

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๑/๒๕๖๔



Technical Paper No. 1/2021

ประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิตในการเลี้ยงปลาบึกในกระชัง
Efficiency of Protein, Energy and Production Cost of Mekong Giant Catfish
(*Pangasianodon gigas* Chevey, 1930) Culture in Cage

สุทัศน์ เฟือกจีน
อุไรวรรณ ชำนาญเวช
ดาราวรรณ ยุทธยงค์
นเรศ นาเมืองรักษ์

Suthus Phaukgeen
Uraiwan Chamnanwech
Darawan Yuttayong
Nared Namueangrak

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด
กรมประมง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Inland Aquaculture Research and Development Division
Department of Fisheries
Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๑/๒๕๖๔



Technical Paper No. 1/2021

ประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิตในการเลี้ยงปลาบึกในกระชัง
Efficiency of Protein, Energy and Production Cost of Mekong Giant Catfish
(*Pangasianodon gigas* Chevey, 1930) Culture in Cage

สุทัศน์ เผือกจีน
อุไรวรรณ ชำนาญเวช
ดาราวรรณ ยุทธยงค์
นเรศ นาเมืองรักษ์

Suthus Phaukgeen
Uraiwan Chamnanwech
Darawan Yuttayong
Nared Namueangrak

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด
อุดรธานี
กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด
กรมประมง
๒๕๖๔

Udonthani Inland Aquaculture Research and
Development Center
Inland Aquaculture Research and Development Division
Department of Fisheries
2021

รหัสทะเบียนวิจัย 62-1-310-62017-01

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
วิธีดำเนินการ	4
1. การวางแผนการทดลอง	4
2. วิธีการทดลอง	5
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล	7
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	8
5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	9
ผลการทดลอง	9
สรุปและวิจารณ์ผล	19
ข้อเสนอแนะ	21
เอกสารอ้างอิง	22

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบของสูตรอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ และพลังงาน 2 ระดับ	7
2	การเปลี่ยนแปลงความยาวเหยียด (เซนติเมตร) ของปลาบึกในระหว่างการทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	11
3	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก (กรัม) ของปลาบึกในระหว่างการทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	12
4	การวิเคราะห์อภิมูลของโปรตีนและพลังงานที่มีต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพของอาหาร ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนในการเลี้ยงปลาบึกในกระชังที่ได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 3 ระดับ และพลังงาน 2 ระดับ เป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	13
5	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ Treatment Combination ระหว่างโปรตีน และพลังงานที่มีต่อการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอดตาย ประสิทธิภาพของอาหาร ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนในการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	14
6	ค่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาบึกหลังได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและระดับพลังงานที่แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	15
7	คุณสมบัติของน้ำระหว่างการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	16
8	ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	18

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเจริญเติบโตด้านความยาวเหยียด (เซนติเมตร) ของปลาบึกที่เลี้ยงในกระชังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	12
2	การเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก (กรัม) ของปลาบึกที่เลี้ยงในกระชังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	12

ประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิตในการเลี้ยงปลาบึกในกระชัง

สุทัศน์ เผือกจีน^{1*}, อุไรวรรณ ชำนาญเวช², ดาราวรรณ ยุทธยงค์³ และ นเรศ นาเมืองรักษ์¹

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดอุดรธานี

²กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

³กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิตในการเลี้ยงปลาบึกในกระชัง โดยศึกษาปัจจัยร่วมระหว่างระดับโปรตีนและพลังงาน มีโปรตีน 3 ระดับ ได้แก่ 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพลังงานมี 2 ระดับ คือ 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม รวมอาหารทดลองทั้งสิ้น 6 สูตร ปลาบึกมีความยาวเฉลี่ยเริ่มต้นเฉลี่ย 20.2 ± 1.33 เซนติเมตร น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 77.9 ± 14.50 กรัม ทดลองเลี้ยงปลาบึกในกระชังขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร ปลอยปลาบึกกระชังละ 10 ตัว ให้กินอาหารจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 181 วัน ผลการทดลองพบว่า ระดับโปรตีนมีอิทธิพลต่อความยาวเฉลี่ยสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร ($p < 0.05$) ส่วนระดับพลังงานไม่มีอิทธิพลต่อความยาวเฉลี่ยสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตรารอดตาย อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพของอาหาร และประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร ($p > 0.05$) และไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างโปรตีนและพลังงาน ($p > 0.05$) โดยระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ปลามีการเจริญเติบโต ความยาวเฉลี่ยสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย และน้ำหนักเพิ่มต่อวัน สูงกว่าที่ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) และระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ปลามีการเจริญเติบโต ความยาวเฉลี่ยสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย และน้ำหนักเพิ่มต่อวัน สูงกว่าที่ระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) แต่ระดับโปรตีนและพลังงานไม่มีอิทธิพลต่ออัตรารอดตาย อัตราแลกเนื้อ และประสิทธิภาพของอาหาร ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตพบว่า ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีรายได้สุทธิดีที่สุด 290.18 บาทต่อกระชัง และต้นทุนต่อตัวต่ำที่สุด 161.91 บาท ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การเลี้ยงปลาบึกในกระชังที่ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีความคุ้มค่าที่สุด

คำสำคัญ: ปลาบึก, โปรตีน, พลังงาน, ต้นทุนการผลิต, กระชัง

* ผู้รับผิดชอบ: 595 ถนนพะนิมม ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 โทร 0 4222 1167

E-mail: suthus_53@hotmail.com

Efficiency of Protein, Energy and Production Cost of Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas* Chevey, 1930) Culture in Cage

Suthus Phaukgeen^{1*}, Uraiwan Chamnanwech², Darawan Yuttayong³
and Nared Namueangrak¹

¹Udonthani Inland Aquaculture Research and Development Center

²Inland Aquaculture Research and Development Division

³Aquatic Animal Feed Research and Development Division

Abstract

Study on efficiency of protein, energy and production cost of Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas* Chevey, 1930) culture in cage was studied by using three protein levels (25, 30 and 35%) and two energy levels (400 and 500 kcal/100 g feed) with three replications. Average initial total length and weight of fish were 20.2 ± 1.33 cm and 77.9 ± 14.50 g. Ten fish were stocked in each cage (1 m³). Fish were fed twice daily for 181 days. The results showed that protein levels had influence on average final total length, average final weight, daily weight gain and protein efficiency ratio ($p < 0.05$). Energy levels had not influence on average final total length, average final weight, daily weight gain, survival rate, feed conversion ratio, feed efficiency ratio and protein efficiency ratio ($p > 0.05$). There were no interactions between protein and energy ($p > 0.05$). Protein level 35% caused the fish to grow average final total length, average final weight and daily weight gain better than protein level 30% ($p < 0.05$). Protein level 30% caused the fish to grow average final total length, average final weight and daily weight gain better than protein level 25% ($p < 0.05$). The influence of protein and energy did not cause survival rate, feed conversion ratio and feed efficiency ratio to differ ($p > 0.05$). When considering the cost of production, we find that protein level 30% and energy level 400 kcal/100 g feed has the best net income 290.18 baht/cage and lowest cost per fish 161.91 baht. Based on the results, this is the most suitable feed for raise in cage culture.

Keywords: Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas* Chevey, 1930), protein, energy, production cost, cage

* Corresponding author: 595 Phoa Niyom Road, Mak khaeng, Muang, Udonthani 41000
Tel. 0 4222 1167 E-mail: suthus_53@hotmail.com

คำนำ

ปลาบึก (Mekong giant catfish) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pangasianodon gigas* Chevey, 1930 เป็นปลาน้ำจืดไม่มีเกล็ดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก เป็นปลาที่คนไทยรู้จักมานาน ปลาบึกถูกจัดอยู่ในกลุ่มสัตว์หายากและใกล้จะสูญพันธุ์ ในธรรมชาติพบในแม่น้ำโขงและลุ่มน้ำสาขาเท่านั้น กรมประมงสามารถเพาะพันธุ์ปลาบึกได้เป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2526 แต่ขณะนั้นได้ลูกปลาจำนวนไม่มากนัก (เสนห์, 2527) และกรมประมงมีความพยายามที่จะส่งเสริมให้เพาะขยายพันธุ์ปลาบึกให้ได้จำนวนมากขึ้น จนกระทั่งปี พ.ศ. 2527 ได้มีการเพาะขยายพันธุ์ปลาบึกอีกครั้ง ซึ่งนับว่าเป็นการเพาะพันธุ์ที่ประสบความสำเร็จอย่างยิ่งเนื่องจากได้ลูกปลาจำนวนมาก โดยลูกปลาที่ได้จากการเพาะพันธุ์ในครั้งนั้นได้แจกจ่ายไปตามศูนย์และสถานีประมงทั่วประเทศ เพื่อนำไปทดลองเลี้ยงและศึกษาด้านการเจริญเติบโตและลักษณะทางชีววิทยาต่าง ๆ อีกส่วนหนึ่งได้ปล่อยลงสู่แม่น้ำและแหล่งน้ำต่าง ๆ ของประเทศ ในปี พ.ศ. 2544 กรมประมงประสบความสำเร็จอีกขั้นหนึ่งโดยสามารถเพาะขยายพันธุ์ปลาบึกจากพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงไว้ในบ่อดินได้สำเร็จ ณ สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดพะเยา และศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ (กรมประมง, 2544) ปัจจุบันศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดกรมประมง ได้มีการผสมเทียมปลาบึกได้ลูกปลาบึกปีละหลายแสนตัวซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกรที่จะนำไปเลี้ยง ลูกปลาบึกขนาดเล็กที่มีความยาวไม่เกิน 50 เซนติเมตร มีฟันในปาก แต่ไม่พบฟันในปลาบึกขนาดใหญ่ แสดงว่าปลาบึกที่มีขนาดเล็กกินเนื้อเป็นอาหาร เช่น ไรแดง ไรน้ำ ลูกปลาขนาดเล็ก เป็นต้น แต่เมื่อปลาโตขึ้นมีขนาดใหญ่ขึ้นกินอาหารจำพวกสาหร่ายพื้นท้องน้ำหรือกรองกินแพลงก์ตอน ดังนั้น ปลาบึกจึงน่าจะมีการกินอาหารได้ในช่วงที่มีโปรตีนระดับ 20-40 เปอร์เซ็นต์ (ขวลิต และสมศักดิ์, 2536)

สำหรับการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเป็นการเลี้ยงที่ให้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงในบ่อดิน ได้รับความนิยมสำหรับราษฎรที่อาศัยเรือนแพในแม่น้ำ ลำคลอง แถบภาคกลาง เช่น จังหวัดนครสวรรค์ อุทัยธานี พระนครศรีอยุธยา เป็นต้น (กรมประมง, 2549) ในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีปริมาณการเพาะเลี้ยงปลาบึกในประเทศไทย 22,500 ตัน (กรมประมง, 2559) แต่ยังไม่เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก จึงได้มีการนำเข้าปลาบึก (ดอลลี) จากประเทศเวียดนามซึ่งมีเนื้อที่มีสีขาวกว่าปลาบึกในประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2556-2559 ประเทศเวียดนามได้มีการส่งปลาบึกเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทยในลักษณะสินค้าแช่แข็ง คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1,200-2,700 ล้านบาท (กรมประมง, 2559) โดยประเทศเวียดนามเลี้ยงปลาบึกกันเป็นจำนวนมากบริเวณทางตอนล่างของประเทศ เขตบริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขง ซึ่งมีสภาพเหมาะสมแก่การเลี้ยงปลาเป็นอย่างมาก ดังนั้น เพื่อเป็นการลดการนำเข้าปลาบึกจากเวียดนาม จึงควรส่งเสริมการเลี้ยงปลาบึก สามารถส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไปในเชิงพาณิชย์ได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางการค้าทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ เนื่องจากปลาบึกเป็นที่นิยมของผู้บริโภค เนื้อมีรสชาติดี เนื้อแน่น มีลายกล้ามเนื้อเป็นวงคล้ายวงปีของเนื้อไม้ เมื่อพิจารณาด้านคุณค่าทางอาหารพบว่า เนื้อปลาบึกมีโอเมก้า 3 ชนิด DHA ที่สูงกว่าปลาแมกเคอเรล ปลาซาร์ดีน ปลาเทราต์ ปลาแซลมอน และปลาทู (เกรียงศักดิ์, 2559) แต่ในการส่งออกมีปัญหาอุปสรรคในด้านอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (CITES) เนื่องจากปลาบึกจัดเป็นสัตว์น้ำที่ใกล้สูญพันธุ์ต้องขออนุญาตในการส่งออกไปนอกราชอาณาจักรตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ว่าด้วยการส่งสินค้าออกไปนอกราชอาณาจักร (ฉบับที่ 58) พ.ศ. 2534 เกษตรกรในประเทศไทยควรให้ความสำคัญและทำการเลี้ยงปลาบึกกันมากขึ้นเพื่อลดการนำเข้าปลาบึกจากประเทศเวียดนาม เนื่องจากปลาบึกสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมการเลี้ยงในบ่อดินของประเทศไทยได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังมีอัตราการเจริญเติบโตรวดเร็วกว่าปลาบึกเวียดนาม 2-3 เท่า และมีความทนทานต่อโรคได้เป็นอย่างดี

สำหรับอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น โปรตีนในอาหารถือเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในอาหารสัตว์น้ำและมีราคาแพง โดยปกติสัตว์น้ำมีความต้องการโปรตีนมากถึง 30-50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร (Lovell, 1989) หรือประมาณ 1 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (Wilson, 1989) วีรพงศ์ (2536) กล่าวถึงความต้องการโปรตีนของปลาแต่ละประเภทสามารถแบ่งออกได้อย่างกว้าง ๆ ดังนี้ ปลากินพืช (herbivore) มีความต้องการโปรตีน 18-25 เปอร์เซ็นต์ ปลากินพืชและเนื้อ (omnivore) มีความต้องการโปรตีน 25-35 เปอร์เซ็นต์ และปลากินเนื้อ (carnivore) มีความต้องการโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป พลังงานถือว่ามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและมีความสัมพันธ์กับระดับโปรตีน ซึ่งค่าพลังงานในอาหารที่เหมาะสมสำหรับปลากินพืช 240-280 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม ปลากินทั้งพืชและเนื้อ 320-360 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม และปลากินเนื้อ 360-400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม (อมรรัตน์ และคณะ, 2548) ทั้งนี้ หากปลาได้รับพลังงานจากอาหารไม่เพียงพอ ปลาจะนำโปรตีนมาสลายเป็นพลังงานเพื่อใช้ในกิจกรรมการดำรงชีวิต เช่น การว่ายน้ำ การย่อยอาหาร การขับถ่าย ทำให้โปรตีนเหลือสำหรับนำไปสร้างเนื้อเยื่อหรือระบบต่าง ๆ ของร่างกายน้อยลงทำให้ปลาเกิดการเจริญเติบโตช้า แต่ถ้าปลาได้รับพลังงานมากเกินไป ความต้องการของร่างกายปลาจะกินอาหารน้อยลง เนื่องจากปลากินอาหารเพียงเล็กน้อยก็ได้รับพลังงานเพียงพอ แต่ปลาจะได้รับโปรตีนไม่เพียงพอแก่ความต้องการของร่างกายและพลังงานที่เกินความต้องการของร่างกายจะถูกเก็บสะสมไว้ในร่างกายในรูปไขมันและคาร์โบไฮเดรตซึ่งหากมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อปลา (National Research Council, 1993)

ปัจจุบันการเลี้ยงปลาในกระชังเป็นอาชีพที่มีเกษตรกรทำการเลี้ยงกันอย่างมากมายในแหล่งน้ำภายในประเทศทั้งแหล่งน้ำปิดและแหล่งน้ำเปิด ปลาบึกจึงมีแนวโน้มที่สามารถเป็นสัตว์น้ำจืดเศรษฐกิจตัวใหม่ได้ จากที่กรมประมงสามารถเพาะพันธุ์และได้จำหน่ายลูกพันธุ์ปลาบึกให้กับเกษตรกรที่สนใจซื้อไปเลี้ยงเพิ่มขึ้น โดยส่วนมากเกษตรกรมักจะนิยมซื้อปลาบึกขนาด 7-10 นิ้ว นำไปเลี้ยงร่วมกับปลาชนิดอื่น ๆ เนื่องจากลูกปลา มีความแข็งแรงและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี อย่างไรก็ตามการศึกษาเรื่องการเลี้ยงลูกปลาบึกยังขาดข้อมูลระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในการเลี้ยงจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการ ดังนั้น การศึกษาเรื่องการเลี้ยงปลาบึกในกระชังด้วยระดับโปรตีนและพลังงานที่แตกต่างกัน จึงเป็นงานวิจัยที่สำคัญและน่าสนใจเป็นอย่างยิ่งที่จะเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปส่งเสริมเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเชิงพาณิชย์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทราบผลของระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารเลี้ยงปลาบึกในกระชัง โดยพิจารณาจากอัตราการเจริญเติบโต อัตราการอดตายของปลาบึก
2. เพื่อทราบต้นทุนการเลี้ยงปลาบึกในกระชัง

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการทดลอง

1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3×2 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (3×2 Factorial in Completely Randomized design) โดยมี 3 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัย A ระดับโปรตีน มี 3 ระดับ ได้แก่			
a1 ระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์			
a2 ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์			
a3 ระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์			
ปัจจัย B ระดับพลังงานรวม มี 2 ระดับ ได้แก่			
b1 ระดับพลังงาน 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม			
b2 ระดับพลังงาน 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม			
	a1 (25%)	a2 (30%)	a3 (35%)
b1	a1b1	a2b1	a3b1
(400 kcal/100 g)			
b2	a1b2	a2b2	a3b2
(500 kcal/100 g)			

1.2 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่แม่น้ำโขง อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-กรกฎาคม 2562 เป็นระยะเวลา 6 เดือน

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมปลาทดลอง

2.1.1 การเพาะพันธุ์ปลาบึก

เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาบึกในบ่อดินขนาด 2 ไร่ จำนวน 10 ตัว ด้วยอาหารผสมสารเร่งการสร้าง ความเจริญเติบโตของรังไข่และน้ำเชื้อ โดยใช้อาหารปลาตุ๊กเล็ก (โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์) วิตามินอี วิตามินซี สารยาสไปรูลิโน น้ำมันตับปลา และแป้งสาหร่าย เมื่อถึงฤดูผสมพันธุ์คัดเลือกแม่ปลาที่ลักษณะท้องอูมใหญ่ขึ้น ทำการตรวจสอบแม่ปลาโดยการใช้สายยางขนาดเล็กเสียบผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร สอดเข้าไปใน ช่องทางออกของไข่และดูไข่ออกมาตรวจสอบ สังเกตลักษณะสีของไข่ควรมีลักษณะสีเหลืองอ่อน ขนาดสม่ำเสมอ และนำไข่มาแช่น้ำดูการฟองตัวของไข่และนิวเคลียสว่ามีลักษณะกลม ส่วนพ่อปลาตรวจสอบน้ำเชื้อ โดยรีดบริเวณทางออกของน้ำเชื้อ เมื่อพ่อแม่พันธุ์ปลาบึกมีไข่และน้ำเชื้อพร้อมที่จะผสมพันธุ์แล้วจึงนำมาฉีดฮอร์โมน กระตุ้น หลังจากนั้นรีดไข่ผสมน้ำเชื้อผสมกับไข่แบบดัดแปลงวิธีแห้ง (modified dry method) เสร็จแล้วนำไป ฟักในระบบฟักไข่ ลูกปลาจะใช้เวลาในการฟักออกเป็นตัวประมาณ 30-36 ชั่วโมง

2.1.2 การอนุบาลลูกปลาบึก

การอนุบาลลูกปลาบึกวัยอ่อนอายุ 2-4 วันในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร ให้ไรน้ำเค็ม (artemia) อายุ 24 ชั่วโมง วันละ 4 ครั้ง เวลา 08.00, 12.00, 16.00 และ 20.00 น. ช่วงอายุ 4-6 วัน ให้ไรแดง หลังจากนั้นนำลงอนุบาลในบ่อดินโดยช่วงการอนุบาลในบ่อดินสัปดาห์แรกยังให้ไรแดงพร้อมกับรำผสมปลาป่น ในอัตรา 3 ต่อ 1 ส่วน เมื่อปลาบึกมีความยาว 3 นิ้ว จึงให้อาหารเม็ดปลาตุ๊กเล็กลอยน้ำ มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่น้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ กากไม่มากกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นไม่มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ แล้วอนุบาลลูกปลาไปจนได้ขนาดความยาวเฉลี่ย 20.2 ± 1.33 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 77.9 ± 14.50 กรัม (ใช้เวลาประมาณ 60 วัน) แล้วจึงนำมาใช้สำหรับทดลอง

2.2 การเตรียมกระชังทดลอง

ทำกระชังขนาด 1×1×1.5 เมตร (กระชังจมน้ำ 1.0 เมตร) จำนวน 18 กระชัง โครงกระชังทำด้วยเหล็กแป้นขนาด 6 หุน ตัวกระชังทำจากตาข่ายพลาสติกขนาดช่องตา 1.0 เซนติเมตร ใช้ถังพลาสติกขนาดความจุ 200 ลิตร เป็นฟูลอย ลอยในแม่น้ำโขงบริเวณบ้านกองนาง อำเภอท่าบ่อ จังหวัดหนองคาย โดยลอยกระชังห่างจากตลิ่ง 5 เมตร พื้นของกระชังสูงกว่าพื้นท้องน้ำไม่น้อยกว่า 3 เมตร แล้วนำลูกปลาบึกขนาดความยาวเหยียดเริ่มต้นเฉลี่ย 20.2 ± 1.33 เซนติเมตร น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 77.9 ± 14.50 กรัม ลงเลี้ยงในกระชังตามแผนการทดลอง โดยเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 10 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร จำนวนปลา 10 ตัวต่อกระชัง

2.3 การเตรียมอาหารทดลอง

การทดลองนี้ศึกษาปัจจัยร่วมระหว่างระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารทดลองที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก โดยโปรตีนมี 3 ระดับ ได้แก่ 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงาน 2 ระดับ ได้แก่ 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม ซึ่งวัตถุดิบตามปริมาณของสูตรอาหารทดลอง (ตารางที่ 1) โดยวัตถุดิบที่เป็นของแข็งจะต้องบดให้ละเอียดก่อนนำมาใช้ หลังจากนั้น นำมาคลุกเคล้าให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เติมน้ำสะอาดเล็กน้อยระหว่างผสม แล้วจึงนำไปเข้าเครื่องอัดเม็ดลายนํ้า (extruder) นำอาหารเม็ดทดลองที่ได้ อบให้ความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ เก็บอาหารที่ผลิตแล้วไว้ในที่แห้งและอากาศถ่ายเทได้ดี สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และ เถ้า (AOAC, 2005) ค่า nitrogen free extracts (NFE) ใช้วิธีการคำนวณตาม Olvera-Novoa *et al.* (1994) ค่าพลังงานรวม (gross energy, GE) และค่าพลังงานที่ย่อยได้ (digestible energy, DE) ใช้วิธีการคำนวณตาม NRC (1993) โดยมีสูตร ดังนี้

$$\% \text{NFE} = 100 - (\% \text{ความชื้น} + \% \text{โปรตีน} + \% \text{ไขมัน} + \% \text{เยื่อใย} + \% \text{เถ้า})$$

$$\text{GE (kcal/100g)} = (\% \text{โปรตีน} \times 5.64) + (\% \text{ไขมัน} \times 9.44) + (\% \text{NFE} \times 4.11)$$

สถานที่ทำอาหารเม็ดลายนํ้าทดลองได้ทำที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดนครราชสีมา โดยอาหารเม็ดลายนํ้าที่ผลิตได้นั้นมีขนาดความกว้าง 3-4 มิลลิเมตร และได้ทำการส่งไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาในอาหารที่งานทดสอบวิเคราะห์วัตถุดิบอาหารสัตว์ ศูนย์พัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ให้อาหารเม็ดชนิดลายนํ้าตามแผนการทดลอง ให้ปลากินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 น. และเวลา 15.00 น.

2.4 การจัดการระหว่างการเลี้ยง

มีการทำความสะอาดกระชัง ทุก 2 สัปดาห์

2.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทุก 1 เดือน ก่อนทำการชั่งวัดปลา เวลา 09.00 น. ตลอดการทดลอง โดยมีดัชนีที่ตรวจวัด ดังนี้

- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) โดยวิธี azide modification ของ Winkler method ที่กล่าวใน ไมตรี และจารุวรรณ (2528) หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร
- ความเป็นกรดเป็นด่าง ใช้ pH meter ยี่ห้อ WTW Microprocessor pH meter 320
- ความเป็นด่าง โดยวิธี titrimetric method หน่วยเป็น mg/l as CaCO₃
- ความกระด้าง โดยวิธี titrimetric method หน่วยเป็น mg/l as CaCO₃
- อุณหภูมิและอากาศ ใช้ thermometer probe YSI 52-230 หน่วยเป็น องศาเซลเซียส
- ปริมาณแอมโมเนียรวม ในรูป total ammonia (NH₃) โดยเครื่อง spectrophotometer โดยวิธี Nessler method หน่วยเป็น mg NH₃-N/l
- ความโปร่งแสงของน้ำ (transparency) ใช้ Secchi disc หน่วยเป็นเซนติเมตร

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของสูตรอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ และพลังงาน 2 ระดับ

วัตถุดิบ	อาหารทดลอง					
	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)		30		35	
พลังงานรวม (กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม)	400	500	400	500	400	500
ปลาป่น	24	24	32	32	40	40
กากถั่วเหลือง	10	10	10	10	10	10
รำละเอียด	5	5	5	5	5	5
แป้งข้าวเจ้า	40	40	35	35	30	30
น้ำมันปลา	1.65	1.65	0.83	0.83	0	0
น้ำมันถั่วเหลือง	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
น้ำมันปาล์ม	1.89	11.59	0.89	10.39	0.00	9.00
วิตามินรวม	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
แร่ธาตุรวม	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
วิตามินซี (97%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
โคลีน คลอไรด์ (50%)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
แคลเซียม	13.86	4.16	12.68	3.18	11.40	2.40
รวม	100	100	100	100	100	100
ผลการวิเคราะห์คุณค่าของอาหารปลาบีกทดลองสูตรต่าง ๆ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)						
โปรตีน	27.13	26.37	30.85	30.62	36.34	35.33
ไขมัน	4.28	13.86	3.35	13.82	3.23	13.35
กาก	5.60	2.02	4.72	2.19	4.63	2.18
เถ้า	8.23	7.00	9.85	8.39	10.91	9.56
ความชื้น	6.89	6.82	5.48	5.76	6.39	6.33
ผลจากการคำนวณ						
% NFE	49.74	53.72	47.44	40.98	40.82	35.49
พลังงาน (กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม)	402.38	502.57	404.71	502.79	408.07	500.95

หมายเหตุ วิตามินรวมต่อกิโลกรัมอาหารประกอบด้วย วิตามิน A 3,000,000 IU; D₃ 600,000 IU; E 7,500 IU; K 1,000 mg; B1 6,000 mg; B2 7,200 mg; B6 6,000 mg; B12 10 mg; Pantothenic acid 20,000 mg; Niacin 18,000 mg; Folic acid 1,000 mg; Inositol 20,000 mg; Biotin 200 mg และ B.H.T. 15 mg แร่ธาตุรวมต่อกิโลกรัมอาหารประกอบด้วย Calcium 80 g; Phosphorus 26 g; Copper 11 g; Ferrous 12 g; Magnesium 50 g; Manganese 4 g; Potassium 0.80 g; Zinc 14 g; Cobalt 0.40 g; Selenium 0.20 g และ Filter Silicon add to 1.00 g.

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลทุก 1 เดือน วันที่ซึ่งน้ำหนักและวัดความยาวเหยียดปลาทดลองงดการให้อาหาร บันทึกจำนวนปลาตายในแต่ละกระชังทุกวัน ซึ่งน้ำหนักและวัดความยาวเหยียดของปลาเดือนละ 1 ครั้ง ๆ ละ 5 ตัว ระหว่างที่ซึ่งวัดปลาทุกครั้งให้แช่ปลาบีกในถังที่หมักด้วยความเข้มข้น 2-4 ppm. นาน 1-2 นาที เพื่อป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรียพร้อมทำความสะอาดกระชัง เมื่อสิ้นสุดการทดลองดำเนินการนับจำนวนตัวที่เหลือและชั่งน้ำหนักรวมของปลาแต่ละกระชัง และเก็บตัวอย่างปลาจำนวน 5 ตัว ในแต่ละกระชัง (นำปลาจากทุกกระชังในแต่ละชุดการทดลองที่มีระดับโปรตีนเดียวกันมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง) แล้วสุ่มปลาจำนวน

5 ตัว เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวปลา ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้า โดยใช้ micro-kjeldahl, ether extraction, oven drying และ muffle furnace combustion ตามลำดับตามวิธีการของ AOAC (2010)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 อัตราการเจริญเติบโตของปลาบึก

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการตอบสนองของปลาบึกต่ออาหารทดลองตามวิธีที่กล่าวอ้างใน Hepher (1988) ดังนี้

4.1.1 น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Daily Weight Gain, DWG; กรัมต่อวัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาทดลองเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}}$$

4.2 อัตราแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio, FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลาทดลองกิน}}{\text{น้ำหนักปลาทดลองที่เพิ่มขึ้น}}$$

4.3 อัตรารอดตาย (Survival Rate, เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาทดลองเริ่มต้น}} \times 100$$

4.4 ประสิทธิภาพของอาหาร (Feed Efficiency Ratio, FER)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักอาหารแห้งที่ปลากิน}}$$

4.5 ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (Protein Efficiency Ratio, PER)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน}}$$

4.6 ต้นทุนการผลิต

วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตโดยทำการบันทึกราคากระชัง ลูกปลาบึก อาหาร ฯลฯ พร้อมปริมาณที่ใช้ อายุการใช้งาน ผลผลิตที่ได้ ราคาขาย ระยะเวลาเลี้ยง เพื่อนำมาคำนวณค่าเสื่อมราคา ต้นทุนการผลิต และกำไรต่อระยะเวลาเลี้ยง วิเคราะห์ตามวิธีที่อ้างโดยศรารุช (2538)

4.6.1 ต้นทุนการผลิตปลาทดลองต่อตัว

$$\text{ต้นทุนการผลิตปลาทดลองต่อตัว} = \frac{\text{ต้นทุนทั้งหมด}}{\text{จำนวนปลาทดลองที่ได้ทั้งหมด}}$$

$$\text{ต้นทุนทั้งหมด} = \text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนผันแปร}$$

$$\text{ต้นทุนผันแปร} = \text{ค่าพันธุ์ปลาทดลอง} + \text{ค่าอาหาร} + \text{ค่าแรงงาน} + \text{ไฟฟ้า} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน}$$

$$\text{ต้นทุนคงที่} = \text{ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน}$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน} = \text{ค่าที่คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยของเงินฝากประจำ 12 เดือน ปี 2562}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \text{คิดโดยวิธีเส้นตรงโดยกำหนดมูลค่าซากเป็นศูนย์เมื่อหมดอายุการใช้งาน}$$

4.6.2 รายได้และผลตอบแทน

รายได้ทั้งหมด	= จำนวนผลผลิต (กิโลกรัม)×ราคาผลผลิตที่จำหน่ายได้ (บาท)
รายได้สุทธิ	= รายได้ทั้งหมด-ต้นทุนผันแปร
กำไรสุทธิ	= รายได้ทั้งหมด-ต้นทุนทั้งหมด
ผลตอบแทนต่อการลงทุน (เปอร์เซ็นต์)	= $\frac{\text{กำไรสุทธิ}}{\text{ต้นทุนทั้งหมด}} \times 100$

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการตายของแต่ละกลุ่ม การทดลองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ เพื่อดูการตอบสนองของปลาต่ออาหารทดลอง แต่ละสูตรโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน two-way analysis of variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ในการเลี้ยงปลาบึก ในกระชัง โดยปลาบึกที่ใช้ทดลองมีความยาวเฉลี่ยเริ่มต้นเฉลี่ย 20.2 ± 1.33 เซนติเมตร (ตารางที่ 2) และ น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 77.9 ± 14.50 กรัม (ตารางที่ 3) และใช้ระยะเวลาทดลอง 181 วัน ปรากฏผลการทดลอง ดังนี้

1. การเจริญเติบโตของปลาบึกในกระชัง

1.1 ความยาวเฉลี่ยสุดท้ายเฉลี่ย

เมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อค่าความยาวเฉลี่ยสุดท้ายเฉลี่ยของปลาบึก ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาระดับโปรตีนพบว่า ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความยาวเฉลี่ยสุดท้ายเฉลี่ย 29.32 ± 0.07 , 30.75 ± 0.07 และ 32.60 ± 1.09 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความยาวเฉลี่ยสุดท้ายเฉลี่ยต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความยาวเฉลี่ยสุดท้ายเฉลี่ยต่ำกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าความยาวเฉลี่ยสุดท้ายเฉลี่ย 31.11 ± 2.08 และ 30.67 ± 1.24 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4)

1.2 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย

เมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลาบึก ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาระดับโปรตีนพบว่า ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 217.50 ± 3.07 , 263.00 ± 3.30 และ 302.00 ± 15.09 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 25

เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่ำกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 262.89 ± 48.71 และ 258.78 ± 36.28 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4)

1.3 น้ำหนักเพิ่มต่อวัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันของปลาบึก ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาในระดับโปรตีนพบว่า ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 0.78 ± 0.02 , 1.03 ± 0.01 และ 1.25 ± 0.08 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 1.03 ± 0.27 และ 1.01 ± 0.20 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4)

2. อัตรารอดตาย

จากการศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ในการเลี้ยงปลาบึก ในกระชังเป็นระยะเวลา 181 วัน พบว่าอัตรารอดตายปลาบึกไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อค่าอัตรารอดตายของปลาบึก ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยหลักพบว่า ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตรารอดตายเท่ากับ 83.33 ± 0.00 , 93.34 ± 9.43 และ 88.33 ± 7.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งทุกชุดการทดลองมีอัตรารอดตายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าอัตรารอดตายเท่ากับ 92.22 ± 8.39 และ 84.44 ± 1.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4)

3. อัตราแลกเนื้อ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ในการเลี้ยงปลาบึก ในกระชังเป็นระยะเวลา 181 วัน พบว่าอัตราแลกเนื้อปลาบึกไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อค่าอัตราแลกเนื้อของปลาบึก ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยหลักพบว่า ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราแลกเนื้อเฉลี่ย 2.65 ± 0.20 , 2.74 ± 0.16 และ 2.66 ± 0.13 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าอัตราแลกเนื้อเฉลี่ย 2.66 ± 0.12 และ 2.70 ± 0.17 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4)

4. ประสิทธิภาพของอาหาร

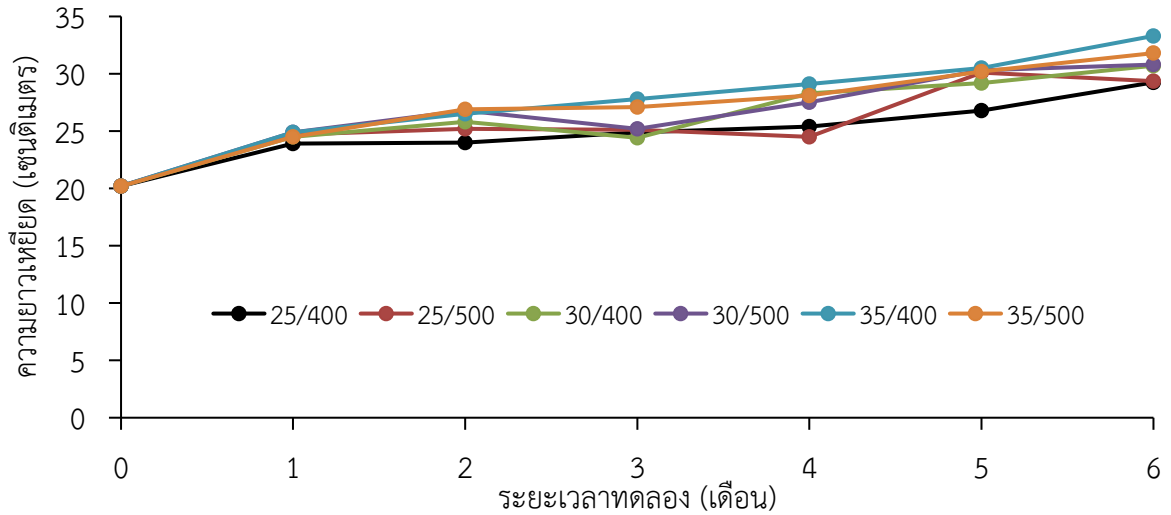
จากการศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ในการเลี้ยงปลาบึกในกระชัง เป็นระยะเวลา 181 วัน พบว่าประสิทธิภาพของอาหารปลาบึกไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อค่าประสิทธิภาพของอาหาร ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยหลัก พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าประสิทธิภาพของอาหารเท่ากับ 0.39 ± 0.02 , 0.37 ± 0.02 และ 0.38 ± 0.02 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และ ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าประสิทธิภาพของอาหารเท่ากับ 0.38 ± 0.01 และ 0.37 ± 0.03 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

5. ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร

จากการศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ในการเลี้ยงปลาบึกในกระชัง เป็นระยะเวลา 181 วัน พบว่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารปลาบึกไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยหลัก พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารเท่ากับ 2.65 ± 0.11 , 1.74 ± 0.04 และ 1.50 ± 0.01 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่ 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารเท่ากับ 1.94 ± 0.56 และ 1.98 ± 0.66 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความยาวเหยียด (เซนติเมตร) ของปลาบึกในระหว่างการทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

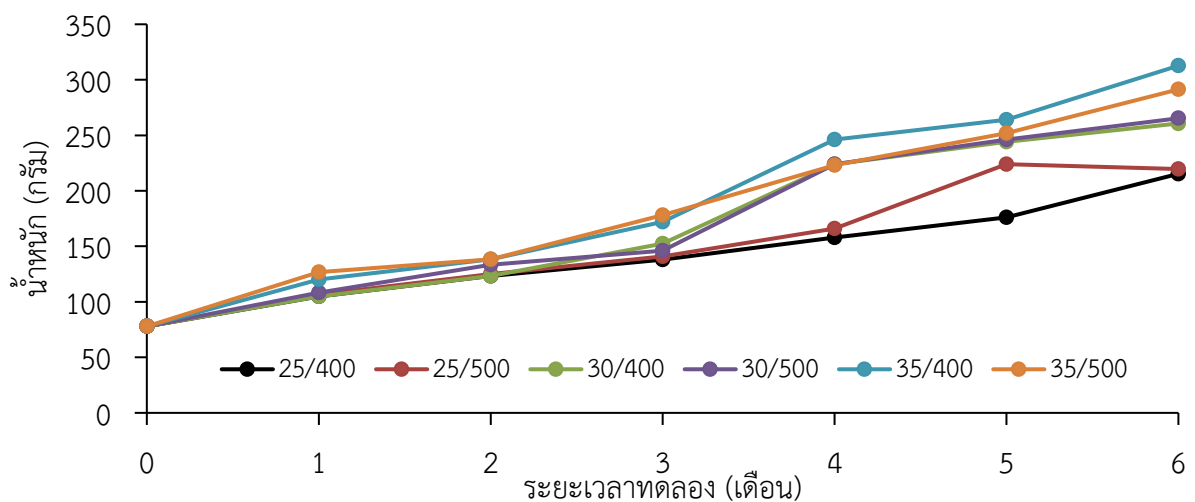
ระยะเวลา (เดือน)	Treatment Combination					
	a1b1 (25/400)	a1b2 (25/500)	a2b1 (30/400)	a2b2 (30/500)	a3b1 (35/400)	a3b2 (35/500)
0	20.2±1.33	20.2±1.33	20.2±1.33	20.2±1.33	20.2±1.33	20.2±1.33
1	23.9±3.09	24.7±0.26	24.5±1.44	24.9±1.61	24.9±1.76	24.5±3.56
2	24.0±2.12	25.2±0.29	25.8±1.61	26.8±1.61	26.5±2.15	26.9±1.43
3	24.9±3.25	25.1±1.79	24.4±0.89	25.2±3.47	27.8±2.86	27.1±2.19
4	25.4±3.14	24.5±2.41	28.3±1.74	27.5±2.21	29.1±1.56	28.1±1.26
5	26.8±1.73	30.1±2.98	29.2±0.47	30.3±1.91	30.5±1.33	30.2±1.01
6	29.2±0.36	29.3±0.59	30.7±0.89	30.8±0.66	33.3±0.90	31.8±0.16



ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตด้านความยาวเหยียด (เซนติเมตร) ของปลาน้ำจืดที่เลี้ยงในกระชังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก (กรัม) ของปลาน้ำจืดในระหว่างการทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

ระยะเวลา (เดือน)	Treatment Combination					
	a1b1 (25/400)	a1b2 (25/500)	a2b1 (30/400)	a2b2 (30/500)	a3b1 (35/400)	a3b2 (35/500)
เริ่มต้น	77.9±14.50	77.9±14.50	77.9±14.50	77.9±14.50	77.9±14.50	77.9±14.50
1	105.0±25.98	106.7±5.77	105.0±8.66	108.3±10.41	120.0±27.84	126.7±78.49
2	123.3±23.63	125.0±5.00	123.3±20.82	133.3±15.28	138.3±16.07	138.3±20.82
3	138.0±52.63	141.0±19.49	152.3±29.50	146.0±56.39	172.0±49.71	178.0±40.87
4	158.0±46.58	166.0±32.09	224.0±43.93	224.0±35.78	246.0±32.09	223.0±13.51
5	176.0±32.09	224.0±61.07	244.0±27.02	246.0±38.47	264.0±39.12	252.0±39.62
6	215.3±19.04	219.7±18.72	260.7±28.45	265.3±20.43	312.7±9.02	291.3±6.11



ภาพที่ 2 การเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก (กรัม) ของปลาน้ำจืดที่เลี้ยงในกระชังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์อิทธิพลของโปรตีนและพลังงานที่มีต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพของอาหาร ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร และ การใช้ประโยชน์จากโปรตีนในการเลี้ยงปลาบึกในกระชังที่ได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 3 ระดับ และพลังงาน 2 ระดับ เป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

ปัจจัย	ระดับ	ความยาวเหยียด สุดท้ายเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนัก สุดท้ายเฉลี่ย (กรัม)	น้ำหนักเพิ่ม ต่อวัน (กรัม/วัน)	อัตรารอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราแลกเนื้อ	ประสิทธิภาพ ของอาหาร	ประสิทธิภาพ ของโปรตีน ในอาหาร
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	25	29.32±0.07 ^a	217.50±3.07 ^a	0.78±0.02 ^a	83.33±0.00 ^a	2.65±0.20 ^a	0.39±0.02 ^a	2.65±0.11 ^c
	30	30.75±0.07 ^b	263.00±3.30 ^b	1.03±0.01 ^b	93.34±9.43 ^a	2.74±0.16 ^a	0.37±0.02 ^a	1.74±0.04 ^b
	35	32.60±1.09 ^c	302.00±15.09 ^c	1.25±0.08 ^c	88.33±7.07 ^a	2.66±0.13 ^a	0.38±0.02 ^a	1.50±0.01 ^a
พลังงาน (กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม)	400	31.11±2.08 ^x	262.89±48.71 ^x	1.03±0.27 ^x	92.22±8.39 ^x	2.66±0.12 ^x	0.38±0.01 ^x	1.94±0.56 ^x
	500	30.67±1.24 ^x	258.78±36.28 ^x	1.01±0.20 ^x	84.44±1.93 ^x	2.70±0.17 ^x	0.37±0.02 ^x	1.98±0.66 ^x
P value Two-way ANOVA								
โปรตีน		0.000	0.000	0.000	0.188	0.823	0.762	0.000
พลังงาน		0.168	0.646	0.646	0.086	0.777	0.694	0.650
โปรตีน×พลังงาน		0.076	0.406	0.406	0.305	0.422	0.464	0.402

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษ a, b และ c สำหรับค่าของระดับโปรตีน ส่วนค่า x และ y สำหรับค่าของระดับพลังงาน โดยค่าอักษรที่ต่างกันในแถวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ Treatment Combination ระหว่างโปรตีนและพลังงานที่มีต่อการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอดตาย ประสิทธิภาพของอาหาร ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนในการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	พลังงาน (กิโลแคลอรี /อาหาร 100 กรัม)	ความยาวเหยียด สุดท้ายเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนัก สุดท้ายเฉลี่ย (กรัม)	DWG (กรัม/วัน)	อัตราแลกเนื้อ	อัตรารอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	FER	PER
25	400	29.27±0.38 ^a	215.33±19.04 ^a	0.76±0.11 ^a	2.73±0.57 ^a	83.33±15.28 ^a	0.37±0.09 ^a	2.57±0.30 ^c
	500	29.37±0.58 ^a	219.67±18.72 ^a	0.79±0.10 ^a	2.46±0.13 ^a	83.33±5.77 ^a	0.40±0.02 ^a	2.73±0.07 ^c
30	400	30.70±0.89 ^b	260.67±28.45 ^b	1.02±0.16 ^b	2.60±0.08 ^a	100.00±0.00 ^a	0.38±0.02 ^a	1.77±0.05 ^b
	500	30.80±0.66 ^b	265.33±20.43 ^b	1.04±0.11 ^b	2.82±0.32 ^a	86.67±11.55 ^a	0.35±0.04 ^a	1.71±0.12 ^{ab}
35	400	33.37±0.87 ^c	312.67±9.02 ^c	1.30±0.05 ^c	2.54±0.13 ^a	93.33±5.77 ^a	0.39±0.02 ^a	1.49±0.03 ^a
	500	31.83±0.15 ^b	291.33±6.11 ^{bc}	1.19±0.03 ^{bc}	2.71±0.17 ^a	83.33±5.77 ^a	0.36±0.02 ^a	1.50±0.12 ^a

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

6. องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลาพบว่า ปลาบึกก่อนการทดลองมีค่าความชื้นเท่ากับ 5.42 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลาบึกที่ได้รับอาหารทั้ง 6 ชุดการทดลอง มีค่าความชื้นเท่ากับ 6.60, 6.15, 4.77, 5.38, 6.55 และ 6.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลา (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) ก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับ 70.61 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 80.38, 79.20, 80.91, 80.72, 79.09 และ 78.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณไขมันในเนื้อปลาบึก (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) ก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับ 10.94 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีปริมาณไขมันในเนื้อปลาบึกเท่ากับ 3.28, 3.37, 3.07, 3.63, 1.60 และ 4.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณเถ้าในเนื้อปลาบึก (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) ก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับ 10.17 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองมีปริมาณเถ้าในเนื้อปลาเท่ากับ 6.46, 6.76, 6.20, 5.88, 6.29 และ 6.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาบึกหลังได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและระดับพลังงานที่แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	พลังงาน (กิโลแคลลอรี่/ อาหาร 100 กรัม)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง)	ไขมัน (เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง)
	ปลาก่อนทดลอง	5.42	70.61	10.94	10.17
25	400	6.60	80.38	3.28	6.46
	500	6.15	79.20	3.37	6.76
30	400	4.77	80.91	3.07	6.20
	500	5.38	80.72	3.63	5.88
35	400	6.55	79.09	1.60	6.29
	500	6.61	78.95	4.29	6.20

7. คุณสมบัติของน้ำ

จากการศึกษาการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน) พบว่ากระชังที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลลอรี่ต่ออาหาร 100 กรัม มีคุณสมบัติดังนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 26.0-28.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 26.5-29.5 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณออกซิเจนอยู่ระหว่าง 6.0-9.0 mg/l ความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 ค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 102-136 mg/l as CaCO₃ ค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 150-200 mg/l as CaCO₃ ปริมาณแอมโมเนียรวม 0.00 mgNH₃-N/l ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 15-60 เซนติเมตรตลอดการทดลอง (ตารางที่ 6) กระชังที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลลอรี่ต่ออาหาร 100 กรัม มีคุณสมบัติดังนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 26.0-28.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 26.5-29.5 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณออกซิเจนอยู่ระหว่าง 6.0-9.0 mg/l ความเป็น

กรดต่างอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 ค่าความเป็นต่างอยู่ระหว่าง 102-136 mg/l as CaCO₃ ค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 150-200 mg/l as CaCO₃ ปริมาณแอมโมเนียรวม 0.00 mg NH₃-N/l ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 15-60 เซนติเมตร ตลอดการทดลอง (ตารางที่ 6) กระชังที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม มีคุณสมบัติดังนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 26.0-28.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 26.5-29.5 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณออกซิเจนอยู่ระหว่าง 6.0-9.0 mg/l ความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 ค่าความเป็นต่างอยู่ระหว่าง 102-136 mg/l as CaCO₃ ค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 150-200 mg/l as CaCO₃ ปริมาณแอมโมเนียรวมอยู่ระหว่าง 0.00-0.01 mg NH₃-N/l ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 15-60 เซนติเมตร (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 คุณสมบัติของน้ำระหว่างการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

คุณสมบัติของน้ำ	a1b1 (25/400)	a1b2 (25/500)	a2b1 (30/400)	a2b2 (30/500)	a3b1 (35/400)	a3b2 (35/500)
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	26.0-28.5	26.0-28.5	26.0-28.5	26.0-28.5	26.0-28.5	26.0-28.5
อุณหภูมิของอากาศ (องศาเซลเซียส)	26.5-29.5	26.5-29.5	26.5-29.5	26.5-29.5	26.5-29.5	26.5-29.5
ปริมาณออกซิเจน ละลายน้ำ (mg/l)	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0
ความเป็นกรดเป็นต่าง	7.5-8.5	7.5-8.5	7.5-8.5	7.5-8.5	7.5-8.5	7.5-8.5
ความเป็นต่าง (mg/l as CaCO ₃)	102.0-136.0	102.0-136.0	102.0-136.0	102.0-136.0	102.0-136.0	102.0-136.0
ความกระด้าง (mg/l as CaCO ₃)	150.0-200.0	150.0-200.0	150.0-200.0	150.0-200.0	150.0-200.0	150.0-200.0
แอมโมเนียรวม (mg NH ₃ -N/l)	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.01
ความโปร่งแสงของน้ำ (เซนติเมตร)	15.0-60.0	15.0-60.0	15.0-60.0	15.0-60.0	15.0-60.0	15.0-60.0

8. ผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทน

ผลการทดลองประสิทธิภาพของอาหาร ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนในการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน) พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีผลผลิตต่อกระชัง 8.33 ตัวต่อกระชัง ต้นทุนทั้งหมดต่อกระชัง 1,540.54-1,546.31 บาท แยกเป็นต้นทุนผันแปรต่อกระชัง 1,131.26-1,137.03 บาท ต้นทุนคงที่ 409.28 บาทต่อกระชัง รายได้ทั้งหมด 1,249.50 บาทต่อกระชัง กำไรสุทธิ (-291.04)-(-296.78) บาทต่อกระชัง ผลตอบแทนต่อการลงทุน -0.0019 เปอร์เซ็นต์ และต้นทุนการผลิต 184.94-185.63 บาทต่อตัว (ตารางที่ 8) ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีผลผลิตต่อกระชัง 10.00-8.67 ตัวต่อกระชัง ต้นทุน

ทั้งหมดต่อกระชัง 1,619.10-1,629.40 บาท ตามลำดับ แยกเป็นต้นทุนผันแปรต่อกระชัง 1,209.82-1,220.12 บาท ต้นทุนคงที่ 409.28 บาทต่อกระชัง รายได้ทั้งหมด 1,500.00-1,300.50 บาทต่อกระชัง กำไรสุทธิ (-119.10)-(-328.89) บาทต่อกระชัง ผลตอบแทนต่อการลงทุน (-0.0007)-(-0.0020) เปอร์เซ็นต์ และต้นทุนการผลิต 161.91-187.93 บาทต่อตัว (ตารางที่ 8) ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีผลผลิตต่อกระชัง 9.33-8.33 ตัวต่อกระชัง ต้นทุนทั้งหมดต่อกระชัง 1,645.36-1,441.70 บาท ตามลำดับ แยกเป็นต้นทุนผันแปรต่อกระชัง 1,236.08-1,032.40 บาท ต้นทุนคงที่ 409.28 บาทต่อกระชัง รายได้ทั้งหมด 1,399.50-1,249.50 บาทต่อกระชัง กำไรสุทธิ (-246.89)-(-192.18) บาทต่อกระชัง ผลตอบแทนต่อการลงทุน (-0.0015)-(-0.0013) เปอร์เซ็นต์ และต้นทุนการผลิต 176.46-173.10 บาทต่อตัว (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลาบึกในกระชังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทน	a1b1		a1b2		a2b1		a2b2		a3b1		a3b2	
	(25/400)		(25/500)		(30/400)		(30/500)		(35/400)		(35/500)	
	บาท/กระชัง	ร้อยละ	บาท/กระชัง	ร้อยละ	บาท/กระชัง	ร้อยละ	บาท/กระชัง	ร้อยละ	บาท/กระชัง	ร้อยละ	บาท/กระชัง	ร้อยละ
ต้นทุนคงที่												
ค่าเสื่อมต่อกระชัง	403.63	26.20	403.63	26.10	403.63	24.93	403.63	24.77	403.63	24.53	403.63	28.00
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	5.65	0.37	0.65	0.37	5.65	0.35	5.65	0.35	5.65	0.34	5.65	0.39
ต้นทุนคงที่รวม (บาท/กระชัง)	409.28	26.57	409.28	26.47	409.28	25.28	409.28	25.12	409.28	24.87	409.28	28.39
ต้นทุนผันแปร												
ค่าพันธุ์ปลา (บาท)	800.00	51.93	800.00	51.74	800.00	49.81	800.00	49.10	800.00	48.62	800.00	55.49
ค่าอาหาร (บาท)	100.15.00	6.50	105.84	6.84	177.63	10.97	187.78	11.52	203.52	12.37	190.82	13.24
ค่าแรงงาน (บาท)	215.49	13.99	215.49	13.94	215.49	13.31	215.49	13.23	215.49	13.10	215.49	14.95
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	15.62	1.01	15.70	1.02	16.70	1.03	16.85	1.03	17.07	1.04	16.89	1.17
ต้นทุนผันแปรรวม (บาทต่อกระชัง)	1,131.26	73.43	1,137.03	75.53	1,209.82	74.72	1,220.12	74.88	1,236.08	75.13	1,032.40	71.16
ต้นทุนทั้งหมด (บาท/กระชัง)	1,540.54	100.00	1,546.31	100.00	1,619.10	100.0	1,629.40	100.00	1,645.36	100.0	1,441.70	100.00
ผลตอบแทน												
ผลผลิตปลาบึก (ตัวต่อกระชัง)	8.33		8.33		10.00		8.67		9.33		8.33	
รายได้ทั้งหมด (บาท/กระชัง)	1,249.50		1,249.50		1,500.00		1,300.50		1,399.50		1,249.50	
รายได้สุทธิ	118.24		112.50		290.18		80.40		163.40		217.10	
กำไรได้สุทธิ (บาท/กระชัง)	-291.04		-296.78		-119.10		-328.89		-246.89		-192.18	
ผลตอบแทนต่อการลงทุน (%)	-0.0019		-0.0019		-0.0007		-0.0020		-0.0015		-0.0013	
ต้นทุนการผลิต (บาท/ตัว)	184.94		185.63		161.91		187.93		176.46		173.10	

หมายเหตุ

1. ต้นทุนผันแปร

- ค่าลูกพันธุ์ปลาบึก ราคาตัวละ 80 บาท ตามราคามาตรฐานของกรมประมง ประกาศวันที่ 25 กรกฎาคม 2540
- ค่าอาหารปลาบึกชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ราคา กิโลกรัมละ 37.65, 41.67, 37.24, 41.18, 36.87 และ 40.60 บาท ตามลำดับ
- ค่าแรงงานคิดจากอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ อัตราวันละ 300 บาท คิดทำงานวันละ 7 ชั่วโมง ๆ ละ 42.86 บาท

2. ต้นทุนคงที่

- ค่าเสื่อมราคากระชัง ระยะเวลาเลี้ยง 181 วัน คิดเป็น 2 รูปแบบ
 - 2.1 ตัวโครงกระชังที่ทำด้วยเหล็กแป๊ป จะมีอายุการใช้งาน 10 ปี
 - 2.2 ตัวกระชังที่ทำด้วยเนื้อวุ้นและพลาสติก จะมีอายุการใช้งาน 5 ปี

3. ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน

- คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยของเงินฝากประจำ 12 เดือน ร้อยละ 1.4 ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ปี 2562
- ** ราคาจำหน่ายปลาบึก ขนาดความยาว 30 เซนติเมตร ตัวละ 150 บาท ตามราคาตลาด อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการทดลองประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ในการเลี้ยงปลาบึก ในกระชัง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการเจริญเติบโต น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยและค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันสูงที่สุด แตกต่างกับปลาบึกที่เลี้ยงด้วยโปรตีน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากการทดลองในครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างโปรตีนและพลังงานในการทดลอง และเมื่อศึกษาปัจจัยหลักพลังงานพบว่า ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าการเจริญเติบโต น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย ค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความต้องการโปรตีนพบว่า เท่ากับการเลี้ยงปลาบึกในกระชังที่ต้องการโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ (Phaukgeen and Ngamsanae, 2011) และเท่ากับการเลี้ยงปลาบึกในกระชังที่ต้องการโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ (Phaukgeen and Ngamsanae, 2011) และเท่ากับการเลี้ยงปลาบึกในกระชังที่ต้องการโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ (สุทิน และวิจิต, 2553; สมศรี และคณะ, 2551; สุริยัน และนัยนา, 2551; ดาราวรรณ และคณะ, 2561) และมากกว่าการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ (สุภาพร และวิระวรรณ, 2551) Lovell (1989) กล่าวว่า ความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำจะมากหรือน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ ขนาด อายุ ระบบการเลี้ยงอุณหภูมิ และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ รวมไปถึงพลังงานที่เหมาะสมด้วย

ด้านพลังงานพบว่า สูตรอาหารที่มีส่วนใหญ่มิ่วัตถุดิบประเภทคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก ในอาหาร โดยสูตรอาหารที่เหมาะสมในการทดลองเลี้ยงปลาบึกในกระชังครั้งนี้ที่ระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับการทดลองเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินที่สูตรอาหารมีโปรตีน 15 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม (สาวิตรี และคณะ, 2559) และการเลี้ยงปลาบึกขนาดเล็กระดับพลังงานรวมที่เหมาะสมคือ 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม (ดาราวรรณ และคณะ, 2561) ใกล้เคียงกับการเลี้ยงปลาบึกที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับพลังงานย่อย

ได้ 300 กิโลแคลอรีต่อกรัม เมื่อคำนวณค่าเป็นพลังงานรวมได้ 430 กิโลแคลอรีต่อกรัม (สุทิน และวิจิต, 2553) และความต้องการพลังงานย่อยได้ของปลาสายยูขนาดกลางที่ต้องการ 290 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม เมื่อคำนวณเป็นพลังงานรวมได้ 440 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม (วิสาขา และคณะ, 2549) ปลาบึกจัดเป็นปลาที่อยู่ใกล้เคียงกับกลุ่มปลาสวาย ซึ่งปลาในกลุ่มนี้มีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อในอาหารมีพลังงานที่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำ ทำให้โปรตีนที่สัตว์น้ำได้รับถูกใช้เพื่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำอย่างแท้จริง (กาญจนา และคณะ, 2550; Phan *et al.*, 2009) จากการทดลองในครั้งนี้เห็นได้ว่า มีค่าพลังงานที่เหมาะสม 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม หากพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการของปลา ปลาจะมีการเจริญเติบโตที่ลดลงและจะขับไนโตรเจนออกมามากขึ้น (Takakuwa *et al.*, 2006) เนื่องจากเกิดขบวนการดึงโปรตีนมาใช้เป็นแหล่งพลังงานแทน แต่หากอาหารมีพลังงานสูงเกินไปทำให้ปลากินอาหารลดลง (Bromley, 1980; Ling *et al.*, 2006) หรืออาจทำให้ปลาสะสมไขมันในร่างกายเพิ่มมากขึ้น (Page and Andrews, 1973) โดยจะสะสมอยู่ตามอวัยวะต่าง ๆ ของปลา เช่น ท้อง ตับ และกล้ามเนื้อ (Craig *et al.*, 1999; Gaylord and Gatlin III, 2000) ระดับความต้องการพลังงานของปลายังมีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น อุณหภูมิ (Luatsch and Kissil, 2005) หรือชนิดของวัตถุดิบพลังงานอื่น ๆ ในสูตรอาหาร ชนิดของปลา จะทำให้การใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบพลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและทำให้ปลา มีการเจริญเติบโตที่ดียิ่งขึ้น (NRC, 2011)

อัตราแลกเปลี่ยนจากข้อมูลผลการทดลองเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทั้ง 3 ระดับโปรตีน ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 2.65-2.74 สูงกว่าการเลี้ยงปลาบึกในกระชังที่ลอยในบ่อพักน้ำที่น้ำนิ่งและใส ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.23-1.53 (Phaukgeen and Ngamsanae, 2011) จากการเลี้ยงปลาบึกในการทดลองครั้งนี้ได้ลอยกระชังในแม่น้ำโขงซึ่งมีคุณภาพน้ำไม่แน่นอน โดยในช่วงฤดูฝนน้ำมีความขุ่นมาก 2-3 เดือน ช่วงฤดูแล้งน้ำมีปริมาณน้อยและน้ำใสเป็นสาเหตุให้ปลาเกิดความเครียดจึงทำให้อัตราแลกเปลี่ยนของปลาในการทดลองครั้งนี้สูงกว่าการเลี้ยงในสภาพน้ำที่คงที่ และสูงกว่าการเลี้ยงปลาเทโพขนาดเล็กที่มีค่าอยู่ในช่วง 1.02-1.14 (สุภาพร และนุชนรี, 2555) และสูงกว่าการเลี้ยงปลาสวายโม่งขนาดกลางที่มีค่าอยู่ระหว่าง 1.53-1.63 (สาวิตรี และคณะ, 2559) สำหรับอัตราการรอดตายของปลาบึกที่เลี้ยงในกระชังของการทดลองครั้งนี้พบว่า มีอัตราการรอดตายอยู่ในช่วง 83.33-93.34 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ใกล้เคียงกับการเลี้ยงปลาบึกในกระชังที่ความหนาแน่นแตกต่างกันที่มีค่าอยู่ในช่วง 79.17-86.67 (Kritima *et al.*, 2014) ส่วนค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารในการทดลองครั้งนี้ มีค่าลดลงเมื่อปลาได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาในปลาเทพา (ยงยุทธ และคณะ, 2547) โดยปลาเทพาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารดี และประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารมีค่าน้อยลงเมื่อปลาเทพาได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการเลี้ยงปลาสวายโม่งขนาดกลางเมื่อปลาได้รับโปรตีนมากขึ้นประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารจะลดลง (สาวิตรี และคณะ, 2559)

องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลาบึกในกระชังวิเคราะห์จากน้ำหนักแห้งเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 4.77-6.61 เปอร์เซ็นต์ ค่าโปรตีนอยู่ระหว่าง 78.95-80.91 เปอร์เซ็นต์ ค่าไขมันอยู่ระหว่าง 1.60-4.29 เปอร์เซ็นต์ และค่าเถ้าอยู่ระหว่าง 5.88-6.76 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีค่าโปรตีนมากกว่าปลาโม่งที่มีค่าโปรตีนในน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 66.90-70.43 เปอร์เซ็นต์ (สุทิน และวิจิต, 2553) และมากกว่าสมศรี และคณะ (2551) ที่รายงานว่าเนื้อปลาโม่งแห้งมีระดับโปรตีน 50-60 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง

คุณสมบัติของน้ำในการเลี้ยงปลาบึกในกระชัง ระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน) พบว่า อุณหภูมิของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 26.0-28.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศมีค่าอยู่ระหว่าง 26.5-29.5 องศาเซลเซียส ปริมาณ

ออกซิเจนในน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 6.0-9.0 mg/l ความเป็นกรดต่างมีค่าอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 ค่าความเป็นด่างมีค่าอยู่ระหว่าง 102-136 mg/l as CaCO₃ ค่าความกระด้างมีค่าอยู่ระหว่าง 150-200 mg/l as CaCO₃ ปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-0.01 mg NH₃-N/l ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 15-60 เซนติเมตร ตลอดจนการทดลอง ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตามที่กล่าวอ้างโดย ไมตรี และจรรุวรรณ (2528) มั่นสิน และไพพรรณ (2544) ซึ่งระบุไว้ว่าอุณหภูมิน้ำควรมีค่าอยู่ระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่างควรมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำควรมีค่าไม่น้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าแอมโมเนียไม่ควรเกิน 0.5 mg NH₃-N/l ส่วนความเป็นด่างและความกระด้างที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำจืดควรอยู่ระหว่าง 120-400 mg/l as CaCO₃ (Piper *et al.*, 1982)

ด้านต้นทุนการผลิตพบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีต้นทุนการผลิตรวมสูงที่สุด คือ 1,645.36 บาทต่อกระชัง และต้นทุนการผลิตรวมน้อยที่สุดในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 400 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม 1,540.54 บาทต่อกระชัง แต่เมื่อพิจารณาผลตอบแทนจากรายได้ทั้งหมด รายได้สุทธิ พบว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 400 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม มีรายได้ทั้งหมดสูงที่สุด คือ 1,500.00 บาทต่อกระชัง รายได้สุทธิ 290.18 บาทต่อกระชัง ต้นทุนการผลิตพบว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 400 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม มีต้นทุนต่ำที่สุดคือ 161.91 บาทต่อตัว

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า อาหารที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และระดับพลังงาน 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาบึกในกระชังบริเวณบ้านกองนาง อำเภอท่าบ่อ จังหวัดหนองคาย โดยพิจารณาจากอัตราการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ผลตอบแทนจากรายได้ทั้งหมด รายได้สุทธิ และต้นทุนการผลิตต่อตัวที่ดีที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. การเลี้ยงปลาบึกในกระชัง ควรแนะนำให้เกษตรกรเลือกพื้นที่เลี้ยงที่เหมาะสม เช่น น้ำไม่ขุ่น ไม่มีการขึ้นลงของบ่อเกินไป และไม่มีเสียงรบกวน เป็นต้น เนื่องจากปลาบึกมีพฤติกรรมตื่นตกใจง่ายและจะไม่เข้ากินอาหาร กรณีการเลี้ยงปลาบึกในกระชังในแม่น้ำโขง ควรหลีกเลี่ยงการเลี้ยงในช่วงฤดูฝนหรือฤดูน้ำแดง เพราะน้ำมีความขุ่นมากซึ่งส่งผลต่อปริมาณการกินอาหารและการเจริญเติบโต
2. ควรเลือกใช้กระชังเลี้ยงที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากปลาบึกชอบว่ายน้ำในพื้นที่กว้าง หากเลี้ยงในกระชังที่มีขนาดเล็กปลาบึกจะมีการเจริญเติบโตช้า
3. ควรมีเทคนิคในการเรียกปลาที่เลี้ยงให้เข้ามากินอาหาร เช่น การนำอวางลงไปใ้ในกระชังก่อนการให้อาหารเพื่อให้ปลาบึกทราบว่าจะมีการให้อาหาร
4. ปลาบึกเหมาะสำหรับการเลี้ยงในบ่อดินมากกว่าในกระชัง เนื่องจากพฤติกรรมปลาบึกมีการว่ายน้ำหากินอาหารบริเวณผิวหน้าดิน
5. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องขนาดของปลาบึกที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาบึกในกระชัง และรูปแบบการเลี้ยงปลาบึกที่เหมาะสมกรณีขยายขนาดกระชังให้ใหญ่ขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2544. ปลาบึกเส้นทางอนุรักษ์ปลาบึกสู่ทรัพยากรธรรมชาติที่ยั่งยืน. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว กรุงเทพฯ. หน้า 21-24.
- กรมประมง. 2549. การเพาะเลี้ยงปลาสวาย. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 21 หน้า.
- กรมประมง. 2559. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2557. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมประมง. 87 หน้า.
- กาญจนา พยุหะ, จิตรา สิมาวิน และ ชุตินา ทองแก้ว. 2550. การพัฒนาการเลี้ยงปลาพื้นเมืองในสกุล *Pangasius* เพื่อให้มีคุณภาพเนื้อเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 116 หน้า.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2559. ปลาบึกเพื่อเศรษฐกิจและชุมชน. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 134 หน้า.
- ขวลิต วิทยานนท์ และ สมศักดิ์ รุ่งทองใบสุรีย์. 2536. พรรณปลาสวายและสังกะวาด (วงศ์ Schillbeidae และ Pangasiidae) ของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 150/2536. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง. 57 หน้า.
- दारारวรรณ ยุทธยงค์, จุฑามาศ ชมภูนิช, จุอะดี พงศ์มณีรัตน์ และ สมปราถ นวลแก้ว. 2561. ระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในอาหารปลาโมงขนาดเล็ก. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2561. กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ, กรมประมง. 77 หน้า.
- มันสิน ตันฑุลเวศน์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2544. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 319 หน้า.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. ฝ้ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 115 หน้า.
- ยงยุทธ อุณากรสวัสดิ์, ศุภรัตน์ ฉัตรจริยเวศน์ และ อุทัยวรรณ สิงห์ไสว. 2547. ความต้องการโปรตีนของปลาเทพา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 87/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 28 หน้า.
- วิสาชา ปุณยกนก, บรรจง จำนงศิตธรรม, พิศมัย สมสืบ และ สาวิตรี วงศ์สุวรรณ. 2549. ความต้องการโปรตีนของปลาสาวยูขนาดกลาง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 24/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 16 หน้า.
- วีรพงศ์ วุฒิพันธ์ชัย. 2536. อาหารปลา. ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. 216 หน้า.
- ศราวุธ เจาะโสภา. 2538. การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนด้านการเงินของการเลี้ยงปลาชนิดแบบพัฒนาในพื้นที่พรุ จังหวัดนราธิวาส. วารสารการประมง 48 (5): 411-427.
- สมศรี งามวงศ์ชน, วรพงษ์ นลินานนท์, สมบัติ สิงห์สี และ ศุภรัตน์ ฉัตรจริยเวศน์. 2551. ระดับโปรตีนในอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาโมง (*Pangasius bocourti*, Sauvage, 1880). วารสารการประมง 61(6): 532-539.
- สาวิตรี ศิลากษ, ดารารวรรณ ยุทธยงค์, ญัฐพงศ์ วรรณพัฒน์, อรทัย ช่างโชติ และ จุอะดี พงศ์มณีรัตน์. 2559. ระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในอาหารปลาสวายโมงขนาดกลาง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2559. กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 38 หน้า.

- สุทิน สมบูรณ์ และ วิชิต เสมอชัย. 2553. ความต้องการโปรตีนและพลังงานที่น้อยได้เพื่อการเจริญเติบโตของปลาโฌง (*Pangasius bocourti*, Sauvage, 1880). ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2553. กรุงเทพมหานคร. 481 หน้า.
- สุภาพร มหันต์กิจ และ นุชนรี ทองศรี. 2555. ระดับโปรตีนและระดับพลังงานที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลาเทพานขนาดเล็ก. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2555. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 32 หน้า.
- สุภาพร มหันต์กิจ และ วิระวรรณ ระยัน. 2551. การเลี้ยงปลาสายอยู่ในบ่อดินที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 79/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 21 หน้า.
- สุรียัน เสมอ และ นัยนา ทีฆะ. 2551. การเลี้ยงปลาโฌงในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 13/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 23 หน้า.
- เสนห์ ผลประสิทธิ์. 2527. การเพาะพันธุ์ปลาลูกปี 2527. รายงานประจำปี 2527-2528. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดพะเยา กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. หน้า 30-48.
- อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล, พิศมัย สมสืบ, นุชนรี ทองศรี และ สาวิตรี วงศ์สุวรรณ. 2548. อาหารและการผลิตอาหารสัตว์น้ำ. สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 69 หน้า.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- AOAC. 2010. Official Methods of Analysis. 18th Edition, Revision 3. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Bromley, P. J. 1980. Effect of Dietary Protein, Lipid and Energy Content on the Growth of Turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquacult.* 19: 359-369.
- Craig, S. R., B. Washburn and D.M. Gatlin III. 1999. Effect of Dietary Lipids on Body Composition and Liver Function in Juvenile Red Drum, *Sciaenops ocellatus*. *Fish Physiol Biochem.* 21: 231-238.
- Gaylord, T. G. and D. M. Gatlin III. 2000. Dietary Lipid Level but not L-carnitine Affects Growth Performance of Hybrid Striped Bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). *Aquacult.* 190: 237-246.
- Hepher, B. 1988. Nutrition of Pond Fishes. Cambridge University Press, New York. 388 pp.
- Kritima, S., S. Saowakoon., P. Ngamsnae., S. Phaukgeen and T. Somnuek. 2014. Effects of Different Stocking Density on Growth Performance and Economic Returns of Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*) Raised in Small-scale Cage Culture. The 4th Rajamangala University of Technology International Conference. 4: 229-236
- Ling, S., R. Hashim, S. kolkovski and A. S. C. Chong. 2006. Effects of Varying Dietary Lipid and Protein Levels on Growth and Reproductive Performance of Female Swordtail (*Xiphorus helleri*, Poeciliidae). *Aquacult. Res.* 37: 1267-1275.
- Lovell, R. T. 1989. Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand-Reinhold, New York. 260 pp.
- Lupatsch, I. and G. W. Kissil. 2005. Feed Formulations Based on Energy and Protein Demands in White Grouper (*Epinephelus aeneus*). *Aquacult.* 248: 83-95.

- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient Requirement of Fish. The National Academy Press, Washington, D.C. 144 pp.
- NRC (National Research Council). 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academy Press, Washington, D.C. 376 pp.
- Olvera-Novoa, M. A., C. A. Martinez Palacios and E. Real de Leon. 1994. Nutrition of Fish and Crustaceans: A Laboratory Manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Mexico city. 63 pp.
- Page, J. W. and J. W. Andrews. 1973. Interactions of Dietary Levels of Protein and Energy on Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.* 103: 1339-1346.
- Phan, L. T., T. M. Bui, T. T. T. Nguyen, G. J. Gooley, B. A. Ingram, H. V. Nguyen, P. T. Nguyen and S. S. De Silva. 2009. Current status of farming practices of striped catfish, *Pangasianodon Hypophthalmus* in the Mekong Delta, Vietnam. *Aquacult.* 296: 227-236.
- Phaukgeen, S. and P. Ngamsanae. 2011. The Effects of Dietary Protein Levels on Growth Performance and Muscle Composition of Young Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*), Raised in Cages. 3rd International symposium on cage aquaculture in Asia 2011. Kuala Lumpur, Malaysia. 152 pp.
- Piper, R. G., I. B. McElwain, L. E. Orme, J. P. McCraren, L. G. Fowler and J. R. Leonard. 1982. Fish Hatchery Management. United State Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D. C. 517 pp.
- Takakuwa F., H. Fukada, H. Hosokawa and T. Masumoto. 2006. Optimum Digestible Protein and Energy Levels and Ratio for Greater Amberjack (*Seriola dumerili*, Riso) Fingerling. *Aquacult. Res.* 37: 1532-1539.
- Wilson, R. P. 1989. Amino Acids and Protein. In: Fish Nutrition. Second Edition. Academic Press. San Diego. pp. 111-151.