การศึกษาคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่ได้จากกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสีย และวัสดุอินทรีย์

Properties of Organic Fertilizer Prepared from Sludge of Wastewater Treatment System and Organic Materials

ประวรดา โภชนจันทร์[1]

[1]ศูนย์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

E-mail: praworada2002@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการตามมาตรฐานคุณสมบัติของปุ๋ยหมัก โดยศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมักทำปุ๋ยและศึกษาถึงอัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ และกากตะกอนรวมทั้งระยะเวลาหมักทำปุ๋ยที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารที่เกี่ยวข้องในกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย

ผลการศึกษา พบว่า วัสดุที่ใช้ในการศึกษา 6 ชนิด คือ กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย กก ธูปฤาษี ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสด พบว่าวัสดุส่วนใหญ่มีคุณลักษณะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ โดยปริมาณธาตุอาหารทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโดยเฉพาะโพแทสเซียมมีปริมาณค่อนข้างสูงจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำปุ๋ยหมักแต่ในส่วนของปริมาณโลหะหนักโดยเฉพาะปริมาณโครเมียม พบว่า ในกากตะกอนมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และจากการศึกษาพบว่า อัตราส่วน C/N ratio ที่เหมาะสม คือ C/N ratio 25 และระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักทำปุ๋ยคือ 60 วัน โดยวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ยทั้ง 6 ชนิด สามารถนำมาใช้ในการหมักทำปุ๋ยเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญแก่พืชได้ทั้งปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2548 โดยพบว่า วัสดุที่ดีที่สุดในการหมักทำปุ๋ย คือ กก ธูปฤาษี และผักตบชวา โดยควรมีการศึกษาถึงแนวทางในการกำจัดปริมาณโครเมียมที่มีปริมาณสูงในกากตะกอนก่อนที่จะนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปใช้ประโยชน์ เช่น การปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นต้น และควรนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปปลูกพืชชนิดหญ้าหรือไม้ประดับเพื่อใช้เป็นสนามหญ้า สนามกอล์ฟ และสวนสาธารณะ แม้ว่าจะมีปริมาณธาตุอาหารที่สูง ทั้งปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ก็ตาม แต่เนื่องจากมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก

Abstract

The objectives of this study were to analyze some physical and chemical properties of organic fertilizer based on organic fertilizer properties standards, study factors related to the fertilization process, and study the suitable ratio of organic materials and sludge and the suitable fertilizing period affecting the amount of nutrients in sludge of wastewater treatment system and organic materials used to make the fertilizer.

The research findings showed that six materials were used for making organic fertilizer, namely, sludge from wastewater treatment system, reed (*Cyperus polystachyos* Roxb.), cattail (*Typha angustifolia* Linn.), water hyacinth (*Eichhornia classipes* (Mart.) Solms), rice straw, and fresh garbage. It was found that the majority of materials had properties that met the organic fertilizer properties standards, with the amounts of nutrients such as nitrogen, phosphorus, and especially potassium at the high level. Thus they were suitable as materials for making organic fertilizer. However, the amount of heavy metals, especially that of chromium in the sludge was significantly higher ($p<0.05$) than that specified in the organic fertilizer properties standards. Also, it was found that the suitable C/N ratio was C/N ratio 25 and the suitable fertilizing duration was 60 days. All six materials could be used in making organic fertilizer to increase the amount of main nutrients, namely, all required nitrogen, all required potassium, all required phosphorus, and the amount of carbon per nitrogen, which were within the Organic Fertilizer Properties Standards, B.E. 2548 of the Department of Agriculture. The best materials for making organic fertilizer were reed (*Cyperus polystachyos* Roxb.), cattail (*Typha angustifolia* Linn.) and water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). Before actual utilization of the obtained organic fertilizer, there should be a study to find ways to eliminate the high amount of heavy metals in the fertilizer and to adjust the pH values. The obtained organic fertilizer should be used to plant grasses or decorating plants for the yards, golf courses, and public parks. The contamination of heavy metals in the obtained fertilizer rendered it unsuitable to be used with food plants, even though it contained high amounts of nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium.

คำสำคัญ: กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย, ธาตุอาหารพืช, ปุ๋ยหมัก

บทนำ

กากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่ใช้แบคทีเรียจำพวกใช้อากาศ (Aerobic bacteria) ซึ่งเป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ก่อให้เกิดกากตะกอน (Sludge) ซึ่งเป็นผลผลิตที่สำคัญและมีปริมาณมากกว่า 7,680 ตัน/ปี (ธงชัย มาลา, 2546) ส่งผลให้เป็นเกิดปัญหาที่สำคัญหลายประการ ทั้งปัญหามีกลิ่นเหม็น การเพาะพันธุ์เชื้อโรค ปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษ ซึ่งประเทศไทยกำลังประสบกับปัญหาดังกล่าว ดังนั้นการจัดการกับกากตะกอนเหล่านี้จึงมีความจำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นการจัดการโดยการนำกากตะกอนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งจัดเป็น

การลดการปล่อยของเสีย Zero discharge ภายใต้หลักการของ Waste minimization ที่ทำให้ของเสียกลายเป็นประโยชน์ทั้งต่อโรงงานที่เป็นแหล่งกำเนิดกากตะกอน และประเทศไทยในแง่ของการลดต้นทุนในการผลิตสินค้า

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะเฉพาะของประเทศไทย จะพบว่า ประเทศไทยมีพื้นฐานเป็นประเทศเกษตรกรรม โดยมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 321 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ถือครองทางการเกษตรกรรม ประมาณ 313 ล้านไร่ หรือประมาณร้อยละ 41 ของพื้นที่ทั้งประเทศ และมีพื้นที่ป่าไม้เพียง 80.61 ล้านไร่ หรือประมาณร้อยละ 25.11 ของพื้นที่ทั้งประเทศเท่านั้น การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรโดยขยายพื้นที่เพาะปลูกด้วยการบุกรุกป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์หรือมีปริมาณธาตุอาหารสูง โดยไม่ต้องใส่ปุ๋ยบำรุงดิน จึงทำให้เกิดพื้นที่ดินซึ่งขาดความอุดมสมบูรณ์ถึง 98.7 ล้านไร่ หรือประมาณร้อยละ 31 ของพื้นที่ทั้งหมด ทำให้ได้ผลผลิตต่ำ ต้นทุนสูง และคุณภาพของผลผลิตไม่ได้มาตรฐาน จากปัญหาดังกล่าวทำให้รัฐบาลต้องกำหนดนโยบายและมาตรการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การนำเทคโนโลยีการเกษตรด้านต่างๆ มาใช้ เช่น การใช้พันธุ์พืชที่ดีให้ได้ผลผลิตสูง มีคุณภาพ และการใช้ปุ๋ย ซึ่งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร มีโครงการรณรงค์การใช้ปุ๋ย เพื่อความปลอดภัยของสินค้าเกษตรและอาหาร โดยการสำรวจในเบื้องต้น พบว่า เกษตรกรมีความต้องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 543,807 ตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 13.6 ของความต้องการใช้ปุ๋ยทั้งหมดของเกษตรกร (กองปฐพีวิทยา, 2540) แต่ปริมาณการใช้ปุ๋ยอยู่ในปริมาณที่ต่ำ เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีธาตุอาหารค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมีในปริมาณที่เท่ากัน การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อให้ธาตุอาหารเพียงพอและสมดุลสำหรับพืชหรือเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีจึงต้องใช้ในปริมาณมาก ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งการแก้ไขปัญหาดังกล่าว รัฐบาลได้ดำเนินการอบรมและเผยแพร่ความรู้เพื่อให้เกษตรกร สามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ขึ้นใช้เองจากวัสดุในไร่นา รวมทั้งเลือกชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ให้เหมาะสมกับพืชและดินในแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้การสำรวจภาวะเศรษฐกิจ สังคมครัวเรือนเกษตร พบว่า เกษตรกรใช้จ่ายเงินสดในการซื้อปุ๋ยอินทรีย์ โดยเฉลี่ยประมาณ 250 บาท/ครัวเรือน/ปี (กองปฐพีวิทยา, 2540) โดยซื้อปุ๋ยคอกมากที่สุด คาดว่าปริมาณความต้องการของครัวเรือนเกษตรไทยจะเพิ่มมากขึ้นจากการที่กระทรวงเกษตรฯ มีโครงการการรณรงค์ให้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ของครัวเรือนเกษตรไทยเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นหากสามารถนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียไปใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรก็จะเพิ่มมูลค่าของกากตะกอนดังกล่าวได้มากถึง 3.84 ล้านบาท/ปี ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะหาวิธีการนำกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียมาผลิตเป็นปุ๋ยหมัก เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ มีค่าใช้จ่ายในการจัดการค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ปุ๋ยหมักสามารถนำไปใช้ปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้น เช่น เพิ่มความร่วนให้แก่ดินและยังลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี ก่อให้เกิดเป็นการเกษตรที่ยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย

2. เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมักทำปุ๋ยที่ใช้กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย

3. เพื่อศึกษาถึงอัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้และกากตะกอน และระยะเวลาหมักทำปุ๋ยที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารที่เกี่ยวข้องในกากตะกอนที่จะทำปุ๋ยหมัก

วิธีการศึกษา

1. การเลือกกากตะกอนน้ำเสียและวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1.1 กากตะกอนน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย

กากตะกอนน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยเป็นกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมของบริษัทแกรนด์ยูนิตี้ ประเทศไทย จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 77/1 ถนนห้วยโป่ง-หนองบอน ตำบลห้วยโป่ง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ซึ่งมาจากการบำบัดของเสียที่เป็นอันตรายและของเสียที่ไม่เป็นอันตราย จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ในเขตจังหวัดระยอง ได้แก่ ตัวทำละลายที่ใช้งานแล้ว, ของเสียประเภทน้ำ น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันหล่อเย็น, ของเสียประเภทโลหะ โลหะผสม, เศษจากการบดจากโรงงาน, เถ้าลอยจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า, น้ำเสียจากกระบวนการผลิต และกากตะกอน, ของเสียประเภทที่ประกอบหรือมีสารเคมีที่ไม่ได้คุณภาพตามที่กำหนดหรือหมดอายุ, ของเสียประเภทยาง พลาสติก โดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) ซึ่งมีปริมาณมากและไม่ได้ถูกใช้ประโยชน์ บริษัทดังกล่าวได้วางกองทิ้งไว้เฉยๆ

1.2 วัสดุที่ใช้หมักทำปุ๋ย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการคัดเลือกวัสดุจากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง แล้วเลือกวัสดุที่ใช้หมักทำปุ๋ยโดยมีปัจจัยในการคัดเลือก คือ มีปริมาณไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมค่อนข้างสูง สามารถพบได้ง่ายและมีทั่วไปในพื้นที่ ไม่มีราคาหรือต้นทุนมาก จากปัจจัยดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้เลือกวัสดุ 5 ชนิด ดังนี้คือ

1) ฟางข้าว เป็นอินทรียวัตถุที่มาจากสิ่งที่เหลืออยู่ จากการที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวข้าว

2) ขยะสด เป็นขยะเศษอาหาร และขยะทั่วไปจากบ้านเรือน ร้านอาหารและชุมชน

3) ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) เป็นพืชน้ำล้มลุกอายุหลายฤดู มีลำต้นสั้น แตกใบเป็นกอลอยไปตามน้ำ มีไหล ซึ่งเกิดตามซอกใบแล้วเจริญเป็นต้นอ่อนที่ปลายไหล ถ้าน้ำตื้นก็จะหยั่งรากลงดิน ใบเป็นใบเดี่ยวรูปไข่หรือเกือบกลม ก้านใบกลมอวบน้ำตรงกลางพองออกภายในเป็นช่องอากาศคล้ายฟองน้ำช่วยให้ลอยน้ำได้ ดอกเกิดเป็นช่อที่ปลายยอดมีดอกย่อย 3-25 ดอก สีม่วงอ่อน มีกลีบดอก 6 กลีบ กลีบบนสุดขนาดใหญ่กว่ากลีบอื่นๆ และมีจุดเหลืองที่กลางกลีบ สามารถอยู่ได้ทุกสภาพน้ำ

4) ธูปฤาษี (*Typha angustifolia* Linn.) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี ส่วนมากอยู่ในน้ำ มีเหง้าแตกแขนง ลำต้นแข็ง ใบออกจากโคนลำต้น มีกาบใบ ใบเรียงสลับในระนาบเดียวกัน รูปแถบ ช่อดอกแบบช่อเชิงลดรูปทรงกระบอก พบได้ทั่วไปในทุกภูมิภาค ขึ้นตามหนองน้ำ ทะเลสาบ หรือริมคลอง ตามที่โล่งทั่วไป สามารถนำใบใช้สานเสื่อหรือตะกร้า ช่อดอกแห้งใช้เป็นไม้ประดับ

5) กกขี้หมา (*Cyperus polystachyos* Roxb.) ลำต้นตั้งตรง ลำต้นตัน เป็นสามเหลี่ยม บางครั้งก็กลม ใบเหมือนใบหญ้า ใบที่อยู่แถบโคนต้นจะเปลี่ยนเป็นเกล็ดหรือแน่นห่อหุ้มโคนต้นและไหล ช่อดอกเกิดที่ปลายต้นเป็นหลายแบบ ดอกรวม (spikelet) ประกอบด้วยดอกย่อย (floret) ดอกเดียวหรือหลายดอกและเป็นดอกที่สมบูรณ์เพศมีเกสรเพศผู้ 1-3 อัน เกสรเพศเมีย 2-3 แฉก พืชสกุลนี้มีหลายชนิดเป็นวัชพืช เป็นสมุนไพร ประกอบยารักษาโรค เป็นอาหารและใช้ทำภาชนะเครื่องใช้ต่างๆ ได้ พบทั่วไปในท้องนาและบริเวณที่ลุ่มน้ำตื้น

2. การเตรียมกากตะกอนและวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

นำกากตะกอนน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้ไปผึ่งให้แห้งในที่ร่มจนแห้ง ประมาณ 3-7 วัน จากนั้นนำไปบดให้เข้ากันร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ส่วนเศษวัสดุ ได้แก่ ฟางข้าว ขยะสด ผักตบชวา ธูปฤาษี และกก นำมาสับย่อยให้มีขนาด 1-2 นิ้ว แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นให้ละเอียด แล้วนำกากตะกอนและเศษวัสดุทั้ง 5 ชนิด ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีเพื่อใช้ในการวิจัยต่อไป

3. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุที่ใช้นำมาทำปุ๋ยหมัก

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของกากตะกอนน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการทำวิจัย ได้แก่ ฟางข้าว ขยะสด ผักตบชวา ธูปฤาษี และกก โดยนำส่วนหนึ่งของกากตะกอนน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย ที่เตรียมไว้ไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการก่อนทำการหมักทำปุ๋ย โดยวิเคราะห์สมบัติดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์และวิธีทดสอบที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

พารามิเตอร์	วิธีทดสอบ
ปริมาณความชื้น	Oven-dried method
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH meter
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	Elcctrical ccnductivity meter
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)	Kjeldahl method
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	Vanadomolybdate (Barton) method
ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	Atomic Absorption method
C/N ratio	การคำนวณ (Walkley และ Black, 1947)
อินทรียวัตถุ	การคำนวณ (Walkley และ Black, 1947)
Hg	Atomic absorption method
Pb	Atomic absorption method
As	Atomic absorption method
Cu	Atomic absorption method
Cr	Atomic absorption method
Cd	Atomic absorption method

4. อัตราส่วนที่เหมาะสมในการหมักทำปุ๋ยจากกากตะกอนน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม

อัตราส่วนที่ผสมระหว่างกากตะกอนน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมกับวัสดุที่ใช้ในการหมัก ได้แก่ ฟางข้าว ขยะสด ผักตบชวา ธูปฤาษี และกก โดยใช้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นที่ร้อยละ 20 และร้อยละ 40 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมของปุ๋ยหมักตามการทบทวนเอกสาร (กันยมาส คงรอด (2546), จุฑามาศ รัตนศรีบัวทอง (2548), ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์ (2542) ประกาศิต อินทรสำองค์ (2549), รพีพร จรดล (2539) เรียมสงวน วรรณยะลา (2544) อานุภาพ แก้วกรอง (2541) และ ธงชัย มาลา (2546)) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ใช้ในการศึกษา

คาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นร้อยละ 25		**คาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นร้อยละ 40**	
วัสดุ	**อัตราส่วน (กก.)**	**วัสดุ**	**อัตราส่วน (กก.)**
กากตะกอน:กากตะกอน	0.25:0.25	กากตะกอน:กากตะกอน	0.40:0.40
กากตะกอน:ฟางข้าว	0.25:0.23	กากตะกอน:ฟางข้าว	0.40:0.78
กากตะกอน:ขยะสด	0.25:0.53	กากตะกอน:ขยะสด	0.40:0.93
กากตะกอน:ผักตบชวา	0.25:1.45	กากตะกอน:ผักตบชวา	0.40:0.60
กากตะกอน:ธูปฤาษี	0.25:0.23	กากตะกอน:ธูปฤาษี	0.40:0.80
กากตะกอน:กก	0.25:0.25	กากตะกอน:กก	0.40:0.98

5. วิธีการหมักทำปุ๋ย

1) นำกากตะกอนน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการหมัก ได้แก่ ฟางข้าว ขยะสด ผักตบชวา ธูปฤาษี และกก ตามอัตราส่วนในตารางที่ 2 มาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยใช้ถังขนาด 2.5 แกลลอน เป็นภาชนะในการหมักปุ๋ย (หมักเป็นเวลา 60 วัน)

2) รดน้ำและพลิกกลับกองปุ๋ยหมักในถังหมักทุกวันเพื่อให้มีอากาศถ่ายเท

3) ตรวจวัดอุณหภูมิ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดปุ๋ยหมักและค่าความเป็นกรดเป็นด่างทุกวัน เพื่อศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของการหมักทำปุ๋ยจึงมีการเก็บตัวอย่าง

4) เก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักมาตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ หลังการหมัก 7 15 30 45 และ 60 วัน ตามลำดับ นำปุ๋ยหมักที่ได้ไปวิเคราะห์ตามวันที่กำหนดไว้เพื่อวิเคราะห์หาสมบัติต่างๆ ตามพารามิเตอร์ในตารางที่ 1

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การศึกษาสมบัติของกากตะกอนน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย ได้แก่ ฟางข้าว ขยะสด ผักตบชวา ธูปฤาษี และกก วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) โดยใช้ค่าเฉลี่ย นำเสนอในรูปตาราง และคำบรรยาย และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยหมักตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548 (กรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548)

2. การศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมักทำปุ๋ยและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นของกากตะกอนน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย ได้แก่ อุณหภูมิและค่าความเป็นกรดเป็นด่าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) โดยใช้ค่าเฉลี่ย และคำบรรยาย

3. การทดสอบอิทธิพลของปัจจัยต่างๆที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน C/N, N, P และ K ต่างกันของค่า C/N ratio 2 อัตราส่วน คือ ร้อยละ 25 และ ร้อยละ 40 และระยะเวลาหมัก โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (Two way analysis of variance)

ผลการศึกษา

1. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการตามมาตรฐานคุณสมบัติของปุ๋ยหมักของกากตะกอนน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

จากการศึกษาคุณลักษณะของกากตะกอนน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งศึกษาวัสดุที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 6 ชนิด พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ และพบว่าปริมาณธาตุอาหารทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโดยเฉพาะโพแทสเซียม มีปริมาณค่อนข้างสูง แต่ในส่วนของความชื้นที่มีค่าเกินมาตรฐาน เนื่องจากกาตะกอนน้ำเสียที่ใช้เป็นกากตะกอนที่ยังรีดน้ำออกไม่หมด ส่วนวัสดุอื่นที่มีความชื้นสูงเป็นเพราะขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างวัสดุนั้นฝนตกและวัสดุส่วนมากเป็นพืชน้ำ ซึ่งส่งผลให้ค่าความเป็นกรดและด่างของวัสดุที่เป็นปุ๋ยหมักต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานอีกด้วย จึงควรที่จะมีการนำวัสดุไปอบไล่ความชื้นก่อนการหมักทำปุ๋ย ในส่วนของปริมาณ C/N ratio สูง เนื่องจากมีปริมาณอินทรียวัตถุมาก และในส่วนของปริมาณโลหะหนักโดยเฉพาะปริมาณโครเมียมที่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคุณภาพของกากตะกอนน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ยกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก

พารามิเตอร์	วัสดุที่ใช้ในการการทดลอง						ค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์*
	กากตะกอน	ฐูปฤาษี	กก	ผักตบชวา	ฟางข้าว	ขยะสด	
ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	59.68	58.79	56.62	59.75	48.70	58.58	< 35
อินทรียวัตถุ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	53.38	44.83	58.38	59.01	56.19	60.58	> 30
pH	6.44	6.30	5.68	5.95	6.34	4.81	5.5-8.5
C/N ratio (ต่อ 1)	10.92	28.60	24.18	27.49	28.78	32.43	< 20:1
ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	7.43	6.86	7.45	8.46	6.72	7.25	< 6
ไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	3.74	3.62	3.19	2.87	3.12	2.43	> 1.0
โพแทสเซียสทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	6.01	8.19	6.41	7.04	7.26	5.02	> 0.5
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	2.48	3.97	5.60	3.57	3.59	5.57	> 0.5
สารหนู (mg/kg)	32.40	6.15	3.43	3.98	4.98	3.54	< 50
แคดเมียม (mg/kg)	0.78	0.67	0.63	0.80	0.58	0.69	< 5
โครเมียม (mg/kg)	579.45	52.07	49.49	51.50	37.53	47.91	< 300
ทองแดง (mg/kg)	53.84	48.04	35.59	42.90	30.69	50.22	< 500
ตะกั่ว (mg/kg)	197.71	16.38	14.68	19.70	12.88	18.26	< 500
ปรอท (mg/kg)	1.40	0.55	0.35	0.90	0.16	0.57	< 2

หมายเหตุ * คือ มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548
< คือ ไม่เกิน, > คือ ไม่น้อยกว่า

2. การศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมักทำปุ๋ยและการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นของกากตะกอนน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย

2.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่นและขนาดของวัสดุในการหมักทำปุ๋ย

สี กลิ่นและขนาดของวัสดุ เมื่อสิ้นสุดการทดลองสีของกากตะกอนจะเป็นสีดำเข้มขึ้นกว่าเมื่อเริ่มการทดลอง กลิ่นไม่เหม็นมากและมีขนาดเล็กลง ส่วนวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย ได้แก่ ธูปฤาษี กก ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสด มีสีน้ำตาลดำ เปลี่ยนจากสีเขียวและเหลืองก่อนเริ่มการทดลอง มีขนาดเล็กลง และเปื่อยยุ่ยแยกออกจากกันได้ง่าย ไม่เป็นเหมือนเมื่อเริ่มการทดลอง

2.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการหมักทำปุ๋ย

2.2.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการหมักทำปุ๋ยที่อัตราส่วน C/N ร้อยละ 25

อุณหภูมิในถังหมักกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกับวัสดุที่ใช้ในการหมักทั้ง 5 ชนิด คือ ธูปฤาษี กก ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสด ที่มีอัตราส่วน C/N ร้อยละ 25 มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 35-40 องศาเซลเซียส เมื่อหมักไปได้ 11 วัน และมีอุณหภูมิสูงสุดถึง 42 องศาเซลเซียส เมื่อหมักไปได้ 13 วัน จากนั้นอุณหภูมิลดลงเรื่อยๆ จนเมื่อหมักไปได้ 33 วัน จะอยู่ในช่วง 20-25 องศาเซลเซียส เมื่อครบระยะเวลาของการหมัก สาเหตุที่บางช่วงของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีความไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย

2.2.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการหมักทำปุ๋ยที่อัตราส่วน C/N ร้อยละ 40

อุณหภูมิในถังหมักกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกับวัสดุที่ใช้ในการหมักทั้ง 5 ชนิด คือ ธูปฤาษี กก ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสดที่มีอัตราส่วน C/N ร้อยละ 40 มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 35-40 องศาเซลเซียส เมื่อหมักไปได้ 11 วัน และมีอุณหภูมิสูงสุดถึง 44 องศาเซลเซียส เมื่อหมักไปได้ 15 วัน จากนั้นอุณหภูมิลดลงเรื่อยๆ จากนั้นเมื่อหมักไปได้ 36 วัน จะอยู่ในช่วง 20-30 องศาเซลเซียส เมื่อครบระยะเวลาของการหมัก สาเหตุที่บางช่วงของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีความไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย

2.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในการหมักทำปุ๋ย

2.3.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในการหมักทำปุ๋ยที่อัตราส่วน C/N ร้อยละ 25

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในถังหมักกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกับวัสดุที่ใช้ในการหมักทั้ง 5 ชนิด คือ ธูปฤาษี กก ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสดที่มีอัตราส่วน C/N ร้อยละ 25 พบว่า ในช่วงแรกมีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 5-6 เมื่อหมักไปได้ 32 วัน และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงสุดที่ 7.8 เมื่อหมักไปได้ 40-57 วัน จากนั้นค่าความเป็นกรดเป็นด่าง จะอยู่ในช่วง 6-8 เมื่อครบระยะเวลาของการหมัก

2.3.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในการหมักทำปุ๋ยที่อัตราส่วน C/N ร้อยละ 40

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในถังหมักกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกับวัสดุที่ใช้ในการหมักทั้ง 5 ชนิด คือ ธูปฤาษี กก ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสดที่มีอัตราส่วน C/N ร้อยละ 40 พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในถังหมักกากตะกอน ช่วงแรกมีค่าเพิ่มขึ้น 5-6 เมื่อหมักไปได้ 30-45 วัน และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงสุดที่ 7.6 จากนั้นค่าความเป็นกรดเป็นด่าง จะอยู่ในช่วง 6-8 เมื่อครบระยะเวลาของการหมัก

3. การศึกษาอัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้และกากตะกอน และระยะเวลาหมักทำปุ๋ยที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหาร

ที่เกี่ยวข้องในกากตะกอนที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก

3.1 การศึกษาปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่มีผลต่อวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ยและระยะเวลาที่ใช้หมักทำปุ๋ยที่ระหว่างอัตราส่วน C/N ร้อยละ 25 และร้อยละ 40

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในถังหมักกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกับวัสดุที่ใช้ในการหมักทั้ง 5 ชนิด คือ ธูปฤาษี กก ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสด ระหว่างอัตราส่วน C/N ร้อยละ 25 และร้อยละ 40 ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลง ในส่วนการทดสอบอิทธิพลของค่า C/N ratio เริ่มต้นที่มีต่อค่า C/N ratio พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนการทดสอบอิทธิพลของระยะเวลาการทดลองที่มีต่อค่า C/N ratio พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้การทดสอบอิทธิพลของ C/N ratio เริ่มต้น และระยะเวลาการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เป็นการหาค่าประมาณแบบช่วงของค่า C/N ratio เฉลี่ยแยกตาม C/N ratio เริ่มต้นและระยะเวลาการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะพบว่า C/N ratio เริ่มต้นที่ร้อยละ 25 ทุกระยะเวลาการทดลอง ค่า C/N ratio เฉลี่ยจะต่ำกว่าค่า C/N ratio เริ่มต้นที่ร้อยละ 40 ทุกระยะเวลาการทดลอง เนื่องมาจากปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนที่มีอยู่ในวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ยจะเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ ซึ่งใช้คาร์บอนเพื่อเป็นแหล่งพลังงานและสร้างเซล ดังนั้นจุลินทรีย์จะต้องได้รับคาร์บอนและไนโตรเจนในสัดส่วนที่พอเหมาะในการดำรงชีวิตและขยายพันธุ์ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีความสำคัญมากต่อ Nutrient balance ของจุลินทรีย์ทุกชนิด คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงานสำคัญสำหรับจุลินทรีย์ และไนโตรเจนมีความจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์โปรโตพลาสซึมของเซลล์ ถ้าสัดส่วนคาร์บอนสูงกว่าไนโตรเจนมากจะมีผลทำให้กระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ช้าลง จากผลการศึกษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในระยะเริ่มต้นของการทดลอง พบว่า มีค่าสูงทุกอัตราส่วน อดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์ และคณะ (2541) กำหนดอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25:1-35:1 และ Gotass (1956) กำหนดอัตราส่วนที่เหมาะสมว่ามีค่า 30:1 ถ้ามีค่าสูงกว่านี้จุลินทรีย์จะใช้คาร์บอนเป็นแหล่งอาหารอย่างรวดเร็วและจำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนในเวลาเดียวกันด้วย ถ้าหากไนโตรเจนมีน้อย จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ไม่ดีและใช้เวลาหมักนาน แต่ถ้าหากไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้เกิดกลิ่นจากกระบวนการหมักได้ เนื่องจากไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ดังนั้นถ้าพิจารณาจากอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นของการทดลองนี้ จะพบว่ามีความเหมาะสม เพราะอยู่ในช่วง 24.18:1-28.78:1

3.2 การศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่มีผลต่อวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ยและระยะเวลาที่ใช้หมักทำปุ๋ยที่ระหว่างอัตราส่วน C/N ร้อยละ 25 และร้อยละ 40

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในถังหมักกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกับวัสดุที่ใช้ในการหมักทั้ง 5 ชนิด คือ ธูปฤาษี กก ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสดระหว่างอัตราส่วน C/N ร้อยละ 25 และร้อยละ 40 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงจากระยะเวลาเริ่มต้นในการทดลอง ในส่วนการทดสอบอิทธิพลของค่า C/N ratio เริ่มต้นที่มีต่อค่าไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) ส่วนการทดสอบอิทธิพลของระยะเวลาการทดลองที่มีต่อค่าไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) ส่วนการทดสอบอิทธิพลของค่า C/N ratio เริ่มต้นและระยะเวลาการทดลอง พบว่า ไม่มี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เป็นการหาค่าประมาณแบบช่วงของค่าไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย แยกตามค่า C/N ratio เริ่มต้น และระยะเวลาการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะพบว่า ไนโตรเจนทั้งหมดเริ่มต้นที่ C/N ratio ร้อยละ 25 ทุกระยะเวลาการทดลองค่าไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยจะสูงกว่าค่าไนโตรเจนเริ่มต้นที่ C/N ratio ร้อยละ 40 เนื่องมาจากสารประกอบไนโตรเจนในวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ เพื่อนำไนโตรเจนไปสร้างส่วนประกอบของเซล เช่น สารโปรตีนและกรดนิวคลีอิค เป็นต้น ไนโตรเจนจึงเป็นธาตุสำคัญที่จำเป็นในการเจริญเติบโต และเพิ่มประชากรของจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนแต่ละรูปแบบการทดลองทางเคมี พบว่าปริมาณไนโตรเจนในระยะเริ่มต้นอยู่ระหว่าง ร้อยละ 0.49-0.66 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนในมูลฝอยชุมชนทั่วไปตามที่เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2539) กล่าวว่า ปริมาณไนโตรเจนในมูลฝอยชุมชนทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.2-1.0

3.3 การศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่มีผลต่อวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ยและระยะเวลาที่ใช้หมักทำปุ๋ยระหว่างอัตราส่วน C/N ร้อยละ 25 และร้อยละ 40

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในถังหมักกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกับวัสดุที่ใช้ในการหมักทั้ง 5 ชนิด คือ ธูปฤาษี กก ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสด ระหว่างอัตราส่วน C/N ร้อยละ 25 และร้อยละ 40 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดมีแนวโน้มสูงขึ้นจากระยะเวลาเริ่มการทดลองจนถึงระยะเวลาสิ้นสุดการทดลองโดยกากตะกอนต่อธูปฤาษีมีค่าโพแทสเซียมสูงสุดและกากตะกอนต่อกากตะกอนมีค่าโพแทสเซียมต่ำสุด ในส่วนการทดสอบอิทธิพลของค่า C/N ratio เริ่มต้น ที่มีต่อค่าโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) ส่วนการทดสอบอิทธิพลของระยะเวลาการทดลองที่มีต่อค่าโพแทสเซียม พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) ส่วนการทดสอบอิทธิพลของ C/N ratio เริ่มต้น และระยะเวลาการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) การหาค่าประมาณแบบช่วงของค่าโพแทสเซียมทั้งหมดเฉลี่ยแยกตาม C/N ratio เริ่มต้น และระยะเวลาการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะพบว่า C/N ratio เริ่มต้นที่ร้อยละ 25 ทุกระยะเวลาการทดลองของปริมาณโพแทสเซียม เฉลี่ยจะสูงกว่าค่า C/N ratio เริ่มต้นที่ร้อยละ 40 เนื่องมาจากโพแทสเซียมไม่ได้เป็นองค์ประกอบใดๆในพืชแต่ทำหน้าที่เป็นประจุบวกที่ไปกระตุ้นการทำงานของน้ำย่อยหลายชนิด โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้ง น้ำตาลและโปรตีนทำหน้าที่เช่นเดียวกับธาตุประจุบวกอื่นๆ ในการดึงน้ำให้มาสู่พืชมากยิ่งขึ้นและลดความเป็นกรดของกรดอินทรีย์ที่พืชผลิตขึ้นมา (ถวิล ครุฑกุล, 2540) โพแทสเซียมในมูลฝอยส่วนใหญ่มาจากพืชมักอยู่ในรูปส่วนที่เป็นของเหลวในพืชผักซึ่งถูกย่อยสลายได้ง่าย เมื่อวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ยถูกย่อยสลายก็จะปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาปนกับน้ำชะปุ๋ยหมัก เมื่อปล่อยน้ำชะปุ๋ยหมักออกจากถังหมัก จึงอาจทำให้สูญเสียโพแทสเซียมออกจากระบบ ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยหมักลดลง

3.4 การศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มีผลต่อวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ยและระยะเวลาที่ใช้หมักทำปุ๋ยที่ระหว่างอัตราส่วน C/N ร้อยละ 25 และร้อยละ 40

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังหมัก กากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกับวัสดุที่ใช้ในการหมักทั้ง 5 ชนิด คือ ธูปฤาษี กก ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสด ระหว่างอัตราส่วน C/N ร้อยละ 25 และร้อยละ 40 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด มีแนวโน้มลดลงจากระยะเวลาเริ่มต้นในการทดลอง และมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อสิ้นสุดระยะเวลา ในส่วนการทดสอบอิทธิพลของค่า C/N ratio เริ่มต้นที่มีต่อค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่า ไม่มี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนการทดสอบอิทธิพลของระยะเวลาการทดลองที่มีต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) ส่วนการทดสอบอิทธิพลของ C/N ratio เริ่มต้น และระยะเวลาการทดลองพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) การหาค่าประมาณแบบช่วงของปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ย แยกตามC/N เริ่มต้น และระยะเวลาการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะพบว่า C/N ratio เริ่มต้นที่ร้อยละ 25 ค่า C/N ratio เฉลี่ยจะต่ำกว่าค่า C/N เริ่มต้นที่ร้อยละ 40 เนื่องมาจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหนึ่งที่มีความสำคัญต่อจุลินทรีย์ เพราะฟอสฟอรัสเกี่ยวข้องกับการสร้างสารประกอบที่ให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ เช่น การสร้างสารพลังงานสูง ATP (Adenosine triphosphate) ในขบวนการหายใจ เป็นต้น ฟอสฟอรัสสามารถพบได้ในพืช จุลินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในพืชโดยทั่วไปมีปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 0.05-0.50 ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบพวก Phytin, Phospholipids, Nucleic acid, Nucleoprotein, Phosphorylate sugar, Co-enzyme และสารอื่นๆ ในซากสัตว์นั้นความสัมพันธ์ระหว่างฟอสฟอรัส คาร์บอนและไนโตรเจน มีค่าประมาณ 100-300:1 และอัตราส่วนของอินทรีย์ไนโตรเจนต่ออินทรีย์ฟอสฟอรัส ประมาณ 5-20:1 นอกจากนี้ พบว่า การแปรสภาพของอินทรีย์ฟอสฟอรัสในสารอินทรีย์ต่างๆ จะแตกต่างกัน คือ Nucleic acid จะแปรสภาพได้ง่ายที่สุดและ Phytin ยากที่สุด ส่วน Lecitin ซึ่งเป็นพวก Phospholipids อยู่ในระดับปานกลาง (สมศักดิ์ วังใน, 2528)

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษา

1.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกากตะกอนน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก

จากการศึกษาคุณลักษณะของกากตะกอนน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก 6 ชนิด พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ และพบว่า ปริมาณธาตุอาหารทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโดยเฉพาะโพแทสเซียม มีปริมาณค่อนข้างสูง จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก แต่ในส่วนของปริมาณโลหะหนักโดยเฉพาะปริมาณโครเมียมที่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์เป็นผลเนื่องมาจากกากตะกอนน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ศึกษาได้มาจากของเสียที่เป็นอันตรายและไม่เป็นอันตราย จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ในเขตจังหวัดระยอง ทิ้งตัวทำละลายที่ใช้งานแล้ว ของเสียประเภทน้ำ น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันหล่อเย็น ของเสียประเภทโลหะ โลหะผสม เศษจากการบดจากโรงงาน เถ้าลอยจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า น้ำเสียจากกระบวนการผลิต และกากตะกอนของเสียประเภทที่ประกอบ หรือมีสารเคมีที่ไม่ได้คุณภาพตามที่กำหนดหรือหมดอายุ ของเสียประเภทยาง พลาสติกด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated sludge)

1.2 การศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมักทำปุ๋ยและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นของกากตะกอนน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย

1.2.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่นและขนาดของวัสดุในการหมักทำปุ๋ย

สี กลิ่นและขนาดของวัสดุ เมื่อสิ้นสุดการทดลองสีของกากตะกอนจะเป็นสีดำเข้มขึ้นกว่าเมื่อเริ่มการทดลอง กลิ่นไม่เหม็นมากและมีขนาดเล็กลง ส่วนวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย ได้แก่ ฐูปฤาษี กก ผักตบชวา

ฟางข้าว และขยะสด มีสีน้ำตาลดำ เปลี่ยนจากสีเขียวและเหลืองก่อนเริ่มการทดลอง มีขนาดเล็กลง และเปื่อยยุ่ย แยกออกจากกันได้ง่าย ไม่เป็นเหมือนเมื่อเริ่มการทดลอง

1.2.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการหมักทำปุ๋ย

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการหมักทำปุ๋ยในถังหมักกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกับวัสดุที่ใช้ในการหมักทั้ง 5 ชนิด คือ ธูปฤาษี กก ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสดที่มีอัตราส่วน C/N ร้อยละ 25 และ C/N ร้อยละ 40 พบว่า มีอุณหภูมิสูงขึ้นในช่วง 35-40 องศาเซลเซียส เมื่อหมักไปได้ 11 วัน และมีอุณหภูมิสูงสุดถึง 42 องศาเซลเซียส เมื่อหมักไปได้ 13 วัน จากนั้นอุณหภูมิลดลงเรื่อยๆ จนเมื่อหมักไปได้ 33 วัน จะอยู่ในช่วง 20-25 องศาเซลเซียส เมื่อครบระยะเวลาของการหมักสาเหตุที่บางช่วงของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีความไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย

1.2.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในการหมักทำปุ๋ย

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในการหมักทำปุ๋ยพบว่าในถังหมักกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกับวัสดุที่ใช้ในการหมักทั้ง 5 ชนิด คือ ธูปฤาษี กก ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสดที่มีอัตราส่วน C/N ร้อยละ 25 และ C/N ร้อยละ 40 พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของกากตะกอน ธูปฤาษี กก ผักตบชวา ฟางข้าว และขยะสด เริ่มต้นมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 5-6 จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างภายในถังหมักแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

1.3 การศึกษาถึงอัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้และกากตะกอน และระยะเวลาหมักทำปุ๋ยที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารที่เกี่ยวข้องในกากตะกอนที่จะทำปุ๋ยหมัก

ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วน C/N ratio ที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 25 และระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักทำปุ๋ยคือ 60 วัน โดยวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ยทั้ง 6 สามารถนำมาใช้ในการหมักทำปุ๋ยเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญแก่พืชได้ทั้งปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร ปี 2548 โดยพบว่าวัสดุที่ดีที่สุดในการหมักทำปุ๋ยร่วมกับกากตะกอน คือ กก ธูปฤาษี และผักตบชวา

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ควรมีการศึกษาถึงแนวทางในการกำจัดโครเมียมที่มีปริมาณสูงในกากตะกอนก่อนที่จะนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปใช้ประโยชน์ เช่น การปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นต้น

2.2 ควรมีการนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชชนิดหญ้าหรือไม้ประดับ เพื่อใช้เป็นสนามหญ้า สนามกอล์ฟ และสวนสาธารณะ เพราะแม้ว่าปุ๋ยหมักที่ได้จะมีปริมาณธาตุอาหารสูง ทั้งปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แต่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักอยู่ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2548). **ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร: ควิกปริ๊นท์ ออฟเซ็ท.

กองปฐพีวิทยา. (2540). **พัฒนาการใช้ปุ๋ยเพื่อพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืน.** เอกสารวิชาการ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร: ควิกปริ๊นท์ ออฟเซ็ท.

กันยมาส คงรอด. (2546). **ภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชนและชานอ้อย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2539). **วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร: มิตรนราการพิมพ์.

จุฑามาศ รัตนศรีบัวทอง. (2548). **อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชนและชานอ้อยในการผลิตปุ๋ยหมัก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ถวิล ครุฑกุล. (2540). **เกษตรยั่งยืน การใช้ที่ดิน-ปุ๋ย.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์. (2542). **ปุ๋ยหมัก ดินหมัก และปุ๋ยน้ำชีวภาพ: เพื่อการปรับปรุงดินโดยวิธีเกษตรธรรมชาติ.** กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

ธงชัย มาลา. (2546). **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ:เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประกาศิต อินทรสำอางค์. (2549). **การแปรสภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ชานอ้อย ขี้เลื่อย เปลือกยูคาลิปตัส และตะกอนน้ำเสียโรงงานเยื่อกระดาษ.** ปริญญาวิทยาศาสตร-มหาบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รพีพร จรดล. (2539). **การใช้ประโยชน์ของกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มเพื่อเป็นปุ๋ยอินทรีย์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

เรียมสงวน วรรณยะลา. (2544). **ประสิทธิภาพการย่อยสลายมูลฝอยเป็นปุ๋ยโดยวิธีเติมอากาศจากมูลฝอยชุมชน เทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศักดิ์ วังใน. (2528). **จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน.** กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

อดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์, สุณี ปิยะพันธุ์พงศ์, นภวัส บัวสรวง และอิมราน หะยีบากา. (2541). **การจัดการมูลฝอยและสิ่งแวดล้อม.** ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร: บริษัทเอ็นไวร์ คอนเซ็ป จำกัด.

อานุภาพ แก้วกรอง. (2541). **การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษหญ้า เศษใบไม้แห้ง และกากตะกอนน้ำเสียด้วยวิธีกองแบบมีการระบายอากาศ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Gotass, H. B. 1956. **Composting.** WHO Monogram. 1956 (No.31). 31-37.