การผลิตและคุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ในลังโฟม

Production and Properties of Compost from Organic Waste in Foam Box

วรรณวิภา ไชยชาญ* ฌานิกา แซ่แง่ ชูกลิ่น กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์
เจ๊ะอูยี เปาะเลาะ และ ทัพพสาร แต้มประสิทธิ์
Wanvipa Chaichan*, Chanika Saenge Chooklin, Kattinat Sagulsawasdipan
Jeh-uyee Pohloh and Tappasarn Tamprasit

Received: 11 May 2018, Revised: 7 August 2018, Accepted: 30 January 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตและคุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ในลังโฟม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบและคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้ ผู้วิจัยเลือกใช้ขยะอินทรีย์ในชุมชน ได้แก่ กากกาแฟ ขี้เค้กจากโรงงานปาล์มน้ำมัน และขี้ดินจากโรงงานแปรรูปยางพารา ทำการศึกษาอัตราส่วนกากกาแฟ:ขี้เค้ก:ขี้ดิน 7 อัตราส่วน คือ 3:0:0 0:3:0 0:0:3 1.5:1.5:0 0:1.5:1.5 1.5:0:1.5 และ 1:1:1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ พบว่า กากกาแฟ ขี้เค้ก และขี้ดินมีธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักปุ๋ย กระบวนการหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจนจะเสร็จสมบูรณ์ใช้ในเวลาในการหมักประมาณ 30 วัน โดยพิจารณาจากอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า สำหรับธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมักทั้ง 7 อัตราส่วน มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.42-3.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 0.26-1.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 0.07-2.17 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยอัตราส่วนของปุ๋ยหมักที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนกากกาแฟ:ขี้เค้ก:ขี้ดิน เท่ากับ 0:3:0 เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณธาตุอาหารหลักในการเจริญเติบโตของพืชสูงที่สุด ผลการศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร นอกจากนี้ ผู้วิจัยทำการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index) พบว่า ปุ๋ยหมักไม่เป็นพิษกับเมล็ดที่นำมาทดสอบ ดังนั้น ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้จากการหมักกากกาแฟ ขี้เค้กจากโรงงานปาล์มน้ำมัน และขี้ดินจากโรงงานแปรรูปยางพาราในลังโฟม สามารถผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดินได้

สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

Department of Environment, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Mai Fad, Sikao, Trang 92150, Thailand.

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): wanvipa.kk@gmail.com

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมัก, ขยะอินทรีย์, ลังโฟม, วัสดุปรับปรุงคุณภาพดิน

ABSTRACT

This research investigated production and properties of compost from organic waste in foam box. The objectives were determined the properties of raw materials and compost. Researchers especially focus on domestic organic waste such as coffee ground, decanter cake from palm oil industry and residue from rubber processing plant. This experiment investigated 7 different ratios of coffee ground: decanter cake: residue from rubber processing plant as 3:0:0 0:3:0 0:0:3 1.5:1.5:0 0:1.5:1.5 1.5:0:1.5 and 1:1:1. The results of raw materials properties showed that coffee ground, decanter cake and residue from rubber processing plant have the major nutrient for plant growth. Then, they are possible to use as raw material for composting. Aerobic composting process achieved maturing at approximately 30 days observed from temperature pH and EC. The major nutrients for plantation namely; nitrogen, phosphorus and potassium were 0.42-3.20% (w/v), 0.26-1.20% (w/v) and 0.07-2.17% (w/v), respectively. The optimal ratio of 0:3:0 because this ratio has the highest major nutrient for plantation. The characterization of the compost produced in this research was found to be within the acceptable limit of standard from Department Agriculture of Thailand. In addition, researchers were tested Germination Index. It found that the compost is non-toxic for seeds. Then, the compost from coffee ground, decanter cake and residue from rubber processing plant fermented in foam box can produce compost could be used as a soil amendment.

Key words: compost, organic waste, foam box, soil amendment

บทนำ

ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์จากพืชและสัตว์ทางการเกษตรและจากชุมชนมาผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ บด ร่อน และผ่านกรรมวิธีหมักอย่างสมบูรณ์ ปุ๋ยเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตพืชด้านการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต โดยปกติพืชจะได้รับธาตุอาหารต่างๆ จากดิน แต่เนื่องจากพื้นที่ทำการเกษตรของประเทศไทยได้ใช้ทำการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวผลผลิตประสบปัญหาดินมีปริมาณธาตุอาหารที่ลดลงและเสียสภาพสมดุล ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน (จิรพงษ์ และคณะ, 2548) แนวทางหนึ่งของการช่วยปรับปรุงและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือ การผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้จากภาคการค้า การเกษตร และภาคอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ ผู้วิจัยพบว่าในท้องถิ่นมีวัสดุเหลือใช้ที่ยังสามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักได้คือ กากกาแฟ กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมัน (กากตะกอนปาล์มน้ำมัน, ขี้เค้ก หรือดีแคนเตอร์เค้ก) จากโรงงานปาล์มน้ำมัน และขี้ดินจากโรงงานแปรรูปยางพารา ซึ่งกากกาแฟเป็นส่วนที่ผ่านการคั่วบด ผ่านการชง หรือผ่านน้ำร้อนจากการชงเพื่อรีดน้ำของกาแฟออก ซึ่งในปัจจุบันธุรกิจร้านกาแฟมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากผู้บริโภคหันมาบริโภคเครื่องดื่มที่ได้จากกาแฟคั่วบดแทนกาแฟสำเร็จรูป ทำให้ธุรกิจร้านกาแฟได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้

ปริมาณของกากกาแฟเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การนำกากกาแฟไปใช้ประโยชน์ยังไม่มีเท่าที่ควร ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จัดการกากกาแฟโดยทิ้งกากกาแฟรวมไปกับขยะมูลฝอยประเภทอื่นๆ ซึ่งเป็นการสูญเสียคุณค่าของกากกาแฟไปโดยเปล่าประโยชน์ (วรรณวิภา และ เอนก, 2559) ในส่วนของกากสลัดจ์ปาล์มน้ำมัน (กากตะกอนปาล์มน้ำมัน, ขี้เค้ก หรือดีแคนเตอร์เค้ก) จากโรงงานปาล์มน้ำมัน คือ ส่วนที่ผ่านกระบวนการหีบน้ำมันก่อนที่จะได้เป็นน้ำมันผ่านการกรองอีกครั้งหนึ่งด้วยเครื่องจักร ซึ่งเป็นเศษเหลือจากโรงงานปาล์มน้ำมัน และมีปริมาณมากโดยเฉพาะในภาคใต้ วัสดุดังกล่าวเป็นผลพลอยได้ที่ไม่เป็นที่ต้องการของโรงงานปาล์มน้ำมัน หากไม่มีการจัดการที่ดีจะเป็นภาระของโรงงานในการจัดการและกำจัดต่อไป (พรศิลป์ และคณะ, 2557) สำหรับขี้ดินได้จากโรงงานแปรรูปยางพารา เป็นดินที่ติดมากับขี้ยางที่โรงงานรับซื้อ ซึ่งก่อนเข้าในกระบวนการผลิตจะผ่านการล้างในบ่อวนเพื่อแยกสิ่งแปลกปลอมออก เช่น เศษไม้ยาง เศษดิน ทราย และหิน เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบที่กล่าวมาข้างต้นมีการศึกษาเบื้องต้นพบว่ามีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชหลงเหลืออยู่ จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ย

การวิจัยในครั้งนี้เล็งเห็นความสำคัญของการทำปุ๋ยหมักโดยใช้วัสดุอินทรีย์เหลือใช้ที่หาได้ในท้องถิ่นมาผลิตเป็นปุ๋ยหมัก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วัสดุร่วมกันระหว่างกากกาแฟ ขี้เค้ก และขี้ดิน มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยหมักที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปใช้ได้จริง และอยู่ในคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ทำการหมักปุ๋ยในลังโฟม เนื่องจากลังโฟมมีคุณสมบัติพิเศษ คือ ผนังของลังโฟมเป็นฉนวนความร้อน สามารถรักษาอุณหภูมิของปุ๋ยหมักให้อยู่ในช่วงเทอร์โมฟีลิค (45-75 องศาเซลเซียส) ได้นาน (นิติ และคณะ, 2552) นอกจากนี้ ผู้วิจัยมีการออกแบบลังโฟมโดยมีการติดตั้งท่อระบายอากาศ ช่วยให้วัสดุหมักมีการระบายอากาศได้ดี และติดตั้งตะแกรงพลาสติก เพื่อลดการขังของน้ำชะและไม่ส่งกลิ่นรบกวน การผลิตปุ๋ยหมักจากวัตถุดิบที่สามารถย่อยสลายเป็นปุ๋ยได้ เป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินและช่วยปรับปรุงดินอีกด้วย นอกจากนี้เป็นการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เป็นทางเลือกสำหรับชุมชนและอุตสาหกรรมในการผลิตปุ๋ยหมักที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบและการออกแบบลังโฟม

วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ กากกาแฟ กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมัน (ขี้เค้ก) จากโรงงานปาล์มน้ำมัน และขี้ดินจากโรงงานแปรรูปยางพารา ในส่วนของกากกาแฟจะทำการรวบรวมจากร้านขายกาแฟสด ขี้เค้กได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานพิทักษ์ปาล์มออยล์ ตำบลกะลาเส อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง และขี้ดินได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทศรีตรังแอโกรอินดัสทรี จำกัด ตำบลนาเมืองเพชร อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง วัตถุดิบที่ต้องทำการลดความชื้น ได้แก่ กากกาแฟ และขี้เค้ก โดยจะลดความชื้น ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2-3 วัน สำหรับขี้ดินไม่ต้องทำการลดความชื้น จากนั้นทำการคัดแยกขนาดโดยร่อนผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 2 มิลลิเมตร สำหรับภาชนะที่ใช้สำหรับหมักปุ๋ย จะใช้ลังโฟมขนาด 20 กิโลกรัม สำหรับรูปแบบของลังโฟมผู้วิจัยมีการอ้างอิงการออกแบบลังโฟม จากงานวิจัยของนิติ และคณะ (2552) แต่ได้ออกแบบให้มีความแตกต่างออกไป กล่าวคือ บริเวณทั้งสองข้างของลังโฟมจะเจาะรูแถวล่างขนาด 0.5 นิ้ว ด้านละ 3 รู เพื่อใส่ท่อพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว และทำการเจาะรูแถวบนขนาด 1 นิ้ว ด้านละ

3 รู เพื่อใส่ท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว สำหรับช่วยในการระบายอากาศ บริเวณด้านล่างของลังโฟมเจาะรูขนาด 0.5 นิ้ว จำนวน 4 รู เพื่อระบายน้ำชะที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักปุ๋ย หลังจากติดตั้งท่อทั้งหมดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก่อนนำวัสดุหมักลงหมักจะมีการวางตัวรับน้ำหนักของวัสดุหมัก โดยใช้ท่อพีวีซีวางบริเวณฐานของลังโฟมและวางตะแกรงด้านบนตัวรับน้ำหนัก โดยให้ความสูงของตัวรับน้ำหนักและตะแกรงสูงกว่าท่อระบายอากาศแถวล่าง เพื่อให้อากาศสามารถระบายเข้าสู่วัสดุหมักได้อย่างทั่วถึง รูปแบบของลังโฟมแสดงดังภาพที่ 1

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 รูปแบบของลังโฟมที่ใช้สำหรับการหมักปุ๋ย (ก) ภาพด้านข้าง (ข) รูระบายน้ำชะ และ (ค) ภาพมุมบน

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบในชุดทดลองก่อนหมักและปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์

การวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนหมัก พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์วัตถุดิบดังตารางที่ 1 เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประกอบการเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยหมักและสามารถนำปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์ได้จริง ในระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ยมีการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักทุก 7 วัน ได้แก่ สี กลิ่น และลักษณะของปุ๋ยหมัก เมื่อหมักปุ๋ยสมบูรณ์แล้วจะวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์เช่นเดียวกันกับวัตถุดิบ (ตารางที่ 1) และมีการวิเคราะห์ดัชนีการงอกของเมล็ดเพิ่มเติม สำหรับปริมาณธาตุอาหารในวัตถุดิบและปุ๋ยหมัก ผู้วิจัยส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนหมักและปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์/เครื่องมือวิเคราะห์
คุณสมบัติทางกายภาพ	
อุณหภูมิ	Thermometer
คุณสมบัติทางเคมี	
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH Meter
ความชื้น ปริมาณธาตุอาหารทั้งหมด -ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) -ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	วิเคราะห์ตามเทคนิคและวิธีวิเคราะห์ของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์/เครื่องมือวิเคราะห์
-ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	วิเคราะห์ตามเทคนิคและวิธีวิเคราะห์ของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2551)
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	Electrical Conductivity Meter
การย่อยสลายที่สมบูรณ์	
ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index)	วิเคราะห์ตามเทคนิคและวิธีวิเคราะห์ของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

3. การออกแบบชุดการทดลองและกระบวนการหมักปุ๋ย

งานวิจัยนี้ออกแบบอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักปุ๋ย จำนวน 7 ชุดการทดลอง (ตารางที่ 2) ทำการหมักชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ เมื่อนำวัตถุดิบที่ผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ในแต่ละชุดการทดลองใส่ในลังโฟมแล้ว รดด้วยน้ำสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 ที่เตรียมไว้ (พด.1 จำนวน 20 กรัม ผสมน้ำเปล่า 400 มิลลิลิตร และกากน้ำตาล 1 ช้อนโต๊ะ คนให้เข้ากัน ประมาณ 10-15 นาที) แล้วปิดฝาลังโฟม ในระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยหมัก สังเกตและตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น และลักษณะของปุ๋ยหมักทุก 7 วัน ถ้าไม่มีกลิ่นเหม็นเน่าเกิดขึ้นจะทำการหมักต่อไป นอกจากนี้ ทำการตรวจวัดอุณหภูมิทุกวัน และความเป็นกรด-ด่างทุก 3 วัน ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่จะใช้ในการตัดสินใจถึงระยะเวลาของการหมักที่สมบูรณ์ หลังจากทำการหมักปุ๋ยสมบูรณ์แล้ว จะวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์แล้ว พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 1 โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้กับคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) เพื่อพิจารณาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยหมักในลังโฟมในการนำไปใช้งานจริง

ตารางที่ 2 ชุดการทดลองที่ใช้ในการวิจัย

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม		
	กากกาแฟ	ขี้เค้ก	ขี้ดิน
1	3	0	0
2	0	3	0
3	0	0	3
4	1.5	1.5	0
5	0	1.5	1.5
6	1.5	0	1.5
7	1	1	1

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การผลิตและคุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากกากกาแฟ ขี้เค้ก และขี้ดินในลังโฟม ผลการวิจัยแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบ

งานวิจัยนี้วิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความชื้น และค่าการนำไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3 นอกจากนี้ ได้วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชที่หลงเหลืออยู่ในวัตถุดิบ ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5) และโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O) ผลการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง ความชื้น และค่าการนำไฟฟ้าของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร)
กากกาแฟ	5.36	10.98	0.62
ขี้เค้ก	8.67	45.56	1.81
ขี้ดิน	8.88	41.45	0.47

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของกากกาแฟ ขี้เค้ก และขี้ดิน เท่ากับ 5.36 8.67 และ 8.88 ตามลำดับ โดยกากกาแฟมีความเป็นกรดอ่อน ส่วนขี้เค้กและขี้ดินมีความเป็นเบสอ่อน สำหรับผลการวิเคราะห์ความชื้นของกากกาแฟ ขี้เค้ก และขี้ดิน เท่ากับ 10.98 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 45.56 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 41.45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ขี้เค้กมีค่าความชื้นสูงสุด เนื่องจากขี้เค้กเป็นส่วนที่ผ่านการหนีบน้ำมันซึ่งยังไม่ได้ผ่านกระบวนการลดความชื้นใดๆ ทำให้ขี้เค้กยังคงมีความชื้นหลงเหลืออยู่มาก สำหรับวัตถุดิบที่มีความชื้นรองลงมา คือ ขี้ดิน เนื่องจากขี้ดินที่เลือกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ ทางโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราได้ทำการเทกองไว้ในที่โล่งแจ้ง ไม่มีการปกคลุมกองขี้ดินด้วยวัสดุใดๆ ทำให้เมื่อเวลาฝนตกหรือในช่วงเวลากลางคืนกองขี้ดินจะได้รับน้ำฝนและน้ำค้าง ส่งผลให้ขี้ดินมีความชื้น ส่วนกากกาแฟมีความชื้นน้อยที่สุด เนื่องจากเมล็ดกาแฟที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการชงกาแฟนั้น ผ่านการคั่วเมล็ดกาแฟมาก่อน ซึ่งเป็นการลดความชื้นมาแล้ว และในขั้นตอนการชงกาแฟจะชงผ่านน้ำร้อนและมีการรีดเอาน้ำของกาแฟออกทำให้ความชื้นของกากกาแฟน้อยลงอีกขั้นตอนหนึ่ง และผลค่าการนำไฟฟ้าของกากกาแฟ ขี้เค้ก และขี้ดิน เท่ากับ 0.62 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร 1.81 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และ 0.47 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)
กากกาแฟ	2.53	0.331	0.740
ขี้เค้ก	2.74	2.085	2.037
ขี้ดิน	0.47	0.81	0.04

จากตารางที่ 4 พบว่า กากกาแฟและขี้เค้กจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าขี้ดิน หากเปรียบเทียบวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด พบว่า ขี้เค้กมีธาตุอาหารทั้ง 3 ประเภทหลงเหลืออยู่มากที่สุด เพราะขี้เค้กของปาล์มน้ำมันจัดเป็นวัสดุอินทรีย์ และไม่มีสิ่งปนเปื้อนใดๆ จึงทำให้มีธาตุอาหารหลงเหลืออยู่ จะเห็นได้ว่า วัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดยังมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชหลงเหลืออยู่ทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ คือ กัญจ์ภัส และ ชนิดา (2556) และ Salange *et al.* (2011) ที่พบว่า กากกาแฟมีธาตุอาหารต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของเบญจมาภรณ์ และคณะ (2552) พบว่า ปริมาณธาตุอาหารในกากสลัดจ์ปาล์มน้ำมันมีค่าใกล้เคียงกับอาหารเสริมที่เกษตรกรทั่วไปนิยมใช้สำหรับการเพาะเห็ด นอกจากนี้ ณัฏฐาทัศน์ (2558) พบว่า กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมันมียังธาตุอาหารหลงเหลืออยู่ ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำกากกาแฟกากสลัดจ์ปาล์มน้ำมัน และขี้ดินจากโรงงานแปรรูปยางพารา มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยหมัก

2. ผลการวิเคราะห์สภาวะของปุ๋ยหมักระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ย

ในระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ย ผู้วิจัยได้ตรวจวัดและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและเคมี เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม และใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาระยะเวลาในการหมักปุ๋ย มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ย

งานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพระหว่างการผลิตปุ๋ยหมักทุก 7 วัน ได้แก่ สี กลิ่น และลักษณะของปุ๋ยหมัก ทั้ง 7 ชุดการทดลอง ทำการตรวจสอบตลอดระยะเวลาในการหมักปุ๋ย ซึ่งใช้ระยะเวลาในการหมักปุ๋ย 30 วัน ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ย แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ย

วันที่หมัก	อัตราส่วนกากกาแฟ:ขี้เค้ก:ขี้ดิน	สี	กลิ่น	ลักษณะของปุ๋ย
7	3:0:0	สีน้ำตาล	เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	0:3:0	สีดำ	เหม็น	แข็งกระด้าง
	0:0:3	สีน้ำตาล	เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	1.5:1.5:0	สีน้ำตาล	เหม็น	แข็งกระด้าง
	0:1.5:1.5	สีน้ำตาล	เหม็น	แข็งกระด้าง
	1.5:0:1.5	สีน้ำตาล	เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	1:1:1	สีน้ำตาล	เหม็น	แข็งกระด้าง
14	3:0:0	สีน้ำตาล	เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	0:3:0	สีดำ	เหม็น	แข็งกระด้าง
	0:0:3	สีน้ำตาล	เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	1.5:1.5:0	สีน้ำตาล	เหม็น	แข็งกระด้าง

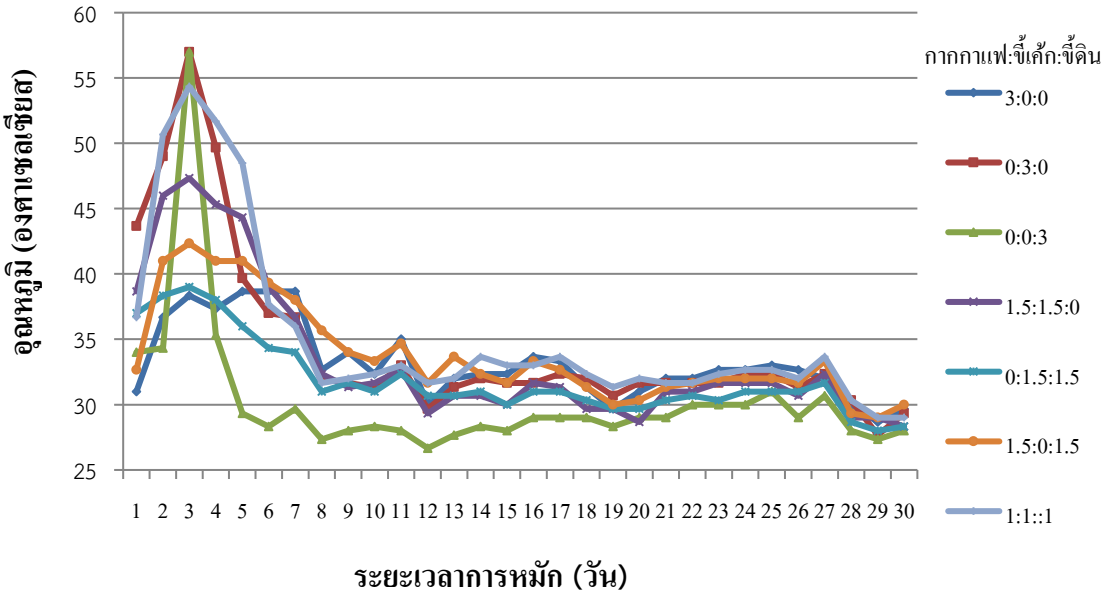
ตารางที่ 5 (ต่อ)

วันที่หมัก	อัตราส่วนกากกาแฟ:ขี้เค้ก:ขี้ดิน	สี	กลิ่น	ลักษณะของปุ๋ย
14	0:1.5:1.5	สีน้ำตาล	เหม็น	แข็งกระด้าง
	1.5:0:1.5	สีน้ำตาล	เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	1:1:1	สีน้ำตาล	เหม็น	แข็งกระด้าง
21	3:0:0	สีน้ำตาลเข้ม	ไม่เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	0:3:0	สีดำ	ไม่เหม็น	แข็งกระด้าง
	0:0:3	สีน้ำตาลเข้ม	ไม่เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	1.5:1.5:0	สีน้ำตาลเข้ม	ไม่เหม็น	แข็งกระด้าง
	0:1.5:1.5	สีดำ	ไม่เหม็น	แข็งกระด้าง
	1.5:0:1.5	สีน้ำตาลเข้ม	ไม่เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	1:1:1	สีดำ	ไม่เหม็น	แข็งกระด้าง
28	3:0:0	สีน้ำตาลเข้ม	ไม่เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	0:3:0	สีดำ	ไม่เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	0:0:3	สีน้ำตาลเข้ม	ไม่เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	1.5:1.5:0	สีน้ำตาลเข้ม	ไม่เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	0:1.5:1.5	สีดำ	ไม่เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	1.5:0:1.5	สีน้ำตาลเข้ม	ไม่เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง
	1:1:1	สีดำ	ไม่เหม็น	ไม่แข็งกระด้าง

จากตารางที่ 5 พบว่า ปุ๋ยหมักมี สี กลิ่น และลักษณะที่แตกต่างกัน เมื่อทำการหมักปุ๋ยวันที่ 7-14 ปุ๋ยหมักจะมีสีน้ำตาล กลิ่นเหม็น และยังมีลักษณะแข็งกระด้างในอัตราส่วน คือ 0:3:0 1.5:1.5:0 0:1.5:1.5 และ 1:1:1 เมื่อผ่านไป 21 วัน พบว่า ปุ๋ยมีสีที่เข้มขึ้น กลิ่นไม่เหม็น และมีลักษณะแข็งกระด้างในอัตราส่วน คือ 0:3:0 1.5:1.5:0 0:1.5:1.5 และ 1:1:1 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปุ๋ยหมักมีส่วนผสมของขี้เค้ก ซึ่งมีลักษณะค่อนข้างแข็ง เมื่อทำการหมักปุ๋ยไป 28 วัน พบว่า ปุ๋ยหมักในทุกชุดการทดลองมีสีเข้มขึ้น กลิ่นไม่เหม็น และไม่แข็งกระด้าง ดังนั้น จึงสามารถนำปุ๋ยหมักไปใช้ประโยชน์ได้

2.2 อุณหภูมิระหว่างระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ย

จากการตรวจวัดอุณหภูมิระหว่างการผลิตปุ๋ยหมักทุกวัน จนกระทั่งอุณหภูมิคงที่และใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง พบว่า กระบวนการหมักปุ๋ยจากกากกาแฟ ขี้เค้ก และขี้ดิน จะใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 30 วัน ผลของอุณหภูมิในระหว่างการหมักปุ๋ยในลังโฟม ทั้ง 7 ชุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 2

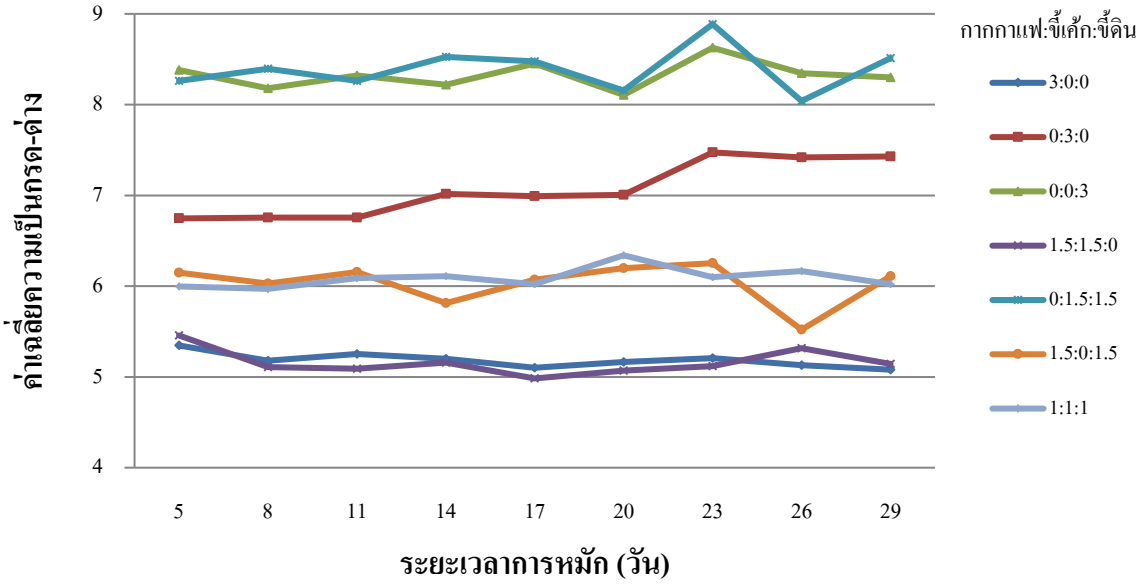


ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการหมักปุ๋ยในลังโฟม

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิในระหว่างการหมักปุ๋ยของทุกๆ ในอัตราส่วนจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงวันที่ 1-3 และมีจะอุณหภูมิสูงสุดหลังจากหมักปุ๋ยผ่านไปแล้ว 3 วัน และหลังจากนั้นอุณหภูมิของปุ๋ยหมักมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ซึ่งอุณหภูมิห้องตลอดกระบวนหมัก อยู่ในช่วง 28-32 องศาเซลเซียส ทั้งนี้สาเหตุที่อุณหภูมิของปุ๋ยหมักสูงในช่วงแรก อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์มีการเผาผลาญและเจริญเติบโตมากขึ้นในระยะแรกของกระบวนการหมัก จึงทำให้เกิดการย่อยสลายมากที่สุด จนทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในปุ๋ยหมัก และเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิภายในปุ๋ยหมักจะค่อยๆ ลดลง หลังจากการหมักไประยะเวลาหนึ่ง เนื่องจากจุลินทรีย์บางส่วนเริ่มตายลง ปริมาณสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายจนหมด ทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงมาจนกระทั่งท้ายสุดอุณหภูมิจะเริ่มคงที่ เมื่อเกิดการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้ว โดยจะเห็นได้ว่าหลังจากทำการหมักไปเป็นระยะเวลาประมาณ 30 วัน อุณหภูมิภายในปุ๋ยหมักเริ่มคงที่และใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ดังนั้น การผลิตปุ๋ยหมักจากกากกาแฟ ขี้เค้ก และขี้ดินจะหมักได้สมบูรณ์จะใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 30 วัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิข้างต้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิติ และคณะ (2552) ที่ทำการศึกษาการใช้ลังโฟมในการหมักมูลฝอยอินทรีย์จากบ้านเรือนและใบไม้แห้ง

2.3 ความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ย

การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในระหว่างการผลิตปุ๋ยหมัก จะเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักมาวิเคราะห์ pH เมื่อเริ่มหมักปุ๋ยไปแล้ว 5 วัน และทำการวิเคราะห์ pH ทุก 3 วัน ตลอดระยะเวลาการหมักปุ๋ย ผลของ pH ในระหว่างการหมักปุ๋ยในลังโฟม ทั้ง 7 ชุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 3

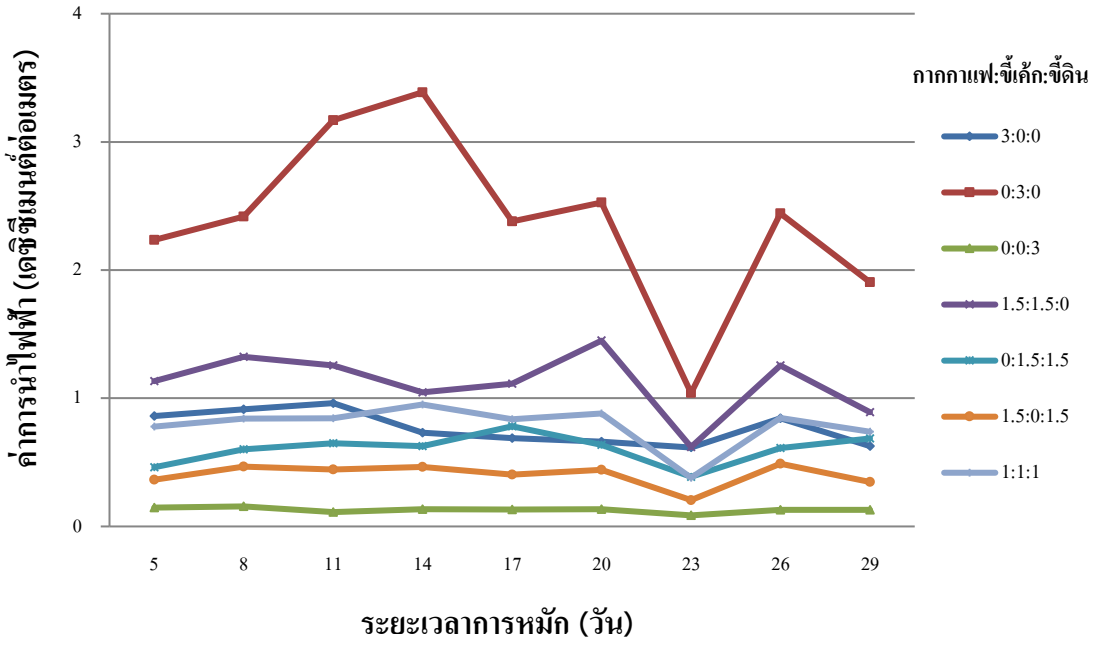


ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการหมักปุ๋ยในลังโฟม

จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ย pH ในการหมักปุ๋ย อยู่ในช่วง 4.98-8.89 หากเลือกใช้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียวทำการหมักในลังโฟม คือ กากกาแฟ (ชุดการทดลองที่ 1) ขี้เค้ก (ชุดการทดลองที่ 2) และขี้ดิน (ชุดการทดลองที่ 3) พบว่า ค่า pH เท่ากับ 5.08 7.43 และ 8.30 ตามลำดับ ซึ่งปุ๋ยหมักที่เกิดจากการหมักจากวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวที่มีค่า pH สูงสุด คือ ปุ๋ยหมักจากขี้ดิน และค่า pH ต่ำสุด คือ ปุ๋ยหมักจากกากกาแฟ ซึ่งผลของค่า pH ของปุ๋ยจะสอดคล้องกับคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาหมัก กล่าวคือ กากกาแฟก่อนหมักจะมีค่า pH ต่ำสุด (เป็นกรดอ่อน) และขี้ดินก่อนหมักมีค่า pH สูงสุด (เป็นเบสอ่อน) ค่า pH ที่อัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ:ขี้เค้ก:ขี้ดิน ในอัตราส่วน เท่ากับ 1.5:1.5:0 0:1.5:1.5 1.5:0:1.5 และ 1:1:1 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.14 8.51 6.11 และ 6.02 ตามลำดับ ดังนั้น pH ของปุ๋ยหมักจึงขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมัก คือ หากนำกากกาแฟมาเป็นส่วนผสมของปุ๋ยหมักจะทำให้ความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักลดลง และหากใช้ขี้ดินหรือขี้เค้กมาเป็นส่วนผสมของปุ๋ยหมักจะทำให้ pH ของปุ๋ยหมักสูงขึ้น จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นจะเห็นได้ว่า ปุ๋ยหมักทั้ง 7 ชุดการทดลอง มีค่า pH อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ที่กำหนดให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.5-8.5 ดังนั้นจึงสามารถนำปุ๋ยหมักไปใช้ประโยชน์ได้

2.4 ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ย

การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในระหว่างการผลิตปุ๋ยหมัก จะดำเนินการเก็บผลวิเคราะห์เมื่อเริ่มหมักปุ๋ยไปแล้ว 5 วัน และทำการวิเคราะห์ทุก 3 วัน ตลอดระยะเวลาการหมักปุ๋ย ผลของ EC ในระหว่างการหมักปุ๋ยในลังโฟม ทั้ง 7 ชุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 4

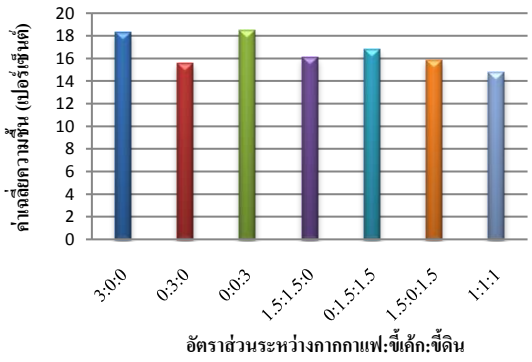


ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้าในระหว่างการหมักปุ๋ยในลังโฟม

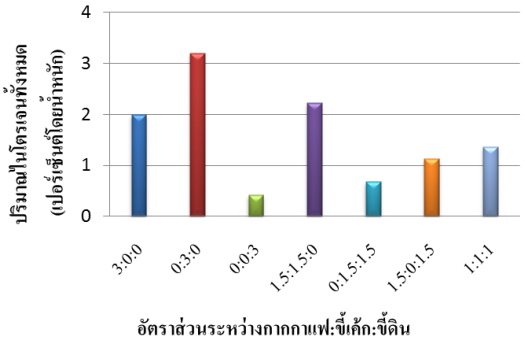
จากภาพที่ 4 พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักทั้ง 7 ชุดการทดลอง มีค่าเท่ากับ 0.63 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร 1.91 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร 0.13 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร 0.89 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร 0.69 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร 0.35 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และ 0.74 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ปุ๋ยหมักที่หมักได้ทุกอัตราส่วนมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดไว้ คือ ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยอินทรีย์จะต้องไม่เกิน 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548) เนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเกลือบางชนิดในดิน หากมีค่าเกิน 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อาจจะทำให้คุณภาพดินมีความเค็มสูง นอกจากนี้ ความเค็มยังส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารอื่นๆ

3. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์แล้ว

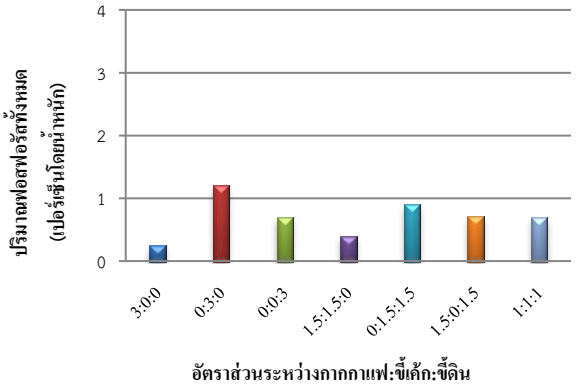
จากผลการวิเคราะห์สภาวะของปุ๋ยหมักทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีในระหว่างกระบวนการหลังจากทำการหมักปุ๋ยเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า ปุ๋ยหมักได้หมักสมบูรณ์แล้ว หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมักที่หมักสมบูรณ์แล้ว พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณธาตุอาหาร (ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสโพแทสเซียม) ค่าการนำไฟฟ้า และการย่อยสลายที่สมบูรณ์ (โดยทดสอบจากดัชนีการงอกของเมล็ด) ผลการวิเคราะห์ แสดงดังภาพที่ 5



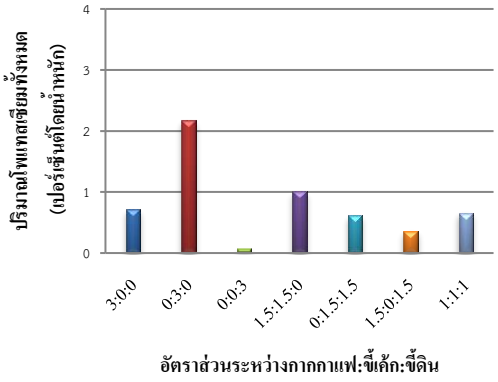
(ก)



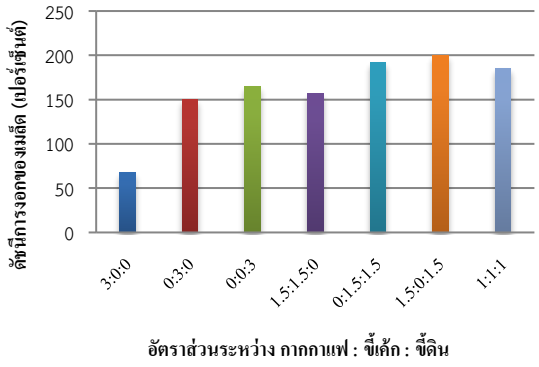
(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์แล้ว (ก) ความชื้น (ข) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ค) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ง) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด และ (จ) ดัชนีการงอกของเมล็ด

จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่า ความชื้นของปุ๋ยหมักทั้ง 7 ชุดการทดลอง เท่ากับ 18.28 เปอร์เซ็นต์ 15.60 เปอร์เซ็นต์ 18.46 เปอร์เซ็นต์ 16.11 เปอร์เซ็นต์ 16.77 เปอร์เซ็นต์ 15.87 เปอร์เซ็นต์ และ 14.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการนำวัตถุดิบมาผสมกันเพื่อผลิตเป็นปุ๋ยหมักจะทำให้ความชื้นของปุ๋ยหมักมีแนวโน้มลดลง และเมื่อเปรียบเทียบความชื้นของปุ๋ยหมักที่ได้กับเกณฑ์

มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) พบว่า ปุ๋ยหมักในทุกชุดการทดลองมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ คือ มีความชื้นไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก อยู่ในช่วง 0.42-3.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก หากเลือกใช้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียวทำการหมักในลังโฟม คือ กากกาแฟ (ชุดการทดลองที่ 1) ขี้เค้ก (ชุดการทดลองที่ 2) และขี้ดิน (ชุดการทดลองที่ 3) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก เท่ากับ 1.99 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 3.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 0.42 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งปุ๋ยหมักที่เกิดจากการหมักจากวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สูงที่สุด คือ ปุ๋ยหมักจากขี้เค้ก และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดน้อยสุด คือ ปุ๋ยหมักจากขี้ดิน ซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักจะมีความสอดคล้องกับคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาทำการหมัก กล่าวคือ ขี้เค้กก่อนหมักจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือเป็นกากกาแฟ และขี้ดินมีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดน้อยที่สุด ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักในอัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ: ขี้เค้ก:ขี้ดิน ในอัตราส่วน 1.5:1.5:0 0:1.5:1.5 1.5:0:1.5 และ 1:1:1 จะมีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 2.22 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 0.68 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 1.13 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 1.36 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ดังนั้น ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ คือ หากนำขี้เค้กมาเป็นส่วนผสมของปุ๋ยหมักจะทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักสูงขึ้น จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นจะเห็นได้ว่า ปุ๋ยหมัก 5 ชุดการทดลอง ในอัตราส่วน 3:0:0 0:3:0 1.5:1.5:0 1.5:0:1.5 และ 1:1:1 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ที่กำหนดให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมัก อยู่ในช่วง 0.26-1.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก หากเลือกใช้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียวทำการหมักในลังโฟม คือ กากกาแฟ (ชุดการทดลองที่ 1) ขี้เค้ก (ชุดการทดลองที่ 2) และขี้ดิน (ชุดการทดลองที่ 3) พบว่า ค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมัก เท่ากับ 0.26 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 1.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 0.70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งปุ๋ยหมักที่เกิดจากการหมักจากวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวมีค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สูงที่สุด คือ ปุ๋ยหมักจากขี้เค้ก และค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดน้อยสุด คือ ปุ๋ยหมักจากกากกาแฟ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของปุ๋ยหมักในอัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ:ขี้เค้ก:ขี้ดิน ในอัตราส่วน 1.5:1.5:0 0:1.5:1.5 1.5:0:1.5 และ 1:1:1 จะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดทั้งหมด เท่ากับ 0.40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 0.90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 0.71 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 0.70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ดังนั้น หากนำขี้เค้กมาเป็นส่วนผสมของปุ๋ยหมักจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของปุ๋ยหมักสูงขึ้น จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นจะเห็นได้ว่า ปุ๋ยหมัก 5 ชุดการทดลอง ในอัตราส่วน 0:3:0 0:0:3 0:1.5:1.5 1.5:0:1.5 และ 1:1:1 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ซึ่งกำหนดให้มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมัก อยู่ในช่วง 0.07-2.17 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก หากพิจารณาปุ๋ยหมักจากวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวทำการหมักในลังโฟม คือ กากกาแฟ (ชุดการทดลองที่ 1)

ขี้เค้ก (ชุดการทดลองที่ 2) และขี้ดิน (ชุดการทดลองที่ 3) พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมักเท่ากับ 0.71 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 2.17 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 0.07 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งปุ๋ยหมักที่เกิดจากการหมักจากวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่สูงที่สุดและต่ำที่สุด คือ ปุ๋ยหมักจากขี้เค้ก และปุ๋ยหมักจากขี้ดิน ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของปุ๋ยหมักจะมีความสอดคล้องกับคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาทำการหมัก กล่าวคือ ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของปุ๋ยหมักในอัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ:ขี้เค้ก:ขี้ดิน ในอัตราส่วน 1.5:1.5:0 0:1.5:1.5 1.5:0:1.5 และ 1:1:1 จะมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 1.01 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 0.61 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 0.36 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 0.66 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และพบว่าหากนำขี้เค้กมาเป็นส่วนผสมของปุ๋ยหมักจะทำให้ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของปุ๋ยหมักสูงขึ้น จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นจะเห็นได้ว่าปุ๋ยหมัก 5 ชุดการทดลองในอัตราส่วน 3:0:0 0:3:0 1.5:1.5:0 0:1.5:1.5 และ 1:1:1 มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) โดยกำหนดให้มีค่าปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ในลังโฟมที่หมักเสร็จสมบูรณ์แล้ว ด้วยการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index) โดยใช้เมล็ดผักกวางตุ้ง (*Brassica Chinensis* L.) ดัชนีการงอกของเมล็ดกวางตุ้งที่ได้ทดสอบเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยปุ๋ยหมักที่อัตราส่วน กากกาแฟ:ขี้เค้ก:ขี้ดิน เท่ากับ 0:3:0 0:0:3 1.5:1.5:0 0:1.5:1.5 1.5:0:1.5 และ 1:1:1 มีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วน 3:0:0 มีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดต่ำกว่าเกณฑ์ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ได้กำหนดไว้ว่าดัชนีการงอกของเมล็ดต้องมีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของภัทรวรรณ และ อรทัย (2555) ที่ทำการศึกษา การใช้ตะกอนชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตโอเลฟินส์เป็นวัสดุผลิตปุ๋ยหมักร่วม ซึ่งการศึกษาการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมักสามารถใช้ตรวจสอบสารพิษต่อพืช (phytotoxic substance) ที่เกิดจากการย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก หากปุ๋ยหมักมีสารพิษเป็นองค์ประกอบมากจะมีผลต่อการงอกและความยาวของรากพืชที่ใช้ทดสอบ จากผลการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่า ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้จากวัสดุเหลือใช้อัตราส่วน 0:3:0 0:0:3 1.5:1.5:0 0:1.5:1.5 1.5:0:1.5 และ 1:1:1 ปราศจากสารพิษและย่อยสลายสมบูรณ์แล้ว

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตและคุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ในลังโฟม โดยใช้ขยะอินทรีย์ในท้องถิ่น ได้แก่ กากกาแฟ ขี้เค้กจากโรงงานปาล์มน้ำมัน และขี้ดินจากโรงงานแปรรูปยางพารา ทำการศึกษาอัตราส่วนกากกาแฟ:ขี้เค้ก:ขี้ดิน คือ 3:0:0 0:3:0 0:0:3 1.5:1.5:0 0:1.5:1.5 1.5:0:1.5 และ 1:1:1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบ พบว่ากากกาแฟ ขี้เค้ก และขี้ดินมีธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักปุ๋ยได้ ในระหว่างการหมักได้ทำการศึกษาสภาวะต่างๆ พบว่ากระบวนการหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจนจะเสร็จสมบูรณ์ได้ต้องใช้เวลาในการหมักประมาณ 30 วัน โดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพ สำหรับธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

ทั้ง 7 อัตราส่วน มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.42-3.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 0.26-1.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 0.07-2.17 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้าและดัชนีการงอกของเมล็ดของปุ๋ยหมัก พบว่า ปุ๋ยหมักที่หมักได้ทุกอัตราส่วนมีค่าการนำไฟฟ้าและดัชนีการงอกของเมล็ดตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ปุ๋ยหมักที่อัตราส่วนกากกาแฟ:ขี้เค้ก:ขี้ดิน เท่ากับ 0:3:0 เป็นปุ๋ยหมักที่มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณธาตุอาหารหลักในการเจริญเติบโตของพืชสูงที่สุด และมีคุณสมบัติต่างๆ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้น ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้จากการหมักกากกาแฟ ขี้เค้กจากโรงงานปาล์มน้ำมัน และขี้ดินจากโรงงานแปรรูปยางพาราในลังโฟม สามารถผลิตเป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดินได้ นอกจากนี้ การใช้ลังโฟมเป็นภาชนะในการหมักปุ๋ยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับครัวเรือนหรือระดับชุมชนได้

อย่างไรก็ตาม จากผลการวิจัยข้างต้นยังมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม กล่าวคือ ควรมีการพัฒนาและปรับปรุงในเรื่องการออกแบบรูปแบบของลังโฟมและการนำขยะอินทรีย์ในครัวเรือน ชุมชน และอุตสาหกรรมชนิดอื่นมาหมักเพื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ เพื่อให้สามารถพัฒนาในเชิงพาณิชย์ ควรมีการเพิ่มขนาดของระบบหมักให้สามารถรองรับขยะอินทรีย์ได้ในปริมาณมาก และควรการศึกษาวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สำหรับการสนับสนุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้มาตรฐานและคุณภาพ.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2551. **คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 1. ควิกปริ๊นท์ ออฟเซ็ท, กรุงเทพฯ.

กัญจ์ภัส สรัชนพพรสิน และ ชนิดา ซิ้มเจริญ. 2556. ความเป็นไปได้ในการใช้กากกาแฟเป็นสารช่วยในการกระจายตัวของซิลิกาในยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร, นรีลักษณ์ ชูวรเวช, มนต์สรวง เรืองขนาบ, ทิวาพร ผดุง, พีรพงษ์ เชาวนพงษ์ และ ศรีสุดา รื่นเจริญ. 2548. **ปุ๋ยอินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

ณัฏฐาทัศน์ เจ้ยเปี้ยว. 2558. การจัดการของเสียในอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน กรณีศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักร่วมจากทะลายปาล์มเปล่าปาล์มน้ำมัน และกากตะกอนดีแคนเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิติ เหมพัฒน์, จรีรัตน์ สกุลรัตน์ และ จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์. 2552. การใช้ลังโฟมในการหมักมูลฝอยอินทรีย์จากบ้านเรือนและใบไม้. **วารสารวิทยาศาสตร์** 52(1): 358-363.

เบญจมาภรณ์ พิมพา, สาโรจน์ เรืองสุวรรณ และ โอภาส พิมพา. 2552. ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของผลพลอยได้จากโรงงาน

อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน, น. 221-223. *ใน* **สัมมนาวิชาการเกษตร ครั้งที่ 10.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พรศิลป์ สีเผือก, ปุณพิชญ์ ผดุงมาศ, พิชยา แก้วมโน และ วุฒิชัย สีเผือก. 2557. การใช้กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมันเป็นอาหารเสริมสำหรับเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐาน. **แก่นเกษตร** 42(ฉบับพิเศษ 3): 374-379.

ภัทรวรรณ อาวรณ์ และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์. 2555. การใช้ตะกอนชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตโอเลฟินส์เป็นวัสดุผลิตปุ๋ยหมักร่วม, น. 16-23. *ใน* **การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

วรรณวิภา ไกรพิทยากร และ อเนก สาวะอินทร์. 2559. ความเป็นไปได้ของการผลิตกระถางย่อยสลายได้จากกากกาแฟผสมปูนขาวจากเปลือกหอย, น. 1-6. *ใน* **เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 15.** โรงแรมเดอะ ทวิน ทาวเวอร์, กรุงเทพฯ.

Salange, I.M., Livia, M.C., João, P.A. Silva, Inês, C.R. and José, A.T. 2011. A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds. **Cabohydrate Polymer** 83(2): 368-374.