

การประยุกต์ใช้วัสดุเพาะเห็ดเพื่อทดแทนรำข้าวในอาหาร ต่อกการย่อยได้ใน หลอดทดลอง และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล

Application of spent mushroom substrate as a replacement to rice bran in
diet on *in vitro* digestibility and growth performance of Mekong giant catfish

อรณี ศรีนวล¹, วรวิทย์ มณีพิทักษ์สันติ¹, ทศพล มุลมณี¹, เกศินี เกตุพยัคฆ์¹
และ วรณพร ทะพิงค์เก^{1*}

Orranee Srinual¹, Worawit Maneepitaksanti¹, Tossapol Moonmanee¹,
Kesinee Gatphayak¹ and Wanaporn Tapingkae^{1*}

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการทดแทนรำข้าวด้วยวัสดุเพาะเห็ดในอาหารปลานิล ต่อกการย่อยได้ในหลอดทดลอง และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล โดยแบ่งอาหารทดลองเป็น 5 กลุ่มการทดลอง กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (CON) กลุ่มที่ 2 (T1), 3 (T2), 4 (T3) และ 5 (T4) อาหารควบคุมร่วมกับวัสดุเพาะเห็ด 25%, 50%, 75%, และ 100% ในสูตรอาหาร ทำการวิเคราะห์ค่าการย่อยได้ในหลอดทดลอง พบว่า อาหารที่ทดแทนด้วยวัสดุเพาะเห็ดมีการย่อยได้ของโปรตีน เยื่อใย ไขมัน คาร์โบไฮเดรตที่ง่าย และพลังงานรวม สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และทำการศึกษากการเจริญเติบโตในปลานิล ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักตัวสุดท้าย น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ความยาวมาตรฐานสุดท้าย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลา ในกลุ่ม T4 เพิ่มขึ้นมากกว่าทุกกลุ่มการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัมต่ำที่สุดเมื่อแทนที่ด้วยวัสดุเพาะเห็ด 100% ในสูตรอาหาร ($P < 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุเพาะเห็ดสามารถนำมาเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารปลาได้สูงถึง 100% ซึ่งมีประสิทธิภาพการย่อยและใช้ประโยชน์ได้สูงที่สุด อีกทั้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และลดต้นทุนการผลิตได้

คำสำคัญ: วัสดุเพาะเห็ด, รำข้าว, การย่อยได้ในหลอดทดลอง, ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต, อาหารปลานิล

ABSTRACT: The objective of this study was to investigate the effects of replacement of rice bran by spent mushroom substrate on *in vitro* digestibility and growth performance in Mekong giant catfish diet. The experimental diets were formulated replacing rice barn with spent mushroom substrate at level of 0% (CON) 25% (T1), 50% (T2), 75% (T3), and 100% (T4). To effect on *in vitro* digestibility was determined. The results showed replacement with spent mushroom substrate diets had higher crude protein, crude fiber, crude fat, nitrogen free extract and gross energy digestibility than CON group ($P < 0.05$). The results of this study indicated that final weight, weight gain, average daily weight gain, final standard length, feed conversion ratio, and specific growth rate in T4 group were significantly improved than other treatments ($P < 0.05$). Moreover, the lowest of feed cost per gain was replacing in 100% spent mushroom substrate ($P < 0.05$). It was suggested that spent mushroom substrate could be used as replacement ingredient in diet for fish as high as 100% which highest *in vitro* digestibility. Also, it can improve the growth performance and reduce the production cost.

Keywords: spent mushroom substrate, rice bran, *in vitro* digestibility, growth performance, Mekong giant catfish diet

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์ และสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

Department of Animal and Aquatic Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai Province, 50200

* Corresponding author: wanaporn.t@cmu.ac.th

บทนำ

ปลาบึก (Mekong giant catfish, *Pangasianodon gigas*) เป็นปลาหนังกินพืชขนาดใหญ่ที่สุดในโลกที่จัดอยู่ในบัญชีของอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดของสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (Conservation on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES) (ชวลิต, 2543) เพื่ออนุรักษ์พันธุ์ปลาพื้นเมืองที่มีจำนวนใกล้สูญพันธุ์ เนื่องจากในปัจจุบันจำนวนปลาบึกในแหล่งธรรมชาติมีจำนวนน้อยลง และขนาดของปลาที่จับได้ยังมีขนาดเล็กลงทุกปี จึงเกิดการส่งเสริมการเพาะพันธุ์ปลาบึกขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยการพัฒนาสูตรอาหาร และสารเสริมสำหรับปลาบึก จึงจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการเพิ่มศักยภาพในการผลิตซึ่งร้อยละ 60-70 ของต้นทุนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระดับอุตสาหกรรม คือ ต้นทุนค่าอาหาร (FAO, 2006) ประกอบกับในปัจจุบันการผลิตสัตว์น้ำส่วนใหญ่นิยมใช้สารเสริมต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ยาปฏิชีวนะ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคในระยะยาวได้ ดังนั้นการหาวัตถุดิบทางเลือกเพื่อทดแทนวัตถุดิบที่มีราคาสูงจึงเป็นที่น่าสนใจในการประมงไทย อีกทั้งหากวัตถุดิบนั้นสามารถใช้ทดแทนการใช้สารเสริมต่าง ๆ ได้ ทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิต และเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

วัสดุเพาะเห็ดจึงเป็นวัตถุดิบอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ ซึ่งส่วนใหญ่มักถูกนำไปใช้เป็นปุ๋ยหรือเชื้อเพลิง แต่อย่างไรก็ตาม ในส่วนของวัสดุเพาะเห็ด ยังพบว่าสารอาหารที่สำคัญต่าง ๆ มากมาย และยังคงพบกิจกรรมของเอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่สำคัญต่าง ๆ สูง ซึ่งสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ได้ โดยเฉพาะ เอนไซม์เซลลูเลส เอนโดกลูคาเนส ไฮแลนเนส และแลคเคส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับการผลิตสัตว์น้ำ เนื่องจากในสูตรอาหารสัตว์น้ำประกอบไปด้วยวัตถุดิบประเภทคาร์โบไฮเดรตและเยื่อใยจำนวนมาก รวมทั้งในร่างกายนกสัตว์กระเพาะเดียว หรือสัตว์น้ำ ไม่สามารถผลิตเอนไซม์ย่อยเยื่อใยบางชนิดขึ้นมาได้ ทำให้สัตว์ใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบประเภทนี้ได้น้อย (วรรณพร, 2560) โดย

กิจกรรมของเอนไซม์มีความสัมพันธ์กับการตอบสนองประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการเจริญเติบโตของสัตว์ ซึ่งเอนไซม์ต่าง ๆ ดังกล่าว สามารถทำหน้าที่ร่วมกันในการย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยเฉพาะแหล่งคาร์โบไฮเดรตและเยื่อใย ลดความหนืดในทางเดินอาหารสัตว์ และช่วยให้เอนไซม์จากตัวสัตว์สามารถย่อยองค์ประกอบอาหารสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วรรณพร และคณะ, 2557) การเลี้ยงปลาบึก นอกจากจะมีวัตถุประสงค์เพื่อการอนุรักษ์ยังเป็นปลาที่สำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย แต่ปัญหาหนึ่งที่สำคัญ คือ ต้นทุนด้านอาหารปลาที่สูง ดังนั้นการใช้วัสดุเศษเหลือจากการเพาะเลี้ยงเห็ดอาจเป็นแนวทางการลดต้นทุนการผลิตปลาบึก เพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบและสารเสริมในอาหารปลาบึก อีกทั้งอาจสามารถช่วยให้ปลามีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น โดยอาศัยการประสิทธิภาพทำงานของเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในลำไส้ที่เหลือจากการเพาะเห็ด และสามารถช่วยให้ปลามีการใช้ประโยชน์จากอาหารที่บริโภคเข้าไปได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้น การศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการประยุกต์ใช้วัสดุเพาะเห็ดเพื่อทดแทนรำข้าวในอาหารต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึก

วิธีการทดลอง

การเตรียมวัตถุดิบ และอาหารทดลอง

เก็บวัสดุเพาะเห็ด (spent mushroom substrate) หลังการเก็บเกี่ยวดอกเห็ด นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการสูญเสียกิจกรรมของเอนไซม์ตามวิธีของ Doan et al. (2017) และบดผ่านตะแกรงร่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร ประกอบสูตรอาหารปลาบึกตามวิธีของ Mengumphan and Saengkrachang (2008) โดยทดแทนรำข้าว (rice bran) ด้วยวัสดุเพาะเห็ดที่ระดับ 25%, 50%, 75% , และ 100% ตามลำดับ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองตามวิธีของ AOAC (2006) ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter), อนินทรีย์วัตถุ หรือเถ้า (ash), โปรตีนโดยรวม (crude protein), เยื่อใยโดยรวม (crude fiber), ไขมันโดยรวม (crude fat), และหาพลังงาน

โดยรวม (gross energy) ด้วยเครื่อง Bomb calorimeter จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (nitrogen free extract; NFE) ตามวิธีของ วรณพร (2560) ดังนี้ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (%) = $100 - (\% \text{ moisture} + \% \text{ crude protein} + \% \text{ crude fat} + \% \text{ crude fiber} + \% \text{ ash})$

ทำการวิเคราะห์ค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองของแต่ละชุดการทดลองตามวิธีของ Tonheim et al. (2007) และ Boisen and Eggum (1991) โดยจำลองสภาวะในกระเพาะอาหาร และลำไส้ โดยใช้ทริปซิน และแพนครีเอติน ตามลำดับ ส่วนประกอบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองแสดงใน Table 1

Table 1 Ingredient composition and analyzed nutrient content of experimental diets

Ingredients (%)	CON	T1	T2	T3	T4
Ingredient, %					
Broken rice	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Rice bran	30.00	22.50	15.00	7.50	0.00
SMS ¹	0.00	7.50	15.00	22.50	30.00
Fish meal	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Soybean meal	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Analyzed composition, %					
Dry matter (%)	94.17	95.71	95.93	93.13	95.45
Ash (%)	9.52	11.12	13.49	15.56	16.54
Crude protein (%)	32.82	31.37	31.99	31.90	30.44
Crude fiber (%)	2.95	3.83	4.79	5.78	6.87
Crude fat (%)	8.36	7.01	5.94	4.85	3.29
NFE (%) ²	46.35	46.67	43.79	42.18	42.86
GE (Cal/g) ³	4,278	4,236	4,141	3,857	3,760

¹ SMS: spent mushroom substrate. ² NFE: nitrogen free extract. ³ GE: gross energy.

สัตว์ทดลอง และการวางแผนงานทดลอง

นำลูกปลาบึก ขนาด 3-5 นิ้ว จำนวน 195 ตัว มาเลี้ยงในกระชัง จำนวน 15 กระชัง กระชังละ 13 ตัว โดยกระชังมีขนาด 1 x 2 เมตร เพาะเลี้ยงที่ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (CON)

กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุม โดยใช้วัสดุเพาะเห็ดทดแทนรำข้าว 25% (T1)

กลุ่มที่ 3 อาหารควบคุม โดยใช้วัสดุเพาะเห็ดทดแทนรำข้าว 50% (T2)

กลุ่มที่ 4 อาหารควบคุม โดยใช้วัสดุเพาะเห็ดทดแทนรำข้าว 75% (T3)

กลุ่มที่ 5 อาหารควบคุม โดยใช้วัสดุเพาะเห็ดทดแทนรำข้าว 100% (T4)

จากนั้นให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 9:00 - 9:30 น. และ 16:00 - 16:30 น. โดยให้อาหาร 5% ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน ทดลองเป็นระยะเวลานาน 3 เดือน โดยตลอดการทดลองปลาทดลองจะได้รับอาหารที่มีสารอาหารต่างๆ ครบถ้วนตามคำแนะนำของ NRC (1993)

การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการสุ่มปลาจากแต่ละกระชัง กระชังละ 10 ตัว ทุก ๆ 30 วัน เพื่อประเมินการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร โดยเก็บข้อมูลน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (weight gain, WG) ความยาวมาตรฐานเริ่มต้น (standard length, SL) น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (average daily weight gain, ADG) การเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (feed conversion ratio, FCR) และค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (feed cost per gain, FCG)

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลและความแปรปรวน (ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test โดยกำหนดค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.05$

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองของอาหารทดลอง พบว่า การใช้วัสดุเพาะเห็ดทดแทนรำข้าวมีแนวโน้มทำให้ค่าการย่อยได้ที่ดีขึ้น โดยในกลุ่มที่ทดแทนรำข้าวด้วยวัสดุเพาะเห็ด 100% (T4) ในสูตรอาหารมีค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูงสุด เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) นอกจากนี้การทดแทนที่ระดับ 75% และ 100% ทำให้ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยและไขมันสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) อีกทั้งการทดแทนที่ระดับ 75% ทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายสูงสุด ($P < 0.05$) (Table 2) ทั้งนี้การทดแทนรำข้าวในสูตรอาหารปลาบึกด้วยวัสดุเพาะเห็ดสามารถปรับปรุงค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองเนื่องจากในวัสดุเพาะเห็ด จากการศึกษาเบื้องต้นของ สุวีรัตน์ และคณะ (2556) พบกิจกรรมเอนไซม์กลุ่มย่อยคาร์โบไฮเดรต หรือย่อยเยื่อใย จำนวนมาก ได้แก่ เอนไซม์เซลลูเลส เอนโดกลูคาเนส ไสแลนเนส และแลคเคส เท่ากับ 406.98, 345.67, 165.98 และ 98.06 หน่วยต่อกรัม ซึ่งเมื่อเอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรตเหล่านี้ทำงานร่วมกันกับเอนไซม์จากสัตว์ ในสภาวะทางเดินอาหารของสัตว์ เอนไซม์เหล่านี้จะทำหน้าที่สลายผนังเซลล์ของวัตถุดิบจาก

พืชก่อน ทำให้เอนไซม์จากสัตว์สามารถย่อยสารอาหารในวัตถุดิบ และเกิดการใช้ประโยชน์จากสารอาหาร ได้มากกว่ากลุ่มที่ใช้รำข้าวในสูตรอาหารเพียงอย่างเดียว

การศึกษากการทดแทนรำข้าวด้วยวัสดุเพาะเห็ด ในสูตรอาหารปลาบึก โดยเริ่มต้นการเลี้ยงปลาบึก น้ำหนักเฉลี่ย 28.67 – 30.81 กรัม และความยาวมาตรฐานเฉลี่ยต่อตัว เริ่มต้นระหว่าง 12.07 – 12.60 เซนติเมตร ($P > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการทดลองทำการจัดการอาหารปลาทุกกลุ่มทดลองให้มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของปลา และเมื่อศึกษาผลคุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง พบว่าอุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 29.5 - 32 องศาเซลเซียส และค่าออกซิเจนในน้ำอยู่ระหว่าง 4 – 6 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ในกลุ่มที่ทดแทนรำข้าวด้วยวัสดุเพาะเห็ด 100% ในสูตรอาหาร มีค่าน้ำหนักสุดท้ายสูงที่สุด เช่นเดียวกับค่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และความยาวมาตรฐานสุดท้ายของปลาบึก มีค่ามากที่สุด คือ 24.07 เซนติเมตร ในกลุ่มที่ทดแทนรำข้าวด้วยวัสดุเพาะเห็ด 100% เช่นกัน ($P < 0.05$)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของปลาที่ได้รับอาหารพื้นฐาน หรืออาหารควบคุม และกลุ่มทดลองที่ทดแทนทดแทนรำข้าวด้วยวัสดุเพาะเห็ด 25%, 50%, 75% และ 100% ตามลำดับ มีค่า 2.19, 1.48, 1.32 และ 1.04 ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มที่พบอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักดีที่สุด คือ กลุ่มที่ทดแทนรำข้าวด้วยวัสดุเพาะเห็ด 100% ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารควบคุม นอกจากนี้อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในกลุ่มที่ใช้วัสดุเพาะเห็ดทดแทนรำข้าวในสูตรอาหารดีกว่ากลุ่มที่รับอาหารควบคุม โดยกลุ่มที่ดีที่สุดมีค่าเท่ากับ 2.82% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม 2.28% ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Doan et al. (2017) ที่พบว่า การเสริมวัสดุเพาะเห็ดที่ระดับ 10 กรัม/กิโลกรัม ในอาหารในอาหารปลานิล (*Oreochromis niloticus*) สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิล อีกทั้งสามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของปลานิล ป้องกันการเกิดโรคจากการได้รับเชื้อ *Streptococcus agalactiae* ทั้งนี้

นอกจากคุณสมบัติการเป็นเอนไซม์ย่อยเยื่อใยแล้ว
นั้น วัสดุเพาะเห็ดยังพบว่ามีคุณสมบัติในการเป็น
สารส่งเสริมชีวนะ (prebiotic) เนื่องจากเห็ด
ประกอบด้วยโครงสร้างโพลีแซคคาไรด์จำนวนมาก

อีกทั้งยังประกอบด้วยสารโพลีฟีนอล ซึ่งมีคุณสมบัติ
เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเห็ด ทำให้สามารถช่วย
กระตุ้นการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันของ
สัตว์ได้ (Aletor, 1995)

Table 2 *In vitro* digestibility (%) in experimental diets (mean $\pm$ SE)

Chemical composition (%)	Treatments				
	CON	T1	T2	T3	T4
Dry matter	24.72 $\pm$ 0.12 ^e	26.62 $\pm$ 0.09 ^d	27.81 $\pm$ 0.23 ^c	28.75 $\pm$ 0.05 ^a	28.02 $\pm$ 0.15 ^b
Crude protein	7.28 $\pm$ 0.53 ^e	9.07 $\pm$ 0.36 ^d	9.27 $\pm$ 0.03 ^c	9.93 $\pm$ 0.97 ^b	13.85 $\pm$ 0.90 ^a
Crude fiber	6.03 $\pm$ 0.74 ^d	16.13 $\pm$ 0.04 ^c	19.33 $\pm$ 0.12 ^b	22.43 $\pm$ 0.31 ^a	22.54 $\pm$ 0.12 ^a
Fat	24.55 $\pm$ 0.09 ^d	27.76 $\pm$ 0.04 ^c	30.03 $\pm$ 0.05 ^b	35.89 $\pm$ 0.04 ^a	36.01 $\pm$ 0.12 ^a
NFE ¹	5.13 $\pm$ 0.34 ^d	13.28 $\pm$ 0.09 ^c	20.53 $\pm$ 0.12 ^b	27.62 $\pm$ 0.06 ^a	27.89 $\pm$ 0.76 ^a
Gross energy	38.96 $\pm$ 0.06 ^e	41.34 $\pm$ 0.90 ^d	44.31 $\pm$ 0.22 ^c	50.94 $\pm$ 0.23 ^b	52.23 $\pm$ 0.21 ^a

^{a-d} Different superscripts in the same row indicate significant difference (P<0.05).

¹ NFE: Nitrogen free extract.

Table 3 Growth performance and feed utilization (mean $\pm$ SE) of the Mekong giant catfish fed
different diets for 12 weeks

Parameters	Treatments				
	CON	T1	T2	T3	T4
IW (g)	28.67 $\pm$ 0.76	30.81 $\pm$ 0.90	30.48 $\pm$ 1.01	29.43 $\pm$ 1.07	29.92 $\pm$ 1.23
FW (g)	234.50 $\pm$ 14.62 ^b	241.67 $\pm$ 20.33 ^b	254.50 $\pm$ 14.12 ^b	247.50 $\pm$ 11.47 ^b	326.83 $\pm$ 18.15 ^a
WG (g)	205.83 $\pm$ 14.63 ^b	210.86 $\pm$ 20.53 ^b	224.02 $\pm$ 14.15 ^b	218.07 $\pm$ 11.46 ^b	296.91 $\pm$ 17.59 ^a
ADG (g/d)	2.29 $\pm$ 0.16 ^b	2.34 $\pm$ 0.22 ^b	2.49 $\pm$ 0.15 ^b	2.42 $\pm$ 0.12 ^b	3.30 $\pm$ 0.19 ^a
SLi (cm.)	12.57 $\pm$ 0.15	12.20 $\pm$ 0.18	12.60 $\pm$ 0.18	12.50 $\pm$ 0.19	12.07 $\pm$ 0.17
SLf (cm.)	21.72 $\pm$ 0.43 ^b	21.90 $\pm$ 0.53 ^b	22.54 $\pm$ 0.40 ^b	22.20 $\pm$ 0.42 ^b	24.07 $\pm$ 0.40 ^a
FCR	1.61 $\pm$ 0.12 ^b	2.19 $\pm$ 0.21 ^c	1.48 $\pm$ 0.10 ^b	1.32 $\pm$ 0.05 ^{ab}	1.04 $\pm$ 0.06 ^a
SGR (%/day)	2.28 $\pm$ 0.21 ^e	2.45 $\pm$ 0.33 ^d	2.57 $\pm$ 0.17 ^c	2.70 $\pm$ 0.10 ^b	2.82 $\pm$ 0.11 ^a
FCG (baht/kg)	25.77 $\pm$ 1.93 ^b	31.18 $\pm$ 3.02 ^c	24.07 $\pm$ 1.65 ^b	22.33 $\pm$ 0.99 ^b	16.71 $\pm$ 1.03 ^a

^{a-d} Different superscripts in the same row indicate significant difference (P<0.05).

IW = initial weigh; FW = final weigh; WG = weight gain; ADG = average daily gain; SLi = initial standard length; SLf = final standard length; FCR = feed conversion ratio; SGR = specific growth rate; FCG = feed cost per gain.

ดังนั้นจากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการทดแทนรำข้าวด้วยวัสดุเพาะเห็ด มีแนวโน้มเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ซึ่งวัสดุเพาะเห็ดนอกจากจะเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในสูตรอาหารแล้วนั้น ยังคงพบกิจกรรมเอนไซม์ย่อยสารอาหารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตสูง (สุรรัตน์ และคณะ, 2556) โดยเอนไซม์เหล่านี้จะทำหน้าที่ทำลายโครงสร้างภายนอกของวัตถุดิบอาหารโดยเฉพาะวัตถุดิบจากพืช ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง จากนั้นเมื่อโครงสร้างภายนอกของวัตถุดิบถูกทำลายทำให้เอนไซม์จากตัวสัตว์สามารถเข้าไปย่อยสารอาหารภายใน และนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Masey O'Neill et al., 2014) นอกจากนั้นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ในร่างกายสัตว์ ทำให้ทำให้เกิดน้ำตาลอิสระหรือโกลิโกแซคคาร์โบรที่ที่สามารถถูกนำมาใช้สำหรับการเจริญเติบโตของสัตว์ (Meng and Slominski, 2005) ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนในการทดลองนี้ที่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนรำข้าวด้วยวัสดุเพาะเห็ดในสูตรอาหารทำให้ค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองและประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม และนอกจากนั้นการทดแทนรำข้าวในสูตรอาหารด้วยวัสดุเพาะเห็ดยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นการประยุกต์ใช้วัสดุเพาะเห็ดเป็นวัตถุดิบทางเลือกในอาหารสัตว์น่าเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ นอกจากจะช่วยเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ลดต้นทุนค่าอาหาร เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพ อีกทั้งเป็นแหล่งของเอนไซม์ สารส่งเสริมชีวิต และสารต้านอนุมูลอิสระสำหรับเป็นสารเสริมในอาหารสัตว์ที่มีราคาต่ำเหมาะสมสำหรับเกษตรกร

สรุปผล

การศึกษากการทดแทนรำข้าวด้วยวัสดุเพาะเห็ด ในอาหารปลาบึก โดยการแทนที่ 100% ในสูตรอาหาร มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ประกอบด้วยรำข้าวในสูตรอาหาร อีกทั้ง พบว่าการแทนที่ 75% และ 100% มีค่าประสิทธิภาพการย่อยได้ในหลอดทดลองของเยื่อใย ไขมัน คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย และการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงาน สูงกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนั้นการแทนที่ด้วยวัสดุเพาะเห็ด 100% ยังสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตปลาบึกได้ ดังนั้นการใช้วัสดุเพาะเห็ดจึงเป็นวัตถุดิบทางเลือกการเพาะเลี้ยงปลาบึก

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปี 2557

เอกสารอ้างอิง

ชวลิต วิทยานนท์. 2543. คู่มือจำแนกพรรณปลาในพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า. สถาบันพิพิธภัณฑสัตว์น้ำและกองอนุรักษ์ทรัพยากรประมง กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

- วรรณพร ทะพิงค์แก, สุวีรัตน์ ถือแก้ว, และ มงคล ยะไชย. 2557. ผลของเอนไซม์ย่อยเยื่อใยโดยรวมจากวัสดุเพาะเห็ดนางรมต่อค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองและการใช้ประโยชน์ได้ของ โภชนะในอาหารไก่เนื้อ. วารสารเกษตร. 30 (2):171-180.
- วรรณพร ทะพิงค์แก. 2560. อาหารและการให้อาหารสัตว์. สำนักพิมพ์ทองสาม ดีไซน์, เชียงใหม่.
- สุวีรัตน์ ถือแก้ว, วรรณพร ทะพิงค์แก, และ มงคล ยะไชย. 2556. ประสิทธิภาพการผลิตและการเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ย่อยเยื่อใยจากการเพาะเห็ดนางรม โดยใช้เศษเหลือจากข้าวโพด. วิทยาศาสตร์เกษตร 44(1):51-54.
- Aletor, A.V., 1995. Compositional studies on edible tropical species of mushrooms. Food Chem. 54: 264-268.
- AOAC, 2006. In: Horwitz W. (Ed.), Official methods of analysis association of official analytical chemist, USA, Maryland.
- Boisen, S., and B.O. Eggum. 1991. Critical evaluation of in vitro methods for estimating digestibility in simple-stomach animals. Nutr. Res. Rev. 4:141-162.
- Doan, V.H., S.H. Hoseinifar, W. Tapingkae, C. Chitmanat, and S. Mekchy. 2017. Effects of Cordyceps militaris spent mushroom substrate on mucosal and serum immune parameters, disease resistance and growth performance of Nile tilapia, (*Oreochromis niloticus*). Fish Shellfish Immun. 67:78-85.
- FAO. 2006. FAO. State of world aquaculture 2006. FAO Fisheries Technical Paper, vol. 500, FAO, Rome. 134 pp.
- Masey O'Neill, H.V., M. Singh, and A.J. Cowieson. 2014. Effects of exogenous xylanase on performance, nutrient digestibility, volatile fatty acid production and digestive tract thermal profiles of broilers fed on wheat- or maize-based diet. Br. Poult. Sci. 55(3):351-359.
- Meng-umphan, K., and J. Saengkrachang. 2008. Production of generation-2 Mekong giant catfish (*Pangasianodon gigas*) cultured with *Spirulina* sp. Maejo Inter. J. Sci. Tech. 2(3):559-567.
- Meng, X., and B. A. Slominski. 2005. The nutritive value of corn, soybean meal, canola meal or peas for broiler chickens as affected by a multi-carbohydrase preparation of cell wall degrading enzymes. Poult. Sci. 84:1,242-1,251.
- NRC. 1993. Nutrient requirements of National Research Council of the National Academy Press Washington. D.C., USA. 105 p.

Tonheim, S.K., A. Nordgreen, I. Hogoy, K. Hamere, and I. Rønnestad. 2007. In vitro digestibility of water-insoluble protein fractions of some common fish larval feeds and feed ingredients. *Aquaculture*. 262:426-435.