KHON KAEN AGR. J. 48 (3): 607-614 (2020)./doi:10.14456/kaj.2020.56.

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารปลานิล ต่อประสิทธิภาพการย่อยได้และการเจริญเติบโต

Effects of additional cassava pulp meal and fibrolytic enzymes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) diets on digestibility and growth performance

สิทธิชัย ฮะทะโชติ[1,2*], เกตุนภัส ศรีไพโรจน์[2] , อรพินท์ จินตสถาพร[1] และศรีน้อย ชุ่มคำ[3]

Sittichai Hatachote[1,2*], Kednapat sriphairoj[2] , Orapin Jintasataporn[1] and Srinoy Chumkam[3]

บทคัดย่อ: การศึกษาผลการใช้กากมันสำปะหลัง และเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยชนิดต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรต และการเจริญเติบโตในอาหารปลานิล อาหารทดลองทั้งหมด 5 สูตรมีการใช้เปลือกมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ และเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่ระดับแตกต่างกัน ได้แก่ อาหารควบคุมที่ไม่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (T1), อาหารเสริมไซลาเนส (Xylanase) 24,000 U/Kg (T2), อาหารเสริมเซลลูเลส (Cellulase) 10 U/Kg (T3), อาหารเสริมแมนนาเนส (Mannanase) 750 U/Kg (T4) และอาหารเสริมเซลลูเลส (Cellulase) ร่วมกับ แมนนาเนส (Mannanase) (T5) อัตราส่วน 5U : 375U โดยทำการเลี้ยงปลานิลน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 45.81±1.95- 51.66±3.48 กรัม/ตัว มีการให้อาหารปลาจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลาการเลี้ยง 90 วัน ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตในอาหารที่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยทั้ง 4 ชนิด ไม่แตกต่างกับอาหารชุดควบคุม (P>0.05) ส่วนการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตรารอดของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) พบว่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันอยู่ในช่วง 0.41- 0.50 กรัม/วัน การเจริญเติบโตจำเพาะอยู่ในช่วง 0.65-0.95 เปอร์เซ็นต์/วัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้ออยู่ในช่วง 1.46-2.19 และอัตรารอดอยู่ในช่วง 91.67-100 เปอร์เซ็นต์ สรุปว่าสามารถเสริมกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารปลานิล เพื่อทดแทนปลายข้าวได้ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่จำเป็นต้องเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย

คำสำคัญ : เอนไซม์ย่อยเยื่อใย, กากมันสำปะหลัง, อาหารปลานิล, ปลานิล

Received July 25, 2019

Accepted December 11, 2019

[1] ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

[1] Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok.

[2] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

[2] Faculty of Natural Resources and Agro-industry, Kasetsart University,Chalearmphakrieat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon.

[3] คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ปทุมธานี

[3] Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University, Phathumthani.

*Corresponding author: csnstc@ku.ac.th

ABSTRACT : Study on the effects of additional cassava pulp meal as carbohydrate source and adding fibrolytic enzymes in Nile tilapia diets were investigated. An experiment was focused on carbohydrate digestibility of carbohydrate in diets and growth performance of Nile tilapia. Five isonitrogenous diets was supplemented with 8% cassava pulp meal. The dietary treatments 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 mannanase and T5; control diet added cellulase: mannanase 5U : 375U. Five experimental diets were performed for 90 days growth performance and feed utilization of fish were evaluated with average initial weight of fish was 45.81±1.95 - 51.66 ±3.48 g/fish. Results of carbohydrate digestibility showed that control diets and fibrolytic enzymes supplemented diet were not significantly different (P>0.05). Growth parameters, feed conversion ratio and survival rate were not significantly different (P>0.05), the average daily gain, specific growth rates, feed conversion ratio and survival rate were ranged 0.41- 0.50 g/day, 0.65-0.95 %/day, 1.46-2.19 and 91.67-100 %, respectively. Results from this study revealed that dietary supplementation of fibrolytic enzymes have no effect on carbohydrate digestibility,growth performance and feed utilization. Therefore, cassava pulp meal could be used as carbohydrate source replacement for broken rice at the level 8 % without fibrolytic enzymes supplementation.
Keyword : fibrolytic enzymes, cassava pulp meal, tilapia diets, nile tilapia

บทนำ

ปัจจุบันปลานิล (*Oreochromis niloticus* L.) เป็นปลาเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ ทำให้มีการส่งเสริมในการเลี้ยงเป็นส่วนใหญ่ เป็นปลาที่เลี้ยงง่าย เนื้อมีคุณภาพที่ดี มีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็วระยะเวลาในการเลี้ยงไม่ยาวนาน (กรมประมง. 2554) ตลาดโลกจึงมีความต้องการปลานิลมากกว่า 5,000,000 ตัน ในปี 2015 และคาดว่าจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นปีละประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ (FAO,2014) การเพาะเลี้ยงปลานิลในไทยได้ขยายพื้นที่ไปทั่วประเทศทำให้ปลานิลกลายเป็นปลาน้ำจืดที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจเป็นอันดับ 1 ของไทย โดยมีปริมาณผลผลิตกว่า 189,254 ตันในปี 2561 (กรมประมง,2561) สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศได้เป็นอย่างดี ปลานิลเป็นปลาที่ตลาดผู้บริโภคยังให้ความต้องการสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากประชากรมีอัตราการเจริญเติบโตสูงจึงส่งผลต่อแนวโน้มการเลี้ยงปลาชนิดนี้ ดังนั้นจึงมีการผลิตปลานิลเพิ่มขึ้นเพื่อให้มีความเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ไม่ว่าการผลิตปลานิลที่อยู่ในรูปของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่หรือขนาดกลาง จนถึงการผลิตเพื่อยังชีพของเกษตรกรรายย่อย ซึ่งในปัจจุบันมีการศึกษาพัฒนาด้านสายพันธุ์ ระบบการเลี้ยงและอาหาร เพื่อให้ปลานิลมีประสิทธิภาพในการผลิตสูง แต่ทั้งนี้ต้องใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนค่าอาหาร การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยปกติต้นทุนค่าอาหารตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง คิดเป็น 70-80 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนการเลี้ยงทั้งหมด หากเกษตรกรสามารถลดต้นทุนค่าอาหารจากการเลี้ยงได้ ก็จะทำให้มีผลกำไรเพิ่มมากขึ้น การนำวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนะ ซึ่งเป็นวัตถุดิบท้องถิ่นที่มีราคาถูกและหาได้ง่าย จึงเหมาะที่จะนำมาทดแทนวัตถุดิบที่มีราคาแพง ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงได้(อรพินท์, 2554)

การใช้กากมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณมากและราคาถูก สามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำได้ เพราะกากมันสำปะหลังมีแป้ง คาร์โบไฮเดรต ประมาณ 65.23 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนต่ำ ประมาณ 2.53 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเยื่อใยสูง ประมาณ 12.2 เปอร์เซ็นต์ ไขมันต่ำ ประมาณ 0.45 เปอร์เซ็นต์ (อรพินท์ และคณะ, 2546) นอกจากนั้นยังมีการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่จะไปช่วยในกระบวนการย่อยทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lin et al. (2007) ทดสอบการทำงานของเอนไซม์ผสม (protease,B-glucanase,Xylanase) ในอาหารปลานิลลูกผสม (*Oreochromis niloticus X O. aureus*) ที่มีการใช้กากถั่วเหลือง กากเรพซีด (rapeseed) และกากเมล็ดฝ้ายในสูตรอาหาร พบว่า การเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและประสิทธิภาพการย่อยได้มีค่าสูงขึ้น ปริมาณอาหารที่กินลดลง การทำงานของเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารสูงขึ้น แตกต่างกับงานวิจัยของ Yigit and Olmez (2011) รายงานว่า การเสริมเอนไซม์เซลลูเลสในสูตร

อาหารปลานิล (Nile tilapia) ที่มีการใช้กากแคโนล่า (Canola meal) ไม่ส่งผลต่อการเติบโตของปลานิลแต่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ การเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การผลิตปลานิลให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น และระยะเวลาในการเลี้ยงนั้นสั้นลง และมีต้นทุนต่ำ ได้คุณภาพเนื้อที่ดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ที่ดีขึ้น ตลอดจนเป็นแนวทางการพัฒนาศักยภาพของการเลี้ยงปลานิลให้มีความยั่งยืนต่อไปในอนาคต ดังนั้นจึงศึกษาการใช้เปลือกมันสำปะหลังในอาหารปลานิลต่อสมรรถภาพการผลิตเพื่อที่จะได้นำงานวิจัยนี้ให้เกษตรกรได้นำไปประยุกต์ใช้ในการลดต้นทุนของอาหารและเป็นแนวทางการพัฒนาอาหารสัตว์น้ำต่อไป

วิธีการศึกษา

การศึกษาการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตในอาหารปลานิลที่ผสมกากมันสำปะหลังในหลอดทดลอง

การทดสอบการย่อยได้ของสูตรอาหารที่ผสมกากมันสำปะหลังและเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในหลอดทดลอง ชั่งตัวอย่างอาหาร 0.3 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 6.5 ปริมาณ 30 มิลลิลิตร บ่มทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง (อุณหภูมิห้อง)(Analia et al.,2009) เพื่อจำลองการย่อยได้ในส่วนของกระเพาะอาหาร นำตัวอย่างไปต้มในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น เพิ่มเอนไซม์กลุ่มเฮมิเซลลูเลส T1= ไม่ใส่เอนไซม์ T2 = เอนไซม์ไซลาเนส 450 µl (24,000 U/kg) T3 = เอนไซม์เซลลูเลส 300 µl (10 U/kg) T4 = เอนไซม์แมนนาเนส 330 µl (750 U/kg) T5 = เอนไซม์แมนนาเนส 165 µl (375 U/kg) + เอนไซม์เซลลูเลส 150 µl (5 U/kg) เพื่อดูประสิทธิภาพการย่อยได้จากการทำงานของเอนไซม์แต่ละชนิด เมื่อเพิ่มเอนไซม์กลุ่มเฮมิเซลลูเลสเสร็จแล้วนำไปบ่มทิ้งไว้ 16 ชั่วโมง เพื่อเป็นการจำลองการย่อยได้ของลำไส้ โดยทำการปรับ pH อยู่ที่ 6.5 นำตัวอย่างไปต้มในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลโดยใช้กราฟมาตรฐานไซโลส เพื่อหาค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกลูโคส (Glucose), ไซโลส (Xylose), มอลโตส (Moltose) และแมนแนน (Mannan) ตามวิธีการของ Miller (1959)

การศึกษาการเติบโตของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลัง

ทดลองเลี้ยงปลานิลในถังไฟเบอร์กลาสขนาดบรรจุน้ำจืดปริมาตร 500 ลิตร ซึ่งปลานิลที่นำมาเลี้ยงมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ 45.81±1.95 - 51.66±3.48 กรัม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) 5 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ โดยประกอบด้วยอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 (T1) ชุดอาหารควบคุมที่ผสมกากมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ ไม่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย

ชุดการทดลองที่ 2 (T2) ชุดอาหารทดสอบ ผสมกากมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ Xylanase 24,000 U/Kg.

ชุดการทดลองที่ 3 (T3) ชุดอาหารทดสอบ ผสมกากมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์Cellulase 10 U/Kg.

ชุดการทดลองที่ 4 (T4) ชุดอาหารทดสอบ ผสมกากมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ Mannanase 750 U/Kg.

ชุดการทดลองที่ 5 (T5) ชุดอาหารทดสอบ ผสมกากมันสำปะหลัง 8 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ Cellulase : Mannanase (5 U/Kg : 375 U/Kg)

การเตรียมการทดลอง

การผสมอาหารทดลอง

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

Table 1 Nile tilapia (*Oreochronomis niloticus* L.) formulations by using cassava pulp meal and additional fibrolytic enzymes

Ingredient	Experimental Diets				
	T1	T2	T3	T4	T5
Corn (kg)	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5
Cassava pulp 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
Total (kg)	100	100	100	100	100

Orapin et al.(2003).

การเตรียมปลานิลทดลอง

ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 3 ได้จาก ซัยขจรฟาร์มปลานิล นำมาปรับสภาพในบ่อคอนกรีต 1 สัปดาห์ ก่อนเริ่มการทดลอง คัดขนาดปลาลงเลี้ยงในแต่ละถังโดยใช้วิธีการสุ่ม น้ำหนักปลานิลเฉลี่ยเริ่มต้นประมาณอยู่ในช่วง 45.81±1.95-51.66±3.48 กรัม/ตัว นำปลาปล่อยลงตามชุดอาหารทดลองที่เสริมกากมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใยจำนวน 15 ถัง อัตราการปล่อยถังละ 20 ตัว อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ลบ.ม.

สภาวะการทดลอง

ให้อาหารปลานิลที่เสริมกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารและเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยต่างชนิดกัน โดยจะให้อาหารปลาวันละ 2 เวลา คือ ตอนเช้า เวลา 09.00 น. และตอนเย็น เวลา 16.00 น. เปลี่ยนถ่ายน้ำในถังทดลองทุกๆ สัปดาห์ โดยให้กินจนอิ่ม

การเก็บข้อมูลและบันทึกผลการทดลอง

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมที่เสริมกากมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่ใช้ทดลอง โดยวิธีการ Proximate Analysis (AOAC, 2000) เก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของปลานิลหลังจากกินอาหารตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง 3 เดือน โดยวัดความยาวและชั่งน้ำหนักปลานิลทุก ๆ 2 สัปดาห์ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง เพื่อหาค่าอัตราการเจริญเติบโตซึ่งประกอบด้วย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily weigh Gain, ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio, FCR) และอัตรารอด (Survival rate)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ completely randomized design โดยใช้โปรแกรม R 3.2.2 และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง โดยใช้ LSD ตามวิธีของ Steel and Torrie (1980) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการเสริมกากมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใย ทั้ง 5 ชุดการทดลอง พบว่า คุณค่าทางโภชนะของอาหารปลานิลต่าง ๆ โดยวิธีการ การวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ ได้ผลดังแสดงใน **Table 2**

Table 2 Chemical composition of Nile tilapia (*Oreochronomis niloticus* L.) diets using cassava pulp meal and additional fibrolytic enzymes **(Mean±SD)**

Chemical composition (%)	Experimental Diets					P-value
	T1	T2	T3	T 4	T5	
Dry matter	82.10±11.65	90.21±3.21	90.85±11.50	92.49±1.01	89.41±5.81	0.565
Protein	30.03±0.27	29.64±0.66	31.17±1.97	30.93±2.04	32.47±2.00	0.141
Fiber	4.24±1.48	5.78±1.21	3.68±0.64	4.03±0.79	4.50±0.57	0.183
Lipid	2.26±0.12	2.43±0.21	3.46±0.25	4.62±0.15	3.61±0.42	0.147
Ash	12.23±2.10^{a}	10.10±0.11^{b}	8.82±1.18^{c}	13.32±2.16^{a}	10.32±1.37^{b}	0.036
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	78.29±0.42^{b}	76.46±2.85^{b}	83.54±3.28^{a}	78.54±0.71^{b}	78.99±1.30^{b}	0.019
Energy (cal/kg)	4.11±0.00	4.04±0.01	4.22±0.04	4.20±0.04	4.21±0.04	0.547

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

* NDF = Neutral Detergent Fiber, ADF = Acid Detergent FIber

การเจริญเติบโตของปลานิล (Growth rate)

การทดลองเลี้ยงปลานิลในถังไฟเบอร์กลาส โดยให้อาหารที่มีการเสริมกากมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใย ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลเลี้ยงอาหาร32 %โปรตีน แสดงใน **Table 3** ร่วมกับการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย โดยใช้กากมันสำปะหลัง 8 % ในสูตรอาหารโดยมีระดับเอนไซม์ที่เสริมในแต่ละกลุ่มทดลองดังนี้ T1 ไม่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย, T2 อาหารเสริมไซลาเนส 24,000 U/Kg, T3 อาหารเสริมเซลลูเลส 10 U/Kg, T4 อาหารเสริมแมนนาเนส 750 U/Kg และ T5 อาหารเสริมเซลลูเลส 5U/Kg ร่วมกับ แมนนาเนส 375U/Kg การเจริญเติบโตของปลานิลทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (**Table 3**) พบว่า ADG อยู่ในช่วง 0.41±0.00.- 0.50±0.11 กรัม/วันมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ แก้วตา และคณะ (2557) ทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.41-0.44 กรัม, SGR อยู่ในช่วง 0.65±0.09-0.95±0.34 เปอร์เซ็นต์/วันเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ เกตุนภัส และคณะ (2556) รายงานว่าการเจริญเติบโตจำเพาะ ปลานิลจิตรลดา 1, ปลานิลจิตรลดา 3 และปลานิลแดง

เท่ากับ 1.30, 1.35 และ 1.58 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ, FCR อยู่ในช่วง 1.46±0.12-2.19±0.68 สอดคล้องกับวิจัยของ แก้วตา และคณะ (2557) รายงานการเลี้ยงปลานิลควรมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้ออยู่ในช่วง 1.17-1.44 และอัตรารอดอยู่ในช่วง 91.67±14.43-100.0±0.00% ตามลำดับ และเมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับอัตราการรอดปลานิลแดงของ คุณนิธี และคณะ (2557) ที่ใช้ใบมะละกอป่นในอาหารเลี้ยงปลานิลแดง มีอัตราการรอด 97.78 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ในอาหารปลานิลสามารใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารเพื่อทดแทนปลายข้าวได้ 8 เปอร์เซ็นต์โดยไม่ต้องเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยเมื่อเยื่อใยในอาหารต่ำกว่า 5 %

Table 3 Growth performance of Nile tilapia (*Oreochronomis niloticus* L.) diets using cassava pulp and additional fibrolytic enzymes. **(Mean±SD)**

Parameter	Treatment					
	T1	T2	T3	T4	T5	P-value
Initial weight (g)	50.18±2.53	51.66±3.48	46.00±3.79	45.81±1.95	50.55±2.63	0.505
Final weight (g)	95.35±18.28	108.09±4.97	110.72±3.36	86.16±5.87	90.12±4.81	0.518
Survival rate (%)	91.67±14.43	98.33±2.89	100.0±0.00	98.33±2.89	91.67±10.41	0.595
SGR (%/day)	0.70±0.24	0.82±0.12	0.95±0.34	0.74±0.09	0.65±0.09	0.518
ADG (g/day)	0.50±0.11	0.43±0.11	0.41±0.01	0.48±0.09	0.45±0.04	0.518
FCR	2.19±0.68	1.74±0.04	1.46±0.12	1.46±0.03	1.48±0.02	0.056

* $^{a-b}$ Values are means of triplicate groups ± SD.

*SGR = Specific Growth Rate, ADG = Average Daily Weight Gain, FCR = Feed Conversion Ratio

การทดสอบการย่อยได้ของสูตรอาหารปลานิลที่เสริมกากมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใยโดยทำการวัดปริมาณน้ำตาลที่ได้จากการย่อย ได้ผลการทดลองดังแสดงใน **Table 4** สอดคล้องกับงานวิจัยของ Malathi and Devegowda (2001) ซึ่งศึกษาการเสริมเอนไซม์ไซลาเนสในอาหารทดลอง พบว่า สามารถเพิ่มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้ ซึ่งดูจากปริมาณน้ำตาลรวม ใน **Table 4** ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลรวมสูงที่สุด 0.241±0.090 รองลงมา 0.169±0.039 0.161±0.016, 0.150±0.088 และ 0.141±0.151mg/g Diet ตามลำดับ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธงชาติ (2556) รายงานว่า เอนไซม์ไซลาเนสจะช่วยย่อยสลายโครงสร้างเยื่อใยในกากมันสำปะหลัง ส่งผลให้การย่อยได้ของสารอาหารอื่นๆ เพิ่มขึ้น เสาวนีย์ และคณะ (2560) ศึกษาการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วนเอนไซม์ไซลาเนส พบว่า ปริมาณน้ำตาลรวมที่ได้จาการย่อยรำละเอียดมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ กากถั่วหลือง กากมันสำหลัง และเปลือกมันสำปะหลัง ตามลำดับ ในอาหารชุดทดลองมีปริมาณน้ำตาลรวมที่ได้จากกระบวนการย่อยมีค่าสูง เนื่องจากมีปริมาณเยื่อใยต่ำ 4.24±1.48 % ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ของสูตรอาหารควบคุม

Table 4 Sugar of Nile tilapia (*Oreochronomis niloticus* L.) diets using cassava pulp meal and additional fibrolytic enzymes (Mean±SD (mg (glucose,xylose,maltose,mannan/ g Diet))

Sugar	Treatment					
	T1	T2	T3	T4	T5	P-value
Glucose	0.036±0.008	0.111±0.041	0.036±0.015	0.026±0.011	0.034±0.005	0.768
Xylose	0.093±0.021	0.111±0.041	0.068±0.069	0.075±0.011	0.082±0.004	0.574
Moltose	0.005±0.002	0.033±0.022	0.004±0.010	0.024±0.016	0.010±0.002	0.119
Mannose	0.036±0.008	0.035±0.013	0.035±0.036	0.026±0.011	0.034±0.005	0.768
Sum Sugar	0.169±0.039	0.241±0.090	0.141±0.151	0.150±0.088	0.161±0.016	0.715

* $^{a-b}$ Values are means of triplicate groups ± SD.

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังและการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารปลานิลต่อประสิทธิภาพการย่อยได้และการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่าการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยต่างชนิดกันในสูตรอาหารทดลองไม่มีความแตกต่างกับอาหารควบคุม จึงสามารถใช้กากมันสำปะหลังในอาหารปลานิลโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเอนไซม์ไซลาเนสในอาหารส่งผลให้ประสิทธิ ภาพการย่อยได้ดีที่สุด ดังนั้นการใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารปลานิลน่าจะเป็นแนวทางในการลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำ เนื่องจากกากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรและเป็นเศษเหลือจากโรงงานแป้งมันสำหลังซึ่งมีปริมาณจำนวนมากและราคาถูก การใช้กากมันสำปะหลังทดจึงสามารถแทนวัตถุดิบที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นในสูตรอาหารได้ ซึ่งช่วยลดต้นทุนค่าอาหารประมาณ 1.5 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นสามารถเป็นทางเลือกในการลดต้นทุนค่าอาหารให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา และใช้ประโยชน์เศษเหลือใช้ราคาถูกมาช่วยในการลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลได้

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2554. ยุทธศาสตร์การพัฒนาปลานิล. (2553-2557). แหล่งที่มา: http://www.fisheries.go.th/freshwater/web3/images/download/yutasat.pdf ค้นเมื่อ 10 กันยายน 2560.

เกวลิน หนูฤทธิ์.2559. รายงานสถานการณ์ปลานิลและผลิตภัณฑ์ปี 29552ส่วนเศรษฐกิจการประมง, กรมประมง.

เกตุนภัส ศรีไพโรจน์, รุ่งกานต์ กล้าหาญ, พงศ์นรินทร์ เมฆขุนทด และทองอยู่ อุดเลิศ . 2556. การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของสายพันธุ์ปลานิลที่เลี้ยงในจังหวัดพะเยา. เกษตร. 29: 137-144.

แก้วตา ลิ้มเฮง, จันทร์จิภา อาภานันท์ และอาภรณ์ อรุณรัตน์. 2557. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายของการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไมในความหนาแน่นที่ต่างกันในน้ำความเค็มต่ำ. แก่นเกษตร 42(ฉบับพิเศษ 1) : 804-809.

คุณนิธี ลีลารัศมี,ตันติพงษ์ เพชรไชยา,ฐานันฎร เจริญรูป และณัฐพล สุวรรณวัฒน์. 2557. การใช้ใบมะละกอป่นในอาหารเลี้ยงปลานิลแดง. แก่นเกษตร 42(ฉบับพิเศษ 1): 728-734.

ธงชาติ สุริยวงค์. 2556. ผลของกากมันสำปะหลังเสริมด้วยเอนไซม์ไซลาเนสต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของไก่เนื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา.

ปฐมพงษ์ กาศสกุล, ประจวบ ฉายบุ, ชนกันต์ จิตมนัส และ เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2557. ความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. แหล่งข้อมูล: www.kmutt.ac.th/jif/public_html/article_detail.php?ArticleID=148817 ค้นเมื่อ 12 กันยายน 2560.

เสาวนีย์ กลิ่นแก้วณรงค์ และ วรรณภา อินทร์ติยะ. 2560. การปรับปรุงคุณภาพกากมันสำปะหลังและเปลือกมันสำปะหลังจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังโดยการใช้เอนไซม์ย่อยเยื่อใย. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร, สกลนคร.

อรพินท์ จิตสถาพร. 2554. เอกสารประกอบการสอนวิชาอาหารสัตว์น้ำ. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อรพินท์ จิตสถาพร, ทัศนีย์ คชสีห์, ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ, และ ส่งศรี มหาสวัสดิ์. 2546. การใช้ดักไหมบ้านทดแทนปลาป่นในอาหารปลาดุกลูกผสม. น. 94-120. ใน รายงานเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 41 ประจำปี พ.ศ. 2546 (สาขาประมง). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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* (Crutacea, 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.

FAO. 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome. Italy.

Heihen, J. M. 1981. Evaluation of some Binding Agent for crustacean Diets. Prog. Fish cult.

Lin, S.,Mai, K.,Tan, B., 2007. Effects of exogenous enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in tilapia,*Oreochromis niloticus X O. aureus*. Aquac. Res. 38: 1645-1653.

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: abiometeric Approach (2ed Ed). McGrowhill: New York.

Yigit, N.O., Olmez, M., 2011.Effects of cellulase addition to canola meal in tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) diets. Aquac. Nutr. 17, e494-e590.