

ผลของเศษปลาหมักต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร
และสารอาหารของปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*)

Effects of Fish Silage on Growth Performance, Feed and Nutrient Utilization of
Red Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*)

อนุรักษ์ เขียวขจรเขต^{1, 2*}

Anurak Khieokhajonkhet^{1, 2*}

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

¹Department of Agriculture Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources, and Environment, Naresuan University,
Phitsanulok 65000, Thailand

²ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

²Center for Agriculture Biotechnology, Faculty of Agriculture, Natural Resources, and Environment, Naresuan University,
Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author: Email: anurakk@nu.ac.th

(Received: 2 November 2017; Accepted: 15 February 2018)

Abstract: Fish silage (FS) is fish processing waste that contains a high amount of nutritional values. The remaining nutrients are important for growth development in the aquatic animals. This study was undertaken to investigate the suitability of using fish silage. A dried powder FS was used to prepare 5 experimental diets with different levels of FS inclusion (0, 25, 50, 75, and 100 percent of protein). All experimental diets were isonitrogenous and isolipidic diets. After 8 weeks of the feeding trial, the fish fed FS25 and FS50 exhibited high weight gain, average daily growth, specific growth rate, feed conversion ratio, digestibility of dry matter and protein, protein efficiency ratio, phosphorus retention, and nitrogen and phosphorus loading, but not significantly differed from the fish fed control diet ($P>0.05$). FS substitution of up to 75 percent (FS75 and 100) of the fish meal protein in control diet was negatively depressed growth performance. In addition, low protein digestibility leads to reduce growth performance, nutrients utilization resulting high nitrogen and phosphorus loaded. The feeding cost of fish fed FS25 and FS50 had the lowest value than the control diet. The results of the present study suggest that 50 percent of fish silage can potentially substitute protein in the fish meal without depressing growth performance and reduce nutrient loading into the water body.

Keywords: Fish silage, fish meal, protein replacement, red tilapia, nitrogen, phosphorus

บทคัดย่อ: เศษปลาหมัก (fish silage, FS) จากกระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำเป็นเศษเหลือทิ้งที่ยังคงสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ จึงเป็นที่มาของศึกษานี้โดยกำหนดให้อาหารทดลองผสมด้วยเศษปลาหมักที่ระดับต่างๆ จำนวน 5 ระดับประกอบด้วย สูตรควบคุม (FS0) ไม่ผสมเศษปลาหมัก และมีแหล่งโปรตีนที่มาจากปลาป่นเป็นหลัก สูตรที่ 2-5 (FS25-FS100) ผสมเศษปลาหมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของระดับโปรตีนในปลาป่นในสูตรควบคุมตามลำดับ โดยกำหนดให้มีโปรตีน และไขมันในระดับใกล้เคียงกัน จากการทดลองพบว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตร FS25 และ FS50 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูง การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบและโปรตีน ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การสะสมฟอสฟอรัส และการขับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสูตรควบคุม (FS0) ในขณะที่ปลานิลแดงที่ได้รับอาหาร FS75 และ 100 มีผลเชิงลบต่อการเจริญเติบโต และเมื่อประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนต่ำจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต การนำสารอาหารไปประโยชน์ส่งผลต่อการขับไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูงอีกด้วย ด้านต้นทุนค่าอาหารพบว่าเมื่อใช้เศษปลาหมักที่ 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์มีผลให้อาหารมีต้นทุนที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม การทดลองในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเศษปลาหมักเป็นวัตถุดิบที่ศักยภาพต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และสามารถทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้มากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตและสามารถลดการขับสารอาหารลงสู่แหล่งน้ำได้

คำสำคัญ: เศษปลาหมัก ปลาป่น การทดแทนโปรตีน ปลานิลแดง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส

คำนำ

ปลาป่นเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญต่อการผลิตอาหารสัตว์น้ำ เนื่องจากปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพ มีองค์ประกอบของกรดอะมิโนครบถ้วน นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีการใช้ปลาป่นมากถึง 68 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณปลาป่นทั้งหมด (Brinker and Reiter, 2011) และมีความต้องการอย่างไม่จำกัด ส่งผลให้ปลาป่นมีราคาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้มีการศึกษาแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพเทียบเท่าปลาป่น (Naylor et al., 2000) เศษปลาหมัก (FS) เป็นเศษเหลือจากการชำแหละปลาในท้องตลาด และรวมถึงเศษปลาจากโรงงานแปรรูปปลาเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ (วรวิทย์ และ ปรีดา, 2558) โดยพบว่าอุตสาหกรรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากปลามีเศษปลาหมักจำนวนมากถึง 65 เปอร์เซ็นต์ (อัจริ และคณะ, 2558) ซึ่งยังคงเป็นแหล่งของสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำจึงเหมาะสำหรับการผลิตอาหารสัตว์น้ำเชิงอุตสาหกรรม (Olsen and Toppe, 2017) นพวรรณ และคณะ (2548) พบว่าเศษปลาหมักจากอุตสาหกรรมการแปรรูปปลา มีองค์ประกอบของโปรตีนมากถึง 74.05 เปอร์เซ็นต์ซึ่งสูงกว่าปลาป่นคุณภาพดี (Premium grade) ที่มีโปรตีน

60.39 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาของ Lapie และ Bigueras-Benitez (1992) พบว่าปลานิล (*Oreochromis* sp.) ที่ได้รับอาหารผสมเศษปลาหมักและปลาป่นในอัตราส่วน 1:1 และผ่านกระบวนการหมักด้วยกรดฟอร์มิกให้ผลการเจริญเติบโตเทียบเท่ากับปลาที่ได้รับอาหารจากปลาป่นเป็นหลัก ในขณะที่เมื่อเพิ่มสัดส่วนเศษปลาหมักต่อปลาป่นเป็น 3:1 พบว่าปลามีการเจริญเติบโตลดลง ทั้งนี้เนื่องจากค่าความเป็นกรดของอาหาร และปริมาณของเศษปลาหมักที่มากเกินไปส่งผลต่อความสมดุลของกรดอะมิโนในอาหาร ส่วนในปลาแอทแลนติกแซลมอน (Atlantic salmon, *Salmo salar*) สามารถใช้เศษปลาหมักได้เพียง 15 เปอร์เซ็นต์โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต (Berge and Storebakken, 1996)

ปลานิลแดง (red tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจ และเป็นที่ยอมรับเพื่อการเพาะเลี้ยง (คณนา, 2559) โดยเฉพาะในเขตภาคเหนือตอนล่าง เนื่องจากปลานิลแดงเป็นสัตว์น้ำที่เลี้ยงง่าย ด้านทานโรค และทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี (จาตุรนต์ และชนกันต์, 2560) นอกจากนี้ปลานิลแดงยังเป็นสัตว์น้ำที่กินอาหารได้หลากหลายชนิด หรืออยู่ในกลุ่มที่กินได้ทั้งพืชและสัตว์ (omnivorous fish) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากเศษปลาหมักต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร การใช้โปรตีน การใช้ประโยชน์จากไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในปลานิลแดง

วิธีการศึกษา

อนุบาลลูกปลานิลแดง (ขนาดประมาณ 1 กรัม ต่อตัว) ในถังขนาดความจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดปลากินพืชที่มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่ต่ำกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ วันละ 2 ครั้งคือ เวลา 09.00 และ 16.00 นาฬิกา จนกว่าจะอิ่ม (fed-satiation) เมื่อลูกปลาได้ขนาดเริ่มต้นสำหรับการทดลองที่มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 3-4 กรัมต่อตัว ทำการชั่งน้ำหนักและย้ายลูกปลาลงตู้ทดลอง โดยกำหนดให้แต่ละชุดการทดลองมีปลาจำนวน 20 ตัวต่อตู้ ชุดการทดลองละ 3 ตู้

รวบรวมเศษปลาหมักจากกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรศรีมหาโพธิ์ จังหวัดสุโขทัย นำไปอบแห้งตามวิธีการของ นพวรรณ และคณะ (2548) จากนั้นผสมวัตถุดิบอาหารทดลองทั้งหมดที่วิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการแล้ว (ไม่ได้แสดงข้อมูล) เพื่อสร้างอาหารทดลองที่ผสมด้วยเศษปลาหมักจำนวนทั้งหมด 5 ระดับคือสูตรควบคุม (สูตรที่ 1; FS0) เป็นสูตรที่ไม่ผสมเศษปลาหมัก และมีแหล่งโปรตีนที่ได้จากปลาป่นเป็นหลัก (fish silage 0; FS0) สูตรที่ 2-5 (FS25-100) ให้ผสมเศษปลาหมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของระดับโปรตีนในปลาป่นในอาหารสูตรควบคุม (FS0) ตามลำดับ (ตารางที่ 1) และกำหนดให้อาหารทุกสูตรมีโปรตีนและไขมัน (isonitrogenous and isolipidic diets) ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

การตรวจสอบการเจริญเติบโตของปลา

กำหนดให้ติดตามน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักอาหารที่ปลากิน และนับจำนวนปลาที่เหลือในทุก ๆ 2 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาการทดลองทั้งหมด 8 สัปดาห์ เพื่อติดตามการเจริญเติบโตซึ่งประกอบด้วยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate) อัตราการกินอาหาร (rate of feed

intake) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio) และอัตราการรอดตาย (survival rate) โดยมีสูตรคำนวณดังต่อไปนี้

การเจริญเติบโตหรือน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain)

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาสุดท้าย (g)} - \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น (g)}}{\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น (g)}} \times 100$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate)

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (\%)} = \frac{\ln \text{น้ำหนักปลาสุดท้าย} - \ln \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลา (วัน)}} \times 100$$

อัตราการกินอาหาร (feed intake)

$$\text{อัตราการกินอาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อตัวต่อวัน)} = \frac{F \times 100}{\frac{Wo + Wt}{2} \times \frac{No + Nt}{2} \times t}$$

โดยที่

F = น้ำหนักอาหารแห้งที่ปลากิน (กรัม)

No = จำนวนปลาเริ่มต้น (ตัว)

Wo = น้ำหนักปลาเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)

Nt = จำนวนปลาสุดท้าย (ตัว)

Wt = น้ำหนักปลาเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)

t = ระยะเวลาที่ปลาได้รับอาหารทดลอง (ตัว)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio)

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด (g)}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง (g)}}$$

อัตราการรอดตาย (survival rate)

$$\text{อัตราการรอดตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้น}} \times 100$$

Table 1. Composition of experimental diets formulated to provide approximately 30% crude protein and 7% crude lipid and chemical composition of experimental diets (on dry matter basis)

	Varying levels of fish silage in experimental diet (%)				
	FS0	FS25	FS50	FS75	FS100
Ingredients (%)					
Fish meal	16	13	9	4	0
Fish silage	0	3	9	14	19
Soybean meal	34	34	34	34	34
Corn meal	19	19	19	19	19
Rice bran	24.5	24.5	22.5	22.5	21.5
Fish oil	2	2	2	2	2
Chromic oxide	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vitamin mixture ¹	1	1	1	1	1
Mineral mixture ²	3	3	3	3	3
Chemical composition (%)					
Crude protein	30.66 ± 0.69	30.40 ± 0.44	30.32 ± 0.04	30.78 ± 0.69	30.35 ± 0.09
Crude fat	7.55 ± 0.50	7.45 ± 0.89	7.67 ± 0.34	7.32 ± 0.98	7.89 ± 0.27
Ash	8.12 ± 0.05	8.99 ± 0.12	9.08 ± 0.21	10.44 ± 0.52	11.92 ± 0.27
Crude fiber	2.89 ± 0.32	2.89 ± 0.75	2.86 ± 0.08	2.71 ± 0.05	2.57 ± 0.23
Moisture	2.60 ± 0.32	2.40 ± 0.34	2.30 ± 0.68	2.60 ± 0.98	2.70 ± 0.99
Phosphorus content (%)					
Total P	1.19 ± 0.08	1.22 ± 0.06	1.49 ± 0.04	1.58 ± 0.08	1.73 ± 0.09
Estimated available P ³	0.79	0.76	0.51	0.37	0.29

¹ Vitamin mixture (mg or IU/kg diet): A, 5,000 IU; D3, 1,000 IU; E, 5,000 mg; K, 2,000; B1, 2,500 mg; B2, 1,000 mg; B6, 1,000 mg; B12, 10 mg; inositol, 1000 mg; pantothenic acid, 3,000 mg; niacin acid, 3,000 mg; C, 10,000 mg; folic acid, 300 mg; biotin, 10 mg

² Mineral mixture (g/kg feed); calcium phosphate, 80; calcium lactate, 100; ferrous sulphate, 1.24; potassium chloride, 0.23; potassium iodine, 0.23; copper sulphate, 1.2; manganese oxide, 1.2; cobalt carbonate, 0.2; zinc oxide, 1.6; Magnesium chloride, 2.16; sodium selenite, 0.10

³ Estimated available phosphorus = total phosphorus x ADC phosphorus

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของซากปลาทั้งตัว และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน

สุ่มปลาก่อนการทดลอง (initial fish) จำนวน 15 ตัว และหลังการทดลองจำนวน 2 ตัวต่อตู้สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธีการของ AOAC (1990) เพื่อคำนวณประสิทธิภาพการใช้โปรตีนประกอบด้วยสูตรคำนวณต่อไปนี้คือ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio) และโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ (protein productive value) โดยมีสูตรคำนวณดังต่อไปนี้

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio)

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (g)}}{\text{น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน (g)}} \times 100$$

โปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ (productive protein value)

$$\text{โปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์} = \frac{\text{โปรตีนปลาสุดท้าย (g)} - \text{โปรตีนเริ่มต้น (g)}}{\text{น.น.โปรตีนตลอดการทดลอง (g)}}$$

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสารอาหาร

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารด้วยการผสมโครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) กำหนดให้ผสมลงในอาหารทดลองที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร แล้วเก็บมูลหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำด้วยวิธีกาลักน้ำ (siphoning) นำมูลที่ได้มารวม (pool) และแยกในแต่ละชุดการทดลอง จนได้ปริมาณที่ต้องการ อบรมูลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนได้น้ำหนักคงที่ นำตัวอย่างไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณโครมิกออกไซด์ในอาหาร เพื่อคำนวณประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบ (apparent digestibility coefficient of dry matter; ADC dry matter) ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน (ADC protein) และฟอสฟอรัส (ADC phosphorus) โดยมีสูตรคำนวณดังต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุดิบแห้ง (dry matter digestibility or total digestibility)

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุดิบแห้ง} = 100 - 100 \times \left(\frac{\% \text{โครมิกออกไซด์ในอาหาร}}{\% \text{โครมิกออกไซด์ในมูล}} \right)$$

สัมประสิทธิ์ในการย่อยสารอาหาร (apparent digestibility coefficient of nutrients, (%))

$$\text{ADC สารอาหาร} = 100 - 100 \times \left(\frac{\% \text{โครมิกออกไซด์ในอาหาร}}{\% \text{โครมิกออกไซด์ในมูล}} \right) \times \left(\frac{\% \text{สารอาหารในมูล}}{\% \text{สารอาหารในอาหาร}} \right)$$

การศึกษาประสิทธิภาพการนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์

วิเคราะห์องค์ประกอบของโปรตีน และฟอสฟอรัสในปลาหลังการทดลอง (final whole body carcass) เพื่อคำนวณประสิทธิภาพการนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ (nutrients retention) ประกอบด้วยการสะสมโปรตีน (protein retention) และฟอสฟอรัส (phosphorus retention) และการขับสารอาหารทิ้ง (nutrients load) ประกอบด้วยการขับไนโตรเจน (nitrogen load) และฟอสฟอรัส (phosphorus load) โดยมีสูตรคำนวณดังต่อไปนี้

การเก็บสะสมสารอาหารในร่างกาย (nutrient retention)

$$\text{การเก็บสะสมสารอาหารในร่างกาย} = \frac{100 \times (\text{FICN} - \text{INCN})}{\text{Nutrient intake}}$$

โดยที่

FICN คือ ปริมาณสารอาหารที่คงเหลือในซากหลังการทดลอง (กรัม)

INCN คือ ปริมาณสารอาหารที่คงเหลือในซากก่อนการทดลอง (กรัม)

Nutrient intake คือ ปริมาณของสารอาหารที่ใช้ทั้งหมด

การขับสารอาหารทิ้ง (Nutrient load)

$$\text{การขับสารอาหารทิ้ง} = \frac{\text{ปริมาณสารอาหารที่ได้รับ (g)} - \text{ปริมาณสารอาหารที่เหลือ (g)}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (kg)}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ANOVA ด้วย CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปลานิลแดงที่ได้รับอาหารทดแทนเศษปลาหมักที่ระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์พบว่าปลาที่ได้รับอาหาร FS25 และ 50 มีการเจริญเติบโตที่ดี (ตารางที่ 2) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับชุดควบคุม และมีแนวโน้มเดียวกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในปลานิลแดง (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* × *O. aureus*) ขนาดปลานิ้ว (fingerling) และปลาดุกแอฟริกา (*Clarias gariepinus*) ระยะ juvenile พบว่าปลาสามารถใช้เศษปลาหมักทดแทนปลาป่นได้ 50 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนในปลาป่น (Fagbenro and Jauncey, 1995; Madage *et al.*, 2015) ในขณะที่การใช้เศษปลาหมักในปลาแอตแลนติกแซลมอนพบว่าไม่มีผลในเชิงลบต่อการเจริญเติบโต (Heras *et al.*, 1994; Parrish *et al.*, 1991) แต่ระดับเศษปลาหมักที่เหมาะสมสำหรับปลาแซลมอนคือ 25 เปอร์เซ็นต์ (Hardy *et al.*, 1984) อย่างไรก็ตามการศึกษาในปลานิลระยะ juvenile ที่ผสมด้วยเศษปลาหมักปลากลาย (*Chitala ornata*) ที่ผ่านกระบวนการต้มที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีและแยกน้ำมันออกจากเศษปลาหมัก พบว่าปลานิลสามารถ

ใช้เศษปลาหมักทดแทนโปรตีนจากปลาป่นใช้ได้มากถึง 75 เปอร์เซ็นต์ (Abarra *et al.*, 2017) ส่วนปลานิลแดงที่ได้รับอาหารทดลองสูตร FS75 และ 100 มีการเจริญเติบโตต่ำ ($P<0.05$) ทั้งนี้เมื่อระดับของเศษปลาหมักเพิ่มมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์จะมีผลต่อการกินอาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว การใช้ประโยชน์จากโปรตีน (PER) และการใช้โปรตีนสุทธิ (net protein utilization value) มีค่าลดลง (Hardy *et al.*, 1984)

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของซากปลาที่ได้รับอาหารผสมเศษปลาหมักที่ระดับต่าง ๆ พบว่าความชื้นซากปลาลงการทดลอง (ตารางที่ 3) ไม่มีความแตกต่างกันสถิติ ($P>0.05$) โปรตีนในซากปลาลงการทดลองพบว่าเมื่อระดับของเศษปลาหมักเพิ่มขึ้นมีผลทำให้องค์ประกอบของโปรตีนในซากปลาทั้งตัวลดลง โดยปลาที่ได้รับอาหารในสูตรควบคุมมีโปรตีนสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับ FS25 ($P>0.05$) ในขณะที่องค์ประกอบของเถ้าและฟอสฟอรัสในตัวปลาเพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 3) เมื่อระดับของเศษปลาหมักเพิ่มขึ้น Al-Abri *et al.* (2014) พบว่าเศษปลาหมักเป็นแหล่งของโปรตีนที่มีฟอสฟอรัสแคลเซียมในปริมาณสูง ทำให้ผลต่อการนำแร่ธาตุดังกล่าวไปใช้ประโยชน์เพื่อการสะสมในร่างกาย จึงทำให้มีปริมาณเถ้าในปลาทั้งตัวเพิ่มขึ้น (Toppe *et al.*, 2006; Vielma and Lall, 1998)

Table 2. Growth parameters of red tilapia fed diets containing different levels of fish silage

Growth performance of red tilapia fed diets containing various levels of fish silage ¹								
Diets	Initial weight	Final weight	Weight gain ²	ADG ³	SGR ⁴	Feed intake ⁵	FCR ⁶	Survival Rate ⁷
FS0	3.49 ± 0.04	9.28 ± 0.98 ^a	265.97 ± 19.69 ^a	0.10 ± 0.02 ^a	1.83 ± 0.20 ^a	0.15 ± 0.18 ^a	1.61 ± 0.37 ^b	90.00 ± 5.00
FS25	3.48 ± 0.01	8.59 ± 0.48 ^a	246.83 ± 13.85 ^a	0.09 ± 0.01 ^a	1.61 ± 0.12 ^a	0.13 ± 0.03 ^{ab}	1.62 ± 0.35 ^b	90.00 ± 8.66
FS50	3.50 ± 0.03	8.61 ± 0.55 ^a	246.02 ± 14.24 ^a	0.09 ± 0.01 ^a	1.61 ± 0.10 ^a	0.14 ± 0.01 ^b	1.80 ± 0.06 ^b	91.67 ± 2.89
FS75	3.51 ± 0.03	7.00 ± 0.27 ^b	199.43 ± 7.31 ^b	0.06 ± 0.00 ^b	1.23 ± 0.07 ^b	0.12 ± 0.01 ^b	1.88 ± 0.21 ^{ab}	93.33 ± 7.64
FS100	3.51 ± 0.03	6.88 ± 0.45 ^b	196.01 ± 13.76 ^b	0.06 ± 0.01 ^b	1.20 ± 0.12 ^b	0.14 ± 0.01 ^b	2.26 ± 0.20 ^a	88.33 ± 10.33

¹ Values are means ± S.D. of three replicates and values within the same column with different letters are significant difference ($P<0.05$, n=3)

² Weight gain = (Final weight-Initial weight)/Initial weight×100

³ ADG, Average daily gain = Final weight – Initial weight/days

⁴ SGR, Specific growth rate = $(\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1) \times 100$, W_1 = Initial weight, W_2 = Final weight, $T_2 - T_1$ = Cultured period

⁵ Feed intake = (feed consumed × 100) / [(Initial weight + Final weight)/2] × [(Number of initial fish + Number of final fish)] × Cultured period

⁶ FCR, Feed conversion ratio = Feed intake / Weight gain

⁷ Survival rate = Number of final fish / Number of initial fish × 100

ปลาที่ได้รับอาหารผสมเศษปลาหมักที่ระดับ FS25 - FS50 พบว่าการใช้ประโยชน์จากโปรตีน (PER) และประสิทธิภาพการย่อยสารอาหาร (ADC dry matter, ADC protein) อยู่ในระดับสูงแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่าปลานิลแดงสามารถใช้เศษปลาหมักได้ถึงระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และประสิทธิภาพการย่อยสารอาหาร ในขณะที่เมื่อระดับของเศษปลาหมักที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์มีผลทำให้ปลาลดความอยากอาหารลง (Fagbenro *et al.*, 1994) และมีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนที่ลดลง (ADC protein) เนื่องจากเมื่อผสมเศษปลาหมักในปริมาณมากจะส่งผลต่อความไม่สมดุลของกรดอะมิโนในอาหาร ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้โปรตีนของปลานิลแดง (Haylor, 1992) ในขณะที่การสะสมไนโตรเจนในร่างกาย

(N retention) และไนโตรเจนที่ถูกขับทิ้ง (N loaded) มีค่าแปรผกผัน เมื่อระดับเศษปลาหมักเพิ่มขึ้นในอาหาร (ตารางที่ 5) มีผลทำให้การสะสมไนโตรเจนในตัวปลาลดลง แต่มีปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับทิ้ง (N loaded) เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าการสะสมฟอสฟอรัส และฟอสฟอรัสที่ถูกขับทิ้ง เนื่องจากเศษปลาหมักมีองค์ประกอบของกระดูก ก้านครีบซึ่งเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปไตรแคลเซียมฟอสเฟต (Tricalcium phosphate) หรือแคลเซียมอะพาไทต์ (calcium apatite) ที่มีคุณสมบัติการแตกตัว และละลายได้ในน้ำต่ำ (วุฒิพร และคณะ, 2551) จึงส่งผลกระทบต่อกระบวนการย่อยได้และการนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ (nutrient availability and utilization)

การคำนวณราคาอาหาร และราคาอาหารต่อน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัมในแต่ละสูตร (ตารางที่ 6)

Table 3. The whole-body composition of red tilapia fed the experimental diets for 8 weeks (dry-weight basis)

	Moisture	Proximate analysis (%) ¹			
		Crude protein	Crude fat	Ash	Phosphorus
Initial fish	76.98 ± 0.23	50.14 ± 0.46	23.43 ± 0.24	13.19 ± 0.49	2.16 ± 0.01
FS0	73.09 ± 0.34	64.26 ± 0.98 ^a	23.48 ± 0.63 ^b	13.20 ± 0.44 ^c	2.12 ± 0.11 ^c
FS25	73.87 ± 0.54	62.80 ± 1.19 ^a	23.04 ± 0.43 ^c	14.43 ± 0.35 ^b	2.18 ± 0.03 ^c
FS50	73.67 ± 0.78	53.31 ± 0.18 ^b	24.72 ± 0.57 ^a	14.56 ± 0.34 ^b	2.45 ± 0.10 ^b
FS75	73.60 ± 0.87	50.39 ± 1.53 ^b	24.93 ± 0.03 ^a	15.18 ± 0.03 ^b	2.55 ± 0.12 ^{ab}
FS100	73.83 ± 0.18	49.68 ± 3.17 ^b	24.86 ± 0.34 ^a	16.78 ± 0.48 ^a	2.69 ± 0.02 ^a

¹ Values are means ± S.D. of three replicates and values within the same column with different letters are significant difference ($P < 0.05$, $n = 3$)

Table 4. Feed utilization efficiency of red tilapia fed diets containing different levels of fish silage for 8 weeks¹

Diets	PER ²	PPV ³	ADC dry matter ⁴	ADC protein ⁵	ADC P ⁶
FS0	2.03 ± 0.12 ^a	42.75 ± 1.74 ^a	73.01 ± 2.14 ^a	81.19 ± 4.88 ^a	66.75 ± 2.18 ^a
FS25	2.02 ± 0.30 ^a	40.19 ± 7.21 ^a	71.69 ± 2.50 ^a	76.60 ± 3.56 ^a	62.70 ± 0.07 ^a
FS50	1.83 ± 0.07 ^{ab}	28.97 ± 0.89 ^b	72.21 ± 0.91 ^a	74.25 ± 0.10 ^a	34.26 ± 5.93 ^b
FS75	1.75 ± 0.19 ^{ab}	26.26 ± 2.83 ^{bc}	66.00 ± 1.27 ^b	65.35 ± 4.04 ^b	23.40 ± 2.72 ^b
FS100	1.47 ± 0.13 ^b	21.26 ± 1.71 ^c	65.37 ± 1.82 ^b	63.41 ± 1.53 ^b	16.87 ± 6.67 ^c

¹ Values are means ± S.D. of three replicates and values within the same column with different letters are significant difference ($P < 0.05$, $n = 3$)

² PER, Protein efficiency ratio = Weight gain / Protein intake

³ PPV, Productive protein value = (Protein gain / Protein intake × 100)

⁴ ADC dry matter, Apparent digestibility coefficient of dry matter = $100 - 100 \times (\%Cr_2O_3 \text{ in diet} / \%Cr_2O_3 \text{ in feces})$

^{5,6} ADC nutrient, Apparent digestibility coefficient of nutrient = $100 - 100 \times ((\%Cr_2O_3 \text{ in diet} / \%Cr_2O_3 \text{ in feces}) \times (\% \text{nutrient in feces} / \% \text{nutrient in diet}))$

Table 5. Nitrogen and phosphorus utilization of red tilapia fed different levels of fish silage for 8 weeks¹

Treatments	Retention (%) ²		Loading (g/kg diet) ³	
	Nitrogen	Phosphorus	Nitrogen	Phosphorus
FS0	42.73 ± 1.72 ^a	32.82 ± 1.71 ^a	18.55 ± 2.01 ^c	0.83 ± 0.09 ^c
FS25	40.21 ± 7.19 ^a	32.31 ± 6.03 ^{ab}	20.98 ± 7.53 ^c	0.92 ± 0.30 ^c
FS50	28.98 ± 0.87 ^b	28.00 ± 0.80 ^{ab}	26.15 ± 1.77 ^{bc}	1.22 ± 0.09 ^{bc}
FS75	26.05 ± 2.69 ^{bc}	28.88 ± 3.01 ^b	29.74 ± 4.67 ^{ab}	1.47 ± 0.24 ^b
FS100	21.26 ± 1.71 ^c	23.87 ± 1.68 ^b	37.31 ± 4.33 ^a	2.06 ± 0.24 ^a

¹ Values are means ± S.D. of three replicates and values within the same column with different letters are significant difference ($P < 0.05$, $n=3$).

² Retention (%) = 100x (Final nutrient content in carcass - Initial nutrient content in carcass)/Nutrient intake

³ Loading = Total nutrient intake - Nutrient in carcass /Weight gain

Table 6. Economic analysis of red tilapia diets containing different levels of fish silages

Diets	Feeding cost (Baht/kg diet) ¹	Feeding cost (Baht/kg fish gain) ²
FS0	27.05	44.85
FS25	25.64	40.72
FS50	23.64	41.56
FS75	21.29	42.12
FS100	19.35	43.37

¹ Cost of feed ingredients (Baht/kg): fish meal 38; soybean meal 24.5; broken rice 15.5; rice bran 9

² Feeding cost (Baht/kg gain) = (feeding cost/kg x total eaten feed)/weight gain

พบว่าราคาอาหารในชุดควบคุมมีราคาอาหารสูงที่สุด และมีราคาลดลงตามลำดับ เนื่องจากปริมาณการผสมเศษปลาหมักในอาหารเพิ่มขึ้น ส่วนราคาอาหารต่อน้ำหนักปลาเพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัมพบว่าอาหารชุดควบคุมมีราคาสูงสุด ลดลงในสูตรที่ 2 และพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอาหารสูตรที่ 3 ถึงสูตรที่ 5 เนื่องจากประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และประสิทธิภาพการนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ลดลง ปลาจึงนำสารอาหารไปใช้เพื่อสร้างน้ำหนัก และเพื่อการสร้างโปรตีนได้ต่ำกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2

สรุป

ปลานิลแดงสามารถใช้เศษปลาหมักทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้มากถึง 50 เปอร์เซ็นต์โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต (Weight gain, ADG และ SGR) ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร (ADC dry

matter และ ADC protein) และประสิทธิภาพการนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ (Phosphorus retention, Nitrogen และ phosphorus loaded) นอกจากนี้ยังเป็นระดับที่สามารถลดปริมาณการขับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำ และมีต้นทุนการผลิตปลา 1 กิโลกรัมน้อยกว่าอาหารที่ใช้แหล่งโปรตีนจากปลาป่นเป็นหลัก

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง “ผลของการใช้เศษปลาหมักต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในอาหารปลานิลแดงแปลงเพศ” ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- คณนา อาจสูงเนิน. 2559. การสำรวจรูปแบบการเพาะเลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์ในหมู่บ้านปงหลวง อำเภอเวียงชัย จังหวัดเชียงราย. วารสารเกษตร 32(3): 409-419.
- จาตุรนต์ บัองน้ำไผ่ และ ชนกันต์ จิตมนัส. 2560. การตรวจวินิจฉัยเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่ระบาดในฟาร์มปลานิลโดยใช้เทคนิคพีซีอาร์-อาร์เอฟแอลพี. วารสารเกษตร 33(3) 427-345.
- นพวรรณ ฉิมสังข์ อาริรัตน์ บุญมี วชิร สงศรีอ่อน สตรีไทยท่าบอง และ ปิยะพงศ์ โชติพันธุ์. 2548. การใช้เศษปลาจากการแปรรูปเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลานิล (*Oreochromis niloticus*). วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 27(ฉบับพิเศษ 1): 141-149.
- วรุณิ เกิดปราง และ ปรีดา ภูมิ. 2558. สัดส่วนเศษปลาหมักทดแทนปลาป่นที่เหมาะสมในสูตรอาหารปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 2: 34-42.
- วุฒิพร พรหมขุนทอง อนุรักษ์ เขียวขจรเขต และ กิจการศุภมาตย์. 2551. ผลของโมโนโซเดียมฟอสเฟตในอาหารปลาที่มีปลาป่นระดับต่ำต่อการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการให้ประโยชน์จากฟอสฟอรัสในปลานิลแดงแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 2(2): 9-32.
- อัครี เรืองเดช นงนุช เลหาะวิสุทธิ และบุปผา จงพัฒน์. 2558. การใช้โปรตีนไฮโดรไลเสตที่ได้จากเศษเครื่องในปลานิลเพื่อทดแทนการใช้ปลาป่นในอาหารปลาดุกกลมผสม. เกษตร 43(ฉบับพิเศษ 2): 603-608.
- Abarra, S.T., S.F. Valasques, K.D.D.C. Guzman, J.L.F. Felipe, M.M. Tayamem, and J.A. Ragaza. 2017. Replacement of fishmeal with processed meal from knife fish *Chitala ornata* in diets of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Reports 5: 76-83.
- Al-Abri, A.S., O. Mahgoub, I.T. Kadim, W. Al-Marzooqi, S.J. Goddard and M. Al-Farsi. 2014. Processing and evaluation of nutritive value of fish silage for feeding Omani sheep. Journal of Applied Animal Research 42: 406-413.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1990. Official Methods of Analysis, AOAC, Washington, D.C.
- Berge, G.M. and T. Storebakken. 1996. Fish protein hydrolysate in starter diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. Aquaculture 145: 205-212.
- Brinker, A. and R. Reiter. 2011. Fish meal replacement by plant protein substitution and guar gum addition in trout feed, Part I: Effects on feed utilization and fish quality. Aquaculture 310: 350-360.
- Fagbenro, O.A. and K. Jauncey. 1995. Growth and protein utilization by juvenile catfish (*Clarias gariepinus*) fed dry diets containing co-dried lactic-acid-fermented fish-silage and protein feedstuffs. Bioresource Technology 51: 29-35.
- Fagbenro, O.A., K. Jauncey and G. Haylor. 1994. Nutritive value of diets containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*. Aquatic Living Resources 7: 79-85.
- Hardy, R.W., K.D. Shearer and J. Spinelli. 1984. The nutritional properties of co-dried fish silage in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) dry diets. Aquaculture 38: 35-44.

- Haylor, G.S. 1992. African Catfish Hatchery Manual. Stirling Aquaculture, University of Stirling, Scotland. 86 p.
- Heras, H., C.A. McLeod and R.G. Ackman. 1994. Atlantic dogfish silage vs herring silage in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*): growth and sensory evaluation of fillets. Aquaculture 125: 93-106.
- Madage, S.S.K., W.U.D. Medis and Y. Sultanbawa. 2015. Fish silage as replacement of fishmeal in red tilapia feeds. Journal of Applied Aquaculture 27: 95-106.
- Naylor, R.L., R.J. Goldburg, J.H. Primavera, N. Kautsky, M.C.M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney and M. Troell. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature 405: 1017-1024.
- Olsen, R.L., and J. Toppe. 2017. Fish silage hydrolysates: Not only a feed nutrient, but also a useful feed additive. Trends in Food Science and Technology 66: 93-97.
- Parrish, C.C., H. Li, W.M. Indrasena and R.G. Ackman. 1991. Silage feeds in Atlantic salmon farming: flavor volatiles and lipid composition, feeding trials, and taste panels. Bulletin of the Aquaculture Association of Canada 91: 75-84.
- Toppe, J., A. Aksnes, B. Hope and S. Albrektsen. 2006. Inclusion of fish bone and crab by-products in diets for Atlantic cod, *Gadus morhua*. Aquaculture 253: 636-645.
- Vielma, S.P. and S.P. Lall. 1998. Phosphorus utilization by Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in freshwater is not influenced by higher dietary calcium intake. Aquaculture 160: 117-128.
-