การแทนที่ปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนจากพืชในอาหารปลาสวายลูกผสม

Replacement of Fish Meal by Plant Protein Sources in Hybrid Pangasius catfish (*Pangasinodon gigas* × *P. hypophthalmus*) diet

วิศรุต ช่อเส้ง[1], นัทท์ นันทพงศ์[1] และ วุฒิพร พรหมขุนทอง[1*]

Witsarut Choseng[1], Nutt Nuntapong[1] and Wutiporn Phromkunthong[1*]

บทคัดย่อ: ทำการทดลองเพื่อศึกษาการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นโดยใช้แหล่งโปรตีนจากพืชผสม (กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน, ถั่วลิสงป่น และโปรตีนกลูเตนจากข้าวสาลี) ในอาหารปลาสวายลูกผสม (น้ำหนักเริ่มต้น 3.00±0.00 กรัม) อาหารทดลองมี 5 สูตร กำหนดให้แต่ละสูตรมีโปรตีน (28%) และพลังงาน (18 เมกะจูลต่อกิโลกรัมอาหาร) ใกล้เคียงกัน โดยแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนจากพืชผสมที่ต่างกัน 5 ระดับได้แก่ 0 (สูตรควบคุม), 25, 50, 75 และ 100% อาหารแต่ละสูตรมี 3 ซ้ำ ใช้ปลาจำนวน 20 ตัวต่อซ้ำ ให้อาหารทดลองวันละ 2 ครั้งโดยให้กินจนอิ่ม ระยะเวลาทดลอง 8 สัปดาห์ จากการทดลองพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนจากพืช 100% มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (1.77±0.11 %/วัน) แตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ในปลาที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ 0 25 50 และ 75% (2.44±0.21, 2.50±0.28, 2.63±0.30 และ 2.46±0.03 %/วัน, ตามลำดับ) ปลาที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนจากพืช 50% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (1.12±0.13) แตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับปลาที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ 75% และ 100% (1.38±0.08 และ 1.50±0.02 ตามลำดับ) และมีการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ ด้านองค์ประกอบเลือดที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันได้แก่ ปริมาณเม็ดเลือดขาว กิจกรรมของไลโซไซม์และเอนไซม์ไมอีโลเพอร์ออกซิเดส พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ 25 50 และ 75% มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ยกเว้นปลาที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ 100% ที่มีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ด้านกิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหารในลำไส้มีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนจากพืชที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน, ถั่วลิสงป่น และโปรตีนกลูเตนจากข้าวสาลีเพื่อเป็นแหล่งโปรตีนสามารถแทนที่โปรตีนจากปลาป่นในอาหารสำหรับปลาสวายลูกผสมได้ 75% โดยไม่ส่งผลกระทบทางลบต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบเลือดที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีที่สุดอยู่ที่ระดับการแทนที่ 50%

คำสำคัญ: ปลาสวายลูกผสม, แหล่งโปรตีนจากพืช, อาหารปลา

ABSTRACT: The experiment was conducted to study the effects of dietary fishmeal replacement with plant protein mixtures (defatted-soybean meal, peanut meal and wheat gluten) in diets for hybrid *Pangasius* catfish (initial body weight 3.00±0.00 g). Five isonitrogenous (crude protein 28%) and isoenergetic experimental diets (18 MJ/kg diet) were formulated at different levels of plant protein replacement 0 (control), 25, 50, 75 and 100% to replace fish meal. Three replicate groups of 20 fish

Received July 20, 2018

Accepted September 25, 2018

[1] ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

Department of Aquatic Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla, 90112

* Corresponding author: wutipornp@yahoo.com

แก่นเกษตร 47 (2) : 281-292 (2562). /doi: 10.14456/kaj.2019.38

each were fed two times daily until satiation for 8 weeks. The results from this study showed that specific growth rate (SGR) in fish fed diet with 100% replacement of fishmeal with plant protein mixtures (1.77±0.11 %/day) was significantly different (P<0.05) than other experimental groups, whereas no significant differences (P>0.05) was found in fish fed diets with 0, 25, 50 and 75% replacement of fishmeal with plant protein mixtures (2.44±0.21, 2.50±0.28, 2.63±0.30 and 2.46±0.03 %/day, respectively). Feed conversion ratios (FCR) in fish fed the diets with 50% replacement of fishmeal with plant protein mixtures (1.12±0.13) was significantly different (P<0.05) than those of 75% and 100% (1.38±0.08 and 1.50±0.02, respectively) while apparent net protein utilization (ANPU) was significantly different (P<0.05) compared to the other experimental groups. Blood immunological parameters including white blood cell counts, lysozyme and myeloperoxidase activity were not significantly different (P>0.05) among fish fed the diets containing 25, 50 and 75% replacement of fishmeal with plant protein mixtures when compared to fish fed the control diet except for those fed the 100% replacement diet, which was significantly different (P<0.05). Intestinal digestive enzymes activities significantly decreased in the treatments containing higher replacement of plant protein. It may be concluded that the 75% replacement of defatted-soybean meal, peanut meal and wheat gluten as plant protein sources in the diet was the optimal level for promotion of the growth performances and blood immunological functions of hybrid *Pangasius* catfish. However, the optimum feed utilization was 50% replacement level.

Keywords: hybrid *Pangasius* catfish, plants protein source and fish diet

บทนำ

ปลาสวาย (*Pangasiusianodon hypopthalmus*) เป็นปลาน้ำจืดไม่มีเกล็ดในวงศ์ Pangasiidae ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีประเทศผู้ผลิตที่สำคัญได้แก่ เวียดนาม กัมพูชา และไทย (เรืองไร และคณะ, 2558; Phan et al., 2009; World Bank, 2014) จากรายงานในปี 2558 ผลผลิตปลาสวายจากการเพาะเลี้ยงของไทยมีปริมาณ 19,060 ตันคิดเป็น 4.5% ของผลผลิตปลาน้ำจืดทั้งหมด (กรมประมง, 2560) ปลาชนิดนี้มีคุณลักษณะเด่นที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว เนื้อมีสีขาว รสชาติดี และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่งผลให้เนื้อปลาสวายแช่แข็งเป็นสินค้าส่งออกที่มีศักยภาพในการแข่งขันในกลุ่มตลาดปลาเนื้อขาว โดยมีตลาดส่งออกที่สำคัญได้แก่ สหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐประชาชนจีน และประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป (สิทธิชัย และคณะ 2553; Anh Ngoc et al., 2018)

การพัฒนาสูตรอาหารให้มีระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อชนิดของสัตว์น้ำ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และผลตอบแทนที่นำไปสู่ความสำเร็จในการเพาะเลี้ยง ในการเลี้ยงปลาสวายจะนิยมใช้ทั้งอาหารเม็ดสำเร็จรูปและอาหารที่ผลิตขึ้นเองภายในฟาร์ม โดยอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลาสวายจะมีระดับโปรตีนอยู่ในช่วง 15-30% โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 26% (Paripatananont, 2002; Phan et al., 2009) ส่วนอาหารที่ผลิตขึ้นเองมักจะประสบปัญหาเรื่องคุณภาพของวัตถุดิบและความไม่สมดุลของสารอาหาร (Phan et al., 2009; Da et al., 2013) ดังนั้นการคัดเลือกแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพสำหรับนำมาใช้ผลิตอาหารจึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ ในปัจจุบันวัตถุดิบจากพืชก้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญในการใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นซึ่งมีราคาแพงและมีแนวโน้มที่จะผลิตได้ลดลงในอนาคต Da et al. (2012) รายงานว่าวัตถุดิบจากพืชเช่น กากถั่วเหลือง ใบมันสำปะหลัง ใบมันเทศ และกากถั่วลิสงสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารปลาสวายได้ ดังนั้นการผลิตอาหารต้นทุนต่ำโดยใช้วัตถุดิบจากพืช เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาการเลี้ยงปลาสวายเพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่ดีอย่างยั่งยืน (Phan et al., 2009; Da et al., 2012; 2013)

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาสายพันธุ์ปลาสวายโดยการผสมระหว่างปลาบึก (*Pangasinodon gigas*) กับปลาสวาย (*P. hypophthalmus*) เพื่อคัดเลือกลูกพันธุ์ที่โตเร็ว มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำ มีความต้านทานโรค และพัฒนาคุณภาพเนื้อให้มีสีขาว

และมีรสชาติดีขึ้น (ไพบูลย์ และคณะ, 2556; Sutthi et al., 2014) ปลาสวายลูกผสมจัดเป็นปลาเศรษฐกิจชนิดใหม่ที่เริ่มส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยง โดยมีตลาดที่สำคัญทั้งภายในประเทศและต่างประเทศได้แก่ ประเทศมาเลเซียและสิงคโปร์ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน ถั่วลิสงป่น และโปรตีนกลูเตนจากข้าวสาลีเพื่อเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชสำหรับแทนที่โปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารสำหรับปลาสวายลูกผสม เพื่อทราบถึงระดับที่เหมาะสมสำหรับใช้พัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ ต่อไป

วิธีการศึกษา

แผนการทดลอง

ศึกษาระดับที่เหมาะสมของแหล่งโปรตีนจากพืชเพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลาสวายลูกผสม วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design: CRD) แบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ตามสูตรอาหาร โดยใช้ปลาจำนวน 20 ตัวต่อซ้ำ กำหนดให้อาหารทุกสูตรมีโปรตีน (28%) และพลังงาน (18 เมกะจูลต่อกิโลกรัมอาหาร) ใกล้เคียงกัน อาหารสูตรที่ 1 เป็นสูตรควบคุมที่ใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนหลัก อาหารสูตรที่ 2-5 แทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนจากพืชที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% ตามลำดับ โดยแหล่งโปรตีนจากพืชที่ใช้คือกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน ถั่วลิสงป่น และโปรตีนกลูเตนจากข้าวสาลี (โปรตีนที่ได้จากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดคิดเป็นอัตราส่วน 7:2:1 ของปริมาณโปรตีนที่นำไปใช้แทนที่โปรตีนจากปลาป่นในแต่ละสูตร) ระยะเวลาทดลอง 8 สัปดาห์

การเตรียมปลาทดลอง

นำปลาสวายลูกผสมน้ำหนักเฉลี่ย 2.00±0.01 กรัม จากฟาร์มแสงฟ้าแหล่งพันธุ์ปลา อ.ควนลัง จ.สงขลา มาอนุบาลในบ่อคอนกรีตขนาด 3 ลูกบาศก์เมตร โดยให้อาหารทดลองสูตรควบคุมวันละ 2 ครั้ง เวลา 9.00 น. และ 16.00 น. เพื่อฝึกให้ปลาคุ้นเคยกับอาหารและสถานที่ทดลอง ใช้เวลาในการอนุบาล 2 สัปดาห์ เพื่อให้ได้ปลาขนาด 3.00±0.00 กรัม สุ่มปลาบางส่วนมาตรวจสอบสุขภาพเบื้องต้น เมื่อพบว่าปลามีสุขภาพดีไม่มีโรคและปรสิตภายนอกจึงเริ่มการทดลอง

การให้อาหารและการจัดการระหว่างการทดลอง

เมื่อเริ่มทดลอง ทำการสลบปลาโดยใช้น้ำมันกานพลูความเข้มข้น 50 ppm คัดปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นรวมของปลาด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ปล่อยปลาลงตู้ทดลองขนาด 45×91×45 ซม. ที่มีปริมาตรน้ำภายในตู้ 150 ลิตร จำนวน 20 ตัวต่อตู้ ให้อาหารทดลองวันละ 2 ครั้ง เวลา 9.00 น. และ 16.00 น. โดยให้กินจนอิ่ม เก็บอาหารเหลือทุกครั้งหลังการให้อาหาร โดยนำไปหักออกจากปริมาณอาหารที่ให้เพื่อทราบปริมาณอาหารที่ปลากิน ในระหว่างการทดลองเปลี่ยนถ่ายน้ำ 60% ทุก 2 วัน โดยใช้น้ำประปาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนความเข้มข้น 20 ppm เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารทดลองเป็นอาหารเม็ดแบบจมที่จัดเตรียมโดยใช้เครื่องผสมและอัดเม็ดอาหาร (Hobart Legacy, USA) กำหนดให้อาหารทุกสูตรมีโปรตีนและพลังงานรวมในระดับที่ใกล้เคียงกัน โดยอ้างอิงตามข้อมูลอาหารสำหรับใช้เลี้ยงปลาสวายที่รายงานโดย Phan et al. (2009) นำอาหารทดลองไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าตามวิธีการของ AOAC (1990) วิเคราะห์พลังงานรวม (gross energy) โดยใช้เครื่อง auto bomb calorimeter (Gallenkamp, UK) สูตรอาหาร องค์ประกอบทางเคมี และต้นทุนค่าอาหารของอาหารทดลองแต่ละสูตรแสดงใน Table 1

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การตรวจสอบการเจริญเติบโตของปลา

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 8 ทำการสลบปลาโดยใช้น้ำมันกานพลูความเข้มข้น 50 ppm จากนั้นชั่งน้ำหนักรวมของปลาทุกตัวในแต่ละตู้ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (งดให้อาหาร 1 มื้อก่อนชั่งน้ำหนัก) นำข้อมูลน้ำหนักปลาและน้ำหนักอาหารที่ปลากินตลอดการทดลองไปคำนวณค่าการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR), อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG), อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate, FCR) และอัตราการกินอาหาร (daily feed intake,

แก่นเกษตร 47 (2) : 281-292 (2562). /doi: 10.14456/kaj.2019.38

Table 1 Formulation and proximate composition of the experimental diets

Ingredients (g/kg diet)	Experimental diets (substitution level)				
	T1 (0%)	T2 (25%)	T3 (50%)	T4 (75%)	T5 (100%)
Fish meal	250.00	187.50	125.00	62.50	0.00
Soybean de-hulled	150.00	209.24	268.49	327.73	386.98
Ground peanut	0.00	32.50	65.00	97.50	130.00
Wheat gluten	0.00	5.33	10.65	15.98	21.31
Rice bran	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
Shrimp head meal	50.00	50.00	50,00	50.00	50.00
Broken rice	174.50	144.33	114.16	83.99	53.82
Tapioca starch	200.00	190.00	180.00	170.00	160.00
Fish oil	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Palm oil	15.00	14.80	14.60	14.40	14.20
Choline chloride	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vitamin & mineral premix[1]	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Inositol	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Di-calcium phosphate	7.50	12.50	17.50	22.50	27.50
DL-methionine	0.00	0.80	1.60	2.40	3.20
Carboxymethyl cellulose (CMC)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Chemical proximate analysis (% as fed basis)					
Moisture	5.69	6.80	5.65	6.34	6.67
Protein	26.90	26.98	25.31	25.65	26.44
Lipid	6.77	6.81	7.16	6.76	7.81
Ash	9.57	9.14	9.11	9.10	9.16
Gross energy (MJ/kg diet)	18.13	18.81	18.05	18.59	18.49
Feed cost (Baht/kg diet)[2]	25.72	25.13	24.54	23.95	23.36

[1] Vitamin & mineral premix deliver the following in unit/kg diet: retinal (A) 8000 IU; cholecalciferol (D3) 1500 IU; tocopherol (E) 100 mg; menadione sodium bisulfite (K3) 5 mg; thiamine (B1) 10 mg; riboflavin (B2) 15 mg; pyridoxine (B6) 15 mg; cobalamin (B12) 0.02 mg; niacin 80 mg; calcium pantothenate 40 mg; ascorbic acid (C) 150 mg; biotin 0.5 mg; folic acid 4 mg; Cu 5 mg; Fe 30 mg; Zn 40 mg; Mn 25 mg; Co 0.05 mg; I 1 mg; Se 0.25 mg.

[2] Price information is calculated during 2017

DFI) นับจำนวนปลาที่เหลืออยู่ของทุกชุดการทดลองเพื่อคำนวณอัตรารอดตาย (survival rate)

องค์ประกอบทางเคมีของปลา

สุ่มตัวอย่างปลาก่อนการทดลองจำนวน 15 ตัว และตัวอย่างปลา 6 ตัวต่อชุดการทดลอง (2 ตัว/ตู้) เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 8 นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในตัวปลาได้แก่ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าตามวิธีการของ AOAC (1990) นำค่าที่ได้ไปคำนวณประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio, PER) และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ (apparent net protein utilization, ANPU) ตามวิธีการของ Hardy and Barrows (2002)

องค์ประกอบเลือด

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 8 สุ่มปลาชุดการทดลองละ 9 ตัว (3 ตัว/ตู้) หลังจากการชั่งน้ำหนัก เจาะเลือดจากบริเวณโคนหางด้วยเข็มขนาด 25G×1 นำเลือดที่ได้ใส่ในหลอด microcentrifuge tube เพื่อตรวจวัดปริมาณเม็ดเลือดแดง (Red blood cell count, RBC) และเม็ดเลือดขาว (White blood cell count, WBC) ตามวิธีการของ Supamattaya (1995) ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (% haematocrit, Hct) ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Blaxhall and Daisley (1973) ปริมาณฮีโมโกลบิน (cyanmet-hemoglobin) ตามวิธีการของ Larsen and Snieszko (1961) ส่วนเลือดที่เหลือในหลอดวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที เพื่อให้เกิดการแข็งตัว จากนั้นนำไปปั่นหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,500 รอบ/นาที อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 15 นาที เก็บส่วนใส (ซีรัม) เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมของไลโซไซม์ตามวิธีการของ Demers and Bayne (1997) และกิจกรรมของเอนไซม์ไมอีโลเพอร์ออกซิเดส (myeloperoxidase, MPO) ตามวิธีการของ Sahoo et al. (2005)

กิจกรรมของเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 8 สุ่มปลา 9 ตัว จากแต่ละชุดการทดลอง (3 ตัว/ตู้) ภายหลังการชั่งน้ำหนัก สลบด้วยน้ำมันกานพลู ผ่าตัดเอาส่วนของตับและลำไส้ เก็บใส่หลอด cryogenic tubes แช่ในไนโตรเจนเหลว สำหรับวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ทริปซิน, ไลเปส และอะไมเลส ในการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์จะหาสภาวะที่เหมาะโดยทดสอบภายใต้สภาวะความเป็นกรดด่าง 2 ถึง 12 และอุณหภูมิ 20 ถึง 80 องศาเซลเซียส โดยอ้างอิงตาม Thongprajukaew and Kovitvadhi (2013) รายละเอียดของสารตั้งต้นและสภาวะที่เหมาะสมในการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารแสดงใน **Table 2**

Table 2 Digestive enzyme assays

Digestive Enzyme	Substrate	Organs	Optimum conditions		Reference
			pH	Temperature (°C)	
Trypsin	Benzoyl-L-Arg-*p*-nitroanilide	Liver	8	40	Erlanger et al. (1961)
		Intestine	9	40	
Lipase	*p*-Nitrophenylpalmitate	Liver	7	50	Winkler and Stuckmann (1979)
		Intestine	8	50	
α-amylase	Soluble starch	Liver	7	40	Bergmeyer et al. (1974)
		Intestine	7	40	

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร องค์ประกอบทางเคมีของปลา องค์ประกอบเลือด และกิจกรรมของเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan' s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (version 11.5)

แก่นเกษตร 47 (2) : 281-292 (2562). /doi: 10.14456/kaj.2019.38

ผลการศึกษา

การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตรารอดตาย

จากการทดลองเลี้ยงปลาสวายลูกผสมด้วยอาหารทดลองทั้ง 5 สูตรเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนจากพืชตั้งแต่ระดับ 25-75% มีการเจริญเติบโตและอัตราการกินอาหารไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการกินอาหารอยู่ในช่วง 11.81±1.38 - 12.58±2.05 กรัม/ตัว, 2.44±0.21 - 2.63±0.30 %/วัน, 0.07±0.01 - 0.07±0.01 กรัม/ตัว/วัน และ 3.42±0.18 - 3.67±0.14 %/ตัว/วัน ตามลำดับ ในขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่ 100% มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (8.09±0.50 กรัม/ตัว) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (1.77±0.11 %/วัน) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (0.05±0.00 กรัม/ตัว/วัน)และอัตราการกินอาหาร (2.76±0.14 %/ตัว/วัน) แตกต่างทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ (**Table 3**) ด้านประสิทธิภาพการใช้อาหารพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่ 50 % มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (1.12±0.13) แตกต่างทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่ 75% (1.38±0.08) และ 100% (1.50±0.02) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม (1.28±0.02) (Table 3) ในส่วนของค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่ 100% มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (2.35±0.31) และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ (35.06±4.23%) แตกต่างทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม (**Table 3**) ในขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่ 50 % มีการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ (53.76±0.20%) แตกต่างทางสถิติ (P<0.05) กับชุดการทดลองอื่นๆ ด้านอัตรารอดตายไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 96.67-100% (**Table 3**)

องค์ประกอบทางเคมีในตัวปลา

ความชื้นในตัวปลาไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลอง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 72.45±3.12 - 77.30±4.79% (**Table 4**) ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่ 50% มีค่าโปรตีนและไขมันในตัวเท่ากับ56.80±2.75% และ 32.13±2.31% ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่ 100%

Table 3 Growth performance and feed efficiency of hybrid *Pangasius* catfish fed 5 experimental diets for 8 weeks (mean±SD from 3 replicate tanks)

Parameters	Experimental diets (substitution level)				
	T1 (0%)	T2 (25%)	T3 (50%)	T4 (75%)	T5 (100%)
Initial weight (g/fish)	3.00±0.00^{a}	3.00±0.00^{a}	3.00±0.00^{a}	3.00±0.00^{a}	3.00±0.00^{a}
Final weight (g/fish)	11.81±1.38^{b}	12.27±1.98^{b}	12.58±2.05^{b}	11.88±0.18^{b}	8.09±0.50^{a}
SGR (%/day)	2.44±0.21^{b}	2.50±0.28^{b}	2.63±0.30^{b}	2.46±0.03^{b}	1.77±0.11^{a}
ADG (g/fish/day)	0.07±0.01^{b}	0.07±0.01^{b}	0.07±0.01^{b}	0.07±0.01^{b}	0.05±0.00^{a}
DFI (%/fish/day)	3.60±0.14^{b}	3.42±0.18^{b}	3.67±0.14^{b}	3.65±0.17^{b}	2.76±0.14^{a}
FCR	1.28±0.02^{ab}	1.20±0.04^{ab}	1.12±0.13^{a}	1.38±0.08^{bc}	1.50±0.02^{c}
PER	2.91±0.06^{b}	3.09±0.10^{b}	2.88±0.28^{b}	2.75±0.09^{ab}	2.35±0.31^{a}
ANPU (%)	45.07±1.43^{b}	41.90±2.60^{b}	53.76±0.20^{c}	43.70±1.53^{b}	35.06±4.23^{a}
Survival rate (%)	100.00±0.00^{a}	98.75±2.50^{a}	100.00±0.00^{a}	96.67±5.77^{a}	98.33±2.89^{a}

Data in the same row with different letters are significantly different (p<0.05) among treatments
SGR: specific growth rate, ADG: average daily gain, FCR: feed conversion ratios, DFI: daily feed intake, PER: protein efficiency ratio, ANPU: apparent net protein utilization

ซึ่งมีค่าเท่ากับ 51.47±0.38% และ 22.29±1.16% ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม (53.46±1.30 และ 30.83±0.37% ตามลำดับ) (**Table 4**) ในส่วนของเถ้าในตัวปลาไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนจากพืชทุกระดับกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 11.47±0.69 - 13.38±0.30% (**Table 4**)

องค์ประกอบเลือด

ปริมณเม็ดเลือดแดงและปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลอง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.52±0.46 - 3.18±0.34 $\times 10^9$ เซลล์/มล. และ 44.16±1.99 - 46.60±1.99% ตามลำดับ (**Table 5**) ในส่วนขององค์ประกอบเลือดที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันได้แก่ปริมาณเม็ดเลือดขาว กิจกรรมของไลโซไซม์ และกิจกรรมของเอนไซม์ไมอีโลเพอร์ออกซิเดสในปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนจากพืชที่ระดับ 25, 50 และ 75% มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมโดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.68±0.31 - 2.31±0.27 $\times 10^7$ เซลล์/มล., 221.54±15.14 - 227.20±31.26 ยูนิต/มล. และ 0.486±0.07 - 0.595±0.10 (OD 450) ตามลำดับ (**Table 5**) ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่ 100% ซึ่งมีค่าองค์ประกอบเลือดที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 1.43±0.23$\times 10^7$ เซลล์/มล., 177.26±21.76 ยูนิต/มล. และ 0.421±0.02 (OD 450) ตามลำดับ (**Table 5**)

Table 4 Whole-body composition (%) of hybrid *Pangasius* catfish fed 5 experimental diets for 8 weeks (mean±SD, n=2 fish/replicate tank)

Parameters	Initial fish	Experimental diets (substitution level)				
		T1 (0%)	T2 (25%)	T3 (50%)	T4 (75%)	T5 (100%)
Moisture	78.20±1.66	73.52±0.30^{a}	77.30±4.79^{a}	72.45±3.12^{a}	72.84±1.66^{a}	73.78±0.46^{a}
Protein	58.36±1.52	53.46±1.30^{ab}	53.58±2.82^{ab}	56.80±2.75^{b}	53.33±3.74^{ab}	51.47±0.38^{a}
Lipid	18.60±1.08	30.83±0.37^{bc}	32.67±1.24^{c}	32.13±2.31^{c}	27.95±0.44^{b}	22.29±1.16^{a}
Ash	15.40±0.75	12.26±0.30^{ab}	11.47±0.69^{a}	12.92±0.62^{b}	12.41±0.98^{ab}	13.38±0.30^{b}

Data in the same row with different letters are significantly different (P<0.05) among treatments

Table 5 Blood parameters of hybrid *Pangasius* catfish fed 5 experimental diets for 8 weeks (mean±SD, n=9 fish/treatment)

Parameters	Experimental diets (substitution level)				
	T1 (0%)	T2 (25%)	T3 (50%)	T4 (75%)	T5 (100%)
RBC ($\times 10^9$ cell/mL)	3.18±0.34^{a}	3.14±0.57^{a}	2.52±0.46^{a}	2.94±0.31^{a}	2.87±0.70^{a}
WBC ($\times 10^7$ cell/mL)	2.23±0.39^{b}	2.31±0.27^{b}	1.68±0.31^{ab}	2.05±0.25^{ab}	1.43±0.23^{a}
Hematocrit (%)	46.60±1.99^{a}	45.84±1.65^{a}	44.62±2.81^{a}	44.16±1.99^{a}	44.78±1.64^{a}
Lysozyme (U/mL)	224.21±33.28^{b}	227.20±31.26^{b}	225.50±7.72^{b}	221.54±15.14^{ab}	177.26±21.76^{a}
MPO activity (OD 450)	0.595±0.10^{b}	0.501±0.002^{ab}	0.486±0.07^{ab}	0.493±0.10^{ab}	0.421±0.02^{a}

Data in the same row with different letters are significantly different (P<0.05) among treatments
RBC: red blood cell counts, WBC: white blood cell counts, MPO: myeloperoxidase

กิจกรรมเอนไซม์การย่อยอาหาร

ปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ทริปซินในตับและลำไส้ (30.35±13.86 และ 53.18±20.73 ยูนิต/มก.โปรตีน ตามลำดับ) แตกต่างทางสถิติ (P<0.05) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่ 100 % (5.49±1.38 และ 11.16±6.88 ยูนิต/มก.โปรตีน ตามลำดับ) (**Table 6**) กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในตับไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง (P>0.05) แต่กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในลำไส้ปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม (745.57±152.01 ยูนิต/มก.โปรตีน) แตกต่างทางสถิติ (P<0.05) กับปลาที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ทุกระดับ (468.80±31.66 -503.20±124.2 ยูนิต/มก.โปรตีน) (**Table 6**) กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในตับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่ 50% (207.64±62.55 ยูนิต/มก.โปรตีน) แตกต่างทางสถิติ (P<0.05) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่ 100% (61.89±73.43 ยูนิต/มก.โปรตีน) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม (109.31±51.20 ยูนิต/มก.โปรตีน) (**Table 6**) กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในลำไส้ปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม (109.71±23.58 ยูนิต/มก.โปรตีน) แตกต่างทางสถิติ(P<0.05) กับปลาที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ทุกระดับซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 44.19±9.50 - 70.71±15.05 ยูนิต/มก.โปรตีน (**Table 6**)

Table 6 Digestive enzyme activities in liver and intestine of hybrid *Pangasius* catfish fed 5 experimental diets for 8 weeks (mean±SD, n=9 fish/treatment)

Parameters	Experimental diets (substitution level)				
	T1 (0%)	T2 (25%)	T3 (50%)	T4 (75%)	T5 (100%)
Trypsin (U/mg protein)					
Liver	30.35±13.86^{b}	31.49±9.26^{b}	40.06±9.67^{ab}	27.66±6.67^{ab}	5.49±1.38^{a}
Intestine	53.18±20.73^{b}	45.48±16.19^{b}	42.74±20.88^{ab}	40.20±9.29^{ab}	11.16±6.88^{a}
Lipase (U/mg protein)					
Liver	290.64±38.57^{a}	262.64±88.67^{a}	209.48±88.06^{a}	270.18±37.08^{a}	260.17±49.26^{a}
Intestine	745.57±152.01^{b}	483.80±166.14^{a}	468.80±31.66^{a}	494.10±135.16^{a}	503.20±124.2^{a}
Amylase (U/mg protein)					
Liver	109.31±51.20^{ab}	134.21±35.90^{ab}	207.64±62.55^{b}	108.79±62.55^{ab}	61.89±73.43^{a}
Intestine	109.71±23.58^{b}	64.52±21.12^{a}	70.71±15.05^{a}	44.19±9.50^{a}	49.18±20.87^{a}

Data in the same row with different letters are significantly different (P<0.05) among treatments

วิจารณ์

การสร้างสูตรและผลิตอาหารที่มีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนจากพืช 3 ชนิดผสมกันได้แก่ กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน ถั่วลิสงป่น และโปรตีนกลูเตนจากข้าวสาลี ในการทดลองครั้งนี้ เมื่อคำนวณต้นทุนค่าอาหารพบว่า ในสูตรควบคุมที่ไม่มีการแทนที่มีต้นทุนค่าอาหารเท่ากับ 25.72 บาท/กก. โดยต้นทุนค่าอาหารจะลดลงเมื่อมีการแทนที่ปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนจากพืชเพิ่มขึ้น ในสูตรที่มีการแทนที่ 100% มีต้นทุนค่าอาหารต่ำสุดคือ 23.36 บาท/กก. (**Table 1**) แต่ก็เป็นสูตรที่ปลามีการเจริญเติบโตแตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองอื่นๆ การใช้วัตถุดิบจากพืชแม้จะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารแต่ก็ต้องคำนึงถึงปริมาณที่เหมาะสมที่ใช้ได้ในสูตรอาหารซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ สาเหตุหนึ่งที่สำคัญคือการกินอาหารที่ลดลงซึ่งส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา โดยปลาที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ 100% มีอัตราการกินอาหารต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ โดยปลาสวายเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ (omnivorous) (Hung et al., 2004) การลดปริมาณปลาป่นในสูตรอาหารซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีความน่ากินทำให้ปลากินอาหารลดลง จึงไม่ได้รับสารอาหารที่เพียงพอสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งแสดงออกให้เห็นจากการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารได้แก่ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้

โปรตีน และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิที่แตกต่างจากชุดการทดลองอื่นๆ นอกจากนี้สารต้านโภชนาการที่พบมากในวัตถุดิบจากพืชเช่น trypsin inhibitors, phytic acid, lectins และ non-starch polysaccharides เป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ (Francis et al., 2006; Kokou and Fountoulaki, 2018) โดยสารต้านโภชนาการจะไปยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร ดังจะเห็นได้จากปลาที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ 100% มีกิจกรรมของแอนไซม์ทริปซิน ไลเปส และอะไมเลสในลำไส้ต่ำกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม สอดคล้องกับรายงานในปลา Japanese seabass (*Lateolabrax japonicas*) ที่พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหารมีค่าลดลงเมื่อมีการใช้วัตถุดิบจากพืชในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น (Li et al., 2014) นอกจากนี้ Santigosa et al. (2008) พบความผิดปกติของเนื้อเยื่อบริเวณลำไส้ในปลาที่ได้รับอาหารที่ใช้แหล่งโปรตีนจากพืชปริมาณสูง ซึ่งส่งผลต่อการผลิตเอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร สอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ที่พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ทริปซิน ไลเปส และอะไมเลสในลำไส้ปลาที่ได้รับอาหารที่มีการใช้แหล่งโปรตีนจากพืชมีค่าแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม

ด้านองค์ประกอบเลือดที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน จากการวัดกิจกรรมของไลโซไซม์ซึ่งเป็นเอนไซม์ต้านเชื้อจุลชีพที่มีความจำเพาะตรงตำแหน่งพันธะ β-(1,4)-glycosidic bonds ที่เชื่อมระหว่างพอลิเมอร์ของน้ำตาล N-acetylmuramic acid และ N-acetylglucosamine ในชั้นเปปทิโดไกลแคน (peptidoglycan) ของผนังเซลล์แบคทีเรีย (Yano, 1996) และเอนไซม์ไมอีโลเปอร์ออกซิเดสซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่ม peroxidase ที่ผลิตโดยเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด neutrophil ทำหน้าที่กระตุ้นให้เกิดการสร้าง hypochlorous acid (HClO) จาก hydrogen peroxide (H_2O_2) และ chloride anion (Cl^-) ในกระบวนการ respiratory burst สำหรับกำจัดสิ่งแปลกปลอม (Castro et al., 2008) จากการทดลองในครั้งนี้พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยแหล่งโปรตีนจากพืชในระดับไม่เกิน 75% มีกิจกรรมของไลโซไซม์ และเอนไซม์ไมอีโลเพอร์ออกซิเดสในซีรัมไม่แตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม แต่จะพบความแตกต่างเมื่อแทนที่ด้วยแหล่งโปรตีนจากพืช 100% สอดคล้องกับรายงานของชลกานต์ (2012) ที่พบว่าการทดแทนปลาป่นด้วยวัตถุดิบพืชบางส่วนนั้นไม่ส่งผลกระทบทางลบต่อองค์ประกอบเลือดและระบบภูมิคุ้มกันในปลาสวาย และ Cheng et al. (2010) ที่พบว่ากิจกรรมของไลโซไซม์ในซีรัมปลา Japanese seabass มีค่าลดลงเมื่อมีการแทนที่ด้วยวัตถุดิบจากพืชเพิ่มมากขึ้น โดยความแตกต่างองค์ประกอบเลือดที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันเกี่ยวข้องกับผลของโภชนาการในอาหารที่ปลาได้รับโดยเฉพาะโปรตีนซึ่งเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อสุขภาพและระบบภูมิคุ้มกันของปลา โดยสารอาหารบางส่วนที่ปลาได้รับจะถูกนำไปใช้เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ในระบบภูมิคุ้มกัน (Kiron, 2012; Martin and Król, 2017) สาเหตุเกิดจากความไม่สมดุลของกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นต่อการนำไปสร้างโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน รวมถึงสารต้านโภชนาการในวัตถุดิบจากพืชที่ไปส่งผลกระทบในทางลบต่อระบบภูมิคุ้มกัน (Hardy, 2010; Trichet, 2010) โดยเฉพาะกรดอะมิโนจำเป็นที่มีจำกัด (limiting amino acid) ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญของการใช้วัตถุดิบจากพืช (Barrows and Frost, 2014) วัตถุดิบจากพืชที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้แก่ กากถั่วเหลืองและถั่วลิสงซึ่งจะขาดกรดอะมิโนเมทไธโอนีน (Methionine, Met) (Oliva-Teles et al., 2015) ในขณะที่โปรตีนกลูเตนจากข้าวสาลีจะขาดกรดอะมิโนไลซีน (lysine, Lys), ทริปโตเฟน (tryptophan, Trp) และอาร์จินีน (arginine, Arg) (Apper-Bossard et al., 2013) การแทนที่ปลาป่นด้วยวัตถุดิบจากพืช 100% จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพปลาได้

สรุป

การศึกษาครั้งนี้พบว่า สามารถแทนที่โปรตีนจากปลาป่นโดยใช้กากถั่วเหลือง ถั่วลิสงป่น และโปรตีนกลูเตนจากข้าวสาลีเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชผสมได้สูงสุดที่ 75% ในสูตรอาหารของปลาสวายลูกผสม โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และองค์ประกอบเลือดที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพและระบบภูมิคุ้มกัน แต่การแทนที่ที่ระดับ 50% เป็นระดับที่ปลามีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีดังจะเห็นได้จากค่าการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิที่แตกต่างจากชุดการทดลองอื่นๆ จากการทดลองครั้งนี้ยังพบว่า กิจกรรมของเอนไซม์

ไลเปสและอไมเลสในลำไส้มีค่าแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับสูตรควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากสารต้านโภชนาการ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมการปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบจากพืชเพื่อลดปริมาณสารต้านโภชนาการหรือปรับปรุงโครงสร้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและการนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2560. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2558. เอกสารฉบับที่ 5/2560, กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชลกานต์ ขวัญนาวารักษ์. 2555. การเสริมสารสกัดเห็นนางฟ้าในอาหารปลาสวาย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ ปะนาเส, ดวงพร อมรเลศพิศาล และเกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2556. การเจริญพันธุ์และประสิทธิภาพการเพาะพันธุ์ของปลาหนัง 3 สายพันธุ์; ปลาบึก ปลาสวายและปลาลูกผสมโดยเทคนิคการผสมกลับ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 7: 27-37.

เรืองไร โตกฤษณะ, กุลภา กุลดิลก, กุลภา บุญชูวงศ์, เบญจวรรณ คงขน และธันย์ธาดา มะวงศ์ไว. 2558. สถานภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไทยในบริบทของประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน: เอกสารวิชาการหมายเลข 9. สถาบันคลังสมองของชาติ, กรุงเทพฯ.

สิทธิชัย ฮะทะโชติ, เกตุนภัส ศรีไพโรจน์ และอุทัยรัตน์ ณ นคร. 2553. ลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจของปลาสวาย (*Pangasianodon hypophthalmus*) ปลาโมง (*Pangasius bocourti*) และลูกผสม (*P. hypophthalmus* X *P. bocourti*). น. 210-217. ใน: เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาประมง 3-5 ก.พ. 2553. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Anh Ngoc, P.T., D. Gaitán-Cremaschi, M.P.M. Meuwissen, C.L. Tru, R.H. Bosma, J. Verreth, and A. Oude Lansink. 2018. Technical inefficiency of Vietnamese Pangasius farming: A data envelopment analysis. Aquaculture Economics & Management. 22: 229-243.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis 15 Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

Apper-Bossard, E., A. Feneuil, A. Wagner, and F. Respondek. 2013. Use of vital wheat gluten in aquaculture feeds. Aquatic Biosystems. 9: 21.

Barrows, F.T. and J.B. Frost. 2014. Evaluation of the nutritional quality of co-products from the nut industry, algae and an invertebrate meal for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. 434: 315–324.

Bergmeyer, H.U., E. Bernt, F. Schmidt, and H., Stork, 1974. *D*-glucose determination with hexokinase and glucose-6-phosphate dehydrogenase. In: H.U. Bergmeyer. Methods of Enzymatic Analysis, VerlagChemie, Weinheim.

Blaxhall, P.C. and K.W. Daisley. 1973. Routine haematological methods for use with fish blood. Journal of Fish Biology. 5: 771-781.

Castro, R., M.C. Piazzon, M. Noya, J.M. Leiro, and J. Lamas. 2008. Isolation and molecular cloning of a fish myeloperoxidase. Molecular Immunology. 45 :428-437.

Cheng, Z., Q. Ai, K. Mai, W. Xu, H. Ma, Y. Li, and J. Zhang. 2010. Effects of dietary canola meal on growth performance, digestion and metabolism of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicas*. Aquaculture. 305: 102-108.

Da, C.T., L.T. Hung, H. Berg, J.E. Lindberg, and T. Lundh. 2013. Evaluation of potential feed sources, and technical and economic considerations of small-scale commercial striped catfish (*Pangasius hypothalamus*) pond farming systems in the Mekong Delta of Vietnam. Aquaculture Research. 44: 427-438.

Da, C.T., T. Lundh, and J.E. Lindberg. 2012. Evaluation of local feed resources as alternatives to fish meal in terms of growth performance, feed utilisation and biological indices of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings. Aquaculture. 364–365:150–156.

Demers, N.E. and C.J. Bayne. 1997. The immediate effects of stress on hormones and plasma lysozyme in rainbow trout. Developmental and Comparative Immunology. 21: 363-373.

Erlanger, B., N. Kokowsky, and W. Cohen. 1961. The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. Archives of Biochemistry and Biophysics. 95: 271-278.

Francis, G., H.P.S. Makkar, and K. Becker. 2006. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture. 199: 197-227.

Hardy, R.W. 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research. 41: 770-776.

Hardy, R.W. and F.T. Barrows. 2002. Diet Formulation and Manufacture. In: J.E. Halver, and R.W. Hardy. Fish Nutrition. Academic press, San Diego.

Hung, L.T., N. Suhenda, J. Slembrouck, J. Lazard, and Y. Moreau. 2004. Comparison of dietary protein and energy utilization in three Asian catfishes (*Pangasius bocourti*, *P. hypophthalmus* and *P. djambal*). Aquaculture Nutrition. 10: 317–326.

Kiron, V. 2012. Fish immune system and its nutritional modulation for preventive health care. Animal Feed Science and Technology. 173: 111-133.

Kokou, F. and E. Fountoulaki. 2018. Aquaculture waste production associated with antinutrient presence in common fish feed plant ingredients. Aquaculture. 495: 295–310.

Larsen, H.N. and S.F. Snieszko. 1961. Comparison of Various Methods of Determination of Hemoglobin in Trout Blood. The Progressive Fish-Culturist. 23: 8-17.

Li, Y., Q. Ai, K. Mai, W. Xu, J. Deng, and Z. Cheng. 2014. Comparison of high-protein soybean meal and commercial soybean meal partly replacing fish meal on the activities of digestive enzymes and aminotransferases in juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus* (Cuvier, 1828). Aquaculture Research. 45: 1051-1060.

Martin, S.A.M. and E. Król. 2017. Nutrigenomics and immune function in fish: new insights from omics technologies. Developmental and Comparative Immunology. 75: 86–98.

Oliva-Teles, A. P. Enes, and H. Peres. 2015. Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. In: D. A. Davis. Feed and Feeding Practices in Aquaculture. Elsevier/Woodhead Publishing, Amsterdam.

Paripatananont, T. 2002. Snakehead and Pangasius catfish. In: C.D. Webster, and C. Lim. Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI Publishing, Wallingford Oxon.

Phan, L.T., T.M. Bui, B.A. Ingram, T.T.T. Nguyen, G.J. Gooley, H.V. Nguyen, P.T. Nguyen, and S.S. De Silva. 2009. Seed Production Practices of Striped Catfish, *Pangasianodon Hypophthalmus* in the Mekong Delta Region, Vietnam. Aquaculture. 306: 92-100.

Sahoo, P.K., J. Kumari, and B.K. Mishra. 2005. Non-specific immune responses in juveniles of Indian major carps. Journal of Applied Ichthyology. 21: 151-155.

Santigosa, E., J. Sánchez, F. Mèdale, S. Kaushik, J. Pères-Sánchez, and M.A. Gallardo. 2008. Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea beam (*Sprus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plants protein sources. Aquaculture. 282: 68-74.

Supamattaya, K. 1995. Laboratory Manual for Fish Diseases and Parasites. Department of Aquatic Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla.

Sutthi, N., D. Amornlerdpisan, C. Chitmanat, and K. Mengumphan. 2014. Annual Growth and Reproductive Performance in an F2 Catfish Hybrid. Journal of Advanced Agricultural Technologies. 1: 113-118.

Thongprajukaew, K. and U. Kovitvadhi. 2013. Effects of sex on characteristics and expression levels of digestive enzymes in the adult guppy *Poecilia reticulate*. Zoological Studies. 52: 3.

Trichet, V.V. 2010. Nutrition and immunity: an update. Aquaculture Research. 41: 356-372.

Winkler, U.K. and M. Stuckmann. 1979. Glycogen, hyaluronate and some other polysaccharides greatly enhance the formation of exolipase by Serratia marcescens. Journal of Bacteriology. 138: 663-670.

World Bank. 2014. Fish to 2030. Prospects for fisheries and aquaculture. Report No. 83177-GLB. The World Bank, Washington DC.

Yano, T. 1996. The nonspecific immune system: humoral defense. In: G. Iwama, and T. Nakanishi. The Fish Immune System: Organism, Pathogen, and Environment. Academic Press, San Diego.