

ผลของการใช้ปุ๋ยหมักจากเศษผักต่อการเจริญเติบโตของจิงจูฉ่าย

Effects of Using Compost from Vegetable Waste on the Growth of Chinese Celery

อภิชนา พัดพิน^{1*}, จารุกิตต์ แสงสง¹, ธนากร วงษ์ศา²

Apichaya Phadpin^{1*}, Jarukit Sangsong¹, Thanakorn Wongsas²

¹โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

¹Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University

²โปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

²Biology Program, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University

*Corresponding author E-mail: Apichaya_ph@kpru.ac.th

(Received: July 15, 2025; Revised: September 18, 2025; Accepted: September 25, 2025)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนของปุ๋ยหมักที่เหมาะสมจากเศษผักจากตลาดสดต่อการเจริญเติบโตของจิงจูฉ่าย โดยใช้เศษผักเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและดินเป็นแหล่งพลังงานของแบคทีเรียจากตลาดสดจังหวัดกำแพงเพชร นำมาทำเป็นปุ๋ยหมักเพื่อลดขยะอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยอัตราส่วนของดินต่อเศษผัก ได้แก่ 1:1, 1:3 และ 1:5 ตามลำดับ เมื่อครบกำหนด 49 วัน นำไปวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี พบว่าปุ๋ยหมักอัตราส่วน 1:3 มีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ที่สุด โดยเหมาะสมสำหรับนำมาเป็นวัสดุปรับปรุงดิน ($P \leq 0.05$) มีค่า C/N เท่ากับ 15.96 ธาตุอาหารหลักไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักอินทรีย์ นอกจากนี้ยังพบปริมาณของธาตุแคลเซียมและสังกะสีเพิ่มขึ้นก่อนเริ่มหมักปุ๋ย แต่เมื่อนำปุ๋ยหมักทั้ง 3 อัตราส่วนไปใช้ปลูกกับต้นจิงจูฉ่ายพบว่าปุ๋ยอัตราส่วน 1:1 ทำให้ต้นจิงจูฉ่ายเจริญได้ดีที่สุด ทั้งปริมาณน้ำหนักสด และจำนวนการรอดชีวิต

คำสำคัญ: เศษผัก การปรับปรุงดิน ปุ๋ยหมัก การใช้ประโยชน์จากของเสีย

Abstract

This study aimed to study the appropriate ratio of compost fertilizers from vegetable scraps from fresh markets is important for the growth of Chinese celery. Applying vegetable scraps as main carbon sources and soil as bacterial energy sources. Vegetable wastes from Kamphaeng Phet Province, Thailand were composted to reduce wastes accumulation in environment. Soil per vegetable waste ratios were varied from 1:1, 1:3 and 1:5, respectively. At 49-day decomposition periods, physical and chemical characteristics of compost fertilizers were analyzed. Compost fertilizer from ratio 1:3 represented the best decomposition suitable for soil improvement ($P < 0.05$). Ratio 1:3 fertilizer contained C/N ratio at 15.96, macronutrient; TN, P_2O_5 and K_2O less than criteria of compost fertilizer standard with Secondary micronutrients; Ca and micronutrients; Zn more than initial decomposition stage. But when planted with Chinese celery, it was found that using 1:1 fertilizer made Chinese celery grow the best, both in terms of fresh weight and survival.

Keywords: Vegetable Wastes, Soil Improvement, Compost Fertilizer, Waste Utilization

บทนำ

ปัจจุบันขยะนับเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ต้องการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เนื่องจากประชาชนยังไม่มีความรู้ที่เพียงพอในการคัดแยกขยะ ส่งผลให้เกิดขยะคั่งค้างในสิ่งแวดล้อม โดยในปี พ.ศ. 2563 สถานการณ์ขยะ

ในประเทศไทย มีขยะเกิดขึ้น 27.35 ล้านตัน โดยขยะมูลฝอยจะถูกคัดแยกที่ต้นทางและนำกลับไปใช้ประโยชน์จำนวน 11.93 ล้านตัน กำจัดอย่างถูกต้อง 11.19 ล้านตัน และกำจัดไม่ถูกต้องประมาณ 4.23 ล้านตัน [1] และในปัจจุบัน ปี พ.ศ. 2567 ประเทศไทยมีปัญหาขยะเกิดขึ้น 27.20 ล้านตัน พบอัตราการเกิดขยะลดลงจาก 1.5 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ในปี พ.ศ. 2563 เป็น 1.12 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ในปี พ.ศ. 2567 แต่พบขยะจากสวนร้อยละ 11.11 โดยน้ำหนัก [2] เป้าหมายของแผนพัฒนาจังหวัดกำแพงเพชร ปี พ.ศ. 2566-2570 คือผลิตภัณฑ์เกษตรปลอดภัย ทั้งทางด้านคุณภาพความปลอดภัย และคุณค่าทางโภชนาการที่สูงขึ้น [3] ขยะอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก และของเสียอินทรีย์ถูกย่อยสลายตามธรรมชาติ เช่น การย่อยสลายเซลล์ูลอส การย่อยสลายโปรตีน การย่อยสลายไขมัน และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ทำให้ได้ธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรอง [4] [5] โดยของเสียอินทรีย์เหมาะสำหรับการย่อยสลายกับดิน ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานของ Aerobic bacteria หรือ Facultative bacteria ซึ่งแหล่งพลังงานในดินมีสารประกอบหลักในรูปแบบออกไซด์และไฮดรอกไซด์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน [6] [7] กระตุ้นกิจกรรมการดูดซึมของแบคทีเรียและป้องกันการย่อยอาหารแบบแอนแอโรบิก [8] การกำจัดขยะที่ไม่ว่าจะมาจากกิจกรรมทางการเกษตร เช่น เศษใบไม้และเศษหญ้า หรือเศษอาหารและเศษผลไม้สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยน้ำชีวภาพ เพื่อใช้ในการปรับปรุงโครงสร้างดิน เพิ่มความพรุนและธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส และสังกะสี เป็นต้น ที่มีประโยชน์ต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยหมักช่วยลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรจากปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลง นอกจากนี้ยังพบว่าปุ๋ยอินทรีย์มีการนำวัสดุอินทรีย์ทางการเกษตร เช่น มูลสัตว์ (มูลไก่ มูลวัว และมูลค่างควา เป็นต้น) เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (ฟางข้าว และแกลบ เป็นต้น) เพื่อมาหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ [4] [5] [8] [9] [10]

จังหวัดกำแพงเพชร ประเทศไทย มีปริมาณขยะในปี พ.ศ. 2567 รวม 522 ตัน/วัน มีขยะที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ 286 ตัน/วัน การสำรวจและการสัมภาษณ์พบว่า มีขยะผักจากตลาดสดเทศบาลเมืองกำแพงเพชรประมาณ 200 กิโลกรัมต่อวัน และบางส่วนถูกซื้อเพื่อเลี้ยงหมูและเป็ด ประเทศไทยมีการปลูกพืชผักหลายชนิด ซึ่งจึงจำง่าย เป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีการปลูกในเชิงพาณิชย์มีการตัดใบเพื่อจำหน่าย โดยใบจึงจำง่ายนิยมนำมาปรุงเป็นอาหารอย่างแพร่หลาย เช่น ต้มเลือดหมู ต้มจืดหมู เป็นต้น พบว่ามีการปลูกจึงจำง่ายโดยใช้มูลสัตว์ในการผสมเพื่ออัตราการเจริญ และนอกจากนี้ในจึงจำง่ายยังมีสาระสำคัญ เช่น เป็นพืชต่อเซลล์มะเร็ง เป็นต้น [11] [12] ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนของปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมจากเศษผักจากตลาดสดต่อการเจริญเติบโตของจึงจำง่าย ลดการพึ่งพาการใช้สารเคมี เพื่อความปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้บริโภคอย่างยั่งยืน

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. แหล่งวัสดุและสถานที่ทดลอง

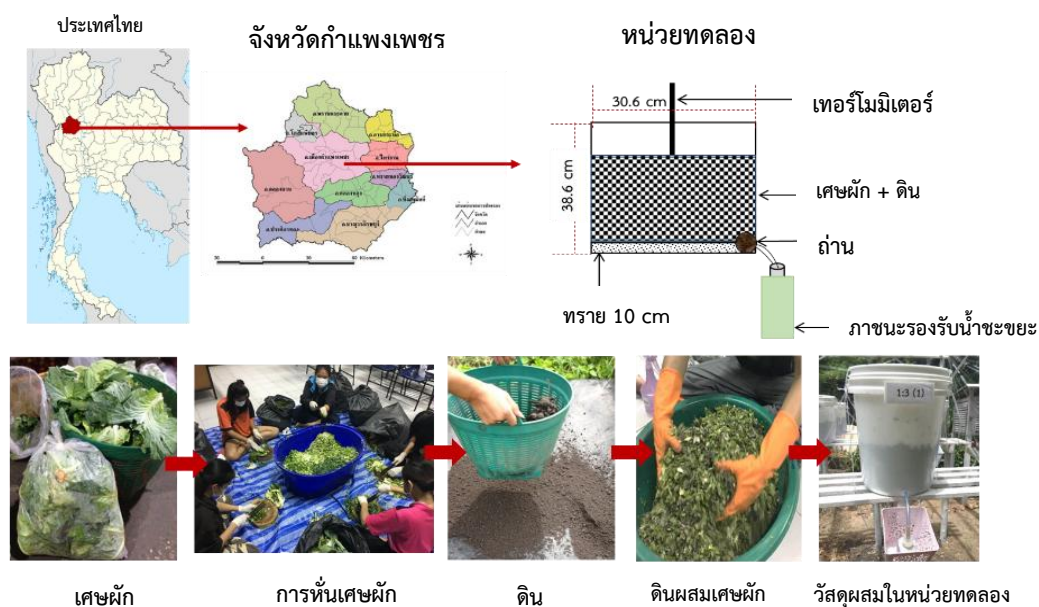
เศษผัก ผักคะน้า ผักบุ้ง หัวไชเท้า ผักชี กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก ใบโหระพา และพวงมาลัยเบญจมาศจากตลาดสดเทศบาลเมืองกำแพงเพชร ต.ในเมือง อ.เมืองกำแพงเพชร และดินจาก ต.ไตรตรึงษ์ อ.เมืองจ.กำแพงเพชร และสถานที่ทดลอง ได้แก่ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร (ดังภาพที่ 1)

2. วิธีการทำปุ๋ยหมัก

เพื่อให้ได้เนื้อปุ๋ยคุณภาพดี และไม่เกิดการหมักแบบแอนแอโรบิก โดยจะใช้อายุเศษผักไม่เกิน 6 ชั่วโมง เพราะจะยังไม่เกิดการหมักและสร้างแก๊ส [13] เมื่อได้ตัวอย่างเศษผักสดมาแล้วทำการสับเศษผักให้มีขนาด 0.5-1.0 นิ้ว และเตรียมดินที่จะนำมาหมักโดยการแยกเอาเศษกรวด หิน และรากพืชออก ทำการหมักปุ๋ยโดยใช้สัดส่วนดินต่อเศษผักคลุกเคล้าให้เข้ากัน แผนการทดลองใช้รูปแบบ Completely Randomized Design (CRD)

โดยทำการทดลองนำเศษผักและดินมาคลุกเคล้ากัน โดยใช้น้ำหนักรวมแต่ละอัตราส่วนทั้งสิ้น 8,000 กรัม ซึ่งน้ำหนักตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ (ดังตารางที่ 1) รวมทั้งหมด 9 ถัง ประกอบด้วยอัตราส่วนดินต่อเศษผักสด 1:1 (3 ถัง), 1:3 (3 ถัง) และ 1:5 (3 ถัง) เมื่อคลุกเคล้าแล้วใส่ในถังพลาสติกสีขาวทรงกระบอกปริมาตร 20 ลิตร ขนาด (กว้าง × สูง) เท่ากับ 30.60 × 38.60 เซนติเมตร กันถังมีท่อระบายน้ำชะขยะ รองพื้นด้วยทรายหยาบ และถ่านไม้ปราศจากเชื้อ ใช้ทรายหยาบหนา 10 เซนติเมตร และถ่านไม้เพื่อดูดซับกลิ่นไว้ตรงรูระบายน้ำชะขยะก่อนออกนอกถัง ทำการหมักปุ๋ยภายในโรงเรือนกลางแจ้งแบบเปิดที่มุงด้วยพลาสติกโพลีเอทิลีนแบบใส โดยแต่ละสัปดาห์ทำการเรียงเป็นแถวยาวตามสัดส่วน แต่ละถังพลาสติกห่างกัน 30 เซนติเมตร บนพื้นไม้สีขาว สูง 1.2 เมตร มีพลาสติกใสคลุมด้านบน (ดังภาพที่ 1)

เมื่อคลุกเคล้าดินและเศษผักสดลงหมักเรียบร้อยแล้วทำการตรวจวัดกิจกรรมการย่อยสลายที่เกิดขึ้นในกองปุ๋ยหมักโดยวัดการเปลี่ยนแปลง Temperature in compost (TC) และ Temperature of Ambient air (TA) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทตรวจวัดที่เวลา 7.00 น. ทุกวัน และวัดการยุบตัว (Collapse, C) ของปุ๋ยหมัก ด้วยไม้บรรทัดทุกวัน เป็นเวลา 49 วัน และทำการรดน้ำกองปุ๋ยด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อในทุ้ออัตราส่วนในปริมาณ 250 มิลลิลิตร ในวันแรกและทุก 7 วัน หลังจากที่ทำการบินที่กุ่มกุ่มในช่องเข้า เป็นเวลา 49 วัน เนื่องจากเศษผักสดประกอบด้วยเซลลูโลส และไฟเบอร์ที่สูง ทางผู้วิจัยจึงกำหนดระยะเวลาการย่อยสลายให้นานขึ้น และยังส่งผลให้เพิ่มการปลดปล่อยธาตุอาหารบางชนิด เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส และสังกะสี เป็นต้น เมื่อระยะเวลาผ่านไป 14 วัน [5] จากนั้นทำการสุ่มเก็บตัวอย่างของทุ้ออัตราส่วนด้วยวิธี Quartering method เพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีต่อไป และแปรผลเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ [14]



ภาพที่ 1 สถานที่ทดลอง กระบวนการ เตรียมการ และหน่วยทดลอง

ตารางที่ 1 อัตราส่วนระหว่างดินต่อเศษผักสดที่ใช้ในการทดลอง

ดิน : เศษผัก	ดิน (กรัม)	เศษผัก (กรัม)	น้ำหนักรวม (กรัม)
1:1	4,000	4,000	8,000
1:3	2,000	6,000	8,000
1:5	1,350	6,650	8,000

3. การวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี

ทำการวิเคราะห์อัตราส่วนของดินต่อเศษผักในอัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5 ในวันที่ 1 และวันที่ 49 โดยนำอัตราส่วนดังกล่าวมาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลาอย่างน้อย 72 ชั่วโมงหรือจนกว่าจะแห้งสนิท จากนั้นนำมาบดด้วยโกร่ง และร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บไว้ในถุงพลาสติกในเครื่องดูดความชื้น จากนั้นวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น (Moisture) และทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (P₂O₅) และ โพแทสเซียมรวม (K₂O) ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ธาตุอาหารเสริม ได้แก่ แมงกานีส (Mn) และสังกะสี (Zn) คาร์บอนอินทรีย์ (OC) อินทรีย์วัตถุ (OM) และอัตราส่วน C/N วิธีการวิเคราะห์จากกรมวิชาการเกษตร [14]

4. การศึกษาปุ๋ยหมักต่อการเจริญเติบโตของจิงจูฉ่าย

เมื่อครบกำหนดในการหมักปุ๋ย 49 วัน นำปุ๋ยหมักอัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5 และนำปุ๋ยหมักทั้ง 3 อัตราส่วนมาผสมกับดิน 1:1 ซึ่งมี 6 treatment มาทำการปลูกจิงจูฉ่าย โดยมีดินจาก ต.ไตรตรัง อ.เมือง-กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร เป็นตัวควบคุม เพื่อการเจริญเติบโตต่อไป โดยเตรียมกระถางสำหรับปลูกพืช ให้มีปริมาตรวัสดุปลูกในกระถาง ๆ ละ 600 กรัม ซึ่งจัดเตรียมไว้ภายในโรงเรือนที่มุงด้วยพลาสติกโพลีเอทิลีนแบบใสในบริเวณพื้นที่เดิมของการทำปุ๋ยหมัก ทำการลงหน่อจิงจูฉ่ายในปุ๋ยหมักสัดส่วนแตกต่างกันลงกระถางสัดส่วนละ 4 กระถาง ๆ ละ 5 หน่อ รวม 20 หน่อ (ภาพที่ 2) แล้วทำการวัดการเจริญเติบโตโดยวัดจำนวนใบและจำนวนกิ่งที่เหลือรอด ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ดัดแปลงจากวิธีของ [15]



การเตรียมหน่อ
(ปลูกในแปลง 10 วัน)



การนำหน่อลงในกระถาง

ภาพที่ 2 แสดงการเตรียมหน่อจิงจูฉ่าย และการลงกระถางปลูกเพื่อวัดการเจริญเติบโต

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One-way ANOVA และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$)

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุปุ๋ยหมัก

1.1 ลักษณะทางกายภาพของวัสดุปุ๋ยหมัก

ความชื้นในดินวันที่ 1 เท่ากับ 5.75% ไม่เหมาะสำหรับกิจกรรมของแบคทีเรียในขณะที่มีปริมาณความชื้น 1 วันของเศษผักสูงถึง 71.05% สอดคล้องกับผลของ [16] ที่ความชื้นสูงของเศษผักปริมาณ 85% ช่วยเพิ่มความชื้นของวัสดุปุ๋ยหมักเป็น 41.26 - 76.90% วัสดุปุ๋ยหมักที่อัตราส่วน 1:5 แสดงปริมาณความชื้นสูงสุด รองลงมา ได้แก่ อัตราส่วน 1:3 และ 1:1 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 2

1.2 ลักษณะทางเคมีของวัสดุปุ๋ยหมัก

ลักษณะทางเคมีของวัสดุปุ๋ยหมักของดินและเศษผัก ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ TN, P_2O_5 และ K_2O อยู่ในช่วง 0.13 - 0.22% ธาตุอาหารรอง ได้แก่ Ca และ Mg อยู่ในช่วง 0.05 - 0.924% ธาตุอาหารเสริม ได้แก่ Mn และ Zn อยู่ในช่วง 121 - 352 mg/kg ค่าเคมีอื่น ๆ ได้แก่ OC อยู่ในช่วง 0.78 - 32.33% อินทรีย์วัตถุ OM อยู่ในช่วง 1.34 - 55.74% ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุปุ๋ยหมักวันที่ 1 ของอัตราส่วนดินต่อเศษผัก อัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5 เมื่อเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก

พารามิเตอร์	หน่วย	ดิน	เศษผัก	ดิน : เศษผัก			มาตรฐานปุ๋ยหมัก*
				1:1	1:3	1:5	
Moisture	%	5.75	71.05	41.26	61.89	76.96	$\leq 35\%$ *
pH	-	7.77	5.67	6.60	6.07	5.93	5.5-8.5
EC	dS/m	0.19	9.77	7.49	8.27	6.39	≤ 6 dS/m
Total N	%	0.18	1.08	0.12	0.14	0.18	$\geq 1\%$ W/W
P_2O_5	%	0.22	0.81	0.17	0.23	0.28	$\geq 0.5\%$ W/W*
K_2O	%	0.13	4.05	0.17	0.50	0.71	$\geq 0.5\%$ W/W*
OM	%	1.34	55.74	3.54	7.29	13.62	$\leq 20\%$ W/W
OC	%	0.78	32.33	2.05	4.23	7.90	
C/N ratio	-	9.87	29.98	17.31	29.25	42.02	$\leq 20:1$
Ca	%	0.051	0.924	0.003	0.014	0.015	
Mg	%	0.112	0.683	0.023	0.020	0.043	
Mn	mg/kg	221.25	121.00	121.50	125.83	123.75	
Zn	mg/kg	165.75	352.33	108.00	167.00	236.75	

หมายเหตุ: * อ้างอิงจาก [17] [18]

2. ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยหมัก

2.1 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมัก

ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักวันที่ 49 เปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมักจาก [17] [18] พบว่าค่าความชื้นของทุกอัตราส่วนผ่านค่ามาตรฐานปุ๋ยหมักอินทรีย์ โดยความชื้นที่ตรวจพบหลังกระบวนการเสร็จสิ้นทุกอัตราส่วนมีค่าอยู่ตามเกณฑ์มาตรฐาน (<35%) (ตารางที่ 3)

2.2 ลักษณะทางเคมีของปุ๋ยหมัก

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า ของทุกอัตราส่วนผ่านค่ามาตรฐานปุ๋ยหมักอินทรีย์ แต่ในส่วนของการปริมาณธาตุอาหารหลักทุกอัตราส่วนการทดลองมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ค่า pH ส่งผลต่อการสลายตัวของชีวภาพและชนิดของจุลินทรีย์ รวมถึงกิจกรรมของเอนไซม์ ค่า pH วันที่ 49 ของอัตราส่วนทั้งหมดอยู่ในช่วง 6.0 - 8.0 ($P < 0.05$) แสดงในตารางที่ 3 และเป็นไปตามคุณภาพค่ามาตรฐานปุ๋ยหมัก โดยอัตราส่วน 1:3 และ 1:5 มีค่า pH สูงกว่าอัตราส่วน 1:1 ส่วนค่า EC ทุกอัตราส่วนอยู่ในช่วง 3.55 - 5.50 ($P < 0.05$) เป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยหมักที่ <6 dS/m ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุปุ๋ยหมักวันที่ 49 ของดินต่อเศษผักอัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5 เมื่อเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก

Ratio	Moisture (%)	pH	EC (dS/m)	TN (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	OM (%)	OC (%)	C/N ratio	Ca (%)	Mg (%)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Std ¹	≤35	5.5-8.5	≤6	≥1	≥0.5	≥0.5	≤20	-	≤20:1	-	-	-	-
1:1	13.25 ^b	6.80 ^c	3.55 ^c	0.09 ^b	0.15 ^b	0.09 ^c	1.80 ^c	1.04 ^c	11.23 ^c	0.004 ^c	0.015 ^b	116.17 ^a	147.50 ^b
1:3	11.57 ^c	7.57 ^b	5.50 ^a	0.16 ^a	0.23 ^a	0.22 ^a	4.21 ^b	2.44 ^b	15.96 ^b	0.050 ^b	0.010 ^b	109.83 ^a	202.83 ^a
1:5	18.55 ^a	7.97 ^a	4.87 ^b	0.10 ^b	0.24 ^a	0.21 ^b	6.51 ^a	3.78 ^a	36.53 ^a	0.079 ^a	0.041 ^a	114.17 ^a	200.00 ^a
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	*

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

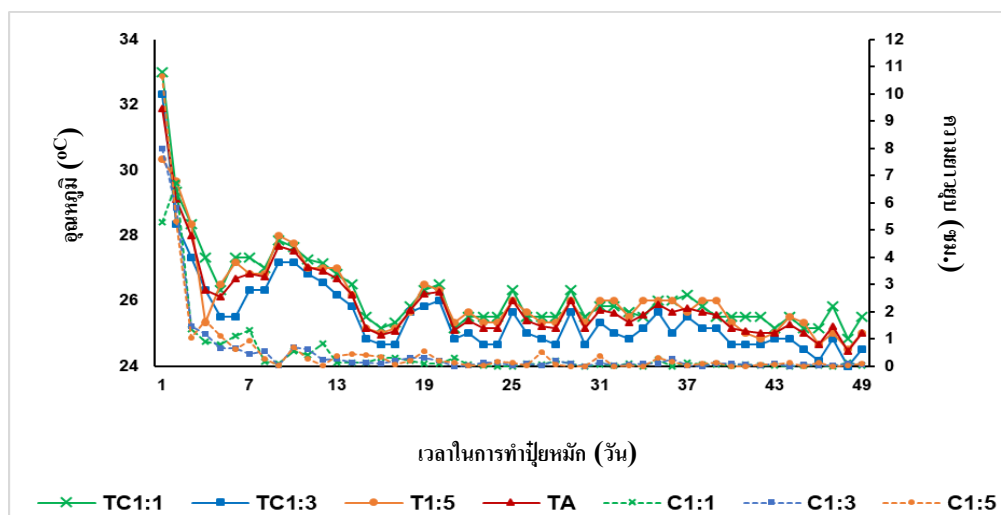
* = ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

/1 = มาตรฐานปุ๋ยหมัก [17] [18]

ขีดเส้นใต้ = ไม่เป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยหมัก

3. อุณหภูมิการย่อยตัวของปุ๋ยหมัก

แนวโน้มอุณหภูมิและการย่อยตัวของกองปุ๋ยหมักระหว่างกระบวนการสลายตัวมีความคล้ายคลึงกัน (ภาพที่ 3) อุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มต้น (วันที่ 0) ของอัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5 คือ 26.3°C, 25.8 °C และ 27.0 °C ตามลำดับ อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด (วันที่ 1) ของอัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5 คือ 33.0 °C, 32.3 °C และ 30.3 °C ตามลำดับ (ภาพที่ 3) มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญของแบคทีเรีย Mesophilic ในชนิด Proteolytic bacteria และ Amylolytic bacteria พบแบคทีเรียในดินและวัสดุอินทรีย์ที่มีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต หรือเส้นใยเป็นหลัก [5] [8] หน้าที่หลักของแบคทีเรีย คือ การย่อยสลายโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตอย่างง่าย น้ำตาล ไขมัน และแป้ง เพื่อปล่อยคาร์บอนและไนโตรเจน [19] หลังจากกระบวนการสลายตัวของแบคทีเรีย Mesophilic อุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็ว จนถึงอุณหภูมิแวดล้อมหรือต่ำกว่า แต่อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ อีกครั้ง เนื่องจาก Cellulolytic bacteria จะทำการย่อย Cellulose ที่ซับซ้อนซึ่งสอดคล้องกับการย่อยตัวมากที่สุด ในวันที่ 1 ขึ้นอยู่กับการแยกตัวของพันธะเคมีของวัสดุปุ๋ยหมักที่ปล่อยพลังงาน อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และปริมาตรพื้นที่ผิวที่ลดลง [20] [21] [22]



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของความชื้นที่ยุบตัวและอุณหภูมิของเวลาในการทำปุ๋ยหมักสำหรับดินต่อผัก 1:1, 1:3 และ 1:5

หมายเหตุ: TC = อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมัก, TA = อุณหภูมิของสภาพแวดล้อม, C = การยุบตัว

4. ลักษณะทางเคมีของปุ๋ยหมัก

4.1 อินทรีย์วัตถุ อินทรีย์คาร์บอน และอัตราส่วน C/N

เมื่อสิ้นสุดการหมักที่เวลา 49 วัน อินทรีย์วัตถุ (OM) สำหรับทุกอัตราส่วนเพิ่มขึ้นจาก 1.34 - 3.54% เป็น 1.80 - 6.51% เป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยหมักที่ $\leq 20\%$ ค่า OC สำหรับอัตราส่วนทั้งหมดอยู่ที่ 1.04 - 3.78% อัตราส่วน 1:5 มีค่า C/N ratio เท่ากับ 36.5 ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยหมักและแตกต่างจากอัตราส่วนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในช่วงเวลาเดียวกัน เนื่องจากมีแหล่งคาร์บอนสูงจากเศษผักที่มากกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ

4.2 ปริมาณธาตุอาหารหลัก

ธาตุอาหารหลักที่สำคัญในปุ๋ยหมัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในวันที่ 1 ในอัตราส่วน 1:5 มากกว่าอัตราส่วน 1:3 และ 1:1 ตามลำดับ เนื่องจากสัดส่วนของเศษผักที่เพิ่มมากขึ้นที่ (ตารางที่ 2) ธาตุอาหารหลักในวันที่ 49 ในอัตราส่วน 1:3 มากกว่าอัตราส่วน 1:5 และอัตราส่วน 1:1 ตามลำดับ ($P < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

4.3 ปริมาณธาตุอาหารรอง

วันที่ 49 ปริมาณ Ca เพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วน และในช่วงเวลาเดียวกัน Mg ลดลงในทุกอัตราส่วน โดย Mg และ Ca ในอัตราส่วน 1:5 มากกว่าอัตราส่วน 1:3 และ 1:1 ตามลำดับ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 3)

4.4 ธาตุอาหารเสริม

วันที่ 49 Mn ลดลงในทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 3) แต่ Zn เพิ่มขึ้นในอัตราส่วน 1:3 และลดลงในอัตราส่วน 1:1 และ 1:5 เนื่องจากแบคทีเรียในกองปุ๋ยหมักใช้ Mn เพื่อกระตุ้นเอนไซม์และสังเคราะห์เอนไซม์ DNA polymerase [23]

5. การเจริญเติบโตของต้นจิงจูฉ่าย

จากผลการวิเคราะห์น้ำหนักสดก้านจิงจูฉ่ายก่อนลงปลูกมีน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่น้ำหนักสดหลังปลูกเมื่อเวลาผ่านไป 10 สัปดาห์ พบว่าต้นจิงจูฉ่ายที่ปลูกในปุ๋ยอัตราส่วน 1:1 และผสมกับดินมีค่าน้ำหนักหลังอบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) คือ 0.4887 กรัม และ 0.4014 กรัม ตามลำดับ และ

พบว่าต้นที่ปลูกกับดินที่เป็นตัวควบคุม และปลูกด้วยปุ๋ยอัตราส่วน 1:1 มีจำนวนการรอดชีวิต 17 - 18 ต้น จาก 20 หน่อ เริ่มต้น (ตารางที่ 4 และภาพที่ 4) เนื่องจากค่า pH ที่ต่ำกว่าอัตราส่วนอื่น คือ 6.80 และค่าใกล้เคียงดินวัสดุหมักเริ่มต้น มีค่า pH เท่ากับ 5.75 (ตารางที่ 2) และการสลายตัวของปุ๋ยโดยดูจากค่า C/N เท่ากับ 11.23 (ตารางที่ 3) ซึ่งเป็นการสลายตัวของการเป็นปุ๋ยดีที่สุด

ตารางที่ 4 แสดงการเจริญของต้นจิงจูฉ่ายเมื่อผ่านไป 10 สัปดาห์

ลำดับ	น้ำหนักสดก้าน จิงจูฉ่าย (กรัม) ค่าเฉลี่ย±SD	ตากัง	ตากัง เหนือดิน	น้ำหนักสด หลังปลูก (กรัม) ค่าเฉลี่ย±SD	น้ำหนักหลังอบ (กรัม) ค่าเฉลี่ย±SD	จำนวนใบ เฉลี่ย	ความยาวก้าน ถึงปลายใบ (ซม.) ค่าเฉลี่ย±SD	จำนวน ต้นรอด (หน่อ)
1	2.2965±0.52 ^a	6	4	2.0084±1.40 ^a	0.3193±0.17 ^{ab}	8	6.61±3.72 ^a	18
2	2.4006±0.50 ^a	5	4	5.6625±1.56 ^a	0.4887±0.53 ^a	9	7.82±4.22 ^a	17
3	2.3768±0.75 ^a	5	4	0.3034±0.09 ^b	0.1904±0.06 ^c	-	-	3
4	2.2541±0.57 ^a	6	4	0.2887±0.06 ^b	0.1838±0.06 ^c	-	-	ตายหมด
5	2.2758±0.45 ^a	6	4	1.8528±3.21 ^a	0.4014±0.39 ^a	12	8.89±3.77 ^a	7
6	2.4089±0.59 ^a	5	4	0.5162±0.92 ^b	0.2000±0.11 ^c	12	7.55±2.88 ^a	1
7	2.2902±0.57 ^a	6	4	0.2753±0.10 ^b	0.1672±0.06 ^c	-	-	ตายหมด

หมายเหตุ: ลำดับที่ 1 คือ ใช้ดิน จากตำบลไทรตรัง อำเภอมือง จังหวัดกำแพงเพชร (เป็นตัวควบคุม), ลำดับที่ 2 คือ ใช้ปุ๋ยอัตราส่วน 1:1, ลำดับที่ 3 คือ ใช้ปุ๋ยอัตราส่วน 1:3, ลำดับที่ 4 คือ ใช้ปุ๋ยอัตราส่วน 1:5, ลำดับที่ 5 คือ ใช้ปุ๋ยอัตราส่วน 1:1 ผสมดิน ในอัตราส่วน 1:1, ลำดับที่ 6 คือ ใช้ปุ๋ยอัตราส่วน 1:3 ผสมดิน ในอัตราส่วน 1:1, ลำดับที่ 7 คือ ใช้ปุ๋ยอัตราส่วน 1:5 ผสมดิน ในอัตราส่วน 1:1 ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งบ่งบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($P < 0.05$) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)



ภาพที่ 4 ตัวอย่างต้นจิงจูฉ่ายที่มีการเจริญเติบโต และหน่อที่ตาย

สรุปผลการวิจัยและวิจารณ์

1. ลักษณะของวัสดุปุ๋ยหมัก

สัดส่วนของเศษผักเกี่ยวข้องโดยตรงกับความชื้นของวัสดุที่หมักเนื่องจากปริมาณน้ำและเส้นใย เซลลูโลสที่ดูดซับน้ำ [8] ความชื้น 40 - 60% เหมาะสำหรับกิจกรรมของจุลินทรีย์ [24] [25] และวัสดุหมัก อัตราส่วน 1:1 และ 1:3 มีค่าใกล้เคียง คือ 41.26% และ 61.89% ตามลำดับ ส่วน 1:5 ปริมาณความชื้นสูงที่สุด เท่ากับ 76.96% วัสดุปุ๋ยหมักที่อัตราส่วน 1:3 และ 1:5 ให้อัตราส่วน C/N ที่ 29.25 และ 42.02 สอดคล้องกับ ค่าที่เหมาะสมที่ 25 - 45 และมี pH และ EC เหมาะสมที่ช่วยเสริมให้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุปุ๋ยหมักแตกต่างกัน [5] [8] [26]

2. ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมัก

กระบวนการหมักปุ๋ยจะมีน้ำชะขยะออกมาตลอดเวลาโดยผ่านกระบวนการย่อยสลายของวัสดุหมักโดยจุลินทรีย์ [5] [8] และตามค่ามาตรฐานเกณฑ์ความชื้นต้องมีค่า $<35\%$ เนื่องจากหากมีความชื้นที่มากกว่านี้ จะส่งผลให้อากาศในกองปุ๋ยไม่มีการถ่ายเท และทำให้เกิดสภาวะไร้ออกซิเจน ซึ่งจะไม่เหมาะสมในการนำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก [26] โดยเมื่อครบกำหนดการหมักปุ๋ย 49 วัน ความชื้นของปุ๋ยหมักอยู่ในช่วง $11.57 - 18.55\%$ ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 3 อัตราส่วน (ตารางที่ 3)

ค่า pH อัตราส่วน 1:3 (pH 7.75) และ 1:5 (pH 7.97) มีค่าสูงกว่าอัตราส่วน 1:1 (pH 6.80) แต่อยู่ในช่วงค่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ $5.5 - 8.5$ ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการย่อยสลาย [27] (ตารางที่ 3) เนื่องจากปุ๋ยหมักมีการย่อยสลายของสัดส่วนเศษผักและสารอินทรีย์ในโตรเจน ผ่านกระบวนการ Ammonification ที่สามารถเกิดปฏิกิริยา Hydrolysis และปลดปล่อย OH^- ส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้น [28] [29] ค่า pH ของเศษผักมีความเป็นกรดต่ำ ทำให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา และมีแบคทีเรียเป็นเชื้อหลักที่สำคัญในกระบวนการย่อยสลาย [8] [16] กระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรียจะมีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่หลากหลายซึ่งสามารถตรวจวัดได้ด้วยค่า EC โดยขึ้นกับค่า pH ของกระบวนการสลายตัวอินทรีย์ [12]

3. ลักษณะทางเคมีของปุ๋ยหมัก

อัตราส่วน C/N ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการสลายตัวของจุลินทรีย์คือ $25 - 45$ [12] และสิ้นสุดกระบวนการหมักค่า C/N ต้อง ≤ 20 ซึ่งอัตราส่วน 1:1 และ 1:3 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ เท่ากับ 11.23 และ 15.96 ตามลำดับ สำหรับอัตราส่วน 1:5 มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานเท่ากับ 36.53 เนื่องจากที่สถานะเริ่มต้นที่ 42.2 ยังคงเหมาะสำหรับกระบวนการสลายตัว องค์ประกอบไนโตรเจนในโปรตีนจากของเสียจากผักในวันที่ 1 อัตราส่วน 1:5 น้อยกว่าที่ 0.18% ในขณะที่คาร์บอนอินทรีย์เกินที่ 7.9% ทำให้ไม่เหมาะสมในการนำมาเป็นปุ๋ย โดยไนโตรเจนทำหน้าที่เป็นปัจจัยจำกัดสำหรับแบคทีเรียในการสังเคราะห์โปรตีนสำหรับเซลล์ใหม่เมื่อคาร์บอนซึ่งเป็นแหล่งพลังงานมากเกินไปจะทำให้ไนโตรเจนในกองปุ๋ยหมักหายไปจากกระบวนการแอมโมไนซ์ [13] ซึ่งในกองปุ๋ยแบคทีเรียต้องการไนโตรเจน 1 หน่วยกับคาร์บอน 10 - 15 หน่วยสำหรับการเจริญเติบโต [12] ดังนั้นเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักในวันที่ 49 อัตราส่วน 1:3 จึงดีกว่าอัตราส่วน 1:5 ตามที่สังเกตได้จากอัตราส่วน 49 วัน-C/N ที่ 15.96 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยหมัก

4. ปริมาณธาตุอาหารหลัก

ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ TN, P_2O_5 และ K_2O โดยตัวรับอิเล็กตรอนของเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) และเฟอร์รัสออกไซด์ (FeO) สำหรับแบคทีเรียแบบไม่ใช้ออกซิเจนป้องกันการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนและการระเหยของสารอาหาร ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและการสลายตัว ดังนั้นอัตราส่วน 1:3 จึงสนับสนุนกิจกรรมการสลายตัวของแบคทีเรียอย่างมีประสิทธิภาพและปล่อยสารอาหารสูง [30] [31] ธาตุอาหารหลักในทุกอัตราส่วนต่ำกว่ามาตรฐานปุ๋ยหมักมากกว่า 2% [17] [18] และสอดคล้องกับงานวิจัยของ [8] [32]

5. ปริมาณธาตุอาหารรอง

ในทุกอัตราส่วนปุ๋ยหมักวันที่ 49 ปริมาณ Ca มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ Mg มีแนวโน้มลดลงเนื่องจาก Ca ทำให้เซลล์แบคทีเรียที่สร้างสปอร์มีความเสถียรและทนต่อความร้อน เช่น สกุล *Bacillus* แบคทีเรียที่โดดเด่นสำหรับการผลิตปุ๋ยหมัก [5] [8] [23] เนื่องจากแบคทีเรียใช้ Mg เป็นโคแฟกเตอร์และสร้างไรโบโซม เยื่อหุ้มเซลล์ และกรดนิวคลีอิก ซึ่งปริมาณความชื้นในปุ๋ยหมักอัตราส่วน 1:5 มากกว่าอัตราส่วน 1:3 และ 1:1 ตามลำดับ ($P<0.05$) โดยปริมาณความชื้นสูงทำให้ส่งเสริมกระบวนการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนในกระบวนการย่อยสลายปุ๋ยหมัก นอกจากนี้ในช่วงเริ่มการย่อยสลายทำให้เกิดกรดไขมันสูง กรดไขมันระเหยง่าย และ pH ลดต่ำลง [33] [34]

ทำให้ส่งเสริมการดูดซึม Ca และ Mg หลังจากวันที่ 14 [5] [32] และส่งผลให้ Mg มีแนวโน้มลดลง ในวันที่ 49 (ตารางที่ 2 และตารางที่ 3)

6. ธาตุอาหารเสริม

ในระหว่างกระบวนการสลายตัว Mn ลดลง เนื่องจากแบคทีเรีย เช่น *Bacillus* spp. จะใช้ Mn เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน [35] ส่วน Zn ของอัตราส่วน 1:3 มากกว่าอัตราส่วน 1:5 และ 1:1 ($P<0.05$) เนื่องจากกิจกรรมการดูดซึมของ *Bacillus* spp. เป็นสกุลที่โดดเด่นในการผลิตปุ๋ยหมัก [5] [32] โดยระยะเวลาการสลายตัวของปุ๋ยหมักหากนานกว่า 14 วัน การดูดซึมธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารเสริมจะมากขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ [32] พบว่า S, Na, Mg, Ca และ Fe ถูกดูดซึมมากขึ้นในช่วงเวลามากกว่า 14 วัน

7. การเจริญเติบโตของต้นจิงจูฉ่าย

จากผลการทดลองพบว่าปุ๋ยอัตราส่วน 1:1 ส่งเสริมทำให้ต้นจิงจูฉ่ายมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอัตราส่วน 1:3 และ 1:5 เนื่องจาก ค่า EC และ pH มีค่าต่ำกว่าอีก 2 อัตราส่วน ถึงแม้ว่าอัตราส่วนปุ๋ย 1:1 มีค่าไนโตรเจนต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยท่านอื่นที่พบว่าเมื่อเพิ่มไนโตรเจนโดยการใส่มูลขี้ไก่ ก็ไม่ส่งผลต่อความสูงและการเจริญของจิงจูฉ่าย แต่ก็พบว่าการใส่ปุ๋ยทำให้มีการเจริญมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย [15] แต่เนื่องจากอัตราส่วน 1:5 ยังพบการย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้ยังมีเศษผักปริมาณสูงเมื่อนำมาปลูก ประกอบกับต้องมีการรดน้ำ จึงทำให้ดินมีความชื้นสูง และเกิดการย่อยสลายในดินใหม่ ส่งผลให้ pH ในดินต่ำลง เกิดกระบวนการหมักกรดแลคติกและกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ [36] ทำให้ต้นจิงจูฉ่ายเน่าและตาย และเกิดเชื้อราขึ้นจากการสังเกตของผู้วิจัย

การศึกษาเกี่ยวกับการผลิตปุ๋ยหมักจากของเสียจากดินและเศษผักมีอัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5 พบว่าทุกอัตราส่วนเหมาะสมกับวัสดุปรับปรุงดิน แต่ไม่เหมาะสมเป็นปุ๋ยหมัก เนื่องจากมีธาตุอาหารหลักน้อยกว่ามาตรฐานปุ๋ยหมัก อัตราส่วนดินต่อเศษผัก 1:3 ให้กระบวนการสลายตัวที่ดีที่สุด ในขณะที่ธาตุอาหารรอง Ca และ Zn เพิ่มขึ้น แต่ธาตุอาหารเสริม เช่น Mg และ Mn ลดลงจากวัสดุตั้งเดิม เศษผักในอัตราส่วนที่สูง เช่น อัตราส่วน 1:5 ทำให้เกิดการสลายตัวช้าและไม่สมบูรณ์ตามที่สังเกตได้ว่าในวันที่ 49 ค่า C/N อยู่ที่ 36.53 ซึ่งมากกว่ามาตรฐานปุ๋ยหมักที่ ≤ 20 เนื่องจากปริมาณ OC ที่มากและ TN ที่ต่ำ ทำให้ TN สูญเสียไปจากกระบวนการแอมโมนิไนซ์ การเติมสารประกอบอินทรีย์ที่มี TN สามารถปรับปรุงอัตราการสลายตัวในอัตราส่วน 1:5 แต่เมื่อนำอัตราส่วนทั้ง 3 มาผสมกับดินในอัตราส่วน 1:1 พบว่า ชุดควบคุมของดินจาก ต.ไตรตรังซ์ และอัตราส่วนปุ๋ย 1:1 และอัตราส่วน 1:1 ผสมดินในอัตราส่วน 1:1 มีความเจริญเติบโตได้ดีที่สุดของต้นจิงจูฉ่าย ทั้งน้ำหนักสดหลังปลูก น้ำหนักหลังอบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบจำนวนใบมากที่สุดของปุ๋ยอัตราส่วน 1:1 ผสมดินในอัตราส่วน 1:1 และปุ๋ยอัตราส่วน 1:3 ผสมดินในอัตราส่วน 1:1 และจำนวนต้นรอดชีวิตมากที่สุด ได้แก่ ดินจาก ต.ไตรตรังซ์ และอัตราส่วนปุ๋ย 1:1 มีจำนวนต้นรอดชีวิต 18 และ 17 ต้น ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ปัญญา ผศ.ดร.นพวรรณ เสมิมูล ดร.รัตนดา พัฒนสิงห์เสณีย์ นางสาวชาลิสา ทศนาธร และนายศตวรรษ เสือเขียว ที่ช่วยด้านภาษาอังกฤษและข้อเสนอแนะงานวิจัยครั้งนี้ให้ลุล่วงไปด้วยดี และผู้เขียนประกาศว่าพวกเขาไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนในงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ. (2564). *รายงานประจำปี 2564*. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- [2] กรมควบคุมมลพิษ. (2568). *รายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2567*. สืบค้นจาก <https://www.pcd.go.th/publication/35729/>
- [3] กลุ่มงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัด. (2564). *แผนพัฒนาจังหวัดกำแพงเพชร พ.ศ. 2566-2570*. สำนักงานจังหวัดกำแพงเพชร. สืบค้นจาก https://mua.kpru.ac.th/FrontEnd_Plan/public/uploads/publicationinformation/165414196002020606222230301010.pdf
- [4] Zhao, K., Xu, R., Zhang, Y., Tang, H., Zhou, C., Cao, A., Zhao, G., & Guo, H. (2017). Microbiology development of a novel compound microbial agent for degradation of kitchen waste. *Brazilian journal of microbiology*, 48(3), 442-450. DOI no.: 10.1016/j.bjm.2016.12.011.
- [5] Phadpin, A., Chunkao, K., & Pattamapitton, T. (2020). Bacterial communities as induced by volatile gases releasing from organic compounds in food wastes and bio-wastes in Bangkok, Thailand. *Ecology, Environment and Conservation*, 26(August Suppl. Issue), 46-55. Retrieved from <https://www.envirobiotechjournals.com/EEC/Vol26AugSuppl20/EEC-9.pdf>
- [6] Prabuddham, P., Thunthasari, S., & Phewnil, O.A. (1999). Development of composting technology in concrete box with some additives using soils as electron acceptor. In *Seminar Save garbage eradicate technology and wastewater treatment by plant*. 25-28 August 1999, Chaipattana Foundation. (p. 10-21). Bangkok: Kasetsart University.
- [7] Chen, Z.S., & Bejosano-Gloria, C. (2005). *Compost production: a manual for Asian farmers*. Taiwan: Food and fertilizer technology center.
- [8] Tudsanaton, C., Pattamapitton, T., Phewnil, O., Semvimol, N., Wararam, W., Chanthasoon, C., & Thaipakdee, S. (2021). Limiting factor of durian rind composting by natural technology during the wet period. *Ecology, Environment and Conservation*, 27(2), 590-598. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/361268808_Limiting_factors_of_durian_rind_composting_by_natural_technology_during_the_wet_period
- [9] Savci, S. (2012). An agricultural pollutant: Chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(1), 77-80. DOI no.: 10.7763/IJESD.2012.V3.191.
- [10] Bown, D., 1995. *Encyclopaedia of Herbs and their Uses*. London: Dorling Kindersley. Retrieved from <https://archive.org/details/encyclopediaofhe0000bown>
- [11] พิริยะภรณ์ อภิชาติยานนท์. (2560). *การศึกษาดอกไม้และฤทธิ์ทางชีวภาพจากส่วนเหนือดินของ จิงจูฉ่าย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, คณะวิทยาศาสตร์.

- [12] สัญญา เลห์สิงห์. (2558). อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของจิงจูฉ่าย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [13] อรอนงค์ ผิวนิล. (2548). การศึกษาก๊าซกระจายจากขยะมูลฝอยเทศบาลที่ย่อยสลายของอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.
- [14] กรมวิชาการเกษตร. (2548). หนังสือแนะนำการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [15] อรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ์. (2560). การศึกษาเปรียบเทียบผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อความสามารถในการผลิตจิงจูฉ่าย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 25(4), 615-626. สืบค้นจาก <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/view/75165/60582>.
- [16] Bhatia, A., Madan, S., Sahoo, J., Ali, M., Pathania, R., & Kazmi, AA. (2013). Diversity of bacterial isolates during full scale rotary drum composting. *Waste management*, 33(7), 1595–1601. DOI no.: 10.1016/j.wasman.2013.03.019.
- [17] ราชกิจจานุเบกษา. (2548). เล่ม 122 ตอนพิเศษที่ 109 ง, หน้า 9.
- [18] ราชกิจจานุเบกษา. (2557). เล่ม 131 ตอนพิเศษที่ 29 ง, หน้า 4.
- [19] Sunberg, C., Smars, S., & Jönsson, H. (2004). Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technology*, 95, 145-150. DOI no.: 10.1016/j.biortech.2004.01.016.
- [20] ศิวานาถ ไทยภักดี. (2556). การศึกษาอิทธิพลของเปลือกกล้วยและดินนาต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของขยะอินทรีย์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะสิ่งแวดล้อม, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.
- [21] Liang, C., Das, K.C., & McClendon, R.W. (2003). The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource Technology*, 86(2), 131-137. DOI no.: 10.1016/S0960-8524(02)00153-0.
- [22] Pattanaik, L., Duraivade, P., Hariprasad, P., & Naik, S.N. (2020). Utilization and re-use of solid and liquid waste generated from the natural indigo dye production process - A zero waste approach. *Bioresource Technology*, 301, 1-10. DOI no.: 10.1016/j.biortech.2019.122721.
- [23] ภาควิชาจุลชีววิทยา. (2554). ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา. กรุงเทพฯ: เจ้าพระยาการพิมพ์.
- [24] Haug, R.T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Florida: Lewis Publishers.
- [25] Sanchez, O.J., Ospina, D.A., & Montoya, S. (2017). Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste management*, 69, 136-153. DOI no.: 10.1016/j.wasman.2017.08.012.
- [26] Román, P., Martínez, M.M., & Pantoja, N. (2015). *Farmer's handbook experience in Latin America*. Santiago: Food and agriculture organization of the united nation.
- [27] Bertoldi, M., Vallini, G., & Pera, A. (1983). The Biology of Composting: A Review. *Waste Management & Research*, 1(1), 157-176. DOI no.: 10.1016/0734-242X(83)90055-1.

- [28] Fernández, F.J., Sánchez-Arias, V., Rodríguez, L., & Villaseñor, J. (2010). Feasibility of composting combinations of sewage sludge, olive mill waste and winery waste in a rotary drum reactor. *Waste management*, 30(10), 1948–1956. DOI no.: 10.1016/j.wasman.2010.04.007.
- [29] DeLaune, P.B., Moore, P.A., Jr Daniel, T.C., & Lemunyon, J.L. (2004). Effect of chemical and microbial amendments on ammonia volatilization from composting poultry litter. *Journal of environmental quality*, 33(2), 728–734. DOI no.: 10.2134/jeq2004.7280.
- [30] Alexander, M. (1961). *Introduction to Soil Microbiology*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [31] Attanandana, T. (2007). *Paddy soli science*. Bangkok: Kasetsart university Press.
- [32] อภิษฎา พัดพิน. (2563). *สัดส่วนเศษอาหารและอุณภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายด้วยแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนในการหมักปุ๋ยจากเศษอาหารของเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะสิ่งแวดล้อม, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.
- [33] Adhikari, BK., Barrington, S., Martinez, J., & King, S. (2008) Characterization of food waste and bulking agents for composting. *Waste Management*, 28(5), 795–804. DOI no.: 10.1016/j.wasman.2007.08.018.
- [34] Chroni, C., Kyriacou, A., Georgaki, I., Manios, T., Kotsou, M., & Lasaridi, K. (2009). Microbial characterization during composting of biowaste. *Waste Management*, 29(5), 1520–1525. DOI no.: 10.1016/j.wasman.2008.12.012.
- [35] Gounot, A.M. (1994). Microbial oxidation and reduction of manganese: Consequences in groundwater and application. *FEMS Microbiology Reviews*, 14(4), 339–350. DOI no.: 10.1111/j.1574-6976.1994.tb00108.x.
- [36] ธีรศักดิ์ สมดี. (2556). *จุลชีววิทยาพื้นฐาน*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.