

ผลของการเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตในอาหารต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมี การสะสมโปรตีน และไขมันในปลาดุกลำพัน

(*Clarias nieuhofii*)

Effects of Di-calcium Phosphate Supplementation on Growth Performance, Body Compositions, Protein and Lipid Retentions in Nieuhofii's Catfish (*Clarias nieuhofii*)

ศุภดา คีรีรัตน์^{1*} พัสราภรณ์ ละใบสอาด² พีรพงศ์ อติทรัพย์ไพศาล² และอานุช คีรีรัตน์³
Suphada Kiriratnikom^{1*}, Pasaraporn Labaisaad², Peerapong Atisappisan² and Anut Kiriratnikom³

บทคัดย่อ

ทดลองเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตในปริมาณที่มีฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้ (Available Phosphorus, AvP) 0.2-1.3 % ในอาหารปลาดุกลำพัน เลี้ยงปลาทดลองที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 0.55-0.56 กรัมต่อตัว เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าปลาที่ได้รับอาหารเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต 1.3 % AvP มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว และน้ำหนักที่เพิ่มสูงที่สุด ($p < 0.05$) การรอดตาย การแลกเนื้อ ความชื้น ไขมัน และเถ้าในตัวอย่างปลาทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างปลาที่ได้รับไดแคลเซียมฟอสเฟตทุกระดับมีค่าสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม ($p < 0.05$) อาหารเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต 1.3 % AvP มีผลให้ปลาดุกลำพันมีการสะสมโปรตีนในตัวสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม ($p < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ปลาที่ได้รับไดแคลเซียมฟอสเฟต 1.3 % AvP มีการสะสมไขมันสูงสุด ($p < 0.05$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตในปริมาณ 1.3 % AvP มีผลดีต่อการเจริญเติบโต การสะสมโปรตีน และไขมันของปลาดุกลำพันระยะปลานี้

คำสำคัญ: ปลาดุกลำพัน ความต้องการฟอสฟอรัส ไดแคลเซียมฟอสเฟต

¹ ผศ.ดร., สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

³ ผศ., สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Asst. Prof. Dr., Department of Biological and Environmental Science, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

² Undergraduate Student, Department of Biological and Environmental Science, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

³ Asst. Prof., Department of Biological and Environmental Science, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

* Corresponding author: Tel: +66-847503-986, E-mail address: ksuhada@yahoo.com

(Received: November 7, 2019; Revised: January 2, 2020; Accepted: January 6, 2020)

Abstract

Test diets for Nieuhofii's catfish were supplemented by di-calcium phosphate at 0.2-1.3% available phosphorus, AvP. Feeding trial was undertaken in 0.55-0.56 g average body weight Nieuhofii's catfish for 8 weeks. It found that the highest average body weight and weight gain was found in the fish fed 1.3% Avp di-calcium phosphate ($p < 0.05$). Survival, feed conversion, moisture, lipid and ash in fish body were not significantly different among treatments ($p > 0.05$). Protein content in the fish fed all di-calcium phosphate supplemented diets were higher than the control ($p < 0.05$). Diet with 1.3% Avp di-calcium phosphate supplementation resulted in higher protein retention compared to the control fish ($p < 0.05$). The highest lipid retention was also found in fish fed 1.3% AvP of di-calcium phosphate diet ($p < 0.05$). It was concluded that supplementation of 1.3% AvP di-calcium phosphate gave beneficial effects on growth, protein and lipid retention in Nieuhofii's catfish.

Keywords: Nieuhofii's Catfish (*Clarias nieuhoftii*), Phosphorus Requirement, Di-calcium Phosphate

บทนำ

ในปัจจุบันสามารถเพาะขยายพันธุ์ปลาดุกลำพัน (*Clarias nieuhoftii*) ซึ่งเป็นปลาน้ำจืดใกล้สูญพันธุ์ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาได้เป็นผลสำเร็จซึ่งช่วยให้เกิดการพัฒนากิจการเลี้ยงปลาชนิดนี้ให้เป็นปลาเศรษฐกิจในอนาคต อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาดุกลำพันทั้งเพื่อการอนุรักษ์พันธุ์ปลา และการเลี้ยงเพื่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจยังประสบปัญหาเกี่ยวกับความรู้ในด้านสูตรอาหารที่เหมาะสมเพื่อให้ปลามีการเจริญเติบโตและสุขภาพที่ดีเนื่องจากปัจจุบันยังมีข้อมูลด้านความต้องการสารอาหารสำหรับปลาชนิดนี้ไม่มากนัก ด้วยเหตุผลดังกล่าวจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงความต้องการสารอาหารพื้นฐานของปลา ซึ่งจะเป็ข้อมูลสำคัญในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลาชนิดนี้ จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการศึกษาความต้องการสารอาหารของปลาดุกลำพันในด้านของความต้องการโปรตีน รูปแบบและระดับของไขมันในอาหาร และการศึกษาเกี่ยวกับความต้องการวิตามินซี [1] แต่ยังคงขาดข้อมูลในด้านความต้องการแร่ธาตุ โดยเฉพาะการศึกษาเกี่ยวกับระดับความต้องการฟอสฟอรัสซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา รวมทั้งมีผลต่อการใช้อาหารอื่นๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในกรณีที่ปลาได้รับฟอสฟอรัสจากอาหารไม่เพียงพอจะเจริญเติบโตช้าและมีประสิทธิภาพการใช้อาหาร โดยเฉพาะการสะสมโปรตีน และไขมันลดลง [2] แต่ในกรณีที่มีการเสริมฟอสฟอรัสในอาหารในปริมาณมากเกินไป ทำให้ปลาไม่สามารถนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้หมดก็จะถูกขับออกมา เกิดการสะสมฟอสฟอรัสในน้ำ และก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำในภายหลัง [3] จากการศึกษาของ Asgard and Shearer [4] ซึ่งใช้แคลเซียมไดไฮดรเจนฟอสเฟตเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสในอาหารปลาแซลมอนขนาด 1.4 กรัม พบว่า ปลามีความต้องการฟอสฟอรัสในอาหารในช่วง 1 - 1.1 % อย่างไรก็ตามเมื่อปลาขนาดใหญ่นั้นจะมีความต้องการฟอสฟอรัสในอาหารลดลง [5 - 6] ทั้งนี้การเสริมฟอสฟอรัสในปริมาณที่เหมาะสมตรงตามความต้องการของปลา นอกจากจะมีผลให้ปลาเจริญเติบโตและมีสุขภาพดีแล้ว ยังช่วยลดมลสารที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมให้น้อยลงด้วย การวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อทราบถึงผลของการใช้ไดแคลเซียมฟอสเฟตเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสในระดับต่างๆ ในอาหารสำเร็จรูปสำหรับปลาดุกลำพัน ทั้งเพื่อการเลี้ยงเพื่อการอนุรักษ์พันธุ์ และการเพาะเลี้ยงปลาดุกลำพันในเชิงเศรษฐกิจต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ทดสอบระดับของไดแคลเซียมฟอสเฟต (Di-calcium Phosphate, CaH_2PO_4) ในรูปผลิตภัณฑ์วัตถุดิบอาหารสัตว์เชิงการค้าผลิตจากอุตสาหกรรมกระดูกสัตว์ มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสทั้งหมด 18% โดยจัดซื้อจากตัวแทนจำหน่ายวัตถุดิบอาหารสัตว์ในจังหวัดพัทลุง 5 ชุดการทดลอง ได้แก่

T1 ชุดควบคุมไม่เสริมไดแคลเซียมในอาหารทดลอง

T2 ชุดการทดลองเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตในปริมาณที่มีฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ 0.2 % (0.2 % AvP)

T3 ชุดการทดลองเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตในปริมาณที่มีฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ 0.5 % (0.5 % AvP)

T4 ชุดการทดลองเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตในปริมาณที่มีฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ 0.9 % (0.9 % AvP)

T5 ชุดการทดลองเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตในปริมาณที่มีฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.3 % (1.3 % AvP)

ทำการทดลองโดยเลี้ยงปลาอุกลำพันธ์ขนาด 2-3 เซนติเมตรที่มาจากโรงเพาะฟัก ในตู้ทดลองขนาด 110 ลิตร ปริมาตรน้ำ 70 ลิตร ตู้ละ 15 ตัว ชุดการทดลองละ 4 ตู้

อาหารทดลอง

เตรียมอาหารทดลองที่มีโปรตีน 38-40% และไขมัน 12-14% อาหารแต่ละสูตรเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต ในระดับที่มีฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (Available Phosphorus) 0.2-1.3 % โดยคำนวณตามรายงานของ Robinson and Li [7] และ Wilson, Robinson, Gatlin and Poe [8] ผลิตอาหารทดลองตามสูตรในตารางที่ 1 ตามวิธีการของ Kiriratnikom and Kiriratnikom [1] โดยอัดเม็ดให้มีขนาดเม็ดอาหารประมาณ 3 มิลลิเมตร อบแห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้

สัตว์ทดลอง

เตรียมลูกปลาลำพันธ์ขนาดประมาณ 2-3 เซนติเมตร ที่เพาะพันธุ์จากโรงเพาะฟักจำนวน 500 ตัว มาเลี้ยงในบ่อคอนกรีตปริมาตรน้ำ 1,500 ลิตร มีระบบให้อากาศเป็นเวลา 1 สัปดาห์ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 40-42% วันละ 2 ครั้ง เมื่อพบว่าปลามีสุขภาพดีจึงสุ่มปลาทดลองลงเลี้ยงในตู้ทดลอง ปริมาตรน้ำ 100 ลิตร ตู้ละ 15 ตัว พักปลาให้ปรับตัวเข้ากับตู้ทดลองเป็นเวลา 5-7 วันก่อนเริ่มการทดลอง

ระบบการทดลอง และการเลี้ยงปลาทดลอง

ชั่งน้ำหนักปลาก่อนการทดลองให้อาหารทดลองในแต่ละชุดการทดลองทุกวัน วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 9.30 น. และ 17.30 น. คัดตะกอนที่พื้นตู้ทุกวัน เปลี่ยนถ่ายน้ำในอัตรา 200-400% ต่อวันด้วยระบบน้ำไหลผ่านตลอด (Flow Through System) ตรวจสอบการเจริญเติบโต และการกินอาหารของปลาโดยชั่งน้ำหนักปลาทั้งตู้ทดลอง และบันทึกน้ำหนักอาหารที่ใช้ทุกช่วง 2 สัปดาห์ของการทดลอง ทำการเลี้ยงปลาทดลองเป็นเวลา 10 สัปดาห์ จึงชั่งน้ำหนัก นับจำนวนปลา และเก็บข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง

การเก็บข้อมูล

ผลของไคแคลเซียมฟอสเฟตระดับต่างๆ ต่อการเจริญเติบโต

ตรวจวัดการเจริญเติบโตของปลาทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ คำนวณน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว น้ำหนักที่เพิ่ม และอัตราการรอดตาย ตรวจสอบปริมาณอาหารที่ใช้คำนวณอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio, FCR) อัตราการรอดตาย (Survival Rate, %) การเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, %/day) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight Gain, %) ตามวิธีการของ Halver and Hardy [9]

ผลของไคแคลเซียมฟอสเฟตระดับต่างๆ ต่อองค์ประกอบตัวปลา

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการสุ่มปลา 12 ตัว จากแต่ละชุดทดลอง สลบล้างสารละลายน้ำมันกานพลู เพื่อวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าตามวิธีการของ AOAC [10] นำข้อมูลมาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมโปรตีน (% Protein Retention) ไขมัน (% Lipid Retention) ตามวิธีการของ Halver and Hardy [9]

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วย One Way Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS Version 17.0

ตารางที่ 1 สูตรอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารเสริมไคแคลเซียมฟอสเฟตในระดับต่างๆ

	T1	T2	T3	T4	T5
ปลาป่น	40	40	40	40	40
กากถั่วเหลือง	15	15	15	15	15
เศษไก่ป่น	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
แป้งสาลี	15	15	15	15	15
แป้งข้าวโพด	8.5	7.39	5.72	3.5	1.27
วิตามิน	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
แร่ธาตุรวม	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
น้ำมันถั่วเหลือง	3	3	3	3	3
CaH ₂ PO ₄ (P 18%)	-	1.11	2.78	5.00	7.23
รวม	100	100	100	100	100
องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่เตรียมเสร็จแล้ว (% as fed)					
ความชื้น (%)	2.51	3.61	3.15	3.57	3.45
โปรตีน (%)	40.25	39.92	40.23	40.36	39.87
ไขมัน (%)	13.04	13.58	13.17	14.21	14.32
เถ้า (%)	15.60	16.38	17.83	19.52	21.64
ฟอสฟอรัส (%)	2.12	2.29	2.40	3.05	3.28
แคลเซียม (%)	1.64	1.94	2.34	2.87	3.40
AvP (%)	1.13	1.33	1.63	2.03	2.43

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของปลา

ปลาดุกลำพันที่ได้รับอาหารทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.55 ± 0.02 - 0.56 ± 0.02 กรัมต่อตัว และเพิ่มขึ้นเป็น 4.68 ± 0.49 - 6.27 ± 0.51 กรัมต่อตัวในสัปดาห์ที่ 10 ของการทดลอง (ตารางที่ 2) เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม และอาหารเสริมโคแคลเซียมฟอสเฟตในระดับ 0.2 ถึง 0.9 % AvP มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ปลาดุกลำพันที่ได้รับอาหารเสริมโคแคลเซียมฟอสเฟต 1.3 % AvP มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงที่สุด (6.27 ± 0.51 กรัมต่อตัว) แตกต่างกับชุดการทดลองอื่นๆ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาดุกลำพัน ซึ่งพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมโคแคลเซียมฟอสเฟต 1.3 % AvP มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูง และแตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองอื่นๆ ($p < 0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารเสริมโคแคลเซียมฟอสเฟต 1.3 % AvP มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารเสริมโคแคลเซียมฟอสเฟต 0.2 % AvP แต่อย่างไรก็ตาม ปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม และปลาที่ได้รับอาหารเสริมโคแคลเซียมฟอสเฟต 0.5-1.3 % AvP ก็มีการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ขณะที่การรอดตายและการแลกเนื้อของปลาดุกลำพันที่ได้รับอาหารทุกสูตรมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ยของปลาดุกลำพันที่ได้รับอาหารเสริมโคแคลเซียมฟอสเฟตในระดับต่างๆ เป็นเวลา 10 สัปดาห์

	Initial Body Weight (g)	Final Body Weight (g)
T1 Control	0.55 ± 0.02^a	5.13 ± 0.31^a
T2 DCP 0.2 % avp	0.56 ± 0.02^a	4.68 ± 0.49^a
T3 DCP 0.5 % avp	0.55 ± 0.02^a	5.16 ± 0.75^a
T4 DCP 0.9 % avp	0.56 ± 0.02^a	5.31 ± 0.36^a
T5 DCP 1.3 % avp	0.55 ± 0.02^a	6.27 ± 0.51^b
p-value	1.000	0.007

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเติบโตต่อวัน การรอดตาย และการแลกเนื้อของปลาดุกลำพันที่ได้รับอาหารเสริมโคแคลเซียมฟอสเฟตในระดับต่างๆ เป็นเวลา 10 สัปดาห์

	Weight gain (%)	SGR (%/day)	Survival (%)	FCR
T1 Control	825.18 ± 61.70^a	3.18 ± 0.10^{ab}	96.67 ± 6.67^a	1.12 ± 0.01^a
T2 DCP 0.2 % avp	744.19 ± 94.48^a	3.04 ± 0.16^a	100.00 ± 0.00^a	1.13 ± 0.01^a
T3 DCP 0.5 % avp	829.00 ± 123.72^a	3.17 ± 0.20^{ab}	96.67 ± 6.67^a	1.13 ± 0.01^a
T4 DCP 0.9 % avp	859.13 ± 96.14^a	3.22 ± 0.14^{ab}	86.67 ± 16.33^a	1.13 ± 0.01^a
T5 DCP 1.3 % avp	031.47 ± 51.42^b	3.46 ± 0.06^b	96.67 ± 6.38^a	1.03 ± 0.01^a
p-value	0.006	0.010	0.328	1.000

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$)

องค์ประกอบทางเคมีของตัวปลา

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน และปริมาณเถ้าในตัวปลาคูกลำพันที่ได้รับอาหารทดลองทุกสูตรมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ปริมาณโปรตีนในตัวปลาคูกลำพันที่ได้รับอาหารทดลองชุดควบคุมมีค่าต่ำที่สุด และแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมไคแอลเซียมฟอสเฟตทุกสูตร (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของตัวปลาคูกลำพันที่ได้รับอาหารเสริมไคแอลเซียมฟอสเฟตในระดับต่างๆ เป็นเวลา 10 สัปดาห์

	Moisture (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)
T1 Control	76.08 ± 1.49 ^a	56.47 ± 2.54 ^a	26.98 ± 2.44 ^a	10.77 ± 1.93 ^a
T2 DCP 0.2 % avp	76.09 ± 0.48 ^a	65.36 ± 1.46 ^b	23.47 ± 2.10 ^a	9.43 ± 1.29 ^a
T3 DCP 0.5 % avp	76.64 ± 1.58 ^a	65.13 ± 5.66 ^b	23.79 ± 2.48 ^a	11.01 ± 0.90 ^a
T4 DCP 0.9 % avp	76.50 ± 0.46 ^a	66.97 ± 3.01 ^b	25.28 ± 1.72 ^a	7.47 ± 3.21 ^a
T5 DCP 1.3 % avp	75.95 ± 0.56 ^a	62.89 ± 1.28 ^b	25.41 ± 2.84 ^a	11.40 ± 3.03 ^a
p-value	0.856	0.003	0.267	0.145

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$)

การสะสมโปรตีน และไขมันในตัวปลา

ปลาที่ได้รับอาหารเสริมไคแอลเซียมฟอสเฟต 1.3 % AvP มีอัตราการสะสมโปรตีนในตัวสูง และแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม และปลาที่ได้รับอาหารเสริมไคแอลเซียมฟอสเฟต 0.9 % AvP (ตารางที่ 5) ปลาที่ได้รับอาหารเสริมไคแอลเซียมฟอสเฟต 0.2, 0.5 และ 1.3 % AvP มีเปอร์เซ็นต์การสะสมโปรตีนในตัวไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เปอร์เซ็นต์การสะสมไขมันในตัวปลาคูกลำพันมีค่าสูงในปลาที่ได้รับอาหารเสริมไคแอลเซียมฟอสเฟต 1.3 % AvP แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม ($p > 0.05$) ในขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารทดลองเสริมไคแอลเซียมฟอสเฟต 0.2 - 0.9 % AvP มีเปอร์เซ็นต์การสะสมไขมันในตัวต่ำ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารเสริมไคแอลเซียมฟอสเฟต 1.3 % AvP ($p < 0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์การสะสมโปรตีน ไขมัน และฟอสฟอรัสในตัวปลาคูกลำพันที่ได้รับอาหารเสริมไคแอลเซียมฟอสเฟตในระดับต่างๆ เป็นเวลา 10 สัปดาห์

	Protein Retention (%)	Lipid Retention (%)
T1 Control	30.07 ± 1.83 ^a	41.31 ± 2.56 ^{ab}
T2 DCP 0.2 % avp	36.06 ± 4.38 ^{ab}	33.90 ± 4.61 ^a
T3 DCP 0.5 % avp	36.18 ± 5.02 ^{ab}	36.23 ± 5.76 ^a
T4 DCP 0.9 % avp	34.32 ± 4.55 ^a	33.03 ± 4.76 ^a
T5 DCP 1.3 % avp	43.60 ± 2.26 ^b	45.57 ± 2.32 ^b
p-value	0.003	0.003

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$)

วิจารณ์ และสรุปผลการทดลอง

ฟอสฟอรัสทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบในร่างกาย เช่น นิวคลีโอไทด์ ฟอสโฟลิพิด โคเอนไซม์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ในเซลล์ การขาดฟอสฟอรัสทำให้การเจริญเติบโตและการแลกเปลี่ยนเนื้อลดลง โครงสร้างของกระดูกผิดปกติ [11] ในการทดลองนี้พบว่าปลาที่ได้รับอาหารไม่เสริมไคแคลเซียมฟอสเฟตมีการเจริญเติบโตไม่ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารเสริมไคแคลเซียมฟอสเฟต เนื่องจากปลาคูกลำพันเป็นปลากินเนื้อที่มีความต้องการ โปรตีน 40 % โดยที่ใช้แหล่งโปรตีนทดแทนจากกากถั่วเหลืองได้น้อย [1] จึงต้องใช้อาหารทดลองสูตรพื้นฐานที่มีปลาป่นในปริมาณมาก แต่ปลาป่นเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสที่ปลาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ปลาในชุดควบคุมจึงได้รับฟอสฟอรัสจากปลาป่นไปใช้ประโยชน์ได้ในบางส่วน [3] แต่การเสริมไคแคลเซียมฟอสเฟตในระดับ 1.3 % AvP มีผลให้ปลามีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและการเจริญเติบโตจำเพาะสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าปลาคูกลำพันมีความต้องการฟอสฟอรัสในอาหารค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับรายงานการศึกษาในปลาอื่นๆ เช่น Zhang *et al.* [5] ศึกษาความต้องการฟอสฟอรัสในปลากะพงญี่ปุ่น (*Lateolabrax japonicus*) โดยใช้อาหารที่มีปลาป่นในปริมาณมากและเสริมโมโนโซเดียมฟอสเฟตเป็นแหล่งของฟอสฟอรัส 0.31 ถึง 1.17 % AvP เลี้ยงปลาขนาด 6.28 กรัมเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการเสริมฟอสฟอรัส 0.68 % AvP มีผลให้ปลาเจริญเติบโตได้ดีที่สุด Asgard and Shearer [4] ศึกษาในปลาแอตแลนติกแซลมอนขนาด 1.4 กรัมโดยใช้แคลเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสในอาหารที่ระดับ 0.4 ถึง 2.5 % เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ พบว่าปลาแซลมอนขนาดเล็กมีความต้องการฟอสฟอรัสในอาหาร 1 ถึง 1.1 % ซึ่งสังเกตเห็นได้ว่าในปลาที่มีขนาดเล็กจะมีความต้องการฟอสฟอรัสที่มากกว่าปลาขนาดใหญ่ นอกจากนี้อัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสในอาหารก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซึมฟอสฟอรัสไปประโยชน์ในตัวปลา Lall [3] ได้ให้ความเห็นว่าอัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลาแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกัน และในกรณีที่อัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสมีค่าสูงกว่าระดับที่เหมาะสมจะส่งผลให้ปลาดูดซึมฟอสฟอรัสในอาหารได้น้อยลง ขณะเดียวกันถ้าอัตราส่วนของฟอสฟอรัสต่อแคลเซียมมีค่าสูงก็จะส่งผลเสียต่อการดูดซึมแคลเซียมของปลา [9] ในการทดลองนี้สังเกตเห็นว่าในกรณีที่เสริมไคแคลเซียมฟอสเฟตในระดับต่ำ (0.2 % AvP) จะมีอัตราส่วนแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสในอาหาร 1:1.2 ในขณะที่อัตราส่วนแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสในอาหารมีค่า 1:1 เมื่อเสริมไคแคลเซียมฟอสเฟตในระดับสูง (1.3 % AvP) มีความเป็นไปได้ว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสในอาหารปลาคูกลำพันมีค่าประมาณ 1:1 และอาจเป็นเหตุผลให้ปลาคูกลำพันที่ได้รับอาหารเสริมไคแคลเซียมฟอสเฟต 1.3 % AvP สามารถดูดซึมฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ

ปลาที่ได้รับอาหารเสริมไคแคลเซียมฟอสเฟตในระดับที่สูงขึ้นจะมีปริมาณ โปรตีนในตัวสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารทดลองชุดควบคุม ซึ่งการทดลองในปลา Yellow Crocker (*Pseudosciaena crocea*) ของ Mai *et al.* [2] พบว่า การเสริมฟอสฟอรัสมีผลให้โปรตีนในตัวปลาเพิ่มขึ้น และไขมันลดลง สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการขาดฟอสฟอรัสมีผลให้กระบวนการ Oxidative Phosphorylation เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ไม่สามารถนำสารอาหารเข้าสู่วิถี TCA และเกิดการสะสม Acetyl-CoA นำไปสู่การสะสมไขมันในตัวปลา [2] อย่างไรก็ตามในการศึกษาในปลา Yellow Catfish ของ Luo, Tan, Liu & Wang [12] กลับพบว่าปลาที่ได้รับฟอสฟอรัสในอาหารเพิ่มขึ้นมีปริมาณ โปรตีนและไขมันในตัวปลาเพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณไขมันในตัวปลา สาเหตุที่โปรตีนลดต่ำลงในปลาที่ขาดฟอสฟอรัสเกิดขึ้นเนื่องจากภาวะขาดฟอสฟอรัสมีผลยับยั้ง

กระบวนการ β -oxidation ในการเผาผลาญกรดไขมัน ทำให้ปลาไม่สามารถนำไขมันไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน และต้องเผาผลาญโปรตีนที่สะสมไว้เป็นแหล่งพลังงานแทน [6] จากการทดลองในปลาไน (*Cyprinus carpio*) ของ Onishi, Suzuki & Takeuchi [13] พบว่าการขาดฟอสฟอรัสทำให้การทำงานของเอนไซม์ Gluconeogenesis ในตับเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการสะสมไขมันในตับปลาเพิ่มมากขึ้น [6] แต่ในการทดลองในปลาคูกล่าพัน ครั้งนี้ไม่พบการสะสมไขมันในตับปลาเพิ่มมากขึ้นในปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม อีกทั้งความชื้น และเถ้า ในตับปลาก็ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับการทดลองในปลา Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) [14] รายงานว่าปลาที่ได้รับอาหารเสริมฟอสฟอรัส และอาหารชุดควบคุม มีปริมาณไขมันและฟอสฟอรัสในตัวไม่แตกต่างกัน สาเหตุที่ผลการทดลองมีความแตกต่างกัน เกิดขึ้นเนื่องจากปลาแต่ละชนิดมีอัตราการเผาผลาญไขมันแตกต่างกัน Luo *et al.* [12] รายงานว่าแม้ปลาที่ได้รับอาหารที่เสริมฟอสฟอรัสในระดับต่าง ๆ มีไขมันในตัวไม่แตกต่างกัน แต่พบการสะสมไขมันในตับของปลาที่ได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณน้อย ซึ่งชี้ให้เห็นว่าปลาไม่สามารถเผาผลาญไขมันได้ สอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ ซึ่งเมื่อพิจารณาการสะสมโปรตีนและไขมันในตับปลาพบว่า การเสริมไคแคลเซียมฟอสเฟต 1.3 % AvP มีผลให้เปอร์เซ็นต์การสะสมโปรตีนสูงกว่าอาหารชุดควบคุม นอกจากนี้ยังทำให้ปลามีการสะสมไขมันสูงที่สุดและแตกต่างจากการทดลองอื่น ๆ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากเงินอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยทักษิณ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kiriratnikom, S., & Kiriratnikom, A. (2012). Growth, feed utilization, survival and body composition of fingerlings of slender walking catfish, *Clarias nieuhofii*, fed diets containing different protein levels. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 34(1), 37–43.
- [2] Mai, K., Zhang, C., Ai, Q., Duan, Q., Xu, W., Zhang, L., Liufu, Z., & Tan, B. (2006). Dietary phosphorus requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R. *Aquaculture*, 251(2–4), 346–353.
- [3] Lall, S.P. (2002). The Mineral. In J.E., Halver, R.W., Hardy, (Eds), *Fish nutrition*. 3rd ed. San Diego: Academic Press.
- [4] Asgard, T., & Shearer, K. D. (1997). Dietary phosphorus requirement of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture Nutrition*, 3(1), 17–23.
- [5] Zhang, C., Mai, K., Ai, Q., Zhang, W., Duan, Q., Tan, B., Ma, H., Xu, W., Liufu, Z., & Wang, X. (2006). Dietary phosphorus requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture*, 255(1–4), 201–209.
- [6] Roy, P. K., & Lall, S.P. (2003). Dietary phosphorus requirement of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). *Aquaculture*, 221(1–4), 451–468.
- [7] Robinson, E. H., & Li, M.H. (1996). *A practical guide to nutrition, feeds, and feeding of catfish* (revised). Miss. Agric. For. Exp. St. Bull. No. 1041. Mississippi: Mississippi State University.

- [8] Wilson, R.P., Robinson, E.H., Gatlin, D., & Poe, W.E. (1982) Dietary phosphorus requirement of channel catfish. *The Journal of Nutrition*, 112(6), 1197–1202.
- [9] Halver, J. E., & Hardy, R. W. (2002). *Fish nutrition*. 3rd ed. New York: Academic Press.
- [10] AOAC. (1990). *Official methods of analysis*. 15th ed. Washington, DC.; The Association of Official Analytical Chemists.
- [11] NRC, National Research Council. (2011). *Nutrient requirements of fish and shrimp*. Washington, DC: The National Academies Press.
- [12] Luo, Z., Tan, X. –Y., Liu, X., & Wang, W. –M. (2010). Dietary total phosphorus requirement of juvenile yellow catfish *Pelteobarrus fulvidraco*. *Aquaculture International*, 18(5), 897–908.
- [13] Onishi, T., Suzuki, M., & Takeuchi, M. (1981). Changes in carp hepatopancreatic enzyme activities with dietary phosphorus levels. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, 47(3), 353–357.
- [14] Pimentel–Rodrigues, A. M. & Oliva–Teles, A. (2001) Phosphorus requirements of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. *Aquaculture Research*, 32 (s1), 157-161.