

การเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลาชะโอน
โดยใช้รำข้าวพื้นเมืองพันธุ์ไข่มดรินเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในสูตรอาหาร
Increasing Capacity for Growth Performance of Butter Catfish (*Ompok siluoides*) Using
Local Rice “Khai Mod Rin” Rice Bran as a Carbohydrate Source in the Diet

วรรณชัย พรหมเกิด^{1*}, มโนรส บริรักษ์อราริน², ไพโรจน์ เสนา² และปฐมพงษ์ ฉับพลัน²
Wanchai Phromkerd^{1*}, Manorot Borirakarawin², Pairot Sena² and Patompong Chabplan²

Received date: 7 เม.ย. 69 Revised date: 11 พ.ค. 69 Accepted date: 25 พ.ค. 69

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2026.270874>

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้รำข้าวพื้นเมืองพันธุ์ไข่มดรินเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลาชะโอน (*Ompok siluoides*) วางแผนการทดลองแบบสุ่มทดลอง (CRD) แบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ชุดละ 3 ซ้ำ ได้แก่ ชุดควบคุม (KMR 0%) และชุดเสริมรำข้าวไข่มดรินระดับ 10, 20, 30 และ 40% (KMR 10%, 20%, 30% และ 40%) อาหารทดลองทุกสูตรมีปริมาณโปรตีนคงที่ 32% ไขมัน 7–11% และพลังงาน 3,300 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ดำเนินการทดลองในปลาชะโอนน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 5.51–5.63 กรัมต่อตัว เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า ปลาในกลุ่มที่เสริมรำข้าวไข่มดรินมีสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยกลุ่ม KMR 20% มีค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงสุด ในขณะที่มีสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ต่ำที่สุด ($p < 0.05$) ด้านอัตราการรอดตาย พบว่าปลาในกลุ่ม KMR 20% มีค่าสูงสุดเท่ากับ $90.60 \pm 0.10\%$ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนปลาในกลุ่ม KMR 40% มีอัตราการรอดตายต่ำที่สุด ($86.89 \pm 0.32\%$) นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสมการพหุนาม (Polynomial regression) ระหว่างน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นกับระดับรำข้าวไข่มดริน พบว่าระดับที่เหมาะสมที่สุดในสูตรอาหารคือ 19.86% ซึ่งสอดคล้องกับปลาในกลุ่ม KMR 20% ที่ให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุด (23.96 ± 0.24 กรัม) สรุปได้ว่า การเสริมรำข้าวไข่มดรินเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตทางเลือกที่ระดับ 20% มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาชะโอน

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร รำข้าวไข่มดริน ปลาชะโอน วัตถุดิบอาหารสัตว์ท้องถิ่น

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of utilizing local rice bran (Khai Mod Rin variety) as an alternative carbohydrate source on the growth performance of butter catfish (*Ompok siluoides*). A Completely Randomized Design (CRD) was employed with five dietary treatments and three replications: a control group (KMR 0%) and four treatment groups supplemented with Khai Mod Rin rice bran (KMR) at inclusion levels of 10%, 20%, 30%, and 40% (KMR 10%, 20%, 30%, and 40%). All experimental diets contained 32% crude protein, 7–11% crude lipid, and 3,300 kcal/kg of energy. Butter catfish with an average initial weight ranging from 5.51 to 5.63 g per fish were fed the experimental diets for 12 weeks. The results indicated that fish fed KMR-supplemented diets exhibited significantly higher growth performance and feed utilization efficiency than those in the control group ($p < 0.05$). Specifically, the KMR 20% group achieved the highest final weight, weight gain, length gain, specific growth rate, and protein efficiency ratio, while exhibiting the lowest feed conversion ratio (FCR) ($p < 0.05$). In terms of survival rate, the KMR 20% group recorded the highest value ($90.60 \pm 0.10\%$), significantly outperforming the control and other treatment groups ($p < 0.05$), whereas the KMR 40% group showed the lowest survival rate ($86.89 \pm 0.32\%$). Furthermore, polynomial regression analysis of the relationship between weight gain and dietary KMR inclusion levels revealed that the optimum inclusion level was 19.86%, which was consistent with the experimental findings showing that the KMR 20% group produced the highest weight gain (23.96 ± 0.24 g). In conclusion, supplementation of Khai Mod Rin rice bran at a dietary inclusion level

¹ เกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280

² วิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280

¹ Agriculture, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat 80280

² Computer Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat 80280

* Corresponding author: wannachai_phr@nstru.ac.th

of 20% serves as an effective alternative carbohydrate source, providing the highest efficiency in promoting growth performance and improving feed utilization in butter catfish.

Keywords: growth performance, feed efficiency, Khai Mod Rin rice bran, butter catfish, local feed ingredients

คำนำ

ข้าวซ้อมดินเป็นพันธุ์ข้าวเจ้าพื้นเมืองดั้งเดิมที่สำคัญของจังหวัดนครราชสีมา จัดได้ว่าเป็น “อัญมณีแห่งข้าวพื้นเมืองภาคใต้” มีลักษณะเด่นคือเมล็ดเรียวยาว มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวเหลือง และเป็นที่ยอมรับในด้านคุณภาพการหุงต้มที่ร่วนนุ่ม นอกจากนี้คุณสมบัติทางกายภาพที่ดีแล้ว ข้าวซ้อมดินยังอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารต้านอนุมูลอิสระ และมีคุณสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคเบาหวาน (Phromkerd et al., 2014) อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการพบว่า ข้าวซ้อมดินมีคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 41.19% ข้าวพันธุ์ซ้อมดินจัดเป็นข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสระดับปานกลาง (ประมาณ 21.80–23.74%) และมีคุณภาพการสีในเกณฑ์ดีมากโดยให้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสูง นอกจากนี้ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นอย่างเด่นชัด ยิ่งไปกว่านั้น ข้าวพันธุ์นี้ยังมีข้อได้เปรียบในการรักษาคุณค่าทางโภชนาการหลังกระบวนการผ่านความร้อน โดยพบการสูญเสียสารอาหารเพียงประมาณ 10% ซึ่งน้อยกว่าข้าวสายพันธุ์ทั่วไปที่สูญเสียสูงถึง 20–30% ในด้านเนื้อสัมผัสและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าข้าวสุกมีเนื้อสัมผัสนุ่ม แน่นเต็มเมล็ด และมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเอื้อประโยชน์ต่อการนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Tripetch et al., 2021) จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตในแต่ละส่วนของเมล็ดข้าว พบว่าข้าวมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตตั้งแต่ 25.4–58.9% โดยข้าวซ้อมดินเต็มเมล็ดมีคาร์โบไฮเดรต 25.4–43.5% และในส่วนของการสกัดน้ำมันจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 31.6–58.9% ตามลำดับ (Rodkuean and Wongsakul, 2013) สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าข้าวชนิดไขมันเต็มเมล็ดมีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบหลัก (25–43%) รองลงมาคือ ไขมัน (13–20%) โปรตีน (12–14%) เถ้า (12%) และใยอาหาร (8–14%) ทั้งนี้ เมื่อผ่านกระบวนการสกัดไขมันออก คาร์โบไฮเดรตจะเป็นองค์ประกอบหลักสำคัญที่มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็นสารอาหารพวกโปรตีน ด้วยคุณสมบัติทางโภชนาการที่โดดเด่นดังกล่าว ข้าวจึงนิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักทั้งในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันรำข้าวและการผลิตอาหารสัตว์ (Department of Livestock Development, 2012) แม้ว่าข้าวจะเป็นผลพลอยได้ (By-product) ที่มีคาร์โบไฮเดรตและไขมันสูง แต่ปริมาณโภชนาการในรำข้าวอาจผันแปรตามสายพันธุ์และกระบวนการสีข้าว การเลือกใช้รำข้าวพื้นเมืองที่มีคุณภาพสูงอย่างข้าวพันธุ์ซ้อมดินจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการนำมาพัฒนาเป็นวัตถุดิบอาหารปลาช่อน เพื่อลดการพึ่งพาวัตถุดิบราคาแพงและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่เศษเหลือทางการเกษตรในท้องถิ่น จากรายงานสถานการณ์ด้านข้าว ณ วันที่ 20 เมษายน 2569 โดยศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ได้รายงานผลการขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวนปี ปี 2568/2569 ในพื้นที่ภาคใต้ มีพื้นที่ปลูก 458,794 ไร่ โดยจังหวัดนครราชสีมาพื้นที่ปลูก 121,329.77 ไร่ สำหรับในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ข้าวพันธุ์ซ้อมดินจัดเป็นข้าวขึ้นน้ำพื้นแข็งซึ่งมีพื้นที่ปลูก 127.50 ไร่ (Rice Department, 2026)

ปลาช่อน (*Ompok siluroides*) หรือที่รู้จักในชื่อท้องถิ่นว่า "ปลาแดง" หรือ "ปลาเนื้ออ่อน" จัดเป็นปลาน้ำจืดไม่มีเกล็ดในอันดับ Siluriformes ที่มีศักยภาพทางการค้าสูงและเป็นที่ต้องการอย่างมากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย อาทิ จังหวัดพัทลุง นครราชสีมา และสุราษฎร์ธานี ด้วยคุณลักษณะเด่นด้านคุณภาพเนื้อที่มีรสชาติดีและเนื้อสัมผัสนุ่ม สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เช่น ปลารมควัน หรือปรุงอาหารประเภทแกงส้มและต้มส้ม ส่งผลให้ปลาชนิดนี้มีมูลค่าทางการตลาดสูง โดยราคาจำหน่ายอยู่ที่ประมาณ 350–400 บาทต่อกิโลกรัม สำหรับการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ (Yooyen et al., 2025) ปลาช่อนถือเป็นสัตว์น้ำที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็วและเลี้ยงง่ายโดยมีระยะเวลาการเลี้ยงเพียง 8–10 เดือนก็สามารถจำหน่ายได้ และเป็นปลาน้ำจืดที่กรมประมงส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงเพื่อให้เป็น “ปลาตัวรุ่งแห่งวงการสัตว์น้ำจืดเศรษฐกิจชนิดใหม่ของไทย” โดยในปีงบประมาณ 2567 กรมประมงสามารถผลิตปลาช่อนเพื่อจำหน่ายลูกพันธุ์ให้แก่เกษตรกรนำไปเลี้ยงได้ทั้งหมด 4,867,054 ตัว (Department of Fisheries, 2025) ดังนั้นการเลี้ยงปลาช่อนจึงจัดเป็นอาชีพทางเลือกใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร นอกจากคุณค่าทางเศรษฐกิจแล้วปลาช่อนยังเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภค จากการศึกษาวิจัยพบว่าปลาชนิดนี้อุดมไปด้วยวิตามินที่ละลายในไขมัน (A, D, E และ K) และมีองค์ประกอบของแร่ธาตุในปริมาณสูง ได้แก่ โพแทสเซียม (13,428.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) แคลเซียม (3,152.30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และโซเดียม (1,032.41 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) อีกทั้งยังเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated Fatty Acids: PUFA) ที่มีคุณภาพสูง (Alam et al., 2016) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมียังแสดงให้เห็นว่ามีโปรตีนร้อยละ 13.93 ไขมันร้อยละ 3.92 และเถ้าร้อยละ 2.12 รวมถึงมีกรดอะมิโนและวิตามินเอและดีในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (Paul et al., 2018) ดังนั้นด้วยคุณสมบัติทางโภชนาการที่ครบถ้วน ปลาช่อนจึงมีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพในอนาคต

เพื่อส่งเสริมการนำรำข้าวพื้นเมืองพันธุ์ซ้อมดินมาเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำทางเลือก (Alternative source) ที่หาได้ในท้องถิ่นและส่งเสริมการใช้รำข้าวซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวของเกษตรกรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้รำข้าวซ้อมดินที่มีในท้องถิ่น เพื่อหาระดับที่เหมาะสมต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาช่อน ให้เป็นปลาน้ำจืดเฉพาะถิ่นที่ได้จากการเลี้ยงโดยเกษตรกรในพื้นที่ของตนเอง ใช้วัตถุดิบทางเลือกที่มี

ในท้องถิ่นของตนเอง เพื่อกำหนดระดับการใช้ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นแนวทางสำคัญสำหรับส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากข้าวพันธุ์พื้นเมืองในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และให้เป็นโมเดลต้นแบบในการประยุกต์ใช้เศษเหลือทิ้งจากการเกษตรในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทย เพื่อสร้างความยั่งยืนทางด้านอาหารและต้นทุนการผลิตในอนาคต

วิธีการศึกษา

การเตรียมอุปกรณ์การทดลอง

เตรียมถังพลาสติกขนาด 200 ลิตรถูกดัดแปลงโดยแบ่งโครงสร้างออกเป็นสองส่วน (Figure 1) ได้แก่ ชุดทดลองระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียนในถังแบบปิด (RAS) ทั้งหมด 5 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ชั้น ที่จัดวางเป็นแถวซ้อนกันสองชั้นมีหลังคาคลุมทุกชุดการทดลองโดยใช้ถังพลาสติกสีน้ำเงินขนาด 200 ลิตร แต่ละชุดจัดวางในแนวตั้งพร้อมหลังคากันสาดเพื่อควบคุมสภาวะแวดล้อมในการทดลอง ประกอบด้วยถังพลาสติกชั้นล่างสำหรับเลี้ยงปลา ขนาดความสูง 80 เซนติเมตร ถังกรองชีวภาพวางไว้ชั้นบน ขนาดความสูง 30 เซนติเมตร ประกอบด้วยระบบท่อพีวีซีส่งน้ำสำหรับการหมุนเวียนน้ำในระบบทดลอง (Figure 1a) และมีการจัดวางชุดการเลี้ยงปลาทดลองแบบปิดเป็นรายชุด เพื่อสะดวกในการจัดการหรือการเคลื่อนย้าย วางถังทดลองในแนวตั้งส่วนบนทำหน้าที่เป็นถังกรองน้ำผ่านระบบท่อส่งน้ำลงสู่ถังพลาสติกทรงกระบอกด้านล่าง ซึ่งเป็นพื้นที่สำหรับการเลี้ยงปลาทดลอง เติมน้ำลงไปในห้องเลี้ยงแต่ละถังให้สูง 50 เซนติเมตร รวมปริมาตรน้ำแต่ละถัง 110 ลิตร ระบบทดลองถูกติดตั้งด้วยท่อส่งน้ำหลักที่วางผ่านด้านบนของถังทั้ง 15 ใบโดยเชื่อมต่อเข้ากับถังเลี้ยงปลาแต่ละถัง ควบคุมการไหลของน้ำโดยใช้ประตูน้ำพลาสติกขนาด ½ นิ้ว ไว้สำหรับเปิด-ปิดน้ำ พร้อมติดตั้งหัวทรายเพื่อเติมออกซิเจนอย่างต่อเนื่อง (Figure 1b) สำหรับระบบกรองของเสียภายในระบบจะประกอบไปด้วยเปลือกหอยนางรม และ ผ้าใยแก้วสำหรับกรองเศษของเสียจากการเลี้ยง และจะติดตั้งบนถังเลี้ยงปลาของแต่ละถัง หลักการทำงานโดยใช้เครื่องสูบน้ำสำหรับตู้เลี้ยงปลาขนาดกลาง ทำการสูบน้ำจากถังเลี้ยง วนเข้าสู่ระบบกรองเพื่อกรองเศษอาหารและของเสียจากบ่อเลี้ยงและโดยน้ำจะไหลเข้าสู่ระบบกรองและปล่อยกลับลงถังเลี้ยงปลาตลอดเวลา (Figure 1c) โดยอัตราการไหลของน้ำในระบบกรองเฉลี่ยประมาณ 5 ลิตรต่อนาที เพื่อให้สามารถกำจัดของเสียและเศษอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดการทดลองเลี้ยงปลา



1a. Small-scale Recirculating Aquaculture System (RAS) layout showing stacked filter and rearing barrels constructed from blue plastic drums.



1b. Components of an individual RAS unit, illustrating the vertical integration between the water treatment/filtration tanks (top layer) and the fish rearing tanks (bottom layer).



1c. The waste filtration system consists of fiberglass filter cloth and oyster shells and is installed in each fish tank.

Figure 1 Fish farm and rearing system for butter catfish (*Ompok siluroides*)

การเตรียมปลาทดลอง

ลูกปลาชะโอนน้ำหนักเฉลี่ย 2.00–3.00 กรัมต่อตัว จำนวน 1,000 ตัว ถูกนำมาอนุบาลเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อให้ปลาปรับตัวเข้ากับสภาพบ่อทดลอง ระหว่างการอนุบาลให้อาหารปลาชนิดเม็ดขนาดเล็ก ยี่ห้อไฮ-เกร็ด รุ่น 9961 ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน 40% ไขมัน 6% ความชื้น 12% และกากใย 5% โดยให้อาหารวันละสองมื้อ เวลา 08.30 น. และ 16.00 น. พร้อมทั้งทำการดูดตะกอนและมูลปลาคอกเป็นประจำเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับเหมาะสมตลอดช่วงอนุบาล ตรวจสอบและสังเกตการกินอาหารและการยอมรับอาหารของปลา จนกระทั่งปลาเริ่มขนาดถึงเกณฑ์ทดลองที่น้ำหนักเฉลี่ย 5.51–5.63 กรัมต่อตัว ก่อนเริ่มการทดลอง ปลาทุกชุดถูกตรวจสอบสุขภาพเพื่อตรวจหาเชื้อแบคทีเรียและปรสิตภายนอก จากนั้นจึงให้ปรับตัวกับอาหารสูตรควบคุมโดยให้อาหารดังกล่าวต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ปลาสามารถยอมรับอาหารทดลองได้อย่างสมบูรณ์

การเตรียมอาหารทดลอง

วัตถุดิบอาหารที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำข้าวพันธุ์ไข่มดรีน แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า และเกล็ด โดยนำวัตถุดิบทั้งหมดไปบดละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 30 mesh เพื่อให้ได้เนื้อวัตถุดิบที่มีความสม่ำเสมอ หลังจากนั้นนำวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดส่งตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ตามมาตรฐาน (Association of Official Analytical Chemists, 2005) (Table 1) เตรียมอาหารทั้งหมด 5 สูตร โดยสูตรที่ 1 เป็นสูตรควบคุมที่ไม่มีการเสริมรำข้าวไข่มดรีน และสูตรที่ 2–5 เป็นอาหารที่เสริมรำข้าวไข่มดรีนในระดับ 10, 20, 30 และ 40% ตามลำดับ คำนวณสูตรอาหารแต่ละสูตรให้มีปริมาณสารอาหารใกล้เคียงกันทุกสูตรโดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม Microsoft Excel (Office LTSC Professional Plus 2024 Version (Microsoft Corporation, 2024) วิธีคำนวณโดยนำค่าองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดที่ใช้ในสูตรอาหารที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ มาคำนวณให้มีปริมาณโปรตีนรวมประมาณ 32% ไขมัน 7–11% และพลังงานที่ย่อยได้ประมาณ 3,300 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม เตรียมอาหารโดยการชั่งวัตถุดิบตามสูตร ได้แก่ รำข้าวพันธุ์ไข่มดรีน ปลาป่น กากถั่วเหลือง แป้งข้าวเจ้า แป้งมัน แป้งข้าวโพด ส่วนผสมวิตามิน-แร่ธาตุ และใช้เกล็ดเป็นวัสดุเติมเต็ม (Table 2) จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดเข้าเครื่องผสมให้เข้ากันดี เติมน้ำประมาณ 40% เพื่อให้เนื้ออาหารมีความชื้นเหมาะสมสำหรับการอัดเม็ด อาหารที่ผสมเสร็จถูกนำเข้าเครื่องอัดเม็ดผ่านหน้าแวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร เมื่ออัดเม็ดเสร็จนำไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงเพื่อไล่ความชื้นและทำให้เม็ดอาหารคงรูป หลังจากอบเสร็จนำอาหารไปตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอีกครั้งตามวิธีการมาตรฐานของ Association of Official Analytical Chemists (2005) เพื่อยืนยันความถูกต้องของสูตร โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรต (NFE) คำนวณจากสูตร $100 - (\% \text{โปรตีน} + \% \text{ไขมัน} + \% \text{เถ้า} + \% \text{เยื่อใย} + \% \text{ความชื้น})$ (Table 2)

Table 1 Proximate analysis of feed ingredients (% as fed basis)¹

Feed ingredients	Moisture	Protein	Fat	Crude fiber	Ash	NFE ²
Fish meal	9.6	55.3	8.1	0.4	25.9	0.7
Soybean meal	11.7	45.5	0.7	6.6	6.3	29.2
KMR rice bran	6.25	10.56	10.93	16.14	14.93	41.19
Corn starch	9.6	7.5	0.2	0.8	1.4	80.5
Rice flour	6.81	7.84	1.49	0.86	0.49	82.51

¹Mean $\pm$ standard deviation of three replication, ²NFE: Nitrogen-free extract

การวางแผนการทดลอง

การทดลองนี้ใช้รูปแบบการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งออกเป็น 5 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ รวมทั้งหมด 15 หน่วยทดลอง นำลูกปลาชะโอนที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 5.51–5.63 กรัมต่อตัว ปล่อยลงถึงทดลองจำนวน 15 ตัวต่อถัง รวม 15 ถัง อาหารทดลองให้วันละสองมื้อ เวลา 08.30 น. และ 16.00 น. โดยให้จนกว่าปลาจะอิ่ม โดยสังเกตจากกินอาหาร โดยเมื่อปลาอิ่มแล้วจะไม่สนใจอาหารที่ให้และว่ายน้ำหนีออกจากจุดที่ให้อาหาร และถ้าหากอาหารเหลือจากการกินของปลา ใช้กระชอนขนาดเล็กตักออก แล้วนำมาอบใหม่ให้แห้ง แล้วห้กลับกับอาหารที่ให้ทุกครั้งเพื่อป้องกันปริมาณอาหารที่สูญหายระหว่างการทดลอง และทำการบันทึกปริมาณอาหารที่ซูก 2 สัปดาห์ พร้อมทั้งชั่งน้ำหนักปลาทุก 2 สัปดาห์ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง ตรวจนับจำนวนปลาที่เหลือในแต่ละครั้ง ทำความสะอาดระบบกรองทุก 2 สัปดาห์ และตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนเลี้ยง และทุกๆ 2 สัปดาห์ ได้แก่ อุณหภูมิ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยใช้ pH มิเตอร์ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO) ค่าความเป็นด่าง (alkalinity) โดยวิธีไทเตรชัน (titration method) ตามวิธีการของ Boyd and Tucker (1992) เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการดำรงชีพของปลา โดยมีระยะเวลาการทดลองรวมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

Table 2 Composition and Proximate Analysis of Experimental Diets (% dry matter basis)¹

Ingredients (g/kg feed)	Formula				
	1	2	3	4	5
Fish meal	18	26	28	32.5	49.0
Khai Mod Rin rice bran	0	10	20	30	40
Soybean meal	46	35	32	24	4
Corn starch	6	1	0	0	0
Rice flour	14	13	6	6	2
Soybean oil	6.5	6.2	6.5	4.5	2
Vitamin and mineral mixture ¹	3	3	3	3	3
Hull	6.5	5.8	4.5	0	0
Total (%)	100	100	100	100	100
Proximate analysis of experimental diets (% on dry matter basis)¹					
Crude Protein	32.43	32.45	32.63	32.53	32.01
Crude Fat	8.50	9.84	11.27	10.67	7.20
Crude Fiber	11.78	11.95	12.00	8.61	8.93
NFE ¹ /Carbo	29.94	26.05	22.73	24.54	33.05
Digestible Energy, kcal/g)	3,290	3,270	3,290	3,290	3,300

Vitamin and mineral mixture¹ (Feed 1 kg.) :Thiamine (B₁) 10 mg.; Riboflavin (B₂) 20 mg.; Pyridoxine (B₆) 10 mg.; Cyanocobalamin (B₁₂) 2 mg.; Retinal (A) 4,000 IU; Cholecalciferol (D₃) 29.2 mg.; Menadione sodium bisulfite (K₃) 80 mg.; Folic acid 5 mg.; Calcium pantothenate 40 mg.; Inositol 400 mg.; Niacin 150 mg.; DL-alpha-tocopherol (E) 50 IU; Choline chloride 6,000 mg.; Ascorbic acid (C) 500 mg.; Anticaking 200 mg.; Antioxidant (BHT) 2 mg.; Acetate (A) & Cholecalciferol (AD₃) Rovimix AD₃ 500/100 700,000 IU; NaCl 0.25 g.; MgCO₃ 3.75 g.; FeSO₄ 0.72 g.; (CH₃COO)₂Ca.5H₂O 0.88 g.; ZnSO₄.7H₂O 0.088 g.; MnSO₄. 4H₂O 0.040 g.; CuSO₄.5H₂O 0.008 g.; CoCL₂.6H₂O 0.00025 g.; KIO₃.6H₂O 0.00075 g.

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลา

นำข้อมูลในรูปของค่าเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองคำนวณตามสูตรดังนี้

- 1) น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว (Average body weight) = น้ำหนักปลารวม (กรัม) / จำนวนปลาที่เหลือทั้งหมด (ตัว)
- 2) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain, Wg) = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง (กรัม) – น้ำหนักปลาเริ่มต้น (กรัม)
- 3) ความยาวที่เพิ่มขึ้น = ความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง (ซม.) – ความยาวปลาเริ่มต้น (ซม.)
- 4) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว/วัน) = $(\ln \text{ น้ำหนักปลา เมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้น การทดลอง}) \times 100 / \text{ระยะเวลา(วัน)}$
- 5) อัตราการแลกเนื้อ (feed conversion ratio) = น้ำหนักแห้งอาหารที่ปลากินทั้งหมด (กรัม) / น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น (กรัม)
- 6) ประสิทธิภาพของการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio) = น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม) / น้ำหนักโปรตีนที่ปลาได้รับ (กรัม) (Zeitoun, et al., 1973)
- 7) อัตราการรอด (survival rate, เปอร์เซ็นต์) = $[\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนปลาเริ่มต้น}] \times 100$

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้านสถิติ ด้วยโปรแกรม R เวอร์ชัน 4.6.0 (R Core Team, 2026) และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี One-way ANOVA (Turkey's (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการทดลองแต่ละชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Duncan, 1955) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาอิทธิพลของการเสริมรำข้าวไخمดรีนในอาหารปลาชะโอนทั้ง 5 ระดับ (0, 10, 20, 30 และ 40%) เป็นเวลา 12 สัปดาห์ (Table 3 และ Figure 2) พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมรำข้าวไخمดรีนในระดับ 20% (KMR 20%) มีสมรรถนะการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายสูงสุด (29.50 ± 0.83 กรัม) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและระดับการเสริมอื่นๆ โดยความแตกต่างของน้ำหนักเริ่มปรากฏชัดเจนตั้งแต่สัปดาห์

ที่ 8 เป็นต้นไป ในด้านประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหาร พบว่ากลุ่มที่เสริมรำข้าว 20% มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) สูงที่สุด และมีประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR และ PER) สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน ($p < 0.05$) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์อัตราการรอดตาย (Table 4) พบว่า ปลาในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมรำข้าวไม่ดรีนในระดับ 20% (KMR 20%) มีอัตราการรอดตายสูงสุดเท่ากับ $90.60 \pm 0.10\%$ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมและชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ปลาในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมรำข้าวไม่ดรีนในระดับ 40% (KMR 40%) มีอัตราการรอดตายต่ำสุดคือ $86.89 \pm 0.32\%$ ทั้งนี้ ค่าอัตราการรอดตายในปลาที่ได้รับอาหารเสริมรำข้าวไม่ดรีนในระดับ 0% (ชุดควบคุม/ KMR 0%) มีค่าอัตราการรอดเท่ากับ $88.89 \pm 0.32\%$ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารเสริมรำข้าวไม่ดรีนในระดับ 10% (KMR 10%) และปลาที่ได้รับอาหารเสริมรำข้าวไม่ดรีนในระดับ 30% (KMR 30%) ($p > 0.05$) ทั้งนี้ การเสริมรำข้าวในระดับที่สูงเกินไป (30–40%) ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลงและมีค่า FCR สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ระดับการเสริมรำข้าวไม่ดรีนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปลาชะโอนคือ 20% ซึ่งส่งผลบวกต่อทั้งน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประเด็นที่น่าสนใจคือสมรรถนะการเจริญเติบโตที่โดดเด่นนี้ อาจเนื่องมาจากคุณค่าทางโภชนาการที่สูงของรำข้าวพื้นเมือง โดยเฉพาะข้าวไม่ดรีนซึ่งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 41.19% ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อปลาชะโอน สอดคล้องกับการศึกษาของ Phromkerd and Chanta (2020) ที่ทำการศึกษากาการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศ โดยใช้รำข้าวพื้นเมือง 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเล็บนกไร่ ข้าวสังข์หยดไร่ และข้าวเหนียวดำ ในปริมาณ 30% ในสูตรอาหาร เพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ดีที่สุดต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารโดยพบว่า ปลานิลสามารถใช้ประโยชน์จากรำข้าวพื้นเมืองภาคใต้ (พันธุ์เล็บนกไร่) ได้ดีกว่ารำข้าวชนิดอื่น ซึ่งข้าวกลุ่มนี้ (รวมถึงข้าวไม่ดรีน) จัดเป็นข้าวขาวที่มีโภชนาการสูง (Tripetch et al., 2021) เมื่อนำรำซึ่งเป็นส่วนที่สะสมสารอาหารหลักมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ จึงช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การเสริมรำข้าวในระดับสูง (30–40%) กลับทำให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตลดลงและค่า FCR สูงขึ้น ปรากฏการณ์นี้อาจอธิบายได้ว่า แม้รำข้าวจะมีคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สูง แต่การที่มีสารพิษในสูตรอาหารในปริมาณที่มากเกินไป จะไปขัดขวางการใช้ประโยชน์จากอาหาร (Anti-nutritional factors) อาจไปรบกวนระบบการย่อยและการดูดซึมสารอาหารของปลาชะโอนได้ เนื่องจากปลาชะโอนเป็นปลาที่กินเนื้อเป็นหลัก ดังนั้นการให้รำข้าวไม่ดรีนในระดับ 20% จึงเป็นสัดส่วนที่สมดุลที่สุดในการส่งเสริมการเจริญเติบโตโดยไม่ส่งผลเสียต่อตัวปลา

Table 3 Average weight of Butter catfish (*Ompok siluoides*) fed the experimental diets for 12 weeks

Treatment	Period (Weeks)						
	0	2	4	6	8	10	12
1. Control	5.63±0.01	7.05±0.02 ^c	9.49±1.41 ^a	10.49±0.05 ^b	13.46±0.06 ^a	15.63±0.62 ^a	19.04±1.48 ^a
2. KMR rice bran 10%	5.52±0.58	7.13±0.02 ^d	10.93±0.07 ^a	11.22±0.05 ^c	15.12±0.04 ^c	17.02±0.31 ^b	21.32±0.96 ^a
3. KMR rice bran 20%	5.55±0.02	7.34±0.04 ^e	10.25±1.16 ^a	11.77±0.10 ^d	15.83±0.06 ^d	19.43±0.46 ^c	29.50±0.83 ^b
4. KMR rice bran 30%	5.51±0.51	6.07±0.02 ^a	8.96±1.61 ^a	11.20±0.07 ^c	14.19±0.03 ^b	16.28±0.92 ^{ab}	20.00±1.44 ^a
5. KMR rice bran 40%	5.54±0.02	6.51±0.01 ^b	8.66±0.94 ^a	9.58±0.05 ^a	13.53±0.03 ^a	15.30±0.30 ^a	19.37±1.05 ^a

¹Mean ± standard deviation of three replications. Mean within each column not sharing the common superscript are significantly different ($p < 0.05$)

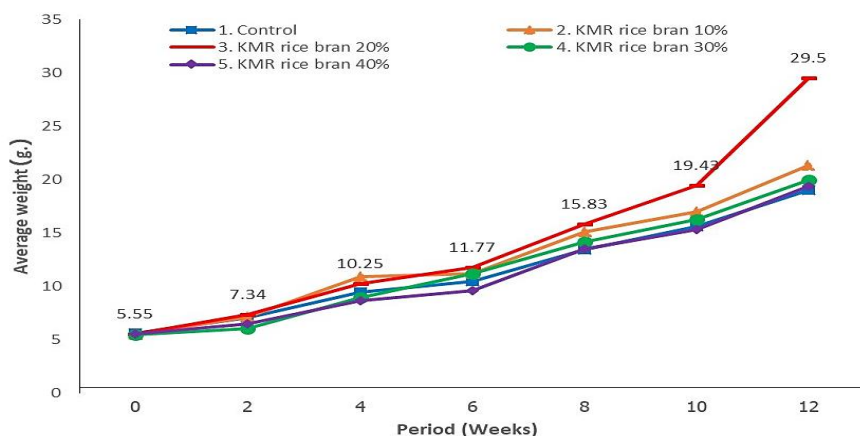


Figure 2 Average weight of Butter catfish (*Ompok siluoides*) fed the experimental diets for 12 weeks

สำหรับการศึกษาผลของระดับรำข้าวซ้อมรึ้นต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารของปลาชะโอน (Table 4) พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมรำข้าวซ้อมรึ้นระดับ 20% (KMR 20%) มีประสิทธิภาพสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแสดงค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ต่ำที่สุดที่ 0.98 ± 0.07 และค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) สูงสุดที่ 2.92 ± 0.45 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มปลาที่ได้รับรำข้าวซ้อมรึ้น 30% (KMR 30%) ซึ่งมีค่า FCR เพิ่มขึ้นเป็น 1.30 ± 0.13 ซึ่งให้เห็นว่าการเสริมรำข้าวในระดับที่เหมาะสม (20%) ส่งผลให้ปลามีความสามารถในการดูดซึมและเปลี่ยนสารอาหารไปเป็นมวลชีวภาพ หรือน้ำหนักตัวของปลาที่เพิ่มขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด แม้ว่าสูตรอาหารทุกชุดการทดลองจะได้รับการปรับสมดุลให้มีระดับโปรตีน 32% และพลังงาน 3,300 kcal/kg เท่ากัน (Isocaloric and Isonitrogenous diets) แต่ความโดดเด่นของกลุ่มปลาทดลองที่ได้รับรำข้าวพันธุ์ซ้อมรึ้น 20% อาจเกิดจากความสมดุลระหว่างปลาป่น กากถั่วเหลือง และรำข้าวซ้อมรึ้น โดยปลาสามารถดึงพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตและไขมันมาใช้ในกิจกรรมพื้นฐานในการดำรงชีวิต และสงวนโปรตีนไว้เพื่อการเสริมสร้างกล้ามเนื้อและการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ สอดคล้องกับแนวทางของ Hoover (1986) ที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและแหล่งพลังงานที่ไม่ใช่โปรตีนเป็นปัจจัยวิกฤตในการเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนน้ำหนักตัวของปลา และเมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการของรำข้าวซ้อมรึ้น (Nutritional Value of Khai Mod Rin Rice Bran) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ารำข้าวซ้อมรึ้นมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 41.19% และในอาหารทดลองสูตรที่ 3 (KMR 20%) จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 22.73% ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอาหารทดลองสูตรอื่นๆ ทุกสูตร (สูตรที่ 1=29.94%, สูตรที่ 2=26.05%, สูตรที่ 3=22.73% สูตรที่ 4=24.54% และสูตรที่ 5=33.05% ดังนั้นการที่ปลาชะโอนในกลุ่มที่ได้รับรำข้าวพันธุ์ซ้อมรึ้น 20% ยังคงมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดี อาจเนื่องมาจากระดับของรำข้าวซ้อมรึ้นที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารที่ไม่สูงเกินไป แต่เมื่อเสริมรำข้าวในระดับที่สูงเกินไปจะกระทบต่อการเจริญเติบโต (Impact of Over-inclusion) เนื่องจากมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้น 30-40% ในสูตรอาหาร อย่างไรก็ตาม ระดับใยอาหารหยาบสูงและสารประกอบต้านโภชนาการจำนวนมาก เช่น กรดไฟติกและสารยับยั้งทริปซิน ทำให้การใช้รำข้าวเป็นวัตถุดิบสำหรับอาหารปลาถูกจำกัดด้วยเหตุนี้ จึงมีการพัฒนาและนำเทคนิคต่างๆ มาใช้ เช่น การให้ความร้อนและการหมักจุลินทรีย์ กับสารต้านโภชนาการ เพื่อลดหรือขจัดปัญหาของสารต้านโภชนาการ (Aboelyzed et al., 2024) สำหรับผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองกับระดับของรำข้าวซ้อมรึ้นในสูตรอาหาร (relationship of weight gain with dietary KMR rice bran levels) (Figure 3) ด้วยวิธี polynomial regression พบว่า การตอบสนองของการเจริญเติบโตมีลักษณะเป็นความสัมพันธ์แบบโค้ง (curvilinear relationship) โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.525 แสดงว่า ระดับของรำข้าวซ้อมรึ้นที่ปลาชะโอนได้รับสามารถอธิบายความแปรปรวนของการเพิ่มน้ำหนักได้ประมาณ 52.5% และจากสมการพบว่าจุดเหมาะสม (optimum level) ของรำข้าวซ้อมรึ้นอยู่ที่ประมาณ 19.86% ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ปลากลุ่มที่ได้รับรำข้าวซ้อมรึ้น 20% (KMR 20%) ให้ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด (23.96 ± 0.24 g) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การเสริมรำข้าวซ้อมรึ้นในสูตรอาหารที่ระดับประมาณ 20% เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดสำหรับส่งเสริมการเพิ่มน้ำหนักของปลาในการทดลองครั้งนี้ ขณะที่การเพิ่มระดับรำข้าวซ้อมรึ้นที่สูงเกินไป อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตลดลง และการใช้ประโยชน์จากอาหารมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด สอดคล้องกับทฤษฎีของ Jantrarotai and Tewpanich (1998) และ Hephher (1988) ที่อธิบายว่าปริมาณของคาร์โบไฮเดรตและเยื่อใยที่สูงเกินไปในสูตรอาหารจะทำหน้าที่เป็นปัจจัยต้านโภชนาการ (Antinutritional factor) และปลาชะโอนเป็นปลากินเนื้อเป็นหลัก จึงทำให้ไปขัดขวางกระบวนการย่อยและลดความสามารถในการดูดซึมสารอาหารผ่านผนังลำไส้ ส่งผลให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงขึ้นและประสิทธิภาพการเติบโตลดลงในที่สุด และจากการตรวจสอบ พบว่า ค่าคุณภาพน้ำทุกพารามิเตอร์ที่ตรวจสอบมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาทดลอง โดยอุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 29.50-31.00 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่าง 6.50-7.25 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 3.65-7.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่าง 73.13-76.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งคุณภาพน้ำทุกบ่อที่ตรวจสอบ อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาชะโอน ปลาชะโอนสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ (Rem et al., 2020)

Table 4 Initial weight, Final weight, Weight gain, specific growth rate, length gain, specific growth rate, Feed conversion ratio (FCR) and protein efficiency ratio (PER) of Butter catfish diet *Ompok siluroides* fed the experimental diets

Parameter	Treatment				
	Control	KMR 10%	KMR 20%	KMR 30%	KMR 40%
Initial weight (g)	5.63±0.01	5.52±0.58	5.55±0.02	5.51±0.51	5.54±0.02
Final weight (g)	19.04±1.48 ^a	21.32±0.96 ^a	29.51±0.83 ^b	20.00±1.44 ^a	19.37±1.05 ^a
Weight gain (g)	13.41±0.32 ^a	15.80±0.45 ^b	23.96±0.24 ^c	14.49±0.72 ^{ab}	13.83±0.16 ^a
Initial length (cm)	6.67±0.02 ^a	6.68±0.01 ^a	6.69±0.00 ^a	6.70±0.02 ^a	6.63±0.01 ^a
Final length (cm)	16.89±0.23 ^a	17.86±0.34 ^b	19.41±0.34 ^c	16.78±0.23 ^a	17.25±0.13 ^a
length gain (cm)	10.22±0.25 ^{ab}	11.18±0.34 ^c	12.72±0.34 ^d	10.08±0.23 ^a	10.61±0.12 ^b
SGR (%/day)	3.09±0.13 ^a	3.29±0.72 ^b	3.78±0.41 ^c	3.18±0.11 ^{ab}	3.12±0.92 ^{ab}
FCR	1.52±0.09 ^d	1.18±0.10 ^b	0.98±0.07 ^a	1.30±0.13 ^b	1.36±0.09 ^{bc}
PER	1.89±0.10 ^a	2.44±0.29 ^b	2.92±0.45 ^c	2.23±0.17 ^{ab}	2.11±0.15 ^{ab}
SR (%)	88.89±0.32 ^{ab}	89.80±0.20 ^a	90.60±0.10 ^b	87.90±0.15 ^a	86.89±0.32 ^a

¹ Mean ± standard deviation of three replications.

Means within each row not sharing a common superscript are significantly different ($p < 0.05$)

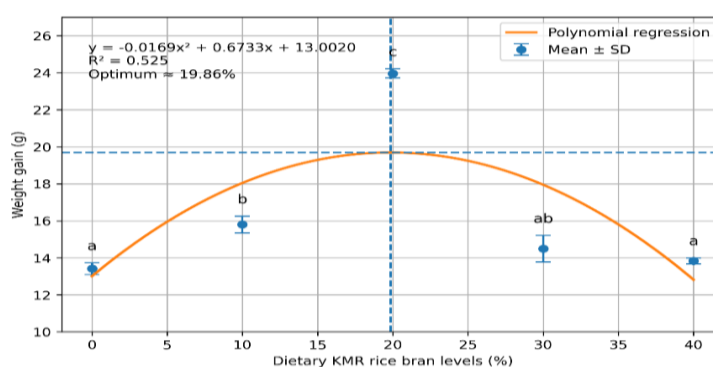


Figure 3 Optimum dietary Khai Mod Rin Rice Bran level for Butter Catfish (*Ompok siluroides*) determined by polinomial regression analysis.

สรุปผลการศึกษา

การเจริญเติบโตของปลาไม้น้ำเมื่อเพิ่มปริมาณรำข้าวไม่ดรีนในสูตรอาหาร โดยจากการศึกษานี้สามารถเสริมรำข้าวไม่ดรีนในระดับ 20% ส่งผลให้ปลาช่อนมีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารได้สูงสุด แต่เมื่อเพิ่มระดับการเสริมรำข้าวในสูตรอาหารสูงกว่า 20% ทำให้ปลาไม้น้ำมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง สำหรับการวิจัยในอนาคตควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในกลุ่มปลาที่มีช่วงอายุและขนาดที่แตกต่างกัน เนื่องจากความต้องการโภชนาการอาจแปรผันตามระยะการเจริญเติบโต และควรมีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของซากปลา เพื่อประเมินคุณภาพเนื้อหลังการได้รับอาหารที่ใช้รำข้าวไม่ดรีนเป็นวัตถุดิบอาหาร นอกจากนี้ ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของรำข้าวพื้นเมืองสายพันธุ์อื่นในกลุ่มที่ใกล้เคียงกันกับรำข้าวไม่ดรีน เพื่อทดสอบศักยภาพในการใช้ทดแทนกันและเป็นการเพิ่มทางเลือกในการคัดเลือกวัตถุดิบ เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร แต่ยังเป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรอาหารสัตว์น้ำจากวัตถุดิบพื้นเมืองที่ยั่งยืนสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม สมมุติฐาน การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดงการเปรียบเทียบ กับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: วรรณชัย พรหมเกิด. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: มโนรส บริรักษ์อรวิวิท, ปฐมพงษ์ ฉับพลัน. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: วรรณชัย พรหมเกิด, มโนรส บริรักษ์อรวิวิท. การให้การสนับสนุนเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ และครุภัณฑ์: ไพโรจน์ เสนา.

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

เอกสารอ้างอิง

- Aboelyzed, M., AE, E., Ali, B. A., Khalifa, M., Eliwa, M. F., & Abdelrhman, A. M. (2024). Effect of replacement of soybean meal with fermented rice bran as protein source on growth response, feeding utilization, body composition, intestinal microbiota and an economic evaluation of the grey mullet, *Mugil cephalus*. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 28(5), 595-609.
- Association of Official Analytical Chemists. (2005). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. AOAC International Suite 500.
- Alam, S. M. D., Karim, M. H., Chakraborty, A., Amin, R., & Hasan, S. (2016). Investigation of nutritional status of the butter catfish *Ompok bimaculatus*: an important freshwater fish species in the diet of common Bangladeshi people. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5(1), 62-67. <http://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20160501.19>.
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1992). **Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station Auburn University.
- Department of Livestock Development. (2012). **Animal Feed Raw Materials**. Retrieved from: https://nutrition.dld.go.th/index.php/th/knowledge_bank/feedstuff/ricebran. (in Thai).
- Department of Fisheries. (2025). **Department of Fisheries Accelerates Production of 'Butter Catfish' Fingerlings to Meet Farmer Demand**. Retrieved from: https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_activities/1333/249756. (in Thai).
- Duncan, D. B. (1955). Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1), 1-42.
- Hepher, B. (1988). **Nutrition of Pond Fishes**. Cambridge University Press.
- Hoover, W. H. (1986). Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science*, 69(10), 2755-2766. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80724-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80724-X).
- Jantrarotai, W., & Tewpanich, N. (1998). Effects of dietary fiber and its optimum levels for growth of hybrid clarias catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*). *Agriculture and Natural Resources*, 32(1), 13-23. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/240551>.
- Microsoft Corporation. (2024). **Microsoft Excel Version 2024 Computer Software**. Retrieved from: <https://office.microsoft.com>.
- Paul, B. N., Bhowmick, S., Chanda, S., Sridhar, N., & Giri, S. S. (2018). Nutrient profile of five freshwater fish species. *SAARC Journal of Agriculture*, 16(2), 25-41.
- Phromkerd, W., Sangphut, C., Jaihaowveerapong, D., Thongthos, S., & Jaihaowveerapong, M. (2014). **A Survey of Species Diversity and Conservation of Indigenous Rice Varieties in the Pak Phanang River Basin Nakhon Si Thammarat Province**. Retrieved from: <http://dspace.nstru.ac.th:8080/dspace/bitstream/123456789/2224/3/Fulltext.pdf>. (in Thai).
- Phromkerd, W., & Chanta, S. (2020). Effects of local bran in Southern Thailand for growth performance and feed efficiency for Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.) diet. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 48(1), 109-116. (in Thai).
- R Core Team. (2026). **R: A language and environment for statistical computing**. Retrieved from: <https://www.r-project.org>.
- Rem, P., Chiayvareesajja, S., & Suanyuk, N. (2020). Effects of temperature on growth performance and water quality in culture system of butter catfish (*Ompok Bimaculatus*). *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 42(6), 1253-1258. <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/SONG/10992872.pdf>.
- Rice Department. (2026). **Weekly Rice Situation Report: As of April 20, 2026**. Retrieved from: https://files.ricethailand.go.th/files/2/documents/page_doc/files-rice-1776826147138.pdf. (in Thai).
- Rodkuean, S., & Wongsakul, S. (2013). **Production of Protein Isolates from Organic Rice Bran by Using Organic Processing Compared with Conventional Methods**. Retrieved from: <https://archives.mfu.ac.th/database/files/original/2ccd3ce3df1d0d1e8126513d9a6f765c.pdf>. (in Thai).
- Tripetch, A., Sakmas, C., & Mompiboon, P. (2021). Development of a complete rice milling machine for Khai Mod Rin rice. *Wichha Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University*, 40(2), 29-43. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/wichha/article/view/251848>.

- Yooyen, T., Laysing, S., Chainapong, T., & Pechsiri, J. (2025). The application of fishmeal processing wastes for reducing feed cost of butter catfish (*Ompok bimaculatus*) culture. **Recent Science and Technology**, 17(2), 262032. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsvrj/article/download/262032/179777/1080996>.
- Zeitoun, I. H., Halver, J. E., Ullrey, D. E., & Tack, P. I. (1973). Influence of salinity on protein requirements of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fingerlings. **Journal of the Fisheries Board of Canada**, 30(12), 1867-1873. <https://doi.org/10.1139/f73-298>.