เอกสารวิชาการฉบับที่ ๖๘/๒๕๕๑

Technical Paper No. 68/2008

การใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลาเทโพ

Replacement of Fish Meal Protein with Soybean Meal Protein in Diet of Black Ear Catfish (*Pangasius larnaudii* Bocourt, 1866)

ธีระชัย พงศ์จรรยากุล Theerachai Pongjanyakul

ธนดล นวลจันทร์ Thanadol Nualchan

พิศมัย สมสืบ Pisamai Somsueb

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด
กรมประมง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Inland Fisheries Research and Delvelopment Bureau
Department of Fisheries
Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๖๘/๒๕๕๑

Technical Paper No. 68/2008

การใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลาเทโพ

Replacement of Fish Meal Protein with Soybean Meal Protein in Diet of Black Ear Catfish (*Pangasius larnaudii* Bocourt, 1866)

ธีระชัย พงศ์จรรยากุล Theerachai Pongjanyakul

ธนดล นวลจันทร์ Thanadol Nualchan

พิศมัย สมสืบ Pisamai Somsueb

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดอุบลราชธานี Ubonratchathani Inland Fisheries Research and Development Center

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด Inland Fisheries Research and Development Bureau

กรมประมง Department of Fisheries

๒๕๕๑ 2008

รหัสทะเบียนวิจัย 51-0542-51039-001

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
วิธีดำเนินการ	4
1. การวางแผนการศึกษา	4
2. วัสดุอุปกรณ์	5
3. วิธีการทดลอง	7
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	8
ผลการศึกษา	10
1. การเจริญเติบโต	10
2. ประสิทธิภาพของโปรตีน	12
3. ประสิทธิภาพของอาหาร	13
4. โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัว	14
5. ปริมาณอาหารที่ปลากิน	14
6. ปริมาณโปรตีนที่ปลากิน	14
7. อัตราแลกเนื้อ	15
8. อัตรารอด	15
9. condition factor	15
10. hepatosomatic index	16
11. intraperitoneal fat	16
12. องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา	16
13. คุณสมบัติน้ำ	18
สรุปและวิจารณ์ผล	19
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก	24

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของอาหารทดลอง	6
2	ปริมาณกรดอะมิโนเมทไธโอนีน ไลซีน และฟอสฟอรัสในอาหารทดลอง (ค่าที่ได้จากการคำนวเปรียบเทียบกับความต้องการของปลาchannel catfish (*Ictalurus punctatus*) (NRC, 1993)	7
3	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ปลาเทโพที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	11
4	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ปลาเทโพที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น เป็นระยะเวลา12 สัปดาห์	11
5	ผลการทดลองของปลาเทโพที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ทดลอง5 สูตร เป็นระยะเวลา12 สัปดาห์	13
6	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาเทโพก่อน และหลังการทดลอง	18
7	คุณสมบัติของน้ำบางประการระหว่างการทดลอง	18

ตารางผนวกที่		
1	ราคา (บาท) วัตถุดิบอาหารทดลองที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลาเทโพ	24
2	องค์ประกอบของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน และไลซีนที่มีในวัตถุดิบปลาป่นและกากถั่วเหลือง	24

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

การใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลาเทโพ

ธีระชัย พงศ์จรรยากุล[๑]* ธนดล นวลจันทร์[๑] และ พิศมัย สมสืบ[๒]

[๑]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดอุบลราชธานี กรมประมง

[๒] สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำ กรมประมง

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลาเทโพ ที่ระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อาหารทดลองมีโปรตีนในอาหาร 23 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม (gross energy, GE) 430 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม ปลามีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 102.25 ±0.21 กรัม ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 22.10 ±0.16 เซนติเมตร เลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 1,000 ลิตร จำนวน 20 ตัวต่อถัง ให้อาหารปลากินจนอิ่ม วันละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ผลการทดลองพบว่าปลาเทโพที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย และน้ำหนักเพิ่มต่อวัน มากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับของการแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนค่าอัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพของโปรตีน และประสิทธิภาพของอาหาร พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับของการแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยที่สุด ($p<0.05$) ขณะที่ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับของการแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่าโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัว, hepatosomatic index และอัตรารอด ของปลาที่ได้รับอาหารทุกชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าแนวโน้มของค่า condition factor และ intraperitoneal fat มีค่าน้อยที่สุดที่ระดับการแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าการใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาเทโพที่ระดับ25 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา

คำสำคัญ: ปลาเทโพ กากถั่วเหลือง ปลาป่น โปรตีน

*ผู้รับผิดชอบ: อ.เมือง จ.อุบลราชธานี ๓๔๐๐๐ โทร. ๐ ๔๕๒๕ ๔๓๓๒

e-mail : t_pongjanyakul@yahoo.com

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

Replacement of Fish Meal Protein with Soybean Meal Protein in Diet of Black Ear Catfish (*Pangasius larnaudii* Bocourt, 1866)

Theerachai Pongjanyakul [1]* Thanadon Nualchan [1] and Pisamai Somsueb [2]

[1] Ubonratchathani Inland Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries

[2]Inland Feed Research Institute, Department of Fisheries

Abstract

The experiment on replacement of fish meal protein with soybean meal protein in diet of black ear catfish (*Pangasius larnaudii*) at level of 0, 25, 50, 75 and 100% was conducted. All diets were formulated isonitrogenous with protein of 23% and isocaloric with gross energy of 430 kcal per 100 g of diet. Fish with initial body weight 102.25±0.21 g and total length 22.10±0.16 cm were kept in 1,000-L fiberglass tank at the stocking rate of 20 fish per tank. They were fed to apparent satiation twice daily for 12 weeks.

The results showed that fish fed with using soybean meal protein substituted at the levels of 0 and 25% of fish meal protein had better ($p<0.05$) of final body weight and daily weight gain than those fed with diets substitututed at the levels of 50, 75 and 100%. The values of feed conversion ratio, protein efficiency ratio and feed efficiency were lowest ($p<0.05$) for fish fed with diet substituted at the level of 100% whilst the other groups were not different ($p>0.05$). There were no differences ($p>0.05$) among treatments on the values of apparent net protein retention, hepatosomatic index and survival rate. However condition factor (k) and intraperitoneal fat seem to be poorest for fish fed with diet substitututed at the level of 100%. The study concluded that replacement of fish meal protein with soybean meal protein at the level of 25% was optimum for promoting growth performances of fish.

Key words: Black ear catfish (*Pangasius larnaudii*), soybean meal, fish meal, protein

*Corresponding author: Aumphoe Mueang, Ubonratchathani Province 34000 Tel. 0 4525 4332

e-mail : t_pongjanyakul@yahoo.com

คำนำ

ปลาเทโพเป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่อยู่ในครอบครัว Pangasiidae (ชวลิต และสมศักดิ์, 2536) เช่นเดียวกับปลาสวายและปลาบึก ขนาดโตเต็มที่มีความยาวถึง 1.30 เมตร (สมโภชน์, 2523) เป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร จากการตรวจสอบอาหารในกระเพาะปลาที่อยู่ในธรรมชาติ พบว่าในปลาขนาดเล็กจะพบแมลงเพียงอย่างเดียว ส่วนปลาใหญ่จะพบทั้งพืช ปลา หอย แมลงและซากสัตว์ เมื่อนำมาเลี้ยงในบ่อสามารถเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปและอาหารผสมชนิดอื่นหรือเศษอาหาร (วันเพ็ญ, 2528; ชวลิต และสมศักดิ์, 2536) จากการวิจัยในเรื่องของอาหารในปลาเทโพพบว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารที่ใช้อนุบาลปลาเทโพน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 6.51 กรัม เท่ากับ 33.69 เปอร์เซ็นต์ (ศุภรัตน์ และสมกียรติ, 2544) และระดับโปรตีนที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาเทโพน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 40 กรัม เท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ (สมเกียรติ และคณะ, 2539) ส่วนปลาเทโพขนาดน้ำหนัก 138-352 กรัม พบว่าอาหารที่มีโปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับโปรตีนที่ต่ำสุดที่ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดีไม่แตกต่างกับโปรตีน 25-35 เปอร์เซ็นต์ (ศุภรัตน์ และคณะ, 2541)

ปัจจุบันแหล่งโปรตีนถือว่าเป็นแหล่งอาหารที่แพงที่สุดและจำเป็นมากต่อการเจริญเติบโตของปลา โดยปลาป่นถูกนำมาใช้เป็นโปรตีนหลักในอาหารอย่างไรก็ตามพบว่าปลาป่นที่มีคุณภาพดีนั้นมีราคาแพง และมีปริมาณการผลิตไม่แน่นอน รวมทั้งในอนาคตคาดว่า ผลผลิตปลาป่นจะมีปริมาณลดลงเนื่องจากการนำทรัพยากรสัตว์น้ำจากทะเลขึ้นมาใช้ประโยชน์เป็นจำนวนมาก (มะลิ และวิจิตรา, 2530) ดังนั้นจึงมีความพยายามในการหาแหล่งโปรตีนสำรองอื่นๆ เพื่อทดแทนปลาป่น ซึ่งโดยทั่วไปโปรตีนจากพืชมักมีราคาถูกกว่าโปรตีนจากสัตว์ และพบว่าโปรตีนจากกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่นิยมนำมาประกอบในสูตรอาหารสัตว์มากที่สุด แม้ว่าโปรตีนจากกากถั่วเหลืองจะมีสารต้านโภชนาการมากกว่าหนึ่งชนิด ได้แก่ สารทริปซินอินฮิบิเตอร์ สารเลคติน (lectin) และ กรดไฟติค (phytic acid) เป็นต้น แต่เนื่องจากกากถั่วเหลืองมีปริมาณมากเพียงพอกับความต้องการของตลาดและมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนดีกว่าแหล่งโปรตีนจากพืชชนิดอื่น ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการทดแทนโปรตีนจากพืชและกากถั่วเหลืองสามารถทดแทนโปรตีนในปลาป่นได้ประมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์ (ประเสริฐ และวิมล, 2540 ; Francis *et al*., 2001) และได้มีการศึกษาการใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในปลาหลายชนิด เช่น ปลานิลแดง ขนาด 1.75 กรัม สามารถทดแทนได้ 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออาหารมีปลาป่น 52.50 เปอร์เซ็นต์เป็นองค์ประกอบ (มะลิ และวิจิตรา, 2530) ปลากะพงขาว ขนาด 0.93 กรัม สามารถทดแทนได้ 17 เปอร์เซ็นต์เมื่ออาหารมีปลาป่น 20 เปอร์เซ็นต์เป็นองค์ประกอบ (จูอะดี และมะลิ, 2538) ปลาตะเพียนขาว ขนาด 2.52 และ 178 กรัม สามารถทดแทนได้ 30 และ 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออาหารมีปลาป่น 20 และ 33 เปอร์เซ็นต์เป็นองค์ประกอบ (กาญจนรี และคณะ, 2540 ; ชุติพงศ์, 2540) ปลานิลขนาด 5.12 กรัม สามารถทดแทนได้ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออาหารมีปลาป่น 25.13 เปอร์เซ็นต์เป็นองค์ประกอบ (Shiau *et al*., 1990) และปลาตะเพียนทอง ขนาด 0.9 กรัม สามารถทดแทนได้ 37 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออาหารมีปลาป่น 48 เปอร์เซ็นต์เป็นองค์ประกอบ (Elangovan, 2000) ดังนั้นในปลาเทโพขนาด 100 กรัม ซึ่งเป็นปลาขนาด

ที่นำลงเลี้ยงในกระชัง หากได้มีการวิจัยในด้านการทดแทนโปรตีนจากปลาป่นด้วยกากถั่วเหลืองจะช่วยลดปริมาณการใช้ปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลาเทโพ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นต่างระดับในอาหารปลาเทโพ โดยพิจารณาจากค่าการเจริญเติบโต อัตรารอด อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของตัวปลา

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการศึกษา

1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) โดยแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง (treatment) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (replication) อาหารแต่ละชุดการทดลองมีระดับโปรตีนในอาหาร 23 เปอร์เซ็นต์ และระดับพลังงานรวม (gross energy, GE) ประมาณ 430 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม โดยแต่ละชุดการทดลองได้ใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ต่างกัน ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 2 โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 3 โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 4 โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 75 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 5 โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์

1.2 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด อุบลราชธานี ระหว่าง เดือน พฤษภาคม 2551 ถึงเดือนกรกฎาคม 2551 เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

2. วัสดุอุปกรณ์

2.1 ถังทดลอง

เตรียมถังไฟเบอร์กลาสขนาด 1,000 ลิตร เติมน้ำให้ได้ระดับน้ำ 55 เซนติเมตร คิดเป็นปริมาตรน้ำ 800 ลิตร ทุกถังมีหัวทรายให้อากาศ 2 จุด

2.2 ปลาทดลอง

ใช้ปลา เทโพ ที่ได้จากการเพาะพันธุ์ในรุ่นเดียวกันของ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดอุบลราชธานี อนุบาลในบ่อดินจนได้ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 100 กรัม จากนั้นทำการคัดปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกันนำขึ้นมาเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 1,000 ลิตร มีหัวทรายให้อากาศ 2 จุด ให้อาหารทดลองโดยผสมสูตรอาหารทุกสูตรในอัตราส่วนที่เท่ากัน วันละ 2 ครั้ง เวลา 08.30 น. และ 16.30 น. ให้กินจนอิ่ม เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาพให้ปลาคุ้นเคยกับอาหารทดลอง หลังจากนั้นทำการคัดเลือกปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกันเพื่อนำมาทดลอง โดยปลาเริ่มต้นการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย 102.25±0.21 กรัม ความยาวเฉลี่ย 22.10±0.16 เซนติเมตร (ความยาวเหยียด : total length) สุ่มปลาที่คัดเลือกใส่ในถังไฟเบอร์กลาส 20 ตัวต่อถัง และนำปลาที่เหลือจำนวน 10 ตัว แล่เฉพาะเนื้อบริเวณส่วนลำตัวปลา (fillet) ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาเพื่อเป็นข้อมูลก่อนการทดลอง ที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

2.3 อาหารทดลอง

เตรียมอาหารทดลองเพียงครั้งเดียวตลอดการทดลอง นำวัตถุดิบของแต่ละสูตรอาหารตามตารางที่ 1 มาผสมให้เข้ากัน เติมน้ำประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร จากนั้นนำมาอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดลอยน้ำ ผ่านรูหน้าแว่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ผึ่งลมให้แห้ง (ความชื้นในอาหารมีค่าระหว่าง 4.92-7.74 เปอร์เซ็นต์) เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สุ่มอาหารที่ผ่านการอัดเม็ดจำนวน 200 กรัม นำไปวิเคราะห์คุณค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร (proximate analysis) ที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน กาก เถ้า และความชื้น ตามวิธี AOAC (1990) โดยใช้ micro-kjeldahal, ether extraction, acid-alkali digestion, muffle furnace combustion และ oven drying และค่าพลังงานรวมในอาหารด้วยเครื่อง Bomb calorimeter ประเภท Ballistic Bomb ส่วนค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (NFE) ใช้วิธีคำนวณตามวิธีของ NRC (1993) ดังนี้

คาร์โบไฮเดรต (NFE) = 100-(% โปรตีน+% ไขมัน+% กาก+% เถ้า+% ความชื้น)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของอาหารทดลอง

วัตถุดิบอาหาร	สูตร				
	1	2	3	4	5
ปลาป่น (62.49 %โปรตีน)	31.5	23.6	15.7	7.7	-
กากถั่วเหลือง (47.10 %โปรตีน)	0	10.06	20.22	30	40
แป้งข้าวจ้าว	38	38	38	38	38
น้ำมันปลาทะเล	1	1.60	2.20	2.90	3.60
น้ำมันถั่วเหลือง	1	1	1	1	1
น้ำมันหมู	4.35	2.93	1.47	0.51	-
วิตามินซี	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
แร่ธาตุรวม[1]	1	1	1	1	1
วิตามินรวม[2]	1	1	1	1	1
KH_2PO_4	3.34	3.56	3.70	4.02	4.22
โคลีนคลอไรด์ (50 เปอร์เซ็นต์)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
แกลบบดละเอียด	18.51	16.95	15.41	13.57	10.77
กรดอะมิโนเมทไธโอนีน (DL-methionine)	-	-	-	-	0.11
รวม	100	100	100	100	100
ค่าจากการวิเคราะห์ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)					
โปรตีน	23.20	22.59	23.30	23.46	22.68
ไขมัน	6.49	4.84	3.04	2.20	1.38
เยื่อใย	9.39	9.08	9.81	9.23	8.69
เถ้า	13.32	11.57	9.80	8.72	7.77
พลังงานรวม (กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม)	434	433	424	415	444

หมายเหตุ [1]แร่ธาตุรวมในอาหาร 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย cobalt 1 mg, copper 6 mg, iodine 6 mg, manganese 50 mg, calcium 25,000 mg, selenium 0.3 mg, zinc 100 mg, iron 150 mg, magnesium 800 mg, phosphorus 10,000 mg, potassium 8,000 mg, chromium 0.5 mg

[2]วิตามินรวมในอาหาร 1 กิโลกรัมประกอบด้วย vitamin A 4,000 IU, vitamin D_3 2,000 IU, vitamin E 50 IU, vitamin B_{12} 0.2 mg, menadione sodium bisulfite 10 mg; thiamine 20 mg; riboflavin 20 mg; niacin 150 mg; calcium panthothenate 20 mg; folic acid 5 mg; pyridoxine 20 mg; choline chloride 2,000 mg, biotin 2 mg และ inosital 400 mg

- ราคาวัตถุดิบดูจากตารางผนวกที่ 1

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอะมิโนเมทไธโอนีน ไลซีน และฟอสฟอรัสในอาหารทดลอง (ค่าที่ได้จากการคำนวณ) เปรียบเทียบกับความต้องการของปลา channel catfish (*Ictalurus punctatus*) (NRC, 1993)

	ความต้องการ(%)	อาหารทดลอง				
		สูตรที่ 1 (0%)	สูตรที่ 2 (25%)	สูตรที่ 3 (50%)	สูตรที่ 4 (75%)	สูตรที่ 5 (100%)
เมทไธโอนีน	2.3 (% โปรตีน)	2.28	1.86	3.17	3.96	5.42
	0.56 (% ในอาหาร)	0.53	0.42	0.74	0.93	1.23
ไลซีน	5.1 (% โปรตีน)	5.08	5.18	3.99	3.15	2.95
	1.23 (% ในอาหาร)	1.18	1.17	0.93	0.74	0.67
ฟอสฟอรัส	1.28(% ในอาหาร)	1.31	1.24	1.14	1.09	1.02

3. วิธีการทดลอง

3.1 การให้อาหาร โดยให้วันละ 2 ครั้ง เวลา 08.30 น. และ 16.00 น. โดยให้ปลากินจนอิ่ม หากมีอาหารเหลือหลังจากเริ่มให้อาหารแล้ว 30 นาที ทำการใช้กระชอนเก็บอาหารที่เหลือนำมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำอาหารที่อบแห้งแล้วทิ้งให้เย็นนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาปริมาณอาหารที่ปลากิน

3.2 การเก็บข้อมูลโดยชั่งน้ำหนักรวมทั้งหมดในแต่ละครั้ง และวัดความยาวเหยียด (total length) ของปลาทุกตัว และตรวจนับจำนวนปลาทุก 2 สัปดาห์ เพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตและอัตรารอด เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองสุ่มตัวอย่างปลาแต่ละซ้ำของการทดลอง จำนวนซ้ำละ 5 ตัว ชั่งน้ำหนักและวัดความยาวเหยียดนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณค่าความสมบูรณ์ของปลา condition factor (K) จากนั้นนำไปผ่าและเก็บตับปลาเพื่อคำนวณค่า hepatosomatic index (HSI) และไขมันในช่องท้องเพื่อคำนวณหาค่า intraperitoneal fat (IPF) และแล่เฉพาะเนื้อบริเวณส่วนลำตัวปลา (fillet) ในแต่ละซ้ำของการทดลอง จำนวนซ้ำละ 200 กรัม นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ทำการ วิเคราะห์ทุก 2 สัปดาห์ เวลา 08.30 น. ดังต่อไปนี้ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง DO meter ยี่ห้อ HANA รุ่น 407510 ความเป็นกรดเป็นด่าง วิเคราะห์ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI991001 ความกระด้างและความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) วิเคราะห์ตามวิธีของ APHA-AWWA and WPCF (1980) แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ HACH รุ่น DR/4000V และอุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนเรศวร

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการตอบสนองของปลา เทโพ ต่ออาหารทดลอง ดังนี้

4.1 น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (average daily weight gain, ADG; กรัม/วัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}}$$

4.2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (percentage weight gain, PWG; เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น}} \times 100$$

4.3 ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (protein efficiency ratio, PER)

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

4.4 ประสิทธิภาพของอาหาร (feed efficiency ratio, FER)

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

4.5 โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัวปลา (apparent net protein retention, ANPR; เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\{(W_1 \times P_1) - (W_2 \times P_2)\}}{P} \times 100$$

W_1 = น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (กรัม)

P = น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน

P_1 = ร้อยละของโปรตีนในตัวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

P_2 = ร้อยละของโปรตีนในตัวปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง

4.6 ปริมาณอาหารที่ปลากิน (total feed intake, TFI; กรัม/ตัว)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารทั้งหมดที่ปลากิน}}{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}$$

4.7 ปริมาณโปรตีนที่กิน (กรัม/ปลา 1,000 กรัม/วัน)

= ปริมาณอาหารที่ปลากิน x (เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร x 100/1,000)

4.8 อัตราแลกเนื้อ (feed conversion ratio, FCR)

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

สำนักวิทยบริการและพัฒนาประมงน้ำจืด

4.9 อัตรารอด (survival rate, เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}} \times 100$$

4.10 condition factor (K; เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวปลา (กรัม)}}{\text{ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)}^3} \times 100$$

4.11 hepatosomatic index (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตับ}}{\text{น้ำหนักตัวปลา}} \times 100$$

4.12 intraperitoneal fat (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{น้ำหนักไขมันในช่องท้อง}}{\text{น้ำหนักตัวปลา}} \times 100$$

นำข้อมูลที่คำนวณได้จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี one way analysis of variance ข้อมูลที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ก่อนวิเคราะห์ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธี angular transformation ในรูปของ arcsine ก่อนวิเคราะห์ เพื่อให้ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (normal distribution) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS for Windows 10.01

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร

ผลการศึกษา

การทดลองเลี้ยงปลาเทโพที่ใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0, 25, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีผลการทดลองดังนี้

1. การเจริญเติบโต

1.1 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย

ปลาเริ่มต้นการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 102.25 ±0.21 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลามีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 217.05 ±8.39, 220.55 ±15.57, 177.99 ±21.37, 161.18 ±11.80 และ 131.08 ±9.13 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3 และ ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

1.2 ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย

ปลาเริ่มต้นการทดลองมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 22.10 ±0.16 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลามีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 26.15 ±0.22, 25.92 ±0.91, 2 5.02±0.67, 24.81±0.84 และ 24.36 ±0.22 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และ ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 75 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยมากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 3 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ปลาเทโพที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์	กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)				
	0	25	50	75	100
เริ่มต้น	102.25±0.21^{a}	102.25±0.21^{a}	102.25±0.21^{a}	102.25±0.21^{a}	102.25±0.21^{a}
2	109.97±4.47^{c}	107.12±5.87^{cb}	104.22±6.41^{cb}	101.37±1.73^{a}	101.10±0.70^{a}
4	142.77±2.32^{c}	143.81±7.78^{c}	124.75±14.84^{b}	122.43±7.32^{b}	106.47±5.52^{a}
6	167.44±5.35^{b}	166.24±16.79^{b}	135.13±21.58^{a}	138.20±10.72^{a}	114.48±15.81^{a}
8	182.47±6.78^{b}	176.67±24.24^{b}	142.48±21.88^{a}	142.50±15.96^{a}	118.37±12.87^{a}
10	202.19±3.54^{c}	197.49±25.95^{c}	157.61±26.85^{b}	153.51±12.48^{ba}	121.68±13.21^{a}
12	217.05±8.39^{c}	220.55±15.57^{c}	177.99±21.37^{b}	161.18±11.80^{b}	131.08±9.13^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4 ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ปลาเทโพที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์	กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)				
	0	25	50	75	100
เริ่มต้น	22.10±0.16^{a}	22.10±0.16^{a}	22.10±0.16^{a}	22.10±0.16^{a}	22.10±0.16^{a}
2	24.13±1.32^{c}	23.28±1.59^{b}	23.03±1.46^{b}	22.25±1.26^{a}	22.20±1.37^{b}
4	24.40±1.00^{b}	24.37±1.36^{b}	23.98±1.28^{ab}	23.80±0.95^{a}	23.40±0.88^{a}
6	24.64±0.90^{c}	24.67±1.32^{c}	24.31±0.93^{b}	23.95±1.06^{b}	23.64±0.91^{a}
8	24.87±1.13^{c}	24.96±1.57^{c}	24.63±1.36^{b}	24.10±1.02^{c}	23.87±0.97^{a}
10	26.05±1.22^{b}	25.69±1.79^{b}	24.65±1.43^{a}	24.26±3.12^{a}	24.06±0.94^{a}
12	26.15±0.22^{c}	25.92±0.91^{bc}	25.02±0.67^{bc}	24.81±0.84^{b}	24.36±0.22^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สำนักวิทยบริการและพัฒนาการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยบูรพา

1.3 น้ำหนักเพิ่มต่อวัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลามีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 1.45 ±0.11, 1.49 ±1.96, 0.96 ±0.27, 0.75±0.15 และ 0.36±0.12 กรัมต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีน้ำหนักเพิ่มต่อวันมากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

1.4 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลามีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มเท่ากับ 112.27 ±8.21, 115.70 ±15.23, 74.07±20.90, 57.63 ±11.54 และ 28.19 ±8.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มมากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2. ประสิทธิภาพของโปรตีน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองประสิทธิภาพของโปรตีนมีค่าเท่ากับ 1.94 ±0.06, 2.02 ±0.11, 1.69 ±0.22, 1.67±0.19 และ 1.22±0.28 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าประสิทธิภาพของโปรตีนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยและพัฒนาบัณฑิตวิทยาลัย

ตารางที่5 ผลการทดลองของปลาเทโพที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ทดลองสูตร เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ดัชนี	โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)				
	0	25	50	75	100
น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม)	102.25±0.21^{a}	102.25±0.21^{a}	102.25±0.21^{a}	102.25±0.21^{a}	102.25±0.21^{a}
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม)	217.05±8.39^{c}	220.55±15.57^{c}	177.99±21.37^{b}	161.18±11.80^{b}	131.08±9.13^{a}
ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร)	22.10±0.16^{a}	22.10±0.16^{a}	22.10±0.16^{a}	22.10±0.16^{a}	22.10±0.16^{a}
ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย (เซนติเมตร)	26.15±0.22^{c}	25.92±0.91^{bc}	25.02±0.67^{bc}	24.81±0.84^{b}	24.36±0.22^{a}
น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (กรัมต่อวัน)	1.45±0.11^{c}	1.49±1.96^{c}	0.96±0.27^{b}	0.75±0.15^{b}	0.36±0.12^{a}
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (เปอร์เซ็นต์)	112.27±8.21^{c}	115.70±15.23^{c}	74.07±20.90^{b}	57.63±11.54^{b}	28.19±8.92^{a}
ประสิทธิภาพของโปรตีน	1.94±0.06^{b}	2.02±0.11^{b}	1.69±0.22^{b}	1.67±0.19^{b}	1.22±0.28^{a}
ประสิทธิภาพของอาหาร	0.45±0.01^{b}	0.46±0.02^{b}	0.39±0.04^{b}	0.39±0.05^{b}	0.28±0.07^{a}
โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัว (เปอร์เซ็นต์)	42.48±4.91^{a}	43.41±1.14^{a}	49.00±5.67^{a}	44.23±1.91^{a}	39.19±8.33^{a}
ปริมาณอาหารที่ปลากิน (กรัมต่อตัว)	250.97±11.92^{c}	252.92±42.62^{c}	186.59±30.81^{b}	149.67±12.86^{b}	102.53±9.96^{a}
ปริมาณโปรตีนที่ปลากิน (กรัมต่อตัว)	58.22±2.76^{c}	57.13±9.63^{c}	43.47±7.18^{b}	35.11±3.02^{b}	23.25±2.26^{a}
อัตราแลกเนื้อ	2.23±0.07^{b}	2.20±0.12^{b}	2.57±0.35^{b}	2.58±0.28^{b}	3.74±0.89^{a}
อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์)	98.33±2.88^{a}	96.67±2.89^{a}	98.33±2.89^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
condition factor (เปอร์เซ็นต์)	1.26±0.15^{d}	1.21±0.18^{cd}	1.10±0.17^{bc}	1.04±0.15^{ab}	0.94±0.17^{a}
hepatosomatic index (เปอร์เซ็นต์)	1.74±0.42^{a}	1.63±0.50^{a}	1.52±0.25^{a}	1.58±0.32^{a}	1.69±0.33^{a}
intraperitoneal fat (เปอร์เซ็นต์)	7.21±1.60^{d}	6.79±2.39^{cd}	5.64±1.45^{bc}	4.95±1.15^{ab}	4.29±1.75^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3. ประสิทธิภาพของอาหาร

เมื่อสิ้นสุดการทดลองประสิทธิภาพของอาหารมีค่าเท่ากับ 0.45 ±0.01, 0.46 ±0.02, 0.39 ±0.04, 0.39±0.05 และ 0.28±0.07 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าประสิทธิภาพของอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

4. โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัว

เมื่อสิ้นสุดการทดลองโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัวมีค่าเท่ากับ 42.48±4.91, 43.41±1.14, 49.00±5.67, 44.23±1.91 และ 39.19±8.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5. ปริมาณอาหารที่ปลากิน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณอาหารที่ปลากินมีค่าเท่ากับ 250.97 ±11.92, 252.92 ±42.62, 186.59±30.81, 149.67±12.86 และ 102.53±9.96 กรัมต่อตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณอาหารที่ปลากินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีค่าปริมาณอาหารที่ปลากินมากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณอาหารที่ปลากินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6. ปริมาณโปรตีนที่ปลากิน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณโปรตีนที่ปลากินมีค่าเท่ากับ 58.22 ±2.76, 57.13 ±9.63, 43.47±7.18, 35.11 ±3.02 และ 23.25 ±2.26 กรัมต่อตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณโปรตีนที่ปลากินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีค่าปริมาณโปรตีนที่ปลากินมากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณโปรตีนที่ปลากินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

7. อัตราแลกเนื้อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองอัตราแลกเนื้อมีค่าเท่ากับ 2.23 ±0.07, 2.20±0.12, 2.57±0.35, 2.58±0.28 และ 3.74±0.89 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราแลกเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

8. อัตรารอด

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาเทโพมีอัตรารอดเท่ากับ 98.33 ±2.88, 96.67 ±2.89, 98.33 ±2.89, 100.00 และ 100.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นต่างกัน มีอัตรารอดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

9. condition factor

เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่า condition factor เท่ากับ 1.26±0.15, 1.21±0.18, 1.10±0.17, 1.04±0.15 และ 0.94±0.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า condition factor แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่า condition factor แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่า condition factor แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 75 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่า condition factor แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

10. hepatosomatic index

ปลาเริ่มต้นการทดลองมีค่า hepatosomatic index เฉลี่ยเท่ากับ 0.82 ±0.10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่า hepatosomatic index เท่ากับ 1.74±0.42, 1.63±0.50, 1.52±0.25, 1.58±0.32 และ 1.69±0.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0, 25, 50, 75 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่า hepatosomatic index แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

11. intraperitoneal fat

ปลาเริ่มต้นการทดลองมีค่า intraperitoneal fat เฉลี่ยเท่ากับ 4.31 ±1.10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่า intraperitoneal fat เท่ากับ 7.21±1.60, 6.79 ±2.39, 5.64 ±1.45, 4.95 ±1.15 และ 4.29 ±1.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า intraperitoneal fat แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่า intraperitoneal fat แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่า intraperitoneal fat แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 75 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่า intraperitoneal fat แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

12. องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา

เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีความชื้นในเนื้อปลามีค่าเท่ากับ 24.45±0.38, 22.28±0.88, 23.53±1.34, 22.72±0.38 และ 21.46±1.05เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นในเนื้อปลาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าความชื้นในเนื้อปลามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

และปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นในเนื้อปลาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) กับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25 และ 75 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความชื้นในเนื้อปลาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

โปรตีนในเนื้อปลามีค่าเท่ากับ 72.08±3.26, 78.02±1.44, 80.29±0.92, 79.75±1.09 และ 81.07±0.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าโปรตีนในเนื้อปลาน้อยกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าโปรตีนในเนื้อปลาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ไขมันในเนื้อปลามีค่าเท่ากับ 21.38±2.24, 13.38±1.64, 11.15±0.52, 12.06±1.43 และ 10.37±0.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไขมันในเนื้อปลามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไขมันในเนื้อปลาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) กับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไขมันในเนื้อปลาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

เถ้าในเนื้อปลามีค่าเท่ากับ 6.45±2.27, 9.27±3.84, 6.22±1.85, 6.55±1.56 และ 7.89±2.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีเถ้าในเนื้อปลาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาเทโพก่อน และหลังการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)	ก่อนทดลอง	กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)				
		0	25	50	75	100
ความชื้น	17.72	24.45±0.38^{c}	22.28±0.88^{ab}	23.53±1.34^{bc}	22.72±0.38^{ab}	21.46±1.05^{a}
โปรตีน	75.23	72.08±3.26^{b}	78.02±1.44^{a}	80.29±0.92^{a}	79.75±1.09^{a}	81.07±0.67^{a}
ไขมัน	13.90	21.38±2.24^{c}	13.38±1.64^{b}	11.15±0.52^{ab}	12.06±1.43^{ab}	10.37±0.97^{a}
เถ้า	4.80	6.45±2.27^{a}	9.27±3.84^{a}	6.22±1.85^{a}	6.55±1.56^{a}	7.89±2.63^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

13. คุณสมบัติน้ำ

คุณสมบัติน้ำระหว่างการทดลอง พบว่ามีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 6.1 0-7.90 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 27.90-30.50 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 6.5-7.9 ความกระด้างของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 45-60 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 26-40 มิลลิกรัมต่อลิตร และแอมโมเนียรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.05-0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 คุณสมบัติของน้ำบางประการระหว่างการทดลอง

คุณสมบัติน้ำ	กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)				
	0	25	50	75	100
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.10-7	6 -7.50	7.20-7.90	6.50-7.50	6.70-7.20
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	28-30	28.50-30.50	27.90-29	28-30	28-29
ความเป็นกรดด่าง	7-7.5	6.5-7.7	6.9-7.5	6.8-7.9	6.6-7.5
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	45-55	50-60	48-59	47-58	45-57
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	30-40	26-35	30-40	31-40	28-35
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.05-0.10	0.05-0.14	0.05-0.12	0.06-0.13	0.05-0.11

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและวิจารณ์ผล

ผลจากการทดลองพบว่า ปลาเทโพที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารและปริมาณโปรตีนที่ปลากิน และการที่ค่าการเจริญเติบโตของปลาลดลงตามระดับการแทนที่ ซึ่งเป็นผลจากปริมาณของกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารเกินระดับที่เหมาะสมส่งผลให้ปลาเทโพมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง เช่นเดียวกับการทดลองการใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในปลากะพงขาว, ปลาแรด, ปลาดุกลูกผสม, และปลานิล (จูอะดี และมะลิ, 2538; มะลิ และคณะ, 2539; กาญจนรี และคณะ, 2540; ชุติพงศ์, 2540; ประเสริฐ และวิมล, 2540; Shiau *et al*., 1990) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็น คือเมทไธโอนีนและไลซีนในอาหารไม่เหมาะสม การทดลองครั้งนี้พบว่ากรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิด ที่ได้จากการคำนวณในสูตรอาหารที่ใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไลซีนต่ำกว่าแต่มีค่าเมทไธโอนีนสูงกว่าความต้องการของปลา channel catfish ซึ่งอาจไปส่งผลให้เกิดการเสียสมดุลของกรดอะมิโนที่จำเป็น ทำให้มีการเจริญเติบโตช้า ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารที่ผสมกากถั่วเหลืองในอาหารปลา carp พบว่า การมีเมทไธโอนีนในอาหารสูงเกินไปส่งผลให้เสียสมดุลของทอรีน (taurine) และเกี่ยวข้องกับขบวนการสังเคราะห์ กลูตามีน (glutamine) ซึ่งมีบทบาทที่สำคัญต่อขบวนการกำจัดพิษแอมโมเนียออกจากร่างกาย ดังนั้นปลา carp ที่ได้รับอาหารผสมกากถั่วเหลืองปริมาณสูงหรือเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีน จึงไม่ช่วยให้ปลาเจริญเติบโตดีขึ้น (Murai *et al*., 1989)

ค่าปริมาณอาหารที่ปลากินพบว่าลดลงตามสัดส่วนของการแทนที่กากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ปริมาณการกินอาหารที่ลดลงอาจมีสาเหตุจากปริมาณกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อความน่ากิน (palatability) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆเช่น ในปลา Chinook salmon พบว่ารสชาติของกากถั่วเหลืองมีผลทำให้ปลาคายอาหารออกแล้วไม่กินอาหารสูตรที่มีปริมาณกากถั่วเหลืองมาก (Lovell, 1989) และในปลา red drum พบว่าปลาไม่กินอาหารที่มีกากถั่วเหลืองหรือกากถั่วเหลืองเสริมเมทไทโอนีนเป็นแหล่งโปรตีนหลัก (Reigh and Ellis, 1992) และในปลา rainbow trout พบว่าหากมีปลาป่นในสูตรอาหารต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ปลาจะไม่กินอาหารนั้น (Smith, 1977) ส่วนในปลาดุกลูกผสมพบว่าสัดส่วนของโปรตีนจากปลาป่นและกากถั่วเหลืองน้อยกว่า 1.0/1.0 มีผลทำให้อัตราการกินอาหารของปลาลดลง (ประเสริฐ และวิมล, 2540)

ด้านค่าประสิทธิภาพของโปรตีน และประสิทธิภาพของอาหาร พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้ม

ลดลงตามระดับของการแทนที่ แม้ว่ามีค่ามากกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเป็นผลจากความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนลดลงตามระดับของการแทนที่กากถั่วเหลือง ทำให้ปลานำโปรตีนจากกากถั่วเหลืองไปใช้ประโยชน์ได้น้อย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จูอะดี และมะลิ (2538) ทดลองใช้กากถั่วเหลืองและโปรตีนข้าวโพดแทนที่ปลาป่นในสูตรอาหารในระดับต่างๆ เลี้ยงปลากะพงขาวพบว่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนลดลงตามระดับการแทนที่ ส่งผลให้ประสิทธิภาพโปรตีนในอาหารด้อยลงตามระดับการแทนที่ที่เพิ่มขึ้นซึ่งในอาหารทดลองมีปลาป่นลดลงต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหารทดลอง (ระดับการแทนที่ 75%)

ค่าอัตราแลกเนื้อพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 0, 25, 50, และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ค่าอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าดีกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการย่อยได้ของสารอาหารจำพวกแป้งในกากถั่วเหลืองลดลง สอดคล้องกับ Watanabe *et al*. (1993) พบว่าในปลาเรนโบว์เทร้า สามารถย่อยสารอาหารจำพวกแป้งในกากถั่วเหลืองได้เพียง 54 เปอร์เซ็นต์ และ 55 เปอร์เซ็นต์ ในปลา Yellow tail (Watanabe *et al*., 1992) เช่นเดียวกับในปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารซึ่งใช้กากถั่วเหลือง และโปรตีนข้าวโพดทดแทนปลาป่นที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างจากอาหารที่ใช้ปลาป่นเพียงอย่างเดียว และเมื่อใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองและโปรตีนจากข้าวโพดทดแทนปลาป่นในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้อัตราการกินอาหารของปลาลดลง จึงทำให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (จูอะดี และมะลิ, 2538)

จากการพิจารณาค่าองค์ประกอบทางเคมีของตัวปลา พบว่าแนวโน้มค่าการสะสมไขมันในเนื้อปลา และค่า intraperitoneal fat ในปลาที่ได้รับอาหารที่ใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นสูตรอื่นๆ เนื่องจากปริมาณไขมันในอาหารทดลองมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอาหารสูตรอื่น เช่นเดียวกับการทดลองโดย Elangovan and Shim (2000) ในปลา foil barb (*Barbodes altus*) พบว่าปริมาณไขมันในเนื้อปลาลดลงตามระดับกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารแม้ว่าอาหารจะมีค่าพลังงานในอาหารเท่ากัน นอกจากนี้ Olli and Krogdahl (1995) รายงานว่าสารต้านโภชนาการที่มีในกากถั่วเหลืองมีผลกระทบต่อค่าประสิทธิภาพการย่อยได้ของไขมัน นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ใช้อาหารทดลองชนิดเม็ดลอยน้ำจึงทำให้ปริมาณไขมันที่ใส่ลงไปในอาหารลดลงและสูญเสียไป ในระหว่างขั้นตอนการผลิตอาหารชนิดเม็ดลอยน้ำซึ่งใช้ความร้อนสูงทำให้ แป้งและปลายข้าวดิบเกิดการ over cooking สุกเกินไปจึงเปลี่ยนสภาพไป (gelatinization) ส่งผลให้น้ำมันที่เติมลงในอาหารเข้าไปรวมตัวกับแป้งเป็นสารโมเลกุลเชิงซ้อน ทำให้ค่าการวิเคราะห์ไขมันในอาหารด้วยวิธี ether extract ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการทั่วไปใช้มีค่าต่ำกว่าที่ได้คำนวณไว้ (นันทิยา และคณะ, 2546)

จากการศึกษาครั้งนี้ สรุปได้ว่าสามารถใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาเทโพ ขนาด 100-200 กรัม โดยมีโปรตีน 23 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวมในอาหาร 430 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

เอกสารอ้างอิง

กาญจนรี พงษ์ฉวี, สนธิพันธ์ ผาสุกดี และอมรรัตน์ เสริมวัฒนกุล. 2540. การใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับปลาแรด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 7/2540. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 15 หน้า.

จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ และมะลิ บุญยรัตผลิน. 2538. การใช้แหล่งโปรตีนพืชบางชนิดในอาหารสำหรับปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 14/2538. สถาบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 12 หน้า.

ชวลิต วิทยานนท์ และ สมศักดิ์ รุ่งทองใบสุรีย์. 2536. พรรณปลาสวายและปลาสังกะวาด (วงศ์Schibeidae) ของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 150. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง. 57 หน้า.

ชุติพงค์ ว่องส่งสาร. 2540. การทดลองเลี้ยงปลาแรดโดยใช้กากถั่วเหลืองแทนปลาป่น. เอกสารวิชาการฉบับที่ 28/2540. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 14 หน้า.

นันทิยา อุ่นประเสริฐ และลัดดาวัลย์ ครองพงษ์. 2546. เปรียบเทียบการวิเคราะห์ไขมันในวัตถุดิบหลักโดยวิธีที่แตกต่างกันและการสูญหายของไขมันในอาหารสัตว์ลอยน้ำ. **ใน**: รายงานสัมมนาวิชาการประมงประจำปี 2546 เล่ม 1 กรมประมง. วันที่ 7-9 กรกฎาคม 2546. ณ ห้องประชุมกรมประมง. บางเขน กรุงเทพมหานคร. หน้า.270-278.

ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ และวิมล จันทรโรทัย. 2540. สัดส่วนของโปรตีนจากปลาป่นและกากถั่วเหลืองที่ระดับต่ำสุดที่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร และอัตราการกินอาหารของปลาดุกลูกผสม. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2540. กองควบคุมและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ, กรมประมง. 13 หน้า.

มะลิ บุญยรัตผลิน และวิจิตรา กุลตังวัฒนา. 2530. การใช้กากถั่วเหลืองแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลานิลแดง. **ใน**: รายงานการสัมมนาวิชาการประมงประจำปี 2530 กรมประมง. วันที่ 15-17 กันยายน 2530. ณ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ บางเขน กรุงเทพมหานคร. หน้า 286-291.

มะลิ บุญรัตผลิน, ประวิทย์ สุรนีนาถ และธำมรงค์ ตันภิบาล. 2539. การทดแทนปลาป่นด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองชนิดต่างๆในอาหารปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2539. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 30 หน้า.

วันเพ็ญ มีนกาญจน์. 2528. ปลาไทยในสถานแสดงพันธุ์ปลาน้ำจืด. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 57 หน้า.

ศุภรัตน์ ฉัตรจริยเวศน์ และสมเกียรติ พงษ์ศิริจันทร์. 2544. ความต้องการโปรตีนของปลาเทโพขนาดเล็ก. เอกสารวิชาการฉบับที่ 7/2544. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 19 หน้า.

ศุภรัตน์ ฉัตรจริยเวศน์, สมเกียรติ พงษ์ศิริจันทร์ และสมศักดิ์ เจนศิริศักดิ์. 2541. ความต้องการโปรตีนของปลาเทโพวัยรุ่น. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2541. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 26 หน้า.

สำนักวิชาการพัฒนาประมงน้ำจืด

สมเกียรติ พงษ์ศิริจันทร์, ศุภรัตน์ ฉัตรจริยเวศน์ และอมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล. 2539. ความต้องการโปรตีนในอาหารปลาเทโพ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 28/2549. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 17 หน้า.

สมโภชน์ อัคคะทวีวัฒน์. 2523. ครอบครัวปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าของไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 51/2523. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 201 หน้า.

AOAC. 1990. Official Method of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Verginia. 1141 pp.

APHA, AWWA and WPCF. 1980. Standard methods for the examination of water and waste water. 15th ed. American Public Health Publishers. New York. 1134 pp.

Elangovan, A. and K. F. Shim. 2000. The influence of replacing fish meal partially in the diet with soybean meal on growth and body composition of juvenile tin foil barb (*Barbodes altus*). *Aquaculture* 189: 133-144.

Francis, G., S.P.H. Makkar and K. Beeker. 2001. Antinutritional factors in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199: 197-227.

Lovell, R.T. 1989. Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold, New York. 260 pp.

Murai, T., D. Wang and O. Hiroshi. 1989. Supplementation of Methionine to Soy Flour Diet for Fingering Carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture* 77: 373-385.

NRC (National Research Concil). 1993. Nutrient Requirement of Fish. National Academy Press, Washington, D.C. 114 pp.

Olli, J.J. and A. Krogdahl. 1995. Alcohol soluble component of soybean seem to reduce fat digestibility in fishmeal-base diets for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquacult. Res*. 26: 831-835.

Reigh, R.C. and S.C. Ellis. 1992. Effect of dietary soybean and fish-protrin ratios on growth and body composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed isonitrogenous diets. *Aquaculture* 104: 272-292.

Shiau, S., S. Lin, S. Yu, A. Lin and C. Kwok. 1990. Defatted and full-fat soybean mal as partial replacement for fishmeal in Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) diets at low protein level. *Aquaculture* 86: 401-407.

Smith, R.R. 1977. Recent research involving full-fat soybean meal in salmonids. *Salmonid* 1: 8-11.

Watanabe, T., J. Pongmneerat, S. Satoh and T. Takeuchi. 1993. Replacement of fish meal by alternative source in rainbow trout diets. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 1573-1579.

Watanabe, T., V. Viyakarn, H. Kimursa, K. Ogawa, N. Okamato and N. Iso. 1992. Utilization of soybean meal as a protein source in newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58: 1761-1773.

สำนักวิทยบริการและพัฒนาการเรียนการสอน

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ราคา (บาท) วัตถุดิบอาหารทดลองที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลาเทโพ

วัตถุดิบอาหาร	ราคา (บาทต่อกิโลกรัม)	โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)				
		0	25	50	75	100
ปลาป่น (62.49 %โปรตีน)	35	11.02	8.26	5.49	2.69	-
กากถั่วเหลือง (47.10 %โปรตีน)	14	-	1.40	2.83	4.20	5.60
แป้งข้าวจ้าว	25	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50
น้ำมันปลาทะเล	65	0.65	1.04	1.43	1.89	2.34
น้ำมันถั่วเหลือง	38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
น้ำมันหมู	35	1.52	1.03	0.51	0.18	-
วิตามินซี	650	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
แร่ธาตุรวม	180	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
วิตามินรวม	180	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
KH_2PO_4	400	13.36	14.42	14.48	16.08	16.88
โคลีนคลอไรด์ (60 เปอร์เซ็นต์)	200	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
แกลบบดละเอียด	12	2.22	2.03	1.85	1.63	1.29
กรดอะมิโนเมทไธโอนีน (DL- methionine)	80	-	-	-	-	0.09
ราคาเฉลี่ยต่อกิโลกรัม (บาท)		43.30	42.71	41.12	41.20	40.73

หมายเหตุ ราคาวัตถุดิบขนส่งถึงจังหวัดอุบลราชธานี ปี พ.ศ. 2551

ตารางผนวกที่ 2 องค์ประกอบของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน และไลซีน ที่มีในวัตถุดิบปลาป่นและกากถั่วเหลือง

วัตถุดิบ	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	เมทไธโอนีน (เปอร์เซ็นต์)*	ไลซีน (เปอร์เซ็นต์)*
ปลาป่น	62.49	1.68	4.53
กากถั่วเหลือง	47.10	0.57	2.85

หมายเหตุ * ค่าเมทไธโอนีนและไลซีน ได้จาก (NRC, 1993)

สำนักวิทยบริการและพัฒนาการเรียนรู้