การทดแทนพลังงานจากโปรตีนบางส่วนด้วยคาร์โบไฮเดรต ในอาหารปลาดุกบิ๊กอุย

Partial Energy Replacement of Protein with Carbohydrate in Diets of Hybrid Catfish

กานตกานท์ เทพณรงค์*

โปรแกรมวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

วิทยาเขตสงขลา ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

วุฒิพร พรหมขุนทอง

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วิทยาเขตหาดใหญ่ ตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

Kantakan Thepnarong*

Department of Aquaculture, Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University,

Songkhla Campus, Khao Roob Chang, Muang, Songkhla 90000

Wuttiporn Phromkunthong

Department of Aquatic Science, Faculty of Natural resources, Prince of Songkla University,

Hat Yai Campus, Kho Hong, Hat Yai, Songkhla 90110

บทคัดย่อ

การทดแทนพลังงานจากโปรตีนบางส่วนด้วยคาร์โบไฮเดรตในอาหารต่อการเจริญเติบโต อัตราการกินอาหาร และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุกบิ๊กอุย (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) โดยทดลองที่ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ การเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุยโดยมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 11.33±0.04 ถึง 11.39±0.06 กรัม/ตัว และมีการใช้อาหาร 4 สูตร คือ (1) โปรตีน 34 % และคาร์โบไฮเดรต 33 % จากแป้งข้าวจ้าว (2) โปรตีน 28 % และคาร์โบไฮเดรต 41 % จากแป้งข้าวจ้าว (3) โปรตีน 34 % และคาร์โบไฮเดรต 33 % จากแป้งข้าวสาลี และ (4) โปรตีน 28 % และคาร์โบไฮเดรต 41 % จากแป้งข้าวสาลี เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าการใช้อาหารทุกสูตรทำให้ปลาดุกบิ๊กอุยมีการเจริญเติบโต อัตราการกินอาหาร และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม สามารถใช้อาหารที่มีโปรตีน 28 % และคาร์โบไฮเดรต 41 % จากแป้งข้าวจ้าวและแป้งข้าวสาลีทดแทนอาหารที่มีโปรตีน 34 % และคาร์โบไฮเดรต 33 % โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกบิ๊กอุย

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** racing-m@hotmail.com

คำสำคัญ : โปรตีน; คาร์โบไฮเดรต; ปลาดุกบิ๊กอุย

Abstract

The protein sparing effect of carbohydrate in the diet on growth rate, feed intake and feed conversion ratio of hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*). The experiment was carried out at Department of Aquatic Science, Faculty of Natural resources, Prince of Songkla University. Completely randomized design (CRD) with three replications was used in this experiment. Hybrid catfish with initial average weight 11.33±0.04 to 11.39±0.06 g/fish were tested by using four diet formulas as followed; 34 % protein and 2 3% carbohydrate from rice powder, 28 % protein and 41 % carbohydrate from rice powder, 34 % protein and 23 % carbohydrate from wheat powder and 28 % protein and 41 % carbohydrate from rice powder for 8 weeks. The result showed that hybrid catfish were tested by using four diet formulas had growth rate, feed intake and feed conversion ratio which was not significantly different (p>0.05). However, 28 % protein and 41 % carbohydrate from rice and wheat powders can use replacement 34 % protein and 33 % carbohydrate which not effect to growth rate of hybrid catfish.

Keywords: protein; carbohydrate; hybrid catfish

1. บทนำ

ประชากรของโลกมีปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็ว จาก 3,000 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2504 เป็น 4,000 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2518 และเพิ่มขึ้นถึง 5,000 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2530 และมีประชากรเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 6,500 ล้านคนในปัจจุบัน ทำให้โลกมีความต้องการอาหารเพื่อเลี้ยงประชากรโลกเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับอาหารที่จับได้จากธรรมชาติมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะสัตว์น้ำที่มีแนวโน้มของปริมาณการจับได้ลดลงทุก ๆ ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2549 จึงทำให้มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง [1]

อย่างไรก็ตาม ราคาวัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิตอาหารสัตว์น้ำมีราคาเพิ่มสูงขึ้นตามราคาเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การจับสัตว์น้ำได้ในปริมาณที่ลดลงทำให้ส่งผลกระทบต่อปริมาณปลาป่นที่ลดลงด้วย ทำให้ปลาป่นซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารสัตว์น้ำมีราคาสูง ปัจจุบันวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำ เช่น ข้าวโพดมีราคาขายที่ 8.85 บาทต่อกิโลกรัม กากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกราคา 16.90 บาทต่อกิโลกรัม และปลาป่นราคา 40.07 บาทต่อกิโลกรัม [2] ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง จึงทำให้ราคาอาหารสัตว์น้ำปรับตัวสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ในขณะที่ราคาผลผลิตสัตว์น้ำกลับไม่สูงขึ้นมากนัก จากการที่มีประเทศคู่แข่งในการผลิตสัตว์น้ำเพิ่มขึ้นจำนวนมาก และจากการกีดกันทางการค้าของประเทศผู้นำเข้าสัตว์น้ำ ทำให้ผู้ผลิตสัตว์น้ำต้องหาวิธีที่จะลดต้นทุนการผลิต ซึ่งในการผลิตสัตว์น้ำนั้น ต้นทุนส่วนใหญ่ประมาณ 70 % เป็นค่าอาหารสัตว์น้ำ

ดังนั้นการลดต้นทุนโดยการใช้วัตถุดิบอาหารให้มีราคาถูกลงแต่คงคุณค่าของอาหารให้คงเดิมมากที่สุด จึงเป็นทางออกที่จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตสัตว์น้ำได้วิธีหนึ่ง จากงานวิจัยหลาย ๆ ชิ้นพบว่าการทดแทน

โปรตีนด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นวิธีที่ได้ผลและไม่ทำให้สัตว์น้ำมีอัตราการเจริญเติบโตที่ลดลง เช่น เจษฎาและสุภาวดี [3] รายงานว่าปลาสวายเผือกสามารถใช้แป้งเหนียว 18 % และปลายข้าวเจ้า 50 เ% เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตได้โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอด Ravendra และคณะ [4] ได้ทดแทนพลังงานจากโปรตีนโดยการใช้คาร์โบไฮเดรตจาก 3 แหล่ง คือ กลูโคส ซูโครส และแด็กซ์ตริน ให้แก่ปลา *Cirrhinus mrigala* fry เป็นเวลา 60 วัน พบว่าปลาที่ใช้เด็กซ์ตรินมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด และพบว่าปลามีอัตราการเจริญดีขึ้นเมื่อลดปริมาณโปรตีน และเพิ่มคาร์โบไฮเดรต

ปลาดุกเป็นปลาน้ำจืดที่เป็นที่นิยมบริโภคของคนไทยและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อประเทศไทย เป็นปลาน้ำจืดที่มีการเลี้ยงมากเป็นอันดับที่ 2 ของประเทศ รองจากปลานิล มีปริมาณผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสูงถึง 120,300 ตัน ในปี พ.ศ. 2556 คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 6,444.4 ล้านบาท [5] และปลาดุกที่นิยมเลี้ยงมากที่สุด คือ ปลาดุกบิ๊กอุย การศึกษาในครั้งนี้จึงเลือกทดลองทดแทนพลังงานจากโปรตีนโดยการใช้คาร์โบไฮเดรตในปลาดุกบิ๊กอุย เพื่อให้เกษตรกรและผู้ที่สนใจสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในอนาคตต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 อุปกรณ์สำหรับทดลอง

เตรียมตู้กระจกขนาด 45×95x45 เซนติเมตร ความจุน้ำ 193 ลิตร ทำความสะอาดและติดตั้งอุปกรณ์ให้อากาศ แล้วเติมน้ำประปาที่ทดสอบแล้วว่าปราศจากคลอรีน ให้ได้ปริมาตร 110 ลิตร ปิดด้วยพลาสติกสีทึบที่ตู้ทั้ง 3 ด้าน เพื่อป้องกันการถูกรบกวนจากภายนอก และมีตะแกรงปิดด้านบนกันปลากระโดดในขณะทดลอง เตรียมบ่อคอนกรีตสำหรับพักน้ำเพื่อไว้ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

2.2 ปลาทดลอง

นำลูกปลาดุกบิ๊กอุยมาอนุบาลในบ่อคอนกรีตขนาดความจุ 5,000 ลิตร เพื่อให้ได้ลูกปลามีน้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 10-12 กรัมต่อตัว โดยให้อาหารปลาดุกเล็กที่มีขายตามท้องตลาด วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 09:00 และ 17:00 น. เมื่อปลาได้ขนาดตามที่ต้องการแล้ว ชั่งน้ำหนักปลาเริ่มต้นด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง โดยก่อนชั่งงดให้อาหารปลาก่อนเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แต่ละหน่วยการทดลองจะปล่อยปลา 15 ตัว บันทึกข้อมูลน้ำหนักปลาทุก 2 สัปดาห์ เพื่อใช้คำนวณการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

2.3 การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลองมีทั้งหมด 4 สูตร โดยกำหนดให้ในอาหารทดลองมีวัตถุดิบอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตชนิดที่ต่างกัน 2 ชนิด คือ แป้งข้าวจ้าวในชุดการทดลองที่ 1 กับ 2 และแป้งสาลีในชุดการทดลองที่ 3 กับ 4 วัตถุดิบที่ผสมในอาหารที่ใช้ทดสอบมี 4 ชนิด ได้แก่ ปลาป่น (มีโปรตีน 62.00 % ไขมัน 12.48 % และคาร์โบไฮเดรต 6.01 %) กากถั่วเหลือง (มีโปรตีน 42.52 % ไขมัน 1.17 % c]tคาร์โบไฮเดรต 30.07 %) แป้งข้าวเจ้า (มีโปรตีน 6.90 % ไขมัน 1.25 % และคาร์โบไฮเดรต 90.24 %) และแป้งสาลี (มีโปรตีน 12.84 % ไขมัน 0.96 % และคาร์โบไฮเดรต 78.94 %) โดยเตรียมอาหารแต่ละสูตร (ตารางที่ 1) สูตรละ 3 กิโลกรัม

2.4 ระเบียบวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาดุกบิ๊กอุยจากการทดลองใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรต 2 แหล่ง คือ แป้งข้าวจ้าวและแป้งสาลี โดยใช้ในปริมาณที่ต่างกัน ซึ่งคำนวณเป็นเปอร์เซ็นของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD, completely randomized design) แบ่งเป็น 4 ชุด

ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนประกอบของอาหารและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารในแต่ละสูตร (คิดเป็น % ในอาหาร)

ส่วนประกอบ (%)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ปลาป่น	23.00	17.00	23.00	17.00
กากถั่วเหลือง	44.00	35.00	40.00	29.00
แป้งข้าวเจ้า	18.00	29.50	0	0
แป้งสาลี	0	0	22.00	36.50
น้ำมันปลา	2.80	3.50	2.90	3.60
วิตามิน[1]	1.00	1.00	1.00	1.00
แร่ธาตุรวม[2]	3.00	3.00	3.00	3.00
โคลีนคลอไรด์	0.60	0.60	0.60	0.60
แกลบ	7.60	10.40	7.50	9.30
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
คุณค่าทางโภชนาการ (%)				
โปรตีน	34.31±0.48	27.73±0.42	34.21±0.36	27.70±0.24
ไขมัน	6.49±0.13	6.44±0.29	6.51±0.28	6.45±0.31
ความชื้น	6.07±0.08	6.09±0.07	6.08±0.06	6.09±0.10
เถ้า	9.47±0.08	8.51±0.15	9.41±0.05	8.47±0.08
พลังงาน (kcal/100g feed)	332.86	333.37	332.19	333.85

[1]วิตามินผสม (ปริมาณ/อาหาร 1 กิโลกรัม) ประกอบด้วย thaiamine (B1) 10 มิลลิกรัม riboglavin (B2) 20 มิลลิกรัม pyridoxine (B6) 10 มิลิกรัม cabalamine (B12) 2 มิลลิกรัม retinol (A) 4,000 IU cholecaciferol (D3) 2,000 IU menadione sodium bisulfite (K3) 80 มิลลิลตร folic 5มิลลิกรัม calcium pantothene 40 มิลลิกรัม inosital 400 มิลลิกรัม niacin 150 มิลลิกรัม tocopherol (E) 50 มิลลิกรัม biotin 1 มิลลิกรัม ascorbic acid (C) 500 มิลลิกรัม; [2]แร่ธาตุรวม (ปริมาณ/แร่ธาตุผสม 1 กิโลกรัม) ประกอบด้วย Na 3.278 กรัม Mg 25.25 กรัม K 76.612 กรัม Ca 49.096 กรัม Fe 4.821 กรัม Zn 0.667 กรัม Mn 0.433 กรัม Cu 0.069 กรัม และ I 0.015 กรัม

การทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ให้อาหารวันละ 2 มื้อ เวลา 09:00 และ 16:00 น. โดยให้ปลากินจนอิ่ม เปลี่ยนถ่ายน้ำวันละ 60 % ของปริมาตรน้ำในตู้ ซึ่งสูตรอาหารที่ใช้ทดลองมีทั้งหมด 4 สูตร ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งข้าวจ้าว 33 % และใช้โปรตีน 34 %

ชุดการทดลองที่ 2 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งข้าวจ้าว 41 % และใช้โปรตีน 28 %

ชุดการทดลองที่ 3 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาลี 33 % และใช้โปรตีน 34 %

ชุดการทดลองที่ 4 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาลี 41 % และใช้โปรตีน 28 %

2.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

บันทึกลักษณะภายนอก การเจริญเติบโต และอัตรารอดตาย ลักษณะที่ผิดปกติภายนอก พฤติกรรม และการกินอาหาร ด้านการวัดค่าการเจริญเติบโตเก็บข้อมูลโดยการชั่งน้ำหนักปลาทุก 2 สัปดาห์ เพื่อให้ทราบน้ำหนักของปลาที่เพิ่มขึ้น โดยชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (งดให้อาหารก่อนชั่งน้ำหนัก 1 มื้อ) นับจำนวนปลาที่เหลืออยู่ตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง การเจริญเติบโต และอัตราการเจริญเติบโต คำนวณตามวิธีของ Jantrarotai [6] อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate) คำนวณตามวิธีของ Dupree และ Sneed [7] อัตราการกินอาหาร (rate of feed intake) คำนวณตามวิธีของ Yone และ Fujii [8] และคำนวณอัตรารอดตายของปลาตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ ที่ทดลอง

2.6 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของปลา

สุ่มตัวอย่างปลาก่อนทดลองจำนวน 20 ตัว และเมื่อสิ้นสุดการทดลองสุ่มตัวอย่างปลาจากแต่ละชุดการทดลอง 12 ตัว (ตู้ละ 4 ตัว) จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาความชื้นในตัวปลาทันที และนำตัวอย่างปลาที่อบแห้งไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวปลา ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC [9]

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดไปหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ข้อมูลของการทดลองสูตรอาหารทดลองที่ 1-4 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติ โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 การตรวจสอบพฤติกรรมและลักษณะภายนอก

การตรวจสอบพฤติกรรมและลักษณะภายนอกของการทดลองทดแทนพลังงานจากโปรตีนบางส่วนด้วยคาร์โบไฮเดรตในปลาดุกบิ๊กอุย โดยการให้อาหารทดลองแตกต่างกัน 4 สูตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าทุกชุดการทดลองไม่พบความผิดปกติของรูปร่างลักษณะภายนอก แต่ในทุกชุดการทดลองพบว่ามีปลาที่มีขนาดที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นเพราะมีการเลี้ยงที่หนาแน่น และปลาบางตัวกินอาหารค่อนข้างน้อยกว่าตัวอื่น ๆ จึงทำให้เกิดความแตกต่างด้านขนาดดังกล่าว

3.2 การเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์ได้จากอาหาร

เมื่อเริ่มต้นทดลองมีการชั่งน้ำหนักของปลาก่อนการทดลอง ซึ่งปลาเริ่มต้นมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 11.33±0.04 ถึง 11.39±0.06 กรัมต่อตัว โดยที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ของน้ำหนัก โดยที่เมื่อเลี้ยงปลาจนครบ 8 สัปดาห์ ปลาดุกบิ๊กอุยที่เลี้ยงมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นทุกสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เมื่อเลี้ยงปลาครบ 2 สัปดาห์ พบว่าปลามีน้ำหนักที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยชุดการทดลองที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองที่ 3 และ 4 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองที่ 2 และเมื่อเลี้ยงปลาเข้าสู่สัปดาห์ที่ 4 พบว่าปลามีน้ำหนักที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่นเดียวกัน ระหว่างชุดการทดลองที่ 1 กับ 2 และชุดการทดลองที่ 3 กับ 4 (สูตรที่ใช้แป้งข้าวเจ้ากับสูตรที่ใช้แป้งสาลีเป็นองค์ประกอบ) แต่เมื่อเลี้ยงปลาด้วยอาหารทดลองเข้าสู่สัปดาห์ที่ 6 และ 8 น้ำหนักของปลาทั้ง 4 ชุดการทดลอง กลับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากปลามี

ความแตกต่างกันของน้ำหนักตัวในชุดการทดลองเดียวกันค่อนข้างมาก ทำให้มีค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักเฉลี่ยสูง (SD สูง) น้ำหนักเฉลี่ยที่ได้จึงไม่มีความแตกกันทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบกันในแต่ละชุดการทดลองแล้ว ปลาที่เลี้ยงมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยจากมากสุดไปหาน้อยสุด คือ ชุดการทดลองที่ 3, 4, 2 และ 1 ซึ่งมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลองคือ 46.50±3.41, 45.09±9.06, 39.56±2.70 และ 37.55±9.02 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการกินอาหาร อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตาย ของปลาดุกบิ๊กอุยที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลดังตารางที่ 2 ซึ่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาดุกบิ๊กอุยที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการเลี้ยงด้วยอาหารชุดการทดลองที่ 1 ,2 ,3 และ 4 คือ 229.48±77.73, 247.35±23.97, 309.34±29.11 และ 298.23±80.75 กรัม ตามลำดับ

อัตราการกินอาหารของปลาดุกบิ๊กอุยที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง ที่เลี้ยงจนครบ 8 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยอัตราการกินอาหารเฉลี่ยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อตัวต่อวัน ชุดการทดลองที่มีอัตราการกินอาหารสูงสุด คือ ชุดการทดลองที่ 4 (2.57±0.42 %) และอัตราการกินอาหารในชุดการทดลองที่ 1 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน (2.41±0.22 และ 2.41±0.09 %) ส่วนชุดการทดลองที่มีอัตราการกินอาหารน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 2 (2.38±0.18 %) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์ได้จากอาหารของปลาดุกบิ๊กอุยทีได้รับอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ (mean ± SD)

การเจริญเติบโต	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	ชุดการทดลองที่ 4	P-value
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%)	229.48±77.73	247.35±23.97	309.34±29.11	298.23±80.75	0.344
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	0.47±0.16	0.50±0.05	0.63±0.06	0.60±0.16	0.355
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%)	2.10±0.43	2.22±0.12	2.51±0.13	2.44±0.36	0.334
อัตราการกินอาหาร (%/วัน/ตัว)	2.41±0.22	2.38±0.18	2.41±0.09	2.57±0.42	0.807
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	2.12±0.49	1.87±0.23	1.73±0.17	2.13±0.77	0.688
อัตราการรอดตาย (%)	91.11±10.18	95.56±3.85	95.56±3.85	84.44±10.18	0.313
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	37.55±9.02	39.56±2.70	46.50±3.41	45.09±9.06	0.365

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p>0.05$)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลาดุกบิ๊กอุย ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ต่างกัน 4 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งข้าวจ้าว 33 % และใช้โปรตีน 34 % ชุดการทดลองที่ 2 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งข้าวจ้าว 41 % และใช้โปรตีน 28 % ชุดการทดลองที่ 3 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาลี

33 % และใช้โปรตีน 34 % และชุดการทดลองที่ 4 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาลี 41 % และใช้โปรตีน 28 % ตามลำดับ และเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) โดยมีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 0.47±0.16 ถึง 0.63±0.06 กรัมต่อตัวต่อวัน ซึ่งชุดการทดลองที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด คือ ชุดการทดลองที่ 3 และต่ำสุด คือ ชุดการทดลองที่ 1 ดังตารางที่ 2

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาจากการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p> 0.05) โดยมีอัตราเจริญเติบโตจำเพาะของแต่ละชุดการทดลองอยู่ในช่วง 2.10±0.43 ถึง 2.51±0.13 % โดยมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ ชุดการทดลองที่ 3 (2.51±0.13 %) ชุดการทดลองที่ 4 (2.44±0.36 %) ชุดการทดลองที่ 2 (2.22 ±0.12 %) และต่ำที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 1 (2.10± 0.43 %) ตามลำดับ ดังในตารางที่ 2

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาที่ใช้ในการทดลอง จากอาหารทดลองที่ใช้อาหารแตกต่างกัน 4 ชุดการทดลอง มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ ชุดการทดลองที่ 4 (2.13±0.77) ชุดการทดลองที่ 1 (2.12±0.49) ชุดการทดลองที่ 2 (1.87± 0.23) และชุดการทดลองที่ 3 (1.73±0.17) ตามลำดับ แต่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 2

หลังจากทดลองเลี้ยงปลาด้วยอาหารที่แตกต่างกัน 4 ชุดการทดลอง จนครบ 8 สัปดาห์ จากนั้นหาอัตรารอดของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารในชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p> 0.05) ซึ่งมีอัตรารอดอยู่ในช่วง 84.44±10.18 ถึง 95.56±3.85 % โดยปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง ในชุดการทดลองที่ 4 มีอัตราการรอดต่ำที่สุด คือ 84.44± 10.18 % และปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง ในชุดการทดลองที่ 1 มีอัตรารอดที่สูงขึ้น คือ 91.11±10.18 % และปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีอัตรารอดสูงที่สุดมีด้วยกัน 2 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 2 และ 3 โดยมีอัตรารอด 95.56±3.85 % เท่ากัน

3.3 องค์ประกอบทางเคมีของปลาปลาดุกบิ๊กอุยก่อนและหลังสิ้นสุดการทดลอง

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของปลาดุกบิ๊กอุยทั้งตัว ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้า โดยศึกษาในปลาก่อนนำมาทดลอง และหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลาก่อนการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารทดลองนั้นมีส่วนประกอบต่าง คือ โปรตีน 56.53±0.69 % ไขมัน 25.46±3.31 % ความชื้น 72.24±2.11 % และเถ้า 12.86±1.47 % ดังในตารางที่ 3

หลังจากทดลองเลี้ยงปลาด้วยอาหารทดลองที่แตกต่างกัน 4 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งข้าวจ้าว 33 % และใช้โปรตีน 34 % ชุดการทดลองที่ 2 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งข้าวจ้าว 41 % และใช้โปรตีน 28 % ชุดการทดลองที่ 3 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาลี 33 % และใช้โปรตีน 34 % และชุดการทดลองที่ 4 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาลี 41 % และใช้โปรตีน 28 % ตามลำดับ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าโปรตีนของปลาหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ในชุดการทดลอง ซึ่งโปรตีนของปลาหลังการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 54.19±0.31 ถึง 56.78±0.08 % โดยปลาการทดลองที่ 2 มีแนวโน้มของค่าโปรตีนสูงที่สุด และปลาในชุดการทดลองที่ 4 มีแนวโน้มของค่าโปรตีนต่ำที่สุด (ตารางที่ 3) ไขมันที่วัดได้จากปลาที่ทดลองเลี้ยงจนครบ 8 สัปดาห์ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05) ระหว่างปลาในชุดการทดลองที่ 1 (คาร์โบ-

ไฮเดรตจากแป้งข้าวจ้าว 33 % และใช้โปรตีน 34 %) กับปลาในชุดการทดลองที่ 3 (คาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาลี 33 % และใช้โปรตีน 34 %) และชุดการทดลองที่ 4 (คาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาลี 41 % และใช้โปรตีน 28 %) แต่ปลาในชุดการทดลองที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) กับปลาในชุดการทดลองที่อื่น ๆ โดยปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลองมีส่วนประกอบของไขมันดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 (20.84±2.52 %) ชุดการทดลองที่ 2 (25.37±0.04 %) ชุดการทดลองที่ 3 (27.29±1.41 %) และชุดการทดลองที่ 4 (28.32±1.68 %) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบทางโภชนาการของปลาทั้งตัวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์[1] (% บนฐานน้ำหนักแห้ง) (mean ± SD)

ส่วนประกอบทางโภชนาการ	ปลาเริ่มต้น	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	ชุดการทดลองที่ 4	P-value
ความชื้น	72.24±2.11	74.67±5.45	73.29±0.79	70.85±3.06	70.14±2.37	0.148
โปรตีน	56.53±0.69	55.50±3.29	56.78±0.08	55.40±0.39	54.19±0.31	0.140
ไขมัน	25.46±3.31	20.84±2.52^{a}	25.37±0.04^{ab}	27.29±1.41^{b}	28.32±1.68^{b}	0.000
เถ้า	12.86±1.47	14.77±1.22^{a}	11.93±0.22^{b}	13.16±0.19^{ab}	12.12±0.16^{b}	0.000

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (p>0.05)

ความชื้นที่วัดได้จากปลาหลังการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่แตกต่างกัน 4 ชุดการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ซึ่งมีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 70.14±2.37 ถึง 74.67±5.45 โดยปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง ที่มีส่วนประกอบของความชื้นดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 (74.67±5.45 %) ชุดการทดลองที่ 2 (73.29±0.79 %) ชุดการทดลองที่ 3 (70.85±3.06 %) และชุดการทดลองที่ 4 (70.14±2.37 %) (ตารางที่ 3)

ปลาหลังการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์เถ้าที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05) ระหว่างปลาในชุดการทดลองที่ 1 (คาร์โบไฮเดรตจากแป้งข้าวจ้าว 33 % และใช้โปรตีน 34 %) กับปลาในชุดการทดลองที่ 4 (คาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาลี 41 % และใช้โปรตีน 28 %) และชุดการทดลองที่ 2 (คาร์โบไฮเดรตจากแป้งข้าวจ้าว 41 % และใช้โปรตีน 28 %) แต่พบว่าปลาในชุดการทดลองที่ 3 (คาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาลี 33 % และใช้โปรตีน 34 %) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาในชุดการทดลองที่อื่น ๆ โดยปลาในแต่ละชุดการทดลองมีเปอร์เซ็นต์เถ้าดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 (14.77±1.22 %) ชุดการทดลองที่ (11.93±0.22 %) ชุดการทดลองที่ 3 (13.16±0.19 %) และชุดการทดลองที่ 4 (12.12±0.16 %) (ตารางที่3)

3.4 วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุยที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 11.33±0.04 ถึง 11.39±0.06 กรัมต่อตัว ด้วยอาหารทดลอง 4 สูตร ที่มีโปรตีน 28 และ 34 % และมีชนิดของคาร์โบไฮเดรตจาก 2 แหล่ง คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งสาลี เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการเจริญเติบโต (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

อัตราการรอด และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน) อัตราการกินอาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งการที่แป้งทั้ง 2 ชนิด ที่ใช้ในการทดลอง (แป้งข้าวเจ้าและแป้งสาลี) ไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต อัตราการกินอาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในครั้งนี้ เนื่องจากปลาดุกบิ๊กอุยมีความสามารถการใช้แป้งทั้ง 2 ชนิด ได้ในระดับที่ใกล้เคียงกัน แต่จากการทดลองสังเกตได้ว่าปลาในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ใช้แป้งสาลีเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต (ชุดการทดลองที่ 3 และ 4) มีอัตราการเจริญเติบโต ที่ดีกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต (ชุดการทดลองที่ 1 และ 2) อย่างไรก็ตาม ในการทดลองในครั้งนี้กล่าวได้เพียงว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งสาลีเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตในอาหารปลาดุกบิ๊กอุยให้ผลการเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์ได้จากอาหารไม่แตกต่างกัน มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้คาร์โบไฮเดรตชนิดต่างในปลาหลายชนิด เช่น Jantrarotai [6] พบว่าปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) สามารถใช้น้ำตาลซูโครส แป้งเด็กซ์ทริน แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และแป้งมัน ในปริมาณ 44.3 % ที่โปรตีนประมาณ 35 % พลังงาน 460 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัมอาหาร เพื่อเป็นแหล่งพลังงานได้ และแป้งสาลีทำให้ปลาดุกลูกผสมเจริญเติบโตสูงสุดเนื่องจากแป้งสาลีมีโปรตีน 13-14 % และได้มีการ ศึกษาพบว่าปลาดุกอุยสามารถใช้แป้งเหนียว ข้าวโพด ข้าวเหนียว และปลายข้าวเจ้า ในปริมาณ 50 % เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตในอาหารได้ โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต [10] ส่วนเจษฎา และสุภาวดี [3] รายงานว่าปลาสวายเผือกสามารถใช้แป้งเหนียว 18 % และปลายข้าวเจ้า 50 % เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตได้โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอด

Furuichi และ Yone [11] รายงานว่าปลา red sea bream เจริญเติบโตได้ไม่แตกต่างกันเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีแป้งชนิดต่าง ๆ และน้ำตาลเป็นส่วนผสม ปลาแต่ละชนิดมีความสามารถในการย่อยแตกต่างกัน เช่น ในปลา silver perch, Bidyanus bidyanus (Mitchell) สามารถใช้แป้งสาลีเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตได้ 30 % [12] และเมื่อพิจารณาถึงด้านระดับในการทดแทนพลังงานจากโปรตีนบางส่วน พบว่าการใช้คาร์โบไฮเดรตในการทดแทนโปรตีนทั้ง 2 ระดับ (โปรตีน 34 % คาร์โบไฮเดรต 33 % และโปรตีน 28 % คาร์โบไฮเดรต 41 %) ทำให้ปลาในแต่ละชุดการทดลองมีการเจริญเติบโต (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอด และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน) อัตราการกินอาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สามารถใช้คาร์โบไฮเดรตจากแป้งข้าวเจ้า และแป้งสาลีในระดับสูง (โปรตีน 28 % คาร์โบไฮเดรต 41 %) ทดแทนโปรตีนได้โดยไม่ทำให้การเจริญเติบโตของปลาแตกต่างกับการใช้โปรตีนในระดับที่สูง (โปรตีน 34 % คาร์โบไฮเดรต 33 %) แต่มีการทดลองของ Ravendra และคณะ [4] ในการทดลองทดแทนพลังงานจากโปรตีนโดยการใช้คาร์โบไฮเดรตจาก 3 แหล่ง คือ กลูโคส ซูโครส และแด็กซ์ตริน โดยใช้โปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 30, 35, 40 % และใช้คาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ 40, 35, 30 % ในปลา *Cirrhinus mrigala* fry เป็นเวลา 60 วัน พบว่าปลาที่ใช้เด็กซ์ตรินมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมา คือ กลูโคสและซูโครส และพบว่าปลามีอัตราการเจริญดีขึ้นเมื่อลดปริมาณโปรตีนและเพิ่มคาร์โบไฮเดรต และดีที่สุดเมื่อมีโปรตีน 30 % และคาร์โบไฮเดรต 40 %

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปลา

ดุกบิ๊กอุยทั้งตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าความชื้นและโปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่องค์ประกอบเถ้าและไขมันกลับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงจะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าสูตรที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ และในปลาที่ใช้แป้งสาลีเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตจะมีไขมันสูงกว่าสูตรที่ใช้แป้งข้าวเจ้า เนื่องจากปลาที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตสามารถเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตให้ไปอยู่ในรูปของไขมันได้ โดยใช้เอนไซม์จากตับและเนื้อเยื่อไขมัน จึงทำให้ปลาที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่สูงมีแนวโน้มที่จะมีการสะสมไขมันในตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Likimini และ Wilson [13] ที่กล่าวว่าปลากดหลวงสามารถใช้ประโยชน์จากแป้งได้ดี เนื่องจากในตับและเนื้อเยื่อไขมันมีเอนไซม์หลายชนิดที่สามารถเปลี่ยนแป้งเป็นไขมันได้ และปลาที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาลีมีไขมันมากกว่าปลาที่ได้รับจากแป้งข้าวจ้าว เพราะว่าในแป้งสาลีมีปริมาณไขมันที่มากกว่าแป้งข้าวเจ้า ซึ่งในการทดลองนี้แป้งสาลีมีไขมัน 3.23±0.90 % ส่วนแป้งข้าวเจ้ามีไขมัน 1.63±0.95 %

4. สรุป

การศึกษาการทดแทนพลังงานจากโปรตีนบางส่วนด้วยคาร์โบไฮเดรต จากคาร์โบไฮเดรต 2 แหล่ง และทดแทนโปรตีน 2 ระดับ ในอาหารปลาดุกบิ๊กอุย พบว่าปลาดุกบิ๊กอุยสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตทั้ง 2 ชนิดได้ไม่แตกต่างกัน และสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตในระดับที่สูงทดแทนโปรตีนได้ โดยไม่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างจากการใช้โปรตีนระดับสูง และพบว่าการใช้แป้งสาลีเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ปลาจะมีอัตราเจริญเติบโตที่ดีกว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าเล็กน้อย ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้คาร์โบไฮเดรตที่ระดับ 41 % จากแป้งข้าวจ้าวและแป้งสาลีไม่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกบิ๊กอุยลดลง จึงสามารถใช้โปรตีนในระดับต่ำ (28 %) และใช้คาร์โบไฮเดรตในระดับที่สูง (41 %) เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตสัตว์น้ำ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดร.วุฒิพร พรหมขุนทอง เป็นอย่างสูงที่คอยให้คำแนะนำและความรู้ตลอดระยะเวลาที่วิจัย และภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้พื้นที่ทดลองและห้องปฏิบัติการในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ นายวีรศักดิ์ การสมาน นายประวิทย์ ชูช่วย และนายนัทท์ นันทพงศ์ นักศึกษาภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่คอยช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน จนงานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

6. รายการอ้างอิง

[1] FAO, 2007, The State of World Fisheries and Aquaculture 2006, Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.

[2] สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย, 2559, การเปลี่ยนแปลงราคาวัตถุดิบรายเดือน, แหล่งที่มา : http://www.thaifeedmill.com/tabid/78/Default.aspx, 29 มีนาคม 2559.

[3] เจษฎา อิสเหาะ และสุภาวดี โกยดุล, 2542, การศึกษาระดับของคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาสวายเผือกในกระชัง, น. 535-536, ใน การประชุมสัมมนาทางวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 16, เล่ม 2

สาขาเกษตรศาสตร์.

[4] Singh, R.K., Balange, A.K. and Ghughuskar, M.M., 2006, Protein Sparing Effect of Carbohydrates in The Diet of Cirrhinus mrigala (Hamilton, 1822) Fly, pp. 680-684, Taraporevala Marine Biological Research Station, Bundra, India.

[5] กรมประมง, 2559, สถิติการประมง 2556, แหล่งที่มา : http://www.fisheries.go.th/it-stat, 29 เมษายน 2559.

[6] Jantrarotai, W., 1996, Comparison on the efficacy of different carbohydrates as energy sources for hybrid Clarias catfish fingerlings (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*), Kasetsart J. (Nat. Sci.) 30: 56-63.

[7] Dupree, H.K. and Sneed, P.K., 1996, Response of channel catfish fingering to different levels of nutrients in purified diets, U.S. Bureau of Sport Fish and Wildlife Tech. Pap. No. 9.

[8] Yone, Y. and Fujii, M., 1975, Studies on nutrition of red seabream-XI: Effect of w3 fatty acid supplement in a corn oil diet on growth rate and feed efficiency, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 41: 73-77.

[9] AOAC, 1990, Official Methods of Analysis 15th, The Association of Official Analytical Chemists, Washington.

[10] วราภรณ์ แจ้งสุทธิวรวัฒน์, 2536, ระดับของคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในอาหารสำหรับการอนุบาลลูกปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus* Gunther), วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 94 น.

[11] Furuichi, M. and Yone, Y., 1982, Availability of carbohydrate in nutrition of carp and red sea bream, Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 48: 1289-1291.

[12] Stone, D.A.J., Allan, D.L. and Anderson, A.J., 2003, Carbohydrate utilization by juvenile silver perch, *Bidyanus bidyanus* (Mitchell): III. The protein sparing effect of wheat starch-based carbohydrate, Aquacult. Res. 34: 123-134.

[13] Likimani, T.A. and Wilson, R.P., 1982, Effect of diet on lipogenic enzyme activities in channel catfish hepatic and adipose tissue, J. Nutr. 112: 112-117.