การเปรียบเทียบคุณภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากอัตราส่วนของวัสดุและวิธีการที่ต่างกัน

Comparison of the Quality of Liquid Biofertilizer Produced by Different Ratio of Material Components and Different Production Processes

ณัฐมณ ขวัญไชย [1], รองศาสตราจารย์ ดร.กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์ [2]

[1] นักศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม 73000

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ศึกษาคุณภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากอัตราส่วนของวัสดุและวิธีการที่ต่างกัน โดยสูตร 1 ใช้เศษปลา:เศษผักผลไม้ในอัตราส่วน 3:1 สูตร 2 ใช้อัตราส่วน 2:2 ส่วนสูตร 3 และ 4 ใช้อัตราส่วนของวัสดุเช่นเดียวกับสูตร 1 และ 2 ตามลำดับ แต่จะเริ่มเติมผักและผลไม้เมื่อการหมักเริ่มเข้าระยะที่ 2 หมักนาน 21 วัน พบว่า ตลอดระยะเวลาการหมัก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพมีอุณหภูมิ 28-32 °C, pH 3.9-4.8, EC 17.8-24.1 dS/m, C:N ratio 9.13-20.26, 0.43-0.99% total N, 0.36-0.49% total P_2O_5, 0.51-0.84% total K_2O, 0.6-10.1% Na, 0.079-0.275 mg/L As, <0.001 mg/L Cd, <0.004-0.02 mg/L Cr, 1.0-1.55 mg/L Cu, <0.014 mg/L Pb, <0.002-0.154 mg/L Hg, 2.62-5.36 mg/L Zn, และ 9.11-52.92 mg/L GA3 พบว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้ส่วนใหญ่ (ยกเว้นสูตร 4) มีปริมาณสารอาหารหลักและปริมาณฮอร์โมนพืช GA3 มากกว่าค่ามาตรฐาน อัตราส่วนของวัสดุที่เหมาะสมคือ เศษปลา:เศษผักและผลไม้ เป็น 3:1 และควรเติมผักและผลไม้ เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 ของการหมัก (วันที่ 7 ของการหมัก) จะเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ได้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่มีคุณภาพดีที่สุด ดังเช่นในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตร 3 ที่ได้จากการทดลอง

คำสำคัญ : ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ, คุณภาพ, อัตราส่วนวัสดุ, วิธีการผลิต

Abstract

This research investigated the quality of liquid biofertilizer produced by different ratio of material components and different production processes. There were four formulations performed in this study. For the 1st formulation, the ratio of fish waste to vegetable and fruit wastes was 3:1. While this ratio was modified to 2:2 for the 2nd formulation. For the 3rd and the 4th formulations these ratios were the same as those in the 1st and 2nd formulations, respectively, but vegetable and fruit wastes were added in the 2nd stage of fermentation. The fermentation lasted for 21 days. The fluctuation ranges of

the liquid biofertilizer parameters during fermentation process were 28-32°C for temperature, pH 3.9-4.8, 17.8-24.1 dS/m EC, 9.13-20.26 for C:N ratio, 0.43-0.99% total N, 0.36-0.49% total P_2O_5, 0.51-0.84% total K_2O, 0.6-10.1% Na, 0.079-0.275 mg/L As, <0.001 mg/L Cd, <0.004-0.02 mg/L Cr, 1.0-1.55 mg/L Cu, <0.014 mg/L Pb, <0.002-0.154 mg/L Hg, 2.62-5.36 mg/L Zn and 9.11-52.92 mg/L GA3. Most of liquid biofertilizer (except for the 4th formulation) performed in this research contained major elements and GA3 higher than those recommend in the standard. The optimal ratio of fish waste to vegetable and fruit waste was 3:1 and the optimal production process was addition of vegetable and fruit waste at the 2nd stage of fermentation, which was the 7th day of the fermentation. These resulted in the most optimal quality of liquid biofertilizer as in the 3rd formulation performed in the current research.

Keywords : Liquid biofertilizer, quality, ratio of material components, production process

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีพื้นที่ทางการเกษตรสูงถึง 46.54% ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ 149.7 ล้านไร่ จากทั้งหมด 320.7 ล้านไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555) และในช่วงปีพ.ศ. 2551-2555 พบว่า ปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรสำคัญมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี อีกทั้งการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องอาจทำให้ดินเสื่อมโทรมมากขึ้นและก่อให้เกิดมลพิษในดินและแหล่งน้ำ ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ควรส่งเสริมให้นำมาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริม (จุลธาตุ) กรดอินทรีย์ กรดฮิวมิก ฮอร์โมนออกซิน จิบเบอร์เรลลิน และไซโตไคนิน เอนไซม์บางชนิด และจุลินทรีย์บางชนิดที่เป็นประโยชน์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550) อีกทั้งยังมีผลการวิจัยไม่มากนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ระหว่างการหมักปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ รวมทั้งอัตราส่วนของวัสดุและวิธีการการหมักที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เปรียบเทียบคุณภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากอัตราส่วนของวัสดุที่ต่างกัน ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ
2. เปรียบเทียบคุณภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตด้วยวิธีการที่ต่างกัน ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ
3. สรุปอัตราส่วนของวัสดุและวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ เมื่อพิจารณาจากคุณภาพของปุ๋ยที่ได้ทั้งด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ กับค่ามาตรฐาน

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้ผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากอัตราส่วนของวัสดุและวิธีการที่ต่างกัน ทำการหมักนาน

21 วัน มีทั้งหมด 4 สูตรโดยสูตร 1 ใช้อัตราส่วนวัสดุตามที่แนะนำโดยกรมพัฒนาที่ดิน (2546) คือ เศษปลา: เศษผักและผลไม้ เป็น 3:1 ส่วนสูตร 2 ใช้เศษปลา:เศษผักผลไม้เป็น 2:2 ในสูตร 2 ส่วนสูตร 3 และ 4 ใช้อัตราส่วนวัสดุเช่นเดียวกับสูตร 1 และ 2 ตามลำดับ แต่เริ่มเติมเศษผักและผลไม้เมื่อเริ่มเข้าระยะที่ 2 ของการหมัก วิเคราะห์ลักษณะของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพด้านกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ และด้านเคมี ได้แก่ pH, EC, total N, total P^2O^5, total K_2O, TOC, C:N ratio, Na, heavy metals และฮอร์โมนพืช GA3 โดยวิเคราะห์ค่า อุณหภูมิ pH และ EC ทุกวันของการหมัก ส่วนค่า total N, total P^2O^5, total K_2O, OC, C:N ratio วิเคราะห์ที่วันเริ่มต้นและทุก 7 วันของการหมัก อีกทั้งวิเคราะห์ค่า Na, heavy metals และ GA3 ที่วันเริ่มต้นและวันสุดท้ายของการหมัก

การทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิดหลักการทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ คือ เกิดกระบวนการ plasmolysis เมื่อเติมกากน้ำตาล (molasses) ลงไปในวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ทำให้อินทรียสารที่อยู่ภายในเซลล์ เช่น กรดอะมิโน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ละลายออกมา และเกิดกระบวนการย่อยสลายอินทรียสารโดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและที่ไม่ต้องการออกซิเจน ทำให้สารอินทรีย์มีขนาดเล็กลง และมีการปลดปล่อยสารอินทรีย์บางชนิดที่จุลินทร์สร้างขึ้นมา เช่น กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ ฮอร์โมน และเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ และภูมิปัญญา (2549) รายงานถึงการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักดังนี้

ระยะที่ 1 ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจะเข้มข้น เป็นฟองใหญ่ไม่แตกง่าย

ระยะที่ 2 จะมีกลิ่นหอม ฟองจะเล็กและแตกง่าย

ระยะที่ 3 มีกลิ่นคล้ายน้ำส้มและแอลกอฮอล์ ฟองจะละเอียดมาก การผลิตแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นโดยยีสต์และจุลินทรีย์ที่สร้างกรดอินทรีย์พวกแลคติก ทำให้ได้กลิ่นของแอลกอฮอร์ค่อนข้างฉุน จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จะช่วยรักษาผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นไม่ให้เน่าเสีย ในระหว่างกระบวนการหมัก จากของเหลวใสไม่ขุ่นจะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาล

อีกทั้งกรมพัฒนาที่ดิน (2545) กล่าวว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ได้แล้วจะมีลักษณะคือ จุลินทรีย์เจริญที่ผิวหน้าของวัสดุหมักน้อยลง กลิ่นแอลกอฮอล์จะลดลง เนื่องจากยีสต์ใช้น้ำตาลไปจนกระบวนการเสร็จสิ้น และจุลินทรีย์ที่ใช้แอลกอฮอล์ได้ผลิตกรดอินทรีย์สมบูรณ์ ทำให้กิจกรรมการหมักลดลง มีกลิ่นเปรี้ยวเพิ่มขึ้น เนื่องจากกลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดอินทรีย์มากขึ้น ความเป็นกรดจึงสูงขึ้น ไม่ปรากฏฟองก๊าซ CO^2 เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์มีน้อยมาก เมื่อการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ จะได้ของเหลวใสสีน้ำตาล มีสภาพเป็นกรดสูง (pH 3-4) เนื่องจากจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักผลิตกรดอินทรีย์ จำพวกกรดแลคติก และกรดอะซีติก อีกทั้ง มีรายงานว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากเศษผักและผลไม้มีธาตุอาหารหลักและธาตุรองน้อยกว่าที่ผลิตจากสัตว์และจะใช้เวลาในการหมักสั้นกว่าที่ผลิตจากเศษปลา แต่จะมีฮอร์โมนมากกว่าที่ผลิตจากเศษปลา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) ดังนั้นการวิจัยนี้ จึงวางแผนการทดลองสำหรับสูตร 3 และ 4 โดยเติมเศษผักและผลไม้เมื่อเข้าสู่ระยะที่ 2 ของการหมัก เพื่อให้เวลาที่ใช้ในการหมักวัสดุต่าง ๆ ที่ทำให้ปุ๋ยได้ที่ใน

เวลาที่ใกล้เคียงกัน และคาดว่าฮอร์โมนที่เกิดขึ้นน่าจะสูญเสียไปน้อยกว่าการใส่เศษผักและผลไม้ตั้งแต่เริ่มต้นการหมัก

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วันวิสาข์ (2545) พบว่า ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากเปลือกมัน:กากน้ำตาล:น้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วน 3:1:15 เหมาะสมที่จะนำไปใช้ทางใบที่ความเข้มข้น 0.1% โดยปุ๋ยมีค่า pH ต่ำในช่วงแรกและต่อมามีค่าสูงจนคงที่ที่ pH 3.67 อุณหภูมิ 35 °C, C:N = 23.89, 0.09% N, 0.06% P, 0.35K, 9.42 mS/cm, 2.15% OC, 6,317.71 ppm Ca, 518.13 ppm Mg, 4.51 ppm Zn, 364.03 ppm Fe และ 1.31 ppm Cu และอภิญญา (2546) รายงานว่าเมื่อนำหัวเชื้อผสมของแบคทีเรีย แกรมบวก 3 ชนิดที่เจริญได้ดีในสภาพที่มีอากาศ ที่ทำการแยกเชื้อและคัดเลือกเชื้อเองจากตัวอย่างน้ำหมัก มาเติมลงไป 10% ของปริมาตรการหมัก ทำการหมักนาน 28 วัน พบว่าการหมักเศษผักกะหล่ำและผักกาดขาวปลีที่เติมหัวเชื้อแบคทีเรียช่วยให้ย่อยสลายได้เร็วกว่าแบบไม่เติมเชื้อ โดยการย่อยสลายจะเพิ่มจาก 36.69% เป็น 40.34% อีกทั้งพบว่าการเจือจางปุ๋ยน้ำหมักในอัตรา 1:500 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 และแต่งหน้าด้วยปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ทำให้ผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุด ส่วนภิรมย์ (2551) หมักผลไม้ชนิดต่าง ๆ :กากน้ำตาล:น้ำ ในอัตราส่วน 3:1:1 นาน 60 วัน เปรียบเทียบผลระหว่างที่ใส่และไม่ใส่ EM พบว่าธาตุอาหารในน้ำหมักทั้งที่เติม EM และไม่เติม EM มีปริมาณไม่แตกต่างกัน อีกทั้งพบว่าการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากวัสดุที่ต่างกันจะมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน เช่น น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากมะพร้าวอ่อนและมะพร้าวอ่อนเติม EM มี GA3 สูง ส่วนที่ผลิตจากสับปะรดและสับปะรดเติม EM มีธาตุอาหารหลักสูงที่ผลิตจากเปลือกสับปะรดและเปลือกสับปะรดเติม EM กับที่ผลิตจากกล้วยและกล้วยเติม EM มีธาตุอาหารรองสูง แต่น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากเปลือกกล้วย และเปลือกกล้วยเติม EM ไม่เหมาะในการผลิตน้ำหมักชีวภาพเนื่องจากมีปริมาณต่ำทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุรอง และ GA3 Ngampimol and Kunathigan (2008) เตรียมปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากเศษผัก พบว่า มีค่า pH 3.5-3.9, 0.05-0.28% total N, 0.08-0.13% total P, 0.46-0.66% total K นอกจากนี้ วีณารัตน์ (2553) ผลิตน้ำหมักชีวภาพจาก เศษปลา:กากน้ำตาล:น้ำกากส่าเหล้า ในอัตราส่วน 1:1:0, 1:0:1, 1:0.3:0.7, 1:0.5:0.5 และ 1:0.7:0.3 หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน พบว่าน้ำหมักมีค่า pH 3.81-10.77, EC 4.18-7.23 dS/m, 0.71-1.33% N, 0.07-0.19% P, 0.27-1.10% K อีกทั้งน้ำหมักที่เตรียมที่อัตราส่วน 1:0.7:0.3 ที่ความเข้มข้น 1:1,000 ทำให้พืชทดสอบ คือ ผักโขม กวางตุ้ง และผักบุ้งจีน มีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดสูงสุดโดยมีค่าเป็น 77%, 97% และ 72.5% ตามลำดับ ส่วน Sriwuryandari and Sembiring (2010) เตรียมปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากเศษสารอินทรีย์จากตลาด มาเติมมูลไก่และหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่ประกอบด้วย Actinomycetes และจุลินทรีย์อื่นๆที่ทำการคัดเลือกไว้ ในสภาพเติมอากาศใน bioreactor พบว่ามีค่า pH 7.5, 2.53% OC, 1.12% total N, 0.12% P^2O^5, 1.37% K_2O, 53.8 ppm Cu, 147.12 ppm Zn ต่อมา ปิยนันท์ และคณะ (2554) ศึกษาการใช้ EM เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพจากน้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลังเสริมกากน้ำตาล และรำข้าวละเอียดเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ และสูตรที่เติมสารเร่ง พด. 2 หมักนาน 35 วัน พบว่า ปุ๋ยที่ได้มีค่า pH 3.72-3.85, EC 17.05-17.75 µS/cm, TDS 13.50-15.17 °Brix, น้ำตาลทั้งหมด 016-0.22 g/L, 29.19-32.09%

OM, 0.141-0.533% N, 0.077-0.124% P และ 0.873-3.679% K นอกจากนี้ Uparivong (2012) เตรียมปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ พบว่าสูตรที่มีปริมาณธาตุหลักดีที่สุด คือ สูตร Bioteh-1 ที่เตรียมจากเศษดอกไม้ชิ้นเล็ก ๆ :กากน้ำตาล:หัวเชื้อจุลินทรีย์ ในอัตราส่วน 3:1:1 และน้ำสะอาด ทำการหมัก 14-21 วัน ปุ๋ยที่ได้มีค่า pH 4.19, EC 3.00 dS/m, 14 ppm total N, 28 ppm total P, 811 ppm total K, 108 ppm Na, 271 ppm Ca, 142 ppm Mg

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบวิธีวิจัย

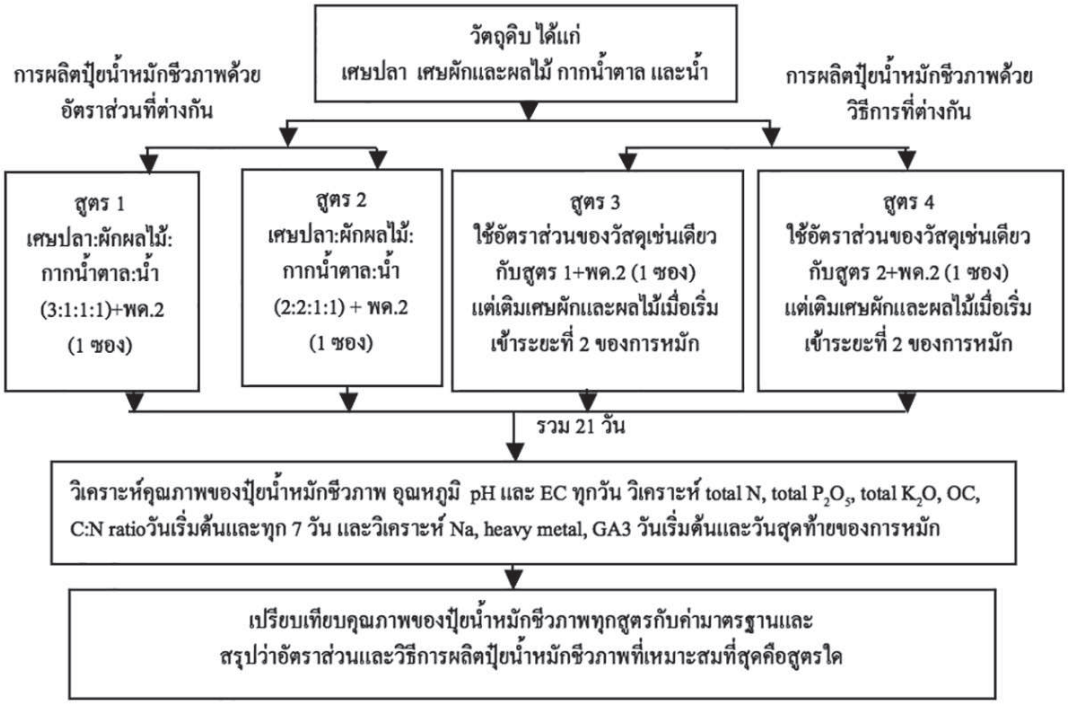
การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองระหว่างสูตรต่าง ๆ 4 สูตรสำหรับการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของอัตราส่วนวัสดุและวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน

2. วัสดุที่ใช้

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เศษปลา (หมายถึง หัว เครื่องใน หาง และ เกล็ดปลา) เศษผัก (หมายถึง เศษผักกาดขาว กะหล่ำปลี และ ผักบุ้ง) และ เศษผลไม้ (หมายถึง กล้วยสุก และ มะละกอสุก ที่ได้มาจากตลาดพรานนก เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร) กากน้ำตาล และ น้ำ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลดังสรุปในรูปที่ 1



รูปที่ 1 สรุปวิธีการดำเนินการทดลอง

เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่เตรียมจากวัตถุดิบ คือ เศษปลา:เศษผักและผลไม้ที่อัตราส่วนที่ต่างกัน 2 อัตราส่วน คือ 3:1 สำหรับสูตร 1 และ 3 กับ 2:2 สำหรับสูตร 2 และ 4 อีกทั้งเมื่อเตรียมด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือใส่วัตถุดิบต่างๆตั้งแต่เริ่มต้นสำหรับสูตร 1 และ 2 กับที่ใส่เศษผักและผลไม้เมื่อเข้าสู่ระยะที่ 2 ของการหมักสำหรับสูตร 3 และ 4 วิเคราะห์อุณหภูมิอากาศเหนือถังหมักและของปุ๋ยน้ำหมักในถังหมักตรงกลางถัง ส่วนการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ทางเคมีโดยใช้บีกเกอร์พลาสติกตักตัวอย่างที่กลางถังหมักครั้งละ 500 ml จนครบ 2 L กวนผสมตัวอย่างนี้ แล้วเก็บตัวอย่างซ้ำอีกครั้งจากตัวอย่าง 2 L นี้ที่กลางบีกเกอร์มา 1L เพื่อนำมาวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี สำหรับการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณ GA3 เก็บตัวอย่างปริมาตร 500 ml ในทำนองเดียวกับที่เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี ความถี่ในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางด้านต่าง ๆ ของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพแสดงดังในรูปที่ 1 เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์พารามิ เตอร์ต่าง ๆ สรุปดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์*	**เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์**
1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH Meter รุ่น Seven Compact Mettler Toledo
2. อุณหภูมิ	Thermometer
3. สภาพนำไฟฟ้า (EC)	Conductivity Meter รุ่น YSI 3200 Probe YSI 3252
4. TOC	UV Persulfate Method
5. Total N	Kjeldahl Method
6. Total P2O5	Vanadomolybdate Method
7. Total K2O	Flame Photometer Method
8. As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn และ Na	ICP-OES Method (Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer) Method
9. ฮอร์โมนพืช (GA3)	HPLC

หมายเหตุ: * พารามิเตอร์ข้อ 4; (5, 6, 7); 8 และ 9 ส่งวิเคราะห์ที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศิลปากร, สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรมวิทยาศาสตร์บริการ, ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

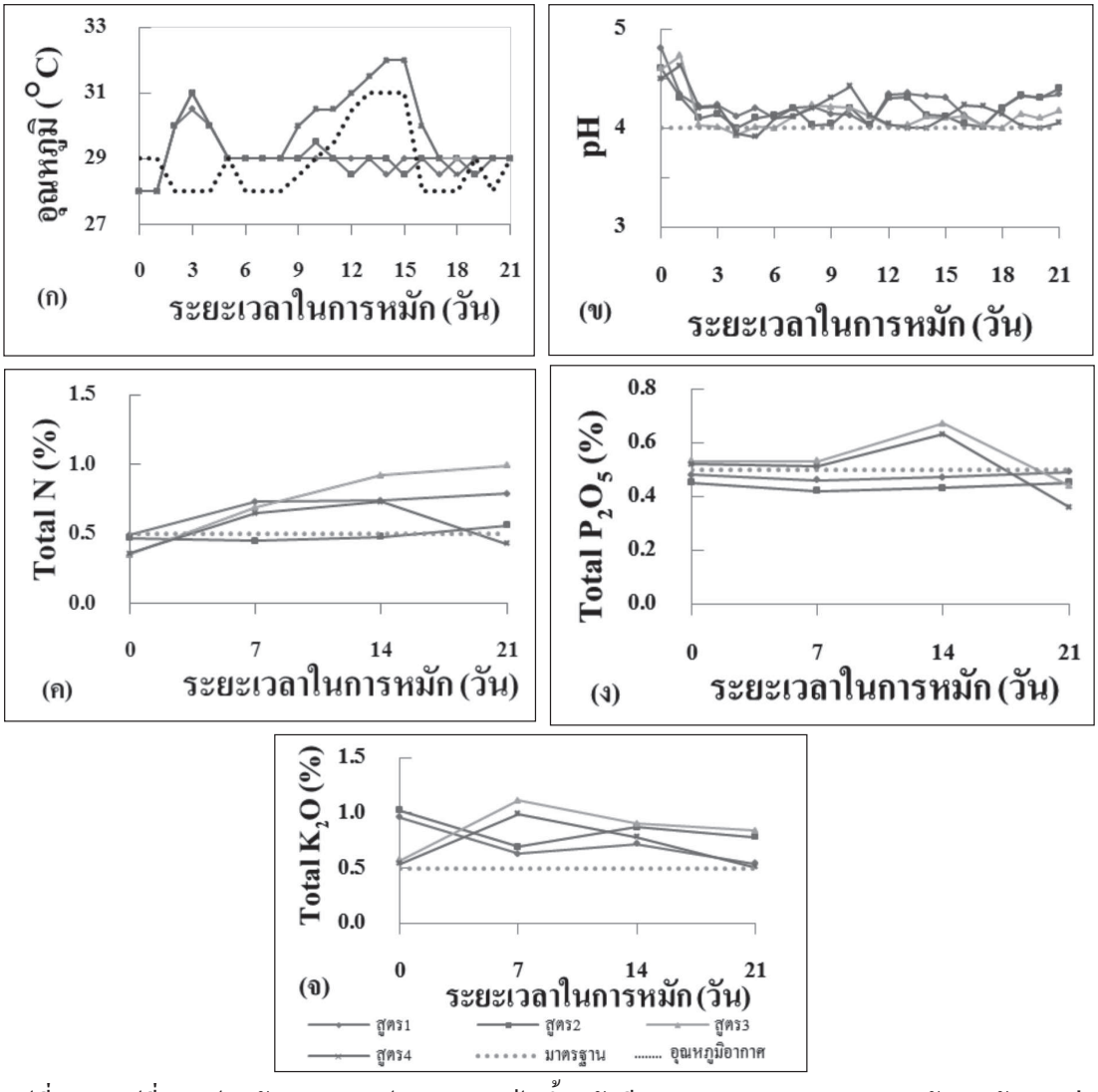
ทุกพารามิเตอร์แต่ละช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง (รูปที่ 1) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ นำมาหาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (รูปที่ 2 และตารางที่ 2) ประมวลผลทั้งหมดและพิจารณาในภาพรวม เพื่อสรุปว่าอัตราส่วนของวัสดุและวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพคืออัตราส่วนของวัสดุใดและวิธีการใด

ผลการวิจัย

1. การเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางด้านต่างๆของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

เมื่อพิจารณาตามระยะของการหมักที่ภูมิปัญญา (2549) รายงานไว้ พบว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตร 1 และ 2 เข้าสู่ระยะที่ 1, 2 และ 3 เมื่อวันที่ 3, 8 และ 13 ของการหมัก ตามลำดับ ส่วนสูตร 3 และ 4 เข้าสู่ระยะที่ 1 เมื่อวันที่ 3 และเริ่มเข้าระยะที่ 2 เมื่อวันที่ 6-7 ต่อมาเมื่อเติมเศษผักและผลไม้ลงไป ก็จะกลับไประยะที่ 1 อีกครั้ง แล้วเข้าสู่ระยะที่ 2 ของการหมักในวันที่ 13 และเข้าสู่ระยะที่ 3 ในวันที่ 19 อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตพบว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพใช้ได้แล้วในวันที่ 21 ของการหมัก

นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงลักษณะอื่นๆของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพตลอดระยะเวลาการหมัก 21 วันแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะบางประการของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพตลอดระยะเวลาการหมัก 21 วัน พบว่าตลอดระยะเวลาการหมัก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพมีอุณหภูมิ 28-32 °C, pH 3.9-4.8, EC 17.8-24.1 dS/m,

C:N ratio 9.13-20.26, total N 0.43-0.99%, total P2O5 0.36-0.49%, total K2O 0.51-0.84%, Na 0.6-10.1%, As 0.079-0.275 mg/L, Cd <0.001 mg/L, Cr <0.004-0.02 mg/L, Cu 1.0-1.55 mg/L, Pb <0.014 mg/L, Hg <0.002-0.154 mg/L, Zn 2.62-5.36 mg/L, และ GA3 9.11-52.92 mg/L

2. การเปรียบเทียบลักษณะปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเมื่อสิ้นสุดการหมักในวันที่ 21 กับค่ามาตรฐาน

เมื่อสิ้นสุดการหมักในวันที่ 21 ลักษณะของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานแสดงดังในตารางที่ 2 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ที่กำหนดในมาตรฐาน (ยกเว้น EC, Na, pH และ Hg) ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตร 3 เท่านั้นที่มีลักษณะได้ตามมาตรฐาน

ตารางที่ 2 ลักษณะของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพทั้ง 4 สูตรเมื่อสิ้นสุดการหมักในวันที่ 21 เทียบกับค่ามาตรฐาน

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน**	ค่าเฉลี่ยลักษณะของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ (n = 3)			
		สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
Total N (%)	≥0.5%	0.79	0.56	0.99	0.43
Total P2O5 (%)	≥0.5%	0.52	0.51	0.73	0.36
Total K2O (%)	≥0.5%	0.54	0.78	0.84	0.51
C:N Ratio	≤20:1	16.08	10.22à	9.13	20.26
EC (dS/m)*	≤20	23.60	22.40	24.10	20.20
Na (%)*	≤1%	10.12	5.39	6.87	0.65
pH*	≤4.0	4.43	4.40	4.17	4.05
GA3 (mg/L)	≥5.0	9.11	19.55	37.45	52.92
As (mg/L)	≤0.25	0.14	0.275	0.198	0.079
Cd (mg/L)	≤0.03	-	-	-	-
Cr (mg/L)	≤0.50	-	0.01	0.02	-
Cu (mg/L)	≤1.00	1.55	1.02	1.0	1.42
Pb (mg/L)	≤0.20	-	-	-	-
Hg (mg/L)*	≤0.005	0.017	0.154	0.129	-
Zn (mg/L)	≤5.00	2.62	3.02	4.43	5.36

หมายเหตุ – หมายถึง ตรวจไม่พบ (Cd, Cr, Pb และ Hg มีค่า <0.001, <0.004, <0.014 และ <0.002 mg/L ตามลำดับ)

* หมายถึง ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ≥3 สูตรมีค่าเกินค่ามาตรฐาน

** ค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร (2555) และกรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2555) และ กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

อภิปรายผลการวิจัย

อุณหภูมิของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพตลอดการหมักมีค่า 28-32°C ซึ่งสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศตลอดช่วงศึกษาที่มีค่า 28-31 °C โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตร 3 และ 4 (รูปที่ 2ก) ยกเว้นในวันที่ 2-4 ของการหมักที่อุณหภูมิปุ๋ยมีค่าเพิ่มขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิอากาศกลับลดลงในช่วงดังกล่าว และในวันที่ 6-8, 17-20 เนื่องจากมีฝนตก และในวันที่ 9-16 ของการหมักอุณหภูมิปุ๋ยในสูตร 3 และ 4 เพิ่มขึ้นหลังจากการเติมเศษผักและผลไม้ลงไปเมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 ของการหมัก (วันที่ 7 ของการหมัก)

pH ของปุ๋ยในช่วงแรกของการหมักมีค่า 4.5-4.8 (รูป 2ข) ต่อมาแบคทีเรียสร้างกรดอินทรีย์มากขึ้น ทำให้ในช่วงวันที่ 2-5 ของการหมัก pH มีค่าต่ำลงคือ 3.9-4.2 จึงทำให้ยีสต์และราจะเจริญได้ดีกว่าแบคทีเรีย ซึ่งสังเกตได้ว่ามีฝ้าขาวเกิดขึ้นเป็นจุดๆกระจายบนผิวหน้า ส่วนปุ๋ยสูตร 3 และ 4 หลังเติมเศษผักและผลไม้ พบว่า pH เพิ่มขึ้นในวันที่ 8-11 และสำหรับปุ๋ยสูตร 1 และ 2 เมื่อหมักได้ 13 วันมีกลิ่นหอม เนื่องจากยีสต์สร้างแอลกอฮอล์ อีกทั้งเมื่อราย่อยสลายเซลลูโลสได้ดีจะมีการสร้างแอมโมเนีย ทำให้ปุ๋ยมี pH สูงขึ้น และต่อมาเมื่อสารอาหารเริ่มหมด กิจกรรมของจุลินทรีย์ก็ลดลง ทำให้เมื่อหมักได้ 19 วัน pH จะมีค่า 4.0-4.3 ค่า EC ของปุ๋ยน้ำหมักที่ได้จากการวิจัยนี้มีค่า 20.2-24.1 dS/m โดยส่วนใหญ่ (สูตร 1-3) เมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น ค่า EC ของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพมีค่าเพิ่มขึ้น ยกเว้นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตร 4 ที่ค่า EC ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งค่า EC ของปุ๋ยที่ได้จากการวิจัยนี้มีค่าสูงกว่าค่า EC ของปุ๋ยน้ำหมักที่รายงานโดยวีณารัตน์ (2553) ปิยนันท์และคณะ (2554) และ Uparivong (2012) อีกทั้งสูงกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตาม การใช้ต้องมีการเจือจาง ดังนั้นจึงไม่น่าจะก่อให้เกิดปัญหามากนัก

ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากการวิจัยนี้มีค่าสูงกว่าในปุ๋ยน้ำหมักที่เตรียมจากวัสดุชนิดอื่นในอัตราส่วนที่ต่างกันดังเช่นจากการศึกษาของวันวิสาข์ (2545) และ Ngampimol and Kunathigan (2008) แต่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากการศึกษาของวีณารัตน์ (2553) และ Sriwuryandari and Sembiring (2010) มีความเข้มข้นของ N และ K มากกว่าปุ๋ยน้ำหมักที่ได้จากการวิจัยนี้

อีกทั้งเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่า ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพส่วนใหญ่ที่ได้จากการวิจัยนี้ (ยกเว้นสูตร 4) มีความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักและ GA3 มากกว่าค่ามาตรฐาน โดยสูตร 3 มีปริมาณมากกว่าทุกสูตรการทดลอง และเมื่อพิจารณาจากความเข้นข้นของ heavy metals พบว่า สูตร 3 มีสมบัติดีที่สุด คือ มีแค่ Hg เท่านั้นที่มีค่าเกินค่ามาตรฐาน คือมีค่า 0.129 mg/L (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.005 mg/L) รองลงมา

ที่พบว่ามีค่า heavy metals เกินกว่ามาตรฐาน 2 ชนิด คือ สูตร 1 มี Cu 1.55 mg/L (ค่ามาตรฐาน ⩽ 1.00 mg/L) และ Hg 0.017 mg/L และสูตร 4 พบว่ามีค่า heavy metals เกินกว่ามาตรฐาน 2 ชนิด คือมี Cu 1.42 mg/L และ Zn 5.36 mg/L (ค่ามาตรฐาน ⩽ 5.00 mg/L) ส่วนสูตร 2 มีชนิดของ heavy metals ที่เกินกว่าค่ามาตรฐานมากที่สุด คือ 3 ชนิด ได้แก่ As 0.275 mg/L (ค่ามาตรฐาน ⩽ 0.25 mg/L), Cu 1.02 mg/L และ Hg 0.154 mg/L

เมื่อพิจารณาทั้งอัตราส่วนของวัสดุ และวิธีการที่ใช้ในการผลิตแล้ว พบว่า ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรที่ 3 ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีที่สุด โดยมีความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก คือ 0.99% total N, 0.73% total P^2O^5, 0.84% total K_2O และ 37.45 mg/L GA3 ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด (ค่ามาตรฐาน GA3 ⩾5.0 mg/L)

ข้อเสนอแนะ

ดังนั้นการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่แนะนำ คือ การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรที่ 3 ซึ่งอัตราส่วนของวัสดุคือ เศษปลา:เศษผักและผลไม้ เป็น 3:1 และควรเติมผักและผลไม้ เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 ของการหมัก (วันที่ 7 ของการหมัก)

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2545). **คู่มือการผลิตและประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ.** หนังสืออิเล็กทรอนิกส์. สืบค้นเมื่อ กันยายน 12, 2556, จาก http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/index.php/component/content/article/951.

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2546). **สารเร่งประเภทจุลินทรีย์ พด.1 พด.2 พด.3 สำหรับเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตการเกษตร.** เอกสารเผยแพร่อิเล็กทรอนิกส์. สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 5, 2555, จาก http://e-library.ldd.go.th/library/Ebook/bib32.pdf.

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2547). **มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่รับรองโดยกรมพัฒนาที่ดิน.** มาตรฐานสินค้าที่ให้การรับรอง. สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 25, 2552, จาก http://www.ldd.go.th/link_q/standard/4.htm.

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2550). **มีอะไรในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ.** เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี ชุดความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน (สนท. 010008-2550). สืบค้นเมื่อ ธันวาคม 6, 2553, จาก http://www.ldd.go.th/menu_Dataonline/G1/G1_21.pdf.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2555). **ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง การขอขึ้นทะเบียน การออกใบสำคัญการขึ้นทะเบียน การขอแก้ไขรายการทะเบียน และการแก้ไขรายการทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2555.** ใน ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 129 ตอนพิเศษ 59 วันที่ 29 มีนาคม 2555. หน้า 12-14. สืบค้นเมื่อ กันยายน 13, 2556, จาก http://www.doa.go.th/oic/images/7-4/704.01.15.55.pdf.

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2555). **การใช้ที่ดินทางการเกษตร. สถิติข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี.** สืบค้นเมื่อ กรกฎาคม 19, 2556, จาก http://www.agriinfo.doae.

ปิยนันท์ ชมนาวัง ชาญณรงค์ ชมนาวัง แก้วตา สูตรสุวรรณ มัลลิกา ธีรกุล และรัฐพล มีลาภสม. (2554). **ผลของอีเอ็มต่อการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพจากน้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลัง.** ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 7. หน้า 408-413. มหาสารคาม: คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ร่วมกับกรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ภูมิปัญญา อภิวัฒน์. (2549). **การผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์จากธรรมชาติ (IMO Process from Nature).** สืบค้นเมื่อ กันยายน 15, 2556, จาก http://www.budmgt.com/agri/agri01/imo-process-nature.html.

ภิรมย์ สุวรรณสม. (2551). **การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและกรดจิบเบอเรลลิก (จีเอ3) ในน้ำหมักชีวภาพ.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วีณารัตน์ มูลนัตน์. (2553). **ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากส่าเหล้าทดแทนกากน้ำ ตาลต่อการเจริญเติบโตของผักโขมผัก (Amaranthus tricolor) ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ (Brassica campestris var. chinensis) และผักบุ้งจีน (Ipomoea aquatic var.reptans).** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรยั่งยืน ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วันวิสาข์ ปั้นศักดิ์. (2545). **การใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้จากโรงงานแป้งมันสำปะหลังเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรธรรามชาติและสิ่งแวดล้อม) ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อภิญญา แสงสุวรรณ. (2546). **การผลิตปุ๋ยน้ำหมักจากขยะอินทรีย์.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ngampimol, H. and Kunathigan, V. (2008). **The study of shelf life for liquid biofertilizer from vegetable waste.** Assumption University Journal of Technology. 11(40), 204-208.

Poincelot, Raymond P. (1979). **A scientific examination of the principles and practice of composting.** Compost Science 15(3), 21-31.

Sriwuryandari, L. and Sembiring, T. (2010). **Liquid biofertilizer and compost from organic market waste.** Teknologi Indonesia. 33(2), 86-91.

Uparivong, S. (2012). **Bioclean and liquid biofertilizers a new way to the green area.** International Journal of GEOMATE. 2(1), 144-147.