

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๒/๒๕๖๔



Technical Paper No. 2/2021

ประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ของการเลี้ยงปลาบึกในคอก
ในบ่อดิน

Efficiency of Protein, Energy and Production Cost of Mekong Giant
Catfish (*Pangasianodon gigas* Chevey, 1931) Pen Culture
in Earthen Pond

สุทัศน์ เผือกจีน

Suthus Phaukgeen

นพมาศ เจียวตั้ง

Noppamard Jiawtang

นันทิชา สุรัตน์

Nanticha Suratana

เพลินพิศ ธารีเธียร

Pleonpis Tareetiean

บรรพต พิชคำ

Banpot Pichkam

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

Inland Aquaculture Research and

Development Division

กรมประมง

Department of Fisheries

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Ministry of Agriculture and Cooperatives



ประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ของการเลี้ยงปลาบึกในคอก
ในบ่อดิน

Efficiency of Protein, Energy and Production Cost of Mekong Giant
Catfish (*Pangasianodon gigas* Chevey, 1931) Pen Culture
in Earthen Pond

สุทัศน์ เผือกจิ้น

Suthus Phaukgeen

นพมาศ เจียวตั้ง

Noppamard Jiawtang

นันทิชา สุรัตน์

Nanticha Suratana

เพลินพิศ ธารีเธียร

Pleonpis Tareetiean

บรรพต พิชคำ

Banpot Pichkam

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด
อุดรธานี

Udonthani Inland Aquaculture Research and
Development Center

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

Inland Aquaculture Research and
Development Division

กรมประมง

Department of Fisheries

๒๕๖๔

2021

รหัสทะเบียนวิจัย 62-1-310-62017-02

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	5
วิธีดำเนินการ	5
1. การวางแผนการทดลอง	5
2. วิธีการทดลอง	6
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล	10
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	12
ผลการทดลอง	12
สรุปและวิจารณ์ผล	24
ข้อเสนอแนะ	27
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก	32

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบของสูตรอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ และพลังงาน 2 ระดับ	9
2	การเปลี่ยนแปลงความยาว (เซนติเมตร) ของปลาบึกในระหว่างการทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	14
3	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก (กรัม) ของปลาบึกในระหว่างการทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	15
4	การวิเคราะห์อิทธิพลของโปรตีนและพลังงานที่มีต่อการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอดตาย ประสิทธิภาพของอาหาร ประสิทธิภาพของ โปรตีนในอาหาร และการใช้ประโยชน์จากโปรตีน ในการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินที่ได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 3 ดับ และพลังงาน 2 ระดับ เป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	16
5	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ Treatment Combination ระหว่าง โปรตีนและพลังงานที่มีต่อ การเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอดตาย ประสิทธิภาพของอาหาร ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร และการใช้ประโยชน์จากโปรตีน ในการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	17
6	ค่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาบึกหลังได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและระดับพลังงานที่แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	19
7	คุณสมบัติของน้ำระหว่างการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	21
8	ต้นทุนและผลตอบแทน ของการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดิน เป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	23

iii
สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 วัดความยาวปลาบึกขนาดเริ่มทดลอง	6
2 ชั่งน้ำหนักปลาบึกขนาดเริ่มทดลอง	7
3 การกั้นคอกในบ่อดินทดลองคอกละ 40 ตารางเมตร	7
4 ปลาบึกเมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงที่ระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	14
5 กราฟการเจริญเติบโตด้านความยาว (เซนติเมตร) ของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	15
6 กราฟการเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก (กรัม) ของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)	16

ประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ของการเลี้ยงปลาบึกในคอก ในบ่อดิน

สุทัศน์ เผือกจีน^{*}, นพมาศ เจียวตั้ง^๑, นันทิชา สุรัตน์^๓, เพลินพิศ ธารีเธียร^๒ และ บรรพต พิชคำ^๑

^๑ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดอุดรธานี

^๒ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดกาฬสินธุ์

^๓กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ของการเลี้ยงปลาบึกในคอกในบ่อดิน โดยศึกษาปัจจัยร่วมระหว่างระดับโปรตีนและพลังงาน มีโปรตีน 3 ระดับ ได้แก่ 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพลังงานมี 2 ระดับ คือที่ 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม รวมอาหารทดลองทั้งสิ้น 6 สูตร ปลาบึกมีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 18.6 ± 1.32 เซนติเมตร น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 66.7 ± 15.07 กรัม ทำการเลี้ยงในบ่อดินโดยกั้นคอกมีขนาด 40 ตารางเมตร ปล่อยปลาบึกคอกละ 20 ตัว คิดเป็นอัตรา 1 ตัวต่อ 2 ตารางเมตร ให้กินอาหารจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 181 วัน ผลการทดลองพบว่าระดับโปรตีนมีอิทธิพลต่อความยาวสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพของอาหาร และประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร ($p < 0.05$) ส่วนระดับพลังงานมีอิทธิพลต่อ ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพของอาหาร และประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร ($p < 0.05$) และไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างโปรตีนและพลังงาน ($p < 0.05$) โดยระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราแลกเนื้อ และประสิทธิภาพของอาหาร สูงกว่าที่ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) และระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย และน้ำหนักเพิ่มต่อวัน สูงกว่าที่ระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) แต่ระดับโปรตีนและพลังงานไม่ทำให้อัตรารอดตายแตกต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตพบว่าระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์และพลังงานรวม 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีผลตอบแทนต่อการลงทุนดีที่สุดที่สุด 121.52 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ามีความเหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ : ปลาบึก, โปรตีน, พลังงาน, ต้นทุนการผลิต, บ่อดิน

*ผู้รับผิดชอบ: 595 ถ.เพาะนิยม ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 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,1931) Pen Culture in Earthen Pond

Suthus Phaukgeen^{1*} Noppamard Jiawtang² Nanticha Suratana³ Pleonpis Tareetiean²
and Banpot Pichkam¹

¹Udonthani Inland Aquaculture Research and Development

²Kalasin Inland Aquaculture Research and Development Center

³Inland Aquaculture Research and Development Division

Abstract

Study on efficiency of protein, energy and production cost of Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas* Chevey,1931) culture in earthen pond was concluded by using three protein levels (25, 30 and 35%) and two energy levels (400 and 500 kcal/100 g feed) with three replications. Initial length and weight of fish were 18.6 ± 1.32 cm and 66.7 ± 15.07 g respectively. Twenty fish were stocked in 40 m² fish pen (1 fish per 2 m²). Fish were fed twice daily for 181 days. The results showed that protein levels had influence on average final length, average final weight, daily weight gain, feed conversion ratio, feed efficiency ratio and protein efficiency ratio ($p<0.05$). Energy levels had influence on average final length, 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 growth (average final weight, daily weight gain), feed conversion ratio and feed efficiency ratio were better than protein level 30% ($p<0.05$). Protein level 30% caused the fish to grow (average final 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 to differ ($p>0.05$). Considering the cost of production, we find that protein level 35% and energy level 400 kcal/100 g feed has the best return on investment (121.52%). Base on the result, feed with 35% protein and 400 kcal/100 g is the most suitable feed for culture in pen Mekong Giant Catfish.

Key words: Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas* Chevey,1930), protein, energy, production cost, earthen pond

*Corresponding author: 595 phoa niyom Road, Mak khaeng, Mueang, Udonthani 41000

Tel. 0 4222 1167 e-mail: suthus_53@hotmail.com

คำนำ

ปลาบึก (Mekong giant catfish) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pangasianodon gigas* (Chevey, 1931) เป็นปลาที่ไม่มีเกล็ดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก เป็นปลาที่คนไทยรู้จักมานาน ปลาบึกเป็นชนิดหนึ่งและจัดอยู่ในกลุ่มสัตว์หายากและใกล้จะสูญพันธุ์ ในธรรมชาติพบในแม่น้ำโขงและลุ่มน้ำสาขาเท่านั้น กรมประมงสามารถเพาะพันธุ์ปลาบึกได้เป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2526 แต่ขณะนั้นได้ลูกปลาจำนวนไม่มากนัก (เสนห์, 2527) และกรมประมงมีความพยายามที่จะส่งเสริมให้เพาะขยายพันธุ์ปลาบึกให้ได้จำนวนมากขึ้น จนกระทั่งปี พ.ศ. 2527 ได้มีการเพาะขยายพันธุ์ปลาบึกอีกครั้ง ซึ่งนับว่าการเพาะพันธุ์ที่ประสบความสำเร็จอย่างยิ่ง เนื่องจากได้ลูกปลาจำนวนมาก โดยลูกปลาที่ได้จากการเพาะพันธุ์ในครั้งนั้นได้แจกจ่ายไปตามศูนย์และสถานีประมงทั่วประเทศ เพื่อทดลองเลี้ยงและศึกษาด้านการเจริญเติบโตและลักษณะทางชีววิทยาต่าง ๆ อีกส่วนหนึ่งได้ปล่อยลงตามแม่น้ำและแหล่งน้ำต่าง ๆ ของประเทศ ในปี พ.ศ. 2544 กรมประมงประสบความสำเร็จอีกขั้นหนึ่งโดยสามารถเพาะขยายพันธุ์ปลาบึกจากพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงไว้ในบ่อดินได้สำเร็จ ณ สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดพะเยา และศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ (กรมประมง, 2544) ในปัจจุบันศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง ได้มีการผสมเทียมปลาบึกได้ลูกปลาบึกปีละหลายแสนตัว ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกรที่จะนำไปเลี้ยง ปลาบึกในตอนเป็นลูกปลาขนาดเล็กที่มีขนาดความยาวไม่เกิน 50 เซนติเมตร จะพบว่ามีฟันในปาก แต่เมื่อโตขึ้นจะไม่พบว่ามีฟันในปาก แสดงว่าปลาบึกตอนเล็ก ๆ นั้น กินเนื้อเป็นอาหาร เช่น ไรแดง ไรน้ำ ลูกปลาขนาดเล็ก เป็นต้น เมื่อโตมาและไม่มีฟันจะกินอาหาร เช่น สาหร่ายพื้นท้องน้ำ หรือกรองกินแพลงก์ตอน ดังนั้น ปลาบึกจึงน่าจะมีการกินอาหารได้ในช่วงที่มีโปรตีนระดับ 20-40 เปอร์เซ็นต์ (ชวลิต และสมศักดิ์, 2536)

การเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินในประเทศไทยนิยมเลี้ยงกันมานานแล้ว ส่วนมากจะนิยมเลี้ยงกันในแถบภาคกลางตั้งแต่จังหวัดนครสวรรค์มาถึงสุพรรณบุรี ปทุมธานี และกรุงเทพมหานคร ขนาดของบ่อความหนาแน่นของการเลี้ยง อาหารที่ใช้เลี้ยงจะแตกต่างกันไปตามสภาพของพื้นที่ การเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อดินจะใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 8-12 เดือน จะได้ขนาด 1-1.5 กิโลกรัม (กรมประมง, 2549) ในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีปริมาณการเพาะเลี้ยงปลาบึกในประเทศ 22,500 ตัน (กรมประมง, 2559) แต่ยังไม่เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก จึงได้มีการนำเข้าปลาบึก (ดอลี่) จากประเทศเวียดนามซึ่งมีเนื้อที่มีสีขาวกว่าบึกในประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2556-2559 ประเทศเวียดนามได้ทำการส่งปลาบึกเข้ามาในประเทศไทยในรูปแบบแช่แข็งคิดเป็นมูลค่าประมาณ 1,200 – 2,700 ล้านบาท (กรมประมง, 2559) โดยประเทศเวียดนามได้มีการเลี้ยงปลาบึกอย่างมากมาในตอนล่างของประเทศ เขตบริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขงซึ่งมีสภาพเหมาะแก่การเลี้ยงปลาเป็นอย่างมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการลดการนำเข้าปลาบึกจากเวียดนาม จึงควรมีการส่งเสริมการเลี้ยงปลาบึกสามารถส่งเสริมและพัฒนารายได้ไปเชิงพาณิชย์ได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางการค้าทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ เนื่องจากปลาบึกเป็นที่นิยมของผู้บริโภคเนื้อรสชาติดี เนื้อแน่น มีลายกล้ามเนื้อเป็นแวน คล้ายวงปีของเนื้อไม้ แล้วช่วยให้สุขภาพดีและฉลาด ในด้านคุณค่าทางอาหารพบว่าเนื้อปลาบึกมีโอเมก้า 3 ชนิด DHA ที่สูงกว่าปลาแมกเคอเรล

ปลาชาร์ดิน ปลาเทร่าต์ ปลาแซลมอล และปลาทู (เกรียงศักดิ์, 2559) ปลาบึกสามารถส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงปลาในเชิงพาณิชย์ได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางการค้าทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ แต่ในการส่งออกนั้นปัจจุบันมีปัญหาอุปสรรคในด้านอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศในโดยเฉพาะการอนุรักษ์สัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (Cites) เนื่องจากปลาบึกจัดเป็นสัตว์น้ำที่ใกล้สูญพันธุ์ เป็นสินค้าที่ต้องขออนุญาตในการส่งออกไปนอกราชอาณาจักรตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ว่าด้วยการส่งสินค้าออกไปนอกราชอาณาจักร (ฉบับที่ 58) พ.ศ. 2534 ดังนั้นเกษตรกรในประเทศไทยจึงควรหันมาสนใจในการเลี้ยงปลาบึกเพื่อทดแทนการเลี้ยงปลาซวาย เนื่องจากปลาบึกมีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมการเลี้ยงในบ่อดินของประเทศไทยได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังมีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าปลาซวายเวียดนาม 2-3 เท่า และยังมีความทนทานต่อโรคได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะเป็นการลดการนำเข้าปลาซวายจากประเทศเวียดนามได้

อาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นโดยเฉพาะโปรตีนถือเป็นปัจจัยหลักในการเจริญเติบโตเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในอาหารสัตว์น้ำและมีราคาแพง โดยปกติสัตว์น้ำจะมีความต้องการโปรตีนมากถึง 30-50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร (Lovell, 1989) หรือประมาณ 1 กรัม/กิโลกรัม/วัน (Wilson, 1989) วีรพงศ์ (2536) กล่าวถึงความต้องการโปรตีนของปลาแต่ละประเภทสามารถแบ่งออกได้อย่างกว้าง ๆ ดังนี้ ปลากินพืช (herbivore) มีความต้องการโปรตีน 18-25 เปอร์เซ็นต์ ปลากินพืชและเนื้อ (omnivore) มีความต้องการโปรตีน 25-35 เปอร์เซ็นต์ และปลากินเนื้อ (carnivore) มีความต้องการโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ พลังงานถือว่ามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและมีความสัมพันธ์กับระดับโปรตีน ซึ่งค่าพลังงานในอาหารที่เหมาะสมสำหรับปลากินพืช 240-280 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม ปลากินทั้งพืชและเนื้อ 320-360 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม และ ปลากินเนื้อ 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)

ในปัจจุบันการเลี้ยงปลาในบ่อดินเป็นอาชีพที่มีเกษตรกรทำการเลี้ยงกันอย่างมากมาย โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคกลาง ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปลาบึกจึงมีแนวโน้มที่สามารถเป็นสัตว์เศรษฐกิจตัวใหม่ทางการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดได้ จากการที่กรมประมงสามารถเพาะพันธุ์และได้มีการจำหน่ายลูกพันธุ์ปลาบึกให้กับเกษตรกรที่มีความสนใจซื้อไปเลี้ยงเพิ่มมากขึ้น โดยส่วนมากเกษตรกรมักจะนิยมซื้อลูกปลาบึกที่มีขนาด 7-10 นิ้วไปเลี้ยงร่วมกับปลาชนิดอื่นๆ เนื่องจากลูกปลาบึกมีความแข็งแรงและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี อย่างไรก็ตามการศึกษาเรื่องการเลี้ยงลูกปลาบึกยังขาดข้อมูลที่เด่นชัดเรื่องระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในการเลี้ยงจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการ ดังนั้น การศึกษาเรื่องการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินด้วยระดับโปรตีนและพลังงานที่แตกต่างกัน จึงเป็นงานวิจัยที่สำคัญและน่าสนใจเป็นอย่างยิ่งที่จะเป็นข้อมูลพื้นฐาน

เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปส่งเสริมเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินเชิงพาณิชย์ รวมไปถึงการอนุรักษ์ปลาบึกให้ยั่งยืนอยู่กับแม่น้ำโขงและประเทศไทยตลอดไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทราบอิทธิพลของโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อดิน โดยพิจารณาจากอัตราการเจริญเติบโต อัตรารอดตายของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อดิน
2. เพื่อทราบต้นทุนการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดิน

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการทดลอง

1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3x2 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (3x2 factorial in completely randomized design) โดยมี 3 ซ้ำดังนี้

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 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม
- b2 ระดับพลังงาน 500 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม

	a1 (25%)	a2 (30%)	a3 (35%)
b1	a1b1	a2b1	a3b1
(400k.cal/100 g)			
b2	a1b2	a2b2	a3b2
(500k.cal/100 g)			

1.2 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดกาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนสิงหาคม 2562 เป็นระยะเวลา 6 เดือน

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมปลาทดลอง

2.1.1 การเพาะพันธุ์ปลาบึก

ทำการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาบึกในบ่อดินขนาด 2 ไร่ จำนวน 10 ตัว ด้วยอาหารผสมสารเร่งการสร้างความเจริญเติบโตของรังไข่และน้ำเชื้อ โดยการใช้อาหารปลาตุ๊กเล็ก (โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์) วิตามินอี วิตามินซี สารละลายโปรลินา น้ำมันตับปลา และแป้งสาลี เมื่อถึงฤดูผสมพันธุ์คัดเลือกแม่ปลาที่ลักษณะท้องอุมใหญ่ขึ้น ทำการตรวจสอบพ่อแม่ปลาโดยการใช้สายยางขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร สอดเข้าไปในช่องทางออกของไข่และดูไข่ออกมาตรวจสอบ สังเกตลักษณะสีของไข่ควรมีลักษณะสีเหลืองอ่อน ขนาดสม่ำเสมอ และนำไข่มาแช่น้ำดูการฟองตัวของไข่และนิวเคลียสว่ามีลักษณะกลม ส่วนพ่อปลาทำการตรวจสอบน้ำเชื้อโดยทำการรีดบริเวณทางออกของน้ำเชื้อ เมื่อพ่อแม่พันธุ์ปลามีไข่และน้ำเชื้อพร้อมที่จะผสมพันธุ์แล้วจึงนำมาทำการฉีดฮอร์โมนกระตุ้น หลังจากนั้นทำการรีดไข่ผสมน้ำเชื้อผสมกับไข่แบบดัดแปลงวิธีแห้ง (modified dry method) เสร็จแล้วนำไปฟักในระบบฟักไข่ ลูกปลาจะใช้เวลาในการฟักออกเป็นตัวประมาณ 30-36 ชั่วโมง

2.1.2 การอนุบาลลูกปลาบึก

การอนุบาลลูกปลาบึกวัยอ่อนอายุ 2-4 วันในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร จะให้ไรน้ำเค็ม (artemia) อายุ 24 ชั่วโมง วันละ 4 เวลา คือ 08.00, 12.00, 16.00, 20.00 น. ช่วงอายุ 4-6 วันจะให้ไรแดง หลังจากนั้นนำลงอนุบาลในบ่อดินโดยช่วงการอนุบาลในบ่อดินสัปดาห์แรกยังให้ไรแดงพร้อมกับรำผสมปลาป่นในอัตรา 3 ต่อ 1 ส่วน เมื่อปลาเริ่มมีความยาว 3 นิ้ว จึงทำการเปลี่ยนเป็นให้อาหารเม็ดปลาตุ๊กเล็กลอยน้ำ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน 32, ไขมันไม่น้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์, กากไม่มากกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นไม่มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำการอนุบาลลูกปลาไปจนได้ขนาดความยาวทั้งหมด 18.62 ± 1.32 เซนติเมตร น้ำหนัก 66.67 ± 15.07 กรัม (ใช้เวลาอนุบาลประมาณ 60 วัน) แล้วจึงนำมาทำการทดลอง



ภาพที่ 1 วัดความยาวปลาบึกขนาดเริ่มทดลอง



ภาพที่ 2 ชั่งน้ำหนักปลาบึกขนาดเริ่มทดลอง

2.2 การเตรียมคอกและบ่อทดลอง

ทำความสะอาดบ่อทดลองขนาด 2 ไร่ โดยตากบ่อให้แห้งแล้วกำจัดวัชพืชและหว่านปูนขาว ในอัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ ทำการกั้นคอกแบ่งเป็นบ่อโดยใช้พลาสติกแข็งโพลีเอทิลีนขนาดช่องตา 1.0 เซนติเมตร ให้แต่ละคอกมีขนาด 40 ตารางเมตร จำนวน 18 บ่อ โดยในแต่ละคอกจะมีมุ้งเขียวขนาดช่องตา 21 ช่องต่อนี้ว มากันรอบ ๆ คอก เพื่อป้องกันอาหารลอยออก หลังจากนั้นใส่ปุ๋ยคอกในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วทำการเติมน้ำให้ได้ระดับ 1.5 เมตร ทิ้งไว้ 3 วัน แล้วจึงนำลูกปลาบึกขนาดความยาว 18.62 ± 1.32 เซนติเมตร น้ำหนัก 66.67 ± 15.07 กรัม ลงเลี้ยงตามแผนการทดลองที่วางไว้ โดยมีความหนาแน่น 0.5 ตัวต่อ ตารางเมตร (1 ตัวต่อ 2 ตารางเมตร)



ภาพที่ 3 การกั้นคอกในบ่อดินทดลองคอกละ 40 ตารางเมตร

2.3 การเตรียมอาหารทดลอง

การทดลองนี้ศึกษาปัจจัยร่วมระหว่างระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารทดลองที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก โดยโปรตีนมี 3 ระดับ ได้แก่ 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานมี 2 ระดับ 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม (ตารางที่ 1) ซึ่งวัตถุดิบตามปริมาณของสูตรอาหารทดลอง (ตารางที่ 1) โดยวัตถุดิบที่เป็นของแข็งจะต้องบดให้ละเอียดก่อนนำมาใช้ จากนั้นนำมาคลุกเคล้าให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เติมน้ำสะอาดเล็กน้อยระหว่างผสม แล้วจึงนำไปเข้าเครื่องอัดเม็ดลอยน้ำ (extruder) นำอาหารเม็ดทดลองที่ได้ไปอบให้ความชื้นเหลือไม่เกิน 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) โดยมีสูตรดังนี้

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

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

สถานที่ทำอาหารเม็ดลอยน้ำทดลองได้ทำที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดนครราชสีมา โดยอาหารเม็ดลอยน้ำที่ผลิตได้นั้นมีขนาดความกว้าง 3-4 มิลลิเมตร และได้ทำการส่งไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารที่งานทดสอบวิเคราะห์วัตถุดิบอาหารสัตว์ ศูนย์พัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ให้อาหารเม็ดชนิดลอยน้ำตามแผนการทดลองที่วางไว้ ให้กินจนอิ่ม วันละ 2 ครั้ง เข้า เวลา 09.00 น. และเย็น เวลา 15.00 น.

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของสูตรอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ และพลังงาน 2 ระดับ

วัตถุประสงค์	อาหารทดลอง					
	25		30		35	
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)						
พลังงานรวม (กิโลแคลอรีต่ออาหาร 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
ผลการวิเคราะห์คุณค่าของอาหารปลาบีกทดลองสูตรต่างๆ (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	402.38	502.57	404.71	502.79	408.07	500.95
(กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม)						

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

2.4 การจัดการระหว่างการเลี้ยง

มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อดินประมาณ 1 ใน 3 ของบ่อดิน (ประมาณ 50 เซนติเมตร) ทุก ๆ 2 สัปดาห์

2.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทุก 1 เดือน ก่อนทำการชั่งวัดปลา เวลา 09.00 น. ตลอดการทดลองโดยมีดัชนีที่ตรวจวัดดังนี้

- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) โดยวิธี azide modification of Winkler method ที่กล่าวใน ไมตรี และจารุวรรณ (2528) หน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร
- ค่าความเป็นกรดเป็นด่างโดยใช้ pH meter ยี่ห้อ WTW Microprocessor pH meter 320
- ความเป็นด่างโดยวิธี titrimetric method หน่วยเป็น mg/l as CaCO₃
- ความกระด้างโดยวิธี EDTA titrimetric method หน่วยเป็น mg/l as CaCO₃
- อุณหภูมิและอากาศโดยใช้ thermometer probe YSI 52-230 หน่วยเป็น องศาเซลเซียส

องศาเซลเซียส

- ปริมาณแอมโมเนียรวม ในรูป Total ammonia (NH₃) โดยเครื่อง spectrophotometer โดยวิธี Nessler method หน่วยเป็น mg NH₃-N/l
- ความโปร่งแสงของน้ำ (transparency) ใช้ secchidisc หน่วยเป็น เซนติเมตร

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทุก 1 เดือน วันที่ทำการชั่งวัดจะหยุดการให้อาหาร บันทึกจำนวนปลาตายในแต่ละบ่อทดลองทุกวัน สุ่มปลาทดลองจำนวน 10 เปอร์เซ็นต์ มาทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวทำการเลี้ยงปลาบีกจนได้ขนาด 1,500 กรัม จึงเสร็จสิ้นการทดลอง ทำการชั่งน้ำหนักรวมของปลาแต่ละบ่อทดลองและตรวจนับจำนวนปลาทดลองทั้งหมด และทำสุ่มเก็บตัวอย่างปลาจำนวน 10 ตัวในแต่ละซ้ำ (นำปลาจากทุกคอกในแต่ละชุดการทดลองที่มีระดับโปรตีนเดียวกันมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง) แล้วทำการสุ่มปลาจำนวน 5 ตัว เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวปลา ได้แก่ โปรตีน, ไขมัน, ความชื้น และเถ้า โดยใช้ micro-kjeldahl, ether extraction, oven drying และ muffle furnace combustion ตามลำดับ ตามวิธีการของ AOAC (2010)

3.1 การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลาบึก

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการตอบสนองของปลาบึกต่ออาหารทดลอง ตามวิธีที่กล่าวอ้างใน Hepher (1988) ดังนี้

3.1.1 น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Daily weight gain, DWG; กรัม/วัน)

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

3.2 อัตราแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio, FCR)

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

3.3 อัตรารอดตาย (survival rate, เปอร์เซ็นต์)

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

3.4 ประสิทธิภาพอาหาร (Feed Efficiency Ratio, FER)

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

3.5 ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (Protein Efficiency Ratio, PER)

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

3.6 ต้นทุนการผลิต

ทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตโดยทำการบันทึกค่าเสื่อมราคาบ่อดินทดลอง ลูกปลาบึก อาหาร ฯลฯ พร้อมปริมาณที่ใช้ อายุการใช้งาน ผลผลิตที่ได้ ราคาขาย ระยะเวลาเลี้ยง เพื่อนำมาคำนวณค่าเสื่อมราคา หาต้นทุนการผลิตและกำไรต่อระยะเวลาเลี้ยง วิเคราะห์ตามวิธีที่อ้างโดย ศรารุช (2538)

3.6.1 ต้นทุนการผลิตปลาทดลองต่อตัว

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

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

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

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

$$\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน} = \text{ค่าที่คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยของเงินฝาก} \\ \text{ประจำ 12 เดือน ปี 2562}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \text{คิดโดยวิธีเส้นตรงโดยกำหนดมูลค่าซาก} \\ \text{เป็นศูนย์เมื่อหมดอายุการใช้งาน}$$

3.6.2 รายได้และผลตอบแทน

$$\begin{aligned}
 \text{รายได้ทั้งหมด} &= \text{จำนวนผลผลิต (กิโลกรัม)} \times \text{ราคาผลผลิตที่จำหน่ายได้ (บาท)} \\
 \text{รายได้สุทธิ} &= \text{รายได้ทั้งหมด} - \text{ต้นทุนผันแปร} \\
 \text{กำไรสุทธิ} &= \text{รายได้ทั้งหมด} - \text{ต้นทุนทั้งหมด} \\
 \text{ผลตอบแทนต่อการลงทุน} &= \frac{\text{กำไรสุทธิ}}{\text{ต้นทุนทั้งหมด}} \times 100
 \end{aligned}$$

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการรอดของแต่ละกลุ่มการทดลอง มาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ เพื่อดูการตอบสนองของปลาต่ออาหารทดลองแต่ละสูตรโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน two-way analysis of variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS for Window

ผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ของการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินในบ่อดินโดยปลาบึกที่ใช้ทดลองมีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 18.6 ± 1.32 เซนติเมตร และน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 66.7 ± 15.07 กรัม และใช้ระยะเวลาทดลอง 6 เดือน (181 วัน) ปรากฏผลการทดลองดังนี้

1. การเจริญเติบโตของปลาบึกในบ่อดิน

1.1 ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยของปลาบึก ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยหลักระดับโปรตีน พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 55.42 ± 1.00 , 58.52 ± 1.96 และ 59.72 ± 0.16 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยน้อยกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหาร 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) ส่วนชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยโปรตีน 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์จะไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 57.15 ± 2.45 และ 58.62 ± 2.16 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงาน 400 กิโลแคลอรีต่อ

อาหาร 100 กรัม มีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยน้อยกว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงาน 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4)

1.2 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลาบึก ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยหลักระดับโปรตีน พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 1671.0 ± 14.61 , $1,969.7 \pm 148.49$ และ 2214.0 ± 16.02 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยน้อยกว่าชุดการทดลองที่ 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยน้อยกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) และปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ $1,916.9 \pm 285.93$ และ $1,986.2 \pm 271.69$ กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 4 ปลาบึกเมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงที่ระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

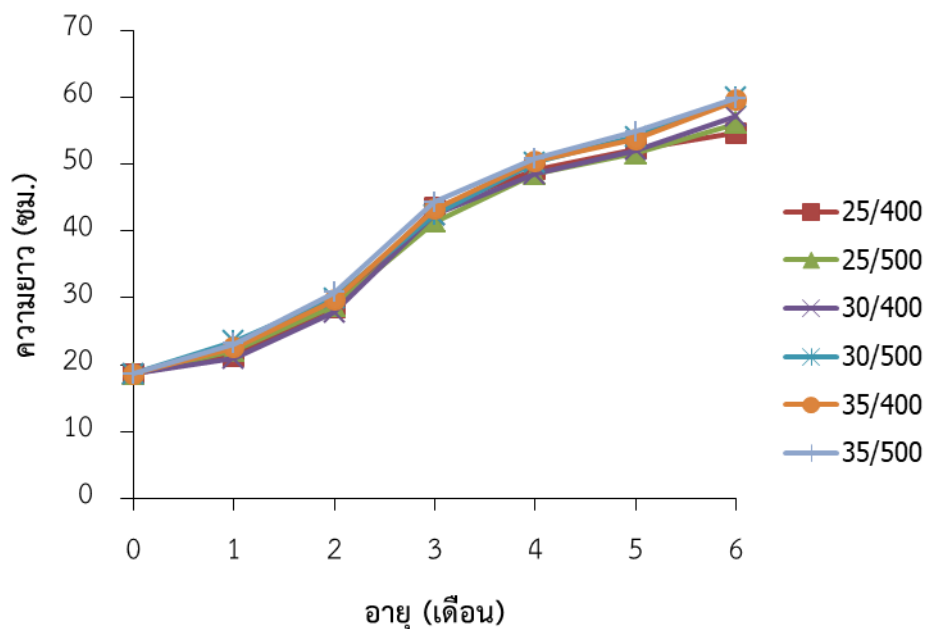
1.3 น้ำหนักเพิ่มต่อวัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันของปลาบึก ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยหลักระดับโปรตีน พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 8.87 ± 0.08 , 10.51 ± 0.82 และ 11.87 ± 0.09 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันน้อยกว่าชุดการทดลองที่ 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันน้อยกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยง

ด้วยระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) และปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 10.22 ± 1.58 และ 10.60 ± 1.50 กรัมต่อวันตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4)

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

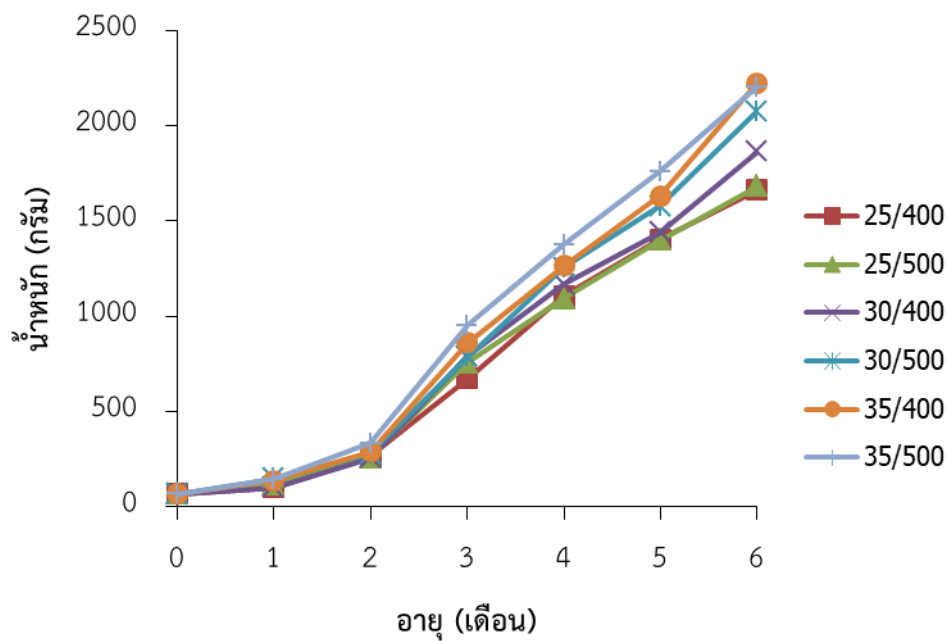
ระยะเวลา (เดือน)	Treatment Combination					
	a1b1	a1b2	a2b1	a2b2	a3b1	a3b2
	(25/400)	(25/500)	(30/400)	(30/500)	(35/400)	(35/500)
0	18.60±1.32	18.60±1.32	18.60±1.32	18.60±1.32	18.60±1.32	18.60±1.32
1	21.27±0.90	22.07±0.20	20.93±0.68	23.53±0.31	22.57±0.25	23.10±0.95
2	28.57±0.25	28.78±0.83	27.86±0.33	29.89±0.60	29.62±0.87	30.83±1.43
3	43.43±1.42	41.36±0.68	42.39±1.36	42.44±0.84	43.23±0.81	44.30±1.08
4	49.23±0.78	48.55±0.22	48.51±1.08	50.28±0.42	50.46±1.32	50.86±1.55
5	52.31±0.53	51.63±0.57	52.08±0.57	54.12±1.14	53.70±0.70	54.81±0.58
6	54.70±0.77	56.13±1.17	57.15±0.49	59.92±1.43	59.60±0.89	59.83±0.38



ภาพที่ 5 กราฟการเจริญเติบโตด้านความยาว (เซนติเมตร) ของปลาบึกที่เลี้ยงในคอกในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

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

(เดือน)	Treatment Combination					
	a1b1 (25/400)	a1b2 (25/500)	a2b1 (30/400)	a2b2 (30/500)	a3b1 (35/400)	a3b2 (35/500)
0	66.70±15.07	66.70±15.07	66.70±15.07	66.70±15.07	66.70±15.07	66.70±15.07
1	101.67±23.76	117.33±25.32	100.33±8.08	148.33±6.03	137.00±8.89	144.33±20.60
2	265.00±13.00	260.00±13.00	253.67±8.39	279.67±24.54	288.33±44.96	332.33±56.22
3	671.33±68.60	756.67±28.87	790.00±26.46	786.67±23.09	860.00±52.92	953.33±120.55
4	1106.67±25.17	1,093.33±97.13	1,168±71.02	1,255.33±33.01	1,266.00±37.36	1,376.00±180.18
5	1403.33±36.46	1,400.00±20.30	1,438.67±127.02	1,578±120.54	1,631.33±13.32	1,760.00±39.95
6	1660.67±20.53	1,681.33±59.74	1,864.67±94.50	2,074.67±79.25	2,225.33±131.25	2,202.67±121.17



ภาพที่ 6 กราฟการเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก (กรัม) ของปลาบึกที่เลี้ยงในคอกในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์อิทธิพลของโปรตีนและพลังงานที่มีต่อการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอดตาย ประสิทธิภาพของอาหาร ประสิทธิภาพของ โปรตีนในอาหาร และ การใช้ประโยชน์จากโปรตีน ในการเลี้ยงปลาบึกในคอกในบ่อดินที่ได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 3 ระดับ และพลังงาน 2 ระดับ เป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

ปัจจัย	ระดับ	ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย (เซนติเมตร)	น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม)	DWG (กรัม/วัน)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	FCR	FER	PER
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	25	55.42±1.00 ^a	1,671.0±14.61 ^a	8.87±0.08 ^a	95.0±2.36 ^a	1.33±0.02 ^b	0.79±0.01 ^a	3.03±0.03 ^c
	30	58.52±1.96 ^b	1,969.7±148.49 ^b	10.51±0.82 ^b	95.0±2.36 ^a	1.34±0.05 ^b	0.78±0.03 ^a	2.51±0.09 ^b
	35	59.72±0.16 ^b	2,214.0±16.02 ^c	11.87±0.09 ^c	95.8±1.18 ^a	1.25±0.02 ^a	0.83±0.01 ^b	2.30±0.04 ^a
พลังงาน (กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม)	400	57.15±2.45 ^x	1,916.9±285.93 ^x	10.22±1.58 ^x	93.9±0.96 ^x	1.28±0.04 ^x	0.81±0.03 ^x	2.65±0.37 ^x
	500	58.62±2.16 ^y	1,986.2±271.69 ^x	10.60±1.50 ^x	96.7±0.00 ^x	1.32±0.06 ^y	0.79±0.03 ^y	2.57±0.38 ^y
P value Two-way ANOVA								
โปรตีน		0.000	0.000	0.000	0.884	0.001	0.005	0.000
พลังงาน		0.003	0.137	0.137	0.102	0.017	0.033	0.034
โปรตีนxพลังงาน		0.262	0.108	0.108	0.884	0.384	0.324	0.496

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

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ Treatment Combination ระหว่างโปรตีนและพลังงานที่มีต่อ การเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอดตาย ประสิทธิภาพของอาหาร ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร และการใช้ประโยชน์จากโปรตีน ในการเลี้ยงปลาบึกในคอกในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	พลังงาน (กิโลแคลอรี /อาหาร 100 กรัม)	ความยาว สุดท้ายเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนัก สุดท้ายเฉลี่ย (กรัม)	DWG (กรัม/วัน)	FCR	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	FER	PER
25	400	54.7±0.71 ^a	1,660.7±20.53 ^a	8.8±0.11 ^a	1.31±0.04 ^{bcd}	93.3±2.89 ^a	0.80±0.03 ^{ab}	3.0±0.10 ^d
	500	56.1±1.19 ^{ab}	1,681.3±59.74 ^a	8.9±0.33 ^a	1.34±0.03 ^{cd}	96.7±2.89 ^a	0.78±0.02 ^{ab}	3.0±0.07 ^d
30	400	57.1±0.47 ^b	1,864.7±94.50 ^b	9.9±0.53 ^{ab}	1.30±0.02 ^{bc}	93.3±2.89 ^a	0.80±0.02 ^{ab}	2.6±0.05 ^c
	500	59.9±1.47 ^c	2,074.7±79.25 ^c	11.1±0.44 ^{bc}	1.37±0.03 ^d	96.7±2.89 ^a	0.76±0.02 ^a	2.4±0.06 ^b
35	400	59.6±0.89 ^c	2,225.3±131.25 ^c	11.9±0.73 ^c	1.23±0.02 ^a	95.0±5.00 ^a	0.84±0.01 ^b	2.3±0.02 ^a
	500	59.8±0.38 ^c	2,202.7±121.17 ^c	11.8±0.67 ^c	1.26±0.04 ^{ab}	96.7±2.89 ^a	0.82±0.02 ^b	2.3±0.07 ^a

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05)

2. อัตรารอดตาย

จากการศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ในการเลี้ยงปลาบึกในคอก ในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน) พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อ ค่าอัตราการรอดตายของปลาบึก ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยหลัก พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มี ระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการรอดตายเท่ากับ 95.0 ± 2.36 , 95.0 ± 2.36 และ 95.8 ± 1.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และปลาบึกที่ เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าอัตราการรอดตาย เท่ากับ 93.9 ± 0.96 และ 96.7 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

3. อัตราแลกเนื้อ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ในการเลี้ยงปลาบึกในคอก ในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน) พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อ ค่าอัตราแลกเนื้อของปลาบึก ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยหลักพบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มี ระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราแลกเนื้อเท่ากับ 1.33 ± 0.02 , 1.34 ± 0.05 และ 1.25 ± 0.02 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าน้อยกว่าชุดการทดลองที่ 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) ส่วนชุดการทดลองที่เลี้ยง ด้วยโปรตีน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มี ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าอัตราแลกเนื้อเท่ากับ 1.28 ± 0.04 และ 1.32 ± 0.06 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4)

4. ประสิทธิภาพของอาหาร

จากการศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ในการเลี้ยงปลาบึกในคอก ในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน) พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อ ค่าประสิทธิภาพของอาหาร ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยหลัก พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มี ระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าประสิทธิภาพของอาหารเท่ากับ 0.79 ± 0.01 , 0.78 ± 0.03 และ 0.83 ± 0.01 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วย ระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่ 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) ส่วน ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยโปรตีน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และปลาบึกที่ เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีค่าประสิทธิภาพของอาหาร เท่ากับ 0.81 ± 0.03 และ 0.79 ± 0.03 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4)

5. ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร

จากการศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ในการเลี้ยงปลาบึกในคอก ในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน) พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานต่อ ค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยหลัก พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วย อาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารเท่ากับ 3.03 ± 0.03 , 2.51 ± 0.09 และ 2.30 ± 0.04 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่ 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) และปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่อ อาหาร 100 กรัม มีค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารเท่ากับ 2.65 ± 0.37 และ 2.57 ± 0.38 ตามลำดับ ซึ่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 6 ค่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาบึกหลังได้รับอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและระดับพลังงาน ที่แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	พลังงาน (กิโลแคลอรี/ อาหาร 100 กรัม)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง)	ไขมัน (เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง)
	ปลา ก่อนทดลอง	5.42	70.61	10.94	10.17
25	400	5.99	63.24	20.87	5.82
	500	6.55	62.96	21.04	5.38
30	400	4.20	70.28	14.65	5.80
	500	3.79	69.47	27.17	6.99
35	400	4.58	63.58	23.28	4.95
	500	3.87	62.95	28.47	5.01

6. องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลาพบว่า ปลาก่อนการทดลองมีค่าความชื้นเท่ากับ 5.42 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 6 ชุดการทดลอง มีค่าความชื้นเท่ากับ 5.99, 6.55, 4.20, 3.79, 4.58 และ 3.87 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลา (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) ก่อนการทดลองเท่ากับ 70.61 ± 0.12 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองมีค่าเท่ากับ 63.24, 62.96, 70.28, 69.47, 63.58 และ 62.95 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ปริมาณไขมันในเนื้อปลา (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) ก่อนการทดลองเท่ากับ 10.94 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองมีปริมาณไขมันในเนื้อปลาเท่ากับ 20.87, 21.04, 14.65, 27.17, 23.28 และ 28.47 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ปริมาณเถ้าในเนื้อปลาบีก (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) ก่อนการทดลองเท่ากับ 10.17 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองมีปริมาณเถ้าในเนื้อปลาเท่ากับ 5.82, 5.38, 5.80, 6.99, 4.95 และ 5.01 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

7. คุณสมบัติของน้ำ

จากการศึกษาการเลี้ยงปลาบีกในคอกในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน) พบว่าคอกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีคุณสมบัติดังนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 28.5-30.0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 25.0-29.0 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณออกซิเจนอยู่ระหว่าง 4.5-7.0 mg/l ความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 34-51 mg/l as CaCO_3 ค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 50-100 mg/l as CaCO_3 ปริมาณแอมโมเนียรวม 0.00 mg $\text{NH}_3\text{-N/l}$ ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 28-40 เซนติเมตร ตลอดการทดลอง (ตารางที่ 7) คอกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีคุณสมบัติดังนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 28.5-30.0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 25.0-29.5 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณออกซิเจนอยู่ระหว่าง 4.0-7.0 mg/l ความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 34-51 mg/l as CaCO_3 ค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 50-100 mg/l as CaCO_3 ปริมาณแอมโมเนียรวม 0.00-0.01 mg $\text{NH}_3\text{-N/l}$ ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 25-40 เซนติเมตร ตลอดการทดลอง (ตารางที่ 7) คอกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีคุณสมบัติดังนี้ อุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 28.5-30.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 25.0-29.5 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณออกซิเจนอยู่ระหว่าง 4.0-7.0 mg/l ความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 34-51 mg/l as CaCO_3 ค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 50-100 mg/l as CaCO_3 ปริมาณแอมโมเนียรวมอยู่ระหว่าง 0.00-0.01 mg $\text{NH}_3\text{-N/l}$ ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 22-40 เซนติเมตร ตลอดการทดลอง (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 คุณสมบัติของน้ำระหว่างการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินเป็นระยะเวลา 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)	28.5-30.0	28.5-30.0	28.5-30.0	28.5-30.0	28.5-30.5	28.5-30.5
อุณหภูมิของอากาศ (องศาเซลเซียส)	25.0-29.0	25.0-29.0	25.0-29.0	25.0-29.5	25.0-29.5	25.0-29.5
ปริมาณออกซิเจน ละลายน้ำ (mg/l)	4.5-7.0	4.5-7.0	4.0-7.0	4.0-7.0	4.0-7.0	4.0-7.0
ความเป็นกรดเป็นด่าง	6.5-7.5	6.5-7.5	6.5-7.5	6.5-7.5	6.5-7.5	6.5-7.5
ความเป็นด่าง (mg/l as CaCO ₃)	34.0-51.0	34.0-51.0	34.0-51.0	34.0-51.0	34.0-51.0	34.0-51.0
ความกระด้าง (mg/l as CaCO ₃)	50.0-100.0	50.0-100	50.0-100	50.0-100	50.0-100	50.0-100
แอมโมเนียรวม (mg NH ₃ -N/l)	0.0-0.0	0.0-0.0	0.0-0.01	0.0-0.01	0.0-0.01	0.0-0.01
ความโปร่งแสงของน้ำ (เซนติเมตร)	28.0-40.0	28.0-40.0	25.0-40.0	26.0-40.0	23.0-40.0	22.0-40.0

8. ผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทน

ผลการทดลองประสิทธิภาพของอาหาร ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร และการใช้ประโยชน์จากโปรตีน ในการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน) พบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีผลผลิตต่อบ่อ 31.77-32.17 กิโลกรัม ต้นทุนทั้งหมดต่อบ่อ 3,451.81-3,664.29 บาท แยกเป็นต้นทุนผันแปรต่อบ่อ 3,367.99-3,580.47 บาท ต้นทุนคงที่ของทั้ง 6 ชุดการทดลองคือ 83.82 บาท รายได้ทั้งหมด 6,354.0-6,434.0 บาท กำไรสุทธิ 2,902.19-2,769.71 บาท รายได้สุทธิ 2,986.01-2,853.53 บาท ผลตอบแทนต่อการลงทุน 84.08-75.59 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนการผลิต 184.89-189.56 บาทต่อตัว (ตารางที่ 8) ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีผลผลิตต่อบ่อ 35.73-37.37 กิโลกรัม ต้นทุนทั้งหมดต่อบ่อ 3,611.53-3,987.50 บาท แยกเป็นต้นทุนผันแปรต่อบ่อ 3,527.71-3,903.68 บาท รายได้ทั้งหมด 7,146.0-7,474.0 บาท กำไรสุทธิ 3,534.47, 3,486.50 บาท รายได้สุทธิ 3,618.29-3,570.32 บาท ผลตอบแทนต่อการลงทุน 97.87-87.44 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนการผลิต 193.44-206.29 บาทต่อตัว (ตารางที่ 8) ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 35

เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีผลผลิตต่อคอก 42.23-43.40 กิโลกรัม ต้นทุนทั้งหมดต่อคอก 3,812.73-4,106.65 บาท แยกเป็นต้นทุนผันแปรต่อบ่อ 3,728.91-4,022.83 บาท รายได้ทั้งหมด 8,446.0-8,680.0 บาท กำไรสุทธิ 4,633.27-4,573.35 บาท รายได้สุทธิ 4,717.09-4,657.17 บาท ผลตอบแทนต่อการลงทุน 121.52-111.36 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนการผลิต 200.67-212.45 บาทต่อตัว (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ต้นทุนและผลตอบแทน ของการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดิน เป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน)

ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทน	25/400		25/500		30/400		30/500		35/400		35/500	
	a1b1		a1b2		a2b1		a2b2		a3b1		a3b2	
	บาท/บ่อ	ร้อยละ	บาท/บ่อ	ร้อยละ	บาท/บ่อ	ร้อยละ	บาท/บ่อ	ร้อยละ	บาท/บ่อ	ร้อยละ	บาท/บ่อ	ร้อยละ
ต้นทุนคงที่												
ค่าเสื่อมต้อบ่อ	82.66	2.39	82.66	2.26	82.66	2.29	82.66	2.07	82.66	2.17	82.66	2.01
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	1.16	0.034	1.16	0.032	1.16	0.032	1.16	0.029	1.16	0.030	1.16	0.028
ต้นทุนคงที่ (บาท/บ่อ)	83.82	2.43	83.82	2.29	83.82	2.32	83.82	2.10	83.82	2.20	83.82	2.04
ต้นทุนผันแปร												
ค่าพันธุ์ปลา (บาท)	1,600.00	46.35	1,600.00	43.66	1,600.00	44.30	1,600.00	40.13	1,600.00	41.96	1,600.00	38.96
ค่าอาหาร (บาท)	1,506.00	43.63	1,715.55	46.82	1,663.51	46.06	2,034.29	51.02	1,861.94	48.83	2,151.80	52.40
ค่าแรงงาน (บาท)	215.49	6.24	215.49	5.88	215.49	5.97	215.49	5.40	215.49	5.65	215.49	5.25
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	46.50	1.35	49.43	1.35	48.71	1.35	53.90	1.34	51.48	1.35	55.54	1.35
ต้นทุนผันแปร (บาท/บ่อ)	3,367.99	97.57	3,580.47	97.71	3,527.71	97.68	3,903.68	97.90	3,728.91	97.80	4,022.83	97.96
ต้นทุนทั้งหมด (บาท/บ่อ)	3,451.81	100.00	3,664.29	100.00	3,611.53	100.00	3,987.50	100.00	3,812.73	100.00	4,106.65	100.00
ผลตอบแทน												
ผลผลิตปลาบึก (กก./บ่อ)	31.77		32.17		35.73		37.37		42.23		43.40	
รายได้ทั้งหมด (บาท/บ่อ)	6,354.00		6,434.00		7,146.00		7,474.00		8,446.00		8,680.00	
รายได้สุทธิ	2,986.01		2,853.53		3,618.29		3,570.32		4,717.09		4,657.17	
กำไรสุทธิ (บาท/บ่อ)	2,902.19		2,769.71		3,534.47		3,486.50		4,633.27		4,573.35	
ผลตอบแทนต่อการลงทุน(%)	84.08		75.59		97.87		87.44		121.52		111.36	
ต้นทุนการผลิต (บาท/ตัว)	184.89		198.56		193.44		206.29		200.67		212.45	

หมายเหตุ

1. ต้นทุนผันแปร

- ค่าลูกพันธุ์ปลาบึก ขนาด 5-7 นิ้ว 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 บาทตามลำดับ

- ค่าแรงงานคิดจากอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ อัตราวันละ 300 บาท คิดทำงานวันละ 7 ชั่วโมง ชั่วโมงละ 42.86 บาท

2. ต้นทุนคงที่

- ค่าเสื่อมราคาบ่อดิน คิดค่าเสื่อม 20 ปี ระยะเวลาเลี้ยง 181 วัน

3. ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน

- คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยของเงินฝากประจำ 12 เดือน ร้อยละ 1.4 ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ปี 2562

** ราคาจำหน่ายปลาบึก ขนาด 2 กิโลกรัมๆละ 200 บาท ตามราคาตลาด อ.เมือง จ.อุดรธานี

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการทดลองประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ในการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินขนาด 2 ไร่ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการเจริญเติบโตน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยและค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันสูงที่สุด และมีค่าสูงกว่าปลาบึกที่เลี้ยงด้วยโปรตีน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จากการทดลองในครั้งนี้โดยส่วนใหญ่จะไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างโปรตีนและพลังงานในการทดลอง เมื่อศึกษาปัจจัยหลักที่ระดับโปรตีนพบว่าระดับพลังงานทั้ง 400 และ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม จะมีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อศึกษาปัจจัยหลักพลังงานที่ 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม จะพบได้ว่าที่ระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าสูงที่สุด และจะแตกต่างกับที่ระดับโปรตีน 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปัจจัยหลักพลังงานที่ 500 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม จะพบได้ว่าที่ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าสูงที่สุด และจะแตกต่างกับที่ระดับโปรตีน 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยดูความต้องการโปรตีนของปลาบึกจากการทดลองครั้งนี้ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมคือ 35 เปอร์เซ็นต์พบว่าใกล้เคียงกับงานทดลองอื่นในปลาชนิดอื่นในตระกูล catfish มีรายงานรายงานไว้ถึงความต้องการโปรตีนอยู่ในช่วง 20-50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกัน (วิมล และคณะ, 2535, 2537) แต่จะมากกว่าปลาโม่งที่เลี้ยงในบ่อดินที่ใช้อาหารที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ (สุรียัน และนัยนา, 2551; สุทิน และวิจิต, 2553; สมศรี และคณะ, 2551) และมากกว่าการเลี้ยงปลาสาวยูในบ่อดินที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มี

ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ (สุภาพร และวิระวรรณ, 2551) Lovell (1989) กล่าวว่าความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำว่าจะมากหรือน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ ขนาด อายุ ระบบการเลี้ยงอนุหภูมิ และสิ่งแวดล้อมต่างๆ รวมไปถึงพลังงานที่เหมาะสมด้วย แต่เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาบึกในด้านน้ำหนัก พบว่าการทดลองครั้งนี้ใช้ระยะเวลาเลี้ยง 181 วัน มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 1,671.0 – 2,214.0 กรัม กับปลาชนิดอื่นจะพบได้ว่าปลาบึกมีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าปลาโพงที่เลี้ยงในบ่อดินโดยใช้อาหารที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ และใช้ระยะเวลาเลี้ยง 372 วัน ซึ่งมีค่าน้ำหนักสุดท้าย 338.25 – 464.56 กรัม (สุริยัน และนัยนา, 2551) และมากกว่าการเลี้ยงปลาสาวยูในบ่อดินที่ใช้อาหารที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 15 เดือน พบว่ามีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 399.3 – 470.1 กรัม (สุภาพร และวิระวรรณ, 2551) และมากกว่าการเลี้ยงปลาลูกผสมบึกสยามแม่โจ้ที่เลี้ยงในบ่อดินด้วยอาหาร 3 สูตร เป็นระยะเวลา 6 เดือน มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 108.2 – 122.5 กรัม (บุญชูศรี และคณะ, 2560) จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าปลาบึกจะมีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าปลาชนิดอื่น Webster and Lim (2002) ได้กล่าวไว้ว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลาแต่ละชนิดนั้นขึ้นอยู่กับ อายุ ขนาดและชนิดของปลาและสภาพแวดล้อมที่เลี้ยง จากการทดลองในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าปลาบึกมีการเจริญเติบโตที่เหมาะสมกับการเลี้ยงในบ่อดิน เนื่องจากปลาบึกพฤติกรรมปลาบึกชอบว่ายน้ำหากินบริเวณพื้นบ่อดิน ซึ่งมีอาหารธรรมชาติพวกแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ที่พื้นท้องน้ำเป็นอาหาร เช่น หนอนแดง ลูกหอย ลูกปู เป็นต้น

ในด้านพลังงานจะพบว่าสูตรอาหารส่วนใหญ่มีวัตถุดิบประเภทคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักในอาหาร โดยสูตรอาหารที่เหมาะสมในการทดลองเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินครั้งนี้ที่ระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับการเลี้ยงปลาเทพาน้ำขนาดเล็กที่เลี้ยงด้วยโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานรวม 350 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม (สุภาพร และนุชนรี, 2555) การทดลองเลี้ยงปลาสาวยูขนาดกลางที่สูตรอาหารมีโปรตีน 15 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม (สาวิตรี และคณะ, 2559) แต่จะน้อยกว่าการเลี้ยงปลาโพงที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับพลังงานย่อยได้ 300 กิโลแคลอรีต่อกรัม เมื่อคำนวณเป็นพลังงานรวมจะได้ 430 กิโลแคลอรีต่อกรัม (สุทิน และวิจิต, 2553) ปลาบึกจัดเป็นปลาที่อยู่ใกล้เคียงกับกลุ่มปลาสาวยูซึ่งปลาในกลุ่มนี้จะมีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อในอาหารมีพลังงานที่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำ จะทำให้โปรตีนที่สัตว์น้ำได้รับถูกใช้เพื่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำอย่างแท้จริง (กาญจนา และคณะ, 2550; Phan *et al.*, 2009) จากการทดลองในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าจะมีค่าพลังงานรวมที่เหมาะสม 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม หากพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการของปลา ปลาจะมีการเจริญเติบโตที่ลดลงและจะขับไนโตรเจนออกมามากขึ้น (Takakuwa *et al.*, 2006) เนื่องจากเกิดขบวนการดึงโปรตีนมาใช้เป็นแหล่งพลังงานแทน แต่หากอาหารมีพลังงานสูงเกินไปจะทำให้ปลากินอาหารลดลง (Bromley, 1980; Ling *et al.*, 2006) หรืออาจทำให้ปลาสะสมไขมันในร่างกายเพิ่มมากขึ้น (Page and Andrews, 1973) โดยจะสะสมอยู่ตามอวัยวะต่างๆของปลา เช่นที่ท้อง ตับและกล้ามเนื้อ (Craig *et al.*, 1999; Gaylord and Gatlin III, 2000) ระดับความต้องการพลังงานของปลายังมีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นๆด้วย เช่น อุณหภูมิ (Lupatsch and Kissil, 2005) หรือชนิดของวัตถุดิบพลังงานอื่น ๆ ใน

สูตรอาหาร ชนิดของปลา จะทำให้การใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบพลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและทำให้ปลามีการเจริญเติบโตที่ดียิ่งขึ้น (NRC, 2011)

ในด้านอัตราแลกเนื้อจากข้อมูลผลการทดลองพบว่าแนวโน้มของอัตราแลกเนื้อในปลาบึกจะมีค่าลดลงเมื่อระดับโปรตีนในอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจากปลาจะมีอัตราการกินอาหารลดลงเมื่อได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของยงยุทธ และคณะ (2547) ที่เลี้ยงปลาเทพาด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างกัน แต่มีอัตราแลกเนื้อสูงกว่าปลาเทพาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ และสอดคล้องกับการทดลองของสาวิตรี และคณะ (2559) ที่เลี้ยงปลาสวายโงมขนาดกลาง พบว่าเมื่อระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นแนวโน้มอัตราแลกเนื้อจะลดลง ส่วนอัตรารอดของปลาบึกในการทดลองครั้งนี้พบว่า มีอัตรารอด 95.0-95.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารในการทดลองครั้งนี้ มีค่าลดลงเมื่อปลาได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาในปลาเทพา (ยงยุทธ และคณะ, 2547) โดยปลาเทพาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารดี และประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารมีค่าน้อยลง เมื่อปลาเทพาได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการเลี้ยงปลาสวายโงมขนาดกลางเมื่อปลาได้รับโปรตีนมากขึ้น ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารจะลดลง (สาวิตรี และคณะ, 2559)

องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลาบึกในคอกในบ่อดินวิเคราะห์จากน้ำหนักแห้งเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 3.79-6.55 เปอร์เซ็นต์ ค่าโปรตีนอยู่ระหว่าง 62.95-70.28 เปอร์เซ็นต์ ค่าไขมันอยู่ระหว่าง 14.65-28.47 เปอร์เซ็นต์ และค่าเถ้าอยู่ระหว่าง 4.95-6.99 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่ามีค่าโปรตีนใกล้เคียงปลาโงมที่มีค่าโปรตีนในน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 66.90-70.43 เปอร์เซ็นต์ (สุทิน และวิจิต, 2553) และมากกว่า สมศรี และคณะ (2551) ที่รายงานว่ามีโปรตีน 50-60 เปอร์เซ็นต์

คุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาบึกในคอกในเป็นระยะเวลา 6 เดือน (181 วัน) พบว่ามีค่าคุณสมบัติของน้ำมีค่า อุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 28.5-30.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 25.0-29.5 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณออกซิเจนอยู่ระหว่าง 4.0-7.0 mg/l ความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 34-51 mg/l as CaCO₃ ค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 50-100 mg/l as CaCO₃ ปริมาณแอมโมเนียรวม 0.00-0.01 mg NH₃-N/l ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 22-40 เซนติเมตร ตลอดการทดลอง 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 ส่วนค่าความเป็นด่างและความกระด้างที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำจืดควรอยู่ระหว่าง 120-400 mg/l as CaCO₃ (Piper *et al.*, 1982)

จากการศึกษาประสิทธิภาพของโปรตีน พลังงาน และต้นทุนการผลิต ในการเลี้ยงปลาบึกทั้งในกระชังและในบ่อดิน ในปีงบประมาณ 2562 โดยใช้ระยะเวลาที่เท่ากันคือ 6 เดือน (181 วัน) จะพบได้ว่าปลาบึกที่เลี้ยงในกระชังมีน้ำหนักสุดท้ายสูงที่สุดคือ 312.67 ± 9.02 กรัม ในขณะที่ปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อดินมีน้ำหนักสุดท้ายสูงที่สุดคือ $2,225.3 \pm 131.25$ กรัม จะเห็นได้ว่าปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อดินจะมีการเจริญเติบโตที่สูงกว่าการเลี้ยงปลาบึกในกระชัง ทั้งนี้เนื่องมาจากปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อดิน (ขนาด 40 ตารางเมตร) จะมีพื้นที่การเลี้ยงมากกว่าในกระชัง (ขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร) ทำให้มีพื้นที่ในการว่ายน้ำและการหากินมากกว่า จึงทำให้มีการเจริญเติบโตที่สูงกว่า และอีกประการคือพฤติกรรมของปลาบึกชอบหากินตามพื้นดินหรือพื้นท้องน้ำ โดยในธรรมชาติในแม่น้ำโขงปลาบึกจะหากินตามพื้นท้องน้ำ จะกินพืชกินสัตว์โดยเฉพาะพวกสาหร่ายซึ่งจะพบได้เป็นส่วนใหญ่ในกระเพาะอาหารของปลาบึก (เกรียงศักดิ์, 2559)

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่าอาหารที่มีระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ และระดับพลังงาน 400 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดิน โดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตน้ำหนักสุดท้าย รายได้สุทธิและผลตอบแทนต่อการลงทุน

ข้อเสนอแนะ

1. บ่อดินหรือคอกทดลองที่มีขนาดใหญ่ปลาบึกจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าบ่อขนาดเล็ก เพราะธรรมชาติปลาบึกชอบว่ายน้ำหากินในพื้นที่กว้าง และหากินตามพื้นดินหรือพื้นท้องน้ำ
2. ควรจะมีเทคนิคในการเรียกปลามากินอาหาร เช่น การเคาะไม้หรือถังให้อาหารก่อนให้อาหาร เพื่อให้ปลาทราบว่าจะมีการให้อาหาร
3. หลังการชั่งวัดปลาทุกครั้งจะทำการแช่ปลาบึกในต่างทับทิมด้วยความเข้มข้น 2-4 ppm นาน 1-2 นาที เพื่อป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรีย

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 พุทธิยะ, จิตรา สิมาวัน และ ชุตติมา ทองแก้ว. 2550. การพัฒนาการเลี้ยงปลาพื้นเมืองในสกุล *Pangasius* เพื่อให้มีคุณภาพเนื้อเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 116 หน้า.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2559. ปลาบึกเพื่อเศรษฐกิจและชุมชน. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 134 หน้า.
- ชวลิต วิทยานนท์ และสมศักดิ์ รุ่งทองใบสุรีย์. 2536. พรรณปลาสวายและสังกะวาด (วงศ์ Schillbeidae และ Pangasiidae) ของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 150/2536. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง. 57 หน้า.
- บุญศรีศรี มีแก้ว, สุดาพร ตงศิริ, เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และ นิสรา กิจเจริญ. 2560. การเจริญเติบโตของปลาลูกผสมบึกสยามแม่โจ้ที่ใช้ตัวผู้ในท้องถิ่นทดแทนปลาปน ในสูตรอาหารเพื่อการเลี้ยงที่ดื่มสู่อินทรี. บทความฉบับสมบูรณ์ในรายงานการประชุมวิชาการ, การประชุมวิชาการและประกวดนวัตกรรม บัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 125-133.
- มันสิน ตันฑุลเวศน์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2544. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 319 หน้า.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 115 หน้า.
- ยงยุทธ อุนากรสวัสดิ์, ศุภรัตน์ ฉัตรจริยเวศน์ และ อุทัยวรรณ สิงห์ไสว. 2547. ความต้องการโปรตีนของปลาเทพา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 87/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 28 หน้า.
- วิมล จันทโรทัย, ประเสริฐ สีตะสิทธิ์, ศิริมล ชุ่มสูงเนิน และ สมฤกษ์ ชินมุข. 2535. อาหารที่ระดับโปรตีนต่างกันแต่พลังงานคงที่ต่อการเจริญเติบโตและไขมันสะสมในปลาสวาย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 124. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง. 13 หน้า.
- วิมล จันทโรทัย. 2537. อาหารปลาถลวงและการให้อาหารปลาตุ๊กเพื่อเลี้ยงเชิงพาณิชย์. วารสารการประมง 47 (6) : 511-558.

- วีรพงศ์ วุฒิพันธ์ชัย. 2536. อาหารปลา. ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. 216 หน้า.
- ศราวุธ เจงโสภา. 2538. การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนด้านการเงินของการเลี้ยงปลาชนิดแบบพัฒนาในพื้นที่ พรุ จังหวัดนครราชสีมา. วารสารการประมง 48 (5) : 411-427.
- สมศรี งามวงศ์ชน, วรพงษ์ นลินานนท์, สมบัติ สิงห์ศรี และ ศุภรัตน์ ฉัตรจริยเวศน์. 2551. ระดับโปรตีนในอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาโฌง (*Pangasius bocourti*, Sauvage, 1880). วารสารการประมง 61(6) : 532-539.
- 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. ระดับโปรตีนและระดับพลังงานที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลาเทพาขนาดเล็ก. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2555. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 32 หน้า.
- สุภาพร มหันต์กิจ และ วิระวรรณ ระย่น. 2551. การเลี้ยงปลาสายอยู่ในบ่อดินที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 79/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 21 หน้า.
- สุริยัน เสมอ และ นัยนา ทีฆะ. 2551. การเลี้ยงปลาโฌงในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 13/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 23 หน้า.
- เสน่ห์ ผลประสิทธิ์. 2527. การเพาะพันธุ์ปลาน้ำจืดปี 2527. รายงานประจำปี 2527-2528. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดพะเยา กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. หน้า 30-48.
- สาวิตรี ศิลาเกษ, ดาราวรรณ ยุทธยงค์, ณัฐพงศ์ วรณพัฒน์, อรทัย ช่วงโชติ และ จูอะดี พงศ์มณีรัตน์. 2559. ระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในอาหารปลาสวายโฌงขนาดกลาง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2559. กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 38 หน้า.
- 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.
- 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 Mekong Delta, Vietnam. *Aquacult.* 296 : 227-236.
- 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.
- Webster, C. D. and C. E. Lim. 2002. Nutrition requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing, New York. 448 pp.

Wilson, R. P. 1989. Amino acids and protein. In: Fish Nutrition Second Edition. Academic Press. San Diego. pp. 111-151.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในเนื้อปลาบึกหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง

โภชนาการ	ปริมาณ	หน่วย	วิธีทดสอบอ้างอิง
Fatty acid Composition			
Saturated Fatty acid	0.9320	g/100g	AOAC, (2019) 996.06
Myristic acid (C14:0)	0.0563	g/100g	
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.0114	g/100g	
Palmitic acid (C16:0)	0.6118	g/100g	
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.0129	g/100g	
Stearic acid (C18:0)	0.2196	g/100g	
Arachidic acid (C20:0)	0.0105	g/100g	
Behenic acid (C22:0)	0.0097	g/100g	
Unsaturated Fatty Acid	0.9080	g/100g	
Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.0314	g/100g	
cis-9-Oleic acid (C18:1n9c)	0.5256	g/100g	
cis-11-Eicosenoic acid (C20:1n11)	0.0444	g/100g	
Nervonic acid (C24:1n9)	0.0075	g/100g	
cis-9,12-Linoleic acid (C18:2n6)	0.1466	g/100g	
gamma-Linoleic acid (C18:3n6)	0.0073	g/100g	
alpha-Linolenic acid (C18:3n3)	0.0171	g/100g	
cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.0132	g/100g	
cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	0.0252	g/100g	
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.0285	g/100g	
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	0.0063	g/100g	
cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	0.0408	g/100g	
Trans Fatty Acid	0.0141	g/100g	
trans-9-Elaidic acid (C18:1n9t)	0.0141	g/100g	
Omega-3	0.06	g/100g	AOAC, (2019) 996.06
Omega-6	0.21	g/100g	AOAC, (2019) 996.06
Omega-9	0.55	g/100g	AOAC, (2019) 996.06

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในเนื้อปลาบึกหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง (ต่อ)

โภชนาการ	ปริมาณ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Vitamin B1 (Thiamine)	0.07	mg/100g	-	In-house method based on Analytica Chimica Acta569 (2006) 169-175
Vitamin B2 (Riboflavin)	0.03	mg/100g	-	In-house method based on Analytica Chimica Acta569 (2006) 169-175
Vitamin B3 (Nicotinic acid)	Not Detected	mg/100g	0.00030	In-house method based on Analytica Chimica Acta569 (2006) 169-175
Calcium (Ca)	63.13	mg/kg	-	Analyst, August 1994, Vol.119 1683-1686
Iodine (I)	0.108	mg/kg	-	INH Journal of Analytical Atomic Spectrometry, September 1998. Vol.13, p 977-982.
Iron (Fe)	8.80	mg/kg	-	Analyst, August 1994, Vol.119 1683-1686
Phosphorus (P)	2289.00	mg/kg	-	Analyst, August 1994, Vol.119 1683-1686

หมายเหตุ ทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขา ขอนแก่น