การใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพถังกำจัดเศษอาหารสำหรับการหมักขยะเศษอาหารจากครัวเรือน

USING HEAT FROM SOLAR RADIATION TO ENHANCE THE EFFICIENCY OF HOUSEHOLD COMPOSTER FOR HOUSEHOLD FOOD WASTE COMPOSTING

วิภาวี มูลกำบิล นพวรรณ เสมวิมล ธนิศร์ ปัทมพิฑูร อรอนงค์ ผิวนิล*

***Wipavee Moolkambil**, Noppawan Semvimol*, Thanit Pattamapitoon, Onanong Phewnil*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Environmental Science, Faculty of Environment, Kasetsart University.

**Corresponding author, e-mail: noppawan.sem@ku.th*

***Received:** 3 March 2021; **Revised:** 10 May 2021; **Accepted:** 17 June 2021*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในการเพิ่มประสิทธิภาพของถังขยะกำจัดเศษอาหารในครัวเรือนโดยการย่อยสลายเศษอาหารให้กลายเป็นปุ๋ยหมัก โดยใช้ถังพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนขนาด 120 ลิตร วางในแนวตั้ง ด้านบนเจาะช่องเพื่อป้อนวัสดุหมัก ออกแบบให้มีทางเข้าอากาศด้านล่างเป็นท่อแนวนอน มีทางออกอากาศด้านบนถัง อัตราการไหลของอากาศ 0.35 กิโลกรัม/วัน ภายในถังติดตั้งใบกวนที่ทำจากแท่งอลูมิเนียมจำนวน 6 ชิ้น มีตะกร้าและถาดอลูมิเนียมรองรับวัสดุหมัก ที่ก้นถังเจาะรูและวางเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งเพื่อระบายน้ำชะขยะ ถังกำจัดเศษอาหารสามารถรองรับปริมาณขยะอินทรีย์ 27.65 กิโลกรัม ทดลองประสิทธิภาพโดยเติมวัสดุหมัก ปริมาณ 1,680 กรัม (เศษอาหาร 5 ส่วนร่วมกับดินนา 2 ส่วน) แบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 14 วัน โดยวางถังกำจัดเศษอาหารไว้ในที่กลางแจ้งและที่ร่ม ผลการทดลองพบว่า ถังกำจัดเศษอาหารที่วางไว้ใน 2 พื้นที่ ใช้ระยะเวลา14 วัน ในการแปรสภาพเศษอาหารในถังให้เป็นปุ๋ยหมักหลังจากหยุดการเติมเศษอาหาร รวมระยะเวลาการย่อยสลายตั้งแต่เริ่มทดลองจำนวน 28 วัน คุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้ มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 5.64 และ 8.21 ปริมาณความชื้นมีค่าร้อยละ 33.70 และร้อยละ 44.99 ค่าความเป็นกรดด่าง 8.31 และ 8.43 ค่าการนำไฟฟ้า 1.37 เดซิซีเมนต่อเมตร และ 1.60 เดซิซีเมนต่อเมตร ฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากันคือร้อยละ 0.02 และโพแทสเซียมมีค่าร้อยละ 0.17 และร้อยละ 0.15 ตามลำดับ โดยถังกำจัดเศษอาหารที่ตั้งไว้ในที่กลางแจ้งมีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ดีกว่าถังกำจัดเศษอาหารที่ตั้งไว้ในร่ม คุณสมบัติโดยรวมของผลผลิตปุ๋ยที่ได้สามารถใช้บำรุงต้นไม้ได้ แสดงให้เห็นว่าถังกำจัดเศษอาหารสามารถใช้ในการแปรสภาพเศษอาหารเป็นปุ๋ยหมักได้

คำสำคัญ: ถังกำจัดเศษอาหาร ปุ๋ยหมัก ขยะอินทรีย์ เศษอาหาร

Abstract

This research aimed to study the effect of heat from solar radiation to enhance the efficiency of the household composter by degrading household food waste into compost. The composter was using 120-liter vertically polypropylene plastic bucket. On the top, a hole was drilled to feed the composting material and designed with a horizontal air inlet below the air inlet above the tank. The airflow rate was 0.35 kg/day. The inside of the composter was set up with 6 aluminum stick stirrers, basket, and an aluminum tray was placed inside for supporting organic materials. The bottom of the composter was tilted to drain the leachate. The household composter could support 27.65 kg of organic waste. Composter Efficiency was studied by adding 1,680 g of composting materials (5 parts of food waste mixed with 2 parts of soil) continuously adding materials for 14 days by placing them in two areas; outdoor and indoor. The results showed that the household composter turned organic waste in the composter to compost after stop adding waste within 14 days, so the degradation period was 28 days. The quality of the compost product, C: N ratio was 5.64 and 8.21%. The moisture content was 33.70% and 44.99%, pH 8.31 and 8.43, electrical conductivity was 1.37 and 1.60 dS/m. Phosphorus was 0.02% equal and potassium was 0.17% and 0.15%, respectively. The outdoor had better efficiency than the indoor. The overall properties of the product can be used to feed the trees. It was shown that the household composter could be used to transform food waste into compost.

Keywords: Household Composter, Compost, Organic waste, Food waste

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวของชุมชน พฤติกรรมการบริโภคของประชาชน ทำให้อัตราการบริโภคของประชาชนเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้แนวโน้มปริมาณของขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งปริมาณของขยะมูลฝอยของประเทศไทยในปี 2562 โดยกรมควบคุมมลพิษ มีทั้งหมด 28.7 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2561 ถึงร้อยละ 3 [1] ซึ่งสัดส่วนปริมาณของขยะประเภทของขยะอินทรีย์มีมากที่สุดถึงร้อยละ 64 การจัดการขยะมูลฝอยมักเป็นวิธีการฝังกลบและการเผาในที่โล่งแจ้ง ซึ่งวิธีการทั้งสองวิธีเป็นสาเหตุของการปล่อยมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย [2] ในปัจจุบันมีการคิดค้นถังกำจัดที่สามารถเปลี่ยนเศษอาหารให้กลายเป็นปุ๋ย เพื่อส่งเสริมการใช้ภายในครัวเรือนให้มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น โดยต่างประเทศมีการคิดค้นถังกำจัดเศษอาหารที่มีรูปลักษณะที่สวยงาม และง่ายต่อการใช้งาน นอกจากนี้ในประเทศไทยกรมส่งเสริมคุณภาพและสิ่งแวดล้อมได้มีการส่งเสริมให้ใช้ถังหมักรักษ์โลก (Green Cone) รวมทั้งงานวิจัยของนคร [3] ได้ศึกษาการเติมอากาศแบบแพสซีฟที่มีรูปแบบแตกต่างกันต่อการหมักขยะอินทรีย์ในครัวเรือน วรรณกุล [4] ได้ออกแบบถังหมักขยะเศษอาหารขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน และ ตะวัน [5] ได้ศึกษาหารูปแบบทางเข้าและทางออกของอากาศที่เหมาะสมสำหรับถังหมักมูลฝอย แต่เทคโนโลยีดังกล่าวมีข้อจำกัดในการใช้งาน คือ มีการใช้วัสดุและพลังงานที่สิ้นเปลือง และที่สำคัญราคาสูง ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการปรับรูปแบบของถังให้เหมาะสมกับการใช้งานภายในครัวเรือนด้วยวิธีการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของถังกำจัดเศษอาหารจากครัวเรือนที่หมักร่วมกับดินนาให้แปรสภาพกลายเป็นปุ๋ย โดยการใช้แสงแดดเป็นตัวกระตุ้นกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ เพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการปัญหาขยะอินทรีย์ภายในครัวเรือนได้จริง เป็นการ

ประหยัดพลังงาน เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และนำประโยชน์กลับคืนในรูปของปุ๋ยหมัก ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการเกิดน้ำชะขยะและก๊าซจากหลุมฝังกลบที่เป็นพิษต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการใช้แสงแดดในการเพิ่มประสิทธิภาพของถังกำจัดเศษอาหารจากครัวเรือนที่หมักร่วมกับดินนาให้แปรสภาพกลายเป็นปุ๋ย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบถังกำจัดเศษอาหาร

ถังกำจัดเศษอาหารนี้ เป็นรูปแบบถังแนวตั้ง โดยใช้ถังโพลีโพรพิลีน ชนิด High Density Polyethylene: HDPE ขนาด 120 ลิตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร สูง 80 เซนติเมตร) ด้านบนจะเจาะช่องเพื่อป้อนวัสดุหมัก รูปแบบของท่อทางเข้า-ออกอากาศ ได้พัฒนาจากงานวิจัยของตะวัน [5] ท่อนำอากาศเข้าใช้ท่อ PVC เจาะรูจำนวน 3 ท่อ วางนอนขนานก้นถัง เพื่อนำอากาศกระจายตัวภายในถัง มีพื้นที่หน้าตัด 0.0075 ตารางเมตร ส่วนทางออกของอากาศจะอยู่ด้านบนถังมีพื้นที่หน้าตัด 0.00125 ตารางเมตร อัตราการไหลของอากาศ 0.35 กิโลกรัม/วัน ภายในถังติดตั้งใบกวนที่ทำจากแท่งอลูมิเนียมจำนวน 6 ชั้น มีตะกร้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 44 เซนติเมตร เพื่อรองรับวัสดุหมัก วางไว้บนถาดอลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ที่กันเจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร เพื่อระบายน้ำชะขยะ และให้เศษอาหารที่ย่อยสลายแล้วหล่นลงมาได้ วางเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง แล้วรองรับด้วยกรวยขนาด 10 เซนติเมตร และด้านล่างถังมีการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว เพื่อระบายน้ำชะขยะ ซึ่งถังกำจัดเศษอาหารนี้สามารถรองรับขยะอินทรีย์ได้สูงสุด 27.65 กิโลกรัม

ภาพที่ 1 ถังกำจัดเศษอาหาร (Household Composter)

2. กระบวนการหมักเศษอาหาร

วัสดุหมักที่ใช้ คือ เศษอาหารจากครัวเรือนปริมาณ 1,200 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่คำนวณเฉพาะปริมาณขยะอินทรีย์ที่ทิ้งจากครัวเรือนขนาด 2-4 คนต่อวัน เศษอาหารที่ใช้ ประกอบด้วยผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ปรุงสุก และข้าว (1,200 กรัม) อัตราส่วน 2:1:1:1 [4, 6] นำเศษผักและผลไม้ไปสับให้เป็นชิ้นเล็ก ผสมกับดินนาในอัตราส่วน 5:2 (ดินนา ปริมาณ 480 กรัม) ปริมาณวัสดุหมักรวมทั้งสิ้น 1,680 กรัม เหตุที่จำเป็นต้องใช้ดินนาร่วมในการหมักเนื่องจากดินนามีบทบาทเป็นตัวรับอิเลกตรอนที่สำคัญต่อการเร่งอัตราการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน [7] ทำการทดลองโดยวางถังกำจัดเศษอาหารวางไว้ในที่ร่มและไว้ในที่กลางแจ้ง ทำการป้อนเศษอาหารทุกวันต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 14 วัน หลังเติมเศษอาหารทำการหมุนใบกวนจำนวน 4 รอบ จากนั้นทิ้งไว้จนกว่าเศษอาหารจะแปรสภาพเป็นปุ๋ยหมัก โดยพิจารณาจากอุณหภูมิของปุ๋ยหมักที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอัตราส่วนค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ต่ำกว่า 20:1 ตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร

3. การวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยหมัก

การวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยหมักแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ วิเคราะห์วัสดุหมักก่อนใส่ถังกำจัดเศษอาหาร ระหว่างการหมัก และสิ้นสุดการหมัก ซึ่งมีการตรวจวัดอุณหภูมิ ค่าศักยภาพในการรับและให้อิเล็กตรอน (ORP) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) จะทำการตรวจวัดทุก ๆ วัน ส่วนค่าความชื้น (MC) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) และอัตราส่วนค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) จะทำการวิเคราะห์ทุก ๆ 7 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองจะนำปุ๋ยหมักที่ได้มาวิเคราะห์หาธาตุฟอสฟอรัส (Total P) และโพแทสเซียม (Total K) และเปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งรายละเอียดและวิธีการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์คุณภาพปุ๋ยหมักและวิธีวิเคราะห์

พารามิเตอร์คุณภาพปุ๋ยหมัก	**วิธีวิเคราะห์ (Method)**
1. Temperature	Thermometer
2. Moisture	Tensiometer
3. Potential of Hydrogen Ion	pH meter
4. Conductivity	Conductivity Meter
5. Oxidation Reduction Potential: ORP	Oxidation Reduction Potential Meter
6. Organic Carbon: OP	Walkley and Black Method
7. Total Nitrogen: TKN	Kjeldahl Method
8. C:N ratio	Calculation from %OC, %N
9. Total Phosphorus: P_2O_5	Spectrophotometric Molybdovanadophosphate Method
10. Total Potassium: K_2O	Atomic Absorption Spectrometer

ที่มา: วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดิน [6] และพนัส [8]

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษาครั้งนี้ใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way-ANOVA) กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ = 0.05 ในการวิเคราะห์จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window

ผลการวิจัย

1. คุณภาพของวัสดุหมัก

ขยะอินทรีย์ที่ใช้เป็นวัสดุหมักในการทดลองประกอบด้วย ได้แก่ เศษข้าว เศษเนื้อไก่ปรุงสุก เศษผัก และเปลือกกล้วยน้ำว้า อัตราส่วน 2:1:1:1 รวมน้ำหนัก 1,200 กรัม และนำไปผสมกับดินนา 480 กรัม (อัตราส่วนเศษอาหาร: ดินนา เท่ากับ 5 : 2), คุณสมบัติเริ่มต้นของวัสดุหมักแต่ละชนิดแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติเริ่มต้นของวัสดุหมักแต่ละชนิด

องค์ประกอบวัสดุหมัก	พารามิเตอร์คุณภาพปุ๋ยหมัก							
	pH	EC (dS / m)	MC (%)	OC (%)	TKN (%)	C:N ratio	P_2O_5 (%)	K_2O (%)
เศษข้าว	6.45	1.13	69.22	46.76	1.11	41.95:1	0.013	0.15
เศษเนื้อไก่ปรุงสุก	6.51	1.98	55.02	40.90	9.96	4.10:1	0.075	0.18
เศษผักกาดขาว	5.93	2.35	85.70	37.52	3.01	12.47:1	0.059	0.24
เศษผักกะหล่ำปลี	7.31	2.45	95.48	36.48	3.02	12.09	0.07	0.18
เปลือกกล้วยน้ำว้า	5.67	2.03	79.90	44.64	1.06	42.11:1	0.039	0.30
ดินนา	6.5	0.31	2.59	0.63	0.02	31.5:1	0.007	0.04

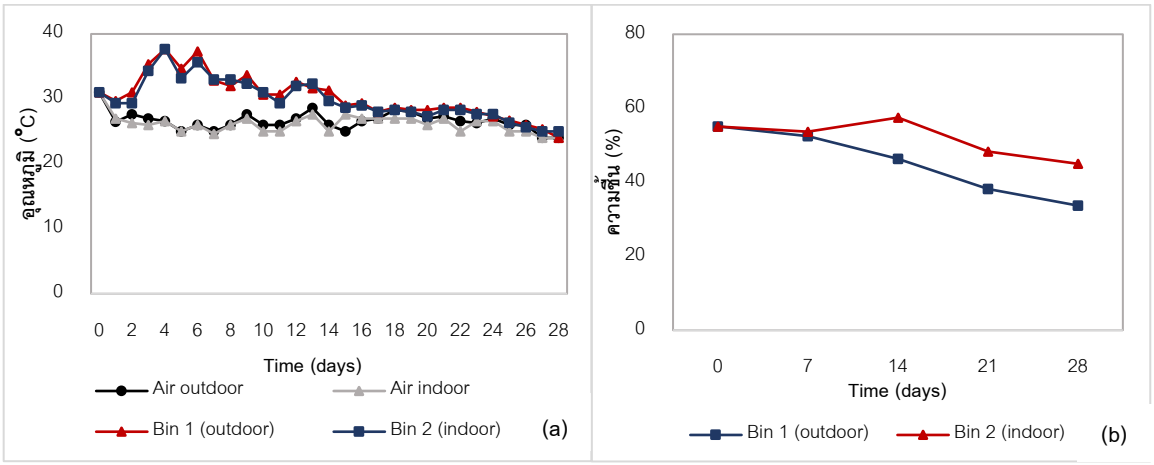
2. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพระหว่างการหมัก

2.1 อุณหภูมิและความชื้น

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยทำการวัดอุณหภูมิในตำแหน่งกึ่งกลางของวัสดุหมักจากช่องเปิดด้านบนถัง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แสดงดัง ภาพที่ 2 (a) พบว่าถังทั้งที่ตั้งกลางแจ้งและในร่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในช่วงสองสัปดาห์แรกของการหมัก (วันที่ 1-14) เพราะมีการใส่เศษอาหารต่อเนื่อง โดยอุณหภูมิสูงสุด คือ 38 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของตะวัน [5] พบว่าเมื่อมีรูปแบบของท่อทางออกอากาศที่อยู่ด้านบนถัง จะทำให้สูญเสียความร้อนจากวัสดุหมักได้มากกว่า จึงส่งผลให้อุณหภูมิภายในถังต่ำ แต่เมื่อมีการหยุดใส่เศษอาหารพบว่า อุณหภูมิภายในถังลดลงจากสองสัปดาห์แรก จนใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก จากการตรวจวัดอุณหภูมิในที่ร่มและที่กลางแจ้งพบว่าอุณหภูมิไม่มีความแตกต่างกัน จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของทั้ง 2 การทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงของความชื้น แสดงดัง ภาพที่ 2 (b) ปริมาณความชื้นเริ่มต้นมีค่าร้อยละ 55.1 ซึ่งเป็นค่าความชื้นที่เหมาะสมต่อกระบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ [9] ปริมาณความชื้นในถังที่ 2 (Bin 2-indoor) ในช่วงสองสัปดาห์แรกยังคงมีความชื้นจากการย่อยสลายของวัสดุหมักที่ใส่เป็นประจำ ประกอบกับวัสดุหมักที่ใส่ไปก่อนหน้านี้ระเหยน้ำขึ้นไปทำให้ค่าความชื้นมีค่าสูงขึ้น แต่หลังจากหยุดใส่วัสดุหมักความชื้นมีค่าลดลง [10] ซึ่งแตกต่างจากถังที่ 1 (Bin1-outdoor) ที่ปริมาณความชื้นมีการลดลงตลอดการทดลอง เนื่องจากถังกำจัดเศษอาหารตั้งอยู่ในที่กลางแจ้งมีความสามารถในการดูดความร้อนจากอุณภูมิภายนอกเข้าสู่ถังอย่างเต็มประสิทธิภาพได้มากกว่าถังกำจัดเศษอาหารที่ตั้งอยู่ในที่ร่ม ทำให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีขึ้น จึงส่งผลให้

ปริมาณความชื้นของถังที่ 1 (Bin1-outdoor) มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และปริมาณความชื้นของถังที่ 1 (Bin1-outdoor) ที่ลดลงในช่วงสองสัปดาห์แรกจะสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกของการหมักเช่นกัน [11]

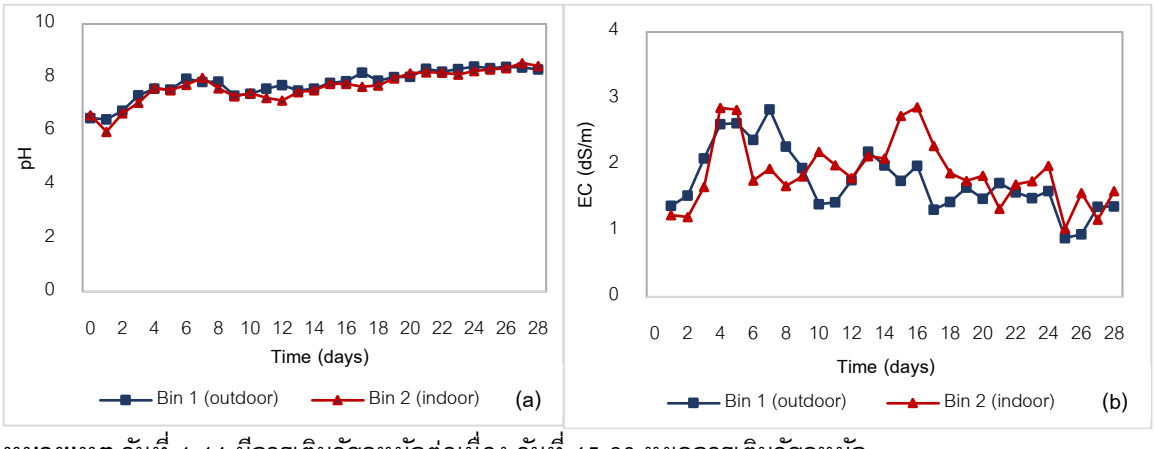


หมายเหตุ วันที่ 1-14 มีการเติมวัสดุหมักต่อเนื่อง วันที่ 15-28 หยุดการเติมวัสดุหมัก

ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก (a) อุณหภูมิ (b) ความชื้น

2.2 ค่าความเป็นกรดด่าง และค่าการนำไฟฟ้า

การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ถังที่ตั้งกลางแจ้งและในร่ม แสดงดังภาพที่ 3 (a) พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นตลอดการทดลองโดยเฉพาะในสัปดาห์แรก และลดลงมาเล็กน้อยในสัปดาห์ที่สอง หลังจากหยุดใส่วัสดุหมักค่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีนซึ่งเป็นสารประกอบของไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบหลักของวัสดุหมัก จากนั้นจะได้กรดไขมันและแอมโมเนีย (NH_3)หรือแอมโมเนียม (NH_4^+) จากการย่อยสลายของกรดอะมิโน โดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชั่น (Ammonification) และเมื่อถูกไฮโดรไลซิสจะกลายเป็น NH_3 เพราะมีการปล่อย OH^- จึงทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น [12] จนสิ้นสุดการทดลองค่า pH ของถังทั้ง 2 ใบ อยู่ในช่วง 8.0-8.5



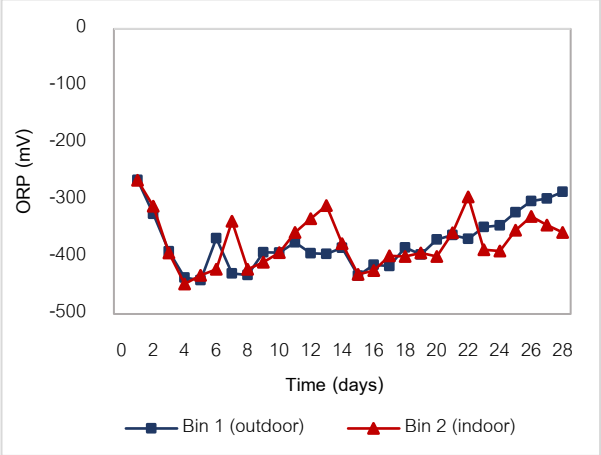
หมายเหตุ วันที่ 1-14 มีการเติมวัสดุหมักต่อเนื่อง วันที่ 15-28 หยุดการเติมวัสดุหมัก

ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก (a) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และ (b) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC)

ในส่วนค่าการนำไฟฟ้า แสดงดัง ภาพที่ 3 (b) พบว่าถังทั้ง 2 ใบ ในช่วงสองสัปดาห์แรกที่ยังมีการใส่เศษอาหารอยู่ ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเศษอาหารมีแร่ธาตุที่สามารถละลายได้ เมื่อมีการย่อยสลายจึงมีการปลดปล่อยแร่ธาตุออกมา [13] แต่เมื่อเวลาผ่านไปค่า EC ลดลง เมื่อสิ้นสุดการทดลองค่าที่ได้เมื่อนำไปใช้จะไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.3 ค่าศักยภาพในการรับและให้อิเล็กตรอน

ค่าศักยภาพในการรับและให้อิเล็กตรอนเป็นตัวชี้วัดที่แสดงถึงระดับความสามารถในการเกิดออกซิเดชันและการเกิดรีดักชัน การเปลี่ยนแปลงของค่า ORP แสดงดังภาพที่ 4 ซึ่งค่า ORP เริ่มต้นการหมักของถังทั้ง 2 การทดลองมีค่า -264.96 มิลลิโวลต์ ในช่วงสองสัปดาห์แรกที่ยังมีการใส่เศษอาหาร พบว่ามีค่า ORP เพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าค่า ORP ติดลบมากเท่าไหร่แสดงให้เห็นว่ามีการลดลงของการออกซิไดซ์และมีแนวโน้มที่จะส่งอิเล็กตรอนออกได้มากเท่านั้น และวัสดุหมักที่ย่อยสลายยากอย่างลิกนินและเซลลูโลสทำให้จุลินทรีย์ต้องใช้ระยะเวลาที่นานในการย่อยสลาย [14] จึงทำให้ค่า ORP ติดลบสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ระหว่างการหมักมีค่าเป็นด่างเมื่อค่า ORP ติดลบมากขึ้น แต่เมื่อหยุดใส่เศษอาหาร ค่า ORP ของถังใบที่ 1 (Bin 1-outdoor) มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ถังที่ 2 (Bin 2-indoor) ยังคงมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการหมักมีความซื้นที่สูงทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันจะเกิดการออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์จะส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมา [7] แสดงให้เห็นว่าความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ส่งผลต่อปฏิกิริยาการรับและให้อิเล็กตรอนในกระบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองค่า ORP ของถังที่ 1 และ 2 มีค่า -285.41 มิลลิโวลต์ และ -356.77 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ



หมายเหตุ วันที่ 1-14 มีการเติมวัสดุหมักต่อเนื่อง วันที่ 15-28 หยุดการเติมวัสดุหมัก

ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (ORP) ในกระบวนการหมัก

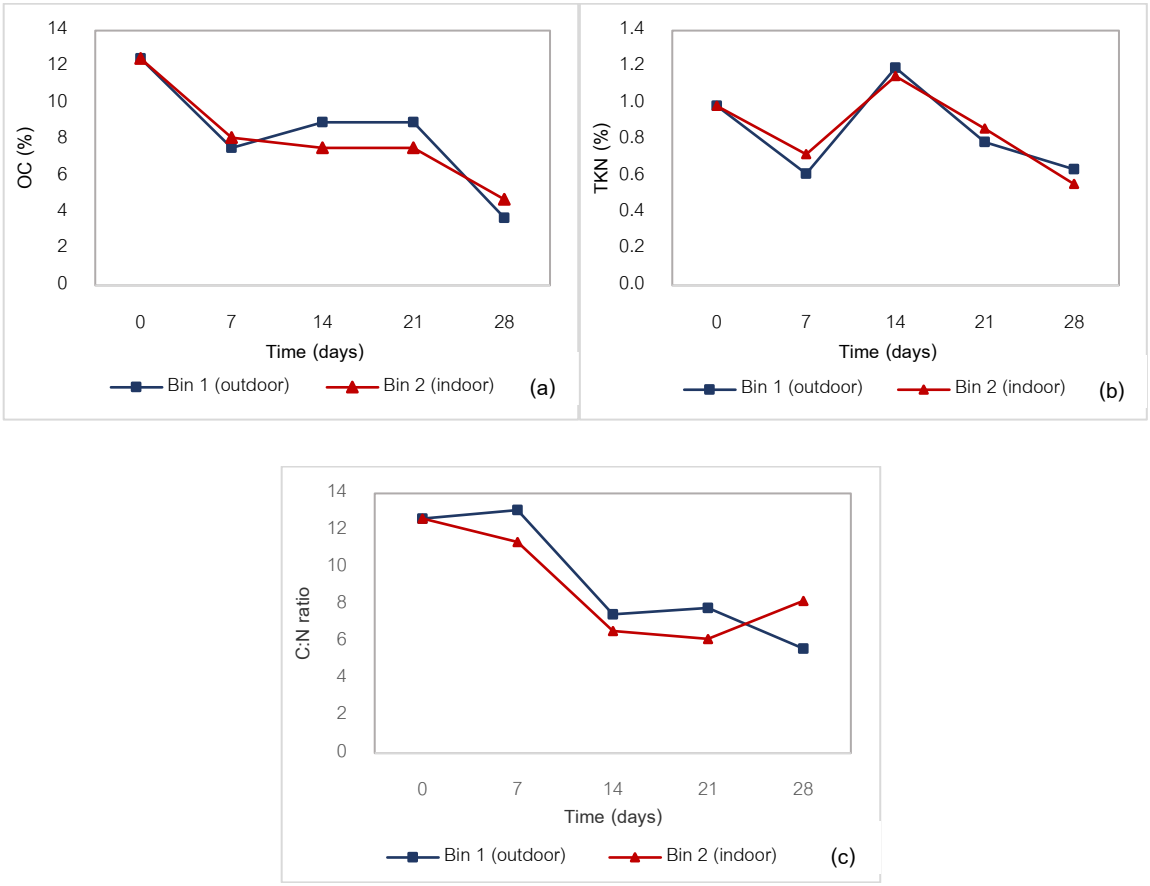
3. คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้

3.1 ปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

ปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์แสดงดัง ภาพที่ 5 ค่า OC เริ่มต้นของถังที่ตั้งกลางแจ้งและในร่มเท่ากับร้อยละ 12.65 เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 3.61 และ 4.68 ตามลำดับ ช่วงแรกที่ยังมีการใส่วัสดุหมัก พบว่าค่า OC ของทั้ง 2 การทดลองมีค่าลดลงในสัปดาห์แรก และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่สอง แต่เมื่อหยุดใส่วัสดุหมัก

(วันที่ 15-28) พบว่าค่า OC ลดลง เพราะอัตราการย่อยสลายของสารอินทรีย์และอุณหภูมิค่อย ๆ ลดลงอยู่ในช่วง Mesophilic [15] การย่อยสลายของจุลินทรีย์จะย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ [16] แต่ทั้งนี้สารอินทรีย์ที่ยังคงเหลืออยู่ คือ ลิกนินและเซลลูโลส ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากจึงทำให้ค่า OC เปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด แสดงดัง ภาพที่ 5 (b) ค่า TKN เริ่มต้นคือ ร้อยละ 0.99 ในช่วงสองสัปดาห์แรกที่มีการใส่วัสดุหมักค่าจะเพิ่มมากขึ้น ถ้าพิจารณาค่า OC มีการลดลง โดยจะสูญเสียไปอยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้ค่า TKN เพิ่มขึ้น [17] แต่เมื่อมีการหยุดใส่วัสดุหมักพบว่าค่า TKN มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งการลดลงของไนโตรเจนเกิดจากการที่จุลินทรีย์นำไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อสิ้นสุดการทดลองมี TKN เท่ากับร้อยละ 0.63 และ 0.57 ตามลำดับ โดยสอดคล้องกับค่า OC หลังจากหยุดใส่วัสดุหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับช่วงแรกที่มีการเติมวัสดุหมัก [18] ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของตะวัน [5] ที่เมื่อหยุดใส่วัสดุหมักแล้วพบว่าค่า TKN และค่า OC มีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง แสดงดังภาพที่ 5



หมายเหตุ วันที่ 1-14 มีการเติมวัสดุหมักต่อเนื่อง วันที่ 15-28 หยุดการเติมวัสดุหมัก

ภาพที่ 5 คุณภาพปุ๋ยหมักที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการ
(a) Organic Carbon (OC) and Total Nitrogen (TKN) (b) C:N ratio

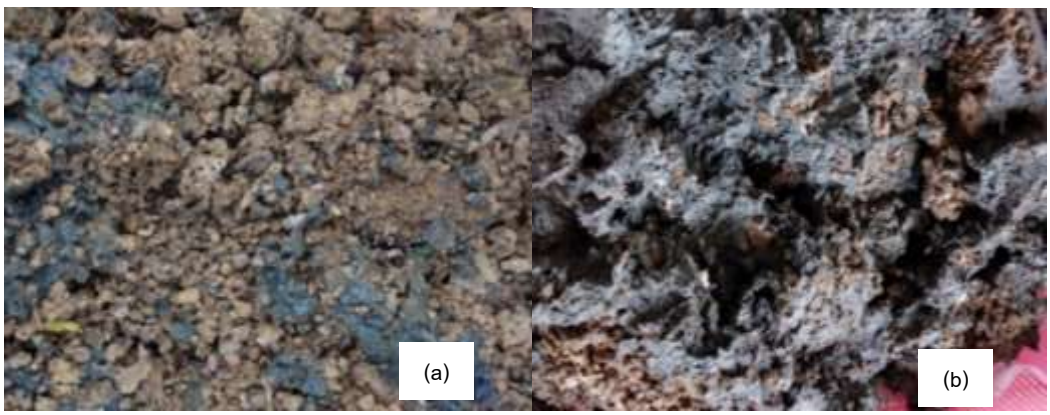
จากค่า OC และ TKN ส่งผลให้ค่า C:N ratio ของทั้ง 2 การทดลองมีแนวโน้มลดลงในช่วงแรกของการหมัก แต่หลังการหยุดเติมวัสดุหมัก พบว่า ค่า C:N ratio เพิ่มขึ้น เพราะค่า OC มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่ค่า TKN ลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากในช่วงแรกของการเริ่มต้นการหมักจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ประเภทคาร์บอนเป็นอันดับแรก แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปจุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ประเภทโปรตีนในการเจริญเติบโตและสร้างเซลล์ใหม่ จึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลดลง [19] ดังเช่นผลการทดลองของถังใบที่ 2 ในสัปดาห์ที่ 4 ที่ค่า C:N ratio มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดการทดลองค่า C:N ratio มีค่าร้อยละ 5.64 และ 8.21 ตามลำดับ

3.2 ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมัก

เมื่อสิ้นสุดการหมัก ถังที่ 1 (Bin1-outdoor) ปุ๋ยหมักที่ได้มีธาตุอาหารหลัก (N-P-K) 0.63-0.02-0.17 ถังที่ 2 (Bin2-indoor) ปุ๋ยหมักที่ได้มีธาตุอาหารหลัก (N-P-K) 0.57-0.02-0.15 พบว่าปริมาณธาตุอาหารหลักที่ได้ทั้ง 2 ถังยังคงต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตรกำหนด

3.3 ลักษณะปุ๋ย สี และกลิ่น

ลักษณะปุ๋ยที่ได้เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักในถังที่ 1 (Bin1-outdoor) ดังภาพที่ 6 (a) พบว่า มีลักษณะร่วนซุย มีการจับตัวกันเป็นก้อนบ้าง สีน้ำตาลเข้มคล้ายดิน ส่วนกลิ่นช่วงที่มีการใส่วัสดุหมักยังคงมีกลิ่นเหม็น แต่พอหยุดใส่วัสดุหมักจนสิ้นสุดกระบวนการหมักกลิ่นคล้ายดินมากขึ้น แต่ลักษณะของปุ๋ยที่ได้ของทั้ง 2 การทดลองจะมีสีเทาดำปะปนบ้าง เพราะการย่อยสลายทำให้มีการปลดปล่อยน้ำชะขยะออกมา แต่เนื่องจากเศษอาหารที่ย่อยสลายเกิดการอุดตันที่ภาชนะรองรับ ทำให้น้ำชะขยะบางส่วนไม่สามารถระบายลงสู่ท่อรวบรวมน้ำชะขยะที่ก้นถังได้ จึงทำให้เกิดการอุดตันของอากาศ ทำให้การหมุนเวียนอากาศไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้น้ำชะขยะบางส่วนเกิดการผสมกับปุ๋ยที่ได้ ทำให้ปุ๋ยมีความชื้น โดยเฉพาะถังที่ 2 (Bin2-indoor) ลักษณะปุ๋ยที่ได้มีความชื้น ไม่จับตัวเป็นก้อน ภายหลังหยุดใส่เศษอาหารแล้วพบว่าวัสดุหมักเริ่มจับตัวเป็นก้อน สีเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีสีเทาดำปะปน แต่ยังคงมีกลิ่นเหม็น เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักพบว่าวัสดุหมักมีสีน้ำตาลคล้ำขึ้นจากเดิม มีกลิ่นค่อนข้างคล้ายดิน แต่มีความชื้นสูง ดังภาพที่ 6 (b)



ภาพที่ 6 ลักษณะของปุ๋ยที่ได้ (a) ถังที่ตั้งกลางแจ้ง (b) ถังที่ตั้งในร่ม

จากการทดลองนี้พบว่า ถังกำจัดเศษอาหารสามารถแปรสภาพเศษอาหารที่หมักร่วมกับดินนาปริมาณ 20.72 กิโลกรัม กลายสภาพเป็นปุ๋ยภายในระยะเวลา 28 วัน โดยพิจารณาจากอุณหภูมิของวัสดุหมักใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก ค่า pH มีสภาพเป็นด่างและมีการเปลี่ยนแปลงต่ำ และค่า C:N ratio เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร คุณภาพปุ๋ยที่ได้จากถังกำจัดเศษอาหารเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พบว่าคุณภาพของปุ๋ยที่ได้ในภาพรวมเป็นไปตามเกณฑ์ของกรมวิชาการเกษตร และเมื่อนำไปเทียบระหว่างถังที่ตั้งไว้ใน

ที่ร่มกับกลางแจ้ง พบว่า ผลที่ได้จากทั้ง 2 การทดลองมีความแตกต่างกันที่นัยสำคัญ 0.05 โดยถังที่ตั้งไว้กลางแจ้งมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายที่ดีกว่า เนื่องจากแสงและความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ และช่วยให้ความชื้นในกองวัสดุหมักลดลง [20] รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้

ถังกำจัดเศษอาหาร	พารามิเตอร์คุณภาพปุ๋ยหมัก							
	pH	EC (dS / m)	MC (%)	OC (%)	TKN (%)	C:N ratio	P_2O_5 (%)	K_2O (%)
Bin1 (outdoor)	8.31	1.37	33.70	3.61	0.63	5.64	0.02	0.17
Bin 2 (indoor)	8.43	1.60	44.99	4.68	0.57	8.21	0.02	0.15
Compost standards	5.5 – 8.5	≤ 6	≤ 30 %	≥ 30 %	≥ 1.0 %	≤ 20 : 1	≥ 0.5	≥ 0.5
F-test	ns	*	*	*	*	*	ns	*

Remarks: มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร [19]

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเดียวกันในคอลัมน์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $p \leq 0.05$

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาผลของการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ในการเพิ่มประสิทธิภาพของถังกำจัดเศษอาหารจากครัวเรือนที่หมักร่วมกับดินนาให้แปรสภาพกลายเป็นปุ๋ย โดยใช้ถังกำจัดเศษอาหารที่ผลิตจากพลาสติกโพลีโพรพิลีนขนาด 120 ลิตร วางในแนวตั้ง มีท่อนำอากาศด้านล่างของถัง อัตราการไหลของอากาศ 0.35 กิโลกรัม/วัน สามารถรองรับปริมาณวัสดุหมักได้ 27.65 กิโลกรัม การศึกษาครั้งนี้ใช้ในเศษอาหารปริมาณ 20.72 กิโลกรัม ประกอบด้วยผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ปรุงสุก และข้าว อัตราส่วน 2:1:1:1 ผสมกับดินนา อัตราส่วน 5:2 ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 55.1 พบว่า หลังจากหยุดเติมวัสดุหมัก ถังกำจัดเศษอาหารใช้เวลาในการแปรสภาพเศษอาหารในถังให้เป็นปุ๋ยหมัก เป็นเวลา 14 วัน รวมระยะเวลาการย่อยสลายตั้งแต่เริ่มทดลองจำนวน 28 วัน โดยถังกำจัดเศษอาหารที่ตั้งไว้ในที่กลางแจ้งมีประสิทธิภาพการย่อยได้ดีกว่าถังกำจัดเศษอาหารที่ตั้งไว้ในร่ม โดยความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ทำให้ความชื้นภายในถังลดลงส่งผลต่อการกระตุ้นปฏิกิริยาการรับและให้อิเล็กตรอนจึงส่งเสริมให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายของสารอินทรีย์ดีขึ้น ดังนั้น ถังกำจัดเศษอาหารจึงเหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่กลางแจ้ง เพราะกระบวนการหมักปุ๋ยเป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนโครงสร้างจากสารอินทรีย์ให้เป็นสารอนินทรีย์ ความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของวัสดุหมัก ส่งผลให้เกิดกระบวนการการย่อยสลาย นอกจากนี้ยังช่วยให้ความชื้นของปุ๋ยหมักที่ได้มีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดของกรมวิชาการเกษตรอีกด้วย ซึ่งคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้ มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 5.82 ค่าความชื้นมีค่าร้อยละ 33.70 ค่าความเป็นกรดด่าง 8.31 ค่าการนำไฟฟ้า 1.37 เดซิซีเมนต่อเมตร

ฟอสฟอรัส ร้อยละ 0.02 และโพแทสเซียม ร้อยละ 0.17 ทั้งนี้ คุณภาพของปุ๋ยหมักในเรื่องธาตุอาหารอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามสัดส่วนของวัสดุหมัก ผลจากการใช้งานพบว่าน้ำชะขยะยังไม่สามารถระบายลงสู่ท่อรวบรวมด้านล่างได้ดีนัก จึงส่งผลให้มีความชื้นสูงกว่ามาตรฐานกำหนด การใช้ประโยชน์จึงควรนำปุ๋ยไปผึ่งในที่ร่มให้แห้งอย่างไรก็ตามคุณสมบัติโดยรวมของผลผลิตที่ได้สามารถใช้เป็นปุ๋ยหมักเพื่อปลูกต้นไม้ในครัวเรือนได้ แสดงให้เห็นว่าถังกำจัดเศษอาหารจากครัวเรือนใช้ในการแปรสภาพเศษอาหารเป็นปุ๋ยหมักได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยและอนุเคราะห์สถานที่วิจัยจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มูลนิธิชัยพัฒนา และได้รับความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ตัวอย่างจากภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

[1] Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment. (2019). *Summary report of the pollution situation in Thailand in* 2018. Mongkol Printing Limited Partnership, Bangkok.

[2] Office of the Waste Management and Hazardous Substances. (2017). *Report of the state of solid waste in Thailand 2016*. Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment. 540 pages

[3] Suriyanon, N. (2009). *Effect of Passive Aeration on Household Organic Waste Composting*. Master of Engineering in Environmental Engineering. Chiangmai University.

[4] Bumrungsali, W. (2011). *Household Composter*. Thai Institute of Chemical Engineering and Applied Chemistry International Conference 2011. 10-11 November 2011, Hatyai, Songkla.

[5] Lankongpoon, T. (2017). *Effective Air Inlet and Outlet Pattern for Passive Composting Bin*. Master of Engineering in Environmental Engineering. Prince of Songkla University.

[6] Department of Land Development. (2010). *Operation Manual Analysis of plants, fertilizers and soil amendments*. Source: https://www.ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-07.pdf, 5 October 2020.

[7] Phewnil, O., Tanthanasarit, S., and Prabuddham, P. (1999). *Seminar: Save garbage eradicate technology and wastewater treatment by plant, Development of composting technology in concrete box with some additives using soils as electron acceptor*. (pp. 746). Bangkok (Thailand): National Research Council of Thailand, Bangkok (Thailand).

[8] Pongpaladisai, P. (2010)**.** *Effect of organic fertilizer on cadmium and zinc with rice grown in contaminated soil on site at Amphoe Maesot Changwat Tak***.** Master of Science Program in Environmental Science (Interdisciplinary Program), Graduate School. Chulalongkorn University.

[9] Stentiford, E.T., (1996). Composting Control: Principle and Practice. *In de Bertoldi, M. et al., eds. The Science of Composting: Past I.* Chapman&Hall, London. pp. 49-59.

[10] Ruangthai, K. (2004). *Investigation of Optimum Supporting Material for Degradation of Biowaste by Reactor*. Master of Science (Biotechnology). Kasetsart University

[11] Hamaphat, N. (2010). *Compost bin for Household organic waste*. Master of Engineering in Environmental Engineering. Prince of Songkla University.

[12] DelLaune, P., Moore, P. Daniel, T. and Lemunyon, J. (2004, March–April). Effect of chemical and microbial amendments on ammonia volatilization from composting poultry litter. *Journal of Environmental Quality*, 33(2): 728-734.

[13] Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2015). *Land Development Handbook. For soil doctors, volunteers and farmers.* 4th edition, Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives

[14] King, P.H. and Elassen, R.E.. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. New York, McGraw-Hill.

[15] Sylla, Y.B., Kuroda, M., Yamada, M. and Matsumoto, N. (2006, October). Feasibility study of a passive aeration reactor equipped with vertical pipes for compost stabilization of cow manure. *Waste management & research*, 24(5): 456-464.

[16] Canet, R. and Pomares, F. (1995, October-November). Changes in physical, chemical and physico-chemical parameters during the composting of municipal solid wastes in two plants in Valencia. *Bioresource Technology* 51: 259-264.

[17] Kapetanios, E., Loizidou, M., and Valkanas, G. (1993, March-July). Compost production from Greek domestic refuse. *Bioresource Technology*, 168 (0): 245-251.

[18] Verasan, J., Kumlung, A., and Pluempoak, W. (2007). *Effect of Nitrogen Mineralization of Fattening Cattle Manure and Free-grazing Cattle Manure on Growth and Yield of Choy Sum Chinese Mustard*. Kamphaengsaen Academic Journal, 5(3): 19-26.

[19] Poincelot, R.P., (1975). *The biochemistry and methodology of composting.* New Haven: The Connecticut Experiment Station Bulletin. Retrieved October 1, 2020, From https://business.ct.gov/-/media/CAES/DOCUMENTS/Publications/Bulletins/B754pdf.pdf.

[20] Department of Agriculture. (2005). *Notification of Department of Agriculture: Organic Fertilizer Standard 2005*. Source: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2548/00172707.PDF. 1 October 2020.