

ผลของการเสริมเปลือกมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใยใน สูตรอาหารปลานิลต่อประสิทธิภาพการย่อยได้และการเจริญเติบโต

Effect of additional cassava peel meal and fibrolytic enzymes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets on digestibility and growth performance

สิทธิชัย ฮะทะโชติ^{1,3*}, เกตุณภัต ศรีไพโรจน์¹, อรพินท์ จินตสถาพร¹ และ ศรีน้อย ชุ่มคำ²

Sittichai Hatachote^{1,3*}, Kednapat sripairoj¹, Orapin Jintasataporn¹
and Srinoy Chumkam²

บทคัดย่อ: การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตในอาหารปลานิลที่ทดแทนปลายข้าวด้วยเปลือกมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ และเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย และศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมเปลือกมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ และเอนไซม์ย่อยเยื่อใย อาหารทดลองทั้งหมด 5 สูตรมีปริมาณโปรตีน 32 ± 1.07 % ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 ไม่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (T1), ชุดการทดลองที่ 2 อาหารเสริมไซลาลเนส (Xylanase) 24,000 U/Kg (T2), ชุดการทดลองที่ 3 อาหารเสริมเซลลูเลส (Cellulase) 10 U/Kg (T3), ชุดการทดลองที่ 4 อาหารเสริมแมนแนนเนส (Mannanase) 750 U/Kg (T4) และชุดการทดลองที่ 5 อาหารเสริมเซลลูเลส (Cellulase) ร่วมกับแมนแนนเนส (Mannanase) (T5) อัตราส่วน 5U : 375U ของ T3 และ T4. การศึกษาการย่อยได้ของอาหารทั้ง 5 สูตรพบว่า ประสิทธิภาพการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตในอาหารที่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยทั้ง 4 ชนิด ไม่แตกต่างกับอาหารชุดควบคุมซึ่งไม่เสริมเอนไซม์ ($P > 0.05$) การศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมเปลือกมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ และเอนไซม์ย่อยเยื่อใยทั้ง 5 ชุดการทดลอง ปลานิลทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้น 40 ± 9.57 กรัม/ตัว ระยะเวลาการเลี้ยง 90 วัน ให้อาหารปลาจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันอยู่ในช่วง 0.53-0.67 กรัม/วัน การเจริญเติบโตเฉพาะอยู่ในช่วง 0.76-0.97 เปอร์เซ็นต์/วัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้ออยู่ในช่วง 1.02-1.16 และอัตราการรอดอยู่ในช่วง 98.33-100 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) สรุปว่า สามารถเสริมเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหารปลานิล เพื่อทดแทนปลายข้าวได้ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ต้องเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย

คำสำคัญ : เอนไซม์ย่อยเยื่อใย, เปลือกมันสำปะหลัง, อาหารปลานิล, ปลานิล

ABSTRACT : Using of cassava peel meal as carbohydrate source and adding fibrolytic enzymes in Nile tilapia diets were investigated. Experiment were focused on carbohydrate digestibility of carbohydrate in diets and growth performance of Nile tilapia. Five isonitrogenous diets was supplemented with 8% cassava peel meal and it was contained with $32 \pm 1.07\%$ protein. The dietary treatment were basal diet (T1; control, no enzyme), T2; control diet added 24,000 U / kg of xylanase, T3; control diet added 10 U/kg of cellulase, T4; control diet added 750 U/kg of

¹ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร
Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok.

² คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ปทุมธานี
Faculty of Agricultural Technology, Walaya Alangkorn Rajabhat University, Phatumthani.

³ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
Faculty of Natural Resources and Agro-industry, Kasetsart University, Chalearnphakriat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon.

* Corresponding author: csnstc@ku.ac.th

mannanase and T5; control diet added cellulase: mannanase 0.5:0.5 times the concentration of T3 and T4. Results of carbohydrate digestibility showed that control diets and fibrolytic enzymes supplemented diet were not significantly different ($P>0.05$). Five experimental diets were used for 90 days Nile tilapia culture and growth performance of fish was evaluated. Initial weight of fish was 40 ± 9.57 g, Feed utilization was also investigated, the results showed that average daily gain, specific growth rates, feed conversion ratio and survival rate were ranged 0.53-0.67 g/day, 0.76-0.97 %/day, 1.02-1.16 and 98.33-100 %, respectively. Growth parameters, feed conversion ratio and survival rate were not significantly different ($P>0.05$). Results from this study revealed that dietary supplementation of fibrolytic enzymes have no effect on nutrient digestibility and growth performance. Therefore, cassava peel meal could be used as carbohydrate source replacement for broken rice at the level 8 % without fibrolytic enzymes supplementation.

Keywords: Fibrolytic Enzymes, Cassava peel meal, Tilapia Diets, Nile Tilapia

บทนำ

ปัจจุบันปลานิลเป็นปลาเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ ทำให้มีการส่งเสริมในการเลี้ยงเป็นส่วนใหญ่ เป็นปลาที่เลี้ยงง่าย เนื้อมีคุณภาพที่ดี มีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็วระยะเวลาในการเลี้ยงไม่ยาวนาน (กรมประมง, 2554) ตลาดโลกจึงมีความต้องการปลานิลมากกว่า 5,000,000 ตัน ในปี 2015 และคาดว่าจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นปีละประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ (FAO, 2014) ดังนั้นจึงมีการผลิตปลานิลเพิ่มขึ้นเพื่อให้มีความเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ไม่ว่าจะเป็นการผลิตปลานิลที่อยู่ในรูปของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่หรือขนาดกลาง จนถึงการผลิตเพื่อยังชีพของเกษตรกรรายย่อย ซึ่งในปัจจุบันมีการศึกษาพัฒนาด้านสายพันธุ์ ระบบการเลี้ยงและอาหาร เพื่อให้ปลานิลมีประสิทธิภาพในการผลิตสูง แต่ทั้งนี้ต้องใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนค่าอาหารการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยปกติต้นทุนค่าอาหารตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง คิดเป็น 70-80 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการเลี้ยงทั้งหมด หากเกษตรกรสามารถลดต้นทุนค่าอาหารจากการเลี้ยงได้ ก็จะทำให้มีผลกำไรเพิ่มมากขึ้น การนำวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการซึ่งเป็นวัตถุดิบท้องถิ่นที่มีราคาถูกและหาได้ง่าย จึงเหมาะที่จะนำมาทดแทนวัตถุดิบที่มีราคาแพง ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงได้ (อรพินท์, 2554)

การใช้เปลือกมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปมันสำปะหลังที่มีปริมาณมากและราคาถูก สามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำได้ เพราะเปลือกมันสำปะหลังมีแป้งคาร์โบไฮเดรตประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนต่ำ ประมาณ 1.8 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเยื่อใยสูง ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

(อรพินท์ และคณะ, 2546) นอกจากนี้ยังมีการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่จะไปช่วยในกระบวนการย่อยทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การผลิตปลานิลให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น และระยะเวลาในการเลี้ยงนั้นสั้นลง และมีต้นทุนต่ำ ได้คุณภาพเนื้อที่ดี เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ที่ดีขึ้น ตลอดจนเป็นแนวทางการพัฒนาศักยภาพของการเลี้ยงปลานิลให้มีความยั่งยืนต่อไปในอนาคต ดังนั้นจึงศึกษาการใช้เปลือกมันสำปะหลังในอาหารปลานิลต่อสมรรถภาพการผลิตเพื่อที่จะได้นำงานวิจัยนี้ให้เกษตรกรได้นำไปประยุกต์ใช้ในการลดต้นทุนของอาหารและเป็นแนวทางการพัฒนาอาหารสัตว์น้ำต่อไป

วิธีการศึกษา

ทดลองเลี้ยงปลานิลในน้ำจืดในถังไฟเบอร์กลาสขนาดบรรจุน้ำจืดปริมาตร 500 ลิตร ซึ่งปลานิลที่นำมาเลี้ยงมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ 40 ± 9.57 กรัม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) 5 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ทดสอบอาหารที่ผสมเปลือกมันสำปะหลังและเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยต่อการเจริญเติบโตของปลานิล โดยทำการแบ่งชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 (T1) ชุดอาหารควบคุมที่ผสมเปลือกมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ ไม่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย

ชุดการทดลองที่ 2 (T2) ชุดอาหารทดสอบผสมเปลือกมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย Xylanase 24,000 U/Kg.

ชุดการทดลองที่ 3 (T3) ชุดอาหารทดสอบผสมเปลือกมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย Cellulase 10 U/Kg.

ชุดการทดลองที่ 4 (T4) ชุดอาหารทดสอบผสมเปลือกมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย Mannanase 750 U/Kg.

ชุดการทดลองที่ 5 (T5) ชุดอาหารทดสอบผสมเปลือกมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย Cellulase : Mannanase (5 U/Kg : 750 U/Kg)

การทดลองที่ 2 ทดสอบการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตในหลอดทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ทดลองในอาหารปลานิลที่ผสมเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหาร โดยทำการแบ่งชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 (T1) ไม่เสริมเอนไซม์ ในอาหารปลานิลที่ผสมเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหาร

ชุดการทดลองที่ 2 (T2) เสริมเอนไซม์ไซลานเนส Xylanase 24,000 U/Kg. ในอาหารปลานิลที่ผสมเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหาร

ชุดการทดลองที่ 3 (T3) เสริมเอนไซม์เซลลูเลส Cellulase 10 U/Kg. ในอาหารปลานิลที่ผสมเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหาร

ชุดการทดลองที่ 4 (T4) เสริมเอนไซม์แมนนาเนส Mannanase 750 U/Kg. ในอาหารปลานิลที่ผสมเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหาร

ชุดการทดลองที่ 5 (T5) เสริมเอนไซม์เซลลูเลส Cellulase : เอนไซม์แมนนาเนส Mannanase (Cellulase 5 U/Kg : Mannanase 750 U/Kg) ในอาหารปลานิลที่ผสมเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหาร

การเตรียมการทดลอง

การผสมอาหารทดลอง

นำวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในสูตรอาหารของปลานิล (Table 1) มาบดแล้วผสมกับเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในแต่ละสูตรอาหารแล้วอัดเม็ดโดยเครื่องบด (Mincer) ให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร แล้วนำไปผึ่งแดดจนแห้งเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง (อรพินท์ และคณะ, 2546)

Table 1 Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) formulations by using cassava peel meal and additional fibrolytic enzymes

Ingredient	Experimental Diets				
	T1 Control	T2 Xylanase	T3 Cellulase	T4 Mananase	T5 Cellulase : Mannanase (5 U/Kg : 750 U/Kg)
Corn (kg)	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5
Cassava peel meal (kg)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Fishmeal (kg)	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
Soybean meal (kg)	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
Rice bran (kg)	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
Soybean oil (kg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Dicalciumphosphate(kg)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Premix (kg)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Xylanase (μl)	-	15,000	-	-	-
Cellulase (μl)	-	-	1,000	-	500
Mannanase (μl)	-	-	-	11,000	5,500
Sum (kg)	100	100	100	100	100

ที่มา: ดัดแปลงจาก อรพินท์ และคณะ(2546)

ความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง

เอนไซม์ไซลาลเนส (Xylanase) ความเข้มข้น 24,000 U/kg, เอนไซม์เซลลูเลส (Cellulases) ความเข้มข้น 10 U/kg, เอนไซม์แมนนาเนส (Mannanase) ความเข้มข้น 750 U/kg

การเตรียมปลานิลทดลอง

ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 3 ได้จาก ชัยขจรฟาร์ม ปลานิล นำมาปรับสภาพในบ่อคอนกรีต 1 สัปดาห์ ก่อนเริ่มการทดลอง คัดขนาดปลาลงเลี้ยงในแต่ละถังให้ได้น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นประมาณ 40-50 กรัม/ตัว นำปลาลดปล่อยลงตามชุดอาหารทดลองที่เสริมเปลือกมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใยจำนวน 15 ถึง อัตราการปล่อยถึงละ 20 ตัว อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ลบ.ม.

สภาวะการทดลอง

ให้อาหารปลานิลที่เสริมเปลือกมันสำปะหลัง ในสูตรอาหารและเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยต่างชนิดกัน โดยจะให้อาหารปลาวันละ 2 เวลา คือ ตอนเช้า เวลา 09.00 น. และตอนเย็น เวลา 16.00 น. เปลี่ยนถ่ายน้ำในถังทดลองทุกๆ สัปดาห์

การย่อยได้ของอาหารปลานิลที่ผสมเปลือกมันสำปะหลังในหลอดทดลอง

การทดสอบการย่อยได้ของสูตรอาหารที่ผสมเปลือกมันสำปะหลังและเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในหลอดทดลอง ซึ่งตัวอย่างที่บดเตรียมไว้ (อาหารที่ผสมเปลือกมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใย) 0.3 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 6.5 ปริมาณ 30 มิลลิลิตร บ่มทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง (อุณหภูมิตั้ง) (Analia et al., 2009) เพื่อจำลองการย่อยได้ในส่วนของกระเพาะอาหาร นำตัวอย่างไปต้มในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น เติมเอนไซม์กลุ่มเฮมิเซลลูเลส T1 = ไม่ใส่เอนไซม์ T2 = เอนไซม์ไซลาลเนส 450 μ l (24,000 U/kg) T3 = เอนไซม์เซลลูเลส 300 μ l (10 U/kg) T4 = เอนไซม์แมนนาเนส 330 μ l (750 U/kg) T5 = เอนไซม์แมนนาเนส 165 μ l (375 U/kg) + เอนไซม์เซลลูเลส 150 μ l (5 U/kg) เมื่อเพิ่มเอนไซม์กลุ่มเฮมิ

เซลลูเลสเสร็จแล้ว นำไปบ่มทิ้งไว้ 16 ชั่วโมง เพื่อเป็นการจำลองการย่อยได้ของลำไส้ นำตัวอย่างไปต้มในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลโดยใช้กราฟมาตรฐานไฮโดรไลส เพื่อหาค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน กลูโคส (Glucose), ไฮโลส (Xylose), มอลโตส (Maltose) และแมนแนน (Mannan) ตามวิธีการของ Miller (1959)

การเก็บข้อมูลและบันทึกผลการทดลอง

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของอาหารผสมที่เสริมเปลือกมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่ใช้ทดลอง โดยวิธีการ Proximate Analysis (A.O.A.C., 2000) เก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของปลานิล หลังจากกินอาหารทดลองระยะเวลาในการเลี้ยง 3 เดือน โดยวัดความยาวและชั่งน้ำหนักปลานิลทุก ๆ 2 สัปดาห์ ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง เพื่อหาอัตรา การเจริญเติบโตซึ่งประกอบด้วย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily weigh Gain, ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio, FCR) และอัตราการรอด (Survival rate) (อรพินท์ , 2554)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized design โดยใช้โปรแกรม SPSS Statistics 17.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ตามวิธีของ Steel and Torrie (1980)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการเสริมเปลือกมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใย ทั้ง 5 ชุดการทดลอง พบว่า คุณค่าทางโภชนาของอาหารปลานิลต่าง ๆ โดยวิธีการ การวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ ได้ผลดังแสดงใน Table 2

Table 2 Chemical composition of Nile tilapia diets using cassava peel meal and additional fibrolytic enzymes

Chemical composition (%)	Experimental Diets (Mean±SD)					P-value
	T1 Control	T2 Xylanase	T3 Cellulase	T 4 Mananase	T5 Cellulase : Mannanase (5 U/Kg : 750 U/Kg)	
Dry matter	91.20 ± 0.20	91.88 ± 0.46	92.01 ± 0.35	90.89 ± 1.50	91.49 ± 0.78	0.448
Protein	32.67 ± 0.32	32.64 ± 0.20	32.47 ± 0.71	32.40 ± 0.96	33.07 ± 0.74	0.633
Fiber	3.83 ± 0.09	3.80 ± 0.10	4.11 ± 0.36	4.06 ± 0.12	4.26 ± 0.78	0.586
Lipid	3.46 ± 0.21	3.03 ± 0.06	3.13 ± 1.11	2.40 ± 0.27	2.79 ± 0.10	0.215
Ash	8.65 ± 0.18	8.86 ± 0.19	9.01 ± 0.04	8.94 ± 0.18	8.99 ± 0.09	0.072
NDF	14.12 ± 0.46	14.29 ± 0.06	16.04 ± 2.39	15.93 ± 2.72	17.31 ± 3.35	0.415
ADF	4.27 ± 0.21	4.37 ± 0.09	4.74 ± 0.33	4.51 ± 0.08	4.61 ± 0.27	0.139
Water stability	79.63 ± 4.40	79.92 ± 0.38	80.19 ± 0.92	80.13 ± 0.75	79.15 ± 0.48	0.968
Energy (kcal/kg)	4.17 ± 0.04	4.16 ± 0.02	4.17 ± 0.02	4.21 ± 0.00	4.19 ± 0.01	0.077

* a-b Values are means of triplicate groups ± SD. Means with the different letters are significantly different(P<0.05)

การเจริญเติบโตของปลานิล (Growth rate)

การทดลองเลี้ยงปลานิลในถังไฟเบอร์กลาส โดยให้อาหารที่มีการเสริมเปลือกมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใย สูตรอาหารทดลองที่ 1 ที่ไม่เสริมเอนไซม์ สูตรอาหารทดลองที่ 2 ที่เสริมเอนไซม์ ไชลานเนส สูตรอาหารทดลองที่ 3 ที่เสริมเอนไซม์เซลลูเลส สูตรอาหารทดลองที่ 4 ที่เสริมเอนไซม์แมนนาเนส สูตรอาหารทดลองที่ 5 ที่เสริมเอนไซม์เซลลูเลสกับเอนไซม์แมนนาเนส ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิล ได้แก่ น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอด ดังแสดงใน Table 3 ปลานิลที่ได้รับอาหารจากสูตรอาหารที่เสริมด้วยเปลือกมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใย ทั้ง 5 สูตร มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสูตรทดลองที่ 5 เสริมเอนไซม์เซลลูเลสกับแมนนาเนส มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายสูงสุด เท่ากับ 105.09±10.63 กรัม สูตรทดลองที่ 3 เสริมเอนไซม์เซลลูเลส มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายต่ำสุด เท่ากับ 97.10±

1.40 กรัม มีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ ปฐมพงษ์ และคณะ (2557) ซึ่งมีน้ำหนักของปลานิลเพิ่มขึ้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลอง เท่ากับ 87.10 กรัม อัตราการรอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยสูตรทดลองที่ 3 และ 5 มีอัตราการรอดสูงสุด เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ สูตรทดลองที่ 1, 2 และ 4 มีอัตราการรอดต่ำที่สุด เท่ากับ 98.33±2.89 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับอัตราการรอดปลานิลแดงของ นิธิ และคณะ (2557) ที่ใช้ใบมะละกอปั่นในอาหารเลี้ยงปลานิลแดง มีอัตราการรอด 97.78 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยสูตรทดลองที่ 4 มีการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.97±0.11 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน สูตรทดลองที่ 3 มีการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 0.76±0.02 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ เกตุณัฏฐ์ และคณะ (2556) รายงานว่าการเจริญเติบโตจำเพาะ ปลานิลจิตรลดา 1, ปลานิลจิตรลดา 3 และปลานิลแดง เท่ากับ 1.30, 1.35 และ 1.58 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ น้ำ

หนักของปลานิล ที่เพิ่มขึ้นต่อวันมีค่าไม่แตกต่างกัน พบว่า สูตรทดลองที่ 4 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน สูงสุด เท่ากับ 0.67 ± 0.11 กรัม สูตรทดลองที่ 3 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันต่ำสุด เท่ากับ 0.53 ± 0.04 กรัม มีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ แก้วตา และคณะ (2557) ทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย $0.41-0.44$ กรัม อัตราการเปลี่ยนอาหาร

เป็นเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่า สูตรทดลองที่ 5 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงสุด เท่ากับ 1.16 ± 0.17 กิโลกรัม สูตรทดลองที่ 1 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 1.02 ± 0.14 กิโลกรัม สอดคล้องกับวิจัยของ แก้วตา และคณะ (2557) รายงานการเลี้ยงปลานิลควรมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้ออยู่ในช่วง $1.17-1.44$

Table 3 Growth performance of Nile tilapia diets using cassava skin and additional fibrolytic enzymes.

Parameter	Treatment					P-value
	T1 Control	T2 Xylanase	T3 Cellulase	T 4 Mananase	T5 Cellulase : Mannanase (5 U/Kg : 750 U/Kg)	
Initial weight (g)	46.38 $\pm$ 3.08	47.11 $\pm$ 2.80	49.05 $\pm$ 0.64	49.05 $\pm$ 0.64	49.57 $\pm$ 1.45	0.071
Final weight (g)	100.25 $\pm$ 9.67	100.66 $\pm$ 12.56	97.10 $\pm$ 1.40	102.92 $\pm$ 13.68	105.09 $\pm$ 10.63	0.907
Survival rate (%)	98.33 $\pm$ 2.89	98.33 $\pm$ 2.89	100.0 $\pm$ 0.00	98.33 $\pm$ 2.89	100.0 $\pm$ 0.00	0.737
SGR (%/day)	0.85 $\pm$ 0.12	0.84 $\pm$ 0.14	0.76 $\pm$ 0.02	0.97 $\pm$ 0.11	0.83 $\pm$ 0.12	0.240
ADG (g/day)	0.60 $\pm$ 0.11	0.60 $\pm$ 0.14	0.53 $\pm$ 0.04	0.67 $\pm$ 0.11	0.62 $\pm$ 0.12	0.662
FCR	1.02 $\pm$ 0.14	1.02 $\pm$ 0.11	1.02 $\pm$ 0.04	1.09 $\pm$ 0.05	1.16 $\pm$ 0.17	0.517

* a-b Values are means of triplicate groups $\pm$ SD. Means with the different letters are significantly different(P<0.05)

การทดสอบการย่อยได้ของสูตรอาหารปลานิล ที่เสริมเปลือกมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใย โดยทำการวัดปริมาณน้ำตาลที่ได้จากการย่อย ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Table 4 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Malathi and Devegowda (2001) ซึ่งศึกษาการเสริมเอนไซม์ไซลเนสในอาหารทดลอง พบว่า สามารถเพิ่มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้ ซึ่งดูจากปริมาณน้ำตาลรวม ใน Table 4 ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลรวมสูงที่สุด 0.355 ± 0.162 รองลงมา 0.331 ± 0.088 0.267 ± 0.021 , 0.260 ± 0.015 และ 0.258 ± 0.055 mg/g Diet ตามลำดับ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธงชาติ (2556) รายงานว่า เอนไซม์ไซลเนสจะช่วยให้ย่อยสลายโครงสร้างเยื่อใยในกากมันสำปะหลัง ส่งผลให้การย่อยได้ของสารอาหารอื่นๆเพิ่มขึ้น เสาวนีย์ และคณะ (2560)

ศึกษาการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยเอนไซม์ไซลเนส พบว่า ปริมาณน้ำตาลรวมที่ได้จากการย่อยรำละเอียดมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ กากถั่วเหลือง กากมันสำปะหลัง และเปลือกมันสำปะหลัง ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเสริมเปลือกมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารปลานิลต่อประสิทธิภาพการย่อยได้และการเจริญเติบโตของปลานิล

1. การเสริมเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยต่างชนิดกันในสูตรอาหารทดลอง ทั้ง 5 สูตร เมื่อเปรียบกับชุดควบคุมแล้วไม่แตกต่างกัน แสดงว่าระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำ

ยังสามารถย่อยเปลือกมันสำปะหลังได้ โดยไม่ต้องเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย

2. สูตรอาหาร ทั้ง 5 สูตร ให้ปริมาณน้ำตาลที่ผ่านกระบวนการย่อยด้วยเอนไซม์ โดยให้ปริมาณน้ำตาลรวมมากที่สุดในชุดการทดลองที่มีการเสริมเอนไซม์ไซลาลิน

3. อัตราการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4. การใช้เปลือกมันสำปะหลังทดแทนวัตถุดิบชนิดอื่น 8 % ในสูตรอาหารจะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารประมาณ 1 บาทต่อกิโลกรัม น่าจะเป็นทางเลือกในการลดต้นทุนค่าอาหารให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา และใช้ประโยชน์วัตถุดิบเหลือใช้ราคาถูกมาช่วยในการลดต้นทุนการเลี้ยงปลา

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2554. ยุทธศาสตร์การพัฒนาปลานิล. (2553-2557). แหล่งที่มา: <http://www.fisheries.go.th/freshwater/web3/images/download/yutasat.pdf>
- เกตุณภัส ศรีไพโรจน์, รุ่งกานต์ กล้าหาญ, พงศ์นรินทร์ เมฆขุนทด และทองอยู่ อุดเลิศ . 2556. การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของสายพันธุ์ปลานิลที่เลี้ยงในจังหวัดพะเยา. แหล่งที่มา: บทความวารสารเกษตร. หน้า 137-144.
- แก้วตา ลิ้มเฮง, จันทรจิภา อามานันท์ และอาภรณ์ อรุณรัตน์. 2557. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายของการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไมในความหนาแน่นที่ต่างกันในความเค็มต่ำ. แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 1 : (2557).
- คุณนที สิลารัตน์, ดันติพงษ์ เพชรไชยา, สุรนนท์ เจริญรูป และณัฐพล สุวรรณวัฒน์. 2557. การใช้ใบมะละกอบนในอาหารเลี้ยงปลานิลแดง. แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 1 : (2557).
- ธงชาติ สุริยวงศ์. 2556. ผลของการถนอมมันสำปะหลังเสริมด้วยเอนไซม์ไซลาลินต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของไก่น้ำ. ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ปฐมพงษ์ กาศสกุล, ประจวบ ฉายบุญ, ชนกันต์ จิตมนัส และ เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2557. ความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำ หมุนเวียนแบบอควาโปนิคส์. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. แหล่งที่มา: www.kmutt.ac.th/jif/public_html/article_detail.php?ArticleID=148817
- เสาวนีย์ กลิ่นแก้วณรงค์ และ วรณภา อินทรติยะ. 2560. การปรับปรุงคุณภาพกากมันสำปะหลังและเปลือกมันสำปะหลังจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังโดยการใช้เอนไซม์ย่อยเยื่อใย. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 63 หน้า.
- อรพินท์ จิตสถาพร. 2554. เอกสารประกอบการสอนวิชาอาหารสัตว์น้ำ. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 230 หน้า.
- อรพินท์ จิตสถาพร, ทศนีย์ คชสีห์, ประทีภย์ ตาบทิพย์วรรณ, และ สงศรี มหาสวัสดิ์. 2546. การใช้ผักไหม้บ้านทดแทนปลาป่นในอาหารปลาดุกลูกผสม. น. 94-120. ใน รายงานเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 41 ประจำปี พ.ศ. 2546 (สาขาประมง). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Analia, V.F.G., C. D. Ana, M.V. Susana and L.F. Jorge. 2009. In vivo and in vitro Protein Digestibility of Formulated Feeds for *Artemesia longinaris* (Crustacea, Penaeidae). Braz. arch. biol. technol.52: 1379-1386
- A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. 2004 pp.

- FAO, 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome. Italy. 223 p.
- Heihen, J. M. 1981. Evaluation of some Binding Agent for crustacean Diets. Prog. Fish cult. 43(3): 11-12
- Malathi, V. and Devegowda G. (2001). In vitro evaluation of nonstarch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. Poult. Sci. 80: 302-305.
- Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31: 426-428.
- Steel, R. G. D., and Torrie, J. H. 1980. Principles and Procedures of Statistics: biometric Approach (2ed Ed). McGrawhill: New York.