

การทำปุ๋ยหมักจากของเสียอินทรีย์โดยใช้ถังเติมอากาศ Composting of Organic Waste Using Aeration Tank

กุลยา สาริชีวิน¹ และ ธันียา รัชชีสุริยะชัย¹

kullaya.s@en.rmutt.ac.th¹, thaneeya.r@en.rmutt.ac.th¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะสุดท้ายของปุ๋ยหมัก ที่ผลิตจากเศษอาหาร, ใบไม้แห้ง และมูลวัว โดยใช้ถังเติมอากาศ และเพื่อศึกษาความเหมาะสมของระยะเวลาการเติมอากาศ ที่จะให้ปุ๋ยหมักที่ดี โดยแปรผันการเติมอากาศที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ ดังนี้ ถังที่ 1 เติมอากาศ 24 ชั่วโมง ถังที่ 2 ไม่เติมอากาศ ถังที่ 3 เติมอากาศ 6 ชั่วโมง และไม่เติมอากาศ 6 ชั่วโมง และ ถังที่ 4 เติมอากาศ 12 ชั่วโมง และไม่เติมอากาศ 12 ชั่วโมง ถังทั้งหมดจะหมักเก็บไว้ 60 วัน ผลการทดลองแสดงว่าคุณลักษณะของปุ๋ยหมักถังที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 8.14, 6.05, 6.32 และ 6.31 ปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 42, 59, 59 และ 46 ค่าร้อยละ คาร์บอนเท่ากับ 22.76, 27.67, 24.73 และ 26.2 ค่าร้อยละไนโตรเจนเท่ากับ 1.08, 1.05, 1.1 และ 1.06 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับร้อยละ 21.09, 26.46, 22.42, และ 24.62 และค่าร้อยละฟอสฟอรัสเท่ากับ 20.0, 24.4, 30.6 และ 17.7 ตามลำดับ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ระยะเวลาการเติมอากาศมีผลต่อการย่อยสลายของปุ๋ยหมัก

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมัก, เศษอาหาร, ถังเติมอากาศ

Abstract

This research aims to study the final characteristic of composts that produced from food scraps, dry leaves and cow manure by using aeration tanks, and to study the suitable aeration period that generates the good composts. The four different aeration periods were varied: 1) tank no.1 24 hrs aeration 2) tank no.2 without aeration 3) tank no.3 6 hrs with and without aerations 4) tank no.4 12 hrs with and without aerations. All tanks were kept for composting 60 days. The experimental results showed that the characteristics of compost in the tanks no. 1, 2, 3 and 4 were as follows: pH were 8.14, 6.05, 6.32 and 6.31; the moisture content were 42, 59, 59 and 46%; the percentage of carbon were 22.76, 27.67, 24.73 and 26.2%; the percentage of nitrogen were 1.08, 1.05, 1.1 and 1.06%; C/N ratio were 21.09, 26.46, 22.42, and 24.62, and the

¹อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

percentage of phosphorus were 20.0, 24.4, 30.6 and 17.7%, respectively. The studied results indicated that the decomposition of composts were affected by the aeration period.

Keywords: compost, food scrap, aeration tank.

1. บทนำ

ประเทศไทยในปัจจุบันต้องเผชิญกับเรื่องของขยะมูลฝอย ซึ่งเป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่นับวันจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การเติบโตทางเศรษฐกิจ การขยายตัวของภาคเกษตรกรรมและครัวเรือน ทำให้ปริมาณของเสียเหลือทิ้งหรือขยะมูลฝอยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น และส่งผลกระทบต่อทำให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมตามมา เช่น ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ คุณภาพอากาศ คุณภาพดิน หรือทัศนียภาพโดยทั่วไป สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะปริมาณมูลฝอยที่มนุษย์ผลิตขึ้นมานั้น ไม่สามารถทำลายได้หมดหรือไม่สามารถทำลายได้ทันต่อเวลา กรมควบคุมมลพิษ [1] กล่าวว่า ในปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณมูลฝอยชุมชนทั่วประเทศประมาณ 15.03 ล้านตัน หรือวันละ 41,064 ตัน (ไม่รวมปริมาณมูลฝอยก่อนที่จะนำไปทิ้งในถัง) เพิ่มขึ้นจากปี 2550 ประมาณ 0.26 ล้านตัน หรือร้อยละ 1.82 ซึ่งอัตราการเกิดมูลฝอยต่อคนต่อวันเฉลี่ยทั่วประเทศอยู่ที่ประมาณ 0.64 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน โดยพบว่า ขยะมูลฝอยทั่วประเทศนั้นอันดับหนึ่งคือเศษอาหารเศษผักผลไม้ มีสัดส่วนอยู่ประมาณร้อยละ 53.49 รองลงมาได้แก่พลาสติกและโฟม ประมาณร้อยละ 20.12 และอันดับสามได้แก่ กระดาษ ประมาณร้อยละ 8.95 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเศษอาหารมีปริมาณที่มากที่สุด

แนวทางในการจัดการขยะมูลฝอยได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยจะเห็นได้ว่ามีงานวิจัย

ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนและหาวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด [2-3] โดยการจัดการขยะมูลฝอยเหล่านี้มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การนำไปฝังกลบ การเผา การกองทิ้งบนดิน เป็นต้น แต่วิธีการดังกล่าวข้างต้นนั้นอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และมีค่าใช้จ่ายในการกำจัดค่อนข้างสูง จึงอาจยังไม่เหมาะสมต่อการกำจัดขยะมูลฝอยประเภทเศษอาหารเท่าใดนัก อย่างไรก็ตามการทำปุ๋ยหมักก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถกำจัดขยะมูลฝอยที่มีสารอินทรีย์สูงได้ดี เนื่องจากเศษอาหารมีความชื้นสูงและเน่าเปื่อยได้ง่าย อีกทั้งการทำปุ๋ยหมักยังเป็นการลดปริมาณการผลิตมูลฝอยซึ่งจะต้องนำไปกำจัดและยังเป็นแนวทางในการนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีกด้วย โดยแหล่งที่มีการผลิตมูลฝอยประเภทนี้มีแหล่งใหญ่ คือ แหล่งชุมชนซึ่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีถือได้ว่าเป็นแหล่งชุมชนที่ขนาดใหญ่เช่นกัน โดยเมื่อทำการสำรวจเศษอาหารเหลือทิ้งในแต่ละวันมีเป็นจำนวนมากรวมถึงบริเวณมหาวิทยาลัยมีการปลูกต้นไม้ค่อนข้างเยอะ ทำให้มีเศษใบไม้แห้งภายในมหาวิทยาลัยที่ต้องกำจัดมากในทุก ๆ วัน ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำเศษอาหารและเศษใบไม้แห้งเหล่านี้มาทำการกำจัดโดยวิธีการหมัก เพื่อลดปริมาณเศษใบไม้แห้งและเศษอาหารที่เหลือทิ้งในรูปการแปรรูป นอกจากนี้การทำปุ๋ยหมักก็ยังช่วยลดการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร ซึ่งช่วยในการลดปัญหาในเรื่องของค่าใช้จ่ายจากการซื้อ

ปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพง และยังเป็นการส่งเสริมการทำเกษตรแบบธรรมชาติ ทำให้ไม่มีสารเคมีตกค้างอยู่ในดินและสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาช่วงเวลาเติมอากาศที่เหมาะสมในการหมักขยะจากเศษอินทรีย์วัตถุที่ได้จากครัวเรือน รวมถึงศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการทำถังหมักขยะขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือนและสถาบันการศึกษา

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

ถังที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักแบบเติมอากาศนี้เป็นถังพลาสติกแบบมีฝาปิด ขนาดความจุประมาณ 0.07 ลูกบาศก์เมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 46.50 เซนติเมตร และความสูง 46.50 เซนติเมตร) ภายในถังจะมีรูระบายให้อากาศไหลผ่านได้ โดยที่ก้นถังจะใช้ กะละมังสแตนเลส และทำการเจาะรู (เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร) จำนวน 56 รู หุ้มด้วยตาข่ายไนลอน เพื่อป้องกันเศษวัสดุที่ใช้ในการหมักหลุดลงไป ในส่วนของถังเติมอากาศ ถังหมักจะวางสูงจากพื้นดินประมาณ 25 เซนติเมตร นอกจากนี้จะทำการเติมอากาศโดยการเจาะรูเพื่อต่อท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เซนติเมตร สูงจากก้นถัง 5 เซนติเมตร โดยรอบถังทั้ง 4 ด้านเพื่อใช้สำหรับต่อสายให้อากาศเข้า และใช้สำหรับระบายก๊าซที่เกิดขึ้น ทำการเติมอากาศโดยใช้เครื่องเติมอากาศที่ใช้ในตู้ปลา โดยใช้เครื่องควบคุมเวลา (Timer switch) ในการควบคุมการเปิด-ปิดของเครื่องเติมอากาศ ส่วนด้านล่างของถังทำการเจาะช่องระบายน้ำเพื่อระบายน้ำเสียออกจากถังหมัก ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ถังปุ๋ยหมักแบบเติมอากาศที่ใช้ในการทดลอง

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

ในการศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษใบไม้ และมูลวัวโดยใช้การเติมอากาศนี้ ได้ทำการแปรเปลี่ยนระยะเวลาในการเติมอากาศ โดยการผสมเศษอาหาร เศษใบไม้ และมูลวัวด้วย อัตราส่วนโดยปริมาตรเท่ากับ 2:1:1 โดยวัสดุหมักแต่ละชนิดมีคุณลักษณะดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการหมัก

วัสดุ	C (%)	N (%)	C/N ratio	ความหนาแน่นของวัสดุ (kg/m ³)
เศษอาหาร	54.08	1.314	41.16	1, 138
เศษใบไม้	47.43	0.660	71.87	78.82
มูลวัว	22.67	1.086	20.87	772.9

ในการทดลองแบ่งการหมักปุ๋ยออกเป็น 4 ถัง ดังนี้

- ถังหมักที่ 1 มีการเติมอากาศตลอด 24 ชั่วโมง
- ถังหมักที่ 2 ไม่มีการเติมอากาศ
- ถังหมักที่ 3 มีการเติมอากาศ 6 ชั่วโมง สลับกับการหยุดเติมอากาศ 6 ชั่วโมง
- ถังหมักที่ 4 มีการเติมอากาศ 12 ชั่วโมง สลับกับการหยุดเติมอากาศ 12 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1) ทำการรวบรวมเศษอาหารจากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เพื่อใช้เป็นวัสดุหลักที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย จากนั้นทำการคัดแยกมูลฝอย ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ออกก่อนนำไปหมัก เช่น พลาสติก ยาง แก้ว โลหะต่าง ๆ

2) เตรียมเศษใบไม้ และมูลวัว โดยสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 3-5 เซนติเมตร สำหรับการผสม จากนั้นนำเศษอาหาร เศษใบไม้ และมูลวัว ไปหาค่าความหนาแน่น เพื่อคำนวณหาปริมาณของเศษอาหาร เศษใบไม้ และมูลวัว ที่ใช้ในการหมักปุ๋ย

3) ทำการผสมโดยใช้อัตราส่วนผสมของเศษอาหารต่อเศษใบไม้ต่อมูลวัว เท่ากับ 2:1:1 แยกเป็น 4 ส่วน เพื่อใส่ถังหมักแต่ละใบ

4) นำส่วนผสมเข้าถังหมัก ตรวจสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เรียบร้อย ทำการต่อสายเครื่องอากาศสำหรับถังที่ใช้เดิมอากาศ และทำการเดินเครื่อง

5) ทำการกลับกองปุ๋ยหมักสัปดาห์ละครั้ง เพื่อให้การหมักเกิดขึ้นได้ดีทั้งถัง และเก็บตัวอย่างระหว่างหมักสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยการสุ่มเก็บเป็นจุดทั้งกอง เพื่อเป็นตัวแทนตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ ซึ่งใช้น้ำหนักประมาณ 500 – 1000 กรัม แล้วนำไปใส่ถาดอะลูมิเนียม เพื่ออบในตู้อบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าความชื้น ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณของอัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อปริมาณไนโตรเจน (C/N ratio)

6) วัดอุณหภูมิของบรรยากาศรอบ ๆ กองหมัก โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งจะทำการวัดทุกวันและเมื่อสิ้นสุดการทดลองจึงสุ่มตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ได้ในแต่ละถัง นำมาเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์

หาค่าคาร์บอน, ไนโตรเจน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

2.3 วิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์วัสดุหมักและปุ๋ยหมัก เป็นไปตามคู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ ของกรมวิชาการเกษตร [4] วิธีการวิเคราะห์ปุ๋ยหมักได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยหมัก [4]

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ค่าความชื้น	Oven – drying method
ค่าความเป็นกรดต่าง	pH meter
คาร์บอนทั้งหมด	Walkley-Black method
ไนโตรเจนทั้งหมด	Kjeldahl method
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	Spectrophotometric Molybdovanadophosphate method

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ทำปุ๋ยหมักด้วยถังหมักเดิมอากาศโดยมีการหมักในถังเดิมอากาศและใช้วัสดุการหมัก ได้แก่ เศษอาหาร เศษใบไม้ และมูลวัว ในอัตราส่วนโดยปริมาตร 2 : 1 : 1 และแปรผันระยะเวลาในการเดิมอากาศทั้งหมด 4 รูปแบบ ได้แก่ ถังหมักที่ 1 มีการเดิมอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ถังหมักที่ 2 ไม่มีการเดิมอากาศ ถังหมักที่ 3 มีการเดิมอากาศ 6 ชั่วโมง สลับกับไม่เดิมอากาศ 6 ชั่วโมง และถังหมักที่ 4 มีการเดิมอากาศ 12 ชั่วโมง สลับกับไม่เดิมอากาศ 12 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังนี้

3.1 สภาพการหมักและการควบคุม

3.1.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิในถังหมักทั้ง 4 ถัง ได้เพิ่มสูงขึ้นในช่วง 10 วันแรก โดยพบว่าอุณหภูมิในถังหมัก

ที่ 1 เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 45-66 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงสำหรับการเติมอากาศแบบตลอด 24 ชั่วโมง อุณหภูมิถึงหมักที่ 2 ซึ่งไม่มีการเติมอากาศเลย อยู่ในช่วง 31-40 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ถือว่า ค่อนข้างต่ำ และใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิในถังหมักที่ 3 อยู่ในช่วง 39-60 องศาเซลเซียส และถังหมักที่ 4 วัดอุณหภูมิได้อยู่ในช่วง 39-46 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิบรรยากาศตลอดช่วงที่ทำการหมักปุ๋ยในช่วง 29-33 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในถังหมักจะเริ่มคงที่ทุกถังเมื่อระยะเวลาการหมักผ่านไปประมาณ 60 วัน โดยพบว่าในถังหมักที่ 1 อุณหภูมิในถังหมักจะเริ่มคงที่ตั้งแต่ 30 วันหลังการหมัก ถังหมักที่ 3 และ 4 อุณหภูมิในถังหมักจะเริ่มคงที่ตั้งแต่ในช่วง 35 วัน และถังหมักที่ 2 ซึ่งไม่มีการเติมอากาศ อุณหภูมิในถังหมักจะเริ่มคงที่ในช่วง 45 วันหลังการหมัก

3.1.2 ความชื้น

ในระหว่างการทดลองได้ทำการควบคุมความชื้นในถังหมักทั้ง 4 ถังให้อยู่ในช่วง 40 – 65% โดยจะพบว่าในถังหมักที่มีการเติมอากาศจะมีค่าความชื้นต่ำกว่าในถังหมักที่ไม่มีการเติมอากาศ โดยเฉพาะถังหมักที่ 1 และถังหมักที่ 4 ซึ่งมีการให้อากาศอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน จึงทำให้ความชื้นภายในถังลดลงได้เร็วและง่ายกว่าถังหมักที่ 2 และถังหมักที่ 3 ดังนั้นจึงต้องรักษาสภาพภายในถังหมักให้มีค่าความชื้นอย่างเหมาะสม โดยทุก ๆ 3 วันจะทำการเปิดถังปุ๋ยหมักและสัมผัสความชื้นของวัสดุหมักในถัง ถ้าพบว่าวัสดุหมักมีความแห้งจะพรมน้ำในถังปุ๋ยหมักให้มีความชื้นเพิ่มขึ้น โดยเมื่อใช้มือกำวัสดุหมักและบีบน้ำจะต้องไม่มีน้ำไหลออกมา ซึ่งแสดงว่าปุ๋ยหมักมีความชื้นที่เหมาะสม จะทำให้การทำงานของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายปุ๋ยหมักเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3.2 คุณลักษณะของปุ๋ยหมัก

3.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตลอดเวลาของการหมักปุ๋ย ค่าความเป็นกรด-ด่างจะต้องไม่ต่ำกว่า 5.5 และไม่เกิน 9 ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์และรา สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดี เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างอาจลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 6-8 นั้นถือว่าปุ๋ยหมักนั้นได้เกิดการหมักสมบูรณ์แล้ว และจากการทดลองทำปุ๋ยหมักที่ระยะเวลาการหมักปุ๋ย 60 วัน ได้ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของปุ๋ยหมักถึงที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่า เท่ากับ 8.14, 6.05, 6.32 และ 6.31 ตามลำดับ

ในทุกถังหมักปุ๋ยพบว่า เมื่อเริ่มต้นทดลองหมักปุ๋ย ค่าความเป็นกรด-ด่างที่วัดได้ค่อนข้างเป็นกลาง ในช่วงการหมักค่าความเป็นกรด-ด่างที่วัดได้ของทั้ง 4 ถังมีค่าอยู่ในช่วงควบคุมหรือมีช่วงเวลาที่ค่าเกิน 9 เล็กน้อย เนื่องจากกระบวนการของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ธาตุอาหารคาร์บอนและไนโตรเจน ก็ถูกนำไปใช้ในส่วนหนึ่งของกระบวนการ โดยเมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายธาตุอาหารไนโตรเจน จะทำให้เกิดแอมโมเนีย จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในกองปุ๋ยหมักปรับตัวสูงขึ้น แสดงว่าช่วงระยะเวลาการหมักนี้มีอัตราการเมตาบอลิซึมและการย่อยสลายสารอาหารของจุลินทรีย์สูง และเมื่อสิ้นสุดการหมักค่าความเป็นกรด-ด่างที่วัดได้ในถังที่ 1, 2 , 3 และถังที่ 4 มีแนวโน้มลดลงจนอยู่ในช่วงค่าที่ค่อนข้างเป็นกลาง แสดงว่ากระบวนการหมักปุ๋ยนั้นเสร็จสมบูรณ์แล้ว จะสังเกตได้ว่าลักษณะของปุ๋ยนั้น ไม่มีกลิ่นเหม็น มีกลิ่นเหมือนดิน เนื้อวัสดุหมักมีสภาพร่วนซุย ดังแสดงในรูปที่ 2

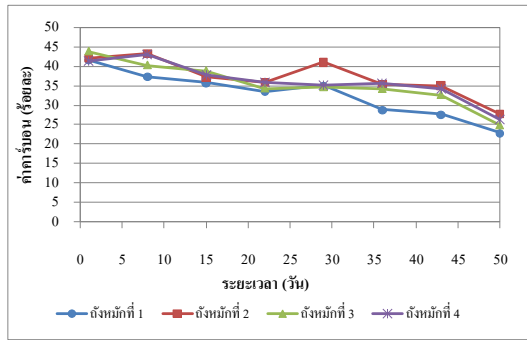


รูปที่ 2 ลักษณะของปุ๋ยหมักที่หมักเสร็จสมบูรณ์

3.2.2 ค่าร้อยละคาร์บอน

ค่าคาร์บอน กล่าวคือ เป็นปริมาณสารอาหารที่จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักมีความต้องการ โดยมีแหล่งคาร์บอนใหญ่ ๆ 2 แห่งสำหรับเซลล์จุลินทรีย์ คือ คาร์บอนอินทรีย์และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคาร์บอนเป็นส่วนประกอบหลักของเซลล์และลิกนินที่มีอยู่ในพืช และยังเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างในเซลล์สัตว์ [5]

จากการทดลองพบว่า ค่าคาร์บอนในการหมักระยะเริ่มต้นของแต่ละถังนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยในถังหมักที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับร้อยละ 41.54, 42.14, 43.79 และ 41.24 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อได้ทำการหมักปุ๋ยพบว่าค่าคาร์บอนที่วัดได้จากการหมักมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาในการหมัก และมีการย่อยสลายของเศษอาหาร เศษใบไม้ อย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นถึงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นโดยเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมักพบว่าค่าร้อยละคาร์บอนในถังที่ 1, 2, 3 และ 4 นั้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 22.76, 27.67, 24.73 และ 26.20 ตามลำดับซึ่งมีการลดลงของคาร์บอนอย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ค่าร้อยละของคาร์บอนของถังหมักต่าง ๆ

จากผลการทดลองพบว่า การแปรผันการเติมออกซิเจนในถังหมักโดยใช้ช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันนั้น มีผลทำให้อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์แตกต่างกัน โดยพบว่าในช่วง 20 วันแรกถังหมักที่ 1, 2, 3 และ 4 มีการลดลงของค่าร้อยละคาร์บอนค่อนข้างเร็ว และยังพบปรากฏการณ์นี้เกิดต่อเนื่องในถังหมักที่ 1 ในขณะที่ในถังหมักที่ 2, 3 และ 4 การลดลงของร้อยละคาร์บอนจะลดลงน้อยกว่า เนื่องจากมีการหยุดเติมอากาศเป็นช่วง ๆ จึงทำให้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพในการทำงานลดลง

3.2.3 ค่าร้อยละไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นปริมาณสารอาหารที่จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักมีความต้องการ ซึ่งใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยไนโตรเจนพบในรูปของโปรตีนและสารประกอบอื่น ๆ ที่อยู่นอกเซลล์พืช และสัตว์จะใช้ไนโตรเจนมาสร้างเป็นโปรตีนและสารพันธุกรรม ในการหมักปุ๋ยการมีไนโตรเจนมากเกินไปก็เป็นสิ่งไม่ดี เพราะอาจทำให้เกิดอันตรายต่อจุลินทรีย์ เพราะไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์อย่างมาก [5]

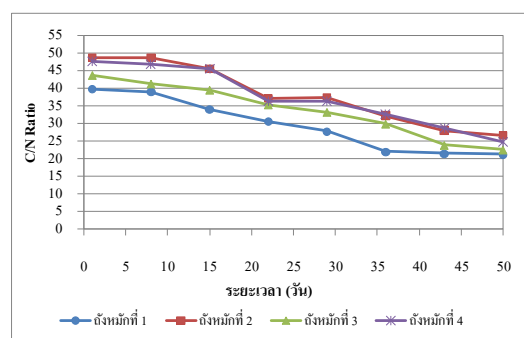
จากการทดลองพบว่า ค่าร้อยละไนโตรเจนในการหมักระยะเริ่มต้นของถังหมักที่ 1, 2, 3 และ 4 นั้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.05, 0.87, 1.01 และ 0.87 ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักปุ๋ย ค่าร้อยละไนโตรเจนในถังหมักที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.08, 1.06, 1.10 และ 1.06 ตามลำดับ โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในระหว่างการหมักมีแนวโน้มที่คล้ายกันทั้ง 4 ถัง โดยมีร้อยละของไนโตรเจนค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และหลังจากนั้นปริมาณไนโตรเจนจึงลดลง ซึ่งเป็นช่วงของการสิ้นสุดการหมัก ค่าไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลานั้นอาจเกิดจากแอมโมเนียที่เกิดขึ้นภายในถัง และอาจมาจากเซลล์จุลินทรีย์ที่มีการตรึงไนโตรเจนเข้าไปอยู่เป็นองค์ประกอบในเซลล์จุลินทรีย์

3.2.4 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเป็นปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นสารที่สำคัญสำหรับกระบวนการหมักและมีผลต่อการจำกัดอัตราการย่อยสลายของจุลินทรีย์ สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีบทบาทสำคัญในประเด็นที่ว่า เมื่อไนโตรเจนมีปริมาณต่ำซึ่งทำให้ค่า C/N มีระดับสูง จุลินทรีย์จะแก่งแย่งไนโตรเจนกันและไนโตรเจนกลายเป็นตัวจำกัดอัตราการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ดังนั้น ค่า C/N จึงเป็นดัชนีชี้บ่งอัตราเร็วของการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ และอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยสภาวะที่เหมาะสมของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในการหมักทำปุ๋ยตามทฤษฎีมีค่าอยู่ระหว่าง 25-30

ค่าดังกล่าวเหมาะสมต่อการที่แบคทีเรียจะนำคาร์บอนและไนโตรเจนไปใช้ในการสร้างเซลล์ ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงกว่าค่าดังกล่าว จะทำให้กระบวนการย่อยสลายช้าลง จึงได้นำค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไปใช้ในการพิจารณา และใช้ในการควบคุมอัตราการย่อยสลายระหว่างการหมัก [5]

จากการทดลองจะพบว่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้น ของถังหมักที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 39.60, 48.58, 43.53 และ 47.63 ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก จะพบว่าค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในทุกถังหมักมีค่าลดลง โดยในถังหมักที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงเหลือ 21.09, 26.46, 22.42 และ 24.62 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของถังหมักต่าง ๆ

จากรูปที่ 4 จะเห็นว่าในช่วง 1 – 2 สัปดาห์แรก พบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนยังมีแนวโน้มคงที่ ซึ่งการลดลงของคาร์บอนต่อไนโตรเจนยังมีไม่มาก หลังจากนั้นแนวโน้มของค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

เริ่มมีการลดลงเรื่อย ๆ ตามลำดับ โดยเฉพาะช่วงประมาณวันที่ 10 ของการหมัก เริ่มพบว่ามีเชื้อราสีขาวเกิดขึ้นในถังหมักที่ 1 และถังหมักที่ 3 และในช่วงประมาณสัปดาห์ที่ 3 ก็มีเชื้อราสีขาว เกิดขึ้นในถังหมักที่ 2 และถังหมักที่ 4 และยังพบว่า เศษอาหารที่ผสมกันในถังมีการย่อยสลายมากขึ้นโดยมีความสัมพันธ์ต่อการลดลงของอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน แสดงให้เห็นถึงการเกิดปฏิกิริยาภายในถังจากกระบวนการทำงานของจุลินทรีย์ จนเมื่อสิ้นสุดระยะการหมัก ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสุดท้ายที่ได้นั้น ในถังที่ 1 ถึงที่ 2 ถึงที่ 3 และถังที่ 4 นั้น มีค่าเกินกว่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนด ซึ่งมาตรฐานกำหนดไว้ว่าค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ต้องไม่น้อยกว่า 20 ซึ่งเกิดจากวัสดุที่ใช้ในการหมักมี

ร้อยละคาร์บอนสูง และมีค่าร้อยละของไนโตรเจนต่ำ จึงทำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง

3.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้กับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

ตารางที่ 3 แสดงค่าเปรียบเทียบคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้จากถังหมักทั้ง 4 ถัง กับค่ามาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ จะเห็นได้ว่า คุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักปุ๋ยจากทั้ง 4 ถัง จะมีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน และพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ผ่านมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ ยกเว้นค่า C/N ratio ที่ทุกถังมีค่าเกินมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการหมักปุ๋ยส่วนใหญ่มีค่าร้อยละคาร์บอนสูง แต่มีค่าร้อยละไนโตรเจนค่อนข้างต่ำ จึงทำให้ค่า C/N ratio ที่ได้ค่อนข้างสูง

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ของปุ๋ยหมักเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์

พารามิเตอร์	ถังหมักที่ 1	ถังหมักที่ 2	ถังหมักที่ 3	ถังหมักที่ 4	ค่ามาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ [6]
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	8.14	6.05	6.32	6.31	5.5 – 8.5
ค่าร้อยละฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus) (P_2O_5)	20.00	24.40	30.60	17.70	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
ค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen)	1.08	1.05	1.10	1.06	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก
ค่าคาร์บอนทั้งหมด (Total carbon)	22.76	27.67	24.73	26.20	-
C/N Ratio	21.09	26.46	22.42	24.62	ไม่เกิน 20 : 1

4. สรุปผล

จากการศึกษาการแปรผันของระยะเวลาของการเติมอากาศในถังหมักปุ๋ย พบว่า

การเติมอากาศมีผลต่อการย่อยสลายของปุ๋ยหมักโดยในถังหมักที่ 1, 3 และ 4 ที่มีการเติมอากาศจะเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วกว่าถังหมักที่ 2 ที่ไม่มีการ

เติมอากาศ ทั้งนี้เนื่องจากอากาศหรือออกซิเจนมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักส่วนใหญ่ เป็นพวกที่ต้องการออกซิเจนเพื่อเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจ ในถังหมักที่ 1 อุณหภูมิในถังปุ๋ยหมักจะเริ่มคงที่หลังจากทำการหมักประมาณ 30 วัน ในขณะที่ถังหมักที่ 3 และ 4 อุณหภูมิในถังปุ๋ยหมักจะเริ่มคงที่หลังจากการหมักผ่านไปประมาณ 35 วัน และถังหมักที่ 2 อุณหภูมิจะเริ่มคงที่ประมาณ 45 วัน ซึ่งการเติมอากาศอย่างเพียงพอจะมีผลต่ออัตราเร็วในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของจุลินทรีย์ ในขณะที่จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายนั้นอุณหภูมิในการหมักจะเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อย่อยสลายได้หมดอุณหภูมิในการปุ๋ยหมักก็จะเริ่มคงที่ โดยพบว่าถังหมักที่ 1, 3 และ 4 ที่มีการเติมอากาศ จะย่อยสลายและมีอุณหภูมิของการหมักคงที่เร็วกว่าถังหมักที่ 2 ที่ไม่มีการเติมอากาศ ส่วนคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักปุ๋ยจากทั้ง 4 ถัง จะมีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน และพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ผ่านมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ ยกเว้น ค่า C/N ratio ที่ทุกถังมีค่าเกินมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการหมักปุ๋ยส่วนใหญ่มีคาร์บอนสูง แต่มีคาร์บอนไนโตรเจนค่อนข้างต่ำ จึงทำให้ค่า C/N ratio ที่ได้ค่อนข้างสูง

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทูลงประมาณเงินรายได้ประจำปี 2555 เป็นผู้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ, 2552. **สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2551**: กรุงเทพฯ: กชกร พิมพ์เชิง.
- [2] สมเกียรติ แสงจันทร์ และสินตรา ตรีนุสนธิ, 2547. **การเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยหมักจากตลาดสดด้วยกากตะกอนจากระบบ. ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.**
- [3] Karnchanawong, S. and Suriyanon, N, 2011. "Household Organic Waste Composting using Bins with different types of passive aeration, " **Resource, Conservation and Recycling**. 55: 548-553.
- [4] กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551. **คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์**: กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.
- [5] Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S.A, 1993. **Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues**. NY: McGraw-Hill, Inc.
- [6] กรมวิชาการเกษตร. ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง **มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://law.longdo.com/law/376/sub25312> (2 มีนาคม 2557).