



การใช้ประโยชน์กากส่าเหล้าเป็นวัตถุดิบทางเลือกในอาหารแบบผลิตเองต่อการเจริญเติบโตของปลานิลแดงแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*)

สุวิมล วันตุ้ย¹ ภัทริยา พลชา² และธัชพล การะเกตุ^{2*}

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเชียงราย กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดเชียงราย 57210

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

*Corresponding author: thuchapolk@nu.ac.th

(Received: March 8, 2023; Revised: June 27, 2023; Accepted: June 27, 2023)

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดสอบการใช้กากส่าเหล้าที่ได้จากโรงงานผลิตสุราพื้นบ้านในเขตภาคเหนือของประเทศไทยในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) โดยออกแบบอาหารทดลอง 5 สูตร ให้มีโปรตีนเท่ากัน คือ 30 เปอร์เซ็นต์ ใช้กากส่าเหล้าที่มีข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบหลักตั้งต้นในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (กำหนดเป็น RDDG0, RDDG5, RDDG10, RDDG15 และ RDDG20) ตามลำดับ แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ทดลองเลี้ยงปลานิลแดงขนาดเฉลี่ย 5-7 เซนติเมตร ในตู้กระจกขนาด 150 ลิตร ให้อาหารทดลองวันละสองครั้งเป็นระยะเวลา 60 วัน หลังจากสิ้นสุดการทดลอง พบว่าพารามิเตอร์การเจริญเติบโต (น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ) ของปลาที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มีกากส่าเหล้า 5-10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากส่าเหล้า 10 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีกว่าและสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) ส่วนอัตราการรอดตายของปลานิลแดงไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($P > .05$) ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่ากากส่าเหล้ามีศักยภาพในการทดแทนได้ทั้งส่วนผสมที่มีโปรตีนสูงและโปรตีนต่ำ และสามารถใช้ในสูตรอาหารได้ 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลแดงให้ดีขึ้น

คำสำคัญ: ปลานิลแดง; กากส่าเหล้า; วัตถุดิบอาหารทางเลือก; วัสดุเศษเหลือทิ้ง

Utilization of Rice Distillers' Dried Grains as an Alternative Feedstuff in Practical Diet on Growth of Sex-reversed Red Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*)

Suwimon Wantui¹, Pattareeya Ponza² and Thuchapol Karaket^{2*}

¹Chiang Rai Freshwater Aquaculture Research and Development Center, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperation, Chiang Rai 57210, Thailand

²Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author: thuchapolk@nu.ac.th

(Received: March 8, 2023; Revised: June 27, 2023; Accepted: June 27, 2023)

Abstract

This study was conducted to test the effects of dietary rice distillers' dried grains (RDDG) from local liquor plants in northern Thailand on the growth performance of red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). Five isonitrogenous (30% crude protein) practical diets were formulated to contain 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% DDG from sticky rice (designated as RDDG0, RDDG5, RDDG10, RDDG15, and RDDG20), respectively. Red tilapia averaging 5-7 cm were randomly distributed into 150-L glass tanks. Three replicate groups of fish were fed one of the experimental diets two times a day for 60 days. After the end of the trial, growth parameters (final weight, weight gain, average daily gain, and specific growth rate) of fish fed with 5-10% RDDG diets were significantly higher than other groups ($P < .05$). Fish fed the 10% RDDG diet exhibited better feed efficiency and were significantly higher than other groups ($P < .05$). There were no significant changes in the survival rate of fish among the different treatments ($P > .05$). The results of this experiment suggest that RDDG from sticky rice has the potential to both replace high protein and low protein ingredients and could be used up to 10% in diet formulas to enhance the growth performance and feed efficiency of red tilapia.

Keywords: Red tilapia; Rice distillers' dried grains; Alternative feedstuff; By-product



บทนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และเพิ่มปริมาณมากขึ้นในทุก ๆ ปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลานิล และปลานิลแดง ซึ่งมีผลผลิตรวมกันมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง เนื่องด้วยเป็นปลาที่เนื้อนุ่มรสชาติดี จึงได้รับความนิยมบริโภคเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศไทย และทั่วโลก (กรมประมง, 2565; FAO, 2021) ปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) เป็นปลาที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ง่าย และกินอาหารได้อย่างหลากหลายชนิดเช่นเดียวกับปลานิล (El-Sayed, 2020; Karaket et al., 2021) ปัจจุบันค่าอาหารสำหรับการเลี้ยงปลานิลคิดเป็นต้นทุนการผลิตที่สูงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนการเลี้ยงทั้งหมดเช่นเดียวกับการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ (El-Sayed, 2020) เกษตรกรรายย่อยจึงพยายามลดต้นทุนค่าอาหารดังกล่าวด้วยการค้นหาวัตถุดิบที่หาง่ายภายในท้องถิ่นหรือวัสดุเศษเหลือทิ้งมาพัฒนาเป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับการเลี้ยงปลาภายในฟาร์ม

กากสาเหล้ม้า (rice distillers' dried grains) เป็นวัสดุเศษเหลือทิ้งจากการผลิตสุราพื้นบ้านหรือโรงงานที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรม ซึ่งปัจจุบันมีการขยายตัวของโรงกลั่นสุราพื้นบ้านและแบบชุมชนอย่างถูกต้องตามกฎหมาย ทำให้ในแต่ละปีมีปริมาณกากสาเหล้ม้าที่เป็นวัสดุเศษเหลือทิ้งสูงมากขึ้นตามมา เนื่องด้วยกากสาเหล้ม้ามีความชื้นสูงทำให้ยากต่อการกำจัดได้ในทันทีหลายฝ่ายจึงพยายามนำกากสาเหล้ม้าไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การทำปุ๋ยหมักหรือการนำไปเป็นอาหารสัตว์เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และชุมชนข้างเคียงกากสาเหล้ม้าส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยแป้งที่ไม่ถูกย่อย ยีสต์ จุลินทรีย์ที่ตายแล้ว มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะโปรตีน เป็นแหล่งของ เยื่อใย วิตามิน และแร่ธาตุ ซึ่งมีความเหมาะสมกับการนำมาเป็นวัตถุดิบในอาหารของสัตว์น้ำ (Pérez-Bibbins et al., 2015; Iram et al., 2020) ซึ่งมีรายงานการใช้กากสาเหล้ม้าเป็นวัตถุดิบทดแทนวัตถุดิบอื่นในอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างหลากหลาย เช่น ปลานวลจันทร์ทะเล (Mamaug et al., 2017) ปลาลิ้นหมาระยะวัยรุ่น (Bae et al., 2015) ปลา red sea bream ระยะวัยรุ่น (Choi et al., 2014) และปลานิล (Abdelhamid et al., 2015; Soltan et al., 2015)

งานวิจัยนี้จึงเป็นการทดสอบความเป็นไปได้ และหาระดับที่เหมาะสมในการนำกากสาเหล้ม้าที่ได้จากโรงกลั่นสุราพื้นบ้านในเขตภาคเหนือมาเป็นวัตถุดิบทางเลือกในการประกอบสูตรอาหารแบบผลิตเองสำหรับการเลี้ยงปลานิลแดงเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีวัตถุดิบทางเลือกที่มีราคาถูกสำหรับการผลิตอาหารใช้เองภายในฟาร์ม อีกทั้งเป็นการนำวัสดุเศษเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และชุมชน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมปลาทดลอง

นำปลานิลแดงเพศผู้ล้วนขนาดความยาวประมาณ 5-7 เซนติเมตร น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 2.82 ± 0.24 กรัม จำนวน 500 ตัว มาเลี้ยงเพื่อปรับสภาพเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ในถังพลาสติกขนาด 500 ลิตร ที่มีการให้อากาศตลอดเวลาฝึกให้กินอาหารชดควบคุมแบบผลิตเอง (มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์) วันละ 2-3 ครั้ง จากนั้นจึงสุ่มปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และมีลักษณะสมบูรณ์แข็งแรงเพื่อใช้ในการทำการทดลองต่อไป

การเตรียมอาหารทดลอง

การเตรียมกากส่าเหล้า จะนำกากส่าเหล้าที่ได้จากโรงงานกลั่นสุราที่บ้านในเขตภาคเหนือ ใส่ถาดขนาด 40×60 เซนติเมตร อบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 96 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดเป็นผง ส่วนวัตถุดิบอื่น ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด และปลายข้าว นำมาร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 30 เมช (mesh) แล้วนำวัตถุดิบทุกชนิดไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใย ตามวิธีการของ AOAC (2000) เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบสูตรอาหารทดลอง (Table 1 and 2) โดยกำหนดให้อาหารทดลองทุกสูตรมีระดับโปรตีนใกล้เคียงกันที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์

การประกอบอาหารทดลองแต่ละสูตร ซึ่งวัตถุดิบแต่ละชนิดตามปริมาณใน Table 2 ผสมวัตถุดิบให้เข้ากันเติมน้ำสะอาด 35 เปอร์เซ็นต์ แล้วอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร นำเม็ดอาหารที่ได้ไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นานประมาณ 48 ชั่วโมง แบ่งอาหารแต่ละสูตร 100 กรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี จากนั้นบรรจุอาหารทดลองลงในถุงพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้สำหรับการทดลอง

การวางแผนการทดลองและการดำเนินการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) มีชุดการทดลอง 5 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ คือ สูตรอาหารที่มีการใช้กากส่าเหล้าเป็นองค์ประกอบที่ระดับ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (RDDG5, RDDG10, RDDG15 และ RDDG20) ตามลำดับ ส่วนสูตรอาหารที่ไม่มีกากส่าเหล้าเป็นชุดควบคุม (RDDG0)

การดำเนินการทดลอง จะนำปลานิลแดงที่ผ่านการปรับสภาพแล้วลงเลี้ยงในตู้กระจกที่มีน้ำสะอาดปราศจากคลอรีน 150 ลิตร (ขนาดตู้ $36 \times 18 \times 16$ นิ้ว) ความหนาแน่น 20 ตัวต่อตู้ โดยมีการให้อากาศตลอดเวลา และให้อาหารในแต่ละชุดการทดลองวันละ 2 ครั้ง มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง หรือมากกว่า ครั้งละ 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อควบคุมให้คุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลานิล คือ มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 4-6 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง 7-8 ปริมาณแอมโมเนียรวมไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (El-Sayed, 2020)

การศึกษาการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ชั่งน้ำหนักของปลาทดลองก่อนเริ่มการทดลอง และในระหว่างการทดลองทุก ๆ สองสัปดาห์ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปริมาณอาหารที่ให้เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวตามการเจริญเติบโตของปลาพร้อมทั้งจดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ทั้งหมดเมื่อเลี้ยงปลาทดลองครบ 60 วัน ชั่งน้ำหนักของปลาและตรวจนับจำนวนปลาที่เหลือรอดในแต่ละตู้แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาคำนวณค่าการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตาย ดังสมการ

(1) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain) = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม) - น้ำหนักปลาเริ่มต้น (กรัม)

(2) น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (average daily gain; ADG, กรัม/ตัว/วัน) = น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว) / ระยะเวลา (วัน)

(3) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR, เปอร์เซ็นต์/วัน) = $[\ln \text{ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น} / \text{ระยะเวลา (วัน)}] \times 100$

(4) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio; FCR) = น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด (กรัม) / น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง (กรัม)

(5) ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed efficiency; FE, เปอร์เซ็นต์) = $(1 / \text{อัตราการเปลี่ยนเป็นเนื้อ}) \times 100$

(6) อัตราการรอดตาย (survival rate; SR, เปอร์เซ็นต์) = $(\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้น}) \times 100$

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตายที่ได้จากการทดลองทั้งหมดไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (analysis of variance) ตามการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R (R Core Team, 2019)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้สำหรับการประกอบอาหารในการทดลองนี้ (Table 1) พบว่าปลาป่น (fish meal) กากถั่วเหลือง (soybean meal) รำข้าว (rice bran) และปลายข้าว (broken-rice) มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับวัตถุดิบที่ใช้โดยทั่วไปในงานวิจัยอื่น (Feedipedia, 2022) สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของกากสาเหล้ม้าจะมีความแปรปรวนทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบตั้งต้นที่นำมาใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์แต่ละประเภท (Iram et al., 2020) แต่ในการทดลองครั้งนี้ได้นำกากสาเหล้ม้าที่ได้จากโรงงานกลั่นสุราที่บ้านในเขตภาคเหนือซึ่งมีการใช้ข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบตั้งต้นหลักเมื่อพิจารณาระดับขององค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงเช่นเดียวกับในรายงานของ Welker et al., (2014) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากากสาเหล้ม้าเป็นวัตถุดิบที่มีโปรตีน และเยื่อใยสูง แต่มีไขมันหรือพลังงานต่ำโดยมีค่าเท่ากับ 26.6, 68.91 และ 1.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1)

การเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารทดลองแบบผลิตเองที่มีการใช้กากสาเหล้ม้าในสูตรอาหารที่ระดับต่าง ๆ กัน พบว่าการใช้กากสาเหล้ม้าที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารทำให้ปลานิลแดงมีการเจริญเติบโตดีที่สุดซึ่งมีน้ำหนักสุดท้าย (final weight) เท่ากับ 9.82 ± 1.04 กรัม และ 10.65 ± 1.52 กรัม น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain) เท่ากับ 6.97 ± 0.26 กรัม และ 7.95 ± 0.37 กรัม ตามลำดับ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) เท่ากับ 3.24 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ และ 3.46 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (ADG) เท่ากันเท่ากับ 0.13 ± 0.01 กรัม โดยมีความแตกต่างกับปลานิลแดงในชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) สำหรับประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลแดงในชุดการทดลองที่ใช้กากสาเหล้ม้าที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าดีที่สุด โดยมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) เท่ากับ 1.21 ± 0.19 และค่าประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FE) เท่ากับ 82.64 ± 1.19 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกับปลานิลแดงในชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) ส่วนอัตราการรอดตาย (survival rate) ของปลานิลแดงในทุกชุดการทดลองไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > .05$) (Table 3)

เนื่องด้วยการออกแบบสูตรอาหารในครั้งนี้ใช้วัตถุดิบที่เป็นองค์ประกอบหลักมาจากสูตรอาหารแบบผลิตเองของเกษตรกร (ธัชพล และคณะ, 2564) ถึงแม้ว่าจะมีการใช้น้ำมันปลาเป็นองค์ประกอบแล้วแต่ก็ยังมีความต่ำกว่าความต้องการของปลานิลแดง (El-Sayed, 2020) เมื่อเพิ่มกากสาเหล้ม้าลงในสูตรยิ่งทำให้อาหารมีพลังงานต่ำ ลงไปอีกทำให้พลังงานไม่เพียงพอกับการนำไปใช้ในกระบวนการที่สำคัญภายในร่างกายโดยเฉพาะกระบวนการใช้ประโยชน์จากสารอาหารต่าง ๆ ที่ปลาได้รับ ซึ่งมีผลโดยตรงกับการเจริญเติบโตที่ลดลง (Molina-Poveda, 2016) นอกจากนั้นแล้ว กากสาเหล้ม้ามีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นสองตัวหลัก คือ ไลซีน และเมไทโอนีน ค่อนข้างต่ำ (Choi et al., 2014; Bae et al., 2015) เมื่อเพิ่มระดับการใช้ในสูตรอาหารยิ่งทำให้ปริมาณของกรดอะมิโนทั้งสองตัวดังกล่าวไม่เพียงพอับความต้องการของปลานิลแดงด้วยเหตุผลนี้การใช้กากสาเหล้ม้าในสูตรอาหารของการทดลองนี้ที่เกินกว่าระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ปลานิลแดงมีการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของกากส่าเหล้า (Table 1) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีโปรตีน และเยื่อใยสูง จึงมีศักยภาพสำหรับการใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนวัตถุดิบหลักอื่นในการผลิตอาหารสัตว์น้ำได้ โดยมีรายงานการใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนการใช้ข้าวสาลี และข้าวโพดได้ 25 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารปลา red sea bream ระยะวัยรุ่น (Choi et al., 2014) สามารถทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองได้ถึง 45 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปลานวลจันทร์ทะเล (Mamaug et al., 2017) และมีการนำไปใช้ทดแทนปลาป่นอย่างหลากหลาย อาทิเช่น ทดแทนได้ 21 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารปลาลิ้นหมาระยะวัยรุ่น (Bae et al., 2015) ทดแทนได้ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารปลา silver catfish (*Rhamdia quelen*) (Silva et al., 2022) สำหรับปลานิลสามารถทดแทนได้ 20-25 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้ามีการเสริมเอนไซม์ช่วยย่อยสามารถใช้ได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ (Abdelhamid et al., 2015; Soltan et al., 2015) เนื่องด้วยการใช้โปรตีนจากพืชในอาหารในระดับที่สูงขึ้นจะมีผลลดประสิทธิภาพการย่อยของปลานิลโดยตรง (Yossa et al., 2022) นอกจากนั้นแล้ว ด้วยคุณสมบัติของกากส่าเหล้าที่มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีน และเมไทโอนีนค่อนข้างต่ำเช่นเดียวกับวัตถุดิบประเภทโปรตีนจากพืชอื่น ๆ แต่เป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่สัตว์น้ำสร้างเองไม่ได้ ดังนั้นถ้าต้องการใช้วัตถุดิบประเภทนี้ในปริมาณที่มากขึ้นเพื่อทดแทนปลาป่น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเสริมกรดอะมิโนทั้งสองตัวเข้าไป (Montoya-Camacho et al., 2019) แต่ยังคงมีการคำนึงถึงคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ควบคู่กันไปด้วย

Table 1. The proximate composition of feedstuff used in the experimental diets (%DM)

Feedstuff	Crude protein	Crude lipid	Fiber	Ash	Moisture
Fish meal	57.22	5.12	19.87	26.76	1.86
Soybean meal	44.53	0.94	8.57	7.28	2.81
Rice bran	9.41	15.32	36.29	10.88	4.0
Broken rice	8.62	1.93	2.78	2.05	5.63
Rice distillers' dried grains	26.6	1.34	68.91	2.84	3.32

Table 2. Feed formulation and nutrient composition of the experimental diets.

Items	RDDG0	RDDG5	RDDG10	RDDG15	RDDG20
Feed formula (%DM)					
Fish meal	25.58	24.42	23.26	22.09	20.93
Soybean meal	25.58	24.42	23.26	22.09	20.93
Rice bran	23.26	21.51	19.77	18.02	16.28
Broken-rice	23.26	21.51	19.77	18.02	16.28
Rice distillers' dried grains	0.00	5.81	11.63	17.44	23.26
Fish oil	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
Premix ¹	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
Total	100	100	100	100	100
Proximate composition (%DM)					
Dry matter	91.89	91.84	92.12	92.08	91.96
Crude protein	30.22	30.27	30.32	30.37	30.42
Crude lipid	4.63	4.26	3.36	2.83	2.02
Fiber	7.03	7.43	7.87	8.01	8.39
Ash	0.14	0.15	0.13	0.15	0.12
Nitrogen free extract ²	49.87	49.73	50.44	50.72	51.01
Gross energy (kJ/g) ³	17.54	17.38	17.16	17.00	16.75

¹Vitamin and mineral premix (/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; calcium phosphate, 80 mg; calcium lactate, 100 mg; ferrous sulfate, 1.24 mg; potassium chloride, 0.23 mg; potassium iodine, 0.23 mg; copper sulfate, 1.2 mg; manganese oxide, 1.2 mg; cobalt carbonate, 0.2 mg; zinc oxide, 1.6 mg; magnesium chloride, 2.16 mg; sodium selenite, 0.10 mg.

²NFE (nitrogen free extract) = 100 - (% moisture + % protein + % fat + % ash + % fiber).

³Gross energy value was calculated on the basis of combustion values of 23.6 kJ/g protein, 39.5 kJ/g lipid, and 17.2 kJ/g carbohydrates (NRC, 2011).

Table 3. Growth performance, feed utilization, and survival rate of red tilapia fed with experimental diets for 60 days (mean $\pm$ SD, n=3).

Parameters	Experimental diets				
	RDDG0	RDDG5	RDDG10	RDDG15	RDDG20
Initial weight (g)	2.97 $\pm$ 0.23	2.85 $\pm$ 0.13	2.70 $\pm$ 0.16	2.77 $\pm$ 0.19	2.81 $\pm$ 0.51
Final weight (g)	7.76 $\pm$ 0.88 ^b	9.82 $\pm$ 1.04 ^a	10.65 $\pm$ 1.52 ^a	6.63 $\pm$ 2.02 ^b	6.36 $\pm$ 1.08 ^b
Weight gain (g)	4.79 $\pm$ 0.44 ^b	6.97 $\pm$ 0.26 ^a	7.95 $\pm$ 0.37 ^a	3.86 $\pm$ 0.18 ^c	3.55 $\pm$ 1.19 ^c
ADG (g/fish/day)	0.08 $\pm$ 0.01 ^b	0.13 $\pm$ 0.01 ^a	0.13 $\pm$ 0.01 ^a	0.07 $\pm$ 0.01 ^b	0.06 $\pm$ 0.02 ^b
SGR (%/day)	2.61 $\pm$ 0.05 ^c	3.24 $\pm$ 0.05 ^b	3.46 $\pm$ 0.05 ^a	2.25 $\pm$ 0.03 ^d	2.11 $\pm$ 0.04 ^e
FCR	1.76 $\pm$ 0.28 ^{bc}	1.32 $\pm$ 0.23 ^{ab}	1.21 $\pm$ 0.19 ^a	1.87 $\pm$ 0.20 ^c	1.96 $\pm$ 0.54 ^c
FE (%)	56.82 $\pm$ 2.19 ^c	75.76 $\pm$ 2.23 ^b	82.64 $\pm$ 1.19 ^a	53.48 $\pm$ 2.54 ^c	51.02 $\pm$ 2.37 ^{cd}
Survival rate (%)	86.67 $\pm$ 3.33	83.33 $\pm$ 3.33	83.33 $\pm$ 3.33	83.33 $\pm$ 3.33	80.00 $\pm$ 6.67

Means in the same row followed by the different letters did differ statistically according to DMRT's test ($P < .05$).

สรุป

การใช้กากสำเฒ่าเป็นแหล่งวัตถุดิบทางเลือกในสูตรอาหารแบบผลิตเอง สำหรับการเลี้ยงปลานิลแดง สามารถใช้ได้สูงสุดที่ 10% เพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารให้ดีขึ้น ซึ่งลดการใช้แหล่งวัตถุดิบที่มีโปรตีนสูง (ปลาป่น และกากถั่วเหลือง) ได้ประมาณ 5% และลดการใช้วัตถุดิบประเภทแป้ง (รำ และปลายข้าว) ได้อีกประมาณ 7% รวมทั้งสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้จากการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนเครื่องมือวิทยาศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. (2565). *สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2563*. เอกสารฉบับที่ 4/2565. กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20220602105941_1_file.pdf.
- รัชพล การะเกตุ, มินตรา ศีลอุดม และนนทวิทย์ อารีย์ชน. (2564). การวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้จากปราชญ์ปลานิลเพื่อการเพาะเลี้ยงปลานิลแบบยั่งยืนในเขตภาคเหนือ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 29(3), 454-468.
- Abdelhamid, A. M., El-Shebly, A. A., & Sultan, A. S. I. (2015). Effect of dietary graded level of substituting distillers dried grains with solubles instead of fish meal in tilapia diet. *Journal of Animal and Poultry Production*, 6(7), 441-457.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (17th ed.). Madisoon.
- Bae, K. M., Kim, K. W., & Lee, S. M. (2015). Evaluation of rice distillers dried grain as a partial replacement for fish meal in the practical diet of the juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fisheries and aquatic sciences*, 18(2), 151-158.
- Choi, J., Rahman, M. M., & Lee, S. M. (2014). Rice distillers dried grain is a promising ingredient as a partial replacement of plant origin sources in the diet for juvenile red seabream (*Pagrus major*). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(12), 1736-1743.
- El-Sayed, A. F. M. (2020). *Tilapia Culture* (2nd edition). United Kingdom and United States: Academic Press.
- Feedipedia. (2022). *Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRAE CIRAD AFZ and FAO*. <https://www.feedipedia.org/content/about-feedipedia>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). *FAO Aquaculture News. No. 63*. FAO Fisheries Division.
- Iram, A., Cekmecelioglu, D., & Demirci, A. (2020). Distillers' dried grains with solubles (DDGS) and its potential as fermentation feedstock. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(14), 6115-6128.
- Karaket, T., Somtua, C., Ponza, P., & Areechon, N. (2021) Potential benefits of ripe cultivated banana (*Musa sapientum* Linn.) in practical diet on growth performance, feed utilization and disease resistance of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21(10), 501-508.

- Mamauag, R. E. P., Ragaza, J. A., & Nacionales, T. J. (2017). Nutritional evaluation of distiller's dried grain with soluble as replacement to soybean meal in diets of milkfish, *Chanos chanos* and its effect on fish performance and intestinal morphology. *Aquaculture Nutrition*, 23(5), 1027-1034.
- Molina-Poveda, C. (2016). Nutrient requirements. In S. F. Nates (Ed.), *Aquafeed formulation* (pp.75-216). Waltham, MA: Academic Press.
- Montoya-Camacho, N., Marquez-Ríos, E., Castillo-Yáñez, F. J., Cárdenas López, J. L., López-Elías, J. A., Ruíz-Cruz, S., Jiménez-Ruiz, E. I., Rivas-Vega, M. E., & Ocaño-Higuera, V. M. (2019). Advances in the use of alternative protein sources for tilapia feeding. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 515-526.
- NRC. (2011). *Nutrient requirements of fish and shrimp*. The National Academies Press.
- Pérez-Bibbins, B., Torrado-Agrasar, A., Salgado, J. M., de Souza Oliveira, R. P. & Domínguez, J. M. (2015). Potential of lees from wine, beer and cider manufacturing as a source of economic nutrients: An overview. *Waste management*, 40, 72-81.
- R Core Team. (2019). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Silva, V. C. D., Adorian, T. J., Goulart, F. R., Lovatto, N. D. M., Bender, A. B. B., Speroni, C. S. & Silva, L. P. D. (2022). Rice ethanol distillery residue as a protein source in the diet of silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Journal of Applied Aquaculture*, 34(1), 97-111.
- Soltan, M., Radwan, A. & Gomaa, A. (2015). Using distillers dried grains as an alternative protein source in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) feeds. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 19(3), 23-33.
- Welker, T. L., Lim, C., Klesius, P. & Liu, K. (2014). Evaluation of distiller's dried grains with solubles from different grain sources as dietary protein for hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* (♀) × *Oreochromis aureus* (♂). *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(6), 625-637.
- Yossa, R., Ahmad Fatan, N., Kumari, J. & Schrama, J. W. (2022). Apparent digestibility coefficients of banana peel, cassava peel, cocoa husk, copra waste, and sugarcane bagasse in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Aquaculture*, 34(3), 734-754.