Recent Science and Technology

Journal homepage: https:// www.tci-thaijo.org/index.php/rmutsvrj/index

ISSN: 3057-0786 (Online)



Research Article

การประยุกต์ใช้วัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตปลาป่นเพื่อลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงปลาชะโอน

The Application of Fishmeal Processing Wastes for Reducing Feed Cost of Butter Catfish (*Ompok bimaculatus*) Culture

ธนพล อยู่เย็น [a] ศิระ ลายสิงห์ [a] ทวีเดช ไชยนาพงษ์ [b] และ แจ่มจันทร์ เพชรศิริ [b*]

Thanapon Yooyen [a], Sira Laysing [a], Thaweedet Chainapong [b] and Jamjun Pechsiri [b*]

[a] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210

[a] Department of Biology, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Pa Phayom, Phatthalung 93210, Thailand.

[b] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210

[b] Department of Biological and Environmental Science, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Pa Phayom, Phatthalung 93210, Thailand.

ABSTRACT

Article history:

Received: 2024-01-30

Revised: 2024-05-09

Accepted: 2024-05-20

Keywords:

fish condensate;
fish oil;
Ompok bimaculatus;
growth;
feed cost

The objective of this study was to assess the effects of additional fishmeal processing wastes to commercial feed on the growth and feed cost in butter catfish (*Ompok bimaculatus*) aquaculture. Fish with initial weight of 8.05±0.5 - 9.17±1.24 g were raised in nine 2 × 2 × 1 m3 cages at a density of 50 per cage. These cages were suspended in three 8 × 8 × 1.2 m3 ponds (three cages in each pond.). Three feed recipes applied were: 1) purely commercial feed (T1); 2) commercial feed supplemented with fish condensate (T2); and 3) commercial feed supplemented with fish oil (T3), both at 10 ml per kg of commercial feed. The experiment was conducted over three months. Results show that growth performances, in terms of mean final body weight and final body length, did not differ significantly ($p>0.05$) with mean final body weight between 26.61±3.17 and 30.55±7.04 g, and final body length between 15.32±1.05 and 15.66±1.45 cm. However, fish condensate and fish oil supplemented to commercial feed did significantly affect the survival rate, the feed conversion ratio, and the feed cost. Fish thriving on T2 and T3 diets exhibited higher survival rates (97.33±1.15 and 99.33±1.15%, respectively), low feed conversion ratios (2.03±0.69 and 1.93±0.38), and low feed cost (59.9±20.3 and 58.9±11.7 baht per kg) while fish fed T1 had a survival rate of 89.33±3.06%, a feed conversion ratio of 2.93±0.70, and a feed cost of 83.5±20.0 baht per kg. The study reveals that fish condensate and oil supplements, at the above-mentioned amounts, could reduce fish feed costs by 23.6-24.6 baht per kg of O. bimaculatus production. These results can be used as a guideline to investigate other feed formulae for reducing feed costs in aquaculture.

© 2025 Yooyen, T., Laysing, S., Chainapong, T. and Pechsiri, J. Recent Science and Technology published by Rajamangala University of Technology Srivijaya

*** Corresponding author.**

E-mail address: *jamjun2508@yahoo.com*

Cite this article as:

Yooyen, T., Laysing, S., Chainapong, T. and 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.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*) ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมด้วยเศษเหลือจากการแปรรูปปลาป่น โดยทดลองเลี้ยงปลาน้ำหนักเริ่มต้น 8.05±0.5 - 9.17±1.24 กรัม ในกระชังขนาด 2 × 2 × 1 ม^3 กระชัง ๆ ละ 50 ตัว จำนวน 9 กระชัง ที่แขวนในบ่อดินขนาด 8 × 8 × 1.2 ม^3 จำนวน 3 บ่อ ประกอบด้วย 3 ชุดการทดลอง คือ 1) อาหารเม็ดสำเร็จรูปสูตรทางการค้า (T1) 2) อาหารเม็ดสำเร็จรูปสูตรทางการค้าเสริมน้ำนึ่งปลาเข้มข้น (T2) และ 3) อาหารเม็ดสำเร็จรูปสูตรทางการค้าเสริมด้วยน้ำมันปลา (T3) ในปริมาณ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าปลาที่ได้รับอาหารแตกต่างกันมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยระหว่าง 26.61±3.17-30.55±7.04 กรัม ความยาวสุดท้ายเฉลี่ยระหว่าง 15.32±1.05-15.66±1.45 เซนติเมตร แต่ปลาที่ได้รับอาหาร T2 และT3 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 2.03±0.69 และ 1.93±0.38 มีอัตรารอด 97.33±1.15 และ 99.33±1.15% และมีต้นทุนค่าอาหาร 59.9±20.3 และ 58.9±11.7 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร T1 ที่มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงถึง 2.93±0.70 แต่มีอัตรารอดลดลงเหลือเพียง 89.33±3.06% และ มีต้นทุนค่าอาหารสูงถึง 83.5±20.0 บาทต่อกิโลกรัม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการนำน้ำนึ่งปลาเข้มข้นตามสูตร T2 และน้ำมันปลาตามสูตร T3 มาเสริมในอาหารสำเร็จรูปสูตรทางการค้า (T1) ในปริมาณข้างต้น สามารถลดต้นทุนค่าอาหารได้ถึง 23.6-24.6 ต่อการผลิตปลาชะโอน ๑ กิโลกรัม ซึ่งสามารถนำไปเป็นแนวทางในการทดลองหาสูตรอื่น ๆ เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงปลาได้

คำสำคัญ: น้ำนึ่งปลาเข้มข้น, น้ำมันปลา, ปลาชะโอน, การเจริญเติบโต, ต้นทุนค่าอาหาร

1. บทนำ

ปลาชะโอนหรือปลาเนื้ออ่อน (*O. bimaculatus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีรสชาติดี มีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบไปด้วยโปรตีน 13.93% ไขมัน 3.92% (Paul *et al*., 2018) เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ทำให้มีราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 350-400 บาท กรมประมงจึงส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงและผลักดันให้เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดใหม่เพื่อสร้างอาชีพ เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร ปัจจุบันมีการเลี้ยงปลาชะโอนกันมากในพื้นที่ภาคใต้ เช่นจังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และพัทลุง ฯลฯ จากการศึกษาข้อมูลการเลี้ยงปลาชะโอนแปลงใหญ่ของเกษตรกรในพื้นที่ตำบลแหลมโตนด อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ประมาณ 30 ราย พบว่าปลาเจริญเติบโตช้าและมีขนาดที่แตกต่างกัน ซึ่งโดยทั่วไปมีสาเหตุมาจากอัตราการปล่อยที่หนาแน่นเกินไป (Monwar *et al*., 2013) ความถี่ในการให้อาหาร (Havas *et al*., 2015) ระดับโปรตีน ระดับไขมัน และระดับพลังงานในอาหารที่ปลาได้รับไม่เหมาะสม ซึ่ง Biswas *et al*. (2020) รายงานว่าปลาชะโอนที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 35% มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 25 และ 45% นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าปลาชะโอนที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40% เท่ากันแต่มีไขมัน 6.01 และ 9.87% มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน 13.54% (Chawpaknam and Bowonsupakijkul, 2003) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของปลาชะโอน แต่เนื่องจากเพิ่งเริ่มมีการส่งเสริมให้มีการเลี้ยงปลาชะโอนเชิงพาณิชย์ จึงทำให้ในท้องตลาดยังไม่มีอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาชะโอนโดยเฉพาะ ซึ่งต่างจากปลาดุก ปลานิล และปลากะพงขาว ซึ่งเป็นปลาเศรษฐกิจที่มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย จึงทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาชะโอนส่วนใหญ่ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาดุกซึ่งมีโปรตีนประมาณ 28-30% มาใช้เลี้ยงปลาชะโอน ทำให้ปลาชะโอนได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำกว่าความต้องการ จึงทำให้ปลาเจริญเติบโตช้า

ดังนั้น จำเป็นอย่างยิ่งการเลี้ยงปลาชะโอนเชิงพาณิชย์ ต้องให้อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการตรงกับความต้องการ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาชะโอน เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวการใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลากินเนื้อซึ่งมีระดับโปรตีนที่สูงกว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาดุกน่าจะเป็นแนวทางหนึ่ง แต่อาหารปลากินเนื้อที่มีระดับโปรตีนสูงมีราคาแพงกว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน อาจทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อเกษตรกรที่มีเงินทุนน้อย แนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงปลาให้แก่เกษตรกร คือการนำเศษเหลือจากการแปรรูปสัตว์น้ำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเม็ดสำเร็จรูปให้สูงขึ้น

จากการศึกษาข้อมูลกรรมวิธีการผลิตปลาป่นของโรงงานปลาป่นแห่งหนึ่งในจังหวัดสงขลา พบว่าจากกระบวนการผลิตปลาป่นนอกจากจะได้ปลาป่นแล้วมีเศษเหลือส่วนที่เป็นน้ำ ซึ่งบริษัทนำมาผ่านกระบวนการระเหยน้ำออกภายใต้ระบบสุญญากาศ ทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น

ได้เป็นน้ำนึ่งปลาเข้มข้นและน้ำมันปลา ซึ่งส่วนใหญ่จะขายให้กับโรงงานผลิตอาหารสัตว์ น้ำนึ่งปลาเข้มข้นมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพ ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทั้ง 9 ชนิด และยังอุดมไปด้วยกรดอะมิโนอิสระ เช่น อะลานีน (alanine) กรดแอสพาติก (aspartic acid) กรดกลูตามิก (glutamic acid) และไกลซีน (glycine) ซึ่งมีส่วนช่วยในการเพิ่มกลิ่น รส และเป็นสารดึงดูดและกระตุ้นการกินอาหารให้แก่สัตว์น้ำได้ (Wattanakul *et al*., 2017a) อีกทั้งยังมีรายงานว่าน้ำนึ่งปลาเข้มข้นประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (*polyunsaturated fatty acids*, *PUFAs*) สูงถึง 65.84 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (Wattanakul *et al*., 2019) สอดคล้องกับการเพิ่มน้ำมันปลาทูน่าในสูตรอาหาร ทำให้กรดลิโนเลนิก (linolenic acid, 18-3n-3) และกรดอะราชิโดนิก (arachidonic acid, 20:4n-6) ในอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้มีคุณสมบัติเป็นสารดึงดูดการกินอาหารของสัตว์น้ำเช่นเดียวกัน (Plaipetch *et al*., 2014) จึงทำให้นักวิจัยด้านอาหารสัตว์น้ำมีความสนใจที่จะนำน้ำนึ่งปลาเข้มข้นมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นเพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลากินเนื้อซึ่งต้องการอาหารที่มีโปรตีนสูง จากรายงานการใช้น้ำนึ่งปลาเข้มข้นทดแทนปลาป่น 50% ในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาช่อนทำให้ต้นทุนค่าอาหารลดลง 40.28 บาทต่อกิโลกรัม (Wattanakul *et al*., 2014) และการใช้น้ำนำนึ่งปลาเข้มข้นทดทดแทนปลาป่น 50% ในสูตรอาหารโปรตีน 40% สำหรับเลี้ยงปลากะพงขาว ทำให้ต้นทุนค่าอาหารลดลง 12.43 บาทต่อกิโลกรัม (Wattanakul *et al*., 2017b) อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนและไขมันในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด และลดอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและลดต้นทุนค่าอาหารปลาได้ (Pechsiri *et al*., 2021) แต่วิธีการดังกล่าวอาจจะไม่สะดวกสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่ไม่มีอุปกรณ์อัดเม็ดอาหาร ดังนั้นการนำเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำมาใช้ควรเป็นวิธีการที่ง่าย และเหมาะกับเกษตรกร

งานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้น้ำนึ่งปลาเข้มข้นและน้ำมันปลา ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตปลาป่น โดยการนำมาคลุกกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปสูตรทางการค้าที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน วิธีการดังกล่าวนอกจากเป็นวิธีการที่ง่าย สะดวก เกษตรกรทำได้ด้วยตนเองแล้ว น้ำนึ่งปลาเข้มข้นและน้ำมันปลายังช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ มีกลิ่นหอม มีกรดอะมิโนและมีกรดไขมันชนิดที่มีคุณสมบัติช่วยดึงดูดการกินอาหารทำให้ปลาเข้ามากินอาหารได้เร็วขึ้น อยากกินอาหารมากขึ้น ทำให้ปลาเจริญเติบโตเร็วขึ้น ลดการสูญเสียอาหารและช่วยลดต้นทุนค่าอาหาร ผลจากการวิจัยในครั้งนี้เป็นแนวทางให้แก่เกษตรกรที่เลี้ยงปลาชะโอนเชิงพาณิชย์ต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมปลาทดลอง

โครงการวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ (COA No. TSU 2023-007) เตรียมปลาทดลองโดยซื้อลูกพันธุ์ปลาชะโอนขนาดประมาณ 8-9 กรัม จำนวน 500 ตัว จากฟาร์มเกษตรกร ในตำบลแหลมโตนด อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง นำมาปรับสภาพการทดลองในกระชังที่กางในบ่อดินเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาดุก เป็นเวลา 2 สัปดาห์ คัดขนาด นับจำนวนและชั่งน้ำหนัก แล้วนำมาปล่อยในกระชังขนาด 2 × 2 × 1 ลูกบาศก์เมตร ที่กางในบ่อดินขนาด 8 × 8 × 1.2 ลูกบาศก์เมตร บ่อละ 3 กระชัง ๆ ละ 50ตัว

2.2 การเตรียมอาหารปลาทดลอง

เตรียมอาหารทดลองทุก ๆ 3 วัน โดยนำอาหารปลาดุกเล็ก (ซีพี 9920 ดี, บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน), สระบุรี, ประเทศไทย) ซึ่งเป็นอาหารที่เกษตรกรใช้สำหรับเลี้ยงปลาชะโอน มาคลุกด้วยน้ำนึ่งปลาเข้มข้นหรือน้ำมันปลาซึ่งเป็นเศษเหลือจากกระบวนการผลิตปลาป่นในอัตรา 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ผึ่งลมให้แห้งเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำไปทดสอบความคงทนในน้ำของเม็ดอาหารตามวิธีการของ (Somboon and Semachai, 2014)โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหาร 10 กรัม นำไปแช่ในน้ำนาน 1 ชั่วโมง และนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากการทดสอบอาหารทดลองมีความคงทนในน้ำมากกว่า 80% ชั่งน้ำหนักอาหารเก็บใส่กระป๋องพลาสติก ปิดฝา เพื่อนำไปใช้เป็นอาหารปลาทดลอง นำอาหารแต่ละชุดการทดลองไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีของ AOAC (2000) วิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยอบตัวอย่างในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยชุดวิเคราะห์โปรตีน (ยี่ห้อ Gerhardt, *ประเทศ*เยอรมันนี) และเครื่องไตเตรทแบบอัตโนมัติ (ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น T5, ประเทศสวิสเซอร์แลนด์) วิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยชุดวิเคราะห์ไขมัน (ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น SOX 416Macro, *ประเทศ*เยอรมันนี) และวิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง (ยี่ห้อ Carbolite รุ่น AAF 12/18, ประเทศอังกฤษ) ได้ผลดังตารางที่ 1

Table 1 Nutritional composition of the experimental diets (% dry matter basis)

Parameters	Experimental diets		
	Commercial feed (Control)	Commercial feed supplemented with fish condensate	Commercial feed supplemented with fish oil
Moisture	9.61±0.04[b]	12.71±0.24[a]	9.15±0.16[b]
Crude protein	27.92± 0.68[b]	36.34± 0.84[a]	28.20± 0.86 [b]
Crude lipid	10.45±0.56[b]	10.26±0.88[b]	14.98±0.63[a]
Ash	9.90±1.00[a]	9.79±0.46[a]	9.93±0.88[a]

Data are presented as means ± SD obtained from three replicates and values in the same row with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

2.3 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (*randomized complete block design*, RCBD) โดยจัดให้บ่อดินขนาด 8 × 8 ×1.2 ลูกบาศก์เมตรเป็นบล็อก จำนวน 3 บ่อ (3 บล็อก) แต่ละบ่อกางกระชังขนาด 2 × 2 × 1 ลูกบาศก์เมตรจำนวน 3 กระชัง ประกอบด้วย 3 ชุดการทดลอง คือ 1) อาหารเม็ดสำเร็จรูปสูตรทางการค้า (ชุดควบคุม) 2) อาหารเม็ดสำเร็จรูปสูตรทางการค้าเสริมด้วยน้ำนึ่งปลาเข้มข้น และ 3) อาหารเม็ดสำเร็จรูปสูตรทางการค้าเสริมด้วยน้ำมันปลา

2.4 การทดลองและการเก็บข้อมูล

2.4.1 อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหารตามชุดการทดลอง วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 9.00 น. และ 16.00 น. ให้ปลากินจนอิ่ม จดบันทึกอาหารที่ให้ ทดลองเป็นระยะเวลา 3 เดือน

2.4.2 การเก็บข้อมูล

2.4.2.1 ตรวจวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้ pH มิเตอร์ ออกซิเจนละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO) และความเป็นด่าง (alkalinity) โดยวิธีไตเตรชั่น (titration method) ตามวิธีของ APHA (1995) และความโปร่งแสง (transparency) โดยใช้เซคิดิสก์ (Secchi disc)

2.4.2.2 เก็บข้อมูลน้ำหนักและความยาวของปลาทดลองทั้งกระชัง ทุก ๆ 1 เดือน เป็นระยะเวลา 3 เดือน และเมื่อสิ้นสุดการทดลองชั่งน้ำหนักผลผลิตรวมต่อกระชัง นับจำนวนปลาที่เหลือรอด และปริมาณอาหารทั้งหมดที่ปลากิน เพื่อนำมาคำนวณหาน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (percentage weight gain, PWG %) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG กรัมต่อวัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR %ต่อวัน) อัตรารอด (survival rate, SR%) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio, FCR) และวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตปลา 1 กิโลกรัม โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

1) น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว (กรัม) $= \frac{\text{น้ำหนักทั้งหมด}}{\text{จำนวนปลา}}$

2) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%)

$= \frac{(\text{น.น.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น.น.ปลาเริ่มต้นการทดลอง})}{\text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้น}} \times 100$

3) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (กรัมต่อวัน)

$= \frac{(\text{น.น.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น.น.ปลาเริ่มต้นการทดลอง})}{\text{ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)}}$

4) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%ต่อวัน)

$= \frac{(\ln \text{น้ำหนักสุดท้าย} - \ln \text{น้ำหนักเริ่มต้น})}{\text{ระยะเวลาทดลอง}} \times 100$

5) อัตรารอด (%) $= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้น}} \times 100$

6) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น}}$

7) ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตปลา 1 กิโลกรัม (บาท/กก.) = อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ × ต้นทุนวัตถุดิบ (บาท/กิโลกรัม)

2.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำค่าน้ำหนักเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตรารอด อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารในแต่ละชุดการทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows version 25

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

3.1 คุณภาพน้ำ

ระหว่างการทดลอง อุณหภูมิของน้ำมีค่าระหว่าง 29.5-31.0 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าระหว่าง 6.9-7.8 ออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าระหว่าง 5.0-6.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างมีค่าระหว่าง 79.4-95.9 มิลลิกรัมต่อลิตร และความโปร่งแสงมีค่าระหว่าง 30.7-36.0 เซนติเมตร ซึ่งคุณภาพน้ำทั้ง 3 บ่อ อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาชะโอน ที่มีรายงานว่าอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาชะโอนไม่ควรมีค่าเกิน 31 องศาเซลเซียส (Rem *et al.*, 2020) ความเป็นกรด-ด่าง ควรมีค่าระหว่าง 6-8 ออกซิเจนละลายในน้ำควรมีค่ามากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (Bhatnagar and Devi, 2013) อีกทั้งความเป็นด่างของน้ำมีค่าใกล้เคียงกับการเลี้ยงปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรน้ำนึ่งปลาเข้มข้นทดแทนปลาป่น ที่มีความเป็นด่าง 98.44 ± 0.28 มิลลิกรัมต่อลิตร (Wattanakul *et al.*, 2017c) และความโปร่งแสงของน้ำมีค่าใกล้เคียงกับการเลี้ยงปลาในสกุลเดียวกันเช่น *O. pabda* (Hamilton 1822) ที่เลี้ยงในบ่อดินมีความโปร่งแสงระหว่าง 29.96±1.84 -31.91±1.58 เซนติเมตร (Islam *et al.*, 2021)

3.2 อัตราการเจริญเติบโต

ผลการทดลองพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปสูตรทางการค้า (T1) อาหารเม็ดสำเร็จรูปสูตรทางการค้าที่เสริมด้วยน้ำนึ่งปลาเข้มข้น (T2) และเสริมด้วยน้ำมันปลา (T3) มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) มีน้ำหนักและความยาวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง (ภาพที่ 1 และ 2) น้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ยในเดือนที่ 1 มีค่าระหว่าง 14.18±1.23-16.59±1.39 กรัม และ 12.42±0.64-12.95±0.64 เซนติเมตร ตามลำดับ เดือนที่ 2 มีน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 21.17±3.07 -24.04±5.95 กรัม ความยาวเฉลี่ย 14.58±1.02-14.88±1.02 เซนติเมตร และเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 3 เดือนมีน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 26.61±3.17-30.37±4.01 กรัม ความยาวเฉลี่ยระหว่าง 15.32±1.05-15.66±1.45 เซนติเมตร มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นระหว่าง 192.93±47.36-278.39±79.15% น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันระหว่าง 0.19±0.04-0.25±0.08 กรัมต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะระหว่าง 1.19±0.18-1.46±0.24% ต่อวัน (ตารางที่ 2) ต่างจากผลการศึกษาส่วนใหญ่ที่พบว่าการเจริญเติบโตของปลาชะโอนขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนและไขมันในอาหาร เช่น Biswas *et al*. (2020) รายงานว่าปลาชะโอนที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 35% มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงกว่าปลาที่ได้อาหารที่มีโปรตีน 25 และ 45% ในขณะที่ Chawpaknam and Bowonsupakijkul (2003) รายงานว่าการเลี้ยงปลาชะโอน ด้วยอาหารที่มีโปรตีน 40% เท่ากันแต่มีไขมันแตกต่างกัน พบว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน 6.01 และ 9.87% มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน 13.54% สาเหตุที่ทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันในการศึกษาครั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารที่มีโปรตีนสูง (T2) มีความชื้นสูงด้วย จึงทำให้ปริมาณโปรตีนที่ปลาได้รับไม่ต่างกับอาหารที่มีโปรตีนต่ำและมีความชื้นต่ำ (T1 และ T3) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าการศึกษาครั้งนี้ปลาได้รับอาหารที่มีโปรตีนไขมันและความชื้นต่างกันมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) แต่เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยน้ำนึ่งปลาเข้มข้นและน้ำมันปลามีแนวโน้มที่ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม (ตารางที่ 2) อีกทั้งยังพบว่าปลาที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยน้ำนึ่งปลาเข้มข้นและน้ำมันปลามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 0.25 กรัมต่อวัน ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Dullyasiriwit (2019) ที่รายงานว่าการเลี้ยงปลาชะโอนจากขนาด 6.51+1.97 กรัม (สัปดาห์ที่ 3) จนได้ขนาด 26.50+12.24 กรัม (สัปดาห์ที่ 15) โดยให้อาหารโปรตีน 43.99% มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 0.24 กรัมต่อวัน

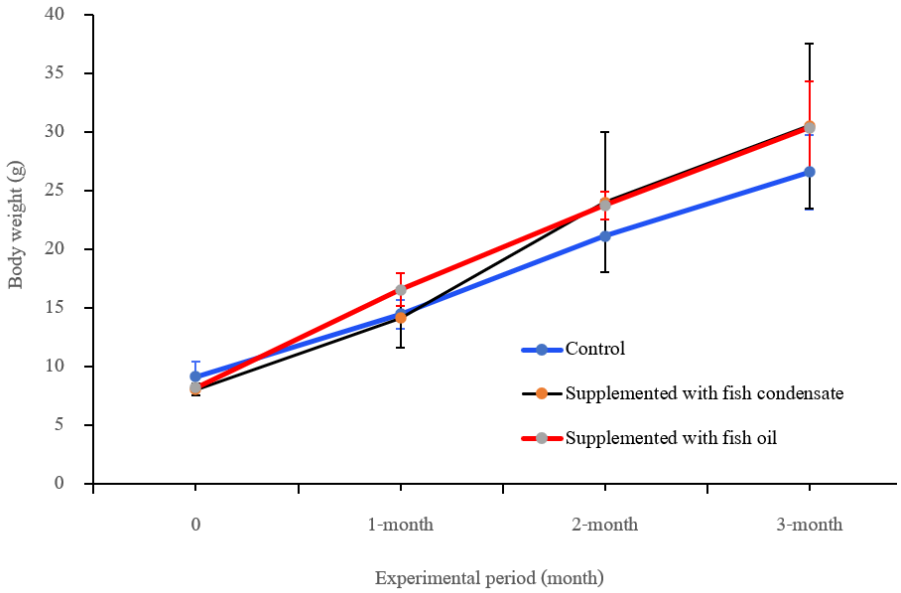


Figure 1 Mean body weight of O. *bimaculatus* during the experimental period for 3 months

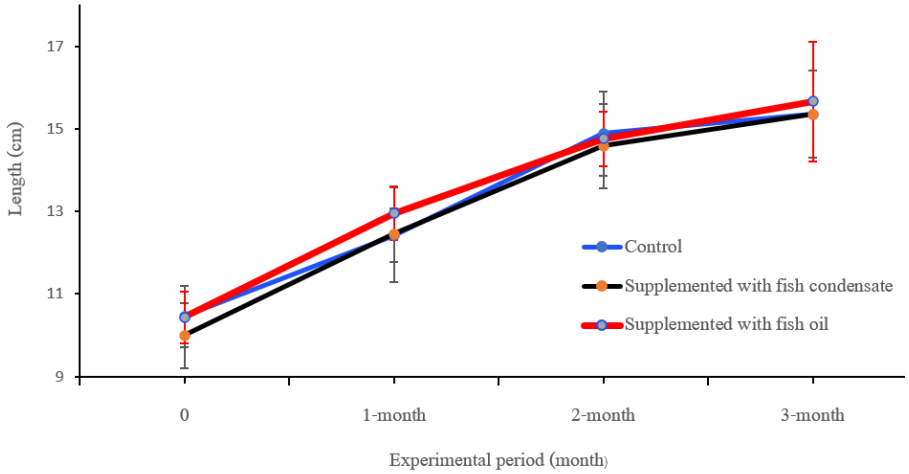


Figure 2 Mean body length of O. *bimaculatus* during the experimental period for 3 months

3.3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปสูตรทางการค้าเสริมด้วยน้ำนึ่งปลาเข้มข้น (T2) และน้ำมันปลา (T3) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 2.03±0.69 และ 1.93±0.38 ตามลำดับ ในขณะที่ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม (T1) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงถึง 2.93±0.70 จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเสริมน้ำนึ่งปลาเข้มข้นและน้ำมันปลาในอาหารสำเร็จรูปสูตรทางการค้าทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารที่เสริมด้วยน้ำนึ่งปลาเข้มข้นมีโปรตีน 36.34±0.84% ซึ่งสูงกว่าอาหารชุดควบคุมที่มีโปรตีนเพียง 27.92±0.68% สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Biswas *et al.* (2020) รายงานว่าปลาชะโอนที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 35% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเพียง 1.62±0.04 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปลาที่ได้อาหารที่มีโปรตีน 25 และ 30% ที่มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.76±0.02 และ 1.78±0.03 ตามลำดับ อีกทั้งน้ำนึ่งปลาเข้มข้นมีส่วนช่วยในการเพิ่มกลิ่น รส และยังประกอบด้วยกรดอะมิโนอิสระเช่น อะลานีน กรดแอสพาติก กรดกลูตามิก และไกลซีน (Wattanakul *et al.*, 2017a) ซึ่งเป็นสารดึงดูดและกระตุ้นการกินอาหารของปลา เช่นเดียวกับปลาที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยน้ำมันปลา ถึงแม้ว่ามีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างทางสถิติกับอาหารชุดควบคุมแต่มีปริมาณไขมันสูงกว่าอาหารชุดควบคุมและน้ำมันปลาประกอบด้วยกรดไขมัน*ลิโนเลนิก* และ*อะราชิโดนิก* ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารดึงดูดการกินอาหารของปลา ทำให้

ปลาเข้ามากินอาหารได้เร็วขึ้น ลดการสูญเสียอาหาร ทำให้ใช้อาหารน้อยลง อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อจึงลดลง (Rawat *et al*., 2018)

3.4 อัตรารอด

ปลาที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปสูตรทางการค้าเสริมด้วยน้ำนึ่งปลาเข้มข้น (T2) หรือน้ำมันปลา (T3) มีอัตรารอดสูงถึง 97.33±1.15 และ 99.33±1.15% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม (T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ที่มีอัตรารอดเพียง 89.33±3.06% ต่างจากผลการศึกษาเกี่ยวกับการเลี้ยงปลาชะโอนด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน (Biswas *et al*., 2020) โปรตีนระดับเดียวกันแต่พลังงานในอาหารต่างกัน (Chawpaknam and Bowonsupakijkul, 2003) หรือการเสริมยีสต์ในอาหารที่ระดับต่างกัน (Yaovarat and Chomphunich, 2017) ที่รายงานว่ามีอัตรารอดไม่แตกต่างกัน ผลจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอัตรารอดที่สูงขึ้นน่าจะมีผลมาจากการน้ำนึ่งปลาเข้มข้นและน้ำมันปลา เนื่องมาจากน้ำนึ่งปลาเข้มข้นและน้ำมันปลา มีกรดอะมิโนและกรดไขมันที่มีคุณสมบัติช่วยดึงดูดการกินอาหารของปลา ช่วยลดการกินกันเอง (Rawat *et al*., 2018) จึงทำให้มีอัตรารอดมากขึ้น อย่างไรก็ตามปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุมมีอัตรารอดใกล้เคียงกับปลาชะโอนที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 40% มีอัตรารอดระหว่าง 85.33±2.92-89.90±0.32% (Chawpaknam and Bowonsupakijkul, 2003)

3.5 ต้นทุนค่าอาหาร

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าถึงแม้ว่าการเสริมน้ำนึ่งปลาเข้มข้น (T2) และน้ำมันปลา (T3) ในอาหารสำเร็จรูปสูตรทางการค้าทำให้ค่าใช้จ่ายค่าอาหารเพิ่มขึ้นกิโลกรัมละ 1 และ 2 บาท ตามลำดับ แต่เมื่อคำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตปลา 1 กิโลกรัม พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปสูตรทางการค้าที่เสริมน้ำนึ่งปลา (T2) และน้ำมันปลา (T3) มีต้นทุนค่าอาหารที่ต่ำกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปสูตรทางการค้า (ชุดควบคุม) 23.6-24.6 บาทต่อการผลิตปลา 1 กิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำนึ่งปลาเข้มข้นและน้ำมันปลามีส่วนประกอบของกรดอะมิโนอิสระและกรดไขมันที่มีคุณสมบัติช่วยดึงดูดการกินอาหารของปลา ทำให้อาหารมีความน่ากินมากขึ้นปลาเข้ามากินอาหารเร็วขึ้นสูญเสียอาหารน้อยลง ใช้อาหารน้อยลง จึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารลดลง (Rawat *et al*., 2018) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wattanakul *et al*. (2014) ที่รายงานว่าการใช้นึ่งปลาเข้มข้นทดแทนปลาป่น 50% ในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาช่อนทำให้ต้นทุนค่าอาหารลดลง 40.28 บาทต่อกิโลกรัม และการใช้นำนึ่งปลาเข้มข้นทดทดแทนปลาป่น 50% ในสูตรอาหารโปรตีน 40% สำหรับเลี้ยงปลากะพงขาว ทำให้ต้นทุนค่าอาหารลดลง 12.43 บาทต่อกิโลกรัม (Wattanakul *et al*., 2017b)

Table 2 Growth performance, feed conversion ratio and survival rate of *Ompok bimaculatus* fed with different diets

Parameters	Experimental diets		
	Commercial feed (Control)	Commercial feed supplemented with fish condensate	Commercial feed supplemented with oil
Initial weight (g)	9.17±1.24 [a]	8.05±0.5 [a]	8.24±0.03[a]
Final weight (g)	26.61±3.17[a]	30.55±7.04[a]	30.37±4.01[a]
Final length (cm)	15.32±1.05 [a]	15.35±1.05 [a]	15.66±1.45 [a]
Weight gain percentage (%)	192.93±47.36[a]	278.39±79.15[a]	268.58±49.97[a]
Daily weight gain (g/day)	0.19±0.04[a]	0.25±0.08[a]	0.25±0.04[a]
Specific growth rate (%/day)	1.19±0.18[a]	1.46±0.24[a]	1.44±0.16[a]
Feed conversion ratio	2.93±0.70[a]	2.03±0.69[b]	1.93±0.38[b]
Survival rate (%)	89.33±3.06[b]	97.33±1.15[a]	99.33±1.15[a]

Data are presented as means ± SD obtained from three replicates and values in the same row with different superscript letters are significantly different (p < 0.05).

Table 3 Feed price and feed cost per kilogram of fish

Experimental diets	Feed price (Baht/kg)	Feed cost per kilogram of fish (Baht/kg)
Commercial feed (Control)	28.5	83.5±20.0[a]
Commercial feed supplemented with fish condensate	29.5	59.9±20.3[b]
Commercial feed supplemented with fish oil	30.5	58.9±11.7 [b]

Data are presented as means ± SD obtained from three replicates and values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

4. สรุป

การประยุกต์ใช้น้ำนึ่งปลาเข้มข้นและน้ำมันปลาซึ่งเป็นเศษเหลือจากการผลิตปลาป่นมาคลุกอาหารปลาสำเร็จรูปสูตรทางการค้า ชนิดเม็ดลอยน้ำ โปรตีน 27.3% ในอัตรา 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เลี้ยงปลาชะโอนขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 8.05±0.5-9.17±1.24 กรัม เป็นระยะเวลา 3 เดือน ทำให้อัตรารอดเพิ่มมากขึ้น 8-10% อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อลดลง 0.9-1.0 และต้นทุนค่าอาหารลดลง 23.6-24.6 บาทต่อการผลิตปลา 1 กิโลกรัม ซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปเป็นแนวทางในการลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงปลาชะโอนได้

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากโครงการยุวชนอาสาประจำปีงบประมาณ 2566 ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล ที่อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และสถานที่ดำเนินการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2000. **Official methods of analysis.** 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg.

APHA. 1995. **Standard methods for the examination of water and waste water.** 10th ed. American Public Health Association, Washington.

Bhatnagar, A. and Devi, P. 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. **International Journal of Environmental Sciences** 3(6): 1980-2009.

Biswas, P., Jena, A.K., Patel, A.B. and Pandey, P.K. 2020. Dietary protein requirement of Indian Butter catfish, *Ompok bimaculatus* (Bloch) fingerlings. **Journal of Applied Aquaculture** 32(2): 107-123.

Chawpaknam, C. and Bowonsupakijkul, S. 2003. Dietary energy requirement for *Ompok bimaculatus* (Bloch), pp. 163-170. *In* **Academic Conference Kasetsart University 41st.** Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Dullyasiriwit, N. 2019. **Effects of stocking densities on growth performance of Butter catfish *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1794) at 2 different sizes in Cages.** Technical Paper No. 2/2019. Inland Aquaculture Research and Development, Regional Center 7 (Chon Buri), Department of Fisheries. (in Thai)

Havasi, M., Kumar, S., Nagy, Z., Beliczky, G., Nagy, S., Bercsény, M. and Gal, D. 2015. Effects of feeding regime on growth feed conversion and size variation of *Silurus glanis*. **Croatian Journal of Fisheries** 73: 142-147.

Islam, A., Samad, A., Paul , D., Asif, A. and Hossain, A. 2021. Feeding frequency on the growth and production of endemic near-threatened *Ompok pabda* (Hamilton 1822) in pond setup. **Asian-Australasian Journal of Bioscience and Biotechnology** 6(2): 89-102.

Monwar, M.M., Sarker, R.A. and Das, N.G. 2013. Polyculture of seabass with tilapia for the utilization of brown fields in the coastal areas of Cox's Bazar, Bangladesh. **International Journal of Fisheries and Aquaculture** 5(6): 104-109.

Paul, B.N., Bhowmick, S. Chanda, S., Sridhar, N. and Giri, S.S. 2018. Nutrient profile of five freshwater fish species. **SAARC Journal of Agriculture** 16(2): 25-41.

Pechsiri, J., Chainapong, T. and Panritdam, T. 2021. The efficiency of catfish processing waste in

the formulated diets on cage culture of hybrid catfish (*Clarias macrocephalus x C. gariepinus*). **Wichcha Journal** 40(1): 16-30. (in Thai).

Plaipetch, P., Tamtin, M., Kuekaew, J., Chonchuenchob, P. and Siritanawongsa, B. 2014. Evaluation on optimum dietary n-3/n-6 fatty acids ratio for growth of Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) using the commercially practical diet. **KKU Research Journal** 19(1): 119-130. (in Thai)

Rawat, P., Siddhnath, Singh, S.M., Bharti, R.K., Verma, N. and Chirwatkar, B. 2018. *Ompok bimaculatus* rearing potential with feed attractants used in aquaculture. **International Journal *of* Pure *Applied* Bioscience** 6(6): 621-634.

Rem, P., Chiayvareesajja, S. and 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.

Somboon, S. and Semachai, V. 2014. The optimum level of cassava meal, corn meal, and broken rice in processing floating diets for Nile tilapia, (*Oreochromis niloticus*). pp. 258-265. *In* **Academic Conference Kasetsart University 52nd.** Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Wattanakul, W., Wattanakul, U. and Ishaak, J. 2014. The effects of using liquid fish condensate as fishmeal replacement in diet on growth and survival rate of striped snake- head fish (*Channa striatus*). **RMUTSB Academic Journal** 2(2): 121-130. (in Thai)

Wattanakul, W., Wattanakul, U., Thongprajukaew, K. and Muenpo, C. 2017a. Optimal protein replacement of fish meal by mackerel condensate in diet for giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). **Aquaculture Research** 48: 697-710.

Wattanakul, W., Wattanakul, U. and Ishaak, J. 2017b. **Research Report on Effects of palm kernel meal and fishes condensate incorporation in diet of seabass (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) to reduce production cost.** Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Techonology Srivijaya. (in Thai)

Wattanakul, W., Wattanakul, U., Thongprajukaew, K. and Muenpo, C. 2017c. Fish condensate as effective replacer of fish meal protein for striped snakehead, *Channa striata* (Bloch). **Fish Physiology *and* Biochemistry** 43: 217-228.

Wattanakul, U., Wattanakul, W. and Thongprajukaew, K. 2019. Optimal replacement of fish meal protein by stick water in diet of sex-reversed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Animals** 9: 521.

Yaovarat, B. and Chomphunich, J. 2017. **Efficiency of Brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as supplementary feed for *Ompok bimaculatus* (Bloch,1794) in gage.** Annua Report 2017. Inland Aquaculture Research and Development, Regional Center 7 (Chon Buri), Department of Fisheries. (in Thai)