

การพัฒนารูปแบบการกำจัดขยะอาหารด้วยวิธีการรวมการทำปุ๋ยหมักพร้อมปลูกผัก Development of Food Waste Disposal Model using Keyhole Garden Techniques

สง่า ทับทิมหิน^{1*} ปวีณา ลิ้มปิทีปการ¹ และ สุพัฒน์ เจะปก²
Sanga Tubtimhin^{1*}, Pawena Limpiteeprakan¹ and Supat Ngopok²

¹วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

²สำนักบริหารกายภาพและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

¹College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University

²Physical and Environmental Management Office, Ubon Ratchathani University

*E-mail: sanga.t@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินความเหมาะสมของต้นแบบการกำจัดขยะอาหารด้วยวิธีการทำปุ๋ยหมักพร้อมปลูกผัก โดยได้เลือกต้นแบบมาจำนวน 3 รูปแบบ มาทดลองปฏิบัติ ซึ่งแต่ละแบบใช้วัสดุโครงสร้างของบ่อหมักที่แตกต่างกัน ได้แก่ บล็อกประสานแบบโค้ง ไม้ไผ่และเศษไม้ท่อน โดยการออกแบบบ่อหมักให้มีขนาดและปริมาตรความจุใกล้เคียงกัน ใส่วัสดุอินทรีย์ ได้แก่ เศษใบไม้หญ้าแห้ง มูลสัตว์ แกลบดำและดินร่วน โดยสัดส่วนผสม 3:1:1:1 และนำขยะอาหารมาเติมในถังรองรับตรงกลางบ่อหมักแล้วนำพืชผักมาปลูกในแปลงทดลอง ใช้ระยะเวลาดำเนินการรวม 90 วัน แล้วประเมินทางเทคนิคและการควบคุมดูแล ซึ่งจากสามรูปแบบพบว่า วิธีการกำจัดขยะอาหารพร้อมปลูกผักที่เหมาะสมที่สุดคือต้นแบบที่ทำจากบล็อกประสานแบบโค้งมาจัดเรียงเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร สูง 0.8 เมตร ปริมาตร 2.5 ลบ.ม. โครงสร้างมีความแข็งแรง คงทน สวยงาม การดูแลรักษาง่าย รวมถึงการเจริญเติบโตของรากพืชที่นำมาปลูกสามารถกระจายไปได้ดี อย่างไรก็ตาม วัสดุโครงสร้างจากบล็อกประสานแบบโค้งยังมีราคาค่อนข้างแพงและในระหว่างที่นำขยะอาหารมาใส่ในบ่อรองรับเมื่อเกิดการหมักย่อยสลายสารอินทรีย์ จะทำให้เกิดกลิ่นเหม็น และมีแมลงวันมารบกวนได้ จึงควรให้มีระบบควบคุมการไหลเวียนของอากาศภายในถังหรือให้น้ำหมักชีวภาพมาราดเพื่อช่วยย่อยสลาย และลดกลิ่นเหม็น พืชที่ปลูกควรมีการหมุนเวียนชนิดและใช้พืชที่มีคุณสมบัติป้องกันแมลงที่มารบกวน

คำสำคัญ: การกำจัดขยะอาหาร ขยะอินทรีย์ วิธีการทำปุ๋ยหมักพร้อมปลูกผัก

Abstract

This research aimed to develop and assess the suitability of a keyhole garden model for the disposal of food waste. Three models utilizing curved blocks, bamboo, and logs as structural materials were selected and implemented. All models were designed to have similar sizes and capacities. Organic materials such as leaf litter, hay, manure, black rice husk, and clay soil were used in a mixing ratio of 3:1:1:1. Food waste was added to the pit, and crops were planted in the experimental site for a period of approximately 90 days. The efficiency, operational techniques, and environmental impact were evaluated. Among the three models, the keyhole garden model using curved interlocking blocks arranged in a circular structure with a diameter of 2 m, a height of 0.8 m, and a volume of 2.5 m³ proved to be the most suitable. This

model exhibited a strong, durable, and visually pleasing structural design while being easy to maintain, and also plant root growth can spread well. However, the cost of the structural materials was relatively high.

Additionally, the decomposition of food waste in the pit resulted in unpleasant odors and attracted flies. To address these issues, an air circulation system should be incorporated into the hole, and effective microorganisms should be utilized to reduce odors. Furthermore, crop rotation should be practiced, and plants with natural insect-repellent properties should be selected.

Keywords: Food Waste Disposal, Organic Waste, Keyhole Garden

บทนำ

ปัจจุบันพบว่า ปัญหาในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยและประสิทธิภาพ ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพนั้น มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะขยะอินทรีย์และเศษอาหารที่เกิดจากแหล่งชุมชนต่าง ๆ แม้ว่าจะมีวิธีการจัดการที่หลากหลายแต่ก็ยังคงพบว่าเป็นปัญหาที่ต้องหาวิธีการที่เหมาะสมกับบริบทพื้นที่นั้น ๆ การหมักทำปุ๋ยเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้ผลลัพธ์สุดท้ายคือ สารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Kadir et al., 2016) ซึ่งการเลือกใช้แนวทางหรือวิธีในการกำจัดขยะอินทรีย์โดยการหมักทำปุ๋ย นั้นมีความแตกต่างกันทั้งรูปแบบ และวิธีการ รวมถึงคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ด้วย (Teshome and Amza, 2017) ในการเลือกใช้วิธีการใดควรพิจารณาให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ซึ่งอาจขึ้นกับนโยบาย เทคโนโลยี งบประมาณ และระบบบริหารจัดการ ตลอดจนความตระหนัก และการมีส่วนร่วมของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง การกำจัดขยะอินทรีย์โดยเฉพาะเศษอาหารที่เกิดจากการบริโภคในครัวเรือนหรือในหน่วยงานที่เกิดขึ้นทุกวันและจำเป็นต้องมีการกำจัดที่ถูกวิธีเพื่อไม่ให้ตกค้างหมักหมมเน่าเสีย จนอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อมได้หรืออาจเป็นการนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้ด้วย อย่างไรก็ตามยังพบว่าในชุมชนยังมีการกำจัดขยะเศษอาหารที่ไม่เหมาะสม บางส่วนยังคงนำไปทิ้งในถังรวมและเกิดการเน่าจนส่งกลิ่นเหม็นเป็นที่น่ารังเกียจซึ่งขยะอินทรีย์อย่างเศษอาหารนั้นสามารถนำไปหมักเป็นปุ๋ยหรือน้ำหมักชีวภาพได้ ซึ่งวิธีการหมักปุ๋ยพร้อมปลูกผัก (Keyhole Garden; KHG) เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้มีการประยุกต์ใช้ในประเทศต่าง ๆ แล้วพบว่า สามารถกำจัดและลดปริมาณขยะเศษอาหารได้และค่อนข้างจะเป็นที่ยอมรับของคนในชุมชน (Allen, 2018; Arias et al., 2013) รวมถึงเป็นวิธีการกำจัดของเสียที่เป็นไปตามแนวความคิดการพัฒนาแบบหมุนเวียนและยั่งยืน (Mohan et al., 2020) โดยในชุมชนไทยยังพบว่า วิธีการทำปุ๋ยหมักพร้อมปลูกผักนั้นยังไม่ค่อยเป็นที่รู้จักและมีการทำค่อนข้างน้อยอาจเนื่องจากประสิทธิภาพของกระบวนการยังไม่ชัดเจน คณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษา และพัฒนาด้านแบบเพื่อใช้กำจัดขยะเศษอาหารที่เกิดขึ้นจากครัวเรือน สำนักงานหรือชุมชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบและประเมินความเหมาะสมของต้นแบบการกำจัดขยะเศษอาหารด้วยวิธีการทำปุ๋ยหมักพร้อมปลูกผักในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละพื้นที่ต่อไป

วิธีการศึกษา

1. เครื่องมือและวัสดุ

- 1) วัสดุโครงสร้างและส่วนประกอบ ได้แก่ บล็อกประสานแบบโค้ง ท่อนไม้ ไม้ไผ่ อิฐ หิน ตะกร้าพร้อมฝาปิด
- 2) วัสดุทดลอง ได้แก่ เศษอาหาร ดิน แกลบดำ มูลสัตว์ ขยะอินทรีย์ (เศษใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง วัชพืช) และเมล็ดพันธุ์พืชผัก
- 3) เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องวัดความชื้น เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง และเครื่องชั่งน้ำหนัก

4) แบบบันทึกข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกข้อมูลปริมาณและลักษณะของขยะเศษอาหาร แบบประเมินค่าการลงทุนต่อชุดต้นแบบการทดลองและแบบประเมินความเหมาะสมทางเทคนิคและการควบคุมดูแล

2. การสร้างต้นแบบ ทดลองปฏิบัติและเก็บข้อมูล

- 1) ทบทวนและเลือกรูปแบบการกำจัดขยะเศษอาหาร วางแผนดำเนินงานและออกแบบการทดลอง
- 2) เตรียมพื้นที่วิจัย วัสดุและอุปกรณ์ โดยสร้างต้นแบบจำนวน 3 รูปแบบ ใช้วัสดุโครงสร้างของแต่ละบ่อต่างกัน แต่มีส่วนผสมของวัสดุทดลองภายในบ่อหมักมีลักษณะเหมือนกันเพื่อนำขยะเศษอาหารมาเติมในแต่ละบ่อหมัก ติดตามและประเมินผลการเปลี่ยนแปลงเป็นระยะ ๆ
- 3) เตรียมแบบบันทึกข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกชนิดและปริมาณขยะเศษอาหาร แบบประเมินค่าการลงทุนต่อชุดต้นแบบการทดลองและแบบประเมินความเหมาะสมทางเทคนิคและการควบคุมดูแล
- 4) นำต้นแบบการกำจัดขยะเศษอาหารที่ได้เลือกไปทดลองปฏิบัติและเก็บข้อมูล
- 5) ประชุมทีมวิจัยและผู้เกี่ยวข้องเพื่อประเมินผลและรับฟังความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะต่อรูปแบบที่ได้ทดลองปฏิบัติ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงปริมาณวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพใช้วิธีวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัย

การเตรียมแปลงทดลองไว้ 3 แห่ง โดยแต่ละแห่งมีการใช้วัสดุโครงสร้างที่ต่างกันไปโดยวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมภายในบ่อหมักมีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือ วัสดุอินทรีย์: มูลสัตว์: แกลบดำ: ดิน (3:1:1:1) และนำขยะเศษอาหารมาเทในถังรองรับแล้วหมักทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 90 วัน เพื่อให้วัสดุอินทรีย์เกิดการหมักและเน่าเปื่อยย่อยสลาย หลังจากนั้นได้พลิกกลับดินในแต่ละบ่อเพื่อเตรียมแปลงสำหรับปลูกพืชผักชนิดต่าง ๆ พร้อมเก็บข้อมูลและประเมินผล สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการเก็บข้อมูลและประเมินผล

รูปแบบแปลงทดลอง	ผลการประเมินความเหมาะสมทางเทคนิคและควบคุมดูแล	ข้อจำกัด
ตัวแบบที่ 1 บ่อหมักบล็อกประสานแบบโค้ง (ทรงกลม) ขนาด: เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร สูง 0.8 เมตร ปริมาตร 2.5 ลบ.ม. 	-สภาพบ่อหมักมีขนาดพอเหมาะกับปริมาณวัสดุอินทรีย์ วัสดุโครงสร้างแข็งแรงทนทาน อายุการใช้งานเหมาะสมที่สุด แต่ราคาอาจแพงกว่าวัสดุอื่น -การใช้งานสามารถใช้ได้สะดวกง่ายในการทำ เป็นประโยชน์และมีความสวยงามมากที่สุด -ปัญหาสิ่งแวดล้อมมีน้อย แต่มีกลิ่นจากบ่อรองรับเศษอาหาร มีหอยและมดที่มากินเศษอาหาร	- ในช่วงที่ผักเจริญเติบโตแล้วพบว่ามีเพลี้ยและแมลงอื่น ๆ มารบกวน
ราคาวัสดุโครงสร้าง: จำนวน 210 ก้อน 2,100 บาท		

รูปแบบแปลงทดลอง	ผลการประเมินความเหมาะสมทางเทคนิคและควบคุมดูแล	ข้อจำกัด
ตัวแบบที่ 2 บ่อหมักไม้ไผ่ (ทรงกลม) ขนาด: เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เมตร สูง 0.6 เมตร ปริมาตร 2.9 ลบ.ม.  ราคาวัสดุโครงสร้าง: ไม้ไผ่ จำนวน 3 ลำ 150 บาท	-สภาพบ่อหมักมีขนาดใหญ่เกินไป วัสดุโครงสร้างหาได้ง่ายในชุมชนแต่ไม่ค่อยแข็งแรงทนทาน อายุการใช้งานสั้น ราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับวัสดุอื่น แต่ต้องเลือกใช้ไม้ไผ่ที่แก่จัดเพื่อป้องกันมอด -การใช้งานสะดวก ง่ายในการทำสวยงามและเป็นประโยชน์ -ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่พบคือกลิ่นของขยะเศษอาหารในถังรองรับ มีมดและมอดที่มีกีดกันไม้ไผ่	-ควรเพิ่มวัสดุอินทรีย์เป็นส่วนผสมในการหมักปุ๋ยเช่น แกลบดิบเพื่อเพิ่มความพรุนของดินในแปลงที่จะปลูกผัก
ตัวแบบที่ 3 บ่อหมักไม้ท่อน (ทรงกลม) ขนาด: เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร สูง 0.6 เมตร ปริมาตร 4.2 ลบ.ม.  ราคาวัสดุโครงสร้าง: ใช้เศษท่อนไม้ที่มีอยู่แล้วมาตัดแต่ง ไม่มีค่าใช้จ่าย	-สภาพบ่อหมักมีขนาดเหมาะสม การเลือกใช้วัสดุโครงสร้างมีความแข็งแรง ทนทาน เป็นการใช้เศษไม้ที่มีอยู่แล้วให้เกิดประโยชน์ -การใช้งานมีความสะดวก ง่ายในการทำ สวยงาม และเป็นประโยชน์ มีความเหมาะสมมากที่สุด -ปัญหาสิ่งแวดล้อมคือมีกลิ่นและน้ำเสียที่เกิดขึ้นแต่ปริมาณน้อยมาก ไม่มีแมลงและสัตว์มารบกวน	-ปริมาณขยะเศษอาหารที่นำมาใส่น้อยเกินไป

สำหรับการประเมินค่าการลงทุนต่อชุดต้นแบบการกำจัดขยะเศษอาหารพบว่าการใช้เศษท่อนไม้ที่มีอยู่แล้วมาตัดแต่งแล้วนำมาจัดเรียงเป็นโครงสร้างของบ่อหมัก ไม่มีค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อวัสดุแต่ต้องใช้แรงงาน เวลาและเครื่องมือในการตัดแต่งมากกว่ารูปแบบอื่น ๆ ส่วนการใช้ไม้ไผ่เป็นโครงสร้างบ่อหมักจะมีราคาถูกมากเพียง 150 บาท/ชุด ขึ้นอยู่กับราคาไม้ไผ่ที่สามารถจัดหาได้แต่ในระยะยาวพบว่าโครงสร้างไม้ทนทานต่อการผุกร่อนและมีมอดไม้มากัดแทะ ส่วนโครงสร้างที่ทำด้วยบล็อกประสานแบบโค้งและนำมาจัดวางเป็นบ่อทรงกลมนั้นราคาวัสดุมีราคาแพงเฉลี่ย 2,100 บาท/ชุด ขึ้นอยู่กับขนาดของบ่อหมักที่ต้องการ แต่ในระยะยาวการใช้งานนั้นสามารถนำกลับมาใช้แบบหมุนเวียนได้เป็นเวลานานกว่าวัสดุโครงสร้างแบบอื่น

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการนำรูปแบบในการกำจัดขยะเศษอาหารด้วยวิธีการหมักทำปุ๋ยพร้อมปลูกผัก จำนวน 3 รูปแบบ ที่มีขนาดของบ่อใกล้เคียงกันมาพัฒนาและทดลองโดยใช้วัสดุอินทรีย์ในสัดส่วนที่เหมือนกัน ทดลองปฏิบัติและติดตามผลการหมักย่อยสลายเป็นเวลา 90 วัน พร้อมปลูกผักในแปลงทดลองนั้นสามารถนำขยะเศษอาหารมากำจัดได้ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.98-2.9 กิโลกรัม/วัน

จากการประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง จำนวน 31 คน ส่วนใหญ่เห็นด้วยกับวิธีการกำจัดขยะเศษอาหารที่เกิดขึ้นโดยร้อยละ 51.6 ได้เลือกตัวแบบที่ 1 ใช้วัสดุโครงสร้างที่เป็นบล็อกประสานแบบโค้ง จำนวน 210 ก้อนนำมาจัดเรียงกันให้เป็นโครงสร้างทรงกลม ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร สูง 0.8 เมตร ปริมาตร 2.5 ลบ.ม. และขนาด

บ่อรองรับเศษอาหาร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 เมตร สูง 0.5 เมตร ปริมาตร 0.08 ลบ.ม. โดยโครงสร้างที่ทำด้วยบล็อกประสาน จะมีความแข็งแรง คงทนและมีความสวยงาม การดูแลรักษาง่าย สภาพการเจริญเติบโตของพืชผักที่นำมาปลูกจะสามารถ กระจายไปได้ดีกว่ารูปแบบอื่น ๆ

จากผลการเลือกตัวแบบของวิธีการทำปุ๋ยหมักพร้อมปลูกผักที่เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดขยะเศษอาหารมากที่สุดคือตัวแบบที่ 1 ซึ่งเป็นแบบที่ใช้โครงสร้างของบ่อหมักด้วยบล็อกประสานโค้งที่นำมาจัดเรียงกันให้เป็นบ่อทรงกลม เนื่องจากทำได้ง่าย มีความสวยงาม แข็งแรงทนทาน ใช้พื้นที่ไม่มากสามารถที่จะดูแลได้สะดวก หากนำไปใช้จริงในชุมชน ก็อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดปัญหาการทิ้งขยะเศษอาหารรวมกับขยะทั่วไปและเป็นการนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ แต่อย่างไรก็ตามวัสดุโครงสร้างของบ่อหมักอาจมีราคาค่อนข้างแพงกว่าการใช้วัสดุชนิดอื่น ๆ และในระหว่างที่นำขยะเศษอาหารมาทิ้งในบ่อรองรับจะเกิดกระบวนการหมักย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นส่งผลให้เกิดกลิ่นเหม็นจึงจำเป็นต้องเพิ่มเติมแนวทางในการควบคุมการเกิดกลิ่น ซึ่งการหมักสารอินทรีย์นั้นมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการหมักและเป็นสาเหตุก่อให้เกิดกลิ่นจากก๊าซชนิดต่าง ๆ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย มีเทน เป็นต้น หากมีระบบการระบายอากาศที่ดีหรือให้มีการไหลเวียนภายในถังได้ก็จะช่วยลดปัญหาเหล่านี้ได้ (Elwell et al., 2001; Li et al., 2017) หรือการนำน้ำหมักชีวภาพมาราดในบ่อก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งเพื่อลดกลิ่นเหม็นได้ (Kim et al., 2016) นอกจากนั้น ในระหว่างการหมักปุ๋ยและปลูกผักควรมีการควบคุมแมลงวันหรือแมลงชนิดอื่น ๆ ที่มารบกวนและพืชที่นำมาปลูกโดยควรมีการหมุนเวียนพืชผักหลาย ๆ ชนิด และอาจต้องใช้พืชที่มีคุณสมบัติป้องกันแมลงที่มารบกวนได้ เช่น ข่า ตะไคร้ สะระแหน่ โหระพา เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ ควรนำไปประยุกต์ใช้จริงในครัวเรือนหรือชุมชน ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดการทิ้งขยะเศษอาหารจากครัวเรือนที่ต้องทิ้งรวมกับขยะทั่วไปหรือการนำขยะเศษอาหารไปทำปุ๋ยหมักเพื่อให้ได้สารอาหารที่เป็นประโยชน์กับพืชผักต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป 1) ควรศึกษาและออกแบบบ่อหมักให้สามารถลดปัญหาการเกิดกลิ่นและแมลงวันมารบกวนและการซึมผ่านของสารอาหารให้เหมาะสมกับสมรรถนะของรากพืชผักที่นำมาปลูก และ 2) ในบ่อรองรับเศษอาหารน้ำจะแห้งทำให้เกิดราดำซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ดีต่อพืช จึงควรศึกษาเพิ่มเติมโดยอาจให้มีการรดเศษอาหารที่มีขนาดใหญ่ ออกก่อนเพื่อให้เกิดกระบวนการหมักที่สมบูรณ์ที่สุด

ข้อจำกัดในการวิจัย ในช่วงระหว่างการทดลองเป็นช่วงฤดูฝน ทำให้มีความชื้นค่อนข้างมาก การหมักอาจเกิดได้ช้า และปริมาณขยะเศษอาหารที่เกิดขึ้นในแต่ละหน่วยงานมีปริมาณน้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนบุคลากรที่มาปฏิบัติงานในแต่ละวัน รวมถึงวัสดุอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้เป็นส่วนผสมจำเป็นต้องใช้เวลาในการรวบรวมให้ได้ปริมาณที่เพียงพอ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยสถาบัน และขอบคุณบุคลากรสำนักงานบริหารกายภาพ และสิ่งแวดล้อมที่ได้ให้ความร่วมมือลงมือปฏิบัติการจนเสร็จสิ้น

เอกสารอ้างอิง

Allen, M. (2018). *Keyhole Gardens as the Key to Environmental Sustainability and Access to Fresh Produce in Samoa: A Case Study of an Organic Keyhole Farm* [Independent Study Project, University of the South Pacific, Alafua Campus, Samoa].

- Arias, S., Bissett, E., Carney, C., Garcia, A., Dao, L. and Malik, Z. (2013). *Keyhole Garden a la Tica: Organic and Sustainable* (Research report). University of South Florida.
- Elwell, D. L., Keener, H. M., Wiles, M. C., Borger, D. C. and Willett, L. B. (2001). Odorous emissions and odor control in composting swine manure/sawdust mixes using continuous and intermittent aeration. *Transactions of the ASAE*, 44(5), 1307.
- Kadir, A. A., Azhari, N. W. and Jamaludin, S. N. (2016). An overview of organic waste in composting. *MATEC Web of Conferences*, 47, 05025-p1-6.
- Kim, H. N., Yim, B. and Kim, S. T. (2016). Effect of reducing the odor of food wastes using Effective Microorganism (EM). *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 38(4), 162-168. <https://doi.org/10.4491/KSEE.2016.38.4.162>.
- Li, Y., Yuan, J., Li, G., Zhang, D., Guo-Ying, W., Bang-Xi, Z. and Gong, X. (2017). Use of additive to control odors and promote maturity of municipal kitchen waste during aerobic composting. *China Environmental Science*, 37(3), 1031-1039.
- Mohan, S. V., Hemalatha, M., Amulya, K., Velvizhi, G., Chiranjeevi, P., Sarkar, O., Kumar, A. N., Krishna, K. V., Modestra, J. A., Dahiya, S., Yeruva, D. K., Butti, S. K., Sravan, J. S., Chatterjee, S. and Kona, R. (2020). Decentralized urban farming through keyhole garden: a case study with circular economy and regenerative perspective. *Materials Circular Economy*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s42824-020-00011-1>.
- Teshome, B. and Amza, J. (2017). Evaluating methods of composting on date of maturity and quality of compost in Assosa, Western Ethiopia. *International Journal of Waste Resources*, 7(4), <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000310>.