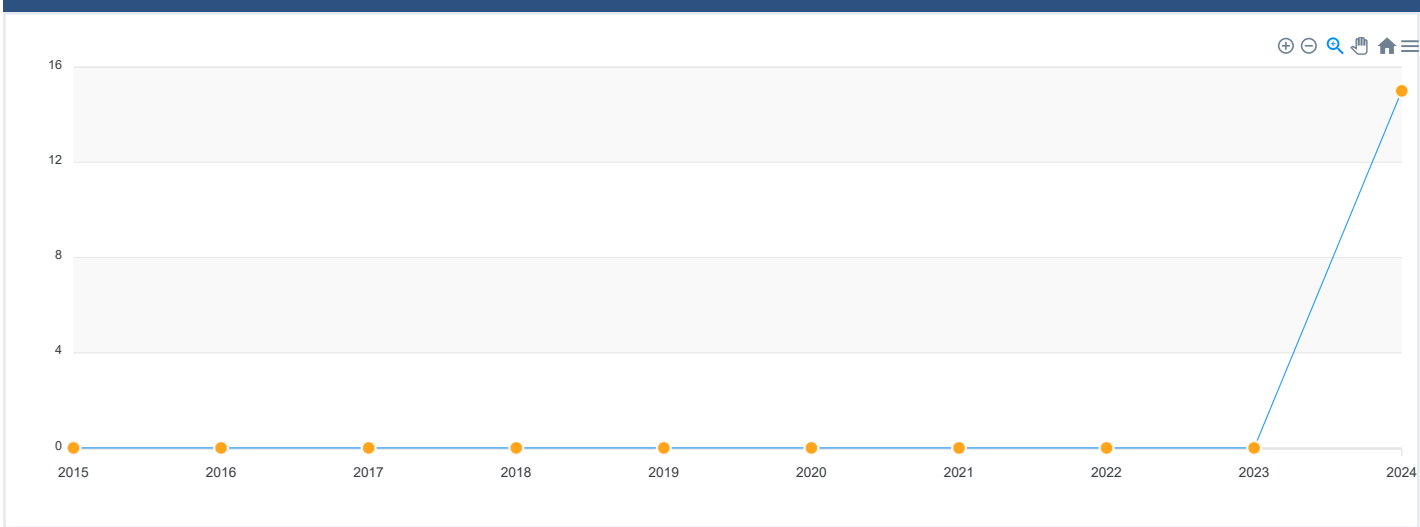




Name (English):	Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal
Name (Local):	วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
Status:	Active (name changed)
Editor-in-Chief:	รศ. ดร.ชาตรี หอมเขียว
Abbreviation (English):	-
Abbreviation (Local):	-
pISSN:	-
eISSN:	3027-7140
Issues/Year:	3
Address:	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 179 หมู่ 3 ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150
Website:	https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsvrj
Email:	rst.journal@rmuts.ac.th
Publisher (English):	Rajamangala University of Technology Srivijaya
Publisher (Local):	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
TCI Tier:	1
Top Levels:	Life Sciences
Subject Area:	Agricultural and Biological Sciences Engineering Environmental Science
Sub-Subject Area:	-
Formerly known as:	RMUTSV Research Journal วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
Note:	- Formerly known as pISSN: 1906-6627, eISSN: 2673-0197 - Published Issue in This Journal Name Since Vol.16 No.1 (2024) - An online-only Journal Vol.16 No.1 (2024)
TCI Tier History:	Tier 1: From 01 Jan 2020 to 31 Dec 2024

จำนวน publication ใน 10 ปีที่ผ่านมา



TCI Thailand

ประวัติความเป็นมา

ภารกิจศูนย์ TCI

เว็บไซต์นี้ใช้คุกกี้เพื่อปรับปรุงประสบการณ์ผู้ใช้ โปรดยอมรับข้อกำหนดและเงื่อนไข ([อ่านนโยบายและเงื่อนไข](#))

ยอมรับ

Related Sites

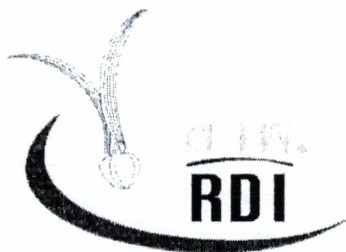
[ระบบ Fast-Track Indexing](#)[ระบบ ThaiJO](#)

Legal

[นโยบายการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล](#)

Thai Journal Citation Index Centre

© 2023 Thai-Journal Citation Index Centre. All rights reserved. [\(Login\)](#)



หนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความวิจัย บทความวิชาการ
วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ขอรับรองว่าบทความวิจัย

เรื่อง

การปรับปรุงคุณภาพเลือดโคปนเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหารปลาดุกลูกผสม
Improvement of Blood Meal as an Ingredient in Hybrid Catfish
(*Clarias macrocephalus* x *Clarias garepinus*) Diet

โดย

พรทิตา ทองสนิทกาญจน์ ธนภัทร วรปัสสุ ญัฐรินทร์ ศิริรัตนันท์ และ ปิยพงศ์ บางใบ

ได้ผ่านการพิจารณาจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ให้ตีพิมพ์ในวารสารวิจัย มทร.ศรีวิชัย ปีที่ 16 ฉบับที่ 3 ประจำเดือน กันยายน - ธันวาคม พ.ศ. 2567

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประภาศรี ศรีชัย)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

การปรับปรุงคุณภาพเลือดโคป่นเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหารปลาดุกลูกผสม

Improvement of Blood Meal as an Ingredient in Hybrid Catfish

(*Clarias macrocephalus* × *Clarias garepinus*) Diet

พรทิสาทองสนิทกาน, ธนภัทร วรปัสสุ*, ณัฐรินทร์ ศิริรัตนันท์ และ ปิยพงศ์ บางใบ

Pornalisa Thongsanitkan, Thanaput Worapassu*, Nuttarin Sirirustananun and Piyapong Bangbai

Received: 1 April 2022, Revised: 27 February 2023, Accepted: 4 September 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ ประสิทธิภาพการย่อยได้ของเลือดโคป่นที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยเอนไซม์ต่างกัน และเพื่อพัฒนาอาหารปลาดุกลูกผสมจากเลือดโคป่นที่ระดับแตกต่างกัน ประกอบด้วยอาหารปลาดุกลูกผสมที่มีการใช้เลือดโคป่นในระดับ 0, 2.5, 5 และ 7.5% ทำการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร โดยให้อาหารปลาดุกในปริมาณ 5% ของน้ำหนักตัวต่อวัน แบ่งให้วันละ 3 มื้อ ทำการชั่งน้ำหนักเพื่อปรับปริมาณอาหารและเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุก 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า เลือดโคป่นที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพ มีคุณค่าทางโภชนาการและค่าการย่อยได้ดีกว่าเลือดโคที่ไม่ผ่านการหมักด้วยเอนไซม์ และปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารผสมเลือดโคป่นในทุกระดับ มีค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย เทียบเท่ากับชุดควบคุม ($P > 0.05$) ส่วนต้นทุนการผลิตอาหาร พบว่า อาหารผสมเลือดโคป่นมีต้นทุนที่ต่ำกว่าชุดควบคุม เท่ากับ 31.20 ± 1.60 , 27.08 ± 0.99 , 28.01 ± 3.84 และ 25.40 ± 0.83 บาทต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ตามลำดับชุดการทดลอง ซึ่งอาหารปลาดุกลูกผสมที่มีการใช้เลือดโคป่น 7.5% สามารถลดต้นทุนการผลิตอาหารได้ถึง 18.59 % ดังนั้น การใช้เลือดโคป่นในอาหารปลาดุกลูกผสม มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาที่เทียบเท่ากับชุดควบคุม และสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์น้ำได้

คำสำคัญ: เลือดโคป่น, ปลาดุกลูกผสม, อาหารปลา

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Petchabun Rajabhat University, Muang, Petchabun 67000, Thailand.

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): thanaput.wor@pcru.ac.th Tel: 08 9461 3395

ABSTRACT

The purpose of this research was to study nutritional value and digestibility efficiency of quality-improved blood meal using different enzymes, and to develop feed for hybrid catfish using different levels of cow's blood meal. The study comprised hybrid catfish diet containing 0, 2.5, 5 and 7.5% blood meal. The hybrid catfish were fed with all 4 diets, with catfish feeding at 5% of body weight per day, divided into 3 meals. Weighing was conducted to adjust feed intake, and growth data were collected every 2 weeks over 8-week period. It was found that the improved blood meal had better nutritional value and digestibility compared to non-enzymatically fermented blood. Additionally, the hybrid catfish fed with blood meal at all levels had the final weight, weight gain, daily weight gain, feed intake, feed conversion ratio and survival rate equivalent to the control group ($P > 0.05$). As for the cost of feed production, it was found that the diets containing blood meal had lower costs compared to the control group, at 31.20 ± 1.60 , 27.08 ± 0.99 , 28.01 ± 3.84 and 25.40 ± 0.83 baht per 1 kg of fish weight, respectively. The hybrid catfish diet containing 7.5% blood meal could reduce feed production costs by 18.59%. Therefore, the inclusion of blood meal in hybrid catfish diet had an effect on growth and survival rate compared to the control group and could reduce the cost of aquatic animal feed production.

Key words: blood meal, hybrid catfish, fish diet

บทนำ

ปัจจุบัน รูปแบบการเลี้ยงโคเป็นการเลี้ยงเพื่อจำหน่ายเป็นโคเนื้อ ทั้งนี้เพราะความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์เพิ่มสูงขึ้น ทั้งจากความต้องการของประชากรในประเทศและของนักท่องเที่ยวต่างประเทส ลักษณะการเลี้ยงจะเป็นการเลี้ยงครั้งละหลาย ๆ ตัว และมีรูปแบบเป็นฟาร์มมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันรัฐบาลไทยได้มีนโยบายส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อ และเป็นโครงการหนึ่งในแผนปรับโครงสร้างและระบบการผลิตการเกษตร โดยหวังจะให้การเลี้ยงโคเนื้อเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอย่างสม่ำเสมอ (Office of Regional Livestock 5, 2018) จากปริมาณความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์ที่เพิ่มขึ้นรวมถึงการส่งเสริมจากรัฐทำให้ในปัจจุบันเกษตรกรหันมาเลี้ยงโคเนื้อเพื่อการค้ากันมากขึ้น ดังเห็นได้จากสถิติจำนวนโคเนื้อและ

เกษตรกรรายจังหวัดในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ของปี 2563 มีสถิติจำนวนโคเนื้อทั้งหมด 54,128 ตัว และมีจำนวนเกษตรกร 4,082 ราย ส่วนในปี 2564 มีสถิติจำนวนโคเนื้อทั้งหมด 66,254 ตัว และมีจำนวนเกษตรกร 5,053 ราย และในปี 2565 มีสถิติจำนวนโคเนื้อทั้งหมด 84,361 ตัว และจำนวนเกษตรกร 6,171 ราย (Information and Communication Technology Center, 2022) ปริมาณโคเนื้อที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดตลาดและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง โดยที่ตลาดในประเทศ มีความต้องการบริโภคสูงถึง 1.2 ล้านตัวต่อปี แต่ผลิตได้เฉลี่ยปีละ 1 ล้านตัว ส่วนการส่งออกมีประมาณ 150,000 ตัวต่อปี ตลาดหลักคือ จีนและเวียดนาม (Koobkaew, 2018) จากอุตสาหกรรมการแปรรูปและตลาดโคเนื้อที่มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดเศษเหลือจากการแปรรูป หรือจากโรงฆ่าสัตว์เป็นจำนวน เช่น เศษเนื้อ เลือด และกระดูก เป็นต้น

เลือด เป็นผลิตผลพลอยได้จากโรงงานฆ่าสัตว์ นำมาทิ้งเพื่อให้ตกตะกอน จากนั้นนำไปอบให้แห้งแล้วบดละเอียด จนเป็นเลือดป่น (blood meal) นำมาใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ โดยมีโปรตีนสูง มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แต่เป็นโปรตีนที่ย่อยได้ยาก แม้ว่าจะมีกรดอะมิโนไลซีน และทริปโตเฟนสูง แต่มีเมทไธโอนีนและไอโซลิวซีนต่ำมาก แสดงถึงความไม่สมดุลของกรดอะมิโน มีแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่ำ มีความน่ากินต่ำ ควรใช้ร่วมกับอาหารชนิดอื่นเพื่อช่วยปรับหรือเสริมปริมาณกรดอะมิโนของสูตรอาหารให้สมดุลดีขึ้นจากการที่เลือดป่นมีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่เมื่อนำไปใช้ประกอบอาหารสัตว์ มักมีปัญหาในเรื่องการย่อยได้ ระดับการใช้จึงไม่ควรเกิน 5% (Jeerapan, 2006) ทำให้มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการย่อยโปรตีนจากเลือดด้วยเอนไซม์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของโปรตีนให้ดีขึ้น (Mahmoud, 1994) เช่น Kitsavat and Khunajakr (2006) ได้ศึกษาโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเลือดสุกร โดยนำเลือดสุกรสดมาทดสอบการย่อยผ่านกิจกรรมของเอนไซม์ โปรติเอส 3 ชนิด เพื่อคัดเลือกเอนไซม์และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนจากเลือดสุกร มีการศึกษาการใช้เลือดป่นเป็นวัตถุดิบในอาหารหลายชนิด ได้แก่ Njieassam (2016) ได้ศึกษาผลของการใช้เลือดป่นต่อการเจริญเติบโตและการตายของปลาดุก พบว่า การใช้เลือดป่นที่ระดับ 10% ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด Aladetohun and Sogbesan (2013) ที่ได้ศึกษาการใช้เลือดป่นเป็นส่วนประกอบในอาหารปลานิล ที่ระดับ 0, 50 และ 100% พบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารผสมเลือดป่นที่ระดับ 100% มีการเจริญเติบโตสูงกว่า ($P < 0.05$) ปลากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเลือดป่นระดับ 0% และ 50%

ด้วยเหตุผลข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงเห็นถึงคุณประโยชน์ในการนำเลือดที่เป็นเศษเหลือจากการ

แปรรูปโคเนื้อมาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำ โดยนำมาทดสอบการย่อยได้ และนำเลือดป่นมาไฮโดรไลเซตโปรตีนให้มีค่าการย่อยได้เพิ่มขึ้น ด้วยวิธีการหมักเลือดโคด้วยเอนไซม์ แล้วนำเลือดป่นที่ได้ไปพัฒนาสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาดุกลูกผสมต่อไป เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรอาหารสัตว์น้ำ และเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือ เป็นแนวทางการลดต้นทุนการผลิตสัตว์น้ำได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเลือดโคป่น

ทำการเก็บรวบรวมเลือดสดในกระบวนการแปรรูปโคเนื้อจากโรงฆ่าสัตว์ หรือจากเขียงเนื้อ หรือร้านขายลาบเนื้อ มาหมักแช่ในเอนไซม์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ เลือดโคสดหมักด้วยเอนไซม์บรอมิเลนสกัดเลือดโคสดหมักด้วยเอนไซม์ปาเปนสกัด เลือดโคสดหมักด้วยแกนสับปะรด และเลือดโคสดหมักด้วยเปลือกของผลมะละกอดิบ การใช้เอนไซม์สกัด ใช้ในปริมาณร้อยละ 0.2 ของตัวอย่างโดยน้ำหนัก ส่วนการใช้เปลือกของผลมะละกอดิบและแกนสับปะรด ใช้ในสัดส่วนเลือดโคป่น 100 g ต่อเปลือกของผลมะละกอดิบหรือแกนสับปะรด 300 g หมักแช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองเอาแกนสับปะรดและเปลือกของผลมะละกอดิบออก นำเลือดโคหมักทั้ง 4 สูตรที่ได้ และเลือดโคสด ไปนึ่งให้สุก ทำให้อแห้ง แล้วบดละเอียดให้เป็นผง นำส่งงานศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพื่อตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000)

2. ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยเลือดโคป่นด้วยเอนไซม์

2.1 การเก็บตัวอย่างลำไส้ปลาดุกลูกผสม

เก็บลำไส้ปลาดุก โดยการนำปลาดุกลูกผสมในรูแบบสด ขนาด 200-250 g มาผ่าท้องด้วยมีด

ผ่าตัดปลา แล้วใช้กรรไกรผ่าตัด ตัดลำไส้ปลาถูก
ถูกผสม เก็บรวบรวมและรักษาสภาพตัวอย่างในตู้
แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C

2.2 การสกัดเอนไซม์ย่อยอาหารจากลำไส้ปลาถูก ถูกผสม

นำลำไส้ปลาถูกถูกผสมที่เก็บรักษาสภาพ
ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C มาสกัดเอนไซม์ย่อย
อาหาร โดยบดลำไส้ในเครื่อง homogenizer ด้วย 50 mM
Tris-buffer pH 8.0 ที่มี 200 mM NaCl ในอัตราส่วน
1:3 ที่อุณหภูมิ 4°C ให้ละเอียดแล้วนำไปปั่นเหวี่ยง
ด้วยเครื่องเหวี่ยงตกตะกอน (Centrifuge) ที่ความเร็ว
รอบ 10,000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที เก็บส่วนใสไว้ใน
ตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพการย่อยด้วยเอนไซม์

นำเลือดปลาที่ผ่านวิธีการเพิ่มค่าการย่อยได้
ด้วยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ เลือดโคสด เลือดโคสดหมักด้วย
เอนไซม์บรอมิเลนสกัด เลือดโคสดหมักด้วยเอนไซม์
ปาเปนสกัด เลือดโคสดหมักด้วยแกนสับปะรด และ
เลือดโคสดหมักด้วยเปลือกของผลมะละกอดิบ
ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ โดยชั่งเลือดโคปน 5 ml ผสมกับ
สารละลาย buffer pH 8 ให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex
mixer บ่มที่ 30°C เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยง
ที่ความเร็วรอบ 15,000 รอบต่อนาที เพื่อเก็บเฉพาะ
ส่วนใส นำสารละลายที่ได้จากการปั่นเหวี่ยง 1.5 ml
ผสมกับเอนไซม์จากลำไส้ปลาถูก 250 μl และนำไป
เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาด้วยการต้มใน
น้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ
15,000 รอบต่อนาที เก็บเฉพาะส่วนใสมาทำการ
วิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีน ทำได้
โดยนำส่วนใสที่ได้จากวิธีการข้างต้น ปริมาตร 400 μl
เติมสารละลาย 0.1% TNBS 0.5 ml และสารละลาย
buffer pH 8 ปริมาตร 1 ml ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง
Vortex mixer บ่มในที่มืด นาน 60 นาที เติมสารละลาย
1M HCl ปริมาตร 1 ml วัดค่าความดูดกลืนแสงด้วย

เครื่อง Spectrophotometer ความยาวคลื่น 420 nm
ตามวิธีของ Rungruangsak-Torissen *et al.* (2002)

3. พัฒนาสูตรอาหารปลาถูกถูกผสมจากเลือดโคปน

3.1 การเตรียมอาหารทดลอง

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการย่อย
ด้วยเอนไซม์ จึงเลือกเลือดโคสดหมักด้วยเปลือกของ
ผลมะละกอดิบ มาทำเลือดโคปนเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบ
ลดต้นทุนในการผลิตอาหารปลาถูกถูกผสม เนื่องจาก
ให้โปรตีนสูง เยื่อใยต่ำ และมีต้นทุนต่ำที่สุด เกษตรกร
หรือผู้ใช้ประโยชน์สามารถทำได้เองในระดับ
ครัวเรือน โดยการนำเลือดโคสดมาหมักแช่ไว้กับ
เปลือกของผลมะละกอดิบ ในสัดส่วนเลือดโคปน
100 g ต่อเปลือกของผลมะละกอดิบ 300 g เป็น
ระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเลือดโคที่ผ่านการหมัก
ย่อยไปนึ่งให้สุก ทำให้แห้ง และบดเป็นผง ทำการ
สร้างสูตรอาหารปลาถูกถูกผสม ที่มีโปรตีนรวมใน
สูตรอาหารเท่ากับ 30% (ตารางที่ 1) โดยเตรียม
วัตถุดิบที่ต้องการในปริมาณที่กำหนดไว้ตามสูตร นำ
ส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงในกะละมังแล้วคลุกเคล้าให้
เข้ากัน นำใส่เครื่องอัดเม็ดอาหาร แล้วนำไปตากผึ่ง
ลมจนแห้งสนิท เก็บรักษาไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท

ตารางที่ 1 ปริมาณวัตถุดิบในอาหารทดลอง

วัตถุดิบ (ร้อยละ)	อาหารทดลอง			
	ชุดควบคุม	เสริมเลือดโคปน 2.5 %	เสริมเลือดโคปน 5.0 %	เสริมเลือดโคปน 7.5 %
กากถั่วเหลือง 44%	37.5	33.0	27.7	22.5
ปลาป่น 60%	15.5	15.0	15.0	15.0
รำละเอียด	25.5	26.0	27.8	28.5
ปลายข้าว	18.0	20.0	21.0	23.0
น้ำมันพืช	3.5	3.5	3.5	3.5
เลือดโคปน	-	2.5	5.0	7.5
รวม (ร้อยละ)	100.0	100.0	100.0	100.0



ภาพที่ 1 เลือดโคปนจากการหมักด้วยเปลือกของผลมะละกอดิบ

3.2 การเตรียมระบบทดลอง

นำถังพลาสติกกลมขนาด 700 L มาทำความสะอาด โดยฆ่าเชื้อด้วยค่ากัมมันตภาพรังสีความเข้มข้น 2 mg/L ประมาณ 1-2 วัน ล้างทำความสะอาดถัง เติมน้ำสะอาดที่ผ่านการพักแล้วให้ได้ปริมาตร 500 L จนครบทั้ง 12 ถัง จากนั้นใช้อุปกรณ์ให้อากาศต่อกับเครื่องปั๊มลมและหัวทราย ถึงละ 1 อัน ปรับแรงดันลมเพื่อเติมอากาศ

3.3 การดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารไม่ผสมเลือดโคปน
(ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารผสมเลือดโคปนที่
ระดับ 2.5%

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารผสมเลือดโคปนที่
ระดับ 5.0%

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารผสมเลือดโคปน ที่ระดับ 7.5%

ใช้ปลาฉลามผสมขนาดเริ่มต้น 23-24 g ทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยปลาทดลองในแต่ละซ้ำถูกเลี้ยงในถังพลาสติกกลมขนาดความจุ 700 L ที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อน้ำ 500 L ต่อถัง ด้วยอัตราการให้อาหารที่ 5% ของน้ำหนักตัวต่อวัน แบ่งให้วันละ 3 มื้อ ตลอดการเลี้ยงมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำ สัปดาห์ละครั้ง ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ด้วยเครื่อง pH meter ของ APERA รุ่น PH20 Value Pocket pH Tester Kit ควบคุมไม่ให้น้ำมีสีเขียวจัดเกินไปเพื่อป้องกันไม่ให้ pH ของน้ำสูง โดยให้น้ำที่ใช้เลี้ยงปลามีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ส่วนค่าอุณหภูมิของน้ำ และค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen : DO) เก็บข้อมูลด้วย DO meter ของ Horiba รุ่น DO210 เลี้ยงปลาในโรงเรือนเพื่อควบคุมให้มีค่าอุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 25-32 °C และมีวาล์วทอลมเพื่อปรับเพิ่ม-ลดอากาศควบคุมให้ค่า DO มากกว่า 5 mg/L

3.4 การเก็บข้อมูล

ชั่งน้ำหนักปลาฉลามผสมทุกตัวในแต่ละหน่วยทดลอง เพื่อปรับปริมาณอาหารและเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ทุก 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ได้แก่ ค่าน้ำหนักสุดท้าย ค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ค่าปริมาณอาหารที่กิน ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และค่าอัตราการรอดตาย ตามสูตรการคำนวณดังนี้ (Jantrarat, 1993)

3.4.1 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (weight gain; กรัมต่อตัว) = น้ำหนักสุดท้าย - น้ำหนักเริ่มต้น

3.4.2 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (daily weight gain; กรัมต่อตัวต่อวัน)

= น้ำหนักปลาเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - น้ำหนักปลาเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง / ระยะเวลาในการทดลอง

3.4.3 ปริมาณอาหารที่กิน (Feed Intake; กรัมต่อตัวต่อวัน) = อาหารที่ปลากินทั้งหมด / ระยะเวลา

3.4.4 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio; FCR) = อาหารที่ปลากินทั้งหมด / น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

3.4.5 อัตราการรอดตาย (Survival; เปอร์เซ็นต์) = (จำนวนปลาสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง / จำนวนปลาเริ่มต้น) x 100

3.5 การคำนวณต้นทุนการผลิตอาหาร

นำสัดส่วนของวัตถุดิบอาหารแต่ละสูตร และราคาของวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิด มาคำนวณราคาของอาหารแต่ละสูตร และต้นทุนค่าอาหารต่อปลา 1 กิโลกรัม ตามสูตรการคำนวณ ดังนี้

3.5.1 ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม) = ราคาวัตถุดิบอาหาร / ปริมาณวัตถุดิบในสูตรอาหาร

3.5.2 ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวปลาที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม; Cost of diets (บาทต่อกิโลกรัม) = อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ x ราคาอาหาร

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลประสิทธิภาพการย่อยเลือดโคปนด้วยเอนไซม์ และข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของปลาฉลามผสมที่ได้รับอาหารผสมเลือดโคปน มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผ่านโปรแกรม IBM SPSS Statistics 21

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. คุณค่าทางโภชนาการของเลือดโคปน

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเลือดโคปน นำไปวิเคราะห์โภชนาการที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นในเลือดโคปน ได้แก่ ค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000) ได้ผลการวิจัยดังแสดงค่าในตารางที่ 2 พบว่า เลือดโคปนรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ เลือดโคสด เลือดโคสดหมักด้วยเอนไซม์บรอมิเลนสกัด เลือดโคสดหมักด้วยเอนไซม์ปาเปนสกัด เลือดโคสดหมักด้วยแกนสับประด และเลือดโคสดหมักด้วยเปลือกของผลมะละกอดิบ มีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 12.04, 11.06, 11.12, 11.45 และ 11.38% มีค่าปริมาณโปรตีนเท่ากับ 79.02, 81.76, 81.40, 80.15 และ 80.23% มีค่าปริมาณไขมันเท่ากับ 1.07, 0.79, 0.84, 0.97 และ 0.91% มีค่าปริมาณเยื่อใยเท่ากับ 0.80, 0.65, 0.70, 0.78 และ 0.72% และมีค่าปริมาณเถ้าเท่ากับ 4.85, 4.62, 4.65, 4.81 และ 4.74% ตามลำดับ จากผลการวิจัย พบว่า เลือดโคปนที่ผ่านการหมักด้วยเอนไซม์ในทุกรูปแบบ ให้คุณค่าทางโภชนาการสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำได้ ซึ่งเป็น

คุณสมบัติที่เหมาะสมกับโภชนาการที่สัตว์น้ำมีความต้องการ และส่งผลต่อการย่อยได้ของสัตว์น้ำ ถือว่าเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซตที่มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบทดแทนหรือวัตถุดิบเสริมในการผลิตอาหารสัตว์น้ำได้ โดยวัตถุดิบที่ใช้ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตควรมีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30% โดยน้ำหนักแห้ง (Adler-Nissen, 1986) ซึ่งปริมาณโปรตีนจากเลือดโคปนมีมากกว่า 30% โดยน้ำหนักแห้ง ดังนั้นเลือดโคปน จึงถือเป็นแหล่งของโปรตีนสำหรับการนำมาผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซตได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kitsavatt and Khunajakr (2006) ที่ได้ศึกษาเรื่อง โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเลือดสุกร พบว่า จากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในเลือดสุกรพบว่ามีองค์ประกอบหลักคือน้ำ 81.95% รองลงมาคือโปรตีน 15.34% นอกจากนี้มีไขมัน เถ้าและคาร์โบไฮเดรต 0.13, 1.21 และ 1.38% โดยน้ำหนักเปียก ตามลำดับ ซึ่งเมื่อคิดปริมาณโปรตีนจากเลือดสุกรแล้วพบว่ามีปริมาณโปรตีนสูงถึง 85.26% โดยน้ำหนักแห้ง ดังนั้นเลือดสุกรจึงถือเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับการนำมาผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซต และสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเสริมหรือทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ได้

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของเลือดโคปน

รูปแบบเลือดโค	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เยื่อใย (%)	เถ้า (%)
เลือดโคสด	12.04	79.02	1.07	0.80	4.85
เลือดโคสดหมักด้วยเอนไซม์บรอมิเลนสกัด	11.06	81.76	0.79	0.65	4.62
เลือดโคสดหมักด้วยเอนไซม์ปาเปนสกัด	11.12	81.40	0.84	0.70	4.65
เลือดโคสดหมักด้วยแกนสับประด	11.45	80.15	0.97	0.78	4.81
เลือดโคสดหมักด้วยเปลือกของผลมะละกอดิบ	11.38	80.23	0.91	0.72	4.74

2. ประสิทธิภาพการย่อยเลือดโคปนด้วยเอนไซม์สกัดจากปลาดุกลูกผสม

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยเลือดโคปนด้วยเอนไซม์ โดยการเก็บลำไส้ปลาดุกมาสกัดเอนไซม์ย่อยอาหาร และนำมาทดสอบการย่อยเลือดโคปนที่ผ่านวิธีการเพิ่มค่าการย่อยได้ด้วยวิธีต่าง ๆ ได้ผลการวิจัยดังแสดงค่าในตารางที่ 3 พบว่า เอนไซม์จากลำไส้ สามารถย่อยโปรตีนในเลือดโคปนที่ผ่านการเพิ่มค่าการย่อยได้ด้วยวิธีการไฮโดรไลซิสโปรตีนด้วยเอนไซม์ ได้แก่ เลือดโคสด เลือดโคสดหมักด้วยเอนไซม์บรอมิเลนสกัด เลือดโคสดหมักด้วยเอนไซม์ปาเปนสกัด เลือดโคสดหมักด้วยแกนสับปะรด และเลือดโคสดหมักด้วยเปลือกของผลมะละกอดิบ พบว่า เอนไซม์จากลำไส้ปลาดุกมีค่าความสามารถในการย่อยโปรตีนในเลือดโคปนรูปแบบต่าง ๆ มีค่าเท่ากับ 0.046 ± 0.17 , 0.224 ± 0.11 , 0.219 ± 0.08 , 0.135 ± 0.28 และ 0.157 ± 0.21 mg/ml ตามลำดับ โดยเอนไซม์จากลำไส้ปลาดุกลูกผสม คือกลุ่มของเอนไซม์โปรติเอส ซึ่งเป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีน สามารถย่อยโปรตีนในเลือดหมักได้ดีกว่าเลือดสด เป็นเช่นนี้เนื่องจากการหมักย่อยด้วยเอนไซม์สกัดจนเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซท

เป็นการย่อยสลายโปรตีนที่บริเวณพันธะเปปไทด์เพื่อให้ได้เปปไทด์สายสั้นและกรดอะมิโนอิสระ (Severin and Xia, 2006) ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ของปลา โดยปลาดุกลูกผสมสามารถย่อยโปรตีนในเลือดหมักทุกรูปแบบได้ดีกว่าเลือดสด ถือว่าเป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพโปรตีนของเลือดโคปน ให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้นต่อไป เช่นเดียวกับโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเลือดสุกรที่พบว่า เอนไซม์ Alcalase 2.4 L มีประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีนได้ดีกว่าเอนไซม์ Allzyme FPD และเอนไซม์ Bromelain โดยให้ระดับการย่อยสลายสูงสุดที่ 43.49% โดยเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดจัดอยู่ในกลุ่มของเอนไซม์โปรติเอส (Kitsavat and Khunajakr, 2006) ซึ่งในปัจจุบันการย่อยสลายโปรตีน โดยการใช้เอนไซม์โปรติเอสจากแหล่งต่าง ๆ กำลังได้รับความนิยม เพราะการใช้เอนไซม์โปรติเอสในการย่อยสลายโปรตีนที่บริเวณพันธะเปปไทด์จะทำให้ได้เปปไทด์ที่มีขนาดเล็ก และกรดอะมิโนอิสระปริมาณมาก สามารถควบคุมระดับการย่อย การกระจายตัวของขนาดโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้นั้นดี และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (Madman and Prasertsan, 2002)

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการย่อยเลือดโคปนด้วยเอนไซม์

รูปแบบเลือดโค	การย่อยได้ (mg/ml)
เลือดโคสด	0.046 ± 0.17^b
เลือดโคสดหมักด้วยเอนไซม์บรอมิเลนสกัด	0.224 ± 0.11^a
เลือดโคสดหมักด้วยเอนไซม์ปาเปนสกัด	0.219 ± 0.08^a
เลือดโคสดหมักด้วยแกนสับปะรด	0.135 ± 0.28^{ab}
เลือดโคสดหมักด้วยเปลือกของผลมะละกอดิบ	0.157 ± 0.21^{ab}
P-value	0.036

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มนั้นเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3. ผลของสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมจากเลือดโคปนต่อการเจริญเติบโต

การพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมจากเลือดโคปนที่ผ่านวิธีเพิ่มค่าการย่อยได้ที่แตกต่างกัน 4 สูตร ทั้งนี้ได้เลือกเลือดโคปนที่ผ่านการหมัก หรือการไฮโดรไลซิสโปรตีนในเลือดด้วยเอนไซม์จากเปลือกของผลมะละกอดิบ มาใช้เป็นวัตถุดิบลดต้นทุนในการผลิตอาหารปลาดุกลูกผสม เนื่องจากเป็นสูตรการไฮโดรไลซ์เลือดโคปนที่มีต้นทุนต่ำที่สุด และ

เกษตรกรหรือผู้ใช้ประโยชน์สามารถจัดหาวัตถุดิบได้ในท้องถิ่นของตน และสามารถทำได้เองในระดับครัวเรือน มาทำการสร้างสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมที่มีโปรตีนรวม 30% และมีการใช้เลือดโคปนที่ผ่านการหมักด้วยเปลือกของผลมะละกอดิบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในระดับที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0.0, 2.5, 5.0 และ 7.5% เมื่อนำไปทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลการวิจัยดังแสดงค่าในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโต อัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสม ที่ได้รับอาหารผสมเลือดโคปนระดับต่างกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์

พารามิเตอร์	อาหารทดลอง				P-value
	ควบคุม	เลือดปน 2.5%	เลือดปน 5.0%	เลือดปน 7.5%	
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	23.70 ± 0.67	23.72 ± 0.42	23.70 ± 0.34	23.70 ± 0.67	0.998
น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	69.13 ± 6.20	72.20 ± 4.90	77.11 ± 8.94	76.10 ± 3.12	0.415
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	23.70 ± 0.67	23.72 ± 0.42	23.70 ± 0.34	23.70 ± 0.67	0.998
น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	69.13 ± 6.20	72.20 ± 4.90	77.11 ± 8.94	76.10 ± 3.12	0.415

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากผลการศึกษาการเสริมเลือดโคปนในอาหารปลาดุกลูกผสมที่ระดับต่างกัน ได้แก่ 0.0, 2.5, 5.0 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตายพบว่า น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งผลการทดลองใช้เลือดโคปนผสมในอาหารปลาในครั้งนี้ให้ผลการเจริญเติบโตของ

ปลาดุกลูกผสมที่เทียบเท่ากับชุดควบคุม ที่ไม่มีส่วนผสมของเลือดโคปน เนื่องจาก ปลาไวอ่อนต้องการสารอาหารประเภทโปรตีนเป็นสำคัญให้เพียงพอับความต้องการเพื่อใช้ในการดำรงชีพและเจริญเติบโต ซึ่งควรเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ ย่อยง่าย ดูดซึมได้ดี มีกรดอะมิโนที่สมดุล ในปริมาณที่เพียงพอับความต้องการของสัตว์น้ำ ซึ่งเลือดปนเป็นวัตถุดิบโปรตีนสูง แต่เป็นโปรตีนคุณภาพต่ำ ความสมดุลของกรดอะมิโนไม่ดีนัก มีผลในการลดประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน (Hatlen *et al.*, 2015)

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีหลายปัจจัยเข้ามามีบทบาทต่อความสามารถในการใช้ประโยชน์จากเลือดปลา เช่น สูตรอาหาร สายพันธุ์ อายุ การจัดการการเลี้ยง รวมถึงสถานที่ในการเลี้ยง (Ogello *et al.*, 2014) และเนื่องจากความไม่สมดุลของกรดอะมิโนบางตัวในเลือดปลา ซึ่งไม่เพียงพอกับความต้องการสำหรับนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ จึงควรมีการใช้เลือดปลาร่วมกับวัตถุดิบอื่น เช่น การเสริมด้วย L-lysine ในอาหารเลี้ยงปลาดุกยักษ์ ทำให้สามารถใช้เลือดปลาในสูตรอาหารได้มากขึ้น โดยที่ปลายังคงมีการเจริญเติบโตปกติ และช่วยประหยัดต้นทุนลงได้มาก (El-Husseiny *et al.*, 2018) เช่นเดียวกับการศึกษาในปลา gilthead seabream ที่แสดงให้เห็นค่อนข้างชัดเจน ว่าการใช้เลือดปลาร่วมกับวัตถุดิบอื่นเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารในสัดส่วนที่เหมาะสมช่วยทำให้ปลามีการใช้ประโยชน์จากอาหาร และมีการเจริญเติบโตที่ดี (Nogueira *et al.*, 2012)

4. ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตอาหาร

จากการศึกษาด้านทุนการผลิตอาหารในการเสริมเลือดปลาเพื่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสม พบว่า ราคาอาหารทั้ง 4 สูตร เท่ากับ 18.43, 18.15, 17.94 และ 17.76 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับชุดการทดลอง และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวปลาที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัมเท่ากับ 46.08 ± 1.60 , 45.38 ± 0.99 , 41.80 ± 3.84 และ 42.62 ± 0.83 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับชุดการทดลอง ดังตารางที่ 5 ต้นทุนการผลิตอาหารขึ้นอยู่กับสถานการณ์ราคาของวัตถุดิบในสูตรอาหารซึ่งการเลือกใช้วัตถุดิบท้องถิ่น หรือเศษเหลือจากการแปรรูปทางภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมมาเสริมในสูตรอาหารสัตว์น้ำ จะช่วยลดต้นทุนการผลิตอาหารได้ ซึ่งการลดต้นทุนด้านอาหารลงได้ ถือว่าเป็นการลดต้นทุนในกระบวนการผลิตสัตว์น้ำได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากต้นทุนค่าอาหารถือเป็นต้นทุนหลักในการผลิตคิดเป็น 70 – 80% ของต้นทุนการผลิตรวมทั้ง

หมด (Jintasataporn, 2010) ซึ่งการใช้วัตถุดิบเศษเหลือทิ้งอย่างเลือดปลาในอาหารปลาดุกลูกผสมทำให้ได้ต้นทุนอาหารที่ต่ำลง สามารถช่วยลดต้นทุนได้ โดยต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำจะมีราคาต่ำลงเมื่อมีการใช้เลือดปลาในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร แม้อาหารปลาดุกลูกผสมที่มีการใช้เลือดปลา 5% ในสูตรอาหารมีต้นทุนการผลิตอาหารต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับต้นทุนของอาหารปลาดุกลูกผสมที่มีการใช้เลือดปลา 7.5% ในสูตรอาหาร ผลการศึกษาด้านทุนในครั้งนี้ มีผลการศึกษาที่ขัดแย้งกับงานวิจัยของ Didgrew *et al.* (2008) ที่ได้ศึกษาผลของการเสริมเอนไซม์ปาเปนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตในไก่เนื้อ ที่พบว่าต้นทุนในการเสริมเอนไซม์ปาเปนมีผลทำให้ต้นทุนในด้านค่าอาหารสูงขึ้นตามระดับในการเสริมเอนไซม์ แต่ในการวิจัยครั้งนี้พบว่า ราคาต่อกิโลกรัมของอาหารที่มีการเสริมเลือดปลาที่ผ่านการย่อยโปรตีนด้วยยางมะละกามีราคาต่ำกว่าอาหารชุดควบคุมและอาหารสัตว์น้ำทางการค้า ซึ่งมีราคาจำหน่ายอยู่ระหว่าง 28 – 32 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจากใช้ยางมะละกจากผิวของผลดิบมะละกอที่ได้จากท้องถิ่น โดยเป็นมะละกอดิบพันธุ์ดำเนิน จากตลาดค้าส่งพืชผักตลาดเสียงอดิศร อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ราคาจำหน่ายถุงบรรจุ 10 กิโลกรัม ถุงละ 140 บาท (National news bureau of Thailand, 2023) มีราคาถูก เมื่อนำมาคิดต้นทุน ทำให้มีต้นทุนที่ต่ำลงด้วย และยังพบว่า ขัดแย้งกับงานวิจัยของ (Karaket *et al.*, 2021) ที่ได้ศึกษาการใช้เลือดปลาทดแทนปลาป่นบางส่วนในอาหารต่อการเจริญเติบโตของอนุบาลปลานิลแดง (*Oreochromis* spp.) พบว่า สูตรอาหารเม็ดแบบผลิตเองมีราคาผลิตต่ำกว่าท้องตลาด โดยราคาอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีโปรตีนประมาณ 30% ตามท้องตลาดทั่วไปนั้นมีราคาไม่ต่ำกว่ากิโลกรัมละ 32 บาท แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม จะพบว่าไม่

เหมาะกับการอนุบาลลูกปลานิลแดงขนาดน้ำหนักเริ่มต้น 0.98 กรัม และยังมีต้นทุนเพิ่มมากขึ้นถ้าใช้เลือดปลาในสูตรอาหาร แต่ถ้าเป็นการเลี้ยงลูกปลานิลแดงขนาดน้ำหนักเริ่มต้น 4.50 กรัม จะมีความเหมาะสมเพราะมีต้นทุนที่ต่ำ และสามารถใช้อุณหภูมิ

ในสูตรอาหารได้ที่ระดับ 5% โดยไม่มีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต และต้นทุนค่าอาหาร อีกทั้งเป็นการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการใช้ของเหลือทิ้งจากโรงงานฆ่าสัตว์ให้เกิดประโยชน์

ตารางที่ 5 ต้นทุนการผลิตอาหาร

สูตรอาหาร	ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม)	ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวปลาที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม (บาทต่อกิโลกรัม)
ควบคุม	18.43	46.08 ± 1.60^a
เลือดปลา 2.5%	18.15	45.38 ± 0.99^a
เลือดปลา 5.0%	17.94	41.80 ± 1.84^b
เลือดปลา 7.5%	17.76	42.62 ± 0.83^b

หมายเหตุ1: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

หมายเหตุ2: ราคาวัตถุดิบอาหารรอบการซื้อในช่วงปี พ.ศ. 2564 ประกอบด้วยปลายข้าว 1 กิโลกรัมละ 10 บาท รำละเอียด 1 กิโลกรัมละ 8 บาท กากถั่วเหลือง (44%) 1 กิโลกรัมละ 18 บาท ปลาป่น (60%) 1 กิโลกรัมละ 42 บาท น้ำมันพืชลิตรละ 38 บาท และเลือดโคปน 1 กิโลกรัมละ 20 บาท

สรุป

เลือดโคปนมีองค์ประกอบของโภชนาที่ครบถ้วน และเมื่อผ่านกระบวนการปรับปรุงโปรตีนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้ ก็สามารถเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนที่สัตว์น้ำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งเมื่อนำเลือดโคปนมาเป็นส่วนผสมในอาหาร และนำไปเลี้ยงปลาดุกลูกผสมนั้น ส่งผลให้ปลาดุกลูกผสมมีการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายที่ดีเทียบเท่ากับชุดควบคุมที่เป็นอาหารผสมสำเร็จ ทั้งนี้ควรเลือกใช้ส่วนผสมในอาหารให้หลากหลาย และควรเสริมกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิดเพื่อให้เกิดความสมดุล การใช้เลือดปลาในปริมาณที่สูงขึ้นในสูตรอาหารจะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารได้ ฉะนั้นสามารถใช้เลือดโคปนได้ถึงระดับปริมาณ 7.5% ในอาหาร โดยไม่ส่งผลกระทบต่อ

เจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลา รวมถึงสามารถลดต้นทุนได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ควรเลือกใช้ส่วนผสมในอาหารให้หลากหลาย และควรเสริมกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิดเพื่อให้เกิดความสมดุล ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยผลการเจริญเติบโตของปลาที่มีแนวโน้มที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และงบประมาณแผ่นดิน งบประมาณผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกว.) ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและพัฒนา นวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ 2563 รหัสโครงการ PCRU_2563_TSRI007 เพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Adler-Nissen, J. 1986. **Enzymic Hydrolysis of Food Protein**. Vanderbilt, New York.
- Aladetohun, N.F. and Sogbesan, O.A. 2013. Utilization of blood meal as a protein ingredient from animal waste product in the diet of *Oreochromis niloticus*. **International Journal of Fisheries and Aquaculture** 5(9): 234-238.
- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.
- Didgrew, A., Siriwan, P., Thongwittaya, N. and Prokati, W. 2008. Effects of Papain Supplementation on Productive Performance in Broilers. **Journal of Agricultural Research and Extension** 25(2): 17-23. (in Thai)
- El-Husseiny, O.M., Hassan, M.I., El-Haroun, E.R. and Suloma, A. 2018. Utilization of poultry by-product meal supplemented with L-lysine as fish meal replacer in the diet of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). **Journal of Applied Aquaculture** 30(1): 63-75.
- Hatlen, B., Jakobsen, J.V., Crampton, V., Alm, M., Langmyhr, E., Espe, M. and Waagbø, R. 2015. Growth, feed utilization and endocrine responses in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets added poultry by-product meal and blood meal in combination with poultry oil. **Aquaculture nutrition** 21(5): 714-725.
- Information and Communication Technology Center. 2022. **Number of farmers and beef cattle by province in 2022**. Statistical data report. Department of Livestock Development, Bangkok. (in Thai)
- Jantrarotai, W. 1993. Research planning in fish feed. **Journal of Fisheries** 46(4): 323-330. (in Thai)
- Jeerapan, T. 2006. **Blood meal**. Feedstuffs. Available Source: http://elearning.nsruc.ac.th/web_elearning/animal/lesson2_5.php, June 13, 2020. (in Thai)
- Jintasataporn, O. 2010. **Aquatic animal feed (251371)**. Teaching documentation. Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Karaket, T., Seel-audom, M. and Yuangsoi B. 2021. Partial Replacement of Fish Meal with Blood Meal in Diet on Growth Performance for Nursing Red Tilapia (*Oreochromis* spp.). **Burapha Science Journal** 27(2): 801-814. (in Thai)
- Kitsavat, S. and Khunajakr, N. 2006. Protein hydrolysate from porcine blood, pp. 418-425. *In* **Proceedings of 59th Kasetsart University Annual Conference: Science**. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Koobkaew, K. 2018. **Farmers boom raising "meat cattle" for export - China's big market**. Economy region. Available Source: <https://www.prachachat.net/localeconomy/news-130855>, September 3, 2020. (in Thai)
- Madman, W. and Prasertsan, P. 2002. Products from bioconversion of seafood processing wastes with biotechnology methods and application. **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 24(2): 341-356. (in Thai)
- Mahmoud, M.I. 1994. Physicochemical and functional properties of protein hydrolysates in nutritional products. **Food Technology** 48: 89-95.

- National news bureau of Thailand. 2023. **Phetchabun Province Monitor the situation of consumer products Consumption is constantly sensitive.** Economy / Travel. Available Source: <https://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TCATG220118134555427>, September 3, 2023. (in Thai)
- Njieassam, E.S. 2016. Effects of using Blood Meal on the Growth and Mortality of Catfish. **Journal of Ecosystem & Ecography** 6(3): 204-212.
- Nogueira, N., Cordeiro, N., Andrade, C. and Aires, T. 2012. Inclusion of low levels of blood and feathermeal in practical diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 12(3): 641-650.
- Office of Regional Livestock 5. 2018. **Strategy of cattle in the Upper Northern Thailand; 2017 – 2021.** Office of Regional Livestock 5 strategic document, Chiang Mai. (in Thai)
- Ogello, E.O., Munguti, J.M., Sakakura, Y. and Hagiwara, A. 2014. Complete replacement of fish meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) grow-out with alternative protein sources. A review. **International Journal of Advanced Research** 2(8): 962-978.
- Rungruangsak-Torissen, K., Rustad, A., Sunde, J., Eiane, S.A., Jensen, H.B., Opstvedt, J., Nygard, E., Samuelsen, T.A., Mundheim, H., Luzzana, U. and Venturini, G. 2002. In vitro digestibility based on fish crude enzyme extract for prediction of feed quality in growth trial. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 82: 644-654.
- Severin, S. and Xia, W.S. 2006. Enzymatic hydrolysis of whey proteins by two different proteases and their effect on the functional properties of resulting protein hydrolysates. **Journal of Food Biochemistry** 30(1): 77-97.