

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้ง ในกระบวนการแปรรูปปลาหมอ

DEVELOPMENT OF LIQUID ORGANIC FERTILIZER FROM WASTE BY-PRODUCTS OF CLIMBING PERCH PROCESSING

จักรกรกช ศรีละอ¹ ปกรณ์ชัย หมวกสัง¹ ณัฐพล เขตตริจักร¹ ปุณณดา ทะรังศรี¹ ประภาศิริ ใจผ่อง¹
สุพิชญาพร นิตยสุวัฒน์¹ กัญชพร นอบเผือก² และ พัทธนันท์ โกธรรม^{1*}
Chakkrit Sreela-or¹, Pakronchai Hmuaksang¹, Nattapol Kettreechak¹, Punpada Tharangsi¹,
Prapasiri Jaiphong¹, Supatchayaporn Nitsuwat¹, Kanchaporn Nobphuak²
and Patthanun Kotham^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมอ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้และลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม โดยใช้หัวปลาและเครื่องในปลาหมอเป็นวัตถุดิบหลัก ผสมร่วมกับมูลจิ้งหรีด กากน้ำตาล และรำข้าว ในสัดส่วนต่าง ๆ จำนวน 9 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง ดำเนินการหมักในถังความจุ 200 ลิตร ปริมาตรของเหลว 160 ลิตร ระยะเวลา 14 วัน ภายใต้การเติมอากาศอย่างต่อเนื่องตลอดกระบวนการ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำพบว่า มีค่า pH ระหว่าง 6.00-6.49 ปริมาณไนโตรเจน 1.54-2.21% ฟอสฟอรัส 0.40-0.86% และโพแทสเซียม 0.76-1.17% จากการทดสอบประสิทธิภาพกับผักกาดหอมกรีนไต้หวัน พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรที่ 7 (ปลาหมอ 70% มูลจิ้งหรีด 15% กากน้ำตาล 15%) ให้ค่าการเจริญเติบโตและน้ำหนักสดสูงสุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Mueang District, Phitsanulok Province 65000

²ศูนย์เรียนรู้การจัดการขยะ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

²Waste Management Learning Center, Pibulsongkram Rajabhat University, Mueang District, Phitsanulok Province 65000

*corresponding author e-mail: patthanun.k@psru.ac.th

Received: 29 October 2025; Revised: 5 February 2026; Accepted: 24 February 2026

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2026.6>

เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรอื่น ๆ และมีความใกล้เคียงกับผักกาดหอมกรีนโอ๊คที่ใช้ปุ๋ยเคมีน้ำสูตร 21-3-3 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าของเสียจากการแปรรูปปลาหมอสามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่มีคุณภาพดี ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม และสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ของชุมชนได้ในอนาคต

คำสำคัญ: ปลาหมอ ของเสียจากการแปรรูป ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ผักกาดหอมกรีนโอ๊ค

Abstract

This research aimed to develop a liquid organic fertilizer from climbing perch (*Anabas testudineus*) processing waste to increase the value of agricultural by-products and mitigate environmental pollution. The experiment utilized fish heads and entrails as the primary raw materials, mixed with cricket frass, molasses, and rice bran in various proportions. The experimental design consisted of 9 treatments with 3 replications each. Fermentation was conducted in 200-liter tanks with a working volume of 160 liters for 14 days under continuous aeration. Chemical analysis of the resulting liquid organic fertilizers revealed a pH range of 6.00 to 6.49, nitrogen (N) content of 1.54-2.21%, phosphorus (P) content of 0.40-0.86%, and potassium (K) content of 0.76-1.17%. Efficacy testing on Green Oak lettuce demonstrated that Formula 7 (comprising 70% climbing perch waste, 15% cricket frass, and 15% molasses) yielded the highest growth performance and fresh weight. These results were highly significant ($p < 0.01$) when compared to other organic fertilizer treatments and were comparable to the growth of Green Oak lettuce treated with a 21-3-3 liquid chemical fertilizer. The findings indicate that climbing perch processing waste can be effectively converted into a high-quality liquid organic fertilizer, which not only helps reduce environmental problems but also holds potential for future commercialization as a community product.

Keywords: climbing perch, waste utilization, liquid organic fertilizer, green oak lettuce

บทนำ

เศษปลาเหลือทิ้งจากการแปรรูปสัตว์น้ำเป็นแหล่งกำเนิดของปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เนื่องจากเมื่อถูกทิ้งไว้นานจะเกิดการเน่าเสีย ส่งกลิ่นรบกวน และเป็นแหล่งสะสมของพาหะนำโรค ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของชุมชนโดยรอบ รวมทั้งอาจไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำและการเสื่อมสภาพของดิน (Arvanitoyannis & Kassaveti, 2008; Bhuimbar &

Dandge, 2023) อย่างไรก็ตาม ของเสียเหลือทิ้งดังกล่าวมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มได้ โดยเฉพาะการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้ต้นทุนต่ำและสามารถดำเนินการได้ในระดับชุมชน (Chooklin et al., 2022)

ของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลา เช่น หัวปลา เครื่องใน เศษเนื้อ และน้ำทิ้งจากกระบวนการแปรรูป เป็นแหล่งของโปรตีน กรดอะมิโน และธาตุอาหารพืชที่จำเป็น โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียม (Ghaly et al., 2013; Khanarat & Tangkananurak, 2019; Ahuja et al., 2020) เมื่อผ่านกระบวนการหมักจะทำให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดซึมได้ง่ายและปลดปล่อยได้รวดเร็ว ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Mih & Lacherai, 2020) อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาวในลักษณะที่ใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเคมี (Sarakhm et al., 2017; Shi et al., 2018) ที่ผ่านมามีรายงานการใช้ของเสียจากปลาหลายชนิด เช่น ปลาตูก ปลาไนล และกากปลาทะเลจากอุตสาหกรรมมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำซึ่งสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและปรับปรุงคุณภาพดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Tiwow et al., 2020; Kanarat & Tungkananurak, 2025)

ตำบลลงไกรลาศเป็นพื้นที่ที่มีการประกอบอาชีพประมงและการแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลาน้ำจืดอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการแปรรูปปลาหมักแดดเดียว ซึ่งก่อให้เกิดของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูป ได้แก่ หัวปลาและเครื่องในปลาหมักประมาณ 82 ตันต่อปี ของเสียเหลือทิ้งดังกล่าวยังไม่ได้มีการใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ จากการสำรวจความต้องการของเกษตรกรและกลุ่มวิสาหกิจชุมชน คณะผู้วิจัยจึงนำของเสียเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปปลาหมักมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และทดสอบประสิทธิภาพกับแปลงปลูกผักกาดหอมกรีนไต้หวัน พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากของเสียจากปลาหมักมีโครงสร้างเนื้อเยื่อที่ย่อยสลายได้ง่ายและมีสัดส่วนไนโตรเจนสูง จึงเหมาะสมต่อกระบวนการหมักมากกว่าของเสียจากปลาน้ำจืดบางชนิด (Ghaly et al., 2013; Shi et al., 2018) ถึงอย่างไรก็ตาม ผลผลิตของพืชทดลองยังต่ำกว่าสิ่งทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ของเสียจากการแปรรูปปลาหมักโดยเฉพาะยังมีจำกัด โดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นเพียงการผลิตน้ำหมักหรือปุ๋ยน้ำจากเศษเหลือปลาเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเท่านั้น แต่ยังขาดการพัฒนาสูตรปุ๋ยที่มีการออกแบบเชิงระบบ การปรับสัดส่วนวัตถุดิบ และการประเมินประสิทธิภาพกับพืชผักเศรษฐกิจอย่างเป็นรูปธรรม (Ahuja et al., 2020) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำมูลจิ้งหรีดที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบถึง 4.36% และรำข้าวซึ่งมีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ ส่งผลให้การย่อยโปรตีนและไขมันจากเศษปลามีประสิทธิภาพมากขึ้น มาใช้เป็นวัตถุดิบร่วมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เพื่อเพิ่มปริมาณและความสมดุลของธาตุอาหารพืช และมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชใบ (Amkha et al., 2006; Olaniyi et al., 2008; Sreela-or et al., 2022) มุ่งพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียในกระบวนการ

แปรรูปปลาหมองให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมี ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มมูลค่าของเสียในระดับชุมชนอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง ในการศึกษานี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 11 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่ (1) ชุดควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) (2) ปุ๋ยเคมีน้ำสูตร 21-3-3 และ (3) ปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรที่ 1-9 (OLFF 1-9) ซึ่งกำหนดสัดส่วนวัตถุดิบตามค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยอ้างอิงแนวทางของกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2017) ดังแสดงในตารางที่ 1 (Table 1)

Table 1 Composition of Liquid Organic Fertilizer from Climbing Perch Processing By-products.

Treatments	Mixing ratio (%v/v)				C/N ratio
	Climbing Perch processing by-products	Cricket manure	Molasses	Rice bran	
1. Control	-	-	-	-	
2. CLF	-	-	-	-	
3. OLFF 1	50	35	15	-	6.84
4. OLFF 2	50	30	15	5	7.05
5. OLFF 3	50	25	15	10	7.27
6. OLFF 4	60	25	15	-	6.67
7. OLFF 5	60	20	15	5	6.87
8. OLFF 6	60	15	15	10	7.08
9. OLFF 7	70	15	15	-	6.52
10. OLFF 8	70	10	15	5	6.71
11. OLFF 9	70	5	15	10	6.90

Remark CLF = chemical liquid fertilizer, OLFF = organic liquid fertilizer formula

2) การเตรียมวัตถุดิบ นำของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมอง ได้แก่ หัวปลา และเครื่องใน มาลดขนาดด้วยเครื่องบดสับ และวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักของพืช (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) มูลจิ้งหรีดและรำข้าวทำการคัดแยกสิ่งเจือปน ลดความชื้นด้วยการตากแดด และเก็บรักษาในที่ร่มที่มีอากาศถ่ายเท ส่วนกากน้ำตาลบรรจุในภาชนะพลาสติกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

3) การผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ประยุกต์ตามวิธีของ Tancho (2013) โดยผสมวัตถุดิบตามอัตราส่วนที่กำหนด บรรจุในผ้าขาวบางและหมักในถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร เติมน้ำจนได้ปริมาตร 160 ลิตร หมักในโรงเรือนที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 28–32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 14 วัน พร้อมเติมอากาศ

อย่างสม่ำเสมอด้วยปั๊มอากาศอัตรา 120 ลิตรต่อนาที เก็บตัวอย่างน้ำหมักปริมาณ 50 มิลลิลิตรเพื่อติดตามกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) จากนั้นบรรจุปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้ในขวดขนาด 5 ลิตร

4) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และกรด-ด่าง (pH) โดยวิเคราะห์ไนโตรเจนรวม (N) ด้วยวิธี Kjeldahl method วิเคราะห์โพแทสเซียมรวมด้วยวิธี wet digestion ร่วมกับ spectrophotometer ส่วนฟอสฟอรัส (P) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และซัลเฟอร์ (S) วิเคราะห์ด้วยวิธี Wet digestion ร่วมกับ Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) ตามมาตรฐานกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2010)

5) การทดสอบประสิทธิภาพกับพืชทดลอง โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์น้ำกับผักกาดหอมกรีนโอ๊คที่ปลูกในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว บรรจุดินปลูกสำเร็จรูปตราดินศิรทิพย์ในปริมาตรร้อยละ 80 ของกระถาง (1.5 กิโลกรัม) แต่ละสิ่งทดลองทำซ้ำละ 3 ครั้ง ในแปลงทดลองของคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ปุ๋ยอินทรีย์น้ำแต่ละสูตรเจือจางน้ำในอัตราส่วน 1:500 (v/v) และรดบริเวณโคนต้นในอัตรา 300 มิลลิลิตรต่อต้นทุก 7 วัน เริ่มเมื่อพืชอายุ 10 วันหลังย้ายกล้า จนถึงอายุ 45 วัน สำหรับปุ๋ยเคมีน้ำสูตร 21-3-3 ให้วันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็นการปลูกดำเนินการภายใต้สภาพแสงธรรมชาติ อุณหภูมิเฉลี่ย 30-35 องศาเซลเซียส

6) การบันทึกผลด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น และความกว้างทรงพุ่ม สำหรับด้านผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักสด เมื่อครบอายุการเก็บเกี่ยว

7) การวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 20

8) การทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยอินทรีย์น้ำแต่ละสูตรและอัตราส่วนที่เหมาะสม เปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์น้ำ/น้ำหมักชีวภาพทางการค้า จำนวน 3 ชนิดการค้า โดยใช้ผักกาดหอมกรีนโอ๊คปลูกในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว แต่ละสิ่งทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมึก

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมึกสูตรต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2 (Table 2) พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตได้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 6.00-6.49 ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 2.29-3.01 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (mS/cm)

ด้านผลปริมาณของธาตุอาหาร พบว่า มีปริมาณไนโตรเจน อยู่ระหว่าง 1.54-2.21 เปอร์เซ็นต์ โดยสูตรที่ 7 มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด รองลงมาคือสูตรที่ 8 และสูตรที่ 4 ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมอยู่ระหว่าง 0.40-0.86 เปอร์เซ็นต์ และ 0.76-1.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับธาตุอาหารรอง พบว่า ปริมาณแคลเซียมของปุ๋ยอินทรีย์น้ำตามการทดลองอยู่ระหว่าง 0.63-0.84

เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแมกนีเซียมอยู่ระหว่าง 0.11-0.14 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณซัลเฟอร์อยู่ระหว่าง 0.21-0.24 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 2 (Table 2)

Table 2 Characteristic of organic liquid fertilizer production from Climbing Perch processing by-products.

Treatments	Characteristic							
	pH	EC (mS/cm)	Nutrient content (%)					
			N	P	K	Ca	Mg	S
1 Control	-	-	-	-	-	-	-	-
2 CLF	6.00	25.23	21	3	3	-	-	-
3 OLFF 1	6.13	3.01	1.79	0.86	1.17	0.75	0.13	0.24
4 OLFF 2	6.19	2.32	1.66	0.48	1.13	0.64	0.12	0.22
5 OLFF 3	6.24	2.29	1.54	0.64	1.09	0.63	0.11	0.21
6 OLFF 4	6.32	2.98	2.00	0.78	1.01	0.76	0.13	0.23
7 OLFF 5	6.36	2.67	1.87	0.67	0.97	0.74	0.12	0.23
8 OLFF 6	6.31	2.36	1.75	0.56	0.93	0.71	0.12	0.22
9 OLFF 7	6.39	2.93	2.21	0.60	0.84	0.84	0.14	0.24
10 OLFF 8	6.44	2.65	2.11	0.49	0.80	0.82	0.13	0.23
11 OLFF 9	6.49	2.31	1.95	0.40	0.76	0.79	0.12	0.22

ผลวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมอพบว่า คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมอที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้คุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 ตามประกาศกรมวิชาการเกษตรทั้งในด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง (5.5-8.5) และปริมาณธาตุอาหารพืช (ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 0.5 และ 0.5 ตามลำดับ) ยกเว้นปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมอสูตร 2 สูตรที่ 8 และสูตรที่ 9 เนื่องจากมีปริมาณฟอสฟอรัสน้อยกว่าร้อยละ 0.5

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมอต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมกรีนโอ๊ค

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมอต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมกรีนโอ๊ค พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรต่าง ๆ ส่งผลต่อความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักสดของผักกาดหอมกรีนโอ๊คแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 3 (Table 3)

ในด้านประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมอต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมกรีนโอ๊ค พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรที่ 7 ส่งผลให้ผักกาดหอมกรีนโอ๊ค

มีการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น และความกว้างทรงพุ่ม สูงที่สุด รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อินทรีย์ น้ำจากเศษอาหารสูตรที่ 8 และ 4 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่มีการใส่ ปุ๋ยเคมีน้ำ พบว่า ผักกาดหอมกรีนโอ๊คที่ใส่ปุ๋ยเคมีน้ำสามารถให้การเจริญเติบโตทุกด้านสูงกว่าการใช้ปุ๋ย อินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมอง

Table 3 Effects of liquid organic fertilizer from Climbing Perch processing by-products on growth and yield of green oak lettuce.

Treatments	Plant height (cm)	Canopy width (cm)
1 Control	7.33±0.37 ^g	8.10±0.10 ^g
2 CLF	16.13±0.15 ^a	20.30±0.20 ^a
3 OLFF 1	12.97±0.31 ^d	18.40±0.15 ^d
4 OLFF 2	11.37±0.25 ^e	16.40±0.20 ^f
5 OLFF 3	10.17±0.30 ^f	15.13±0.15 ^g
6 OLFF 4	14.86±0.35 ^b	19.03±0.25 ^c
7 OLFF 5	13.83±0.55 ^c	18.43±0.15 ^d
8 OLFF 6	12.73±0.15 ^d	17.93±0.21 ^e
9 OLFF 7	15.90±0.26 ^a	20.23±0.15 ^a
10 OLFF 8	15.23±0.21 ^b	19.53±0.15 ^b
11 OLFF 9	14.80±0.10 ^b	18.60±0.10 ^d
CV (%)	1.77	0.94
F-Test	**	**

Remark CV= Coefficient of variation, ** = significant differences at $p < 0.01$; means followed by different superscript letters within the same column indicate significant differences according to DMRT.

ด้านผลผลิตน้ำหนักสดของผักกาดหอมกรีนโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งใน กระบวนการแปรรูปปลาหมองสูตรต่าง ๆ พบว่า ผักกาดหอมกรีนโอ๊คที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสีย เหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมองสูตรที่ 7 มีผลผลิตด้านน้ำหนักสดสูงที่สุด รองลงมาคือ ผักกาดหอมกรีนโอ๊คที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมองสูตรที่ 8 และ 4 และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีน้ำ พบว่า ผักกาดหอมกรีนโอ๊คที่ ได้รับปุ๋ยเคมีน้ำสามารถให้น้ำหนักสดสูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมองดังแสดงในภาพที่ 1 (Figure 1)

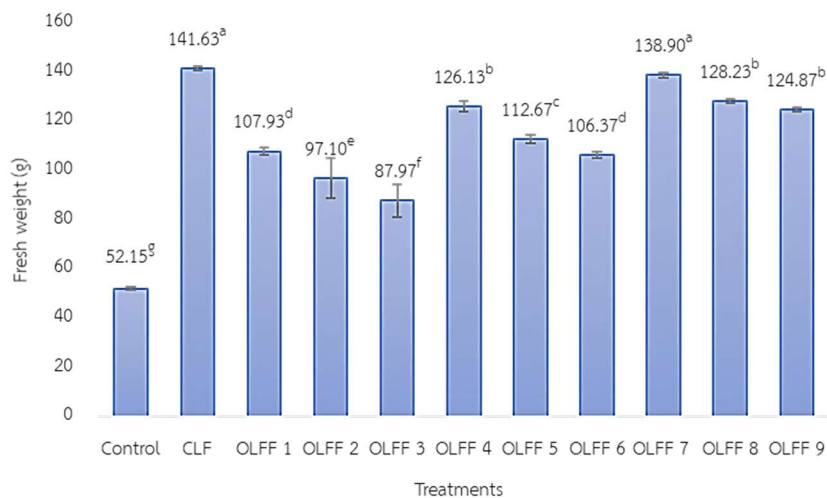


Figure 1 Effect of liquid organic fertilizer from climbing perch processing by-products on the fresh weight of green oak lettuce. Bars represent mean $\pm$ SD, and different letters indicate significant differences according to DMRT ($p \leq 0.01$).

อภิปรายผล

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมึกที่ผลิตได้จากการทดลองครั้งนี้มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 (ยกเว้นปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมึกสูตร 2 สูตรที่ 8 และสูตรที่ 9) โดยปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมึกทั้ง 9 สูตร มีคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกัน ได้แก่ ค่ากรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรอง ซึ่งเป็นผลมาจากอัตราส่วนการผสมวัตถุดิบที่ต่างกันในแต่ละสูตร ความแตกต่างของคุณสมบัติทางเคมีดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์น้ำในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมกรีนโอ๊ค โดยค่ากรด-ด่าง จากของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปปลาหมึกที่ผลิตได้จากการทดลองครั้งนี้มีอยู่ในช่วง 6.00–6.49 ยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อความพร้อมใช้ของธาตุอาหาร โดยสภาพใกล้เคียงกลางช่วยเพิ่มการละลายของธาตุอาหารและเอื้อต่อการดูดซึมโดยรากพืช (Giusti, 2009) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Kamla et al. (2007) ที่ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการหมักที่เหมาะสมจะช่วยควบคุมค่ากรด-ด่าง และส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการใช้ของเสียจากสัตว์น้ำเป็นทรัพยากรหมุนเวียนเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน (Upadhyay & Bajpai, 2021; Ahuja et al., 2020) ในส่วนของค่าการนำไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่สะท้อนความเข้มข้นของธาตุอาหารในรูปที่ละลายและพร้อมให้พืชดูดใช้ โดยเฉพาะสูตรที่ 7 ซึ่งให้การเจริญเติบโตและผลผลิตสูงสุด มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหาร ทั้งนี้ค่าความนำไฟฟ้า ที่สูงเกินไปอาจทำให้การดูดน้ำและการดูดธาตุอาหารลดลง ขณะที่ค่าความนำไฟฟ้าที่ต่ำเกินไปอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการธาตุอาหารของพืช ดังนั้น ค่าความนำไฟฟ้าที่เหมาะสมจึงเป็นกลไกสำคัญที่เชื่อมโยงสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำกับการตอบสนองด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bhuimbar & Dandge (2023) และ Chooklin et al. (2022) ที่พบว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียปลาในรูปที่ละลายได้ดีสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชผักได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในระบบปลูกที่ต้องการความพร้อมใช้ของธาตุอาหารอย่างสม่ำเสมอ

เมื่อพิจารณาพร้อมกับองค์ประกอบของธาตุอาหารหลัก พบว่าการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมกรีนโอ๊คมีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับปริมาณไนโตรเจน โดยสูตรที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงส่งผลให้พืชมีความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Farag et al. (2013) ที่พบว่า การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชแปรผันตามระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผักกาดหอมกรีนโอ๊คเป็นผักทานใบ ปริมาณไนโตรเจนจึงมีความสำคัญต่อการให้ผลผลิต โดยไนโตรเจนส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านลำต้น กิ่ง ก้าน และใบ นอกจากนี้ฟอสฟอรัสก็เป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญที่ส่งผลต่อการให้ผลผลิตของผักกาดหอมกรีนโอ๊ค เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก นิวคลีโอโปรตีน และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบฟอสเฟตในพืช ซึ่งทำหน้าที่ในการรับช่วงในการถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่าง ๆ (Faculty of Agriculture, Department of Soil Science, 2005) ขณะที่โพแทสเซียมทำหน้าที่ช่วยรักษาสสมดุลของเอนไซม์ และควบคุมแรงดันต่าง ๆ ในเซลล์พืช และที่สำคัญยังสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Zhang et al., 2010) แคลเซียมส่งเสริมการขยายขนาดของเซลล์ ส่งเสริมการแบ่งเซลล์ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการทำงานของพืช (Osotsapa, 2015) แมกนีเซียมมีบทบาทต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ ช่วยในการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัส และส่งเสริมการใช้ธาตุเหล็ก และกำมะถันมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีน สร้างกรดอะมิโน และวิตามินบางชนิด รวมไปถึงการผลิตเอนไซม์ของพืช โดยเฉพาะกลุ่มพืชผัก เนื่องจากเป็นธาตุที่มีส่วนช่วยในการนำไนโตรเจนไปใช้ในพืชเพิ่มมากขึ้น (Calcino et al., 2018) การมีธาตุอาหารหลักและรองอย่างสมดุล จึงเป็นปัจจัยร่วมที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมกรีนโอ๊ค

ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้ของเสียสัตว์น้ำชนิดอื่นเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เช่น งานของ Khanarat & Tangkananurak (2019) และ Tiwow et al. (2020) ซึ่งรายงานว่าปุ๋ยอินทรีย์จากของเสียปลาและของเสียโรงงานปลาป่นสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชผักได้อย่างมีประสิทธิภาพ และงานวิจัยของ Upadhyay & Bajpai (2021) ที่รายงานว่า การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากสัตว์น้ำสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารพืชที่มีไนโตรเจนสูง และสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามผลผลิตของผักกาดหอมกรีนโอ๊คจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำยังคงต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 21-3-3 เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์ปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้า

(slow-release nutrients) เมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมีที่ให้สารอาหารในรูปที่พร้อมใช้ทันที สอดคล้องกับงานวิจัยของ Abidin (2022) ที่กล่าวว่าปุ๋ยอินทรีย์มีประสิทธิภาพเชิงยั่งยืน แต่ต้องอาศัยระยะเวลาการปรับตัวของดินและจุลินทรีย์ก่อนให้ผลเทียบเท่าปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นถึงปุ๋ยอินทรีย์น้ำในสูตรที่ 7 ที่มีประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมกรีนโอ๊คสูงที่สุด เนื่องจากสัดส่วนวัตถุดิบที่เหมาะสมระหว่างของเสียจากปลาหมอซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจน มูลจิ้งหรีดซึ่งเป็นแหล่งธาตุอาหารพืชทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม รวมถึงกากน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ เมื่อหมักภายใต้ระบบเติมอากาศอย่างต่อเนื่องช่วยกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ ทำให้กระบวนการหมักมีประสิทธิภาพและเกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ดี (Kwanchai, 2013) ส่งผลให้ผักกาดหอมกรีนโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรที่ 7 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าสูตรอื่น สอดคล้องกับรายงานของ Bhuimbar & Dandge (2023) ที่ระบุว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียปลาหมอในโตรเจนในรูปที่พืชดูดซึมได้ง่าย เช่น แอมโมเนียมและไนเตรท ซึ่งช่วยเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของพืชอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าของเสียจากกระบวนการแปรรูปปลาหมอสามารถนำมาพัฒนาเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่มีคุณภาพและสนับสนุนแนวคิด Circular Economy และ Zero Waste อย่างเป็นรูปธรรม โดยวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ (บ้านวังศรีไพร) ได้นำองค์ความรู้นี้ไปต่อยอดเชิงพาณิชย์ด้วยการผลิตปุ๋ยน้ำสูตรที่ 7 ที่มีองค์ประกอบจากของเสียปลาหมอร้อยละ 70 มูลจิ้งหรีดร้อยละ 15 และกากน้ำตาลร้อยละ 15 เพื่อจำหน่ายแก่เกษตรกรผู้ปลูกผักสลัดในพื้นที่ การบูรณาการนี้ช่วยเปลี่ยนวัสดุเหลือทิ้งให้เป็นผลิตภัณฑ์สร้างรายได้ ลดปัญหาขยะและมลพิษอย่างครบวงจร พร้อมทั้งเป็นทางเลือกให้เกษตรกรลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีได้อย่างยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

การใช้ของเสียเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปปลาหมอร่วมกับมูลจิ้งหรีด กากน้ำตาล และรำข้าวสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 โดยเฉพาะสูตรที่ 7 (ปลาหมอ 70% มูลจิ้งหรีด 15% กากน้ำตาล 15%) ให้ค่าปริมาณธาตุอาหารหลักสูงสุด ($N = 2.21\%$, $P = 0.60\%$, $K = 0.84\%$) และส่งผลให้ผักกาดหอมกรีนโอ๊คมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุด ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากของเสียเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปปลาหมอสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้ และมีศักยภาพในการต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณการสนับสนุนทุนวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ (บ้านวังศรีไพร) และกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตปลาหมักแปลงใหญ่อำเภอเกาะลันตา จังหวัดสุโขทัย ที่สนับสนุนวัตถุดิบ อุปกรณ์ รวมถึงศูนย์เรียนรู้การจัดการขยะ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ที่ใช้ดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abidin NZ. Community-based approach in organic waste management : a sustainable model for behavior change. *Journal of Environmental Management* 2022;65(3):421-435.
- Ahuja I, Dauksas E, Remme JF, Richardsen R, Løes AK. Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming with status in Norway : a review. *Waste Management* 2020;115:95-112. doi : 10.1016 /j.wasman. 2020.07.025.
- Amkha S, Michiko T, Sagwansupyakorn C, Sukprakan S, Kazuyuki I. Effect of amount of nitrogen fertilizer on early growth of leafy vegetables in Thailand. *Japanese Journal of Tropical Agriculture* 2006;50(3):127-132.
- Arvanitoyannis IS, Kassaveti A. Fish industry waste : treatments, environmental impacts, current and potential uses. *International Journal of Food Science & Technology* 2008;43(4):726-745.
- Bhuimbar MV, Dandge PB. Production of organic liquid biofertilizer from fish waste and study of its plant growth promoting effect. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2023;93:235-243.
- Calcino D, Schroeder B, Panitz J, Hurney A, Skocaj D, Wood A, Salter B. *Australian Sugarcane Nutrition Manual*. Brisbane, Australia : Sugar Research Australia Limited; 2018.
- Chooklin SC, Sawain A, Krualee S. Effect of fermented bio-extract from fish residues by *Lactobacillus casei* on growth and yield of *Brassica campestris* var. *chinensis*. *Recent Science and Technology* 2022;14(1):253-265.
- Faculty of the Department of Soil Science. *Introduction to Soil Science*. Bangkok, Thailand: Kasetsart University Press; 2005.
- Farag MA, Zhang H, Ryu CM. Dynamic chemical communication between plants and bacteria through airborne signals : induced resistance by bacterial volatiles. *Journal of Chemical Ecology* 2013;39:1007-1018.
- Ghaly AE, Ramakrishnan VV, Brooks MS, Budge SM, Dave D. Fish processing wastes as a potential source of proteins, amino acids and oils: a critical review. *Journal of Microbial and Biochemical Technology* 2013;5(4):107-129.
- Giusti L. A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Management* 2009;29(8):2227-2239.

- Kamla V, Yadav SK, Tripathi AK. Effect of fermentation conditions on pH and microbial activity during organic waste composting. *Bioresource Technology* 2007;98(12):2341-2347.
- Khanarat A, Tangkananurak K. The effect of bio-fermented water from fish meal industrial waste on growth and yield of lettuce and marigold. *Thai Journal of Science and Technology* 2019;1:43-53.
- Khanarat A, Tangkananurak K, Tangkoonboribun R, Piriyaattrakit A. Effects of bioextract from waste of fish meal factory on growth and marketable yield of head lettuce and marigold. *Thai Journal of Science and Technology* 2025;8(1):43-53.
- Kwanchai N. Comparison of the Quality of Liquid Biofertilizer Produced by Different Ratios of Material Components and Different Production Processes [master's thesis]. Bangkok, Thailand : Silpakorn University; 2013.
- Land Development Department. Manual for Analysis of Plants, Fertilizers, and Soil Amendments. Bangkok, Thailand : Ministry of Agriculture and Cooperatives; 2010.
- Land Development Department. Guidelines for Organic Fertilizer and Bio-extract Production. Bangkok, Thailand : Ministry of Agriculture and Cooperatives; 2017.
- Mih H, Lacherai A. Nutritional properties of fish meal produced from fresh by-products of *Sardina pilchardus*. *Journal of Fisheries and Environment* 2020;44(2):16-23.
- Olaniyi JO, Adelasoye KA, Jegede CO. Influence of nitrogen fertilizer on the growth, yield and quality of grain amaranth varieties. *Walailak Journal of Science and Technology* 2008;4(4):506-513.
- Osotsapa Y. Plant Nutrients. Bangkok, Thailand : Kasetsart University Press; 2015.
- Sarakham T, Anoree S, Sriparang P, Nabhadalung N. Utilization of fermented bioextract to accelerate growth of cassava cutting. *International Journal of Agricultural Technology* 2017;13(7.3):2409-2414.
- Shi S, Li J, Guan W, Bliersch D. Nutrient value of fish manure waste on lactic acid fermentation by *Lactobacillus pentosus*. *RSC Advances* 2018;8:31267-31274.
- Sreela-or C, Tharungsri P, Yamkong S, Kotam P, Jaipong P. Optimum conditions of using bio-extract from urine with vinasse and manure affecting yields of marigold. *Life Sciences and Environment Journal* 2022 ;23(1):196-207.
- Tancho A. Natural Agriculture Applied Concepts in Thailand in 2013. Bangkok, Thailand : National Science and Technology Development Agency; 2013.
- Tiwow VMA, Adrianon, Abram PH, Simatupang EA. The application of liquid and solid organic fertilizer from tilapia fish waste for conservation of Central Sulawesi superior jackfruit plant from Tulo and Beka. *Journal of Physics: Conference Series* 2020;1567(2):022027. doi:10.1088/1742-6596/1567/2/022027.
- Upadhyay A, Bajpai V. Organic waste utilization and circular economy : a review on sustainable practices. *Journal of Cleaner Production* 2021;295: 126370. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126370.
- Zhang F, Niu J, Zhang W, Chen X, Li C, Yuan L, Xie J. Potassium nutrition of crops under varied environments. *Plant Soil and Environment* 2010;335(1-2):1-11.