth performance, survival rate, fillet chemical compositions and feed cost of Asian seabass (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) reared in fresh water. A completely randomized design was formulated comprising three experimental diets which included a diet containing dried form of marine fish processing waste and marine fish amino acids (T1), a diet containing dried form of marine fish processing waste (T2), and a commercial diet for marine fish (T3). The fingerling fish with initial body weight of 27-29 gram (g) were reared in fresh water cement tanks for four months. The results showed that the highest growth performances were found in T2 fish. The mean final weights, weight gain, and average daily gain of T2 fish were 385.7 ± 12.0 g, $1,282.69 \pm 46.69\%$, and 2.98 ± 0.09 g per fish per day, respectively. Also, the lowest feed cost per gain (41.09 ± 3.98 baht per kilogram (kg)) was found in T2 fish. Whereas, T1 fish was found with the highest protein ($85.47 \pm 1.57\%$) in the fillet but having the lower survival rate ($83.30 \pm 3.30\%$) than T3 fish ($93.30 \pm 3.30\%$). This study demonstrated that the dried form of marine fish processing waste can be used as a protein source in high protein diet for Asian seabass reared in fresh water.

Keywords: Marine fish processing waste, Fish formulated diet, *Lates calcarifer* (Bloch, 1790), Growth performance, Chemical composition

บทนำ

ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำทุกขั้นตอนจะมีวัสดุเศษเหลือเกิดขึ้นทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว ได้แก่ ส่วนหัว ก้าง เกล็ด เครื่องใน และน้ำเลือด มากถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบทั้งหมด (Siddik *et al.*, 2021) เศษเหลือดังกล่าวอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น โปรตีน กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน และวิตามิน ฯลฯ (Caruso *et al.*, 2020) ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง เช่น ผลิตเป็นโปรตีนเข้มข้น โปรตีนไฮโดรไลเสต (fish protein hydrolysates) และกรดอะมิโน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นสารกระตุ้นทางชีวภาพให้แก่พืช (plant biostimulants) (Madende and Hayes, 2020) และใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนการใช้ปลาป่นในอาหารของสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เช่น ปลากระรังจุดฟ้าเล็ก (*Plectropomus leopardus*) (Giri *et al.*, 2021) และกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) (De *et al.*, 2020) และใช้เป็นแหล่งโปรตีน

และไขมันในสูตรอาหารปลาตุ๊กผสม (แจ่มจันทร์ และคณะ, 2564) แต่จากการนำเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลมาแปรรูปเป็นกรดอะมิโน พบว่าประสบปัญหาเรื่องความเค็มที่เกิดจากการใช้เกลือในการเก็บรักษาปลาก่อนนำมาแปรรูป จึงทำให้กรดอะมิโนที่ผลิตจากเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลอาจจะไม่เหมาะสมกับพืชบางชนิด ดังนั้นการหาแนวทางนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปใช้ให้เหมาะสมตรงกับความต้องการจึงเป็นวิธีการที่จะก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้มากยิ่งขึ้น

จากคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์กรดอะมิโนปลาทะเลที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนมากถึง 17 ชนิด และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทั้ง 10 ชนิด แต่มีความเค็ม น่าจะเหมาะกับการนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลากะพงขาวที่เลี้ยงในน้ำจืด เนื่องจากปลากะพงขาวเป็นปลากินเนื้อต้องการอาหารที่มีโปรตีนสูงประมาณ 40-45 เปอร์เซ็นต์ (Boonyaratpalin, 1997) อีกทั้งสามารถเลี้ยงได้ทั้งในน้ำเค็ม น้ำกร่อย และน้ำจืด (Harpaz *et al.*, 2005) จึงทำให้ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ไปเลี้ยงปลากะพงขาวในน้ำจืดทั้งในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (สุพันธุ์ และคณะ, 2564) แต่อย่างไรก็ตามปลากะพงขาวที่เลี้ยงในน้ำจืดจะปรับตัวโดยขับเกลือแร่ เช่น โซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ออกจากร่างกาย ปลาต้องชดเชยเกลือแร่ต่าง ๆ เหล่านี้จากน้ำหรือจากอาหารเพื่อรักษาสมดุลของเกลือแร่ในร่างกาย ดังนั้นการเติมเกลือแร่ในอาหารปลากะพงขาวที่เลี้ยงในน้ำจืดนอกจากช่วยลดพลังงานในการรักษาสมดุลของร่างกายแล้วยังทำให้พลังงานเหล่านั้นถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้ปลาเจริญเติบโตได้มากขึ้น ดังรายงานผลการวิจัยของ Harpaz *et al.* (2005) ที่พบว่า การเติมเกลือที่ระดับ 1 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสำหรับเลี้ยงปลากะพงขาวในน้ำจืดทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนค่าอาหาร

งานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้เศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลทั้งในรูปแบบป่นและผลิตภัณฑ์กรดอะมิโนปลาทะเล เป็นแหล่งโปรตีนหลักในการผลิตอาหารปลาอัดเม็ดที่มีโปรตีนสูงสำหรับปลากะพงขาวที่เลี้ยงในน้ำจืด ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน ผลที่ได้จากการดำเนินงานวิจัยนี้นอกจากจะสร้างมูลค่าเพิ่มจากเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลแล้ว ยังสร้างความยั่งยืนให้แก่สังคมและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเล

การวิจัยนี้ใช้เศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลใน 2 รูปแบบ คือ กรดอะมิโนปลาทะเล ประกอบด้วย กรดอะมิโนทั้งหมด 17 ชนิด แบ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ชนิด คือ เมไทโอนีน (Methionine: Met) อาร์จินีน (Arginine: Arg) ทรีโอนีน (Threonine: Thr) ฮิสทีดีน (Histidine: His) ไอโซลิวซีน (Isoleucine: Ile) ลิวซีน (Leucine: Leu) ไลซีน (Lysine: Lys) วาลีน (Valine: Val) และฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine: Phe) และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น 8 ชนิด คือ แอสพาทิก แอซิด (Aspartic acid: Asp) ซีรีน (Serine: Ser) กลูตามิก แอซิด (Glutamic acid: Glu) โพลีน (Proline: Pro) ไกลซีน (Glycine: Gly) อะลานีน (Alanine: Ala) ซีสเทอีน (Cysteine: Cys) และไทโรซีน (Tyrosine: Tyr) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลแล้วเนื้อของบริษัทเซาท์เทอร์น ซีฟูด โปรดักส์ จำกัด อำเภอลาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และในรูปแบบป่นโดยรวบรวมเศษเหลือทั้งจากการแปรรูปปลาทะเลแล้วเนื้อ ซึ่งประกอบด้วยส่วนหัวและส่วนก้างของปลาหลังเขียว ปลาทูลาย ปลาตาโต

และปลาข้างเหลือง จากบริษัทเซาท์เทอร์น ซีฟูด โปรดักส์ จำกัด นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำมาบดให้ละเอียด

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำหัวปลาและก้างปลาที่อบแห้งและบดละเอียดไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธีของ AOAC (2000) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยอบตัวอย่างในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง วิเคราะห์โปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method ด้วยเครื่องย่อย Gerhardt รุ่น KB8S และเครื่องกลั่น Gerhardt รุ่น Vapodest 300, Germany วิเคราะห์ไขมันโดยวิธี ether extract ด้วยเครื่อง Gerhardt รุ่น EV6 A11, Germany และวิเคราะห์เถ้าโดยวิธี muffle furnace combustion โดยนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง จะได้เถ้าสีขาว จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของส่วนหัวและก้างปลาซึ่งเป็นเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลแล่นเนื้อ พบว่าประกอบด้วยความชื้น 8.2 ± 0.7 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 60.9 ± 0.4 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 8.9 ± 0.6 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 25.0 ± 1.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง

3. การผลิตอาหารปลาอัดเม็ดโปรตีนสูงจากเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเล

สร้างสูตรอาหารโดยนำข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเล มาคำนวณปริมาณการใช้เป็นส่วนผสมร่วมกับวัสดุอื่น ๆ ในสูตรอาหาร โดยกำหนดให้อาหารปลาอัดเม็ดที่ผลิตมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 43 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่น้อยกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นไม่เกิน 7 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 2 สูตร ซึ่งส่วนผสมที่คำนวณได้ในแต่ละสูตร ดังตารางที่ 1 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม หลังจากนั้นนำเข้าเครื่องอัดเม็ดผ่านหน้าแวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร นำอาหารเม็ดที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้อาหารปลาอัดเม็ดชนิดจมน้ำ นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีการมาตรฐานของ AOAC (2000) ได้ผลดังตารางที่ 2 และนำอาหารปลาที่ผลิตได้เก็บใส่ถุงและแช่ในตู้เย็นสำหรับนำไปใช้เป็นอาหารปลาทดลองต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง

ส่วนประกอบ	ปริมาณอาหารทดลอง (เปอร์เซ็นต์)	
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
หัวและก้างปลาทะเลปน	40	63
กรดอะมิโนปลาทะเล	20	0
กากถั่วเหลือง	16.5	13.5
รำละเอียด	10	10
แป้งสาลี	5	5
น้ำมันปลาหมึก	5	5
แร่ธาตุรวม*	2	2
วิตามินรวม**	1	1
วิตามินซี	0.5	0.5
รวม	100	100

หมายเหตุ: - * แร่ธาตุรวม (ส่วนประกอบใน 1 กิโลกรัม) ประกอบด้วย แคลเซียม 100,000 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 80,000 มิลลิกรัม ทองแดง 2,500 มิลลิกรัม เหล็ก 1,200 มิลลิกรัม แมงกานีส 1,200 มิลลิกรัม สังกะสี 1,540 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 260 มิลลิกรัม ไอโอดีน 740 มิลลิกรัม แมงกานีส 2,160 มิลลิกรัม ซิลิเนียม 10 มิลลิกรัม และโคบอลต์ 240 มิลลิกรัม

- ** วิตามินรวม (ส่วนประกอบใน 1 กิโลกรัม) ประกอบด้วย วิตามินเอ 500,000 หน่วยสากล วิตามินดี 3 100,000 หน่วยสากล วิตามินอี 10,000 หน่วยสากล วิตามินเค 3 8,000 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 300 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 1,500 มิลลิกรัม วิตามินบี 6 700 มิลลิกรัม วิตามินบี 12 20 มิลลิกรัม กรดแพนโททินิก 3,000 มิลลิกรัม ไนอะซิน 2,500 มิลลิกรัม ไบโอดิน 300 มิลลิกรัม กรดโฟลิก 30 มิลลิกรัม วิตามิน ซี 80 กรัม อินซิทอล 25 กรัม เหล็ก 20 กรัม สังกะสี 35 กรัม ทองแดง 2.5 กรัม ซิลิเนียม 40 มิลลิกรัม สารอนุมูลอาหารสัตว์ 10 กรัม สลือ: เต็มจนครบ 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ดัชนี (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)	อาหารทดลอง		
	สูตรที่ 1 (T1)	สูตรที่ 2 (T2)	สูตรที่ 3 (T3)
ความชื้น	6.8±1.0	6.6±1.1	6.8±1.1
โปรตีน	43.2±0.5	43.1±0.1	43.3±0.3
ไขมัน	15.0±0.3	16.2±0.5	12.7±0.2
เถ้า	14.8±0.5	15.6±0.7	11.8±0.3

หมายเหตุ: - อาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) = อาหารอัดเม็ดที่มีส่วนผสมพิเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่นและ กรดอะมิโนจากปลาทะเล

- อาหารทดลองสูตรที่ 2 (T2) = อาหารอัดเม็ดที่มีส่วนผสมพิเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่น

- อาหารทดลองสูตรที่ 3 (T3) = อาหารเม็ดสำเร็จรูปเชิงการค้าสำหรับปลาทะเล

4. การเตรียมปลากะพงขาวที่ทดลอง

ซื้อลูกพันธุ์ปลากะพงขาว ขนาดประมาณ 27-29 กรัม จำนวน 300 ตัว จากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสงขลา จังหวัดสงขลา นำมาปรับสภาพการทดลองเลี้ยงในน้ำจืด ในบ่อซีเมนต์ ขนาด 2x3.5 เมตร ในโรงเพาะฟัก อาคารปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง เป็นระยะเวลา 14 วัน หลังจากนั้นนำปลากะพงขาวที่ปรับสภาพแล้ว ปล่อยลงในบ่อซีเมนต์ ขนาด 2x3.5 เมตร บ่อละ 30 ตัว จำนวน 9 บ่อ

5. การดำเนินการทดลองและการเก็บข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) ประกอบด้วย 3 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ

อาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) = อาหารอัดเม็ดที่มีส่วนผสมเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่นและกรดอะมิโนจากปลาทะเล

อาหารทดลองสูตรที่ 2 (T2) = อาหารอัดเม็ดที่มีส่วนผสมเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่น

อาหารทดลองสูตรที่ 3 (T3) = อาหารเม็ดสำเร็จรูปเชิงการค้าสำหรับปลาทะเล

ให้อาหารทดลองตามที่กำหนดแบบให้กินจนอิ่มภายในระยะเวลา 20 นาที วันละ 2 ครั้ง เวลา 8.30 น. และ 16.30 น. จัดบันทึกอาหารที่ให้ เปลี่ยนถ่ายน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เก็บข้อมูลโดยชั่งน้ำหนักปลากะพงขาวเดือนละ 1 ครั้ง ทดลองเป็นระยะเวลา 4 เดือน และเมื่อสิ้นสุดการทดลองชั่งน้ำหนักรวมของปลากะพงขาวแต่ละบ่อ นับจำนวนปลากะพงขาวที่เหลือรอด และน้ำหนักอาหารรวมทั้งหมดที่ปลากะพงขาวกินในแต่ละบ่อ เพื่อนำมาคำนวณอัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอด และต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัว โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว (average weight) (กรัมต่อตัว)} \\ &= \frac{\text{น้ำหนักรวม}}{\text{จำนวนปลากะพงขาวทดลอง}} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain) (เปอร์เซ็นต์)} \\ &= \frac{\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{น้ำหนักเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \text{อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (average daily gain) (กรัมต่อตัวต่อวัน)} \\ &= \frac{\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณอาหารที่กิน (feed intake) (กรัมต่อตัว)} \\ &= \frac{\text{น้ำหนักอาหารกินรวม (กรัม)}}{\text{จำนวนปลากะพงขาว (ตัว)}} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio)} \\ &= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ปลากะพงขาวกิน}}{\text{น้ำหนักปลากะพงขาวที่เพิ่มขึ้น}} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} & \text{อัตราการรอด (survival rate) (เปอร์เซ็นต์)} \\ &= \frac{\text{จำนวนปลากะพงขาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลากะพงขาวเริ่มต้น}} \times 100 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} & \text{ต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัว (feed cost per gain) (บาทต่อกิโลกรัม)} \\ &= \text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} \times \text{ต้นทุนวัตถุดิบ} \end{aligned} \quad (7)$$

วิเคราะห์คุณภาพของเนื้อปลากระพงขาวโดยนำปลากระพงขาวจากแต่ละบ่อ ๆ ละ 5 ตัว แต่ละชุดการทดลองนำมารวมกันเท่ากับ 15 ตัว สลบลบโดยใช้น้ำแข็ง แลเฉพาะเนื้อปลา นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีการมาตรฐานของ AOAC (2000)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา ในแต่ละชุดการทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ one-way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows

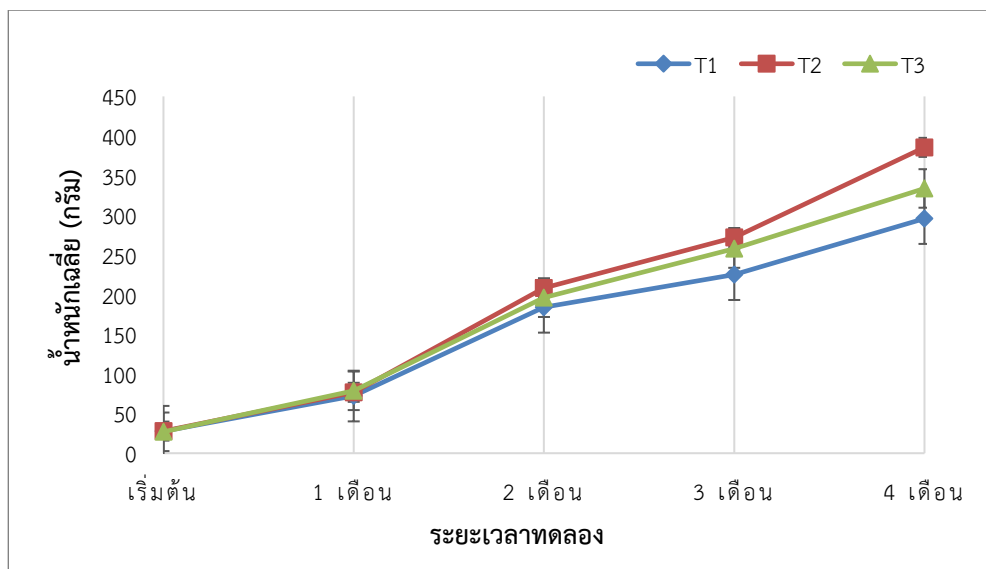
ผลการวิจัย

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลากระพงขาว พบว่าปลากระพงขาวที่ทดลองมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลอง โดยในเดือนที่ 1 ปลากระพงขาวทั้ง 3 ชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) มีน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 72.10 ± 5.90 - 78.70 ± 2.80 กรัม อย่างไรก็ตามในเดือนที่ 2 3 และ 4 ปลากระพงขาวที่ทดลองที่ได้รับอาหารต่างกันมีน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 1) โดยเดือนที่ 2 และ 3 ปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารสูตร T2 มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรอาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 4 พบว่าปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารสูตร T2 มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายมากที่สุดและมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) และ 3 มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (ตารางที่ 3)

เมื่อพิจารณาปริมาณอาหารที่กินพบว่าปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารต่างกันมีปริมาณอาหารที่กินต่อตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารสูตร T2 มีปริมาณอาหารที่กินมากที่สุด ส่วนปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) และ 3 มีปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรต่างกันมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าระหว่าง 1.32 ± 0.01 - 1.48 ± 0.14 กรัม (ตารางที่ 3)

นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่าปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารสูตร T2 และ T3 มีอัตราการรอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าระหว่าง 88.90 ± 1.90 - 93.30 ± 3.30 เปอร์เซ็นต์ แต่ปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) มีอัตราการรอดเท่ากับ 83.30 ± 3.30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 3 (T3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการคำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม พบว่าอาหารสูตร T3 มีต้นทุนค่าอาหารสูงที่สุด รองลงมา คือ อาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) ส่วนอาหารทดลองสูตรที่ 2 (T2) มีต้นทุนค่าอาหารน้อยที่สุด (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวที่เลี้ยงในน้ำจืดด้วยอาหารสูตรต่างกันเป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยที่อาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) = อาหารอัดเม็ดที่มีส่วนผสมเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่นและ กรดอะมิโนจากปลาทะเล อาหารทดลองสูตรที่ 2 (T2) = อาหารอัดเม็ดที่มีส่วนผสมเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่น และอาหารทดลองสูตรที่ 3 (T3) = อาหารเม็ดสำเร็จรูปเชิงการค้าสำหรับปลาทะเล

ตารางที่ 3 อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอด และต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างกันที่ระยะเวลา 4 เดือน

ดัชนี	สูตรอาหาร		
	สูตรที่ 1 (T1)	สูตรที่ 2 (T2)	สูตรที่ 3 (T3)
1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)	965.22±51.71 ^c	1,282.69±46.69 ^a	1,139.91±93.23 ^b
2. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัมต่อตัวต่อวัน)	2.24±0.25 ^b	2.98±0.09 ^a	2.56±0.20 ^b
3. ปริมาณอาหารที่กิน (กรัมต่อตัว)	382.48±29.24 ^b	527.30±36.81 ^a	404.25±34.57 ^b
4. อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1.43±0.06 ^a	1.48±0.14 ^a	1.32±0.01 ^a
5. อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)	83.30±3.30 ^b	88.90±1.90 ^{ab}	93.30±3.30 ^a
6. ต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม	62.59±2.66 ^c	41.09±3.98 ^b	72.41±0.63 ^a

หมายเหตุ: - ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ

- ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

- อาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) = อาหารอัดเม็ดที่มีส่วนผสมเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่นและ กรดอะมิโนจากปลาทะเล
- อาหารทดลองสูตรที่ 2 (T2) = อาหารอัดเม็ดที่มีส่วนผสมเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่น
- อาหารทดลองสูตรที่ 3 (T3) = อาหารเม็ดสำเร็จรูปเชิงการค้าสำหรับปลาทะเล

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลากะพงขาว (ตารางที่ 4) พบว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 85.47 ± 1.57 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณไขมันเท่ากับ 12.05 ± 0.49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตร T2

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรต่างกัน

ดัชนี (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง)	สูตรอาหาร		
	สูตรที่ 1 (T1)	สูตรที่ 2 (T2)	สูตรที่ 3 (T3)
ความชื้น	77.08 ± 0.64^a	76.59 ± 0.27^a	77.31 ± 0.18^a
โปรตีน	85.47 ± 1.57^a	81.69 ± 0.67^b	82.90 ± 0.41^b
ไขมัน	12.05 ± 0.49^b	13.29 ± 0.20^a	11.82 ± 0.02^b
เถ้า	4.87 ± 0.02^a	4.85 ± 0.20^a	4.90 ± 0.05^a

หมายเหตุ: - ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ

- ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- อาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) = อาหารอัดเม็ดที่มีส่วนผสมเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่นและ กรดอะมิโนจากปลาทะเล
- อาหารทดลองสูตรที่ 2 (T2) = อาหารอัดเม็ดที่มีส่วนผสมเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่น
- อาหารทดลองสูตรที่ 3 (T3) = อาหารเม็ดสำเร็จรูปเชิงการค้าสำหรับปลาทะเล

การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่าปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร T2 ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุดทั้งในด้านน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (385.70 ± 12.00 กรัม) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ($1,282.69 \pm 46.69$ เปอร์เซ็นต์) และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (2.98 ± 0.09 กรัมต่อตัวต่อวัน) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณโปรตีนที่เพียงพอต่อความต้องการของปลากะพงขาวระยะวัยรุ่นที่ต้องการอาหารที่มีระดับโปรตีนระหว่าง 40-45 เปอร์เซ็นต์ (Boonyaratpalin, 1997) อีกทั้งอาหารสูตร T2 มีปริมาณไขมันสูงถึง 16.2 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของ Williams *et al.* (2003) ที่ทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวในน้ำจืดด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและไขมันต่างกัน พบว่าปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีปริมาณโปรตีนเท่ากันแต่มีปริมาณไขมันสูงกว่ามีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่า

เนื่องจากปลาจะใช้แหล่งพลังงานจากไขมันและลดการใช้พลังงานจากโปรตีนช่วยให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตร T2 มีปริมาณอาหารที่กินตลอดการทดลองสูงที่สุดซึ่งอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตร T2 มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด เช่นเดียวกับผลการศึกษาของชุดิมา และคณะ (2550) ที่ใช้เศษเหลือส่วนหัวและเครื่องในจากการแปรรูปปลาทูน่าทั้งในรูปแบบป่นและไฮโดรไลเสตเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารสำหรับปลากะพงขาว พบว่าชนิดของวัตถุดิบที่ใช้แทนที่ปลาป่นมีผลต่อการกินอาหารของปลากะพงขาว ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทูน่าในรูปโปรตีนไฮโดรไลเสตที่ระดับ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินอาหารน้อยกว่าอาหารที่มีส่วนผสมของเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทูน่าในรูปแบบป่น แต่อย่างไรก็ตามปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรต่างกันมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าระหว่าง 1.32 ± 0.01 - 1.48 ± 0.14 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปสูตรของสถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่งชนิดจมน้ำและที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปปลาทะเลชนิดลอยน้ำที่มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.46 ± 0.09 และ 1.30 ± 0.09 ตามลำดับ (พิเชต และคณะ, 2551)

นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าวัตถุดิบในสูตรอาหารมีผลต่ออัตราการรอดและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลากะพงขาวอีกด้วย โดยปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) มีอัตราการรอดน้อยกว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตร T3 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) มีส่วนผสมของกรดอะมิโนปลาทะเลมากเกินไปทำให้มีกลิ่นที่ปลาไม่ยอมรับ ปลา กินอาหารน้อยลงทำให้ผอมและตายในที่สุด แต่อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตร T2 และ T3 มีอัตราการรอดใกล้เคียงกับผลการศึกษาของพิเชต และคณะ (2551) ที่รายงานว่าปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปสูตรของสถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่งชนิดจมน้ำและที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปปลาทะเลชนิดลอยน้ำ มีอัตราการรอดประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) มีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 85.47 ± 1.57 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับรายงานผลการศึกษานอื่น ๆ เช่น พิเชต และคณะ (2551) รายงานว่าเนื้อปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปสูตรของสถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่งชนิดจมน้ำและที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปปลาทะเลชนิดลอยน้ำ มีปริมาณโปรตีน 79.28 ± 0.24 และ 82.20 ± 0.57 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ในขณะที่ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตร T2 มีปริมาณไขมันในเนื้อปลาสูงที่สุด 13.29 ± 0.20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งปริมาณไขมันในเนื้อปลามีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในอาหาร แสดงให้เห็นว่าระดับไขมันในอาหารที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ระดับไขมันในตัวปลาที่มีปริมาณสูงขึ้นด้วย สอดคล้องกับการรายงานของวรเรทย์ และคณะ (2555) ที่พบว่าปลากะรังเสือ (*Epinephelus fuscoguttatus* Forsskal, 1775) ที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนเดียวกันแต่ปริมาณไขมันในอาหารสูงกว่า ส่งผลให้ระดับไขมันในตัวปลาที่มีปริมาณสูงขึ้นด้วย

จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตปลากะพงขาว 1 กิโลกรัม พบว่าอาหารทดลองสูตรที่ 2 (T2) มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด เท่ากับ 41.19 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสำเร็จรูปเชิงการค้าสำหรับปลาทะเล (T3) ที่มีต้นทุนค่าอาหารสูงถึง 72.60 บาทต่อกิโลกรัม

แสดงว่าอาหารสูตร T2 สามารถลดต้นทุนการผลิต ทำให้ราคาอาหารต่อกิโลกรัมลดลง 31.41 บาท คิดเป็น 43.26 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารสูตร T2 ใช้แหล่งโปรตีนหลักจากเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่นเพียงอย่างเดียว ต่างจากอาหารสำเร็จรูปเชิงการค้าสำหรับปลาทะเลที่ใช้แหล่งโปรตีนหลักจากปลาป่นซึ่งมีราคาแพง อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้ยังแสดงให้เห็นว่าอาหารทดลองสูตรที่ 1 (T1) มีต้นทุนค่าอาหารที่ต่ำกว่าการเลี้ยงปลากะพงขาวด้วยสูตรอาหารที่ใช้แหล่งโปรตีนทางเลือกอื่น เช่นสูตรอาหารที่ใช้แหล่งโปรตีนจากปลาป่น 35 เปอร์เซ็นต์ และใช้แหล่งโปรตีนทางเลือก 39 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหาร 62.51 บาทต่อกิโลกรัม สูตรอาหารที่ใช้แหล่งโปรตีนจากปลาป่น 10 เปอร์เซ็นต์ แหล่งโปรตีนทางเลือก 71 เปอร์เซ็นต์ และเสริมไลซีน 0.4 เปอร์เซ็นต์ เมไทโอนีนสังเคราะห์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารสูงถึง 88.64 บาทต่อกิโลกรัม (พิเชต และคณะ, 2562)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทะเลในรูปแบบป่น สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนหลักในสูตรอาหารปลาโปรตีนสูงได้ โดยไม่ต้องมีส่วนผสมของปลาป่นและไม่ต้องผสมกรดอะมิโนปลาทะเล นอกจากจะทำให้ปลาเจริญเติบโตได้ดีแล้ว ยังสามารถลดต้นทุนการผลิตค่าอาหารลงได้ 43.26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปเชิงการค้าสำหรับปลาทะเล และการผสมกรดอะมิโนปลาทะเลในสูตรอาหารทำให้ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ควรพัฒนาสูตรอาหารปลากะพงขาวที่เลี้ยงในน้ำจืด โดยลดอัตราส่วนของกรดอะมิโนปลาทะเลในสูตรอาหารให้มีในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณการกินอาหาร เพิ่มอัตราการเจริญเติบโต และลดต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิต แต่ยังคงให้เนื้อปลามีปริมาณโปรตีนสูงและไขมันต่ำดังเดิม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ และบริษัทเซาท์เทอร์น ซีฟู้ด โปรดักส์ จำกัด ที่สนับสนุนทุนวิจัยและวัตถุดิบมาใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

แจ่มจันทร์ เพชรศิริ ทวีเดช ไชยนาพงษ์ และธัญญา พันธุ์ฤทธิ์ดำ. (2564). ประสิทธิภาพของเศษเหลือ จากการแปรรูปปลาตุกในสูตรอาหารสำเร็จรูปต่อการเลี้ยงปลาดุกกลมผสม (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) ในกระชัง. วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, 40(1), 16-30.

- ชุติมา ตันติภักติ สุภาพร มหันต์กิจ ไพรัตน์ โสภโณดร และอดุลย์ แมะเระ. (2550). การใช้วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารปลากระพงขาว. *วารสารสงขลานครินทร์ วทท.*, 29(5), 1321-1340.
- พิเชต พลายเพชร ปิยารมณ คชขิม ธนิกานต์ บัวทอง และสกันธ์ แสงประดับ. (2562). การเสริมไลซีนและเมไทโอนีนในอาหารปลากระพงขาว กุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไม ระยะวัยรุ่นที่ใช้แหล่งโปรตีนทางเลือกในอัตราสูง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 24(2), 867-884.
- พิเชต พลายเพชร มนทกานติ ท้ามตัน สิริพร ลือชัย ชัยกุล จีรรัตน์ เกื้อแก้ว เพ็ญศรี เมืองเยาว์ นงลักษณ์ สำราญราษฎร์ และสุพิศ ทองรอด. (2551). การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของปลากระพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) ที่เลี้ยงด้วยปลาสดและอาหารสำเร็จรูป. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46*. (หน้า 156-166). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรรณเพ็ญ คำมี จูจะดี พงศ์มณีรัตน์ และสมศักดิ์ จิระวัฑโธ. (2555). ระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลารังสีเอ (*Epinephelus fuscoguttatus* Forsskal, 1775). *เอกสารวิชาการฉบับที่ 32/2555*. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง.
- สุพันธ์ณี สุวรรณภักดี พชรวาลย์ ศรียศศักดิ์ ณัฏฐิยา ชานาญคำ และพรพิมล พิมพ์รัตน์. (2564). ผลการใช้ไบโอฟลอตต่อการเจริญเติบโตและการควบคุมคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลากระพงขาวในน้ำจืด. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 26(1), 413-424.
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis*. (17th ed). Gaithersburg: The Association of Official Analytical Chemists.
- Boonyaratpalin, M. (1997). Nutritional requirements of marine food fish cultured in Southeast Asia. *Aquaculture*, 151(1-4), 283-313, doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01497-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01497-4).
- Caruso, G., Floris, R., Serangeli, C. and Paola, L.D. (2020). Fishery wastes as a yet undiscovered treasure from the sea: Biomolecules sources, extraction methods and valorization. *Marine Drugs*, 18(12), doi: <https://doi.org/10.3390/md18120622>.
- De, D., Sandeep, K.P., Kumar, S., Raja, R.A., Mahalakshmi, P., Sivaramakrishnan, T., Ambasankar, A. and Vijayan, K.K. (2020). Effect of fish waste hydrolysate on growth, survival, health of *Penaeus vannamei* and plankton diversity in culture systems. *Aquaculture*, 524, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735240>.
- Giri, N.A., Astuti, N.W.W., Sudewi, S., Marzuqi, M. and Asih, Y.N. (2021). Fish hydrolysate supplemented diet improved feed efficiency and growth of coral trout (*Plectropomus leopardus*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 890, doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/890/1/012024>.

- Harpaz, S., Hakim, Y., Slosman, T. and Eroldogan, O.T. (2005). Effects of adding salt to the diet of Asian seabass (*Lates calcarifer*) reared in fresh or salt water recirculating tanks, on growth and brush border enzyme activity. *Aquaculture*, 248(1-4), 315-324, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.03.007>.
- Madende, M. and Hayes, M. (2020). Fish by-product use as biostimulants: An overview of the current state of the art, including relevant legislation and regulations within the EU and USA. *Molecules*, 25(5), doi: <https://doi.org/10.3390/molecules25051122>.
- Siddik, M.A.B., Howieson, J., Fotedar, R. and Partridge, G.J. (2021). Enzymatic fish protein hydrolysates in finfish aquaculture: A review. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 406-430, doi: <https://doi.org/10.1111/raq.12481>.
- Williams, K.C., Barlow, C.G., Rodgers, L., Hockings, I., Agcopra, C. and Ruscoe, I. (2003). Asian seabass *Lates calcarifer* (Bloch) perform well when fed pelleted diets high in protein and lipid. *Aquaculture*, 225(1), 191-206, doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00278-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00278-3).