



วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj>



ผลของการใช้ใบคะน้าแม็กซิกัน (*Cnidoscolus aconitifolius*)แห้งป่นในสูตรอาหาร ต่อ อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

Effects of dried Mexican kale (*Cnidoscolus aconitifolius*) leaf meal in formula on the growth rate and survival rate of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

ศิริภรณ์ โคตะมี¹ และ กฤษฎากรณ์ ว่องไว^{1*}

Siriporn Kotamee¹ and Krisdakorn Wongwai^{1*}

¹ สาขาวิชาธุรกิจการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

¹ Department of Agribusiness, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani 41000

บทคัดย่อ: การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ใบคะน้าแม็กซิกันแห้งป่นผสมในอาหารเลี้ยงปลานิล โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำการศึกษา 4 ทรีตเมนต์ ซึ่งทำการเลี้ยงปลานิลขนาดเริ่มต้นน้ำหนักเริ่มต้น 0.893 ± 0.141 กรัม ความยาวเริ่มต้น 2.784 ± 0.367 เซนติเมตร ความกว้างลำตัวเริ่มต้น 0.834 ± 0.186 เซนติเมตร ในบ่อซีเมนต์ขนาดความจุน้ำ $1 \times 2 \times 0.8$ เมตร จำนวน 12 บ่อ อัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อบ่อ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ด้วยอาหารทดแทนใบคะน้าแม็กซิกันแห้งป่นปริมาณร้อยละ 0 (T1; ชุดควบคุม), 9 (T2), 14 (T3) และ 19 (T4) ที่ศูนย์วิจัยท้องถิ่นบ้านตาด ระหว่างเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม 2566 พบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร T2 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักร้อยละ (5.824 ± 0.291) ใกล้เคียงกับสูตร T3 $(5.827 \pm 0.199, P > 0.05)$ แต่มีค่าสูงกว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมร้อยละ (T1, 5.638 ± 0.174) และ T4 (5.557 ± 0.210) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อัตราการรอดตายของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร T2 สูงที่สุดคือ ร้อยละ 84.443 ± 1.928 รองลงมาคือ สูตร T3, T1 และ T4 คือ ร้อยละ 83.333 ± 3.335 , 83.333 ± 3.335 และ 83.110 ± 3.005 ตามลำดับ ($P > 0.05$) มีค่า FCR ต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 1.196 ± 0.050 และมีต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารต่ำสุดร้อยละ 45.32 บาทต่อกิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ใบคะน้าแม็กซิกันแห้งป่นผสมในอาหารเลี้ยงปลานิลได้ดีที่สุดร้อยละ 14 ทำให้ปลานิลสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายและค่า FCR

คำสำคัญ: คะน้าแม็กซิกัน; อัตราการเจริญเติบโต; อัตราการรอดตาย; ต้นทุน

ABSTRACT: This study aims to investigate the effects of using dried and ground Mexican kale leaves in tilapia feed. A completely randomized design (CRD) was planned for the study with four treatments. The study investigated fish feeding patterns for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with an average starting weight of 0.893 ± 0.141 g, an initial length of 2.784 ± 0.367 cm, and an initial body width of 0.834 ± 0.186 cm were raised in 12 cement ponds with a water capacity of $1 \times 2 \times 0.8$ meters at a density of 50 fish/pond for 12 weeks. The feed contained a percentage of 0 (T1; control), 9 (T2), 14 (T3), and 19 (T4) dried and ground Mexican kale leaves at the local research center in Ban Tad from May to July 2023. It was determined that the T2 feed had a specific growth rate in weight of 5.824 ± 0.291 for tilapia, which was comparable to the T3 feed ($5.827 \pm 0.199, P > 0.05$) but substantially higher than the control feed (T1, 5.638 ± 0.174) and T4 (5.557 ± 0.210) ($P < 0.05$). The survival rate of tilapia fed with T2 feed was the highest at

* Corresponding author: krisdakorn.wo@udru.ac.th

Received: date; August 9, 2024 Revised: date; November 18, 2024

Accepted: date; December 9, 2024 Published: date; May 30, 2025

84.443±1.928, followed by T3, T1, and T4 at 83.333±3.335, 83.333±3.335, and 83.110±3.006, respectively ($P > 0.05$). The feed conversion ratio (FCR) was the lowest at 1.196±0.050, and the cost of feed ingredients was the lowest at 45.32 Baht/kg. This indicates that using a percentage of 14 dried and ground Mexican kale leaves in tilapia feed resulted in the best growth without affecting the survival rate and FCR.

Keywords: Mexican kale; growth rate; survival rate; cost

บทนำ

ปลานิลเป็นปลาเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็วและผลิตพันธุ์ได้ง่าย ผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงมีมูลค่า 11,896 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2566 และในปีเดียวกันนี้สามารถสร้างมูลค่าส่งออกสูงถึง 256.34 ล้านบาท ขณะที่มีการนำเข้า 119.92 ล้านบาท (พชนี, 2566) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความต้องการบริโภคปลานิลนี้ยังมีแนวโน้มสูงอย่างต่อเนื่อง รัฐบาลไทยโดยกรมประมงมีการส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตปลานิล และกระบวนการผลิตในทุกรูปแบบโดยเผยแพร่องค์ความรู้การเพาะเลี้ยงปลานิลสู่เกษตรกร ส่งเสริมโครงการยกระดับมาตรฐานฟาร์มเพาะเลี้ยงเพื่อการส่งออกให้ได้ถึงปีละ 50,000 ตัน (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2554) ส่งเสริมการรวมกลุ่มผู้เลี้ยงปลานิลในรูปแบบเกษตรแปลงใหญ่ โดยมุ่งเน้นการผลิตสินค้าปลอดภัย อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลานิลมีต้นทุนส่วนใหญ่คือต้นทุนค่าอาหาร มีการวิจัยค้นคว้าหาวิธีผลิตอาหารปลานิลต้นทุนต่ำ โดยการใช้วัตถุดิบอื่นที่ราคาถูกกว่าปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทน โดยเฉพาะพืชที่มีส่วนประกอบของโปรตีนสูง ยกตัวอย่างเช่น การใช้กากถั่วเหลืองป่นทดแทนปลาป่นได้สูงถึงร้อยละ 50 เลี้ยงปลานิลขนาดเริ่มต้น 15.58 กรัม ในกระชัง ขนาด $1.2 \times 1.2 \times 1.2$ ตารางเมตร ด้วยอัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อกระชัง ให้อาหารในปริมาณปลากินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์สามารถเลี้ยงปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโตวันเท่ากับ 0.45 กรัมต่อตัวต่อวัน FCR 2.55 มีอัตราการรอดตายร้อยละ 94.99 ไม่ต่างจากสูตรอาหารที่ไม่ได้ใช้กากถั่วเหลืองป่น (Ahmad et al., 2020) หรือการใช้ข้าวขัดสีและกากน้ำมันมัสตาร์ดเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารปลานิล เลี้ยงปลาขนาดเริ่มต้นเฉลี่ย 4.48 กรัม ในตู้พลาสติกขนาดความจุ 40 ลิตร อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อตู้ ให้อาหาร 4-5 % ของน้ำหนักตัว เป็นเวลา 60 วัน สามารถเลี้ยงปลานิลมีการเจริญเติบโตและ FCR ไม่ต่างจากการกินอาหารที่ใช้โปรตีนจากปลาป่น (Rahman et al., 2023) หรือการใช้หญ้าหมักจากกระเพาะวัวที่มีโปรตีนร้อยละ 16.90 ผสมอาหารเลี้ยงปลานิล 10 ส่วนเลี้ยงนาน 90 วัน พบว่าสามารถเลี้ยงปลานิลให้มีอัตราเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี เฉลี่ย 0.14 กรัมต่อวัน (วรวิทย์ และคณะ, 2560) หรือการใช้ใบอัญชันป่น ผสมในอาหารปลานิลระดับโปรตีนร้อยละ 40 อัตราส่วนร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 เลี้ยงปลานิลอายุ 1.5 เดือน นำหนักเริ่มต้น 6-13 กรัม ความยาว 6-8 เซนติเมตร เลี้ยงในอัตรา 10 ตัวต่อตู้ ให้อาหารวันละ 3 ครั้งในปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักตัว เป็นระยะเวลา 40 วัน พบว่า ปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโต (2.43, 2.28, 2.29, 2.43 กรัมต่อวัน) และ FCR (1.39, 1.44, 1.41 และ 1.40) โดยไม่แตกต่างกัน (Andriani et al., 2020) หรือการทดแทนปลาป่นด้วยใบหม่อนป่นร้อยละ 25 ในอาหารปลานิล เลี้ยงปลานิลขนาด 2-3 นิ้ว เลี้ยงในตู้กระจกขนาด 36 นิ้ว ตู้หนาแน่น 13 ตัวต่อตู้ เป็นเวลานาน 3 เดือน สามารถทำให้ปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลานิลปกติอีกทั้งสามารถลดต้นทุนในการผลิตอาหารปลานิลได้ประมาณ 5 บาทต่อการเพิ่มน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม (ศุภชลาศัย และคณะ, 2561) หรือการใช้เมล็ดถั่วพูนในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล ในปริมาณร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 10 20 และ 30 สามารถผลิตอาหารปลานิลที่มีระดับโปรตีนได้ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมที่ไม่ได้ใส่ คือ ร้อยละ 26.28, 26.31, 26.42 และ 26.46 ตามลำดับ (สราวุฒิ และ พรพรรณ, 2563) เป็นต้น

คะน้าแมกซิกกัน ผักชayaหรือผักผุงชรัส (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst) เป็นพืชยืนต้นอายุยาวนานที่มีความทนทานสูง เมื่อเด็ดยอดหรือใบออกจะงอกใบใหม่ขึ้นมาทดแทนง่าย ใบสดมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 34.02 ไขมัน 5.63 และคาร์โบไฮเดรต 49.91 (Andriani et al., 2020) นอกจากนี้ยังมีปริมาณกรดอะมิโนในปริมาณสูง เช่น ลิซีนร้อยละ 10.26 โลซีน 7.39 แวลีน 6.81 และฟีนิลอะลานีน 6.78 (Temesgen et al., 2022) มีการทดลองใช้ใบคะน้าแมกซิกกันในเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์บก เช่นการใช้ผงคะน้าแมกซิกกันในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการกินได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่ตะเภาแก้ว อายุ 2 สัปดาห์ ด้วยอาหารสูตรควบคุม อาหารผสมผงชayaในสูตรที่ระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่าน้ำหนักสุดท้ายและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตลอดงานทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ไม่มีความแตกต่างกัน ต้นทุนค่าอาหารเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ลดลง (เพิ่มสิน และคณะ, 2564) นอกจากนี้การทดลองใช้ในสัตว์น้ำโดย

ใช้เป็นแหล่งทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองผลิตอาหารเลี้ยงปลานิล พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต คุณค่าการผลิตโปรตีน โปรตีนทั้งตัว กรดไขมัน 18:3n-3 และ 22:6n-3 ในเนื้อปลานิล ระบบเลือด และชีวเคมีของเลือดได้ นอกจากนี้ การค่น้ำเม็กซิกันในปริมาณ 350 กรัมต่อกิโลกรัม ยังส่งผลให้มีกรดไขมัน 22:6n-3 ในกล้ามเนื้อสูงที่สุด โดยมีผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของเซลล์ตับและเนื้อเยื่อลำไส้เพียงเล็กน้อย (Khieokhajonkhet et al., 2024) หากมีการนำใบค่น้ำเม็กซิกันมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่น และกากถั่วเหลืองเพื่อลดต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์น้ำน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดต้นทุนค่าอาหารของเกษตรกร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต อัตราอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลานิล และเปรียบเทียบต้นทุนวัตถุดิบที่มีการใช้ใบค่น้ำเม็กซิกันแห้งป่นในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ คือ สูตรอาหาร 4 สูตร (treatments) ได้แก่ 1. สูตรควบคุม (ใบค่น้ำเม็กซิกันแห้งป่นร้อยละ 0, T1) 2. สูตรที่ 2 อาหารผสมใบค่น้ำเม็กซิกันแห้งป่นร้อยละ 9 (T2) สูตรที่ 3 อาหารผสมใบค่น้ำเม็กซิกันแห้งป่นร้อยละ 14 (T3) และ สูตรที่ 4 อาหารผสมใบค่น้ำเม็กซิกันแห้งป่นร้อยละ 19 (T4)

การเตรียมการทดลอง

1. การเตรียมปลาทดลอง นำปลานิลอายุ 40 วัน ที่เพาะพันธุ์ในรุ่นเดียวกันจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดอุดรธานี จำนวน 800 ตัว โดยนำมาแยกพักไว้ในบ่อพักระบบน้ำหมุนเวียนของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดอุดรธานี เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นย้ายมาพักและเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาดความกว้าง x ยาว x สูงเท่ากับ $2 \times 4 \times 0.80$ เมตร ภายในศูนย์วิจัยและพัฒนาท้องถิ่นบ้านตาด มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เป็นระยะเวลาอีก 1 สัปดาห์ จากนั้นทำการสุ่มซึ่งวัดขนาดจำนวน 100 ตัว ซึ่งวัดขนาดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ได้แก่ น้ำหนัก (body weight, กรัม) ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง วัดความยาวลำตัว (total length, เซนติเมตร) และความกว้างลำตัว (body width, เซนติเมตร) ด้วยไม้บรรทัดความละเอียดสูง (Vernier Calipers) แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยของ น้ำหนัก ความยาวและความกว้างลำตัว จากนั้นเตรียมปลาสำหรับใช้ทดลองทั้งสิ้น จำนวน 600 ตัว เพื่อปล่อยเลี้ยงบ่อละ 50 ตัว

2. การเตรียมบ่อทดลอง บ่อทดลองเป็นบ่อซีเมนต์ขนาดความกว้าง x ยาว x สูงเท่ากับ $1 \times 2 \times 0.80$ เมตร จำนวน 12 บ่อ โดยล้างทำความสะอาดบ่อและเติมน้ำสะอาดให้มีระดับน้ำสูง 0.70 เมตร พร้อมติดตั้งเครื่องให้อากาศ (air pump) และต่อสายอากาศลงไปในบ่อทดลองทุกบ่อเพื่อเพิ่มออกซิเจนตลอดการทดลอง

3. การเตรียมอาหารทดลอง ทำการคำนวณสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร โดยควบคุมให้อาหารทุกสูตรมีค่าโปรตีนและพลังงานที่ใกล้เคียงกัน วัตถุดิบใบค่น้ำเม็กซิกันแห้งป่นมีการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนก่อนนำมาคำนวณปริมาณส่วนผสมในสูตรอาหาร (Table 1) เพื่อควบคุมปริมาณโภชนาการ ต่าง ๆ ให้ใกล้เคียงกับความต้องการของปลานิล โดยกำหนดให้อาหารทุกสูตรมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 35 และพลังงานรวมไม่น้อยกว่า 380 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม จากนั้นทำการเก็บรวบรวมใบค่น้ำเม็กซิกันจากสวนของเกษตรกร ตำบลโนนสูง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี โดยเก็บเฉพาะส่วนใบตั้งแต่กิ่งกลางลำต้นจนถึงปลายยอด นำไปตากแดดเป็นเวลา 2 วัน จนใบค่น้ำเม็กซิกันแห้งกรอบ แล้วนำมาบดละเอียดเป็นส่วนผสมอาหารปลา (Figure 1) ทำการซึ่งวัตถุดิบตามปริมาณของสูตรอาหารทดลองแต่ละสูตร (Table 2) แล้วนำมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันจากนั้นนำไปเข้าเครื่องอัดเม็ด แล้วนำไปตากในที่ร่มจนอาหารแห้ง เก็บอาหารไว้ในที่แห้งอากาศถ่ายเทได้ดีเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป จากนั้นส่งตัวอย่างอาหารวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (2000) ที่ศูนย์ศึกษาค้นคว้าวิจัยและห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง ระหว่างการทดลอง ให้อาหารในปริมาณปลากินจนอิ่มทุกวัน วันละ 2 ครั้ง เข้า-บ่าย เวลา 09.00 และ 15.00 นาฬิกา ในแต่ละชุดการทดลอง บันทึกปริมาณอาหารที่ให้แต่ละบ่อทุกวัน โดยใช้ระยะเวลาเลี้ยง 12 สัปดาห์ ซึ่งทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกๆ 2 สัปดาห์



Figure 1 Preparing dried Mexican kale (*Cnidoscolus aconitifolius*) leaf meal in formula

A: sun dry Mexican kale leaf, B and C: dried Mexican kale leaf meal,
D: mixed dried Mexican kale leaf meal and another Ingredients.

Table 1 Chemical composition by proximate analysis of Nile tilapia

Chemical composition	Mexican kale (<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>) leaf
Crude Protein (%) fresh	6.15
Crude Protein (%) dry	27.24
Moisture (%)	81.25

Table 2 Nile tilapia feed diet formulas and chemical composition by proximate analysis

Ingredients	Mexican kale (<i>Cnidioscolus aconitifolius</i>) leaf (%)			
	0 % (control)	9%	14%	19%
Fish meal	20	17	14	12
Soybean meal	30	25	24	22
Rice barn	35	25	17	9
Dried Mexican kale leaves	-	18	30	42
Broken rice	5	5	5	5
Substance	5	5	5	5
Combined vitamins and minerals	1	1	1	1
Vegetable oil	3	3	3	3
Di- calcium phosphate	1	1	1	1
Total (%)	100	100	100	100

Chemical composition by proximate analysis				
Crude Protein (%)	44.94	42.98	39.75	40.63
Crude Fat (%)	8.24	9.77	8.73	9.37
Crude Fiber (%)	2.09	3.04	4.48	4.18
Ash (%)	10.44	10.33	10.42	10.04
Moisture (%)	3.06	2.91	3.02	2.99
Nitrogen free extract (NEF, %)	31.18	30.97	32.72	33.68
Digestible energy (Kcal/diets 100 g)	283.99	289.81	278.47	283.31

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

การเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

การทดลองนี้ทำการวัดขนาดปลานิลเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ระหว่างการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยทำการชั่งน้ำหนัก (body weight) ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง วัดความยาวลำตัว (total length) และความกว้างลำตัว (body width ด้วยไม้บรรทัดความละเอียดสูง (Vernier Calipers) ทุก 2 สัปดาห์ เพื่อประเมินอัตราการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักเริ่มต้น (Initial weight (กรัม)) น้ำหนักสุดท้าย (Final weight (กรัม)), น้ำหนักเพิ่มขึ้น (weight gain; WG, กรัม), น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน (average diary weight gain; ADWG, กรัมต่อวัน), อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก (specific growth rate in weight; SGRW, เปอร์เซ็นต์), ความยาวลำตัวเพิ่มขึ้น (total length gain; TLG, เซนติเมตร), ความยาวลำตัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อวัน (average diary total length gain; ADTLG, เซนติเมตรต่อวัน), อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความยาวลำตัว (specific growth rate in total length; SRGTL, เปอร์เซ็นต์), ความกว้างลำตัวเพิ่มขึ้น (body width gain; BWG, เซนติเมตร), ความกว้างลำตัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อวัน (average diary body width gain; ADBWG, เซนติเมตร), อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความกว้างลำตัว (specific growth rate in body width; SGRBW, เปอร์เซ็นต์) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเก็บข้อมูลอัตราการรอดตาย (survival rate, เปอร์เซ็นต์), อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio, FCR) และวิเคราะห์ต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารแต่ละสูตร (Feed ingredients cost) ดังสมการ

1. น้ำหนักเพิ่มขึ้น (weight gain; WG, กรัม)

$$WG \text{ (กรัม)} = \text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}$$
2. น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน (average diary weight gain; ADWG, กรัมต่อวัน)

$$ADG \text{ (กรัมต่อวัน)} = (\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}) / \text{ระยะเวลา (วัน)}$$
3. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก (specific growth rate in weight; SGRW, เปอร์เซ็นต์)

$$SGRW \text{ (เปอร์เซ็นต์)} = [(\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}) / \text{ระยะเวลา (วัน)}] \times 100$$
4. ความยาวลำตัวเพิ่มขึ้น (total length gain; TLG, เซนติเมตร)

$$TLG \text{ (เซนติเมตร)} = \text{ความยาวลำตัวสุดท้าย} - \text{ความยาวลำตัวเริ่มต้น}$$
5. ความยาวลำตัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อวัน (average diary total length gain; ADTLG, เซนติเมตรต่อวัน)

$$ADTLG \text{ (เซนติเมตรต่อวัน)} = (\text{ความยาวลำตัวสุดท้าย} - \text{ความยาวลำตัวเริ่มต้น}) / \text{ระยะเวลา (วัน)}$$
6. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความยาวลำตัว (specific growth rate in total length; SRGTL, เปอร์เซ็นต์)

$$SRGTL \text{ (เปอร์เซ็นต์)} = [(\ln \text{ ความยาวลำตัวสุดท้าย} - \ln \text{ ความยาวลำตัวเริ่มต้น}) / \text{ระยะเวลา (วัน)}] \times 100$$
7. ความกว้างลำตัวเพิ่มขึ้น (body width gain; BWG, เซนติเมตร)

$$BWG \text{ (เซนติเมตร)} = \text{ความกว้างลำตัวสุดท้าย} - \text{ความกว้างลำตัวเริ่มต้น}$$
8. ความกว้างลำตัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อวัน (average diary body width gain; ADBWG, เซนติเมตร)

$$ADBWG \text{ (เซนติเมตร)} = (\text{ความกว้างลำตัวสุดท้าย} - \text{ความกว้างลำตัวเริ่มต้น}) / \text{ระยะเวลา (วัน)}$$
9. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความกว้างลำตัว (specific growth rate in body width; SGRBW, เปอร์เซ็นต์)

$$SGRBW \text{ (เปอร์เซ็นต์)} = [(\ln \text{ ความกว้างลำตัวสุดท้าย} - \ln \text{ ความกว้างลำตัวเริ่มต้น}) / \text{ระยะเวลา (วัน)}] \times 100$$
10. อัตราการรอดตาย (survival rate, เปอร์เซ็นต์)

$$\text{survival rate (เปอร์เซ็นต์)} = (\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้น}) \times 100$$
11. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio, FCR)

$$FCR = \text{น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด (กรัม)} / \text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง (กรัม)}$$

การคำนวณต้นทุนราคาวัตถุดิบอาหาร

นำสัดส่วนของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในอาหารแต่ละสูตร (Table 2) และราคาของวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดมาคำนวณราคาของอาหารแต่ละสูตร ดังสมการ

12. ค่าวัตถุดิบอาหาร (feed ingredients cost, บาทต่อกิโลกรัม)

$$\text{feed ingredients cost (บาทต่อกิโลกรัม)} = \text{ผลรวมราคาวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิด (บาทต่อกิโลกรัม)}$$

คุณภาพน้ำ

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ได้แก่ ระดับอุณหภูมิ (temperature) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia) ค่าความเป็นด่าง (alkalinity) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolve oxygen) ตามวิธีของไมตรีและจารุวรรณ (2538)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและคุณภาพน้ำ ที่ได้จากการทดลองทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way Analysis of Variance, ANOVA) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Mean) ด้วยวิธี Duncan's New Multiple-Range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และวิเคราะห์ต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารปลาชนิด ตามวิธีการดังสมการที่ 12

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การทดลองเลี้ยงปลานิลที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 0.893 ± 0.141 กรัม ความยาวเริ่มต้น 2.784 ± 0.367 เซนติเมตร ความกว้างลำตัวเริ่มต้น 0.834 ± 0.186 เซนติเมตร เป็นระยะเวลานาน 12 สัปดาห์ ด้วยอาหารที่ใช้ใบค่น้ำแมกซิกกันแห้งปนทดแทนปลาป่นและกากถั่วเหลืองในปริมาณร้อยละ 0 (T1; ชุดควบคุม), 9 (T2), 14 (T3) และ 19 (T4) ในการทดลองครั้งนี้ใช้ใบค่น้ำแมกซิกกันแห้งปนในอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิลสูงสุดร้อยละ 19 เพื่อควบคุมปริมาณโปรตีน (Crud protein) ไม่ให้ต่ำกว่าร้อยละ 35 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีในอาหารแต่ละสูตรแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ใบค่น้ำแมกซิกกันแห้งปนทดแทนปลาป่นและกากถั่วเหลือง สามารถผลิตอาหารที่มีโปรตีนในระดับใกล้เคียงกับสูตรควบคุม (Table 3) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร T2 มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายสูงที่สุด 122.490 ± 30.067 กรัม ใกล้เคียงกับสูตร T3 ที่มีน้ำหนัก 120.833 ± 19.292 กรัม ($P > 0.05$) แต่น้ำหนักปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 2 สูตรนี้สูงกว่าเลี้ยงด้วยอาหารสูตร T1 (102.815 ± 14.269 กรัม) และสูตร T4 (96.523 ± 17.249 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลวิเคราะห์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ปลานิลที่เลี้ยงในอาหารสูตร T2 และ T3 มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 1.447 ± 0.358 กรัมต่อวัน และ 1.428 ± 0.230 กรัมต่อวัน แต่สูงกว่าเลี้ยงด้วยสูตร T1 (1.213 ± 0.170 กรัมต่อวัน) และ T4 (1.139 ± 0.206 กรัมต่อวัน) ($P < 0.05$) เช่นเดียวกับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก ที่พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร T2 (ร้อยละ 5.824 ± 0.291) และ T3 (ร้อยละ 5.827 ± 0.199) สูงกว่าเลี้ยงด้วยสูตร T1 (ร้อยละ 5.638 ± 0.174) และ T4 (ร้อยละ 5.557 ± 0.210) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนการเจริญเติบโตด้านความยาว พบว่า ปลานิลมีความยาวเฉลี่ยสุดท้ายสูงที่สุด ความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อวัน และ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความยาวสูงที่สุดเมื่อกินอาหารสูตร T3 (18.267 ± 1.422 เซนติเมตรต่อวัน และ ร้อยละ 2.236 ± 0.088 ตามลำดับ) ใกล้เคียง ($P > 0.05$) กับปลานิลที่กินอาหารสูตร T2 (18.114 ± 1.686 เซนติเมตรต่อวัน และ ร้อยละ 2.227 ± 0.111 ตามลำดับ) แต่สูงกว่าปลานิลที่กินอาหารสูตร T1 (17.355 ± 1.048 เซนติเมตรต่อวัน และ ร้อยละ 2.174 ± 0.012 เซนติเมตรต่อวัน และร้อยละ 2.176 ± 0.074 ตามลำดับ) และสูตร T4 (16.796 ± 0.993 เซนติเมตรต่อวัน และ ร้อยละ 2.138 ± 0.069 ตามลำดับ) ($P < 0.05$) ขณะที่ผลวิเคราะห์การเจริญเติบโตด้านความกว้างลำตัว พบว่า ความกว้างลำตัวสุดท้ายเฉลี่ย ความกว้างลำตัวเพิ่มขึ้นต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความกว้างลำตัวของปลานิลที่กินอาหารสูตร T3 สูงที่สุดกว่าสูตรอื่นๆ (5.986 ± 0.452 เซนติเมตรต่อวัน และร้อยละ 2.343 ± 0.093 ตามลำดับ) รองลงมาคือ ปลานิลที่กินอาหารสูตร T2 (5.866 ± 0.678 เซนติเมตรต่อวัน และร้อยละ 2.315 ± 0.138 ตามลำดับ) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงและไม่มีแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ถัดมาคือปลานิลที่กินอาหารสูตร T1 (5.648 ± 0.355 เซนติเมตรต่อวัน และร้อยละ 2.275 ± 0.075 ตามลำดับ) ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากินสูตร T3 ($P < 0.05$) แต่ไม่ต่างจากกินอาหารสูตร T2 ($P > 0.05$) ขณะที่ปลานิลที่กินอาหารสูตร T4 เติบโตด้านความกว้างลำตัวต่ำที่สุดกว่าสูตรอื่นๆ (5.274 ± 0.240 เซนติเมตรต่อวัน และร้อยละ 2.194 ± 0.054 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนผลการวิเคราะห์อัตราการรอดตายเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร T2 มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด คือ ร้อยละ 84.443 ± 1.928 รองลงมาคือสูตร T3 (ร้อยละ 83.333 ± 3.335) T1 (ร้อยละ 83.333 ± 3.335) และ T4 (ร้อยละ 83.110 ± 3.006) ซึ่งมีระดับใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) สำหรับการผลวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันโดยไม่มีแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งปลานิลที่กินอาหารสูตร T1 (1.196 ± 0.050) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด ถัดมาคือ อาหารสูตร T2 (1.203 ± 0.031) T3 (1.232 ± 0.019) และ T4 (1.152 ± 0.060) ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Growth rate, survival rate and feed conversion ratio of Nile Tilapia fed experimental diets for 12 weeks (mean $\pm$ SD)

Parameters	dried Mexican kale (<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>) leaf meal (%)			
	0 % (control, T1)	9% (T2)	14% (T3)	19% (T4)
Initial weight (g)	0.893 $\pm$ 0.141	0.893 $\pm$ 0.141	0.893 $\pm$ 0.141	0.893 $\pm$ 0.141
Final weight (g)	102.815 $\pm$ 14.269 ^b	122.490 $\pm$ 30.067 ^a	120.833 $\pm$ 19.292 ^a	96.523 $\pm$ 17.249 ^b
Average daily weight gain (g/day)	1.213 $\pm$ 0.170 ^b	1.448 $\pm$ 0.358 ^a	1.428 $\pm$ 0.230 ^a	1.139 $\pm$ 0.205 ^b
Specific growth rate in weight (%)	5.638 $\pm$ 0.174 ^b	5.824 $\pm$ 0.291 ^a	5.827 $\pm$ 0.199 ^a	5.557 $\pm$ 0.210 ^b
Initial total length (cm)	2.784 $\pm$ 0.367	2.784 $\pm$ 0.367	2.784 $\pm$ 0.367	2.784 $\pm$ 0.367
Final total length (cm)	17.355 $\pm$ 1.048 ^b	18.144 $\pm$ 1.686 ^a	18.267 $\pm$ 1.422 ^a	16.796 $\pm$ 0.993 ^b
Average daily total length gain (g/day)	0.174 $\pm$ 0.012 ^b	0.183 $\pm$ 0.020 ^a	0.184 $\pm$ 0.017 ^a	0.167 $\pm$ 0.012 ^b
Specific growth rate in total length (%)	2.176 $\pm$ 0.074 ^b	2.227 $\pm$ 0.111 ^a	2.236 $\pm$ 0.088 ^a	2.138 $\pm$ 0.069 ^b
Initial body width (cm)	0.834 $\pm$ 0.186	0.834 $\pm$ 0.186	0.834 $\pm$ 0.186	0.834 $\pm$ 0.186
Final body width (cm)	5.648 $\pm$ 0.355 ^b	5.866 $\pm$ 0.678 ^{ab}	5.986 $\pm$ 0.452 ^a	5.274 $\pm$ 0.240 ^c
Average daily body width gain (g/day)	0.057 $\pm$ 0.004 ^b	0.060 $\pm$ 0.008 ^{ab}	0.061 $\pm$ 0.005 ^a	0.053 $\pm$ 0.003 ^c
Specific growth rate in body width (%)	2.275 $\pm$ 0.075 ^b	2.315 $\pm$ 0.138 ^{ab}	2.343 $\pm$ 0.093 ^a	2.194 $\pm$ 0.054 ^c
Survival rate (%)	83.333 $\pm$ 3.335	84.443 $\pm$ 1.928	83.333 $\pm$ 3.335	83.110 $\pm$ 3.006
FCR	1.196 $\pm$ 0.050	1.203 $\pm$ 0.031	1.232 $\pm$ 0.019	1.252 $\pm$ 0.060

Notes: Difference of English characters in the same row showed statistically significant difference at 95% confidence intervals ($P < 0.05$) with Duncan New Multiple Rang Test (DMRT).

ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ใบคะน้าเม็กซิกันแห้งปนในสูตรอาหารปลานิล สามารถเลี้ยงปลานิลให้เจริญเติบโตได้ดีทั้งด้านน้ำหนัก ความยาวและความกว้างลำตัว โดยอาหารที่มีใบคะน้าเม็กซิกันแห้งปนที่ระดับร้อยละ 9 และ 14 มีการเจริญเติบโตทางน้ำหนักและความยาวสูงสุด เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และสูตรที่ใช้ใบคะน้าเม็กซิกันแห้งปนร้อยละ 19 นอกจากนี้ ผลของอัตราการรอดตายและ FCR ในการทดลองครั้งนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าใบคะน้าเม็กซิกันในปริมาณที่ใช้ในการทดลองไม่ได้ส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดตายของปลานิล ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการใช้ใบคะน้าเม็กซิกันในปริมาณที่เหมาะสมจะเป็นประโยชน์ต่อการเติบโตของปลานิล อย่างไรก็ตาม การเพิ่มปริมาณใบคะน้าเม็กซิกันแห้งปนเกินร้อยละ 14 กลับส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยอื่น เช่น ใบคะน้ามีสารบางอย่างที่อาจก่อให้เกิดปัญหาทางโภชนาการเมื่อใช้ในปริมาณสูง สอดคล้องกับรายงานของ ศุภชาติชัย และคณะ (2561) กล่าวว่า การเลี้ยงปลานิลด้วยใบหม่อนปนเพื่อทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารที่ระดับร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ในตู้กระจก ขนาด 36 นิ้ว อัตราความหนาแน่น ปลา 13 ตัวต่อตู้ ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ในช่วงเวลา 9:00-9:30 นาฬิกา และ 16:00-16:30 นาฬิกา ในปริมาณอาหารร้อยละ 5 ของน้ำหนักตัวต่อวัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีใบหม่อนปนร้อยละ 25 มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลานิลปกติ แต่สูงกว่าปลานิลที่กินอาหารที่มีใบหม่อนปนร้อยละ 50, 75 และ 100 และยังพบว่าการเจริญเติบโตของปลานิลจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณใบหม่อนมากขึ้นในสูตรอาหาร สอดคล้องกับรายงานของ รัฐพงศ์ และคณะ (2564) ที่ได้ทดลองทดแทนปลาป่นด้วยใบหม่อนปนในอาหารปลา สวาย ระดับร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ขนาด 4-5 นิ้ว ในตู้กระจกขนาด 36 นิ้ว จำนวน 15 ตู้ ตู้ละ 10 ตัว เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ปลาสวายที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มีใบหม่อนปนผสมร้อยละ 75 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด คือ ร้อยละ 1.37 ± 0.10 แต่เมื่อใช้ในปริมาณที่สูงขึ้นพบว่า ปลาสวายมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง อีกทั้งสอดคล้องกับ Ahmad et al. (2020) ที่ทำการทดแทนปลาป่นด้วยกากถั่วเหลือง ต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการการรอด และองค์ประกอบของร่างกายของลูกปลานิลวัยอ่อน

โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 15.58 กรัม จำนวน 30 ตัวต่อกระชัง เลี้ยงในกระชังขนาด $1.2 \times 1.2 \times 1.2$ เมตร ด้วยอาหารเปรียบเทียบ 4 สูตร ระดับโปรตีนร้อยละ 35 โดยใช้กากถั่วเหลืองแทนปลาป่นร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 ตามลำดับ ให้อาหารในปริมาณปลากินจนอิ่ม 2 ครั้งต่อวันเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน อัตราการรอดและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) สามารถใช้กากถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นได้สูงถึงร้อยละ 50 อย่างไรก็ตาม พบว่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลลดลงในปลาที่ได้รับกากถั่วเหลืองมากกว่าร้อยละ 50 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรายงานของ Mukaromah et al. (2024) ที่ทดลองเติมผงใบกระถิน (*Leucaena leucocephala*) ในอาหารปลานิลในระดับความเข้มข้นต่างกันคือ ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 เพื่อศึกษาผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิล โดยทดลองในปลานิลที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 5.7 กรัม ความยาว 5-8 เซนติเมตร ในกระชังขนาด $1 \times 1 \times 1$ เมตร ปรับสภาพปลาก่อนทดลอง 7 วัน ให้อาหารปริมาณร้อยละ 5 วันละ 2 ครั้ง คือ 08.00 และ 16.00 นาฬิกา เป็นระยะเวลา 40 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ของปลานิลที่กินอาหารเติมผงใบกระถินร้อยละ 10 มีค่าสูงที่สุดร้อยละ 5.00 ± 3.40 แต่เมื่อเติมผงใบกระถินเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลกลับลดลง

คุณภาพน้ำ

ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อทุก 2 สัปดาห์ พบว่า แต่ละชุดการทดลองมีค่าคุณภาพน้ำไม่แตกต่างกันในทุกพารามิเตอร์ ($P>0.05$) ดังนี้ ระดับอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30.12 ± 0.40 - 30.13 ± 0.41 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย 8.02 ± 0.12 - 8.10 ± 0.13 ปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ย 0.057 ± 0.018 - 0.061 ± 0.017 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างเฉลี่ย 99.50 ± 2.59 - 100.17 ± 2.58 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ย 5.39 ± 0.10 - 5.48 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 4)

Table 4 Water quality parameters in different treatments (mean $\pm$ SD)

Water quality parameter	dried Mexican kale (<i>Cnidioscolus aconitifolius</i>) leaf meal (%)			
	0 % (control, T1)	9% (T2)	14% (T3)	19% (T4)
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	30.13 ± 0.41	30.12 ± 0.40	30.14 ± 0.39	30.13 ± 0.38
pH	8.05 ± 0.10	8.10 ± 0.13	8.02 ± 0.12	8.07 ± 0.08
Total ammonia (mg/L)	0.058 ± 0.018	0.057 ± 0.018	0.058 ± 0.018	0.061 ± 0.017
Alkalinity (mg/L)	99.50 ± 2.59	100.17 ± 2.58	100.16 ± 2.31	100.17 ± 2.31
Dissolve oxygen (mg/L)	5.40 ± 0.10	5.43 ± 0.06	5.39 ± 0.10	5.48 ± 0.02

ต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหาร

เมื่อวิเคราะห์ค่าวัตถุดิบอาหารปลานิลที่ใช้ใบค่าน้ำเม็กชิกันแห้งป่นในสูตรอาหารปริมาณร้อยละ 0, 9, 14 และ 19 นั้น พบว่า ค่าวัตถุดิบสูตร T4 ที่ใช้ใบเม็กชิกันแห้งป่นมากที่สุด มีค่าวัตถุดิบรวมต่ำที่สุด คือ 45.32 บาท ถัดมา คือ T3, T2 และ T1 ที่มีค่า 50.48, 57.30 และ 65.60 ตามลำดับ ซึ่งสูตรที่ใช้ใบค่าน้ำเม็กชิกันแห้งป่นมากขึ้นจะช่วยลดค่า ปลาป่นร้อยละ 15-40 ค่ากากถั่วเหลืองร้อยละ 17-27 และ ราข้าวร้อยละ 29-74 (Table 5) ซึ่งจากหลายๆ งานวิจัยในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้เน้นย้ำถึงศักยภาพของการใช้โปรตีนจากพืชในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล เพื่อลดการพึ่งพาปลาป่นที่มีราคาสูงและไม่ยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม ดังที่ Moyo and Rapatsa-Malatji (2023) ได้รายงานว่าเมื่อใช้แหล่งโปรตีนจากพืชทดแทนปลาป่น สามารถลดต้นทุนค่าอาหารปลานิลได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งการผลิตอาหารปลานิลโดยใช้แหล่งโปรตีนจากปลาป่นมีต้นทุนค่าอาหาร 52.15 บาทต่อกิโลกรัม แต่เมื่อใช้ถั่วเหลืองลดต้นทุนเหลือ 32.20 บาทต่อกิโลกรัม หรือเมื่อใช้เมล็ดคาโนลา (canola) ลดต้นทุนเหลือ 13.30 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อใช้ ดอกทานตะวัน (sunflower) ลดต้นทุนเหลือ 12.25 บาทต่อกิโลกรัม หากใช้เมล็ดฝ้าย (*Gossypium spp.*) ลดต้นทุนเหลือ 9.45 บาทต่อกิโลกรัม หรือเมื่อใช้แหนแดง (*Azolla pinnata*) หรือใช้ใบหญ้าคูกิยา (Kukiya) ทดแทนสามารถลดต้นทุนเหลือเพียง 3.50 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในเชิง

เศรษฐศาสตร์การใช้ใบคะน้าแม็กซิกันในการวิจัยครั้งนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตอาหารเลี้ยงปลานิล อีกทั้งยังสามารถช่วยเกษตรกรลดการพึ่งพาวัตถุดิบที่มีราคาสูง เช่น ปลาป่นและกากถั่วเหลืองได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Fouzi and Deepani (2018) ที่ใช้ผักตบชวาเป็นแหล่งโปรตีนราคาถูกในอาหารปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ทดแทนปลาป่นและกากถั่วเหลืองเพื่อผลิตอาหารเลี้ยงปลาให้ได้รับระดับโปรตีนร้อยละ 22 ด้วยการใช้ผักตบชวาในอัตราร้อยละ 0, 5, 15 และ 20 เลี้ยงลูกปลานิล ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.80 ± 0.30 กรัม ให้อาหารในอัตราร้อยละ 4 ของน้ำหนักตัว เป็นระยะเวลา 63 วัน เลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสความจุ 250 ลิตร ปลอยปลาอัตรา 15 ตัวต่อถัง พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปลานิลมี อัตราการเจริญเติบโต 0.110, 0.106, 0.106 และ 0.124 กรัมต่อวัน ตามลำดับ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อร้อยละ 1.54 ± 0.18 , 1.46 ± 0.25 , 1.45 ± 0.16 และ 1.46 ± 0.42 โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ต้นทุนต่อกิโลกรัมอาหารลดลงเมื่อมีผักตบชวาทดแทนปลาป่นมากขึ้น ซึ่งอยู่ที่ 0.22, 0.20, 0.17 และ 0.15 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้น ใบผักตบชวาจึงสามารถใช้ทดแทนปลาป่นที่มีราคาสูงได้ถึงร้อยละ 20

Table 5 Feed ingredients cost per kilogram

Ingredients	dried Mexican kale (<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>) leaf meal (%)			
	0 %	9% (T2)	14% (T3)	19% (T4)
	(control, T1)			
Fish meal (baht/kg)	40	34	28	24
Soybean meal (baht/kg)	10.2	8.5	8.16	7.48
Rice barn (baht/kg)	2.1	1.5	1.02	0.54
Broken rice(baht/kg)	0.6	0.6	0.6	0.6
Substance(baht/kg)	5.5	5.5	5.5	5.5
Combined vitamins and minerals(baht/kg)	2.5	2.5	2.5	2.5
Vegetable oil(baht/kg)	2.7	2.7	2.7	2.7
Di-calcium phosphate(baht/kg)	2	2	2	2
Feed ingredients cost (baht/kg)	65.60	57.30	50.48	45.32

สรุป

การเลี้ยงปลานิลที่มีขนาดน้ำหนักเริ่มต้น 0.893 ± 0.141 กรัม ความยาวเริ่มต้น 2.784 ± 0.367 เซนติเมตร ความกว้างลำตัวเริ่มต้น 0.834 ± 0.186 เซนติเมตร ในบ่อซีเมนต์ขนาดความจุ น้ำ 1 x 2 x 0.8 เมตร อัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อบ่อ ด้วยสูตรอาหารปลานิลที่ผสมคะน้าแม็กซิกันแห้งป่น จำนวนร้อยละ 0, 9, 14 และ 19 เป็นระยะเวลานาน 12 สัปดาห์ พบว่า ปลานิลที่ได้กินอาหารคะน้าแม็กซิกันแห้งป่นร้อยละ 14 มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด คือ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักร้อยละ 5.827 ± 0.199 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความยาวลำตัวร้อยละ 2.236 ± 0.088 และ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความกว้างลำตัวร้อยละ 2.343 ± 0.093 มีค่า FCR เท่ากับร้อยละ 1.232 ± 0.019 มีต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารต่ำที่สุด 45.32 บาทต่อกิโลกรัม ปลาป่นและกากถั่วเหลืองเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ไม่ใช้คะน้าแม็กซิกัน ดังนั้นการใช้ใบคะน้าแม็กซิกันแห้งป่นในระดับร้อยละ 14 เป็นทางเลือกที่ดีในการเพิ่มอัตราการเติบโตและอัตราการรอดของปลานิล ลดค่า FCR และลดต้นทุนการผลิต อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาต่อไปเกี่ยวกับผลกระทบระยะยาวของสารประกอบในใบคะน้าแม็กซิกันเพื่อให้มั่นใจถึงความปลอดภัยในการใช้ในอาหารปลานิล

การอนุญาตวิจัยในสัตว์

การทดลองนี้ได้รับอนุญาตใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ตามเอกสารอนุญาตเลขที่ (approval number) อว 0622.7 ต่อ 102

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเขต 4 อุตรธานี ที่ให้การสนับสนุนพันธุ์ปลานิลในการวิจัย และศูนย์วิจัยและพัฒนาท้องถิ่นบ้านตาด มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี ที่ให้การสนับสนุนพื้นที่ดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เพิ่มสิน สุริยพันธุ์, ศรีโตช รัชฐา, พิรุณ อนุชาณรงค์, สุภา ศรียงยศ และทิวากร อำพพล. การใช้ใบไผ่ยาบคองในสูตรอาหารไก่ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและน้ำหนักซากในไก่ตะเภาแก้ว. วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี. 2: 90-98.
- พัชนี บุญเอก. 2566. สถานการณ์สินค้าปลานิลและผลิตภัณฑ์ปี 2566 และแนวโน้มปี 2567. กลุ่มเศรษฐกิจการประมง กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรกรรม.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจากรุวรรณ สมศิริ. 2538. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. สถาบัน ประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 115 หน้า.
- รัฐพงศ์ ใจสม, ศุภลาชัย ปิวอ, สิมิลัน เลขสฤกษ์, วรวิทย์ มณีพิทักษ์สันติ, วรณพร ทะพิงค์แก, สุธิรา พลเจริญ, ทิพรณี เสนะวงศ์ และเสาวณีย์ อภิภูณานวัฒน์. 2564. การทดแทนปลาป่นด้วยใบหม่อนป่นในอาหารปลาสาวย. วารสารแก่นเกษตร. 49: 811-816.
- วรวิทย์ ชูขวัญนวล, สายสุนีย์ จิตมโนวรรณ และสุดาพร ตงศิริ. 2560. การเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมหญ้าหมักจากกระเพาะวัว. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 11: 11-19.
- ศุภลาชัย ปิวอ, วรวิทย์ มณีพิทักษ์สันติ, วรณพร ทะพิงค์แก, วิโรจน์ แก้วเรือง, สุธิรา พลเจริญ, ทิพรณี เสนะวงศ์, เสาวณีย์ อภิภูณานวัฒน์ และนคร มหายศนันท์. 2561. การทดแทนปลาป่นด้วยใบหม่อนป่นในอาหารปลานิลวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 35: 1060-1067.
- สรารัฐ แสงสว่างโชติ และพรพรรณ สุขุมพินิจ. 2563. ผลของการใช้เมล็ดถั่วพูนในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 22: 53-59.
- สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. 2554. องค์ความรู้ปราชญ์ปลานิล โครงการยกระดับมาตรฐาน ฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิลเพื่อการส่งออก. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists.
- Ahmad, N., P. J. A. Siddiqui, K. M. Khan, A. Ali, M. Tahir, N. U. Akbar, A. Amin, M. Attaullah, and I. D. Boneri. 2020. Effects of partial substitution of fishmeal by soybean meal in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. Journal of Animal and Plant Sciences. 30: 364–370.
- Andriani, Y., M. D. Ericson, and I. Zidni. 2020. Utilization of butterfly pea leaf meal as supplementary feed of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 8: 190–192.
- Fouzi, M. N. M., and M. L. A. N. R. Deepani. 2018. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) leaves as an alternative protein source for feeding early phase of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Sri Lanka Veterinary Journal. 65: 5-12.

- Khieokhajonkhet, A., S. Thammang, N. Aeksiri, G. Kaneko, P. Tatsapong, and W. Phromkunthong. 2024. Fish meal replacement by *Brachytrupes portentosus* for *Oreochromis niloticus*: Effect on growth, feed utilization, fatty acid profiles, hematology, and histological changes. *Animal Feed Science and Technology*. 308: article ID 115873.
- Moyo, N. A. G., and M. M. Rapatsa-Malatji. 2023. A review and meta-analysis of selected plant protein sources as a replacement of fishmeal in the diet of tilapias. *Annals of Animal Science*. 23: 681-690.
- Mukaromah, F., K. Haetami, A. Andhikawati, and R. Grandiosa. 2024. The Effect of Lamtoro Leaf Meal (*Leucaena leucocephala*) in feed on the growth of feed on the growth. *Aquasains: Jurnal Ilmu Perikanan Dan Sumberdaya Perairan*. 12: 1441-1450.
- Rahman, Md. H., M. A. Alam, M. Moniruzzaman, S. Sultana, A. Talukdar, and Md. R. Islam. 2023. Effects of substituting plant-based protein sources for fish meal in the diet of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Archives of Agriculture and Environmental Science*. 8: 333–338.
- Temesgen, M., L. Yegerem, and M. Yilma. 2022. Phenolic acid and amino acid composition of Ethiopian Chaya (*Cnidoscolus chayamansa*). *International Journal of Food Properties*. 25: 227–236.