



ประสิทธิภาพการย่อยสลายมูลฝอยอินทรีย์ ในถังหมักขนาดเล็กแบบเติมอากาศ

Efficiency of Organic Waste Decomposition in Small-aerated Composting Bin

Trerat Jaroenkul* and Jareerat Sakulrat

ตรีรัตน์ เจริญกุล* และ จรีรัตน์ สกุลรัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

*E-mail : t.jaroenkul@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของถังหมักขนาดเล็กแบบให้อากาศเข้าโดยธรรมชาติกับแบบเติมอากาศ และหาอัตราการเติมอากาศที่เหมาะสมสำหรับถังหมักขนาดเล็ก เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายโดยการหมักมูลฝอยอินทรีย์ประเภทเปลือกผลไม้ ประกอบด้วย มะม่วง กัลยัว แดงโม สับปะรด มะละกอ ส้มโอ แก้วมังกร และส้ม รวม 8 กิโลกรัม ผสมกับใบไม้แห้งที่สับละเอียด ปริมาณ 4 กิโลกรัม โดยมีค่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนและค่าความชื้นเริ่มต้น เท่ากับ 32 และร้อยละ 55 ตามลำดับ ในถังหมักปุ๋ยขนาดเล็กขนาด 60 ลิตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร ทำจากถังพลาสติกชนิด HDPE โดยมีอัตราการเติมอากาศ 0, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 L/min-kg เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อยสลายและหาอัตราการเติมอากาศที่เหมาะสม จากผลการทดลองพบว่าอัตราการเติมอากาศที่ 0.7 L/min-kg ทำให้กองหมักมีอุณหภูมิในการหมักสูงสุด 53 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าถังหมักที่ไม่มีการเติมอากาศซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุด 44.75 องศาเซลเซียส และสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายสูงสุด ร้อยละ 70 โดยการหมักเสร็จสิ้นใน 21 วัน และวัสดุหมักที่ได้มี ค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.24 ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ร้อยละ 9.92 โพแทสเซียม ร้อยละ 3.20 และการนำไฟฟ้า 1.480 dS/m ซึ่งตรงตามมาตรฐานของการหมักปุ๋ยที่กำหนดไว้ ส่วนความชื้นมีค่าร้อยละ 39.4 และฟอสฟอรัส มีค่าร้อยละ 0.30 ไม่ผ่านค่ามาตรฐาน

คำสำคัญ : ถังหมักปุ๋ยขนาดเล็ก; การเติมอากาศ; วัสดุหมัก; เปลือกผลไม้; อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

Abstract

The objective of this research is to compare the efficiency of small composting bin between passive and active system and to determine the optimum air flow of the active system in order to enhance decomposition efficiency. Organic waste consisting of mango, banana, watermelon, pineapple, papaya, grapefruit and orange peels 8 kg in total were mixed with 4 kg of shredded leaves. Initial C/N ratio and moisture content of composting materials were 32 and 55% respectively. Small HDPE plastic bin size 60-liter (60 cm height and diameter 37 cm) was used as composting bin. Aeration rate was varied from 0, 0.3, 0.5, 0.7 to 0.9 L/min-kg organic matter in order to compare the degradation efficiency and to determine the optimum flow rate. The result showed that the composting pile with aeration rate at 0.7 L/min-kg had the highest temperature at 53 °C, higher than the passive system (44.75 °C) and the highest decomposition efficiency at 70%. The process took 21 day and pH of the final product was 6.16, C/N ratio was 15.04, potassium was 3.20% and electrical conductivity was 1.48 dS/m, which met the standard of compost. However, the moisture content was 39.4% and phosphorus was 0.3%, which did not meet the standard of compost.

Keywords : small composting bin; active aeration; compost materials; peel the fruit; C/N ratio

บทนำ

การขยายตัวทางเศรษฐกิจ และการเพิ่มขึ้นของประชากรได้ส่งผลให้มีปริมาณมูลฝอยโดยเฉพาะมูลฝอยอินทรีย์เพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งมีผลกระทบต่อสภาพพื้นที่ในการฝังกลบ ดังนั้นจึงควรลดปริมาณมูลฝอยตั้งแต่แหล่งกำเนิด โดยการคัดแยกและนำกลับมาใช้ประโยชน์ก่อนการกำจัดเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งการหมักปุ๋ยเป็นวิธีการที่นิยมใช้ลดปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ต้องนำไปกำจัด แต่เนื่องจากแหล่งกำเนิดมักมีข้อจำกัดของพื้นที่ จึงนิยมหมักมูลฝอยอินทรีย์ในถังหมักขนาดเล็ก มีข้อดี คือ ใช้พื้นที่น้อย สามารถใช้งานได้สะดวก สามารถควบคุมกลิ่นได้ ใช้แรงงานน้อย แต่เนื่องจากการหมักในถังไม่มีการพลิกกลับกองหรือเติมอากาศ จึงทำให้อุณหภูมิของหมักมักสูงไม่ถึง 55 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่สามารถทำลายเชื้อโรคได้ [1] และส่งผลให้ใช้เวลาในการย่อยสลาย

นานกว่า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายมูลฝอยอินทรีย์ของถังหมักขนาดเล็กแบบเติมอากาศและหาอัตราการเติมอากาศที่เหมาะสมสำหรับถังหมักขนาดเล็ก เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานจริงโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ในการทำงานของปั๊มลมในขั้นตอนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ถังหมักเป็นถังพลาสติกชนิด HDPE ขนาด 60 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 37 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร ซึ่งภายในถังหมักติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ แผ่นสแตนเลสเจาะรูรองมูลฝอย โดยมีท่ออากาศเข้าด้านหน้าถัง และระบายน้ำชะและรวบรวมน้ำชะด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 1



ก.



ข.

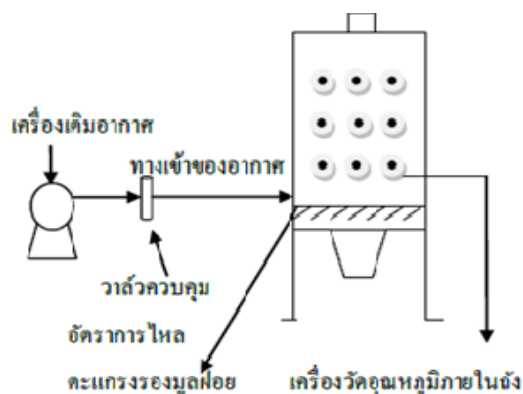


ค.

รูปที่ 1 ก. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ ข. แผ่นสแตนเลสเจาะรูรองรับ ค. ท่อทางเข้าของอากาศ

โดยระบบเติมอากาศประกอบด้วย เครื่องเติมอากาศ วาล์วควบคุมอากาศ เครื่องตั้งเวลาควบคุมสำหรับ วาล์วควบคุมอากาศ และหัววัดอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 2 เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อยสลายระหว่างถังที่ไม่มีการเติมอากาศ (A0) หรือถังควบคุม กับถังที่มีอัตราการเติมอากาศ 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 l/min-kg (ถึง A0.3, A0.5, A0.7 และ A0.9 ตามลำดับ) โดยเติมอากาศอย่างต่อเนื่อง นาน 10 นาที ทุกๆ ชั่วโมง [2] ซึ่งวัสดุหมักประกอบด้วยเปลือกผลไม้ (มะม่วง กลิ้ว แดงโม สับปะรด มะละกอ ส้มโอ แก้วมังกร และส้ม) ปริมาณ 8 กิโลกรัม ผสมกับใบไม้

แห้งที่สับละเอียด ปริมาณ 4 กิโลกรัม (อัตราส่วน 2 ต่อ 1) [3] ซึ่งค่า C/N เริ่มต้นของเปลือกผลไม้และใบไม้เท่ากับ 31.61, 40.97 ตามลำดับ โดยค่า C/N เริ่มต้นของวัสดุหมักที่ผสมแล้วเท่ากับ 32 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการหมัก [4] เติมนลงในถังหมักครั้งเดียว โดยควบคุมค่าความชื้นเริ่มต้นไม่เกินร้อยละ 55 และไม่มีการพลิกกลับกอง ทำการเก็บตัวอย่างวัสดุหมักเพื่อนำไปวิเคราะห์อุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้า ความเป็นกรด-ด่าง ความชื้น อินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และดัชนีการออก [5]



รูปที่ 2 ถังหมักขนาดเล็กแบบเติมอากาศ

ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการพิจารณาประสิทธิภาพการย่อยสลาย ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุหมักในถังหมักทั้ง 5 ใบ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง อินทรีย์คาร์บอน ในโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และการนำไฟฟ้า ซึ่งได้ผลดังนี้

อุณหภูมิ

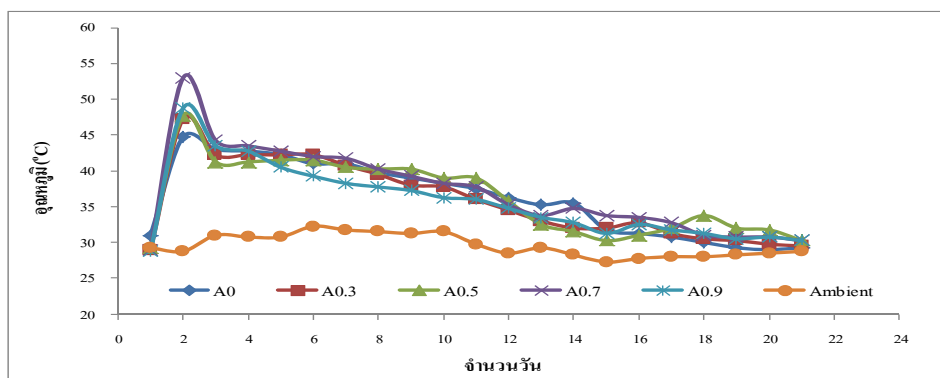
การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในถังหมัก เมื่อเปรียบเทียบกับอากาศภายนอก (Ambient) ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นภายในถังหมักมีอยู่ประมาณ 30 องศาเซลเซียส

โดยหลังจากเริ่มกระบวนการหมักอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 2-3 ของการทดลอง จากนั้นอุณหภูมิจึงลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง โดยอุณหภูมิสูงสุดของถัง A0, A0.3, A0.5, A0.7 และ A0.9 คือ 44.75 °C, 47.25 °C, 47.75 °C, 53.0 °C และ 48.75 °C ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ถังหมัก A0.7 มีอุณหภูมิของกองหมักสูงสุด และสูงกว่ากองหมักที่ไม่มีการเติมอากาศ (A0) ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามอัตราการเติมของอากาศ เนื่องจากอากาศที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เกิด

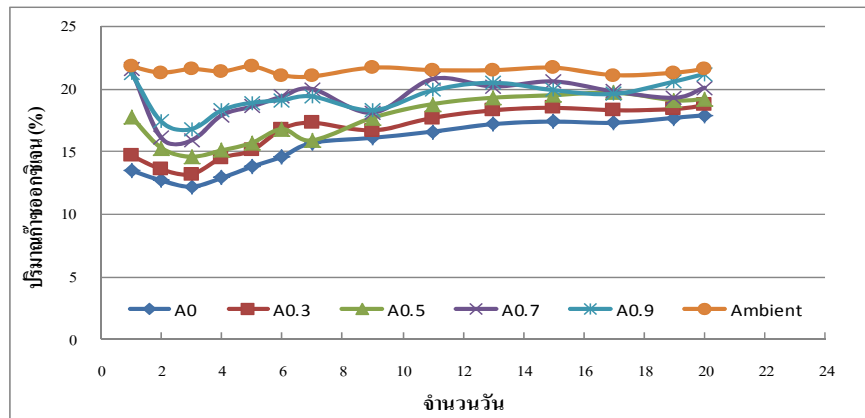
กิจกรรมการย่อยของจุลินทรีย์มากขึ้น จึงทำให้อุณหภูมิภายในกองหมักสูงขึ้น แต่จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิสูงสุดของถังหมัก A0.9 ต่ำกว่า ถังหมัก A0.7 แสดงให้เห็นว่าอัตราการเติมอากาศที่สูงเกินไป จะพาความร้อนที่สะสมภายในกองหมักออกมามากเกินไปด้วย อย่างไรก็ตามพบว่า อุณหภูมิของกองหมักของทุกถังสูงไม่ถึง 55-65 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงของอุณหภูมิที่ทำให้ลายเชื้อโรคในกองหมักได้ [6] ทั้งนี้อาจเนื่องจากถังหมักขนาดเล็กซึ่งมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรกองหมักสูงจึงทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนสะสมที่เกิดจากจุลินทรีย์มากกว่าถังหมักขนาดใหญ่ [7]

ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในถังหมัก

ร้อยละของก๊าซออกซิเจนในอากาศซึ่งวัดบริเวณทางออกของอากาศด้านบนของถังหมัก ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณของก๊าซออกซิเจนในอากาศที่ออกจากถัง A0, A0.3, A0.5, A0.7 และ A0.9 ในช่วงเริ่มต้นหมักมีค่าร้อยละ 13.5, 14.7, 17.8, 21.6 และ 21.3 ตามลำดับ โดยเพิ่มขึ้นตามอัตราการเติมอากาศที่เพิ่มขึ้น แต่น้อยกว่าก๊าซออกซิเจนของอากาศนอกถังหมัก (Ambient) แสดงให้เห็นว่ามีการใช้ก๊าซออกซิเจนในถังหมักจากการย่อยสลาย โดยปริมาณออกซิเจนลดลงต่อเนื่องในช่วงแรก แสดงให้เห็นถึงกิจกรรมการย่อย



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมัก



รูปที่ 4 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในถังหมัก

สลายของจุลินทรีย์เกิดขึ้นสูงในช่วงแรก ทำให้ก๊าซออกซิเจนที่เหลือต่ำลง และมีค่าต่ำสุดในวันที่ 3 ของการทดลอง ซึ่งความสัมพันธ์กับวันที่กองหมักมีอุณหภูมิสูงสุด โดยปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือในอากาศช่วงวันที่ 3 ของแต่ละถังเท่ากับ ร้อยละ 12.2, 13.2, 14.6, 15.9 และ 16.8 ตามลำดับ ซึ่งเพียงพอต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ไม่ควรต่ำกว่าร้อยละ 10 [8] หลังจากนั้นปริมาณก๊าซออกซิเจนในอากาศเหลือเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงกิจกรรมการย่อยสลายของสารอินทรีย์ที่ลดลง จนเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ร้อยละของก๊าซออกซิเจนในอากาศที่ออกจากถังกลับเข้าสู่ระดับปกติที่ร้อยละ 21

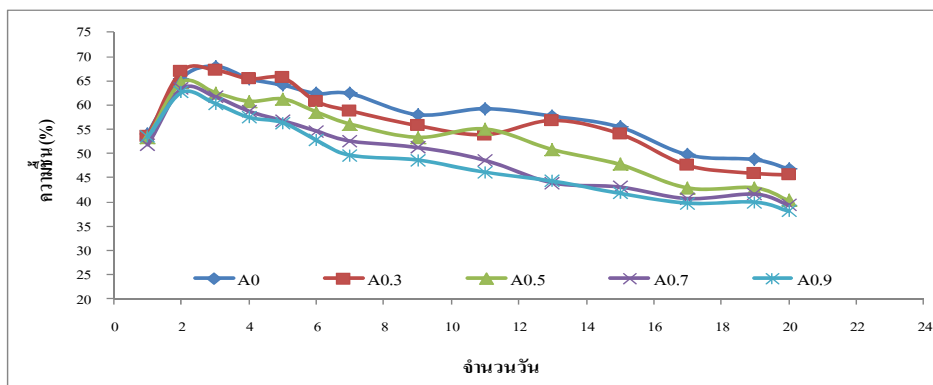
ความชื้น

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่าค่าความชื้นเริ่มต้นของทุกถังไม่เกินร้อยละ 55 โดยหลังจากเริ่มกระบวนการหมักค่าความชื้นภายในกองสูงขึ้นมากเนื่องจากวัสดุหมักเกิดการคายความชื้นออกมาจากปฏิกิริยาการย่อยสลาย และจะเห็นว่าอัตราการคายน้ำเกิดขึ้นสูงที่สุดในช่วงเดียวกับวันที่อุณหภูมิกองหมักสูงสุด หรือเป็นวันที่มีกิจกรรมการย่อยสลายสูงสุด อย่างไรก็ตาม ค่าความชื้นของกองหมักสูงขึ้นเกินกว่าค่าที่เหมาะสม จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่

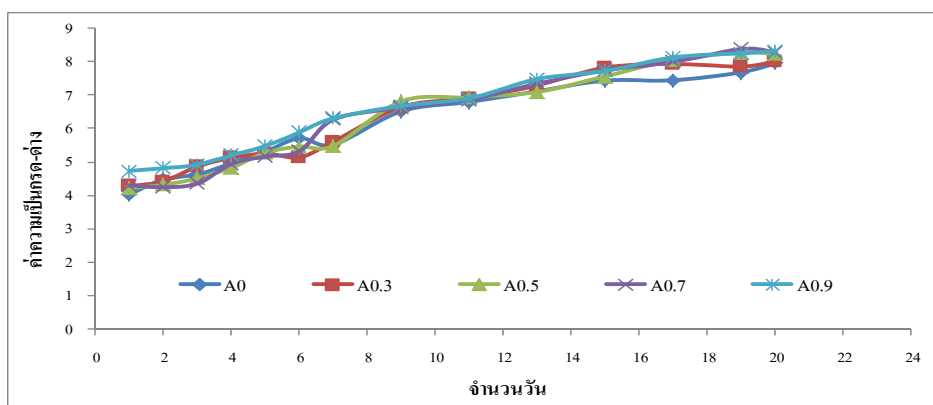
ทำให้อุณหภูมิของกองหมักสูงไม่ถึง 55 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นความชื้นจึงลดลงตามกิจกรรมการย่อยสลายที่ลดลงจนสิ้นสุดกระบวนการ โดยถัง A0, A0.3, A0.5, A0.7 และ A0.9 มีค่าความชื้นร้อยละ 46.83, 45.59, 40.29, 39.39 และ 38.12 ตามลำดับ ซึ่งลดลงตามอัตราการเติมอากาศที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าแม้การเติมอากาศที่สูงขึ้นช่วยให้จุลินทรีย์เกิดการย่อยสลายมากขึ้นจนเกิดไอน้ำมากขึ้น แต่ก็นำความชื้นออกจากถังมากขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ค่าความชื้นเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักของทุกถังสูงกว่าค่าที่เหมาะสม (ร้อยละ 30) [9]

ความเป็นกรด-ด่าง

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของวัสดุหมัก ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่า ถัง A0, A0.3, A0.5, A0.7 และ A0.9 มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 4.03, 4.27, 4.21, 4.29 และ 4.73 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่เป็นกรด เนื่องจากวัสดุหมักเป็นวัสดุหมักประเภทเปลือกผลไม้ซึ่งมีรสเปรี้ยว ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์เป็นสาเหตุให้อุณหภูมิต่ำ หลังจากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนมีค่าเป็นกลาง เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในช่วงแรกถูกใช้ไปและมีการปล่อยแอมโมเนีย ทำให้มีค่าความเป็นด่างเพิ่มขึ้น [10] ซึ่งค่าความเป็น



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักอุณหภูมิ



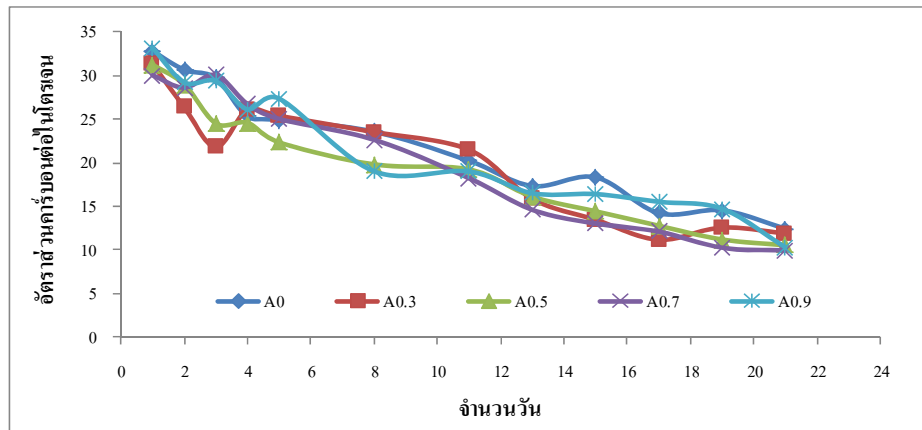
รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของถังหมัก 5 ใบ

กรด-ด่างของกองหมักในแต่ละถัง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก มีค่าเท่ากับ 7.96, 8.02, 8.24, 8.30, 8.33 ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นตามอัตราการเติมอากาศ แสดงให้เห็นว่าอัตราการเติมอากาศที่สูงขึ้นช่วยให้จุลินทรีย์เกิดการย่อยสลายมากขึ้น และมีการปล่อยแอมโมเนียสูงขึ้น ทำให้ได้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงขึ้นด้วย

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

การเปลี่ยนแปลงค่า C/N ของวัสดุหมัก ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นของวัสดุหมักในถัง A0, A0.3, A0.5, A0.7 และ A0.9 มีค่าใกล้เคียงกันคือ ร้อยละ 32.81, 31.32, 31.26, 30.04 และ

33.18 ตามลำดับ โดยหลังจากเริ่มกระบวนการหมักค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงอย่างต่อเนื่องเนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้อินทรีย์คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงานทำให้ปริมาณคาร์บอนลดลง ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์ใช้ในไนโตรเจนในการสร้างเซลล์ [11] และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีค่าร้อยละ 12.43, 11.87, 10.51, 9.92 และ 10.29 ตามลำดับ ซึ่งพบว่า สารอินทรีย์ที่อัตราการเติมอากาศ 0.7 L/min-kg เหลือค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 9.92 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของหมักที่เกิดขึ้นสูงสุด



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุหมัก

คุณภาพของปุ๋ยหมัก

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก [12] ดังแสดงในตารางที่ 1

พบว่า ขนาด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ของของวัสดุหมักที่ได้หลังสิ้นสุดการหมัก เป็นไปตามมาตรฐานของปุ๋ยหมัก ยกเว้นค่าความชื้นที่ยังสูงกว่ามาตรฐาน ส่วนระดับ

ความเค็ม (ในรูปของค่าการนำไฟฟ้า) ของวัสดุหมักอยู่ในระดับความเค็มไม่มาก คือในช่วง 0-2 dS/m ส่วนถึง A0.9 ระดับความเค็มอยู่ที่คือน้อยมาก คือในช่วง 2-4 dS/m [6] ส่วนปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียมเป็นไปตามที่กรมวิชาการเกษตรได้กำหนดเอาไว้ แต่ค่าของฟอสฟอรัส มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้น วัสดุหมักที่ได้มีคุณภาพไม่เป็นไปตามมาตรฐานของปุ๋ยหมัก อย่างไรก็ตาม ยังสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้

ตารางที่ 1 คุณภาพของปุ๋ยหมักเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก

คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด	ถัง Control	ถัง Rate 0.3	ถัง Rate 0.5	ถัง Rate 0.7	ถัง Rate 0.9
ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5x12.25 มม.	8.5 x 8.5 mm				
ความชื้น (%)	ไม่เกิน 35%	46.83	45.59	40.29	39.39	38.12
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5.5-8.5	8.33	7.96	8.02	8.24	8.30
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	ไม่เกิน 20:1	12.43	11.87	10.51	9.92	10.29
ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	ไม่เกิน 6 dS/m	1.583	1.563	1.891	1.480	2.070
ไนโตรเจน (%)	ไม่น้อยกว่า 1	2.18	2.11	2.17	1.97	1.39
ฟอสฟอรัส (%)	ไม่น้อยกว่า 0.5	0.33	0.24	0.31	0.30	0.27
โพแทสเซียม (%)	ไม่น้อยกว่า 0.5	3.58	3.46	3.13	3.20	2.39

สรุป

คุณภาพของวัสดุหมักที่ได้หลังสิ้นสุดการหมักจากถังหมักขนาดเล็กแบบเติมอากาศ (Active system) และแบบให้อากาศเข้าโดยธรรมชาติ (Passive system) ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ถังหมักขนาดเล็กแบบเติมอากาศ (Active system) ทำให้กองหมักมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าซึ่งมีความสำคัญต่อการทำลายเชื้อโรค ซึ่งอุณหภูมิสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส โดยการเติมอากาศที่ 0.7 L/min-kg เป็นอัตราการที่เหมาะสมต่อกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์มากที่สุด เนื่องจากกองหมักมีอุณหภูมิสูงสุดและเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์มากที่สุด โดยอัตราการเติมอากาศที่น้อยกว่าทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ แต่ถ้าอัตราการเติมอากาศมากกว่าทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนที่สะสมภายในกองออกมากับอากาศที่ออกจากถังหมัก อย่างไรก็ตาม พบว่า อุณหภูมิสูงสุดยังคงต่ำกว่า 55 องศาเซลเซียส ซึ่งสาเหตุหลักอาจมาจากถังขนาดเล็กไม่สามารถเก็บความร้อนไว้ภายในถังหมักได้นานและเกิดการสูญเสียความร้อนมากกว่าถังหมักขนาดใหญ่ และความชื้นที่ระบายออกจากถังได้น้อยจนทำให้กองหมักมีค่าความชื้นระหว่างการหมักสูงเกินไป จึงต้องมีการแก้ไขในประเด็นนี้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2556 ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง

- [1] Gao, M., Li, B., Yu, A., Liang, F., Yang, L. and Sun, Y. 2010. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust. *Bioresource Technol.* 101(6), 1899-1903.
- [2] Seo, J.Y., Heo, J.S., Kim, T.H., Joo, W.H. and Crohn, D.M. 2004. Effect of vermiculite addition on compost produced from Korean food wastes. *Waste Manage.* 24(10), 981-987.
- [3] Hamaphat, N. 2010. Compost Bin for Household Organic Waste. A Thesis for Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering. Prince of Songkla University. (in Thai)
- [4] Wattanawongsakun P, Pitaksapsin, N, Rudeekit, Y., Leejarkpai, T. Viyanit, E., Pinsem, W. and Chandenduang, C. 2008. Tumbler Compost Bin Design for Household and Market Place. The 22nd Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand, 15-17 October 2551, Bangkok. (in Thai)
- [5] Onthong, J. 2004. Soil and Plant Analysis Method. Faculty of Natural Resources. Prince of Songkla University. (in Thai)
- [6] Li, Z., Lu, H., Ren, L. and He, L. 2013. Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review. *Chemosphere.* 93, 1247-1257.

- [7] Mason, I.G. and Mike, M.W. 2005. Physical modeling of composting environment: A review. Part 1: Reactor systems. Waste Manage. 25, 481-500.
- [8] Polprasert, C. 1996. Organic Waste Recycles: Technology and Management. 2nd ed. West Sussex : John Wiley.
- [9] Land development Department. 2011, Operations Manual The analysis of plant fertilizer and soil amendment. Land development Department Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- [10] lyengar, S.R and Bhave, P.P 2005. In-vessel composting of household wastes. Waste Manage. 26: 1070-1080.
- [11] Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S., 1993. Integrated solid waste management. McGraw-Hill series in engineering principles and management issues., Singapore.
- [12] Department of agriculture. 2006. Technical fertilizer manufacturing and quality standards Department of agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)