

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาดุกแอฟริกัน *Clarias gariepinus*
ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ silage จากการหมักใส่ไก่เป็นองค์ประกอบหลัก

Growth performance of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets containing
chicken intestine silage as a main component

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์¹ จงกล พรหมยะ¹ ประจวบ ฉายบุญ^{1*} และนวรรตน์ สังเต็ม¹

Thepparath Ungsethaphand¹ Jongkol Promya¹ Prachaub Chaibu^{1*} and Nawarat Sangtem¹

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, 50290 Thailand

*Corresponding author : e-mail; p_chaibu@mju.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้ silage ที่หมักจากใส่ไก่ในอัตราส่วนที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกแอฟริกัน (*Clarias gariepinus*) หมักใส่ไก่ด้วยกรดซิตริก 8% ผสมรำละเอียดลงใน silage ที่ระดับ 10% 20% 30% และ 40% (RB10, RB20, RB30 และ RB40) และผสมกากถั่วเหลืองที่ระดับ 20% 30% 40% และ 50% (SB20, SB30, SB40 และ SB50) เลี้ยงปลาดุกแอฟริกัน จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 30 ตัว (น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 16.05 กรัม) ระยะเวลาทดลอง 60 วัน โดยใช้อาหารสำเร็จรูปปลาดุกเป็นอาหารควบคุม (Contr) เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลาดุกแอฟริกันที่เลี้ยงด้วยอาหาร Contr มีน้ำหนักเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) สูงกว่า และ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ต่ำกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เปรียบเทียบกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร silage ผสม รำละเอียดทุกระดับ (RB10, RB20, RB30 และ RB40) และ อาหาร silage ผสม กากถั่วเหลืองบางระดับ ได้แก่ SB30, SB40 และ SB50 ตามลำดับ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร SB20 ($p > 0.05$) อัตรารอดของปลาทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ระดับโปรตีนในเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าไม่ได้รับผลกระทบจากอาหารทดลอง ($p > 0.05$) แต่ระดับไขมันในเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร silage ผสมกากถั่วเหลืองทุกระดับ (SB20, SB30, SB40 และ SB50) มีค่าต่ำกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า สามารถใช้กากถั่วเหลืองผสม silage ได้ไม่เกิน 20% ในการผลิตอาหารเลี้ยงปลาดุกแอฟริกัน (*Clarias gariepinus*)

คำสำคัญ: ใส่ไก่ การหมัก ปลาดุก,กรด citric, by-product

Abstract

Experiments were carried out to investigate the effect of silage from chicken intestine blended with rice bran or soybean meal in the diet on growth performance of African catfish (*Clarias gariepinus*). Eight experimental diets containing various levels of rice bran (RB10, RB20, RB30 and RB40) or soybean meal (SB20, SB30, SB40 and SB50) were mixed in liquid silage and a commercial catfish feed was used as a control diet (Contr). Triplicate groups of 30 fish (initial

weight: 16.05 g) were fed daily at 5% body weight for 60 days. Significant higher ($p<0.05$) in weight gain, specific growth rate (SGR) and lower feed conversion ratio (FCR) were observed in fish fed on Contr diet compared to those fed rice bran inclusion in the diets (RB10, RB20, RB30 and RB40) and some soybean meal inclusion diets (SB30, SB40 and SB50). However, the growth performance was similar in fish fed Contr and SB20 ($p>0.05$). No significant differences were detected in survival rates among fish fed all treatments ($p>0.05$). The carcass protein content were similar in all treatments ($p>0.05$). Lipid contents in fish fed soybean meal inclusion diets (SB20, SB30, SB40 and SB50) were significantly lower ($p<0.05$) than those of the rest diets. The study demonstrated that up to 20% of soybean meal could be incorporated in silage diets of *Clarias gariepinus*.

Key word: chicken viscera, fermentation, citric acid, Catfish, by-product

คำนำ

ในปัจจุบันการเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงอุตสาหกรรมทำให้สภาวะแวดล้อมเสื่อมโทรมลง เกษตรกรฟาร์มเลี้ยงปลาบางส่วนใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับไส้ไก่สด เพื่อลดต้นทุนการผลิต ทำให้น้ำทิ้งจากฟาร์มก่อมลพิษเกิดปัญหาเกี่ยวกับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลารายอื่นที่อยู่ใกล้เคียง มีรายงานการศึกษาค้นคว้าของเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เลือดสัตว์ เครื่องในสัตว์ เศษเนื้อปลา ไส้ปลา เป็น silage เพื่อนำมาใช้ในการเลี้ยงปลาได้หลายชนิด Allan *et al.*, (2000) ทดลองใช้เครื่องในไก่จากโรงงานชำแหละ เลี้ยงปลา silver perch วัยรุ่น พบว่า ปลาสามารถย่อยเครื่องในไก่ได้ 83.3-92.1% โดยในเครื่องในไก่ มีโปรตีน 60.3% ไขมัน 18.2% มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วน Jayathilakan *et al.*, (2012) กล่าวว่า by-product จากอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์อุดมไปด้วยสารอาหารสำคัญ เช่น กรดอะมิโน วิตามินและแร่ธาตุ สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ อย่างไรก็ตามการใช้ by-product จากโรงงานชำแหละไก่ เช่น การนำไส้ไก่สดมาใช้เลี้ยงปลาส่งผลให้เกิดมลพิษทางน้ำ เพราะใน by-product ประกอบด้วย เศษเลือด ไขมัน ขนไก่ และของเสียที่ตกค้างในไส้ Gisbert *et al.*, (2012) ทดลองใช้โปรตีนไฮโดรไลซ์จากเศษเลือดจากโรงงานชำแหละสุกร พบว่าสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารเลี้ยงปลา Gilthead sea bream ได้ถึง 12% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต

ดังนั้น การศึกษาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพไส้ไก่สดด้วยการหมักด้วยกรด รวมทั้งการปรับปรุงคุณสมบัติด้วยการเสริมวัตถุดิบอาหารสัตว์ เพื่อใช้ในการเลี้ยงปลาดุกอัมพริกกันต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำ เพื่อลดมลพิษของน้ำทิ้งจากฟาร์ม จึงเป็นแนวทางสำคัญเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบริเวณใกล้เคียง และความปลอดภัยด้านสุขอนามัยของผู้บริโภคได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียม Silage

นำสับไก่สดผสมเกล็ดน้ำแข็งอัตราส่วน 1 ต่อ 1 เพื่อป้องกันการเน่าเปื่อย เมื่อถึงสถานที่ทดลองใช้มีดคมสับสับไก่เป็นชิ้นเล็ก ใส่ถังพลาสติกที่มีฝาปิดถึงละ 20 กรัม เติม propionic acid 0.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ป้องกันการเกิดเชื้อรา และ Ethoxyquin 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เพื่อป้องกันการเหม็นหืน (Fagbenro และ Fasakin, 1996) เติมกรด citric ให้ได้ความเข้มข้น 8% ปิดฝาปล่อยให้เกิดการหมักที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบระยะเวลาการทดลอง 30 วัน ต้ม silage ที่ได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาทางเคมี ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับ pH ของ silage ให้เท่ากับ 6 ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต (Ungsethaphand *et al.*, 2017)

การวางแผนการทดลอง และการเตรียมอาหารทดลอง

วางแผนการทดลอง แบบสุ่มตลอด (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ผลิตอาหารทดลองจำนวน 8 สูตร (Table 1 และ 2) โดยใช้อาหารสำเร็จรูปปลาตุ๊กเล็ก (โปรตีน 30%) ซึ่งใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนเป็นอาหารควบคุม (Conrt) ส่วนอาหารอีก 8 สูตร ใช้ silage ที่ได้จากการหมักสับไก่สดด้วยกรด citric 8% ผลิตอาหารทดลองที่มีโปรตีน 29.22% - 40.04% โดยผสมกับรำละเอียด 4 ระดับ 10% (RB10) 20% (RB20) 30% (RB30) และ 40% (RB40) และผสมกากถั่วเหลือง 4 ระดับ 20% (SB20) 30% (SB30) 40% (SB40) และ 50% (SB50) นำส่วนผสมที่ได้ไปอัดเม็ดด้วยเครื่องบดเนื้อ อบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ประมาณ 6 ชั่วโมง ให้มีความชื้นเหลืออยู่ประมาณ 10% บรรจุอาหารทดลองในถุงพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ในตู้แช่ อุณหภูมิ -20° องศาเซลเซียส ตลอดช่วงเวลาของการทดลอง 60 วัน

Table 1 Proximate composition (% dry weight) of dry chicken intestine silage after mixed with rice brand

Rice brand (%)	RB10%	RB20%	RB30%	RB40%
Proximate composition (% dry weight)				
Moisture	7.49±0.30	7.13±0.11	7.30±0.08	7.42±0.05
Crude protein	34.37±0.01	32.65±0.02	30.93±0.02	29.22±0.03
Crude lipid	20.83±0.02	20.22±0.04	19.60±0.06	18.99±0.08
Fiber	7.05±0.01	7.38±0.01	7.72±0.02	8.06±0.03
Ash	6.32±0.01	6.85±0.03	7.38±0.05	7.91±0.07
NFE	31.43±0.03	32.89±0.06	34.36±0.09	35.82±0.12
Gross energy (Kcal/Kg)	450.72±0.76	444.17±0.15	437.62±0.23	431.07±0.30

Table 2 Proximate composition (% dry weight) of dry chicken intestine silage after mixed with soy bean

Soy bean (%)	SB20%	SB30%	SB40%	SB50%
Proximate composition (% dry weight)				
Moisture	9.56±0.17	9.47±0.15	9.58±0.16	9.44±0.14
Crude protein	37.67±0.09	38.46±0.14	39.25±0.18	40.04±0.23
Crude lipid	17.75±0.08	15.89±0.12	14.04±0.16	12.19±0.20
Fiber	6.64±0.03	6.61±0.05	6.58±0.06	6.54±0.08
Ash	5.90±0.01	5.95±0.01	6.01±0.01	6.06±0.02
NFE	32.04±0.14	33.08±0.21	34.12±0.29	35.16±0.36
Gross energy (Kcal/Kg)	438.59±0.52	429.24±0.78	419.90±1.04	410.56±1.30

สัตว์ทดลอง

ใช้ลูกปลาดุกอัฟริกัน (*Clarias gariepinus*) น้ำหนักเฉลี่ย 16.05 กรัม โดยนำลูกปลามาพักให้ปรับตัวเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ก่อนสูมน้ำและซังน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้นเพื่อปล่อยลงเลี้ยงด้วยความหนาแน่น 30 ตัว/บ่อ ในบ่อซีเมนต์กลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร บรรจุน้ำ 100 ลิตร เลี้ยงด้วยอาหารควบคุมเป็นเวลา 7 วันเพื่อให้ปลาปรับสภาพ ก่อนเริ่มให้อาหารทดลอง ในอัตรา 5% ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (09.00-10.00 น. และ 15.00-16.00 น.) ปรับปริมาณอาหารที่ให้ ทุก 14 วัน และเติมน้ำซดเซยส่วนระเหยไปทุกวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สุ่มตัวอย่างปลาซ้ำละ 3 ตัว ในแต่ละชุดการทดลองเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา โดยวางยาสลบปลาด้วย MS222 80 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำที่มีการให้อากาศตลอดเวลา (CCAC, 2005)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลอง และเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยวิธีการดังต่อไปนี้ วิเคราะห์หาโปรตีนโดย micro-Kjeldahl, ไขมันโดยวิธี dichloromethane extraction ตาม Soxhlet method, เยื่อใย โดยวิธี fritted glass crucible, เถ้า โดยการเผาใน muffle furnace 550 องศาเซลเซียส และความชื้น โดยการอบแห้งในตู้อบ 105 องศาเซลเซียส ตามวิธีการของ AOAC (1990)

การตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำ

ตรวจสอบคุณภาพน้ำในหน่วยทดลองเมื่อเริ่มต้นและทุก 14 วัน จนเสร็จสิ้นการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิและ dissolved oxygen (DO) ด้วยเครื่อง oxygen meter (YSI Model 59), Total ammonia วิเคราะห์ค่าโดยใช้ spectrophotometer (Hach DR/2000) ส่วนค่า pH วัดโดยใช้เครื่อง pH meter (Schott-Gerate CG 840)

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพและการเติบโต

นับและซังน้ำหนักปลาในแต่ละกระชัง ทุกๆ 14 วัน ตลอดการทดลองในแต่ละการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณการให้อาหาร และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

- ก. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR) (%/วัน)

$$= 100 \times \frac{\ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$
- ข. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Weight gain) กรัม

$$= \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)}$$
- ค. อัตรารอด (Survival Rate) %

$$= (\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}) \times 100$$
- ง. อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

$$= \text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน (กรัม)} / \text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละที่รีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของที่รีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey's test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

เมื่อนำ Silage ที่ได้จากการหมักด้วยกรด citric 8% ไปผสมวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ รำละเอียดและกากถั่วเหลือง เพื่อความสะดวกในการเก็บรักษาและนำไปใช้ จะได้อาหารผสมที่มีระดับโปรตีนเฉลี่ย 29.22% - 40.04% ซึ่ง Gupta *et al.*, (2013) ระบุว่า ปลาตุ๊กตาดาน (*Clarias batrachus*) มีความต้องการโปรตีน 30%-40% นอกจากนี้ยังพบว่า การผสมรำละเอียดที่ระดับ 10%, 20%, 30% และ 40% ส่งผลให้ระดับโปรตีน ไขมัน และพลังงานรวมในอาหารผสมทุกระดับลดลง และยังส่งผลให้ระดับ NFE เยื่อใย และเถ้าเพิ่มขึ้นในทุกระดับ (Table 1) ทั้งนี้ เพราะรำละเอียดมีระดับโปรตีนและไขมันต่ำกว่า silage

การนำ silage ที่ได้จากการหมักด้วยกรด citric 8% ไปผสมกากถั่วเหลืองที่ระดับ 20%, 30% , 40% และ 50% ทำให้ได้อาหารผสมที่มีโปรตีนสูงกว่า silage ในทุกระดับ (Table 2) ทั้งนี้ เพราะกากถั่วเหลืองมีระดับโปรตีนสูงกว่า silage นอกจากนี้การผสมกากถั่วเหลืองยังทำให้อาหารผสมที่ได้มีระดับไขมันและพลังงานรวมต่ำกว่า silage ในทุกระดับของการผสม

หากพิจารณา ในแง่ของความปลอดภัยด้านการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ใน silage นั้น Russell and Gould (1991) รายงานว่าจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษในอาหารส่วนใหญ่จะถูกควบคุมได้ด้วย pH ในอาหารที่ระดับต่ำกว่า 4.2 ในทำนองเดียวกัน Cai *et al.*, (1995) พบว่าการใช้กรด formic 2% ในการหมักใส่ไก่สดและซากไก่ จะสามารถทำลายเชื้อ Salmonella ได้ภายใน 8 วัน ที่ระดับ pH 3.8 แต่ Middleton and Ferket (2001) รายงานว่า การใช้กรด phosphoric ความเข้มข้นต่างกันหมักซากไก่ เพื่อควบคุม pH ให้อยู่ในระดับ 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 4.5 และ 5.0 นั้น พบว่า ที่ระดับ pH ต่ำกว่า 5.0 สามารถควบคุม fecal coliform แบคทีเรียได้

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาดุกอัฟริกัน (*Clarias gariepinus*)

ผลการทดลองพบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร SB20 มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักสุดท้าย, น้ำหนักเพิ่ม, อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และ FCR ไม่แตกต่างจากอาหารปลาดุกเล็กสำเร็จรูป ที่เป็นอาหารควบคุม (Contr) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร Contr มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ดีกว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม อัตราการรอดของปลาในการทดลองครั้งนี้ ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในทุกสูตรอาหาร (Table 3)

ในการทดลองครั้งนี้ การที่ปลาดุกอัฟริกันที่เลี้ยงด้วยอาหาร SB20 น้ำหนักสุดท้าย, น้ำหนักเพิ่ม, อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และ FCR ไม่แตกต่างจากอาหารควบคุม เพราะปลาดุกอัฟริกันสามารถใช้แหล่งโปรตีนจากถั่วเหลืองได้ดี Imorou Toko *et al.*, (2008) สอดคล้องกับ Fagbenro and Davies (2001) รายงานว่า สามารถใช้กากถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารเลี้ยงปลาดุกอัฟริกันได้ 20-40% โดยไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโต แต่ในการทดลองครั้งนี้ การใช้กากถั่วเหลืองในอัตราที่สูง 40% กลับส่งผลให้ปลา มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ใช้สูตรอาหารที่ไม่มีปลาป่นเป็นองค์ประกอบ ในสูตรอาหาร โดยเป็นที่ทราบกันดีว่า ปลาป่นเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีสารอาหารครบถ้วนมากกว่าแหล่งโปรตีนจากสัตว์และพืชชนิดอื่น เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วนและเหมาะสมตามความต้องการของปลา ส่งผลให้ปลา มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดี (Gaylord and Gatlin, 1996; Gupta *et al.*, 2013) สอดคล้องกับ Oke *et al.*, (2016) ที่รายงานว่าการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารเลี้ยงปลาดุกอัฟริกันนั้นมีขีดจำกัดไม่เกิน 30% โดยหากทดแทนในอัตราที่สูงเกินไปจะส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของปลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสูตรอาหารที่ไม่มีปลาป่นเป็นองค์ประกอบ เพราะจะมีปริมาณกรดอะมิโนที่ไม่ครบถ้วนสมดุล Fagbenro and Fasakin (1996) ก็รายงานว่ ปัญหาของการใช้ Silage ที่ได้จากการหมักด้วยกรดในการเลี้ยงปลา คือ Silage ที่ได้จะมีปริมาณกรดอะมิโน tryptophan ต่ำ จึงมีขีดจำกัดในการนำไปทดแทนปลาป่น

เป็นที่น่าสังเกตว่า ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาดุกอัฟริกัน ในการทดลองครั้งนี้ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ผสมกับ Silage และลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อผสมในอัตราที่สูง เช่น ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร RB30 และ RB40 มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตต่ำกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร RB10 และ RB20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เพราะการผสมรำละเอียดในอัตราที่สูงขึ้นทำให้ปริมาณโปรตีนรวมในอาหารลดลง ในขณะที่มีปริมาณเยื่อใยและเถ้าเพิ่มขึ้น (Table 1) นอกจากนี้ยังพบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร Silage ผสมรำละเอียดในทุกระดับ (RB10-RB40) มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตต่ำกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Giri *et al.*, (2003) พบว่าปลาดุกลูกผสม (*Clarias batrachus* x *Clarias gariepinus*) ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มีรำละเอียด 10% และ 20% มีน้ำหนักสุดท้ายและน้ำหนักเพิ่ม สูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มีรำละเอียด 35% และ 50% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ในการทำงานเดียวกัน การผสมกากถั่วเหลืองในอัตราสูง 40% และ 50% (SB40 และ SB50) ทำให้ปลาดุกอัฟริกัน ในการทดลองครั้งนี้ มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตต่ำกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมกากถั่วเหลืองในอัตราต่ำ 20% (SB20) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการผสมกากถั่วเหลืองในอัตราที่

สูงขึ้นแม้จะทำให้มีระดับโปรตีนในอาหารสูงขึ้น แต่ก็ส่งผลให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเถ้าสูงขึ้นเช่นกัน (Table 2)

แม้ว่าจะมีการทดลองที่แสดงว่า สามารถใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นเลี้ยงปลาได้หลายชนิด Giri *et al.*, (2000) รายงานว่า ปลาตุ๊กตาดาน (*Clarias batrachus*) มีความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ดี โดยพบปริมาณเอนไซม์ α -amylase ในลำไส้สูงขึ้นเมื่อกินอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง Fagbenro and Davies (2001) รายงานว่า สามารถใช้กากถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารเลี้ยงปลาตุ๊กตอฟริกกันได้ 20-40% โดยไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโต แต่อย่างไรก็ตาม ในการทดลองของ Imorou Toko *et al.*, (2008) พบว่า ยังคงมีขีดจำกัดในการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นในการเลี้ยงปลาตุ๊กตอฟริกกัน โดยพบว่าการใช้กากถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงเกินไปถึง 60% จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลา ทั้งนี้เพราะมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นไม่เพียงพอในกากถั่วเหลือง สอดคล้องกับ Fagbenro and Davies (2001) ที่รายงานว่าการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารเลี้ยงปลา โดยไม่ให้ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของปลา จำเป็นต้องเติมกรดอะมิโน methionine เข้าไปในสูตรอาหาร Gupta *et al.*, (2013) ก็ รายงานว่า ลูกปลาดุกตาดาน ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนมีน้ำหนักเพิ่มสูงกว่า และ FCR ต่ำกว่า ลูกปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ปลา ไล่ไก่ และกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน

องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา

มีงานวิจัยจำนวนมากระบุว่า องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลาที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากปริมาณอาหารที่ได้รับ อัตราการเจริญเติบโตของปลาในแต่ละช่วงวัย วัตถุประสงค์ที่เป็นองค์ประกอบในอาหารเลี้ยงปลา และองค์ประกอบทางเคมีและสารอาหารในอาหารเลี้ยงปลา (Degani *et al.*, 1989; Imorou Toko *et al.*, 2007; Imorou Toko *et al.*, 2008)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลาดุกตาดานภายหลังเสร็จสิ้นการทดลอง (Table 4) พบว่า ปริมาณโปรตีนและความชื้นในเนื้อปลาดุกตาดานที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในการทดลองครั้งนี้ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 12.56 -14.69% สอดคล้องกับการทดลองของ Imorou Toko *et al.*, (2008) ที่ทดลองเลี้ยงปลาดุกตาดานด้วยอาหารสำเร็จรูป และอาหารที่ทดแทนปลาป่นด้วยกากถั่วเหลือง 30% และ 60% พบว่ามีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลา 12.4%-14.5% โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และ Gupta *et al.*, (2013) เลี้ยงปลาดุกตาดานด้วยอาหารที่ใช้ ปลาป่น ไล่ไก่ ไล่ปลา และกากถั่วเหลือง เป็นแหล่งโปรตีน พบว่า มีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาอยู่ในช่วง 13.32%-13.75% ($p>0.05$) Fagbenro and Fasakin (1996) ใช้ Silage จากการหมักไล่ไก่ได้ด้วยกรด citric ทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารเลี้ยงปลาดุกตาดาน และ Oke *et al.*, (2016) เลี้ยงปลาดุกตาดานด้วยอาหารที่ใช้ไล่ไก่ทดแทนปลาป่น 0%-50% เปรียบเทียบกับอาหารสำเร็จรูป ซึ่งการทดลองทั้งสอง พบว่าปริมาณความชื้นและโปรตีนในเนื้อปลาไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ปริมาณไขมันในเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วย Silage ผสมกากถั่วเหลืองในทุกระดับ (SB20 - SB50) มีค่าต่ำกว่าเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุมและ Silage ผสมรำละเอียดในทุกระดับ (RB10 - RB40) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เป็นผลมาจากมีปริมาณไขมันในกากถั่วเหลืองต่ำกว่าในรำละเอียด ส่งผลให้

อาหารทดลองที่ผสมกากถั่วเหลืองมีปริมาณไขมันต่ำกว่า (Table 1 และ 2) โดย Giri *et al.*, (2000) และ Gupta *et al.*, (2013) รายงานว่า ปลาตู้ก้านจะมีการสะสมไขมันในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นเมื่อกินอาหารที่มีระดับไขมันสูงขึ้น สอดคล้องกับ Oke *et al.*, (2016) ก็รายงานผลเช่นเดียวกันในการทดลองกับปลาตู้ก้าน นอกจากนี้ยังพบว่าอาหารควบคุมและทดลองที่ใช้ Silage ผสมรำละเอียด มีปริมาณโปรตีนในอาหารต่ำกว่าอาหารทดลองที่ใช้ Silage ผสมกากถั่วเหลือง (Table 1 และ 2) ก็เป็นสาเหตุให้ปลาทดลองมีการสะสมไขมันในเนื้อปลาต่างกัน โดย Giri *et al.*, (2003) อธิบายว่าปลาที่กินอาหารที่มีโปรตีนต่ำกว่าแต่ไขมันสูงกว่า จะมีการสะสมไขมันในเนื้อปลามากขึ้น โดย Gupta *et al.*, (2013) ก็รายงานผลเช่นเดียวกันในการทดลองกับปลาตู้ก้าน

ปริมาณไขมันในเนื้อปลาที่กินอาหารควบคุมซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาตู้ก้าน มีค่าสูงกว่าปลาที่กินอาหารสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เป็นผลจากปลาปนที่เป็นแหล่งโปรตีนหลักจากสัตว์ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูป เพราะปลาปนมีปริมาณไขมันสูง (Giri *et al.*, 2000)

ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงขีดจำกัดของการใช้ Silage ผสมวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น รำละเอียดและกากถั่วเหลืองโดยไม่มีปลาปนเป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารเลี้ยงปลาตู้ก้าน โดยการผสม Silage กับรำละเอียดในทุกระดับ ตั้งแต่ 10-40% ทำให้ปลาตู้ก้านมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตต่ำกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม และสามารถผสม Silage กับกากถั่วเหลืองได้ไม่เกิน 20% โดยไม่ส่งผลเสียกับประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาตู้ก้าน เมื่อเทียบกับอาหารควบคุม แม้ว่าการผสมกากถั่วเหลืองในอัตราที่สูงขึ้นจะทำให้มีปริมาณโปรตีนรวมในอาหารสูงขึ้นก็ตาม

คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง

คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง DO อยู่ในช่วง 3.38-3.92 มิลลิกรัม/ลิตร pH อยู่ในช่วง 7.41-7.98 Total Ammonia อยู่ในช่วง 0.46-0.55 มิลลิกรัม/ลิตร (Table 4) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปลาตู้ก้าน ตามรายงานของ Oke *et al.*, (2016) และมีปริมาณแอมโมเนีย และ pH ไม่เกินค่ามาตรฐาน ในประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด (Announcement of the Ministry of Natural Resources and Environment: Issue 2, 2008)

Table 3 Growth, feed conversion ratio and survival rate of African catfish after 60 days

Indicator	feed formula (%Protein)								
	Contr (30)	RB10 (34.37)	RB20 (32.65)	RB30 (30.93)	RB40 (29.22)	SB20 (37.67)	SB30 (38.46)	SB40 (39.25)	SB50 (40.04)
INITIAL weight (g)	16.16 ± 0.04	16.28 ± 0.05	16.31 ± 0.10	16.06 ± 0.05	15.61 ± 0.40	16.28 ± 0.06	16.17 ± 0.15	16.06 ± 0.04	15.56 ± 0.41
FINAL weight (g)	119.11 ± 0.91 ^a	102.18 ± 2.15 ^{bc}	92.91 ± 1.90 ^{cd}	82.66 ± 2.17 ^e	66.86 ± 0.36 ^e	108.60 ± 0.41 ^{ab}	105.29 ± 1.76 ^b	91.04 ± 0.98 ^d	90.21 ± 1.05 ^d
Weight gain (g)	102.94 ± 0.96 ^a	85.89 ± 2.21 ^{bc}	76.59 ± 2.00 ^{cd}	66.61 ± 2.21 ^e	51.25 ± 0.76 ^e	92.33 ± 0.35 ^{ab}	89.12 ± 1.91 ^b	74.96 ± 0.94 ^d	74.65 ± 0.61 ^d
SGR (%/day)	3.33 ± 0.02 ^a	3.06 ± 0.04 ^{bc}	2.89 ± 0.04 ^{cd}	2.73 ± 0.09 ^e	2.42 ± 0.06 ^e	3.16 ± 0.01 ^{ab}	3.12 ± 0.04 ^{abc}	2.89 ± 0.01 ^{cd}	2.93 ± 0.03 ^{bcd}
FCR	1.88 ± 0.04 ^a	2.38 ± 0.21 ^b	3.26 ± 0.19 ^{bc}	3.46 ± 0.34 ^c	3.43 ± 0.07 ^c	1.97 ± 0.01 ^{ab}	2.44 ± 0.66 ^b	2.35 ± 0.03 ^b	2.46 ± 0.27 ^b
Survival (%)	98.00 ± 2.52	83.53 ± 2.94	91.18 ± 2.94	94.12 ± 2.88	87.65 ± 2.94	92.36 ± 3.89	92.36 ± 1.77	90.59 ± 0.05	89.41 ± 2.94

Note: Mean ± se in rows with the different alphabets were statistically different ($p < 0.05$) when compared by Tukey's test

SGR Specific growth rate, FCR Feed conversion ratio

Table 4 Proximate composition (% dry matter basis) in carcass of African catfish fed experimental diets

Indicator	feed formula (%Protein)								
	Contr (30)	RB10 (34.37)	RB20 (32.65)	RB30 (30.93)	RB40 (29.22)	SB20 (37.67)	SB30 (38.46)	SB40 (39.25)	SB50 (40.04)
Moisture	77.62 ± 0.04	78.86 ± 0.05	78.15 ± 0.10	77.51 ± 0.05	78.76 ± 0.40	78.62 ± 0.06	79.02 ± 0.15	78.14 ± 0.04	77.11 ± 0.41
Protein	13.32 ± 0.91	12.90 ± 2.15	13.10 ± 1.90	14.26 ± 2.17	12.65 ± 0.36	13.47 ± 0.41	13.00 ± 1.76	13.80 ± 0.98	14.69 ± 1.05
Lipid	5.23 ± 0.96 ^a	5.06 ± 2.15 ^a	5.44 ± 1.90 ^a	5.31 ± 2.17 ^a	5.50 ± 0.36 ^a	4.11 ± 0.35 ^b	4.29 ± 1.91 ^b	4.82 ± 0.98 ^b	4.41 ± 1.05 ^b
Ash	2.65 ± 0.02 ^a	1.69 ± 0.04 ^b	1.75 ± 0.04 ^b	1.75 ± 0.09 ^b	1.73 ± 0.06 ^b	1.60 ± 0.01 ^b	1.69 ± 0.04 ^b	1.51 ± 0.01 ^b	1.71 ± 0.03 ^b

Note: Mean ± se in rows with the different alphabets were statistically different ($p < 0.05$) when compared by Tukey's test

Table 5 Water quality in the pond after 60 days of experiment

Indicator	feed formula (%Protein)								
	Contr (34.37)	RB10 (34.37)	RB20 (32.65)	RB30 (30.93)	RB40 (29.22)	SB20 (37.67)	SB30 (38.46)	SB40 (39.25)	SB50 (40.04)
Temperature (C)	27.41 ± 0.48	27.17 ± 0.12	27.18 ± 0.39	27.52 ± 0.11	27.79 ± 0.14	27.31 ± 0.52	27.15 ± 0.43	27.56 ± 0.24	27.51 ± 0.16
DO (mg/l)	3.59 ± 0.44	3.87 ± 0.01	3.46 ± 0.22	3.89 ± 0.10	3.91 ± 0.12	3.38 ± 0.41	3.54 ± 0.26	3.92 ± 0.12	3.86 ± 0.01
pH	7.98 ± 0.26	7.69 ± 0.01	7.56 ± 0.12	7.72 ± 0.09	7.65 ± 0.04	7.48 ± 0.12	7.41 ± 0.03	7.63 ± 0.06	7.65 ± 0.09
Total Ammonia (mg/l)	0.51 ± 0.08	0.54 ± 0.02	0.46 ± 0.01	0.55 ± 0.01	0.54 ± 0.01	0.55 ± 0.04	0.52 ± 0.05	0.49 ± 0.04	0.55 ± 0.04

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาในครั้งนี้ สามารถใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น รำละเอียด และกากถั่วเหลือง ผสมกับ silage ที่ได้จากการหมักด้วยกรด citric 8% เพื่อความสะดวกในการเก็บรักษาและนำไปใช้งาน โดยสามารถใช้กากถั่วเหลืองผสม silage ได้ไม่เกิน 20% ในการผลิตอาหารเลี้ยงปลาตู้ฟริกกัน (*Clarias gariepinus*) และคุณภาพน้ำในบ่อทดลองมีปริมาณแอมโมเนีย และ pH ไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนในการจัดสรรงบประมาณวิจัย รหัสโครงการวิจัย มจ. 1-60-62.2 และขอขอบคุณคุณอาจารย์ ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้และบุคคลอื่นที่มีได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้ให้ความเกื้อหนุน ทำให้การวิจัยในครั้งนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- Allan G. L., Parkinson S., Booth M. A., Stone D. A. J., Rowland S. J., Frances J., and Warner-Smith R., 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture* 186: 293-310.
- Announcement of the Ministry of Natural Resources and Environment, Issue 2. 2008. Freshwater Aquaculture Discharge Water Criteria Standard. In Royal Government Gazette, 125, Part 21 Ngor, dated January 30, 2008 (pp. 16-19). Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand. [In Thai]
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA, 1298 pp.
- Cai, T., Pancorbo, O. C., Merka, W. C., Sander, J. E. and Barnhart, H. M., 1995. Stabilization of poultry processing by-products and poultry carcasses through direct chemical acidification. *Bio Resour Technol* 52: 69-77.
- CCAC, 2005. CCAC guidelines on: the care and use of fish in research, teaching and testing. Canadian Council on Animal Care. Ottawa, CANADA. 87 p.
- Degani, G., Ben-Zvi, Y., and Levanon, D., 1989. The effect of different protein levels and temperatures on growth and feed utilization, growth and body composition of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture* 76: 293-301.

- Fagbenro O. A., and Fasakin E. A., 1996. Citric-acid-ensiled poultry viscera as protein supplement for catfish (*Clarias gariepinus*). Biores Technol 58: 13-16.
- Fagbenro, O.A. and O.A. Bello-Olusoi, 1997. Preparation, nutrient composition and digestibility offermented shrimp head silage. Food Chemistry 60:489-493.
- Fagbenro, O.A., and Davies, S.J., 2001. Use of soybean flour (dehulled, solvent-extracted soybean) as a fish meal substitute in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822): growth, feed utilization and digestibility. J Appl Ichthyol. 17: 64-69.
- Gaylord, T.G. and Gatlin, D.M. III. 1996. Determination of digestibility coefficients of various feed stuffs for red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture, 139: 303-314.
- Giri, S.S., Sahoo, S.K., Sahu, A.K., and Mukhopadhyay, P.K., 2000. Nutrient digestibility and intestinal enzyme activity of *Clarias batrachus* (Linn.) juveniles fed on dried fish and chicken viscera incorporated diets. Biores Technol. 71: 97-101.
- Giri, S.S., Sahoo, S.K., Sahu, A.K., and Meher, P.K., 2003. Effect of dietary protein level on growth, survival, feed utilisation and body composition of hybrid *Clarias* catfish (*Clarias batrachus* x *Clarias gariepinus*). Animl. Feed Sci. and Technol. 104, 169-178.
- Gisbert E., Skalli A., Fernandez I., Kotzananis Y., Zambomino-Infante J. L., and Fabregat R., 2012. Protein hydrolysed from yeast and pig blood as alternative raw materials in microdiets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture 338: 96-104.
- Gupta, P., Gupta, A., and Monica., 2013. Effect of fish and chicken viscera incorporated diets on growth, feed utilization and body composition of Asian catfish, *Clarias batrachus* fry. Animl Nutrit. and Feed Technol. 13: 195-203.
- Imorou Toko, I., Fiogbe, E.D., Koukpode, B., and Kestemont, P., 2007. Rearing of African catfish (*Clarias gariepinus*) and vundu catfish (*Heterobranchus longifilis*) in traditional fish ponds (whedos): effect of stocking density on growth, production and body composition. Aquaculture 262: 65-72.
- Imorou Toko, I., Fiogbe, E.D., Koukpode, B., and Kestemont, P., 2008. Mineral status of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets containing graded levels of soybean or cottonseed meals. Aquaculture 275: 298-305.
- Jayathilakan K., Sultana K., Radhakrishna K., and Bawa A. S., 2012. Utilization of by products and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. J Food Sci Technol 49(3): 278-293.

- Middelton, T. F. and Ferket, P. R., 2001. Effect of acidification by phosphoric acid storage, temperature and length of storage on the chemical and biological stability of ground poultry mortality carcasses. *Poult. Sci.* 80: 1144-1153.
- Oke, V. , Odountan, H. O. , and Abou, Y., 2016. Chicken Viscera Meal as a Main Component in Diet for African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) Reared in Earthen Ponds. *J Food and Nutri Res* 4(12), 799-805.
- Russell, N.J., and Gould, G.W., 1991. Factors affecting growth and survival. In *Food Preservatives*, Russell, N.J., and Gould, G.W., Eds., Blackie, Glasgow, U.K., pp 13-21.
- Ungsethaphand, T., Promya, P., and Duangwongsa, J., 2017. Improvement nutritional quality of poultry viscera utilization as protein source for fish farm. In *Conference Proceedings: MJU Annual Conference 2017*, Maejo University, Chiang Mai, Thailand, 47-54. [In Thai]