ISSN 3027-6357 (Print)
ISSN 3027-6365 (Online)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Homepage : *http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj*
ปีที่ 32 ฉบับที่ 2 (มีนาคม-เมษายน 2567) หน้า [55-66]

การเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของปลาช่อนทะเลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เพิ่มไขมันและลดโปรตีน และอาหารที่เพิ่มคาร์โบไฮเดรตและลดไขมัน

Growth and Flesh Quality of Cobia Fed with Increased Lipid and Reduced Protein Diet and Increased Carbohydrate and Reduced Lipid Diet

พิเชต พลายเพชร*, กมลรัตน์ ยงเจริญ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำชลบุรี กรมประมง ชลบุรี 20110
Pichet Plaipetch*, Kamonrat Yongjarean
Chonburi Aquatic Animal Feed Research and Development Center, Department of Fisheries, Chon Buri 20110

Received 23 October 2023; Received in revised 26 November 2023; Accepted 15 January 2024

บทคัดย่อ

ศึกษาการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของปลาช่อนทะเลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เพิ่มไขมันและลดโปรตีน และอาหารที่เพิ่มคาร์โบไฮเดรตและลดไขมัน อาหารทดสอบสูตรที่ 1-4 มีโปรตีน/ไขมัน/คาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 40%/6%/31% (สูตรควบคุม), 36%/10%/33%, 36%/6%/36% และ 36%/4%/38% ตามลำดับ เลี้ยงปลาช่อนทะเลขนาดเริ่มต้น 35 กรัม ในกระชังขนาด 3x3x2.5 เมตร บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี อัตราปล่อย 25 ตัวต่อกระชัง และให้อาหารแบบกินจนอิ่มวันละครั้ง เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 มีการเจริญเติบโตและมีอัตราแลกเนื้อดีกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 ($p>0.05$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการสะสมโปรตีนในเนื้อดีกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทุกสูตรมีค่า Condition factor ร้อยละของเนื้อและอวัยวะอื่น ๆ ดัชนีตับและดัชนีอวัยวะภายใน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปริมาณโปรตีนในเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1, 2 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มากกว่าเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปริมาณไขมันในเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากผลการศึกษานี้จะเห็นได้ว่าสูตรอาหารเลี้ยงปลาช่อนทะเลขนาด 35-800 กรัม สามารถลดโปรตีนจาก

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** pichet28@yahoo.com **doi:** 10.14456/tstj.2024.13

Science32-N2.indd 55 25/4/2567 BE 09:15

40% เหลือ 36% คิดเป็นอัตราการลดลงเท่ากับ 10% และเพิ่มไขมันจาก 6% เป็น 10% คิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 66.7%

คำสำคัญ: ปลาช่อนทะเล; อาหารสำเร็จรูป; โปรตีน; ไขมัน; คาร์โบไฮเดรต

Abstract

Growth and flesh quality of cobia fed with increased lipid and reduced protein diets and increased carbohydrate and reduced lipid diets were determined. Test diets 1-4 contained protein/lipid/carbohydrate ratios of 40%/6%/31% (control), 36%/10%/33%, 36%/6%/36% and 36%/4%/38%, respectively. Groups of fish with an initial weight of 35 g were stocked in 3x3x2.5 M cage in Sri Racha Bay, Chonburi province, with stocking densities of 25 fish per cage and fed each diet to satiation once a day for 6 months. The results showed that the growth and feed conversion ratio of fish fed diet 1 were significantly better than those of fish fed diets 3 and 4 ($p<0.05$), but not significantly different from those of fish fed diet 2 ($p>0.05$). The protein efficiency ratio and flesh protein retention of fish fed diet 2 were significantly better than those fish fed other diets ($p<0.05$). There were no significant differences in condition factor, percentages of flesh and other organs, hepatosomatic and viscerosomatic indices among fish fed all test diets ($p>0.05$). The flesh protein contents of fish fed diets 1, 2 and 4 were not significantly different ($p>0.05$), but significantly higher than those of fish fed diet 3 ($p<0.05$). The flesh lipid contents of fish fed diets 1 and 3 were not significantly different ($p>0.05$), but significantly higher than those of fish fed diets 2 and 4 ($p<0.05$). From this study, it was observed that the cobia diet for 35-800 g could reduce protein from 40% to 36% calculated as a reducing rate of 10%, and increase lipid from 6 to 10%, calculated as an increase rate of 66.7%.

Keywords: Cobia; Artificial feed; Protein; Lipid; Carbohydrate

Science32-N2.indd 56 25/4/2567 BE 09:15

1. บทนำ

ปลาช่อนทะเลเป็นสัตว์น้ำที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจเนื่องจากเจริญเติบโตเร็ว สามารถเจริญเติบโตจนมีน้ำหนัก 6-8 กิโลกรัม ภายในระยะการเลี้ยง 1-1.5 ปี [1] ในประเทศไทยชาวประมงพื้นบ้านเลี้ยงปลาช่อนทะเลมาอย่างยาวนานแต่มีปริมาณไม่มากเนื่องจากเป็นการเลี้ยงปลาที่รวบรวมได้จากธรรมชาติ ต่อมาในปี พ.ศ. 2548 กรมประมงได้ส่งเสริมการเพาะเลี้ยงปลาช่อนทะเลเชิงพาณิชย์ โดยความช่วยเหลือทางวิชาการเกี่ยวกับการเลี้ยงปลาทะเลในระบบกระชังขนาดใหญ่จากสถาบันวิจัยทางทะเล (Institute of Marine Research, IMR) ประเทศนอร์เวย์ ภายใต้โครงการช่วยเหลือผู้ประสบภัยสึนามิและฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งภูเก็ตประสบความสำเร็จในการเพาะพันธุ์และทดลองเลี้ยงปลาช่อนทะเลในกระชังขนาดใหญ่ที่เลียนแบบมาจากการเลี้ยงปลาแซลมอนในประเทศนอร์เวย์ อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมการเลี้ยงปลาช่อนทะเลในประเทศไทยประสบปัญหาสำคัญคือต้นทุนการผลิตสูงเนื่องจากปลาชนิดนี้มีอัตราแลกเนื้อสูงทำให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนต่ำหรือขาดทุน นอกจากประเทศไทยแล้ว อัตราแลกเนื้อที่สูงเป็นปัญหาหลักของการเลี้ยงปลาช่อนทะเลในหลายประเทศ เช่น ประเทศเวียดนามที่ปลาเลี้ยงมีอัตราแลกเนื้ออยู่ในช่วง 1.2-2.0 [2-3] และไต้หวันที่ปลาเลี้ยงมีอัตราแลกเนื้ออยู่ในช่วง 1.5-1.8 [1, 4] ทั้งนี้อัตราแลกเนื้อที่สูงในปลาช่อนทะเลมีสาเหตุหลายประการ เช่น ปลาช่อนทะเลเป็นปลาที่มีอัตราเมตาบอลิซึมสูงและเคลื่อนไหวตลอดเวลา [1] ทำให้สารอาหารส่วนใหญ่ที่ปลากินถูกนำไปสร้างพลังงานและสะสมในร่างกายน้อย หรืออาหารอาจมีระดับสารอาหารและพลังงานไม่เพียงพอกับความต้องการเนื่องจากสูตรอาหารมีการปรับปรุงจากอาหารปลากะพงขาวหรือปลากะรัง ซึ่งอาหารสำเร็จรูปส่วนใหญ่มีโปรตีนและไขมันอยู่ในช่วง 42-45% และ 15-16% ตามลำดับ [1, 4] ซึ่งอาจยังไม่เหมาะสมกับปลาที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา เช่น ปลาช่อนทะเล ด้วยสาเหตุดังกล่าวทำให้ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการวิจัยกันอย่างแพร่หลายเพื่อศึกษาความต้องการสารอาหาร พลังงาน วิธีการให้อาหารและการลดต้นทุนวัตถุดิบของอาหารปลาช่อนทะเลเพื่อให้การเลี้ยงมีความคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปต้นทุนต่ำเป็นเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ทำให้การเลี้ยงปลาช่อนทะเลของประเทศไทยมีความยั่งยืนมากขึ้น โดยเฉพาะการลดระดับโปรตีนที่ส่งผลให้ใช้ปลาป่นน้อยลงแต่จำเป็นต้องเพิ่มแหล่งพลังงานอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น คือ ไขมันและคาร์โบไฮเดรต เช่น การทดลองในปลาแอตแลนติกแซลมอนและปลา Wuchang bream [5-6] ทั้งนี้คาร์โบไฮเดรตมีราคาถูกกว่าแหล่งไขมันทำให้สามารถลดต้นทุนค่าอาหารได้อีกหากไขมันเพียงพอกับความต้องการและเพิ่มคาร์โบไฮเดรตให้ได้มากที่สุด ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเพิ่มไขมันและลดโปรตีนและอาหารที่เพิ่มคาร์โบไฮเดรตและลดไขมันในอาหารปลาช่อนทะเล โดยสูตรอาหารที่เหมาะสมต้องไม่มีผลกระทบการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อและลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลา ซึ่งเป็นดัชนีทางเศรษฐกิจที่เกษตรกรให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การแผนการทดลอง

วางการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) มี 4 ชุดการทดลอง (3 ซ้ำ) โดยมีอัตราส่วนของโปรตีน (%P) ไขมัน (%L) และคาร์โบไฮเดรต (%NFE) ในอาหาร ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารสูตรควบคุม (40%P/6%L/31%NFE)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารสูตรลดโปรตีน/เพิ่มไขมัน (36%P/10%L/33%NFE)

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารสูตรลดไขมัน/เพิ่มคาร์โบไฮเดรต (36%P/6%L/36%NFE)

Science32-N2.indd 57 25/4/2567 BE 09:15

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารสูตรลดไขมัน/เพิ่มคาร์โบไฮเดรต (36%P/4%L/38%NFE)

2.2 การผลิตอาหารทดลอง

ผลิตอาหารทดลองตามสูตรใน Table 1 ผลิตสูตรละ 100 กิโลกรัม แบ่งการผลิตเป็น 4 ครั้ง ๆ ละ 25 กิโลกรัม การเลี้ยงปลาในเดือนที่ 1-3 และ 4-6 ใช้อาหารขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-4 และ 5-6 มิลลิเมตร ตามลำดับ หลังการอัดเม็ดนำอาหารไปอบในตู้นึ่งไอน้ำโดยใช้อุณหภูมิ 90-95 °C นาน 5 นาที เพื่อให้แป้งสุก และนำอาหารไปอบในตู้อบโดยใช้อุณหภูมิ 60 °C จนแห้ง ก่อนร่อนอาหารด้วยตะแกรงเพื่อกำจัดเศษอาหารและฝุ่น บรรจุอาหารในถุงพลาสติกและเก็บในตู้เย็น -20°C เก็บตัวอย่างอาหารของแต่ละครั้งการผลิตสูตรละ 500 กรัม บดละเอียดและผสมอาหารของรอบการผลิตให้เข้ากัน ก่อนสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 300 กรัม สำหรับวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ วิเคราะห์โปรตีนด้วยเครื่อง Truspec CN Carbon/Nitrogen Determination (LECO) วิเคราะห์ไขมันด้วยเครื่อง Fat Extractor TFE 2000 (LECO) และวิเคราะห์เถ้า ความชื้นและใยอาหารตามวิธีมาตรฐานของ AOAC [7] โดยคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลองแสดงใน Table 2

2.3 สัตว์ทดลองและระบบทดลอง

นำลูกปลาช่อนทะเลขนาดน้ำหนักประมาณ 5-10 กรัม ขนาดความยาว 4.5 นิ้ว จำนวน 600 ตัว ที่ได้รับจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งภูเก็ต เลี้ยงในถังไฟเบอร์ขนาด 3 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 3 ถัง ๆ ละ 200 ตัว หลังจากพักปลาเป็นระยะ 1 วัน เลี้ยงปลาด้วยอาหารสำเร็จรูปผลิตเองที่มีโปรตีน 45% และไขมัน 10% แบบกินจนอิ่ม วันละ 2 ครั้ง (09.00 และ 15.00 น.) เป็นระยะเวลา 2.5 เดือน ก่อนคัดขนาดปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกันจำนวน 350 ตัว ลำเลียงไปเลี้ยงในกระชังในอ่าวศรีราชา ต. บางพระ อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี ด้วยอัตราปล่อย 25 ตัวต่อกระชัง กระชังประกอบด้วยโครงกระชังเหล็กขนาด 3x9 เมตร จำนวน 4 ชุด โดยแต่ละชุดแบ่งเป็น 3 ช่อง สำหรับแขวนกระชังขนาด 3x3x2.5 เมตร (กว้างxยาวxลึก) โดยติดตั้งกระชังให้จมน้ำ 2 เมตร และมีส่วนโผล่พ้นน้ำ 0.5 เมตร การทดลองใช้กระชังมีขนาดความกว้างของตาอวน 3 เซนติเมตร และมีฝาปิดที่ทำด้วยอวนไนล่อนเพื่อป้องกันปลาหลบหนีและป้องกันศัตรู

2.4 การทดลอง

ให้อาหารทดลองแบบกินจนอิ่มวันละครั้ง (09.00-10.00 น. หรือ 13.00-14.00 น ตามสภาพการขึ้นลงของน้ำทะเล) สุ่มปลากระชังละ 10 ตัว โดยสุ่มทีละตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาวเหยียดของปลาเดือนละครั้ง และตรวจวัดคุณภาพน้ำรอบกระชังเดือนละครั้ง ดังนี้ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำด้วยเครื่อง DO meter ความเค็มด้วยเครื่อง Salinometer ความเป็นกรดด่างและอุณหภูมิด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ค่าความเป็นด่างหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรของ $CaCO_3$ (mg/L as$CaCO_3$) ด้วยวิธี ไตเตรท (2 ซ้ำ) ตามวิธีมาตรฐานที่อ้างโดย ไมตรี และจารุวรรณ [8] วัดแอมโมเนียรวม หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) ด้วยวิธี Direct Nesslerization โดยใช้ Spectrophotometer และไนไตรท์ หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) ด้วยวิธี Colorimetric Method โดยใช้ Spectrophotometer เมื่อครบระยะเวลาทดลองเลี้ยง 6 เดือน เก็บตัวอย่างปลาทดลองกระชังละ 2 ตัว เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ค่า condition factor [9] สัดส่วนเนื้อ สัดส่วนตับ สัดส่วนอวัยวะภายในและอื่นๆ และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อและตับตามวิธีการที่ระบุข้างต้น

2.5 การรวบรวมข้อมูล

น้ำหนักเฉลี่ย (ก.) = น้ำหนักรวม (ก.)/จำนวนปลา

ความยาวเฉลี่ย (ซม.) = ความยาวรวม (ซม.)/จำนวนปลา

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (ก./วัน) = (น้ำหนักสุดท้าย - น้ำหนักเริ่มต้น)/ระยะเวลาทดลอง

Science32-N2.indd 58 25/4/2567 BE 09:15

Table 1 Ingredient composition of test diets (%)

Ingredients (%)	Percentages (P/L/NFE*)			
	Diet 1 (40/6/31)	Diet 2 (36/10/33)	Diet 3 (36/6/36)	Diet 4 (36/4/38)
Fishmeal	30.00	26.40	26.40	26.40
Poultry byproduct meal	12.00	10.56	10.56	10.56
Meat and bone meal	5.00	4.40	4.40	4.40
Soybean meal	19.00	16.72	16.72	16.72
Baker's yeast	2.00	2.00	2.00	2.00
DL-Methionine	0.08	0.15	0.15	0.15
Wheat flour	19.00	19.00	19.00	19.00
Broken rice	9.02	12.30	16.30	18.07
Tuna oil	1.00	1.30	1.30	-
Soybean oil	0.20	0.20	0.20	-
Palm oil	-	4.27	0.27	-
Vitamin premix**	1.00	1.00	1.00	1.00
Mineral premix***	1.00	1.00	1.00	1.00
Vitamin C 35% (stay C)	0.38	0.38	0.38	0.38
BHT	0.02	0.02	0.02	0.02
Calcium propionate 80%	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Remark *P = Protein, L = Lipid, NFE = Carbohydrate calculated by 100% -sum of other nutrients

**Vitamins (g/Kg) : B_1 18, B_2 20, B_3 85, B_5 60, B_6 17, B_{12} 0.02, Folic acid 4.4, Inositol (98%) 150, Choline chloride (50%) 500, Biotin (2%) 0.2, A/D_3 1.18, E (50%) 30, K (50%) 4.2 (modified from [10])

***Minerals (g/Kg) : $NaH_2PO_4.2H_2O$ 600, $CaHPO_4$ 100, KCl 90, $MgSO_4.7H_2O$ 80, NaCl 40.44, $FeSO_4.7H_2O$ 20, $ZnSO_4.7H_2O$ 36, $CuSO_4.5H_2O$ 2, $MnSO_4.H_2O$ 18, NaF 1, $NaSeO_3$ 0.2, $CoSO_4$, 0.36, KI 2 (modified from [10-11])

Science32-N2.indd 59 25/4/2567 BE 09:15

Table 2 Biochemical composition of test diets (%)

Parameters	Percentages (P/L/NFE)			
	Diet 1 (40/6/31)	Diet 2 (36/10/33)	Diet 3 (36/6/36)	Diet 4 (36/4/38)
Moisture	9.46	9.20	9.63	9.82
Crude protein	40.03	36.01	36.06	36.10
Crude lipid	6.12	10.05	6.08	4.25
Crude ash	11.77	10.54	10.57	10.72
Crude fiber	1.49	1.33	1.42	1.38
NFE	31.13	32.87	36.24	37.73
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Energy (Kcal/100g)	409.94	431.90	408.28	397.23

Remark Energy calculated by protein (x5.6 Kcal/g), lipid (x9.5 Kcal/g) and carbohydrate (x4.1 Kcal/g)

ความยาวที่เพิ่มขึ้น (ซม./วัน) = (ความยาวสุดท้าย – ความยาวเริ่มต้น)/ระยะเวลทดลอง

อัตรารอดตาย (%) = 100 x (จำนวนปลาที่เหลือ/จำนวนปลาเริ่มต้น)

อัตราการกิน (ก./ตัว/วัน) = น้ำหนักอาหารกินรวม (ก.) /จำนวนปลา/ระยะเวลาทดลอง

อัตราแลกเนื้อ = ปริมาณอาหารที่กิน (ก.)/น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (ก.)

ประสิทธิภาพโปรตีน = น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (ก.)/น้ำหนักโปรตีนที่กิน (ก.)

การสะสมโปรตีนในเนื้อ (%) = 100 x ((ปริมาณโปรตีนในเนื้อสุดท้าย (ก.) - ปริมาณโปรตีนในเนื้อเริ่มต้น (ก.))/ปริมาณโปรตีนที่กิน (ก.))

Condition factor = 100 x (น้ำหนักของปลา (ก.)/ความยาว (ซม.)^3)

ร้อยละของเนื้อ (%) = 100 x (น้ำหนักเนื้อ/น้ำหนักปลา)

ร้อยละของตับ (%) = 100 x (น้ำหนักตับ/น้ำหนักปลา)

ร้อยละของอวัยวะภายใน (%) = 100 x (น้ำหนักอวัยวะภายใน/น้ำหนักปลา)

ร้อยละของอวัยวะส่วนอื่น ๆ (%) = 100 - (ผลรวมของสัดส่วนเนื้อ ตับและอวัยวะภายใน)

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์อาหารและคุณค่าทางโภชนาการของสัตว์ทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey 's HSD Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป (Statistic Package for Social Science, SPSS version 12.0)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลการวิจัย

การเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์อาหารและอัตรารอดรอดตายของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง แสดงใน Table 3 พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทุกสูตรมีความยาวสุดท้าย ความยาวที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตรารอดตายและอัตราการกินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 มีน้ำหนักสุดท้ายและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันและอัตราแลกเนื้อ

Science32-N2.indd 60 25/4/2567 BE 09:15

Table 3 Growth, feed utilization and survival rate of cobia fed with test diets for 6 months

Parameters	Percentages (P/L/NFE)			
	Diet 1(40/6/31)	Diet 2(36/10/33)	Diet 3(36/6/36)	Diet 4(36/4/38)
Initial weight (g)	35.43±0.32[a]	35.30±0.20[a]	35.23±0.32[a]	35.27±0.21[a]
Final weight (g)	786.35±22.62[a]	739.13±44.91[ab]	680.44±14.90[b]	656.50±40.92[b]
Daily weight gain (g/day)	4.17±0.13[a]	3.91±0.25[ab]	3.59±0.08[b]	3.45±0.22[b]
Initial length (cm)	18.00±0.50[a]	18.13±0.25[a]	18.23±0.68[a]	18.07±0.51[a]
Final length (cm)	45.23±0.75[a]	45.13±0.21[a]	44.57±0.25[a]	44.37±0.38[a]
Daily length gain (cm/day)	0.153±0.006[a]	0.150±0.000[a]	0.147±0.006[a]	0.147±0.006[a]
Survival rate (%)	83.00±2.65[a]	84.00±4.00[a]	77.33±2.31[a]	78.67±6.11[a]
Feed intake (g/fish/day)	6.47±0.29[a]	6.24±0.23[a]	6.19±0.06[a]	5.94±0.65[a]
Feed conversion ratio	1.55±0.06[b]	1.60±0.04[b]	1.73±0.03[a]	1.72±0.06[a]
Protein efficiency ratio	1.61±0.06[b]	1.74±0.05[a]	1.60±0.03[b]	1.61±0.09[b]
Flesh protein retention (%)	11.56±0.41[bc]	13.18±0.38[a]	10.48±0.16[c]	11.76±0.65[b]

Remark Different superscript in row means significant difference ($p<0.05$)

ดีกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 ($p>0.05$) ส่วนประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการสะสมโปรตีนในเนื้อพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 มีดีกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ลักษณะทางกายภาพของปลาช่อนทะเลที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง แสดงใน Table 4 พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทุกสูตรมีค่า Condition factor ร้อยละของเนื้อ ตับ อวัยวะภายในและอวัยวะอื่น ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คุณภาพทางเคมีของเนื้อและตับปลาช่อนทะเลที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง แสดงใน Table 5 พบว่าความชื้นในเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทุกสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปริมาณโปรตีนในเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1, 2 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีมากกว่าค่ากว่าเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปริมาณไขมันในเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปริมาณเถ้า (แร่ธาตุรวม) ในเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2, 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทุกสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าสูงสุดในเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 ปริมาณความชื้นในตับของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 สูงกว่าของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 อย่างมี

Science32-N2.indd 61 25/4/2567 BE 09:15

นัยสำคัญทางสถิติ (*p<0.05*) แต่ทั้ง 2 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p>0.05*) กับความชื้นในตับของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 และ 4 ปริมาณโปรตีนและไขมันในตับของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p>0.05*) แต่มีค่ามากกว่าเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p<0.05*)

Table 4 Physical characteristics of cobia fed with test diets for 6 months

Parameters	Percentages (P/L/NFE)			
	Diet 1(40/6/31)	Diet 2(36/10/33)	Diet 3(36/6/36)	Diet 4(36/4/38)
Condition factor	0.81±0.04[a]	0.83±0.09[a]	0.75±0.05[a]	0.74±0.10[a]
Flesh percentage (%)	37.04±2.51[a]	39.45±1.11[a]	35.38±3.85[a]	38.06±2.46[a]
Hepatosomatic index (HSI, %)	1.44±0.12[a]	1.21±0.24[a]	1.08±0.28[a]	1.10±0.24[a]
Viscerosomatic index (VSI, %)	7.04±0.30[a]	7.44±0.64[a]	7.86±0.46[a]	7.59±0.14[a]
Other organs percentage (%)	54.48±2.63[a]	51.90±1.85[a]	55.69±3.09[a]	53.25±2.71[a]

Remark Same superscript in row means non-significant difference (*p>0.05*)
Initial CF and flesh, liver, visceral mass and others percentages were 0.60, 43.28, 2.35, 12.70 and 41.67%, respectively

Table 5 Biochemical composition of flesh and liver of cobia fed with test diets for 6 months

Parameters	Percentages (P/L/NFE)			
	Diet 1(40/6/31)	Diet 2(36/10/33)	Diet 3(36/6/36)	Diet 4(36/4/38)
Flesh				
Moisture (%)	76.45±0.37[a]	77.15±0.21[a]	76.85±0.17[a]	76.84±0.22[a]
Crude protein (%)	19.54±0.47[a]	19.34±0.16[a]	18.76±0.14[b]	19.33±0.20[a]
Crude lipid (%)	2.34±0.13[a]	1.88±0.01[c]	2.32±0.09[a]	2.04±0.04[b]
Crude ash (%)	1.51±0.05[a]	1.38±0.04[b]	1.35±0.04[b]	1.33±0.01[b]
NFE (%)	0.17±0.01[d]	0.26±0.03[c]	0.73±0.01[a]	0.46±0.05[b]
Liver				
Moisture (%)	66.28±0.22[b]	66.92±0.14[ab]	67.26±0.22[a]	66.40±0.25[ab]
Crude protein (%)	12.75±0.08[c]	13.03±0.05[b]	14.05±0.01[a]	13.94±0.16[a]
Crude lipid (%)	12.14±0.05[b]	12.07±0.07[b]	12.40±0.04[a]	12.40±0.13[a]

Remark Different superscript in row means significant difference (*p<0.05*)
Initial fish flesh had values of moisture, protein, lipid, ash and NFE were 76.15, 20.04, 2.03, 1.57 and 0.21%, respectively

Science32-N2.indd 62 25/4/2567 BE 09:15

คุณภาพน้ำบริเวณกระชังทดลองช่วงระยะเวลาการทดลองมีค่า ดังนี้ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 24.5-34.5°C ความเค็มอยู่ในช่วง 22-32 ppt ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 5.00-7.40 mg/L ความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 7.4-8.6 ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 105-125 ppm แอมโมเนียรวมอยู่ในช่วง 0.05-0.60 ppm และไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.002-0.150 ppm

3.2 วิจารณ์

ในการศึกษานี้ได้กำหนดระดับโปรตีนทดสอบสูงสุดคือ 40% ซึ่งเป็นค่าขั้นต่ำสำหรับอาหารปลาทะเลกินเนื้อขนาด 20-50 กรัม และกำหนดโปรตีนต่ำสุดคือ 36% ซึ่งใกล้เคียงกับโปรตีน 35% ที่เป็นค่าขั้นต่ำสำหรับปลาทะเลกินเนื้อขนาด 300 กรัม ขึ้นไป ตามเกณฑ์การขึ้นทะเบียนอาหารสัตว์น้ำของกรมประมง [12] โดยปลาช่อนทะเลมีน้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 35 กรัม และน้ำหนักหลังการทดลองอยู่ในช่วง 656-786 กรัม ดังนั้นอาหารทดลองมีโปรตีนความสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานการผลิตอาหารปลาทะเลกินเนื้อ นอกจากนี้อาหารสูตรควบคุมมีการกำหนดระดับไขมันเท่ากับ 6% ซึ่งเป็นค่าขั้นต่ำสำหรับอาหารปลาช่อนทะเลขนาดเล็กที่มีความต้องการโปรตีนขั้นต่ำสุดคือ 40% [13] พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 36% และไขมัน 10% เจริญเติบโต มีอัตราแลกเนื้อและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนจากอาหารใกล้เคียงกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมที่มีโปรตีน 40% และไขมัน 6% แสดงให้เห็นว่าปลาน่าจะได้พลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรตในอาหารเพียงพอและลดการใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงานได้หรือเรียกว่า Protein sparing effect [14] โดยเฉพาะพลังงานจากไขมันเมื่อเทียบกับอาหารสูตรควบคุมพบว่าไขมันในอาหารสูตรนี้เพิ่มขึ้น 4% ขณะที่คาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นเพียง 2% ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการสร้างพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy, ME) พลังงานที่สร้างจากไขมันมีค่ามากกว่าโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตประมาณ 2 เท่า และ 4 เท่า ตามลำดับ [14]

ขณะที่อาหารที่มีโปรตีน 36% และไขมัน 4% หรือไขมัน 6% มีผลให้ปลาเจริญเติบโตและมีอัตราแลกเนื้อด้อยลง เมื่อเทียบกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม โดยทั้ง 2 สูตรนี้ มีคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น 5 และ 7% เมื่อเทียบกับอาหารสูตรคบคุม ตามลำดับ เป็นไปได้ว่าพลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต ปลาจึงจำเป็นต้องใช้พลังงานจากโปรตีน [14] ทำให้การเจริญเติบโตลดลงและอัตราแลกเนื้อสูงขึ้นดังที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนี้ยังพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 2 สูตรนี้ มีไขมันในตับสูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมและอาหารที่มีโปรตีน 36% และไขมัน 10% และมีไขมันเกาะตามลำไส้และร้อยละของอวัยวะภายในของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 2 สูตรนี้ มากกว่าด้วยเช่นกัน ซึ่งน่าเกิดจากการสลายโปรตีนทำให้มีสารอาหารส่วนเกินและสะสมในรูปไขมัน [14-15] นอกจากนี้ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 2 สูตรนี้ มีโปรตีนในตับสูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมและอาหารที่มีโปรตีน 36% และไขมัน 10% เช่นกัน ซึ่งน่าจะเป็นการสำรองโปรตีนสำหรับการสร้างพลังงานดังที่กล่าวมาข้างต้น ส่งผลให้มีการนำโปรตีนจากอาหารไปสร้างความเจริญเติบโตของร่างกายลดลง เช่น การสร้างกล้ามเนื้อดังจะเห็นได้จากโปรตีนในเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 2 สูตรนี้ มีค่าน้อยกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมและอาหารที่มีโปรตีน 36% และไขมัน 10%

ในการศึกษานี้พบว่าการเพิ่มไขมันจาก 6 เป็น 10% คิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 66.7% ช่วยลดระดับโปรตีนในอาหารปลาช่อนทะเลจาก 40 เหลือ 36% ได้ คิดเป็นอัตราการลดลงเท่ากับ 10% เช่นเดียวกับการทดลองในปลาแอตแลนติก แซลมอน ขนาด 2-5 กิโลกรัม ที่การเพิ่มไขมันในอาหารจาก 33 เป็น 36% ช่วยลดโปรตีนในอาหารจาก 40 เหลือ 35% ได้ โดยไม่กระทบการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์อาหาร [5] หรือแม้แต่การทดลองในปลา Wuchang bream ขนาด

Science32-N2.indd 63 25/4/2567 BE 09:15

2-20 กรัม ที่การเพิ่มไขมันในอาหารจาก 4 เป็น 7% ช่วยลดโปรตีนในอาหารจาก 31 และ 35% เหลือ 27% ได้เช่นกัน [6] เมื่อพิจารณาในส่วนของการลดไขมันและเพิ่มคาร์โบไฮเดรตในอาหารปลาช่อนทะเลของการศึกษานี้ พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีนคงที่เท่ากับ 36% และลดไขมันจาก 10% เหลือ 6 และ 4% และเพิ่มคาร์โบไฮเดรตจาก 33 เป็น 36 และ 38% ตามลำดับ ทำให้ปลาเจริญเติบโตและใช้ประโยชน์อาหารด้อยกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 36% ไขมัน 10% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากเลี้ยงปลาช่อนทะเลขนาด 35-800 กรัม ด้วยอาหารที่มีโปรตีน 36% ควรกำหนดให้มีไขมันในอาหารไม่ต่ำกว่า 10%

โดยระดับโปรตีนในอาหารเท่ากับ 36% อาจเป็นปริมาณโปรตีนค่าขั้นต่ำสำหรับการเจริญเติบโตของปลาช่อนทะเลระยะวัยรุ่น เนื่องจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนนี้เจริญเติบโตใกล้เคียงกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 40% ดังนั้นเมื่อมีการลดพลังงานในอาหารโดยการลดไขมันและเพิ่มคาร์โบไฮเดรตจึงทำให้ต้องมีการสร้างพลังงานจากโปรตีนและส่งผลให้ปลาได้รับโปรตีนไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม การทดลองในปลาช่อนทะเลขนาด 15-90 กรัม พบว่าสามารถลดไขมันจาก 19% เหลือ 8% และเพิ่มคาร์โบไฮเดรตจาก 8 เป็น 33% ได้ สำหรับอาหารที่มีโปรตีน 44% โดยไม่กระทบการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์อาหาร [16] เช่นเดียวกันกับการทดลองในปลา Black sea bream ขนาด 0.5-5 กรัม ที่ สามารถลดไขมันจาก 15% เหลือ 8% และเพิ่มคาร์โบไฮเดรตจาก 5 เป็น 18% ได้ สำหรับอาหารที่มีโปรตีน 47% [17] ซึ่งทั้งสองการทดลองนี้พลังงานในอาหารน่าเกินความต้องการทำให้ปลากินอาหารน้อยลงและได้รับโปรตีนน้อยลงตามไปด้วย เมื่อมีการลดพลังงานในอาหารโดยการลดไขมันและเพิ่มคาร์โบไฮเดรตจึงทำให้ปลากินอาหารได้ดีขึ้นและเจริญเติบโตดีขึ้น

4. สรุป

ผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าสามารถลดโปรตีนในอาหารปลาช่อนทะเลขนาด 35-800 กรัม จาก 40% เหลือ 36% คิดเป็นอัตราการลดลงเท่ากับ 10% และเพิ่มไขมันจาก 6% เป็น 10% คิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 66.7% โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์อาหารและปริมาณโปรตีนในเนื้อ แต่มีผลให้ไขมันในเนื้อลดลง ส่วนการลดไขมันจาก 10% เหลือ 4 หรือ 6% และเพิ่มคาร์โบไฮเดรต สำหรับอาหารที่มีโปรตีน 36% ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์อาหารและปริมาณโปรตีนในเนื้อลดลง แต่ไขมันในเนื้อไขมันเพิ่มขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2565 รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานที่ช่วยเหลือในการทำวิจัย

6. References

[1] Liao, I.C., Huang, T.S., Tsai, W.S., Hsueh, C.M., Chang, S.L. and Leaño, E.M., 2004, Cobia culture in Taiwan: current status and problems, Aquaculture. 237: 155-165.

[2] Merican, Z., 2008, Cobia in idyllic central Vietnam, Aqua Culture Asia Pacific. 4(6): 25-26.

[3] Nhu, V.C., Nguyen, H.Q., Le, T.L., Tran, M.T., Sorgeloos, P., Dierckens, K., Reinertsen, H., Kjørsvik, E. and Svennevig, N., 2011, Cobia *Rachycentron canadum* aquaculture in Vietnam: Recent

Science32-N2.indd 64 25/4/2567 BE 09:15

developments and prospects, Aquaculture. 315: 20-25.

[4] Chou, R.L., Her, B.Y., Su, M.S., Hwang, G., Wu, Y.H. and Chen, H.Y., 2004, Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*, Aquaculture. 229: 325-333.

[5] Mock, T.S., Francis, D.S., Jago, M.K., Glencross, B.D., Smullen, R.P., Keast, R.S.J. and Turchini, G.M., 2019, The impact of dietary protein: lipid ratio on growth performance, fatty acid metabolism, product quality and waste output in Atlantic salmon (*Salmo salar*), Aquaculture. 501: 191-201.

[6] Li, X.F., Liu, W.B., Jiang, Y.Y., Zhu, H. and Ge, X.P., 2010, Effects of dietary protein and lipid levels in practical diets on growth performance and body composition of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fingerlings, Aquaculture: 303: 65-70.

[7] AOAC, 2016, Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Maryland, USA, 3172 p.

[8] Duangsawasdi, M. and Somsiri, J., 1985, Water Quality and Analysis Method for Fisheries Research, National Inland Fisheries Institute, Department of Fisheries, Bangkok. (in Thai)

[9] Nash, R.D.M., Valencia, A.H. and Geffen, A.J., 2006, The origin of Fulton's condition factor-setting the record straight, Fisheries. 31(5): 236-238.

[10] FAO, 1987, The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp - A Training Manual, Available Source: https://www.fao.org/3/ab470e/AB470E00.htm, Oct 23, 2023.

[11] Boonyaratpalin, M., Suraneiranat, P. and Tunpibal, T., 1998, Replacement of fishmeal with various types of soybean products in the diets for the Asian seabass, *Lates calcarifer*, Aquaculture. 161: 67-78.

[12] Department of Fisheries, 2018, Criteria for Consideration on Registering Marine Carnivorous Fish Feed, Available Source: http://www4.fisheries.go.th/local/file-document/20161129160413_file.pdf, Sep 25, 2023. (in Thai)

[13] Craig, S.R., Schwarz, M.H. and McLean, E., 2006, Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics, Aquaculture. 261(1): 384-391.

[14] Chueapohak, W., 2000. Aquatic Animal Nutrition and Feeding Aquatic Animal, 2nd Ed., Kasetsart University Press, Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 255 p. (in Thai)

[15] Yuru, Z., Ronghua, L., Chaobin, Q. and Guoxing, N., 2020, Precision nutritional regulation and aquaculture, Aquac. Rep. 18: 100496.

[16] Zhao, H., Cao, J., Chen, X., Wang, G., Hu, J. and Chen, B., 2020, Effects of dietary lipid-to-carbohydrate ratio on growth and

Science32-N2.indd 65 25/4/2567 BE 09:15

carbohydrate metabolism in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*), Anim. Nutr. 6(1): 80-84.

[17] Taj, S., Irm, M., Jin, M., Yuan, Y., Andriamialinirina, H.J.T. and Zhou, Q., 2020, Effects of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth performance, muscle fatty acid composition, and intermediary metabolism in juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegelii*), Front. Physiol. 11: 507.

Science32-N2.indd 66 25/4/2567 BE 09:15