การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารช้างร่วมกับมูลช้างและการมูลหมักด้วยวิธีการหมักแบบไร้อากาศ

Co – composting Production from Elephant Fodder with Elephant Dung and Fermented Slurry using Anaerobic Digestion.

เก่งกาจ จันทร์กวีกูล[1*] และ ฐนียา รังษีสุริยะชัย[2]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี
*Corresponding author; E-mail address: kengkad_c@mail.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารช้างร่วมกับมูลช้างและกากมูลหมักด้วยวิธีการหมักแบบไร้อากาศ โดยทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการในชุดการทดลองการหมักไร้อากาศแบบขั้นตอนเดียวที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส โดยทำการหมักในอัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ : เหง้าสับปะรด : มูลช้าง : กากมูลหมักจากกระบวนการหมักแก๊สชีวภาพ เท่ากับ 2.5 : 2.5 : 3.5 : 1.5 โดยปริมาตร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะของปุ๋ยหมักแบบไร้อากาศที่เกิดขึ้นจากการหมักปุ๋ยด้วยวัสดุผสมระหว่าง เศษหญ้าเนเปียร์ เหง้าสับปะรด กากมูลหมัก และมูลช้าง จากผลการทดลองพบว่าที่ระยะเวลาการทดลอง 45 วัน ปุ๋ยที่ได้มีลักษณะทางกายภาพคือมีลักษณะเป็นปุ๋ยของแข็งกึ่งเหลว สีน้ำตาล กลิ่นของปุ๋ยมีลักษณะเป็นกลิ่นเปรี้ยว ปัจจัยควบคุมต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5-6 ค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 70-80 และค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 50-55 องศาเซลเซียส ในส่วนของค่าธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในวันสุดท้ายของการหมัก มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.42 0.57 และ 0.035 ตามลำดับ พบว่ามีค่าที่เป็นไปตามค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร ยกเว้นโพแทสเซียมที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งผลผลิตจากการหมักนี้สามารถใช้ฟื้นฟูดินที่เสื่อมโทรมให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นได้

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมัก, เศษวัสดุอาหารช้าง, กากมูลหมัก, มูลช้าง, การหมักแบบไร้อากาศ

Abstract

This research performed to investigate the compost production from elephant fodder with elephant dung and fermented slurry using anaerobic digestion. Lab scale experiment was conducted with a one-stage anaerobic digestion by controlling the temperature at 55 °C. Raw materials were mixed at the ratio of Napier grass: pineapple stalk: elephant dung: fermented slurry from biogas digester equal to 2.5: 2.5: 3.5: 1.5 by volume. The objective of this research aims to evaluate the anaerobic compost characteristics from these materials. After the end of experiment (45 days), the results showed that the physical properties of compost were a brown semi-liquid solid and rancid odor. Control parameters as pH, moisture content, and temperature were in the range of 5 – 6, 70 – 80 %, and 50 – 55 °C, respectively. For the important nutrients as nitrogen, phosphorus, and potassium at the end of experiment were 0.42 %, 0.57 %, 0.035 % respectively. They meet the requirement of Department of Agriculture standard except for potassium which is lower than the standard. This product can be used as soil amendment for soil rehabilitation.

Keywords: Compost, Elephant fodder, Fermented slurry, Elephant dung, Anaerobic digestion

1. คำนำ

ประเทศไทยในปัจจุบันถือเป็นเป็นประเทศที่มีพื้นในการทำการเกษตรขนาดใหญ่โดยคิดจากสถิติการใช้พื้นที่ในการเกษตรและการส่งออกสินค้าทางการเกษตรประจำปี 2562 มีการใช้พื้นที่ทำการเกษตรมากถึง 149,244,274 ไร่ และมีการส่งออกสินค้าทางการเกษตรจากสินค้าทั้งหมดอยู่ที่ร้อยละ 14.15 ในการทำการเกษตรนั้น เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีเพื่อช่วยให้พืชผลทางการเกษตรเจริญงอกงามดีและมีผลผลิตสูงด้วยระยะเวลาที่สั้น ทำให้มีการใช้สารเคมีในการเพาะปลูกในปริมาณมาก[1] จากการใช้สารเคมีดังกล่าวส่งผลให้เกิดปัญหาทางด้านมลพิษจากสารเคมีที่ใช้ในการเพาะปลูกจากการประเมินความเสี่ยงในการใช้สารเคมีทางเกษตรก่อให้เกิดผลกระทบ 3 ด้าน 1) ผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ใช้โดยตรง 2) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งทางอากาศ ทางบก และทางน้ำ และ 3) ผลกระทบต่อสังคมและชุมชน[2]

นอกจากปัญหาเกี่ยวกับมลพิษจากสารเคมีในการทำการเกษตรนั้น การทำการเกษตรยังส่งผลให้มีปัญหาขยะทางการเกษตรด้วยเช่นกัน จากสถิติการสำรวจพบว่าในปี 2561 มีปริมาณขยะอินทรีย์จากการเกษตรและครัวเรือนอยู่ที่ร้อยละ 34 หรือประมาณ 9 ล้านตันจากปริมาณขยะทั้งหมด ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2560 อยู่ที่ร้อยละ 13 และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต[3] จึงเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างยิ่งทั้งในระดับชุมชน ประเทศ ไปจนถึงระดับโลกในการจัดการกับขยะที่เกิดขึ้น การนำของเสียหรือขยะเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมและช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับขยะเหล่านี้ โดยมีหลายวิธีการด้วยกัน เช่น การหมักแก๊สชีวภาพ การนำไปเป็นเชื้อเพลิง และการทำปุ๋ย เป็นต้น โดยการทำปุ๋ยนั้นเป็นวิธีการที่ง่ายและสามารถลดปริมาณขยะได้เป็นจำนวนมาก รวมถึงขยะส่วนมากเป็นวัสดุอินทรีย์ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ทั้งจุลินทรีย์แบบใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ[4] การย่อยสลายแบบใช้อากาศสามารถเปลี่ยนวัสดุอินทรีย์กลายเป็นปุ๋ยหมัก(ฮิวมัส) โดยจุลินทรีย์จะอาศัยออกซิเจนในการย่อยสลาย[5] แต่ก็ยังประสบปัญหาของการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแบบแอมโมเนียจากการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์[6] ที่หายไประหว่างการหมักซึ่งอาจทำให้เกิดความไม่สมบูรณ์แก่ปุ๋ย[7] ซึ่งต่างจากการย่อยสลายแบบไม่ใช่อากาศเนื่องจากเป็นระบบปิดการหมุนเวียนของก๊าซไนโตรเจนจึงเกิดขึ้นภายในระบบ ไม่เพียงแต่จะช่วยรักษาสภาพของไนโตรเจนในปุ๋ยได้ถึงร้อยละ 70 แต่ยังช่วยลดการปลดปล่อยแอมโมเนียไนโตรเจนที่ออกไปสู่อากาศได้ถึงร้อยละ 90[8] นอกจากนี้การย่อยสลายแบบไม่ใช่อากาศยังช่วยในเรื่องการเพิ่มแร่ธาตุไนโตรเจนที่มีประโยชน์ต่อพืชที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับการย่อยสลายแบบใช้อากาศ[9] นอกจากปุ๋ยที่ได้แล้วการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศยังมีผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซชีวภาพที่สามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย[10]

การทำปุ๋ยหมักแบบไม่ใช้อากาศนั้นจำเป็นต้องมีแหล่งจุลินทรีย์ที่เหมาะสม รวมถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักจะต้องมีความเหมาะสมในการทำปฏิกิริยาจึงจะทำให้เกิดการหมักที่สมบูรณ์และรวดเร็วขึ้น ซึ่งอุณหภูมิในการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศโดยทั่วจะอยู่ที่ 50 – 60 องศาเซลเซียส[11] จุลินทรีย์ที่ดีในการหมักจะพบได้ในมูลสัตว์เป็นหลักซึ่งมูลสัตว์ที่นิยมนำมาใช้มากจากมูลสุกร มูลวัว และมูลไก่[12] [13] [14] อย่างไรก็ตามในเขตพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาได้มีสถานที่เลี้ยงช้างขนาดใหญ่ซึ่งมีช้างประมาณ 70 เชือก ในแต่ละวันช้างจะบริโภคอาหารวันละ 200 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 5-10 ของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อเชือก ช้างจะถ่ายมูลวันละ 15 – 20 ครั้ง ครั้งละประมาณ 5-8 ก้อน น้ำหนักมูลช้างอยู่ที่ 1-2.5 กิโลกรัม โดยในแต่ละวันจะมีมูลช้าง 150 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน (มูลนิธิช้างแห่งประเทศไทย,2553) ทำให้มีมูลช้างเป็นปริมาณมากที่ก่อให้เกิดปัญหาขยะซึ่งรวมไปถึงเศษอาหารช้างซึ่งเป็นวัสดุทางการเกษตร เช่น สับปะรด หญ้าเนเปียร์ เป็นต้น

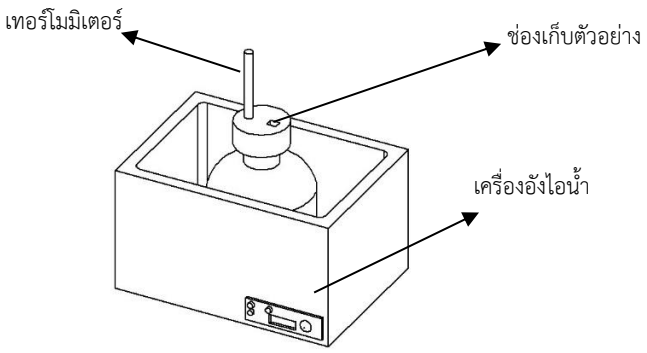
ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารช้างร่วมกับมูลช้างและกากมูลหมักจากการผลิตแก๊สชีวภาพด้วยวิธีการหมักแบบไร้อากาศ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาคุณลักษณะปุ๋ยหมักเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งผลผลิตที่ได้จะช่วยในการลดการใช้สารเคมี และการนำของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์แก่เกษตรกร

2. อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

2.1 อุปกรณ์และวัสดุหมัก

วัสดุที่ใช้ในการหมักปุ๋ยแบบไร้อากาศรวบรวมมากจากหมู่บ้านช้างเพนียดหลวง อำเภอพระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา (14° 21′ 8.3046″, 100° 33′ 32.2014″) ประกอบไปด้วย 1) หญ้าเนเปียร์ที่ใช้เป็นสายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่ตัดในช่วงอายุระหว่าง 30-45 วัน ส่วนของหญ้าที่ใช้ในการหมักเป็นส่วนของใบและลำต้น 2) เหง้าสับปะรดเป็นเศษเหง้าที่เหลือจากการกินของช้างซึ่งเป็นส่วนยอดแข็งด้านบนของลูกสับปะรด 3) มูลช้างที่รวบรวมมาเป็นมูลช้างเปียก และ 4) กากมูลหมักเป็นส่วนที่เหลือในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพจากมูลช้างและเศษอาหารช้างที่สิ้นสุดการหมักแล้ว โดยทำการหมักในอัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ : เหง้าสับปะรด : มูลช้าง : กากมูลหมัก เท่ากับ 2.5 : 2.5 : 3.5 : 1.5 โดยปริมาตร

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองการหมักปุ๋ยแบบไร้อากาศทำจากขวดแก้วใส ขนาด 1 ลิตร มีฝาปิด โดยทำการเจาะช่องที่ส่วนฝา จำนวน 2 ช่อง ประกอบไปด้วย 1) ช่องสำหรับติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์รัศมีขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร 2) ช่องสำหรับเก็บตัวอย่างวัสดุหมัก ขนาดประมาณ 1 × 1 เซนติเมตร โดยควบคุมอุณหภูมิเครื่องอังไอน้ำตามที่แสดงดังรูปที่ 1 ก่อนการหมักทำการเช็คความพร้อมของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เรียบร้อย เมื่อเริ่มต้นการหมักปุ๋ย ได้ทำการวัดอุณหภูมิภายในขวดหมักและภายนอกขวดหมักโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ขวดหมักแล้วปิดฝาให้สนิทเพื่อไม่ให้อากาศเข้า รวมถึงการควบคุมอุณหภูมิผ่านเครื่องอังไอน้ำที่ 55 องศาเซลเซียสตลอด 24 ชั่วโมง ระยะเวลาในการหมักจะอยู่ที่ 45 วัน



รูปที่1 ชุดหมักปุ๋ยแบบไร้อากาศ

2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารช้างร่วมกับมูลช้างและกากมูลหมักด้วยวิธีการหมักแบบไร้อากาศได้ทำการรวบรวมวัสดุหมักทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ เหง้าสับปะรด มูลช้าง และกากมูลหมักจากกระบวนการหมักแก๊สชีวภาพ มาทำการเตรียมวัสดุก่อนการหมักให้มีขนาดเล็กลงโดยทำการตัดหญ้าเนเปียร์ให้มีขนาดเล็กโดยร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 และทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน เหง้า

สับปะรดทำการอบเช่นเดียวกับหญ้าเนเปียร์แล้วนำมาตัดให้มีขนาดประมาณ 1-2 ซม. และนำมูลช้างและกากมูลหมักจากหมู่บ้านช้างเพนียดหลวงมาทำการผสมกับวัสดุหมักอื่นๆ โดยทำการผสมวัสดุหมักในอัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ : เหง้าสับปะรด : มูลช้าง : กากมูลหมัก เท่ากับ 2.5 : 2.5 : 3.5 : 1.5 โดยปริมาตร ก่อนการผสมวัสดุและหลังจากผสมวัสดุเรียบร้อยแล้ว ได้สุ่มตัวอย่างวัสดุหมักแต่ละชนิดไปวิเคราะห์หา ค่าคาร์บอนทั้งหมด ค่าไนโตรเจนทั้งหมด และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เมื่อนำวัสดุหมักใส่ลงในชุดการทดลอง จะดำเนินการหมักปุ๋ยด้วยระยะเวลาทั้งหมด 45 วัน ในระหว่างการหมักจะทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิทุกวัน รวมถึงวิเคราะห์หาค่าคาร์บอนทั้งหมด ไนโตรเจนทั้งหมด และความชื้นทุกสัปดาห์ หลังจากนั้นเมื่อสิ้นสุดการหมักปุ๋ยโดยกระบวนการไร้อากาศ จะเก็บตัวอย่างปุ๋ยไปสังเกตลักษณะทางกายภาพและนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะของปุ๋ยหมักไปตามมาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมวิชาการเกษตร[15]

ตารางที่ 1 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
อุณหภูมิ	วิเคราะห์โดยเครื่องเทอร์โมมิเตอร์
ค่าความชื้น	วิเคราะห์โดยวิธี Oven-drying method
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	วิเคราะห์โดยเครื่องพีเอชมิเตอร์
คาร์บอนทั้งหมด	วิเคราะห์โดยวิธี Walkley-Black method
ไนโตรเจนทั้งหมด	วิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl method
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	วิเคราะห์โดยวิธี Spectrophotometric Molybdovanadophosphate method

3. ผลการทดลอง

3.1 คุณสมบัติของวัสดุหมัก

ก่อนเริ่มการหมักได้ทำการวิเคราะห์ผลเบื้องต้นเพื่อหาค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นได้แก่ ค่าคาร์บอนทั้งหมด ค่าไนโตรเจนทั้งหมด ของวัสดุหมักโดยแต่ละชนิดจะประกอบไปด้วย หญ้าเนเปียร์ เหง้าสับปะรด มูลช้าง และกากมูลหมัก ซึ่งผลการวิเคราะห์จะแสดงในตารางที่ 2 เมื่อวัสดุหมักทั้งหมดมาผสมกันที่อัตราส่วน หญ้าเนเปียร์ : เหง้าสับปะรด : มูลช้าง : กากมูลหมัก เท่ากับ 2.5 : 2.5 : 3.5 : 1.5 โดยปริมาตร จากการสุ่มวิเคราะห์ตัวอย่างที่ผสมตามอัตราส่วนของวัสดุหมักแต่ละชนิด พบว่าได้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุหมักที่นำไปทำการหมักเท่ากับ 65.07 : 1

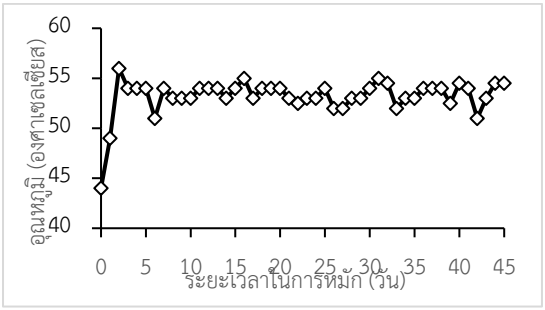
ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ของวัสดุหมักและแบบผสมก่อนการหมัก

วัสดุหมัก	คาร์บอนทั้งหมด(%)	ไนโตรเจนทั้งหมด(%)	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน
หญ้าเนเปียร์	55.17	0.43	128.3 : 1
เหง้าสับปะรด	9.83	0.43	22.86 : 1
มูลช้าง	8.15	0.36	22.02 : 1
กากมูลหมัก	9.83	0.37	27.30 : 1

3.2 ปัจจัยในการควบคุมสภาวะการหมัก (อุณหภูมิ ความชื้น และค่ากรด - ด่าง)

3.2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิในการหมักถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับการหมักปุ๋ยในสภาวะไร้อากาศ เป็นปัจจัยที่ใช้ในการควบคุมสภาวะของการหมักและใช้ในการสังเกตความผิดปกติของการหมักด้วยเช่นกัน แบคทีเรียในการหมักแบบไร้อากาศมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน โดยปกติแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนจะไม่สามารถทนอยู่ในอุณหภูมิที่ต่ำมากหรือสูงมากได้ นอกจากนี้อุณหภูมิยังบ่งบอกความเสถียรและความสามารถในการผลิตก๊าซมีเทนได้ เพราะในแต่ละช่วงอุณหภูมิจะมีแบคทีเรียคนละกลุ่มกันในการทำงาน และนอกจากนี้การศึกษาเรื่องของอุณหภูมิจะบอกช่วงของการหมักได้เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในกองปุ๋ยหมักนั้นมีผลมาจากการย่อยสลายวัสดุจากจุลินทรีย์ ในทางทฤษฎีพบว่าในช่วงอุณหภูมิที่ 50 – 60 องศาเซลเซียส จะเป็นช่วงที่จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตได้ดี และหากยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้น 60 – 70 ก็จะส่งผลให้เกิดการย่อยสลายวัสดุได้ไวขึ้น[16] ดังนั้นแนวโน้มการเปลี่ยนของอุณหภูมิในการหมักปุ๋ยนั้นมีปัจจัยมาจากหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ชนิดของวัสดุ ขนาดและของวัสดุที่ใช้ในการหมัก ชนิดของแบคทีเรีย เป็นต้น โดยในการทดลองได้ควบคุมอุณหภูมิไว้ในช่วงเทอร์โมฟิลิกโดยทำการควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 55 องศาเซลเซียส อุณหภูมิตลอดระยะเวลาการทดลองแสดงในรูปที่ 2



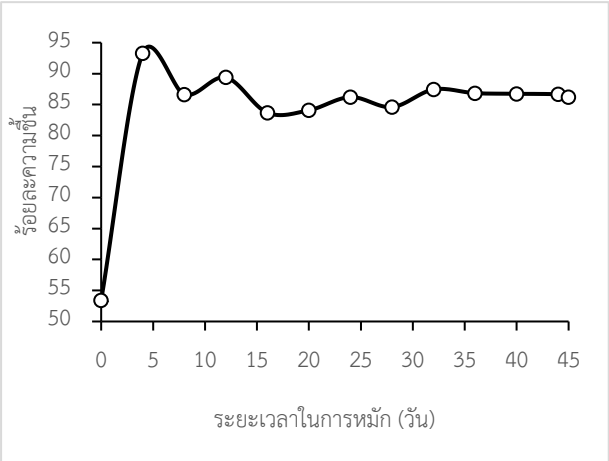
รูปที่ 2 อุณหภูมิในการหมักแบบไร้อากาศตลอดระยะเวลาการทดลอง

รูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการทดลองอยู่ในช่วง 44 – 56 องศาเซลเซียส โดยจากการหมักพบว่าอุณหภูมิที่ได้คตลอดระยะเวลาในการหมักนั้นจะมีค่าสูงที่สุดไม่เกิน 56 องศาเซลเซียส อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาในการหมักนั้นอยู่ในขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงกรด (Acid forming) ซึ่งเป็นกระบวนการในช่วงระยะของเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic phase) จะมีผลทำให้จุลินทรีย์ในระบบนั้นจะแปรสภาพวัสดุมหมักภายในขวดให้เกิดการย่อยสลายได้เร็วขึ้น[17]

3.2.2 ความชื้น

ความชื้นเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อการทำงานของจุลินทรีย์ หากมีค่าความชื้นในระบบต่ำเกินกว่าช่วงร้อยละ 8 - 12 หรือแห้งเกินไปจะส่งผลต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะหยุดการทำงานทำให้เกิดการหมักที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่าความชื้นที่เหมาะสมในการ

หมักจะอยู่ที่ช่วงร้อยละ 50 – 60 โดยค่าความชื้นตลอดระยะเวลาการทดลองแสดงในรูปที่ 3

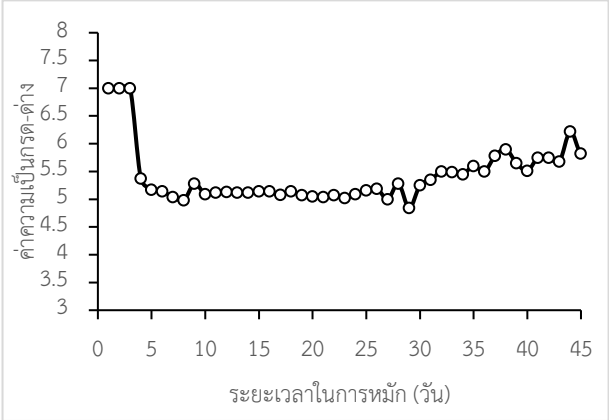


รูปที่ 3 ความชื้นในการหมักแบบไร้อากาศตลอดระยะเวลาการทดลอง

รูปที่ 3 แสดงค่าความชื้นตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าค่าความชื้นที่พบในระหว่างการหมักมีค่าที่สูงเกินกว่าร้อยละ 70 เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการหมักนั้นส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยและความหนาแน่นต่ำ โดยความชื้นที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายของวัสดุประเภทเส้นใยจะอยู่ในช่วง 80 – 85 %[18] ซึ่งเนื่องจากวัสดุที่นำมาในใช้การหมักนั้น มักจะมีความชื้นที่ค่อนข้างที่สูง[19]

3.2.3 ค่าความเป็นกรด - ด่าง

ค่าความเป็นกรดกรด – ด่าง (pH) มีความสำคัญต่อจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นอย่างมาก โดยช่วงค่า pH ที่เหมาะสมในการหมักปุ๋ยแบบไร้อากาศจะมีค่าไม่น้อยกว่า 5 และไม่สูงเกิน 9 ค่า pH ในถังหมักขึ้นอยู่กับช่วงของการหมักด้วย โดยในช่วงเริ่มต้นของการหมัก จุลินทรีย์จะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างรวดเร็ว และทำให้เกิดกรดในระบบ จึงส่งผลให้มีค่า pH ในการหมักปุ๋ยลดลงอยู่ที่ 5 – 5.5 และไม่ควรต่ำกว่า pH 5 เพราะจะทำให้จุลินทรีย์ในระบบตายและหยุดการย่อยสลายและการหมัก เมื่อเข้าสู่ระยะอุณหภูมิปานกลางจนถึงระยะอุณหภูมิสูง จุลินทรีย์ในระบบจะทำการย่อยสลายโดยใช้กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นมาเป็นแหล่งธาตุอาหารคาร์บอน จึงส่งผลให้ค่า pH ในช่วงระยะอุณหภูมิปานกลางและระยะอุณหภูมิสูงนั้น มีค่า pH ในปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นสูงถึง 8 – 9 เมื่อปุ๋ยหมักเข้าระยะสุดท้ายของการหมักค่า pH ในระบบมีค่าที่เป็นกลาง ซึ่งอยู่ระหว่าง 6.8 – 8 โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง ตลอดระยะเวลาการทดลองแสดงในรูปที่ 4



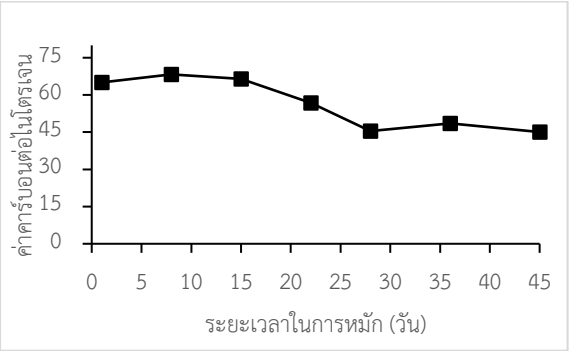
รูปที่ 4 ค่าความเป็นกรด-ด่างในการหมักแบบไร้อากาศตลอดระยะเวลาการทดลอง

รูปที่ 4 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างตลอดระยะเวลาการทดลองพบว่าในช่วงแรกของการหมักค่า pH เริ่มต้นมีค่าอยู่ที่ประมาณ 7 เนื่องจากค่าที่เป็นกลางส่งผลให้เกิดการย่อยสลายที่รวดเร็วกว่าค่าความเป็นกรดด่างที่สูง และลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 3 ของการทดลองโดยมีค่า pH อยู่ที่ 5.37 อันเนื่องมากจากวัสดุในการหมักนั้นมีส่วนผสมของเศษอาหารจากช้างที่เป็นส่วนของเหง้าสับปะรดและมีเนื้อสับปะรดติดปนมาด้วย ซึ่งสับปะรดมีความเป็นกรดและย่อยสลายได้รวดเร็วรวมถึงกากมูลหมักจากกระบวนการก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีสภาวะเหมาะสำหรับการหมักแบบไร้อากาศอยู่แล้ว จึงทำให้เกิดสภาพในการเป็นกรดได้เร็วขึ้น ในระยะเวลาการหมักจำนวน 45 วัน แนวโน้มของปุ๋ยหมักนั้นมีสภาพที่เป็นกรด จนถึงช่วงวันที่ 30 ของการทดลอง ค่า pH มีแนวโน้มสูงขึ้นและยังคงมีสภาพเป็นกรดอยู่จนกระทั่งเสร็จสิ้นการทดลอง ซึ่งอาจสรุปได้ว่ากระบวนการการทำงานของจุลินทรีย์ยังไม่สิ้นสุดการหมัก เนื่องจากกระบวนการหมักที่ใช้เป็นแบบไร้อากาศจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการหมักที่นาน และอาจมีสาเหตุมาจากวัสดุหมักที่ใช้เป็นวัสดุประเภทลิกโนเซลลูโลสที่มีโครงสร้างของผนังเซลล์ที่ซับซ้อนซึ่งมีลิกนินเป็นตัวขัดขวางการเข้าทำงานของเอนไซม์ในการย่อยสลายและการหมัก ทำให้การย่อยสลายวัสดุประเภทนี้ต้องใช้เวลาในการเข้าถึงของเอนไซม์ที่นานขึ้น ดังนั้นก่อนการหมักวัสดุประเภทนี้ควรมีการปรับสภาพก่อนจึงจะทำให้เกิดการหมักที่เร็วขึ้น

3.2.4 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีความสำคัญในกระบวนการทางชีวภาพซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมัก หากวัสดุในการหมักที่มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง จะมีผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ช้า แต่ถ้าหากอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าที่ต่ำก็จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของก๊าซแอมโมเนีย ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบ เพราะฉะนั้นจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดีนั้นจึงต้องการคาร์บอน และไนโตรเจนที่เหมาะสมในการเผาผลาญในระหว่างการหมัก ในกระบวนการหมักทางชีวภาพคาร์บอนและไนโตรเจนจะเป็นสารอาหารที่สำคัญสำหรับการสังเคราะห์โปรตีน และกรดนิวคลีอิก โดยทั่วไปค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมในการหมักจะมี

C/N ratio ที่ 20 – 30 ถือว่าเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการหมักปุ๋ย [20] แต่ในบางการทดลองนั้นพบว่าใช้ค่า C/N ratio เพียง 10 – 20 ซึ่งมีผลที่ดีต่อการย่อยสลายทางชีวภาพของคาร์บอน[21] จากผลการทดลองค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นในการหมักมีค่าประมาณ 65.07 : 1 และในช่วงสิ้นสุดการหมักในระยะเวลา 45 วัน พบว่าปุ๋ยหมักมีค่าร้อยละคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่า 45.04 : 1 ซึ่งแนวโน้มของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะการทดลองแต่ยังคงมีอัตราส่วนที่สูงกว่ามาตรฐานของปุ๋ยหมักที่ควรมีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต่ำกว่า 20:1 โดยแสดงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนระหว่างการหมักจนสิ้นสุดดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนระหว่างการหมัก

3.2.5 คุณลักษณะปุ๋ยหมัก

ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักหลังสิ้นสุดจากผ่านการหมักในระยะเวลา 45 วัน พบว่าลักณะปุ๋ยที่พบเป็นของแข็งกึ่งเหลว สีน้ำตาล กลิ่นของปุ๋ยมีลักษณะเป็นกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย และคุณลักณะทางเคมีนั้นมีค่าตามพารามิเตอร์ ดังตารางที่ 4

จากค่าธาตุอาหารในปุ๋ยร้อยละไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักหลังสิ้นสุดสามารถบ่งบอกได้ว่าปุ๋ยที่ได้นั้น ยังไม่ผ่านตามมาตรฐานปุ๋ยกรมวิชาการเกษตร เนื่องจากค่าธาตุอาหารค่าร้อยละโพแทสเซียมที่ได้ยังนั้นต่ำกว่ามาตรฐาน รวมถึงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนก็สูงกว่าค่าที่กำหนดเช่นกัน[22] อย่างไรก็ตามวัสดุหมักที่ได้นั้นสามารถใช้ในเป็นสารในการปรับปรุงดินได้เนื่องจากมีค่าอื่นๆ ที่ผ่านมาตรฐาน ซึ่งหลังจากสิ้นสุดจากการหมักพบว่ามีค่า C/N ratio ที่ได้มีค่าสูงถึง 45.04 : 1 ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วค่าอัตราส่วน C/N ratio ที่มากกว่า 30 นั้นจะอยู่ในกลุ่มของอินทรีย์วัตถุประเภทของสารคลุมดิน ซึ่งเหมาะสมต่อการรักษาหน้าดิน[23] เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการหมักนั้นเป็นพืชที่มีเส้นใย ในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศจึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการหมักที่ค่อนข้างมากจึงทำให้คุณลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยที่ได้หลังจากหมักเสร็จมีลักษณะที่ยังคงเป็นเส้นใยเนื่องจากการแปรสภาพนั้นยังไม่สมบูรณ์ดี

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ของปุ๋ยหมักหลังสิ้นสุดเมื่อเทียบกับมาตรฐานของปุ๋ยหมัก

พารามิเตอร์(ร้อยละ)	ชุดปุ๋ยหมักที่ 45 วัน	ค่ามาตรฐาน
ค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	0.42	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก
ค่าคาร์บอน(Carbon)	18.95	-
ค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	45.04 : 1	ไม่เกิน 20 : 1
ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)	0.57	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
ค่าโพแทสเซียมทั้งหมด(Total Potassium)	0.035	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
ค่าความชื้น (Moisture content)	86	ไม่เกินร้อยละ 40 – 70 โดยน้ำหนัก
ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)	5.94	5.5 - 8.5

4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารช้างร่วมกับมูลช้างและกากมูลหมักด้วยวิธีการหมักแบบไร้อากาศ เมื่อสิ้นสุดการหมักที่ 45 วัน พบว่าปุ๋ยที่ได้มีลักษณะทางกายภาพคือมีลักษณะเป็นปุ๋ยของแข็งกึ่งเหลว สีน้ำตาล กลิ่นของปุ๋ยมีลักษณะเป็นกลิ่นเปรี้ยว และผลการทดลองค่าธาตุอาหารหลังจากสิ้นสุดการหมัก มีค่าพารามิเตอร์บางตัว ได้แก่ ไนโตรเจน โพแทสเซียม อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน และความชื้น ที่ค่าไม่ผ่านมาตรฐานตามกรมวิชาการเกษตร แต่ส่วนใหญ่นั้นค่ายังอยู่ในเกณฑ์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงดินได้ และควรมีการเพิ่มวัสดุหมักชนิดอื่นที่มีค่าโพแทสเซียมสูงในการหมัก จึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นสามารถใช้เป็นปุ๋ยได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่สนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณท่านผศ.ดร.ฐนียา รังษีสุริยะชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนงานวิจัย และอุปกรณ์ในการทดลอง ตลอดจนให้คำปรึกษาในการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2562, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2562, หน้า 162 – 179.

[2] ปาริชาติ วิสุทธิสมาจารย์ และภัทรพงษ์ เกริกสกุล. “โครงการประเมินความเสี่ยงการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชภาคใต้ กรณีศึกษาตำบลบางเหรียง อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา. สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสร้างเสริมสุขภาพ(สสส.), 2553.

[3] กรมควบคุมมลพิษ, สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, พ.ศ. 2562, หน้า 35 – 38.

[4] Arun Kanti Biswas, Sunil Kumar, and S. Satheesh Babu. “Studies on environmental quality in and around municipal

solid waste dumpsite". Resources, Conservation and Recycling, 55, pp. 129 – 134, 2010.

[5] Xiaojun Wang, Songqing Pan, Zhaoji Zhang, Xiangyu Lin, Yuzhen Zhang, and Shaohua Chen. "Effects of the feeding ratio of food waste on fed – batch aerobic composting and its microbial community". Bioresource Tecnology, 2016.

[6] E. Sagoo, and J.R. Williams. "Integrated management practices to minimize losses and maximise crop nitrogen value of broller litter". Gaseous Emissions and Odours, 2007

[7] Jiahuan Tang, Xiang Li, and Wenqi Zhao. "Electric field inuces electron flow to simultaneously enhance the maturity of aerobic composting and mitigate greenhouse gas emissions". Bioresource Technology, pp. 234 - 242, 2019.

[8] G.M. Shah, G.A. Shah, J.C.J. Groot, and O.Oenema. "Effect of storage conditions on losses and crop utilization of nitrogen from solid cattle manure". The Journal of Agricultural Science, pp. 58 – 71, 2016.

[9] G.M. Shah, N. Tufail, and H.F. Bakhat. "Anaerobic fegradation of municipal organic wast among oters composting techniques improves N cycling through waste – soil – plant continuum". Journal of Soil Science and Plant Nutrition, pp. 529 – 542, 2017.

[10] Yangyang Li, Wenhai Luo, and Jiaxin Zhang. "Effects of digestion time in anaerobic digestion on subsequent digestate composting". Bioresource Technology, pp. 117 – 125, 2018.

[11] Yixuan Chu, Chengran Fang, Hua Wang, Xinkai Wu, Yijie Gu, and Ji Shu. "Effects of anaerobic composting on tetracycline degradation in swine manure". Chinese Journal of chemical engineering, 2017.

[12] G.F. Huang, J.W.C. Wong, Q.T. Wu, and B.B. Nagar. "Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust". Waste Management, pp. 805 – 813, 2004.

[13] Tanmoy Karak, Indira Sonar, and Ranjit K. Paul. "Composting of cow dung and crop residues using termite mounds as bulking agent". Bioresource Technology, pp. 731 - 741, 2014.

[14] B. Vandecasteele, B. Reubens, Kwillekens, and S. De Neve. "Composting for Increasing the Fertilizer Value of Chicken Manure: Effects of Feedstock on P Availability". Waste Biomass, pp. 491 – 503, 2014.

[15] กรมวิชาการเกษตร, กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557.

[16] Luc De Baere, and Bruno Mattheeuwes. "Anaerobic Digestion of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste in Europe". Waste Management, 2012.

[17] Long Lin, Fuqing Xu, Xumeng Ge, and Yebo Li. "Biological treatment of organic materials for energy and nutrients production: Anaerobic digestion and composting". Advances in Bioenergy, 2019.

[18] Gaur, A.C., etal, "Rôle of mesophilic fungi in composting". Pp 453 – 460, 1982.

[19] Nana O.K. Mainoo, Suzelle Barrington, and Joann K. Whalen. "Pilot – scale vermicomposting of pineapple wastes with earthworms native to Accra, Ghana". Bioresource Technology, pp. 5872 - 5875, 2009.

[20] Long Lin, Fuqing Xu, Xumeng Ge, and Yebo Li. "Biological treatment of organic materials for energy and nutrients production: Anaerobic digestion and composting". Advances in Bioenergy, 2019.

[21] D. Brown, J. Shi, and Y. Li. "Solid state anaerobic co – digestion of yard waste and food waste for biogas production". Bioresource Technology, pp. 275 – 280, 2013.

[22] กรมวิชาการเกษตร, กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557.

[23] สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์. "ใช้อินทรีย์วัตถุให้ถูกประเภท". คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, 2554.