



รายงานการวิจัย

การพัฒนาถังหมักขยะอินทรีย์จากยางรถใช้แล้ว  
และประยุกต์ใช้ปลูกพืช

**Development of Organic Waste Composter from Used Tires  
and Application for Crops**

พรทวี กองร้อย

สาขาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2565

## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

### การพัฒนาถังหมักขยะอินทรีย์จากยางรถใช้แล้ว และประยุกต์ใช้ปลูกพืช

### Development of Organic Waste Composter from Used Tires and Application for Crops

พรทวิ กองร้อย

สาขาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ทุนอุดหนุนงานวิจัย

ประเภทโครงการวิจัย พัฒนานวัตกรรมเพื่อพัฒนาเชิงพื้นที่

งบประมาณเงินรายได้ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2565

( ก )

|              |                                                                                                                                                       |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่องานวิจัย | การพัฒนาถังหมักขยะอินทรีย์จากยางรถใช้แล้วและประยุกต์ใช้ปลูกพืช<br>Development of Organic Waste Composter from Used Tires and<br>Application for Crops |
| ผู้วิจัย     | พรทวิ กองร้อย                                                                                                                                         |
| สาขาวิชา     | การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2565                                                               |

### บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมการพัฒนาถังหมักขยะอินทรีย์และประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน ซึ่งการออกแบบถังหมักขยะเป็นแบบใช้ออกซิเจน ผลการศึกษาลักษณะการออกแบบถังหมักแบบที่ 1 เป็นถังหมักแนวดิ่งและใส่ท่อพีวีซี พร้อมเจาะรูรอบท่อยางรถยนต์และพีวีซี และใช้ตะแกรงและผ้ายางสีดำในการปิดฝาด้านบนและล่าง ส่วนถังหมักแบบที่ 2 ออกแบบให้มีเฉพาะยางรถยนต์ไม่มีการติดตั้งท่อพีวีซีเจาะรู ซึ่งการใช้ยางรถยนต์เก่า ทำให้หาวัสดุได้ง่ายและราคาถูกกว่า มีอายุการใช้งานที่นาน ไม่มีการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการหมัก ข้อเสียตัวถังมีน้ำหนักมาก การกลับด้านยางออกด้านนอกค่อนข้างลำบาก ผลการวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้จากถังหมักขยะรูปแบบที่ 1 และที่ 2 ที่ผ่านการหมักปุ๋ยเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าค่าความชื้นและความเป็นกรดต่างเป็นไปตามค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ของกรมพัฒนาที่ดิน ส่วนของค่าฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และปริมาณไนโตรเจน (N) พบว่ามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ซึ่งจำเป็นต้องมีการเพิ่มธาตุอาหารเพิ่มเติมในปุ๋ย หากจะนำปุ๋ยไปใช้ประโยชน์สำหรับพืชต่อไป อย่างไรก็ดีตาม คุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้จากถังหมักแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย สำหรับประสิทธิภาพการใช้งานที่มีต่อถังหมักขยะรูปแบบที่ 1 และ 2 ด้านการทำงานและประโยชน์ใช้สอย ความสะดวกสบายในการใช้งาน ความสวยงาม ด้านวัสดุและการทำอุปกรณ์ พบว่ามีระดับความเหมาะสมในระดับปานกลางถึงมาก ซึ่งผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นข้อมูลประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อถังหมักขยะรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 พบว่า มีความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดในระดับมากที่สุดทั้งรูปแบบที่ 1 ( $\bar{X} = 4.4$ ) และรูปแบบที่ 2 ( $\bar{X} = 4.6$ )

คำสำคัญ : ถังหมักขยะอินทรีย์,ยางรถใช้แล้ว,การหมักแบบเดิมอากาศ

## Abstract

This research study aims to develop an innovation for the development of organic waste bins, and evaluate the efficiency of use. The design of the composting bin is anaerobic. The results of the study of the design characteristics of type 1 fermentation tanks are vertical fermentation tanks and put PVC pipes. Ready to drill holes around rubber and PVC pipes, and use a grille and black rubber cloth to cover the top and bottom covers. The fermentation tank type 2 is designed to have only car tires without installing a perforated PVC pipe, which the use of old tires. This makes it easier and cheaper to find materials, have a long service life. No electricity is consumed in the fermentation process. Disadvantages: The body is heavy. Turning the tire outward is quite difficult. The results of the quality analysis of the compost from type 1 and type 2 compost bins that were fermented for 30 days showed that the moisture content and pH were in accordance with the organic fertilizer standards. of the Department of Land Development part of the phosphorus value (P), Potassium (K) and Nitrogen (N) were found to be below the specified standard, which requires the addition of additional nutrients in the fertilizer. However, the quality of the compost obtained from type 1 and type 2 fermentation tanks is slightly different, for the efficiency of use towards the 1st and 2nd types of composting bins in terms of functionality and usability. Convenience in use, aesthetics, materials and equipment. It was found that the level of suitability was moderate to mg. The results of the opinion analysis of the evaluation data on the efficacy towards the compost bin type 1 and type 2 found that the overall satisfaction was at a high level for both type 1 ( $\bar{X} = 4.4$ ) and the figure. Type 2 ( $\bar{X} = 4.6$ )

Keyword : Organic Waste Composter, Used Tires, Aerobic decomposition

( ก )

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากองค์การบริหารส่วนตำบล  
คงมูลเหล็ก ชุมชนคงมูลเหล็ก คณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือ  
ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง  
ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษา  
แนะนำ ให้แก่ผู้วิจัย จึงขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้  
ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

พรทวิ กองร้อย

ผู้วิจัย

## สารบัญ

|                                                              | หน้า |
|--------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อ.....                                                | ก    |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                         | ค    |
| สารบัญตาราง.....                                             | ฉ    |
| สารบัญรูปภาพ.....                                            | ณ    |
| บทที่ 1 บทนำ.....                                            | 1    |
| 1.1    ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....                   | 1    |
| 1.2    วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....                          | 3    |
| 1.3    กรอบการวิจัย.....                                     | 3    |
| 1.4    สมมุติฐานงานวิจัย.....                                | 4    |
| 1.5    นิยามศัพท์เฉพาะ.....                                  | 5    |
| 1.6    ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                        | 5    |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                  | 6    |
| 2.1    แนวคิดการจัดการขยะ.....                               | 6    |
| 2.2    แนวคิดการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์.....                | 9    |
| 2.3    รูปแบบของการทำปุ๋ยหมัก.....                           | 11   |
| 2.4    ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมัก.....                     | 12   |
| 2.5    ทฤษฎีการหมักปุ๋ย.....                                 | 12   |
| 2.6    งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                            | 17   |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....                              | 20   |
| 3.1    วัสดุและอุปกรณ์.....                                  | 20   |
| 3.2    เครื่องมือวิเคราะห์.....                              | 20   |
| 3.3    สารเคมี.....                                          | 21   |
| 3.4    การออกแบบถังหมักขยะอินทรีย์.....                      | 21   |
| 3.5    การวิเคราะห์ทางเคมี.....                              | 27   |
| 3.6    การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานถังหมักขยะอินทรีย์..... | 32   |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย.....                                      | 33   |
| 4.1    การออกแบบถังหมักขยะอินทรีย์.....                      | 33   |
| 4.2    คุณภาพของปุ๋ยหมักทางกายภาพและเคมี.....                | 34   |

( จ )

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|                 |                                                        |    |
|-----------------|--------------------------------------------------------|----|
| 4.3             | การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานถึงหมักขยะอินทรีย์ ..... | 43 |
| บทที่ 5         | สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....                   | 47 |
| 5.1             | สรุปและอภิปรายผลวิจัย .....                            | 47 |
| 5.2             | ข้อเสนอแนะ.....                                        | 48 |
| บรรณานุกรม      |                                                        |    |
| ภาคผนวก         |                                                        |    |
| ประวัติผู้วิจัย |                                                        |    |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                       | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบการหมักระหว่างแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ..... | 14   |
| ตารางที่ 3-1 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี .....                | 27   |
| ตารางที่ 4-1 รายละเอียดการออกแบบถังหมักขยะอินทรีย์ .....                       | 33   |
| ตารางที่ 4-2 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพถังหมักแบบที่ 1 .....                      | 35   |
| ตารางที่ 4-3 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพถังหมักแบบที่ 2 .....                      | 36   |
| ตารางที่ 4-4 การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาและอุณหภูมิในการหมักปุ๋ยแบบที่ 1 .....      | 37   |
| ตารางที่ 4-5 การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาและอุณหภูมิในการหมักปุ๋ยแบบที่ 2 .....      | 40   |
| ตารางที่ 4-6 ผลการตรวจธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช .....                        | 43   |
| ตารางที่ 4-7 ผลการประเมินประสิทธิภาพการงานถังหมักขยะอินทรีย์แบบที่ 1 .....     | 44   |
| ตารางที่ 4-8 ผลการประเมินประสิทธิภาพการงานถังหมักขยะอินทรีย์แบบที่ 2 .....     | 45   |

## สารบัญรูปภาพ

| รูปที่                                                                  | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย .....                                   | 4    |
| รูปที่ 3-1 ขั้นตอนการออกแบบถึงหมักขยะที่ 1 .....                        | 22   |
| รูปที่ 3-2 การออกแบบถึงหมักขยะที่ 1 .....                               | 23   |
| รูปที่ 3-3 ขั้นตอนการออกแบบถึงหมักขยะที่ 2 .....                        | 24   |
| รูปที่ 3-4 การออกแบบถึงหมักขยะที่ 2 .....                               | 25   |
| รูปที่ 3-5 การออกแบบถึงหมักขยะที่ 2 .....                               | 26   |
| รูปที่ 3-6 การวิเคราะห์หาค่าความชื้น .....                              | 28   |
| รูปที่ 3-7 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (N) .....                       | 29   |
| รูปที่ 3-8 การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส (P).....                        | 30   |
| รูปที่ 3-9 การวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม (K) .....                     | 31   |
| รูปที่ 4-2 การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาและอุณหภูมิในถังหมักปุ๋ยแบบที่ 1 ..... | 39   |
| รูปที่ 4-3 การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาและอุณหภูมิในถังหมักปุ๋ยแบบที่ 2 ..... | 42   |

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันปัญหาขยะถือได้ว่าเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องได้รับแก้ไขปัญหาย่างเร่งด่วน เนื่องจากปริมาณขยะมูลฝอยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ประกอบกับปัญหาขยะมูลฝอยเก่าที่ตกค้างสะสมอยู่ในสถานที่กำจัดขยะที่ไม่ได้รับการกำจัดอย่างถูกต้อง จากข้อมูลการสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยของกรมควบคุมมลพิษ ปี พ.ศ. 2563 พบว่า ประเทศไทยมีปริมาณขยะมากถึง 27.35 ล้านตัน และมีการกำจัดขยะไม่ถูกต้องประมาณ 47.2 ล้านตัน และปริมาณขยะของจังหวัดเพชรบูรณ์มีปริมาณเกิดขึ้น 951 ตัน/วัน กำจัดได้อย่างถูกต้องร้อยละ 63.8 ซึ่งนับวันปัญหาจากขยะเริ่มส่งผลกระทบต่อทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น เช่น ปัญหาไฟไหม้หลุมฝังกลบขยะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ปัญหาน้ำชะขยะที่ปนเปื้อนสารพิษไหลสู่สิ่งแวดล้อม ปัญหาขยะเน่าเหม็นส่งกลิ่นรบกวนและเป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค ปัญหาด้านทัศนียภาพความสวยงามของหลุมฝังกลบขยะ เป็นต้น แนวทางการจัดการขยะสามารถทำได้หลากหลายวิธี เริ่มตั้งแต่การลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้น การคัดแยกที่แหล่งกำเนิด การนำกลับมาใช้ใหม่ การทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ ท้ายที่สุดจะเหลือเพียงขยะทั่วไปและขยะอันตรายเท่านั้นที่ต้องนำไปกำจัดให้ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล เช่น การฝังกลบ การเผา การทำปุ๋ยหมัก เป็นต้น โดยเป้าหมายของแผนพัฒนาจังหวัดเพชรบูรณ์ 5 ปี (พ.ศ. 2566-2570) ประเด็นการพัฒนาที่ 4 การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ในแผนงานยกระดับการบริหารจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม กำหนดตัวชี้วัดสัดส่วนปริมาณขยะที่กำจัดถูกต้องต่อปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ค่าเป้าหมายเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 ต่อปี

องค์การบริหารส่วนตำบลคงมูลเหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นหน่วยงานภายใต้การปกครองส่วนท้องถิ่นมีนโยบายส่งเสริมให้มีการจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายในชุมชนให้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยมีกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การคัดแยกขยะที่ต้นทาง การให้ความรู้การจัดการขยะแก่ประชาชน จัดวางถังขยะเพื่อทิ้งขยะทั่วไปและการเก็บขนไปกำจัดที่หลุมฝังกลบของเทศบาลเมืองเพชรบูรณ์ และจัดตั้งโครงการกองทุนธนาคารขยะเพื่อลดปริมาณขยะรีไซเคิล ส่วนขยะอันตรายจะรวบรวมส่งให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์นำไปกำจัด การดำเนินการที่ผ่านมาพบว่าในส่วนของขยะอินทรีย์ยังไม่มีระบบการจัดการที่ชัดเจนเป็นรูปธรรม ประชาชนยังนำไปทิ้งร่วมกับขยะทั่วไปและกำจัดไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักวิจัย ได้ศึกษาและออกแบบนวัตกรรมเพื่อจัดการขยะอินทรีย์ในครัวเรือน โดย กรมควบคุมมลพิษ (2544) ได้พัฒนาต้นแบบถังหมักขยะอินทรีย์ 2 ขนาด แบ่งเป็นขนาดเล็กที่ทำด้วยถังพลาสติกขนาด 185 ลิตร และถังโลหะอลูมิเนียมกันสนิมขนาด 200 ลิตร สำหรับถังขนาดใหญ่ทำด้วยถังพลาสติกทรงกระบอกขนาด 2,000 ลิตร พร้อมติดตั้งพัดลมดูดอากาศ ½ แรงม้า ต่อมา กลยุทธ์ และคณะ (2557) ได้ศึกษาและออกแบบเครื่องบดขยะเปียกเพื่อทำปุ๋ยชีวภาพซึ่งเหมาะสมกับแหล่งที่เกิดขยะอินทรีย์ในปริมาณมาก ต่อมา สามารถ ใจเดีย ได้ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากขยะอินทรีย์ซึ่งปุ๋ยที่ได้มีความละเอียด มีรูพรุน ระบายอากาศได้ดี มีความชื้นสูง โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ ฟิเรทิม่า ฟิกัวนา เป็นที่นิยมใช้ในประเทศไทย ต่อมา วรณวิภา และคณะ (2562) ได้ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ในถังโฟมโดยนำกากกาแฟ จี้เล็กจากโรงงานปาล์มน้ำมัน และดินจากโรงงานแปรรูปยางพาราเป็นวัตถุดิบพบว่า มีปุ๋ยที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร ต่อมา จิมา และคณะ (2562) ได้ศึกษาออกแบบถังหมักขยะขนาดเล็กเพื่อการหมักขยะอินทรีย์จากครัวเรือนโดยใช้ตะกร้าเจาะรูและติดตั้งพัดลมเติมอากาศ มีการใช้เอนไซม์ช่วยจากมะละกอและสับปะรดทำให้กระบวนการย่อยสลายขยะเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ ทองทิพย์ และคณะ (2562), พिरภพ และคณะ (2563) ได้ศึกษาพัฒนาครัวเรือนต้นแบบในการจัดการขยะในชุมชนเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้และสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการขยะเชิงพื้นที่ จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า การทำถังหมักขยะอินทรีย์และการให้องค์ความรู้แก่ชุมชนนำไปประยุกต์ใช้จะเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้านขยะทำให้เป็นแนวคิดในการออกแบบทำวิจัยในครั้งนี้

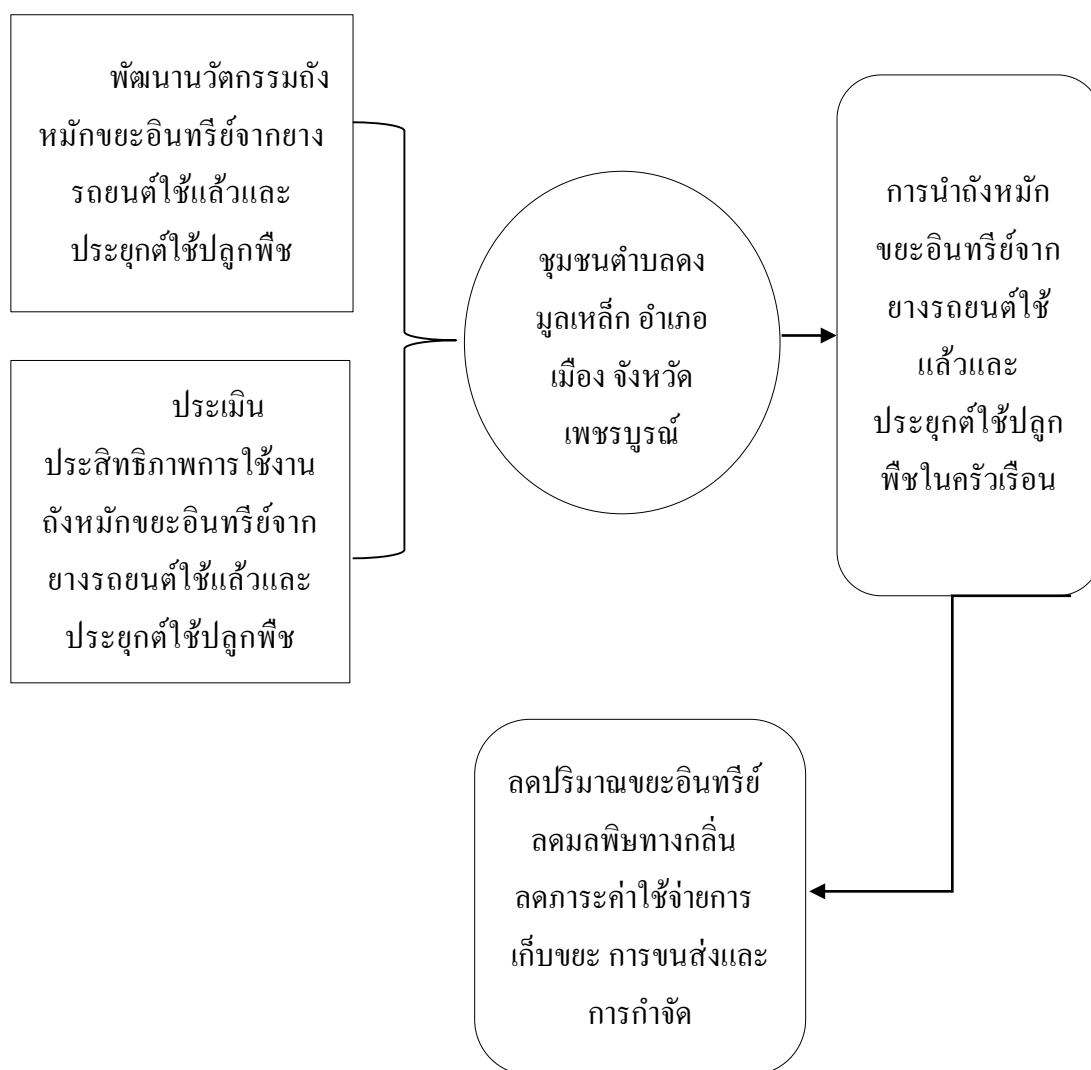
การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์เพื่อแก้ไขปัญหาด้านขยะในระดับครัวเรือนและชุมชน จึงมีแนวคิดที่จะเลือกวัสดุที่จะทำถังหมักที่หาง่าย มีความคงทน สะดวกแก่การใช้งานและพัฒนาต่อยอดได้ โดยใช้ยางรถที่ผ่านการใช้งานแล้วเป็นวัสดุหลักในการทำถังหมัก สามารถเติมขยะอินทรีย์ได้ในทุกวัน และสามารถประยุกต์ใช้ปลูกพืชผักสวนครัวหรือพืชสมุนไพรที่ด้านบนของถังได้ อีกทั้งยังเป็นการนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปใช้ร่วมด้วย ซึ่งเป็นที่มาของนวัตกรรมถังหมักขยะอินทรีย์จากยางรถใช้แล้วและประยุกต์ใช้ปลูกพืช โดยจะเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยผลักดันให้การแก้ไขปัญหาด้านขยะชุมชนสามารถดำเนินการได้ในเชิงปฏิบัติและประสบผลสำเร็จ อันจะก่อให้เกิดผลเห็นเป็นรูปธรรมอย่างแท้จริง นอกจากนี้แล้วยังสามารถส่งเสริมให้ภาคเอกชนหรือหน่วยงานของรัฐ ได้เห็นถึงแนวทางต้นแบบการจัดการขยะอินทรีย์ชุมชนอื่นๆ ซึ่งจะนำไปสู่การมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาขยะของประเทศไทยต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนานวัตกรรมการพัฒนาถึงหมักขยะอินทรีย์จากยางรถใช้แล้วและประยุกต์ใช้ปลูกพืช
- 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้งานถึงหมักขยะอินทรีย์จากยางรถใช้แล้วและประยุกต์ใช้ปลูกพืช

## 1.3 กรอบการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยใช้การวิจัยแบบผสมวิธี (Mixed-Method Research) ระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) และการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) พื้นที่วิจัย คือ ชุมชนตำบลคงมูลเหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ชนิด คือ แบบสัมภาษณ์เชิงลึก การสนทนากลุ่ม และการสังเกตแบบมีส่วนร่วม ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น การวิจัยเชิงปริมาณ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป สถิติที่ใช้ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำเสนอด้วยตาราง พร้อมการอธิบายเพิ่มเติม สำหรับการวิจัยเชิงคุณภาพ ได้ข้อมูลจากการศึกษาเอกสาร สัมภาษณ์ การสังเกตแบบมีส่วนร่วม และการสัมภาษณ์ นำมาวิเคราะห์ข้อความปลายเปิดด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) หลังจากนั้นทำการสังเคราะห์ สรุปข้อมูล แล้วเขียนบรรยายเชิงพรรณนา เพื่อมุ่งพัฒนาและสร้างองค์ความรู้การกำจัดขยะอินทรีย์ในครัวเรือนโดยใช้วัตกรรมการพัฒนาถึงหมักขยะอินทรีย์จากยางรถใช้แล้วเพื่อประยุกต์ใช้ปลูกพืชในระดับครัวเรือนต่อไป ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบและวิธีวิจัยดังนี้



รูปที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

#### 1.4 สมมุติฐานงานวิจัย

- 1) การพัฒนานวัตกรรมการพัฒนาถึงหมักขยะอินทรีย์จากยางรถใช้แล้วและประยุกต์ใช้ปลูกพืชเป็นปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของประชากรในการกำจัดขยะอินทรีย์ในครัวเรือน
- 2) การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานถึงหมักขยะอินทรีย์จากยางรถใช้แล้วและประยุกต์ใช้ปลูกพืชเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานในการกำจัดขยะอินทรีย์ในครัวเรือน

### 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1) การกำจัดขยะมูลฝอย หมายถึง รูปแบบของการวางแผนจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะต้องส่งเข้าไปทำลายด้วยระบบต่างๆ ให้น้อยที่สุด สามารถนำขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ทั้งในส่วนของการใช้ซ้ำและแปรรูปเพื่อใช้ใหม่ (Reuse & Recycle) รวมถึงการกำจัดที่ได้ผลพลอยได้ เช่น ปุ๋ยหมัก หรือพลังงาน

2) ขยะอินทรีย์ หมายถึง ขยะที่ย่อยสลายได้ เป็นขยะจากครัวเรือน ภัตตาคาร โรงอาหาร ตลาดสด และการเกษตรกรรม ได้แก่ เศษอาหาร เศษผัก เศษเนื้อ เศษผลไม้ ซากสัตว์ มูลสัตว์ ขยะประเภทนี้เป็นพวกที่ย่อยสลายและเน่าเปื่อยได้ง่าย มีกลิ่นเหม็น เพราะว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีความชื้นค่อนข้างสูง ดังนั้น การกำจัดขยะประเภทนี้ควรพิจารณาความเป็นไปได้ในการหมักทำปุ๋ยก่อน

3) การทำปุ๋ยหมัก หมายถึง การย่อยสลายของวัสดุหรืออินทรีย์สารที่ได้จากขยะโดยอาศัยกระบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์ทำให้เปลี่ยนสภาพสารอินทรีย์ในขยะไปเป็นสารที่มีประโยชน์ในการบำรุงดินที่เรียกว่า “วัสดุปรับปรุงดิน (humus-like material)” ซึ่งเป็นวัสดุที่มีลักษณะคงรูปสีค่อนข้างดำมีความชื้นเล็กน้อยและไม่เหม็น

4) ปุ๋ยอินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่ได้จากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุทางชีวเคมีโดยจุลินทรีย์กลุ่มใช้ออกซิเจน (Aerobic Microorganisms) จนเป็นประโยชน์ต่อพืช ปุ๋ยอินทรีย์ เป็นปุ๋ยทำจากวัสดุอินทรีย์ มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์สำหรับการเจริญเติบโตของพืช ผลผลิตจากวัสดุอินทรีย์ ของเสียจากโรงงาน(บางประเภท) มูลวัว มูลไก่ มูลค่างควา ซากต้นไม้ ใบไม้ กรดอะมิโน โดโลไมท์ และแร่ธาตุต่าง ๆ นำมาบด เติมจุลินทรีย์ บ่มหมัก กลับกอง จนย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ย

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ต้นแบบถึงหมักขยะอินทรีย์จากยางรถใช้แล้วและประยุกต์ใช้ปลูกพืช
- 2) องค์ความรู้ รูปแบบและวิธีการจัดการขยะอินทรีย์เพื่อลดปริมาณขยะอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระดับครัวเรือน
- 3) สร้างการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อส่งเสริมสิ่งแวดล้อมที่ดีและลดผลกระทบทางสุขภาพในชุมชน
- 4) เครือข่ายความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัยจากองค์การบริหารส่วนตำบลคงมูลเหล็ก และมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แนวคิดการจัดการขยะ

##### 2.1.1 แหล่งกำเนิดและประเภทของขยะ

ขยะมูลฝอย (Solid Wastes) คือ ของเสียที่เกิดขึ้นจากการกระทำหรือกิจกรรมของมนุษย์หรือสัตว์ ซึ่งโดยปกติจะเป็นของแข็ง (Solid) หรือกึ่งของแข็ง (Semisolid) และจะถูกทิ้งหลังจากมีการใช้ประโยชน์ไปแล้ว หรือเมื่อไม่มีความต้องการ มูลฝอย หมายความว่า เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติกภาชนะที่ใช้ใส่อาหาร ถัง วัสดุสัตว์หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์ หรือที่อื่นๆ แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยที่สำคัญ ได้แก่ ที่อยู่อาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานที่ราชการ สถานที่ก่อสร้างสถานที่สาธารณะ สถานที่ตั้งระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ โรงงานอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ซึ่งปริมาณและลักษณะขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เหล่านี้ จะมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของกิจกรรม

ขยะมูลฝอยสามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามเกณฑ์ที่ใช้แบ่ง เช่น ขยะเปียก กับ ขยะแห้ง หรือขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกกับขยะที่ต้องกำจัด เป็นต้น โดยทั่วไปอาจแบ่งประเภทของขยะมูลฝอยตามคุณลักษณะ และเพื่อประโยชน์ของการจัดการ ดังนี้

- ขยะทั่วไป เป็นขยะที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ในปัจจุบัน ได้แก่ เศษวัสดุก่อสร้าง กระดาษที่มีแผ่นฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกเคลือบ กล่องลูกฟูกที่ทำจากฟางอัด กล่องน้ำดื่มต่างๆ พลาสติกที่มีส่วนผสมของโฟมเบอร์ ฟองน้ำ เศษผ้า เศษหนัง เศษยาง เศษพรม ขยะประเภทนี้ไม่เกิดการย่อยสลายและเน่าเหม็น

- ขยะอินทรีย์ หรือขยะที่ย่อยสลายได้ เป็นขยะจากครัวเรือน ภัตตาคาร โรงอาหาร ตลาดสด และการเกษตรกรรม ได้แก่ เศษอาหาร เศษผัก เศษเนื้อ เศษผลไม้ ซากสัตว์ มูลสัตว์ ขยะประเภทนี้เป็นพวกที่ย่อยสลายและเน่าเปื่อยได้ง่าย มีกลิ่นเหม็น เพราะว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีความชื้นค่อนข้างสูง ดังนั้น การกำจัดขยะประเภทนี้ควรพิจารณาความเป็นไปได้ในการหมักทำปุ๋ยก่อน

- ขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ ขยะประเภทนี้ไม่เกิดการย่อยสลายและเน่าเหม็นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เช่น กระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะ อโลหะ เป็นต้น ในการกำจัดควรพิจารณาการแยกชิ้นส่วนที่ยังสามารถนำกลับมาใช้ได้

- ขยะติดเชื้อและขยะอันตราย เป็นขยะจากสถานพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม หรืออื่น ๆ ซึ่งต้องใช้กรรมวิธีในการทำลายเป็นพิเศษ ได้แก่ วัสดุที่ผ่านการใช้ในโรงพยาบาล แบตเตอรี่ กระป๋องสี ฟิล์มถ่ายรูป ถ่านไฟฉาย เป็นต้น การกำจัดขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาลจะทำลายโดยการเผาในเตาเผาขยะ ส่วนขยะอันตรายอื่น ๆ ต้องดำเนินการอย่างระมัดระวัง

### 2.1.2 การกำจัดขยะมูลฝอย

กรมควบคุมมลพิษ (2563) ได้กล่าวว่า ในภาพรวมของประเทศมีปริมาณขยะมูลฝอยตลอดทั้งปี ประมาณ 13-15 ล้านตัน มีการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 3.86 ล้านตัน หรือร้อยละ 26 ซึ่งขยะเหล่านี้มีแหล่งกำเนิดมาจากบ้านเรือน โรงงาน โรงพยาบาล สถานศึกษา ร้านค้า สถานประกอบการ และตลาด แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่นำไปกำจัดโดยวิธีฝังกลบ ใช้เตาเผา เทกองกลางแจ้ง และส่วนที่นำกลับมาใช้ใหม่ โดยการคัดแยกวัสดุรีไซเคิลนำไปขาย ชาเล้ง หรือร้านรับซื้อของเก่า ร้อยละ 81 การทำปุ๋ยหมักชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพร้อยละ 16 และผลิตพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงทดแทนร้อยละ 3 การกำจัดขยะมูลฝอย โดยการนำขยะมูลฝอย กลับมาใช้ใหม่ ในหลักการ 3Rs คือ

- Reduce ใช้น้อยหรือลดการใช้ โดยใช้เท่าที่จำเป็น เช่น ใช้ถุงผ้าแทนการใช้ถุงพลาสติกในการใส่ของ ใช้ถุงพลาสติกขนาดใหญ่ใบเดียวแทนการใช้ถุงพลาสติกใบเล็กหลายใบ ใช้แก้วน้ำเซรามิก แทนแก้ว พลาสติกหรือแก้วกระดวย

- Reuse ใช้ซ้ำ การใช้ซ้ำเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอย่างรู้คุณค่า โดยการนำผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานไปแล้วแต่ยังสามารถใช้งานได้ นำกลับมาใช้อีก เช่น การใช้ถ่านไฟฉายแบบชาร์จใหม่ (Rechargeable Battery) การใช้กระดาษชำระทั้ง 2 หน้า และใช้กระดาษหน้าที่ 3 ได้อีก เช่น นำมาพับเป็น รูปทรงต่างๆ ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน พับเป็นถุงใส่สินค้าที่เป็นของใช้ชนิดแห้ง และทำเป็นกระดาษพิมพ์ อักษรเบรลล์ (Braille Code) สำหรับผู้พิการทางสายตา เป็นต้น การนำขวดแก้วเก่ามาทำความสะอาดแล้วนำกลับมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ใหม่ในระบบโรงงาน การนำขวดแก้วมาทำเป็นแจกันใส่ดอกไม้ นำขวดโหลแก้วมาใส่กาแฟ หรือน้ำตาลทราย ฯลฯ ถุงพลาสติกใช้แล้วนำมาใส่ขยะ นำขวดน้ำพลาสติกมาทำที่รดน้ำต้นไม้แบบน้ำหยด น้ำยาง รดต้นไม้แล้วมาทำเป็นเครื่องเล่นเด็กและหรือนำมาทำเป็นถังขยะมูลฝอยแห้ง

- Recycle แปรรูปใช้ใหม่ สำหรับบรรจุภัณฑ์บางประเภทอาจจะใช้ซ้ำไม่ได้ จะมีการนำไปขายให้กับชาเล้งหรือร้านรับซื้อของเก่า ส่งไปขายต่อให้กับโรงงานสำหรับแปรรูป เพื่อนำไปผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เช่น การนำขวดพลาสติก PET มาหลอมเป็นเม็ดพลาสติก หรือดีเป็นเส้นใย สำหรับนำมาทอเสื้อผ้า นำเศษกระดาษมาแปรรูปเป็นเยื่อกระดาษ เพื่อผลิตกระดาษใหม่ในรูปแบบกระดาษรีไซเคิลนำมาใช้เป็นกระดาษห่อของขวัญ ตกแต่งเป็นกระดาษวาดภาพ และแผ่นที่สี

รองเท้าแตะ เพื่อใช้สอยในบ้านเรือน ฯลฯ นำเศษแก้ว มาหลอมแล้วขึ้นรูปขวดแก้วใหม่ นำเศษอะลูมิเนียมมาหลอมเป็นผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียม รวมทั้งกระป๋อง อะลูมิเนียม และการนำเศษไม้ เศษเหล็กมาดัดแปลงทำเฟอร์นิเจอร์

### 2.1.3 แนวทางการจัดการขยะมูลฝอย

แนวทางการจัดการขยะ เน้นรูปแบบของการวางแผนจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะต้องส่งเข้าไปทำลายด้วยระบบต่างๆ ให้น้อยที่สุด สามารถนำขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ทั้งในส่วนของการใช้ซ้ำและแปรรูปเพื่อใช้ใหม่ (Reuse & Recycle) รวมถึงการกำจัดที่ได้ผลพลอยได้ เช่น ปุ๋ยหมัก หรือพลังงาน โดยสรุปวิธีการดำเนินการตามแนวทางมีดังนี้ คือ

(1) การลดปริมาณการผลิตมูลฝอย รมรณรงค์ให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการลดการผลิตมูลฝอยในแต่ละวัน ได้แก่ ลดการทิ้งบรรจุภัณฑ์ โดยการใช้สินค้าชนิดเดิมใหม่ เช่น ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน น้ำยาทำความสะอาด และถ่านไฟฉายชนิดชาร์ตใหม่ เป็นต้น เลือกใช้สินค้าที่มีคุณภาพ มีหีบบรรจุภัณฑ์น้อย อายุการใช้งานยาวนาน และตัวสินค้าไม่เป็นมลพิษ ลดการใช้วัสดุกำจัดยาก เช่น โฟมบรรจุอาหาร และถุงพลาสติก

(2) จัดระบบการรีไซเคิล หรือการรวบรวมเพื่อนำไปสู่การแปรรูปเพื่อใช้ใหม่ โดยรณรงค์ให้ประชาชนแยกของเสีย นำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น กระดาษ พลาสติก และโลหะ นำไปใช้ซ้ำ หรือนำไปขาย/รีไซเคิล ขยะเศษอาหารนำมาหมักทำปุ๋ย ในรูปปุ๋ยน้ำ หรือปุ๋ยหมักเพื่อใช้ในชุมชน และจัดระบบที่เอื้อต่อการทำขยะรีไซเคิล ได้แก่ จัดภาชนะ (ถุง/ถัง) แยกประเภทขยะมูลฝอยที่ชัดเจนและเป็นมาตรฐาน จัดระบบบริการเก็บโดย

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจัดเก็บเอง จัดกลุ่มประชาชนที่มีอาชีพรับซื้อของเก่าให้ช่วยเก็บขยะรีไซเคิลในรูปของการรับซื้อ โดยการแบ่งพื้นที่ในการจัดเก็บและกำหนดเวลาให้เหมาะสม จัดกลุ่มอาสาสมัครหรือชมรมหรือนักเรียนให้มีกิจกรรม/โครงการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ เช่น โครงการขยะรีไซเคิลแลกสิ่งของ เช่น ดินไม้ ไข่ โครงการทำปุ๋ยน้ำ ปุ๋ยอ้อม ขยะหอม ปุ๋ยหมัก โครงการตลาดนัดขยะรีไซเคิล โครงการธนาคารวัสดุเหลือใช้ โครงการร้านค้าสินค้ารีไซเคิล

(3) การขนส่ง ระยะทางไม่ไกลให้รถขนส่งขยะมูลฝอยไปยังสถานที่กำจัดโดยตรง ระยะทางไกลและมีปริมาณขยะมูลฝอยมากอาจจะต้องสร้างสถานีขนถ่าย เพื่อถ่ายเทจากรถเก็บขนขยะมูลฝอยลงสู่รถบรรทุกขนาดใหญ่

(4) ระบบกำจัด เนื่องจากขยะมูลฝอยใช้ประโยชน์ไม่ได้จึงควรจัดการเพื่อกำจัดทำลายให้น้อยที่สุด ควรเลือกระบบกำจัดแบบผสมผสานเนื่องจากปัญหาขาดแคลนพื้นที่ จึงควรพิจารณาปรับปรุงพื้นที่กำจัดมูลฝอยที่มีอยู่เดิม และพัฒนาให้เป็นศูนย์กำจัดขยะมูลฝอย โดยมีระบบคัดแยกขยะมูลฝอย ระบบกำจัดผสมผสานหลายๆ ระบบในพื้นที่เดียวกัน ได้แก่ หมักทำปุ๋ย ผึ่งกลบ และวิธีอื่นๆ เป็นต้น

## 2.2 แนวคิดการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์

การทำปุ๋ยหมัก (composting) หมายถึงการย่อยสลายของวัสดุหรืออินทรีย์สารที่ได้จากขยะ โดยอาศัยกระบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์ทำให้เปลี่ยนสภาพสารอินทรีย์ในขยะ ไปเป็นสารที่มีประโยชน์ในการบำรุงดินที่เรียกว่า “วัสดุปรับปรุงดิน (humus-like material)” ซึ่งเป็นวัสดุที่มีลักษณะคงรูปสีค่อนข้างดำมีความชื้นเล็กน้อยและไม่มีการเหม็น (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) ส่วน ชงยุทธ โอสดสภา (2541) ได้ให้ความหมายของ “ปุ๋ยหมัก” ไว้ว่าหมายถึงปุ๋ยธรรมชาติที่เกิดจากการสลายตัวของเศษซากพืชซากสัตว์และมูลฝอยหลายชนิดแบบใช้อากาศและไม่ใช้อากาศซึ่งเปลี่ยนรูปอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์สามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพดินได้สำหรับขยะที่นำมาใช้หมักทำปุ๋ยก็คือขยะอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ เศษผักและผลไม้ที่เหลือทิ้งจากครัวเรือนหรือจากตลาดสดเศษใบไม้และเศษหญ้าจากพื้นที่ทำการเกษตรและจากการตกแต่งสวนรวมทั้งเศษอาหารจากบ้านเรือนหรือในสถาบันการศึกษา เป็นต้น การทำปุ๋ยหมักเป็นการแปรสภาพขยะที่ย่อยสลายได้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของขยะว่ามีศักยภาพเพียงพอหรือไม่ ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงคุณสมบัติทั้ง 2 ด้านของขยะโดยสังเขปดังนี้ (Tchobanoglous et al., 1993)

### 2.2.1 คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก

(1) คุณสมบัติทางกายภาพ (physical property) ประกอบด้วยปริมาณความชื้น น้ำหนักจำเพาะ ขนาด และการยอมให้น้ำซึมผ่าน แต่คุณสมบัติที่จะเกี่ยวข้องกับการนำขยะไปหมักทำปุ๋ยก็คือปริมาณความชื้น (moisture content) ซึ่งปริมาณความชื้นของขยะจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ องค์ประกอบของขยะ ฤดูกาลและสภาพภูมิอากาศ ฯลฯ โดยเศษพืชผักและผลไม้มีปริมาณความชื้นสูงถึงร้อยละ 75 ในขณะที่เศษไม้มีปริมาณความชื้นต่ำเพียงร้อยละ 25 เท่านั้น ในกรณีที่นำขยะมาทำปุ๋ยหมักนั้นความชื้นที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่างร้อยละ 50-60 จึงจะทำให้จุลินทรีย์สามารถทำงานได้ดี หากมีความชื้นสูงเกินไปจะทำให้สัดส่วนของออกซิเจนที่มีอยู่ตามช่องว่างระหว่างอนุภาคของขยะต่ำลงเนื่องจากถูกแทนที่ด้วยความชื้น ซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (anaerobic condition) รวมทั้งทำให้อุณหภูมิภายในกองขยะลดต่ำลงด้วยซึ่ง

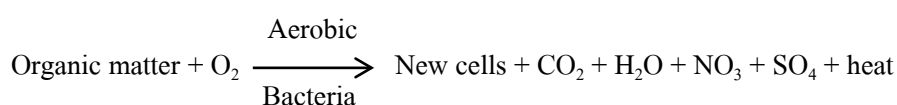
สถานะเช่นนี้ถือได้ว่าไม่เหมาะสมต่อการท างานของจุลินทรีย์ แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไปก็มีผลทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดช้าลงด้วยเช่นกัน

(2) คุณสมบัติทางเคมี (chemical property) เป็น อีก ปัจจัยหนึ่ง ที่ใช้ในการประเมินว่าสามารถนำเอาขยะอินทรีย์ไปทำปุ๋ยหมักหรือไม่ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากน้อยเพียงใด ซึ่งส่วนประกอบทางเคมี (chemical component) ขยะทุกประเภทมีส่วนประกอบ 3 ทางเคมีดังนี้คือธาตุหลักได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ส่วน ธาตุรองได้แก่ไนโตรเจน (N) และซัลเฟอร์ (S) และขี้เถ้า (Ash) ตามลำดับ แต่ส่วนประกอบทางเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปุ๋ยหมักก็คือไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ตามลำดับ มีการศึกษาพบว่าขยะประเภทเศษอาหารและเศษหญ้ามีส่วนประกอบของ N ร้อยละ 2.8 และ 3 ตามลำดับ รวมถึงอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เป็นปัจจัยที่มีส่วนสำคัญต่อการหมักทำปุ๋ยเนื่องจากไนโตรเจนมีผลต่อการสร้างเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ หากอัตราส่วนนี้มีค่าสูงเกินไปซึ่งหมายถึงมีปริมาณไนโตรเจนน้อย จุลินทรีย์ก็จะเพิ่มจำนวนน้อยลงไปด้วยเพราะต้องอาศัยไนโตรเจนในการเจริญเติบโต แต่ในทางตรงกันข้ามหากอัตราส่วนต่ำเกินไปซึ่งหมายถึงมีปริมาณไนโตรเจนมากขึ้น ก็จะทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>) แพร่กระจายออกสู่บรรยากาศมาก โดยปกติอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วงระหว่าง 20 :1 ถึง 40:1 ซึ่งถ้าหากมีอัตราส่วนที่สูงหรือต่ำกว่านี้ก็จำเป็นต้องปรับสภาพของขยะให้มีอัตราส่วนอยู่ในช่วงดังกล่าวก่อนนำไปทำการหมักเป็นปุ๋ยต่อไป

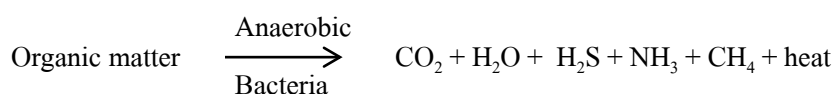
### 2.2.2 กระบวนการทำปุ๋ยหมัก

กรมควบคุมมลพิษ (2563) ได้อธิบายรูปแบบของการหมักปุ๋ยจากขยะย่อยสลายได้ว่ามี 2 รูปแบบด้วยกันคือการหมักแบบใช้ออกซิเจนและการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) การหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic decomposition) คือกระบวนการที่จุลินทรีย์ชนิดที่ดำรงชีพโดยใช้ออกซิเจนได้รับสารอาหารแล้วเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและมีการย่อยสลายอินทรีย์สารให้กลายเป็นแร่ธาตุกระบวนการนี้ไม่ก่อให้เกิดปัญหามากนักเนื่องจากไม่ทำให้เกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็นแต่จะได้ปุ๋ยที่มีคุณสมบัติและมีองค์ประกอบของไนเตรท (NO<sub>3</sub>) และซัลเฟต (SO<sub>4</sub>) ดังสมการ



(2) การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic decomposition) เป็นกระบวนการซึ่งจุลินทรีย์ชนิดที่ดำรงชีพโดยไม่ใช้ออกซิเจนได้รับสารอาหารแล้วเจริญเติบโตและมีการย่อยสลายอินทรีย์สารให้แปรสภาพเป็นแร่ธาตุแต่กระบวนการนี้มักมีปัญหาก่อให้เกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น เช่น ก๊าซไข่เน่า ( $\text{H}_2\text{S}$ ) และแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) รวมทั้งคุณภาพของปุ๋ยที่ได้จะค่อนข้างต่ำและใช้เวลาในการหมักนานกว่าการหมักแบบใช้ออกซิเจนกระบวนการนี้จะมีก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) เกิดขึ้นมาด้วยซึ่งก๊าซชนิดนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงานสำหรับใช้ในกิจการต่างๆ ได้ ดังสมการ



## 2.3 รูปแบบของการทำปุ๋ยหมัก

การนำขยะย่อยสลายได้มาหมักทำปุ๋ยกระทำได้หลายรูปแบบด้วยกันดังนี้

(1) การหมักโดยให้กองขยะสัมผัสกับออกซิเจนตามธรรมชาติ (Windrow composting) เป็นการนำขยะมากองให้เป็นแถวยาวมีลักษณะครึ่งวงกลมคล้ายโดมโดยมีความสูงประมาณ 1-1.6 เมตร และกว้างประมาณ 2.4-3.6 เมตร และมีความยาวตามความเหมาะสมของพื้นที่ในระหว่างทำการหมักต้องพลิกกลับกองขยะ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ตลอดระยะเวลาของการหมักประมาณ 1 เดือนเพื่อให้ขยะมีโอกาสดูดซับกับอากาศอย่างทั่วถึงซึ่งจะช่วยให้กระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและต้องควบคุมปัจจัยอื่นๆ ให้มีความเหมาะสมเช่นปรับปริมาณความชื้นให้อยู่ประมาณในช่วงร้อยละ 50-60 หรือการนำขยะมาทำเป็นชั้นเล็กๆ ที่มีขนาดประมาณ 2.5-7.5 ซม. ก่อนนำมากองเป็นแถว

(2) การหมักโดยเติมอากาศเข้าสู่กองขยะ (Aerated static pile composting) เพื่อให้กระบวนการย่อยสลายจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพวิธีการก็คืออากาศจะถูกส่งเข้าไปโดยผ่านรูหรือช่องของตัวภาชนะหรือถังใส่ขยะซึ่งออกแบบให้กระจายทั่วภาชนะจากนั้นมีการใช้พัดลมดูดอากาศที่อยู่ภายในกองขยะให้ระบายออกสู่ภายนอกโดยผ่านระบบท่อที่วางไว้ทั้งนี้เพื่อออกซิเจนมีการหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลาภายในกองขยะทำให้เกิดการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศอย่างต่อเนื่องนอกจากนี้การส่งอากาศเข้าไปตามรูหรือช่องของภาชนะยังออกแบบให้มีการควบคุมอุณหภูมิของอากาศควบคู่ไปด้วยซึ่งเป็นการช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในกองขยะให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะต่อปฏิกิริยาการย่อยสลายของจุลินทรีย์ตลอดเวลาและเป็นการฆ่าเชื้อโรคบางชนิดที่มีอยู่ภายในกองขยะด้วย

(3) การหมักโดยระบบปิด (In-vessel composting) วิธีนี้เป็นการนำขยะที่จะทำปุ๋ยมาบรรจุลงในถังขนาดใหญ่ที่มีฝาปิดมิดชิดและมีช่องเติมอากาศเข้าสู่ด้านล่างของถังสำหรับหลักการทำงาน

ของระบบนี้ก็จะเป็นเช่นเดียวกับระบบเปิดทั้ง 2 ระบบที่กล่าวมาข้างต้นแต่ระบบนี้มีข้อดีคือสามารถควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายของจุลินทรีย์เช่นอุณหภูมิปริมาณความชื้นปริมาณออกซิเจน ฯลฯ ได้ดีกว่าและมีผลต่อการลดระยะเวลาในการหมักทำปุ๋ยให้น้อยลงเหลือเพียงประมาณ 14 วันและใช้พื้นที่ในการดำเนินการน้อยลง

อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์รูปแบบของการหมักปุ๋ยโดยใช้วิธีการหมักแบบเติมอากาศเข้าสู่กองขยะ (Aerated static pile composting) ทั้งนี้ได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ในการหมักปุ๋ยอย่างง่ายด้วยการใช้ยางรถยนต์ที่ผ่านการใช้งานแล้วและมีการต่อเจาะรูรอบถังเพื่อให้อากาศสามารถถ่ายเทเข้าสู่ภายในถังได้โดยมีแกนหมุนสำหรับพลิกกลับขยะที่อยู่ในถังดังกล่าวได้ตลอดเวลาตามความต้องการ

## 2.4 ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมัก

ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากหมักบ่มสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้สลายตัว และผุพังไปบางส่วน ทำให้ได้ปุ๋ยที่มีลักษณะสีคล้ำดำ มีลักษณะเป็นผงละเอียด เหมาะสำหรับการปรับปรุงดิน และให้ธาตุอาหารแก่พืช

วัสดุอินทรีย์ที่ใช้สำหรับการหมัก อาจเป็นเศษพืชสด วัสดุอินทรีย์เผา รวมถึงอาจผสมซากของสัตว์หรืออาจจะผสมปุ๋ยคอกก็ได้ และหากนำมากองรวมกัน พร้อมรดน้ำอย่างสม่ำเสมอ จุลินทรีย์ก็จะทำการย่อยสลายขึ้นซึ่งสังเกตได้จากกองปุ๋ยหมักจะมีความร้อนเกิดขึ้น เมื่อเกิดความร้อนจึงจำเป็นต้องคลุกกลับกองปุ๋ย และรดน้ำให้ทั่ว ซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึง และหากความร้อนในกองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันในทุกจุด และความร้อนมีน้อยจึงแสดงได้ว่า ปุ๋ยหมักปุ๋ยพร้อมใช้งานแล้ว

ปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายได้ดีแล้วจะมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดสีน้ำตาลดำ มีความร่วนซุย และมีกลิ่นฉุนของการหมัก เมื่อนำปุ๋ยหมักไปใช้ในแปลงเกษตรก็จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทั้งช่วยเพิ่มแร่ธาตุ อินทรีย์วัตถุ ปรับสภาพความเป็นกรด – ด่าง และช่วยให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น เป็นต้น

## 2.5 ทฤษฎีการหมักปุ๋ย

### 2.5.1 ประเภทของกระบวนการหมักปุ๋ย

กระบวนการหมักปุ๋ยสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ การหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจน และการหมักปุ๋ยแบบไม่ใช้ออกซิเจน

#### 2.5.1.1 การหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Composting)

จุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจนจะย่อยสลายสารอินทรีย์ (Organic Matter) ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เซลลูโลส กรดอะมิโน ฯลฯ ในสภาวะที่มีออกซิเจน และได้

ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารคงตัวหรือฮิวมัสน้ำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และพลังงานความร้อน

กระบวนการหมักปุ๋ยประกอบด้วยกลไกที่สำคัญ 2 ขั้นตอน ได้แก่

1) การย่อยสลายอย่างเข้มข้น (Intensive rotting phase) เกิดขึ้นในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการหมักอุณหภูมิของการหมักจะสูงถึง  $45^{\circ}\text{C}$  ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์โดย แบคทีเรีย ประเภทมีโซฟิลิก (Mesophilic) หลังจาก 24 ชั่วโมงแล้วอุณหภูมิของสารหมักจะสูงขึ้นจนถึงประมาณ  $75^{\circ}\text{C}$  ช่วงนี้การย่อยสลายสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นเนื่องจากแบคทีเรียประเภท เทอร์โมฟิลิก (Thermophilic) และอุณหภูมิที่สูงระดับนี้จะทำให้เชื้อโรคที่อยู่ในวัสดุหมักส่วนใหญ่ตายได้ ระยะเวลาของการเกิดกลไกนี้จะประมาณ 3-6 สัปดาห์ หรือตั้งแต่ 1-5 วัน ขึ้นอยู่กับวิธีการหมักและองค์ประกอบของวัสดุหมัก

2) การย่อยสลายขั้นสุดท้าย (Final rotting phase) หลังจากที่มีการย่อยสลายอย่างเข้มข้นเสร็จสิ้นแล้ว อุณหภูมิของสารหมักจะค่อยๆ ลดลงจนเหลือประมาณ 30 องศาเซลเซียส อินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น พืชเซลลูโลสจะถูกย่อยสลายในขั้นนี้ จะใช้เวลาตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไปจนถึง 1 ปี การย่อยสลายในขั้นตอนนี้จะมี กลุ่มจุลินทรีย์พวกรา ได้แก่ ฟังไจ (fungi) และ แอคติโนมัยซีต (actinomycetes) ช่วยในการย่อยสลายสารที่ย่อยสลายได้ยากที่เหลืออยู่ด้วย

#### 2.5.1.2 การหมักปุ๋ยแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Composting)

อาศัยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจน 2 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์สร้างกรด (Acid Forming Anaerobic Composting) และ จุลินทรีย์สร้างมีเทน (Methanogenic Anaerobic Bacteria) เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน และได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารคงตัว ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และพลังงานความร้อน

การเปรียบเทียบการหมักระหว่างแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน แสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบการหมักระหว่างแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

| รายละเอียด          | การหมักแบบใช้ออกซิเจน              | การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน                |
|---------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| ระยะเวลาหมัก        | 20-30 วัน                          | 20-40 วัน                               |
| ผลิตภัณฑ์จากการหมัก | ชีวแก๊ส, น้ำ, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ | สลัดจ์, ก๊าซมีเทน, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ |
| ปริมาณขยะคงเหลือ    | น้อยกว่า 50%                       | มากกว่า 50 %                            |
| แหล่งพลังงาน        | ใช้พลังงานภายนอก                   | ได้พลังงานจากการหมัก                    |

ที่มา : Tchobanoglous, G.et al., (1993)

### 2.5.2 รูปแบบของการหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจน

1) การหมักในถังปฏิกิริยาการหมักแบบนี้ทำโดยนำวัสดุที่ใช้หมักมาใส่ในถังปฏิกิริยา ซึ่งมีการควบคุม สภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับกระบวนการหมัก วัสดุหมักจะเคลื่อนที่ภายในถังโดยเกิดจากการอัดตัวของวัสดุหมักที่เข้ามาใหม่การหมักในถังปฏิกิริยากระบวนการหมักจะเกิดขึ้นเร็วเนื่องจากการเติมอากาศเข้าในถัง จึงทำให้ใช้ระยะเวลาน้อยในการหมัก และสามารถควบคุมกลิ่นได้ การหมักใน ถังปฏิกิริยาจะใช้พื้นที่น้อยจึงเหมาะกะบบบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด

2) การหมักแบบไม่ใช้ถังปฏิกิริยาเป็นการนำวัสดุหมักมาวางกองทิ้งไว้เพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลาย อาจมีการพลิกกลับกองปุ๋ยหรือไม่พลิกกลับก็ได้การพลิกกลับกองปุ๋ยจะช่วยให้วัสดุหมักเกิดการผสมกันดีขึ้นทำให้เกิดการย่อยสลายได้อย่างทั่วถึงทั้งกอง และยังเป็นการถ่ายเทอากาศอีกด้วย อาจมีการเติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศหรือไม่ใช้ก็ได้

### 2.5.3 ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายในกระบวนการหมัก

เนื่องจากการทำงานของจุลินทรีย์ทำให้เกิดกระบวนการหมัก ดังนั้นสภาพแวดล้อมในกอง หมักจึงต้องมีความเหมาะสม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการทำงานของจุลินทรีย์และยังส่งผลต่อ การย่อยสลายอีกด้วย ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายมีหลายปัจจัยด้วยกันดังต่อไปนี้

#### 2.5.3.1 ชนิดเชื้อจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในกองปุ๋ยหมักจนกระทั่งได้ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์นั้นเกิดขึ้นโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์เป็นหลักและยังเกิดจากจุลินทรีย์หลายชนิดประกอบกันจึงแบ่งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการหมักออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย แอคติโนมัยซิส และเชื้อรา ในกองปุ๋ยหมักความชื้นและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายในกองปุ๋ยจะมีอุณหภูมิเพิ่ม

สูงและมีความชื้น สูง ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อบักเตรียมากกว่าเชื้อรา ดังนั้น จึงมักตรวจพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวนอกของกองปุ๋ย ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและมีความชื้นน้อยกว่าในกองปุ๋ยหมัก จากการศึกษาเชื้อราในกอง ปุ๋ยหมักในช่วงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถพบเชื้อราได้ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 65 องศาเซลเซียส จะไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อรา

#### 2.5.3.2 เติมาอากาศ (Aeration)

ระบายอากาศในกองปุ๋ยหมักจำเป็นมากสำหรับจุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจน เป็นการเพิ่ม ปริมาณออกซิเจนให้เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ช่วยระเหยนํ้าออกจากกองหมักเพื่อให้มีความชื้นเหมาะสมและควบคุมอุณหภูมิในกองปุ๋ยปริมาณอากาศที่ต้องการมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด ความชื้น ของวัสดุหมัก และช่วงเวลาของกระบวนการ หมัก ในช่วงเริ่มของการหมักมีความต้องการออกซิเจนสูงกว่าระยะบ่ม หากวัสดุหมักที่มีความชื้น สูงหรือมีขนาดเล็กจะทำให้วัสดุหมักเกิดอัดตัวกันแน่นทำให้ช่องระบายอากาศลดลงด้วยจึงต้องมี การเพิ่มการระบายอากาศ

#### 2.5.3.3 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมกระบวนการหมักอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของกอง หมักเกิดจากความร้อนจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ ด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะช่วย เพิ่มอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์การได้ปุ๋ยหมักที่ปลอดภัยในการนำไปใช้ประโยชน์และมีผลต่อชนิดของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในระหว่างการหมักการควบคุมอุณหภูมิภายในกองหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุดและเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์เมื่อนำปุ๋ยหมักไปใช้ประโยชน์ โดยอุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่กองหมักจะมีความหลากหลายของจุลินทรีย์สูงที่สุด อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส เป็น 12 ช่วงที่อุณหภูมิมีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด และถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส จะ สามารถฆ่าเชื้อโรคในกองปุ๋ยได้ ความสูงของอุณหภูมิจะแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุหมักและขนาดของกองปุ๋ยด้วย อุณหภูมิที่สูงมากเกินไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ส่งผลให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ลดลงทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงเป็นเหตุให้อุณหภูมิค่อยๆลดลงโดยที่อุณหภูมิภายในกองหมักปุ๋ยจะมีการเปลี่ยนแปลง

#### 2.5.3.4 ค่าพีเอช

ในระหว่างการหมักค่าพีเอชจะอยู่ระหว่าง 6.0-9.0 โดยที่แบคทีเรียและเชื้อ ราจะเจริญเติบโตได้ดีที่พีเอช 6.0-7.5 และ 5.5-8.0 ตามลำดับ สารอินทรีย์ที่มีลักษณะ เป็นบัพเฟอร์ที่ดีจะช่วยรักษาระดับพีเอชไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก การที่กองปุ๋ยหมักมี ค่าพีเอชต่ำเนื่องจากปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ เกิดกรดอินทรีย์จากกระบวนการหมักแบบไม่ใช้

ออกซิเจน แต่ถ้ากองปุ๋ยมีค่าพีเอชสูงเกินไปนั้นเกิดจากแอมโมเนียมไปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งเป็นพิษต่อจุลินทรีย์และอาจก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น จะเห็นได้ว่าวัสดุหมักที่มีค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไปส่งผลให้กระบวนการหมักเกิดช้า จึงต้องปรับให้ค่าพีเอชอยู่ในช่วงที่เป็นกลางก่อน ในทางปฏิบัติแม้ค่าพีเอชไม่ใช่ตัวควบคุมกระบวนการหมักแต่เป็นประโยชน์สำหรับดูความเป็นไปของระบบการหมักที่ดำเนินการอยู่

#### 2.5.3.5 ความชื้น

ความชื้นเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณน้ำในกองหมักซึ่งจุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต และกระบวนการเมตาบอลิซึม โดยปกติอุณหภูมิในกองหมักจะสูงทำให้น้ำระเหยออกตลอดเวลา จึงต้องมีการเติมน้ำเพื่อปรับความชื้นไม่ให้มีมากหรือน้อยเกินไป ความชื้นนี้ยังมีผลต่อการระบายอากาศด้วย คือถ้าความชื้นมีมากการแพร่กระจายของอากาศในกองปุ๋ยหมักจะเกิดได้ยาก อาจก่อให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์ ความชื้นที่เหมาะสมในการการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกองปุ๋ยมีค่าร้อยละ 50-60 (โดยน้ำหนัก) ถ้าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 40 การย่อยสลายจะเกิดขึ้นช้า แต่ถ้าความชื้นมีค่าสูงกว่าร้อยละ 80 จะทำให้การระบายอากาศไม่ดีจนทำให้เกิดสภาพแอนแอโรบิคขึ้นทำให้กระบวนการย่อยเกิดช้าเช่นกัน

#### 2.5.4 เกณฑ์ในการพิจารณาปุ๋ยหมัก

การนำไปใช้ประโยชน์ได้เกณฑ์ในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ มี 3 เกณฑ์ ดังนี้

##### 2.5.4.1 ลักษณะทางกายภาพ

สีของวัสดุของวัสดุเศษพืชหลังจากเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ ลักษณะของวัสดุเศษพืชที่เป็นปุ๋ยหมัก ที่สมบูรณ์จะมีลักษณะอ่อนนุ่มและเปื่อยยุ่ย กลิ่นของวัสดุปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ จะไม่มีกลิ่นเหม็น หรือกลิ่นฉุน ความร้อนภายในกองปุ๋ยหมัก จะมีลักษณะใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก

##### 2.5.4.2 ลักษณะทางเคมี

ค่าพีเอช วัสดุหมักที่เสถียรแล้ว ค่าพีเอชจะรักษาระดับในช่วง 7-8 ตลอดสิ้นสุด กระบวนการหมัก ค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะต้องมีค่า C/N Ratio เท่ากับหรือน้อยกว่า 20 ค่าแอมโมเนียในโตรเจน ปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วควรมีปริมาณแอมโมเนียในโตรเจน น้อยกว่า 400 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หากวิเคราะห์พบแอมโมเนียไฮโดรเจนซัลไฟด์ แสดงว่าปุ๋ยหมักยังไม่ได้ที่ ค่าไนโตรเจนในโตรเจนและไนเตรตในโตรเจน ปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วควรมีปริมาณไนเตรตในโตรเจนมากกว่า 400 mg/kg กองปุ๋ยหมักต้องมีไนโตรเจนและ

ใน เทรตเกิดขึ้นจึงจะถือว่าปุ๋ยหมักได้ที่แล้ว ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วก็จะต้องมีค่าต่ำสุดของ CEC เท่ากับ 60 meq/100g

### 2.5.4.3 ลักษณะเศษวัสดุ

วัสดุที่มักนำมาใช้ในการหมักนิยมนำเศษวัสดุจากการเกษตรการนำเศษวัสดุมาหมัก สิ่งที่ต้องคำนึงถึงความสดของเศษวัสดุ ขนาดของเศษวัสดุ เป็นต้น กรณีใช้เศษพืชสดมาทำการหมักอาจจะต้องระมัดระวังเรื่องความชื้น เนื่องจากเศษพืชสด จะมีปริมาณน้ำมาก ทำให้การระบายอากาศไม่ดี ซึ่งอาจทำให้เกิดการเน่าและส่งกลิ่นเหม็นได้ การ ทำปุ๋ยหมักจากเศษพืชนิยมนำเศษพืชแห้งเนื่องจากสามารถควบคุมความชื้นและการระบายอากาศ ในกองปุ๋ยได้ ขนาดของเศษวัสดุคือสิ่งที่ควรคำนึงถึงด้วย เพราะถ้าขนาดของเศษวัสดุที่นำมาหมักมีขนาดเล็กอัตราการย่อยสลายจะเกิดเร็วกว่าเศษวัสดุที่มีขนาดใหญ่เนื่องจากมีพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์สัมผัสมากจึงเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างทั่วถึงแต่ถ้าเศษวัสดุที่นำมาหมักมีขนาดเล็กเกินไป จะทำให้ความพรุนในกองหมักลดลงซึ่งจะทำให้ไปขัดขวางการระบายอากาศของกองหมักได้ โดยทั่วไปมีการเพิ่มความพรุนในกองหมักด้วยการนำวัสดุเพิ่มความพรุน (Bulking Agent) เช่น ใบไม้แห้ง ขี้เลื่อย ก่อนนำไปหมัก

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบถังหมักขยะอินทรีย์ในงานวิจัยนี้ได้ใช้หลักอ้างอิงจากข้อมูล ดังนี้

เสาวณี (2546) ได้ทำการศึกษา การหาปริมาณธาตุอาหารหลัก (N,P,K) ในปุ๋ยชีวภาพยี่ห้อต่างๆในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณธาตุอาหาร คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ในปุ๋ยยี่ห้อต่างๆในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา เพื่อนำผลการทดลองมาใช้ในการเลือกซื้อปุ๋ยแต่ละยี่ห้อ ได้ทำการวิจัยปุ๋ยชีวภาพ 5 ยี่ห้อดัง ตราช้างคู่ ตราดวงตะวันเพชร ตราสามสาย ตราเสือ และตราวัดป่ายาง ได้ทำการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (N) Kjeldahl method การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส (P) ด้วยวิธีการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม (K) ด้วยเครื่อง Atomic Absorption spectrometer การวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างทำโดยการสุ่มเก็บตัวอย่าง 3 ครั้งแต่ละครั้งทำการทดลอง 3 ซ้ำ พบว่า การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยชีวภาพทั้ง 5 ตัวอย่าง พบปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระหว่าง 0.3175 – 5.527% โดยพบว่าปุ๋ยตราเสือปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด ปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 0.0570 – 0.3343% โดยพบว่าปุ๋ยตราช้างคู่ปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด ปริมาณโพแทสเซียมอยู่ระหว่าง 0.1252 – 2.0763% โดยพบว่าปุ๋ยตราวัดป่ายางมีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการนำปุ๋ยชีวภาพใช้ประโยชน์ต่อไป

อาณาจักร (2541) ศึกษาการหมักปุ๋ยจากกากตะกอนน้ำเสียชุมชนกับเศษหญ้าและใบไม้แห้ง โดยผสมวัสดุหมักให้มีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นอยู่ในช่วง 25-30 ใส่สารเร่ง พด.1 และควบคุมความชื้นให้มีค่าร้อยละ 60-70 ตลอดจนการทดลอง กองปุ๋ยมีขนาดความกว้างและความยาว ด้านละ 1.5 เมตร ความสูง 0.5, 1.0 และ 1.5 เมตร ใช้ท่อพีวีซีเจาะรูเสียบในกองปุ๋ยเพื่อเป็นการระบายอากาศ แบ่งเป็น 2 ชุดการทดลองโดยชุดที่ 1 พลิกกลับกองปุ๋ยทุก 14 วัน การทดลองชุดที่ 2 ไม่มีการพลิกกลับกอง ผลการทดลองพบว่าปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียผสมกับใบไม้แห้งย่อยสลายได้เร็วกว่าปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียผสมกับเศษหญ้า กองหมักที่มีความสูง 1 เมตรมีคุณภาพปุ๋ยดีที่สุด และกองหมักที่มีการพลิกกองทุก 14 วัน มีอัตราการย่อยสลายสูงกว่ากองที่ไม่มีการพลิกกลับกอง

กิ่งกาญจน์ (2546) ได้ศึกษาการหมักปุ๋ยแบบกองแถวขนาดกองกว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร โดยมีโครงไม้รูปสามเหลี่ยมด้านเท่ายาวด้านละ 0.5 เมตร คลุมด้วยตาข่ายในกองหมัก ทั้งหมด 6 กอง วัสดุหมักเริ่มต้นมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 10 15 20 25 30 และ 35 พลิกกลับ กองปุ๋ยเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยภายในกองหมักต่ำกว่า 45 °C หรืออย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง พบว่ากองหมัก ที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 15 ใช้เวลาน้อยที่สุดประมาณ 40 วัน ในขณะที่ กองหมักที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 25-35 ใช้เวลาประมาณ 50-56 วัน นอกจากนี้กองหมักที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 15 ยังมีปริมาณไนเตรทในโตรเจนสูงที่สุด ประมาณ 3,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม(น้ำหนักแห้ง) ส่วนกองหมักที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 10 มีปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนสูงที่สุด ประมาณ 5,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม(น้ำหนักแห้ง) การออกแบบถังหมักในงานวิจัยนี้ใช้หลักอ้างอิงจากข้อมูลของ (กรมพัฒนาที่ดิน) ปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยที่ 1.443 กก./คน/วัน เมื่อคำนวณ เฉพาะปริมาณขยะอินทรีย์ที่ทิ้งจากครัวเรือนขนาด 24 คน เลือกใช้ปริมาณขยะ 1200 กรัม ต่อวัน จากหนึ่งครัวเรือน และ จากผลการศึกษาการย่อยสลายเศษอาหารต่อเศษใบไม้แห้งร่วมกับ สารเร่ง เพื่อทำปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน (พด.1) พบว่าที่ อัตราส่วน 60:40 โดยน้ำหนักจะได้วัสดุหมัก ที่มีค่าอัตราส่วน C/N เท่ากับ 20 ในระยะเวลา 15 วัน [3] การออกแบบจึงเลือกใช้ถังพลาสติกทำจาก โพลีโพรพิลีนชนิด HDPE (High density polyethylene) ขนาด 130 ลิตร ถึงมีขนาด เส้นผ่าน ศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร สูง 80 เซนติเมตร ภายในติดตั้ง ใบกวนประเภท Pitched-blade turbine ใบ กวนมีมุมเอียง 30 องศา จำนวน 7 ชิ้น พร้อมตามหมุน เมื่อหมุนใบกวน จะเกิดการพลิกกลับ ของ วัสดุหมัก โดยรอบถังหมักเจาะรูระบายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร การป้อนวัสดุหมัก ป้อนด้านบน และนำผลิตภัณฑ์ออกทางด้านล่างซึ่งมีช่องปิดเปิด ก. ออกแบบการป้อนเป็นแบบ semi-continuous และสามารถรองรับ ปริมาณขยะเศษอาหารวันละ 1200 กรัม ผสมกับเศษใบไม้

แห้งขนาด 0.03-0.28 เซนติเมตร ปริมาณ 800 กรัม รวมปริมาณวัสดุหมักวันละ 2000 กรัม เมื่อครบระยะเวลาการหมัก วัสดุหมักที่ป้อนเขาไปก่อน จะถูกนำออกก่อน และวัสดุหมักในลำดับถัดไปจะเคลื่อนที่มาแทน เมื่อเหลือพื้นที่ว่างด้านบน จะสามารถป้อนวัสดุหมักได้อย่างต่อเนื่อง

สุนันทา เลาวณิชย์ศิริ, (2554) ได้ศึกษาระบบถังหมักก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่ย่อย สลายง่ายให้กลายเป็นก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ซึ่งกระบวนการดังกล่าว เรียกว่า การย่อย สลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ อาศัยหลักการย่อยสลายแบบไม่ใช้ ออกซิเจนดังกล่าว โดยเป็นกระบวนการหมักขยะอินทรีย์ในถังที่ปิดสนิทที่มีแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจน ย่อยสลายอินทรีย์ กลายเป็นก๊าซชีวภาพ มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ และได้ผลผลิตสุดท้ายเป็นสารปรับสภาพดินหรือปุ๋ยอินทรีย์

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 วัสดุและอุปกรณ์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ การพัฒนาถังหมักขยะอินทรีย์จากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว โดยมีวัสดุและอุปกรณ์ในการทำวิจัย ดังนี้

- 1) สกรูเกลียว
- 2) ท่อ PVC ขนาด 1 นิ้ว
- 3) สว่านไฟฟ้า
- 4) ตาข่าย
- 5) โบลท์
- 6) หัวสว่าน
- 7) แหวนน็อต
- 8) คัดเตอร์
- 9) ไม้บรรทัด
- 10) พลาสติกสีดำ
- 11) ยางรถยนต์ ขอบยาง 14 และ 15 (ยางรถยนต์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว)
- 12) เทอร์โมมิเตอร์

#### 3.2 เครื่องมือวิเคราะห์

การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการเพื่อหาประสิทธิภาพของถังหมักขยะอินทรีย์จากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว โดยมีเครื่องมือวิเคราะห์ ดังนี้

- 1) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 2) ตู้อบความร้อน Hot air oven
- 3) Macro Kjeldahl digestion and distillation apparatus
- 4) บิวเรต (Burette) ขนาด 50 มิลลิตร
- 5) โถดูดความชื้น Desiccator
- 6) เครื่องแก้ว และวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในปฏิบัติการวิเคราะห์
- 7) เครื่องตรวจวัดทีโอซี Spectrophotometer

### 3.3 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการเพื่อหาประสิทธิภาพของถังหมักขยะอินทรีย์จากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว ดังนี้

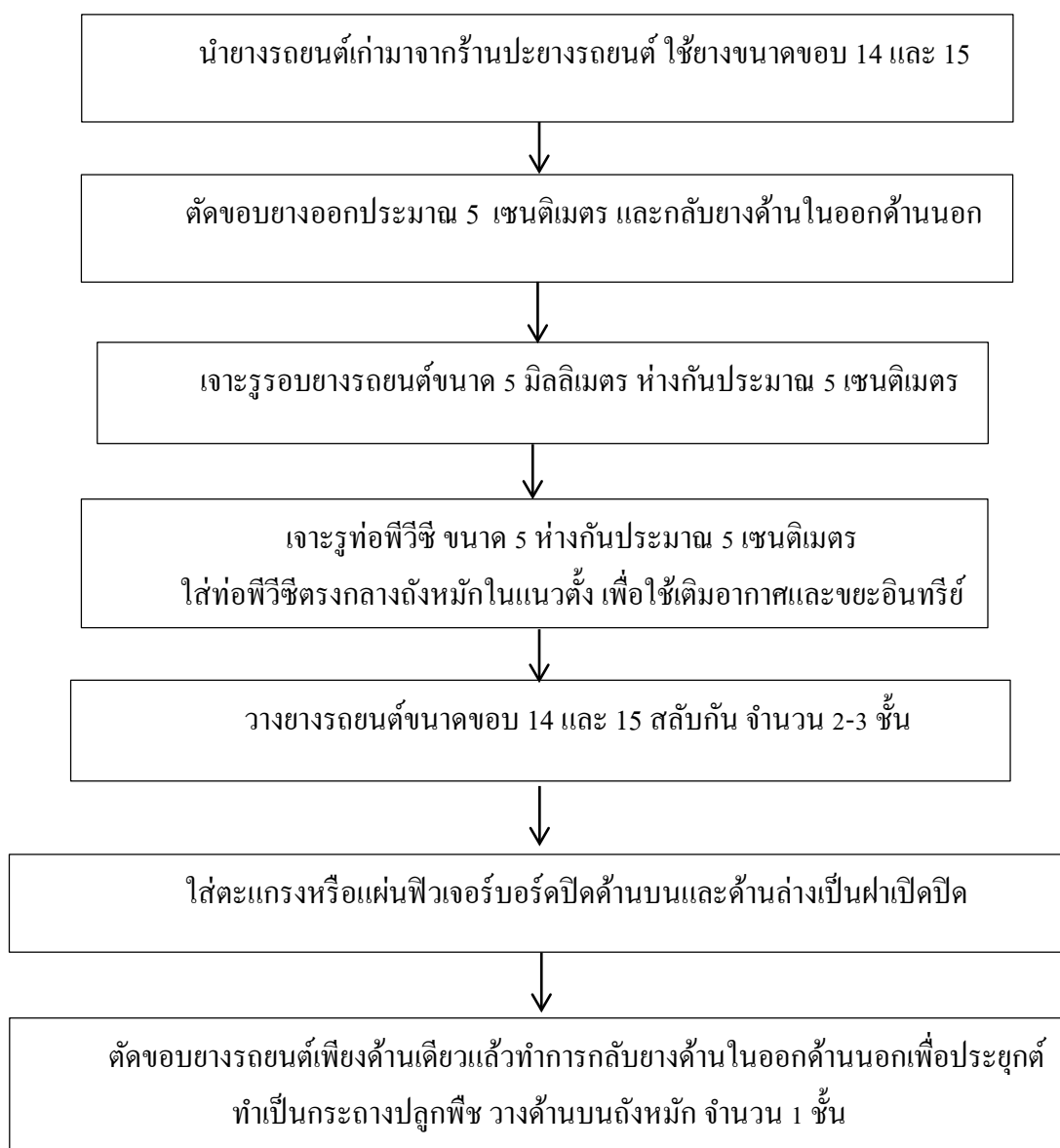
- 1) Potassium Nitrate ( $\text{KNO}_3$ )
- 2) Ammonium sulfate ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ )
- 3) Ammonium molybdate  $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ , AR grade
- 4) Ammonium metavanadate ( $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ), AR grade
- 5) Nitric acid 69-70 เปอร์เซ็นต์ ( $\text{HNO}_3$ ), AR grade
- 6) Perchloric acid 69-70 ( $\text{HClO}_4$ ), AR grade
- 7) Potassium dihydrogen phosphate ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), AR grade
- 8) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 1000 ppm
- 9) Calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ), AR grade
- 10) Hydrochloric acid 36-38 เปอร์เซ็นต์ ( $\text{HCl}$ , conc.), AR grade
- 11) Nitric acid 69-70 เปอร์เซ็นต์ ( $\text{HNO}_3$ ), AR grade
- 12) Perchloric acid 69-70 เปอร์เซ็นต์ ( $\text{HClO}_4$ ), AR grade

### 3.4 การออกแบบถังหมักขยะอินทรีย์

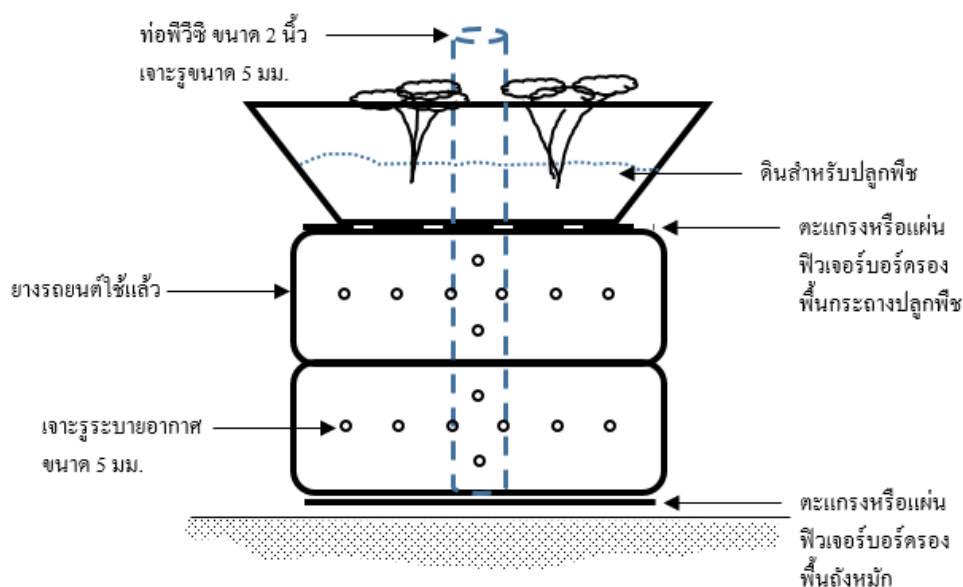
#### 3.5.1 แนวคิดการออกแบบถังหมักขยะอินทรีย์จากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว

##### 3.4.1.1 การออกแบบถังหมักที่ 1

แนวคิดการออกแบบถังหมักที่ 1 ออกแบบให้มีท่อพีวีซี อยู่ตรงกลางถังหมักที่ทำจากยางรถยนต์ที่นำมากลับด้านในออกด้านนอกเพื่อเพิ่มปริมาตรของถังหมักขยะ โดยวิธีทำเริ่มจากตัดยางรถยนต์ให้เหลือขอบยาง 5 เซนติเมตร และนำยางรถยนต์มากลับขอบ จากนั้นนำยางรถยนต์ที่กลับมาเรียงต่อกัน 4 เส้น จะได้ความสูง 85 เซนติเมตร ต่อท่อ PVC ความยาว 120 เซนติเมตร เจาะรูรอบท่อ PVC ระยะห่างความกว้าง 5 เซนติเมตร ความสูงระยะห่าง 10 เซนติเมตร เจาะรูรอบถังจากยางรถยนต์ความสูงห่าง 15 เซนติเมตร และความกว้างระยะห่าง 5 เซนติเมตร รูรอบตัวถังจากยางรถยนต์และท่อ PVC กว้าง 5 มิลลิเมตร จากนั้นทำฝาปิดด้านบนและด้านล่างโดยใช้แผ่นตะแกรงหรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดที่ใช้แล้วปิดด้านบนและด้านล่างของถังหมัก สำหรับด้านบนทำการตัดขอบยางรถยนต์เพียงด้านเดียวแล้วทำการกลับยางด้านในออกด้านนอกเพื่อประยุกต์ทำเป็นกระถางปลูกพืช ดังรูปที่ 3-1 และ รูปที่ 3-2



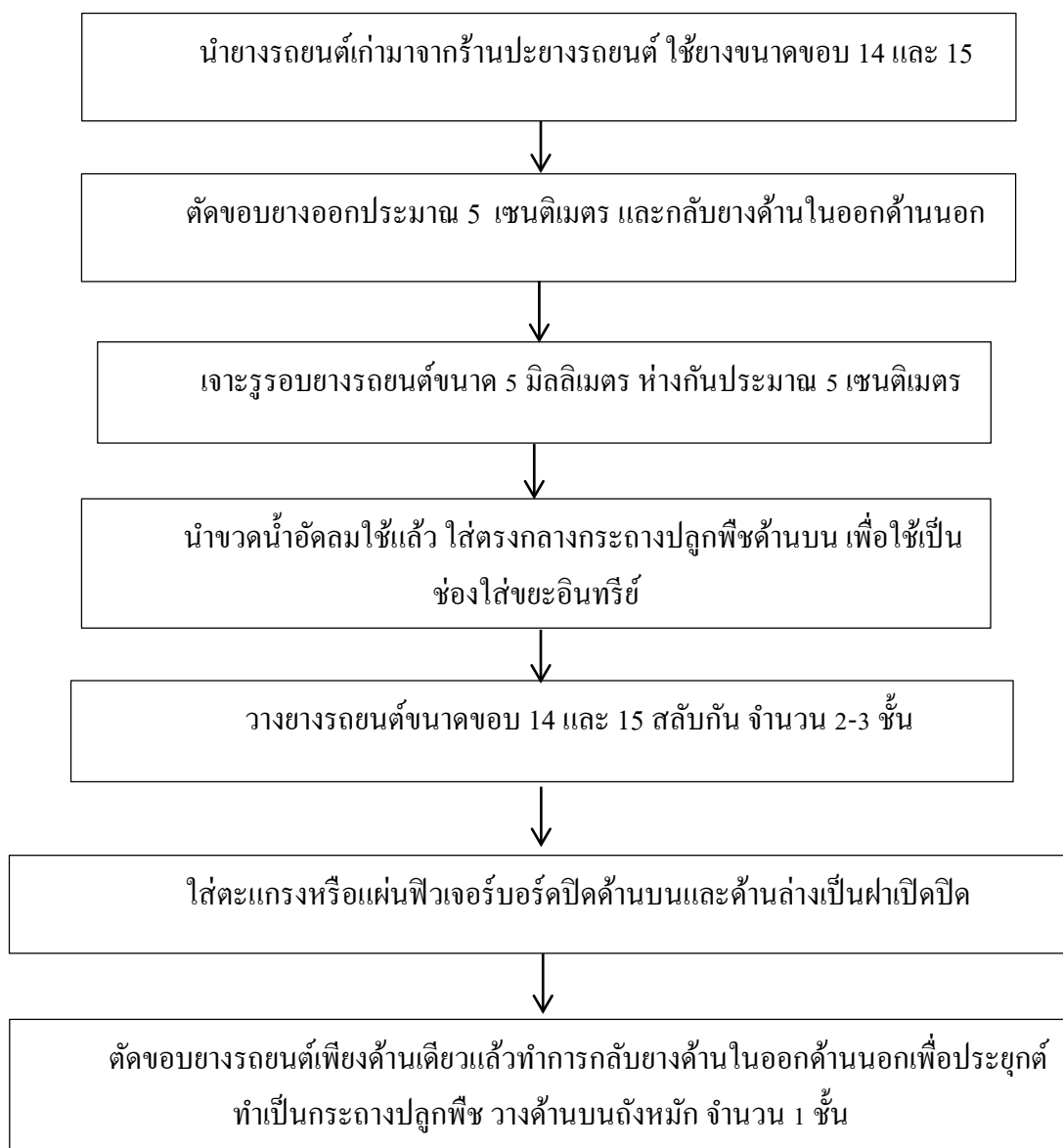
รูปที่ 3-1 ขั้นตอนการออกแบบถังหมักขยะที่ 1



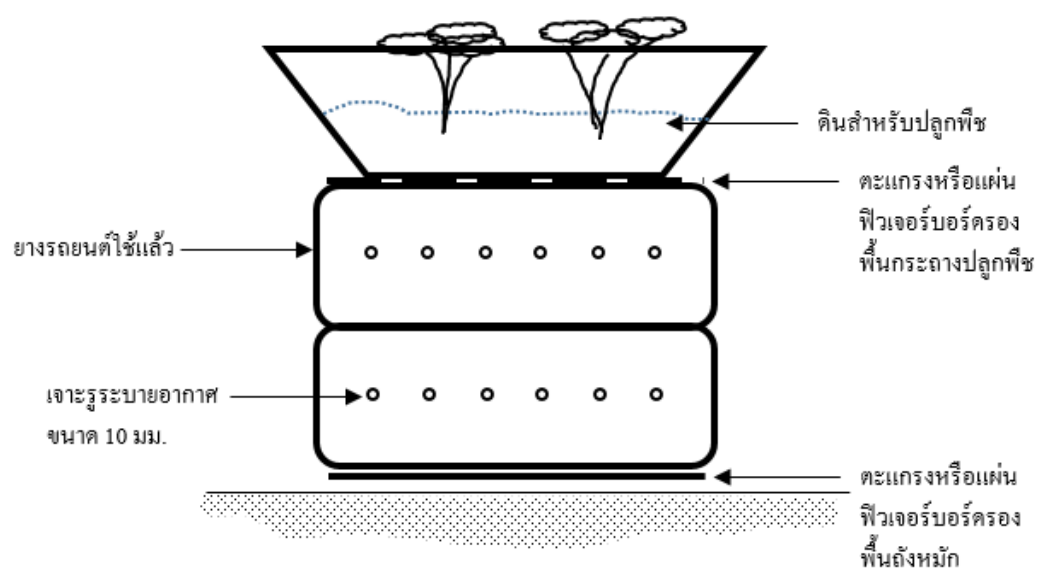
รูปที่ 3-2 การออกแบบถังหมักขยะที่ 1

#### 3.4.1.2 การออกแบบถังหมักที่ 2

แนวคิดการออกแบบถังหมักที่ 2 ออกแบบให้ไม่มีท่อพีวีซีเพื่อให้สะดวกแก่การทำถังหมัก และนำยางรถยนต์ที่นำมาถากด้านในออกด้านนอกเพื่อเพิ่มปริมาตรของถังหมักขยะ ตัดยางรถยนต์ให้เหลือขอบยาง 5 เซนติเมตร และนำยางรถยนต์มาถากขอบ จากนั้นนำยางรถยนต์ที่กลั้บมาเรียงต่อกัน 4 เส้น จะได้ความสูง 85 เซนติเมตร เจาะรูรอบตัวถัง ความกว้างของรู 5 มิลลิเมตร เจาะรูรอบตัวถัง ระยะห่างความสูง 15 เซนติเมตร ความกว้างระยะห่าง 5 เซนติเมตร จากนั้นทำฝาปิดด้านบนและด้านล่างโดยใช้แผ่นตะแกรงหรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดที่ใช้แล้วปิดด้านบนและด้านล่างของถังหมัก สำหรับด้านบนทำการตัดขอบยางรถยนต์เพียงด้านเดียวแล้วทำการถากยางด้านในออกด้านนอกเพื่อประยุกต์ทำเป็นกระถางปลูกพืช ดังรูปที่ 3-3 และรูปที่ 3-4



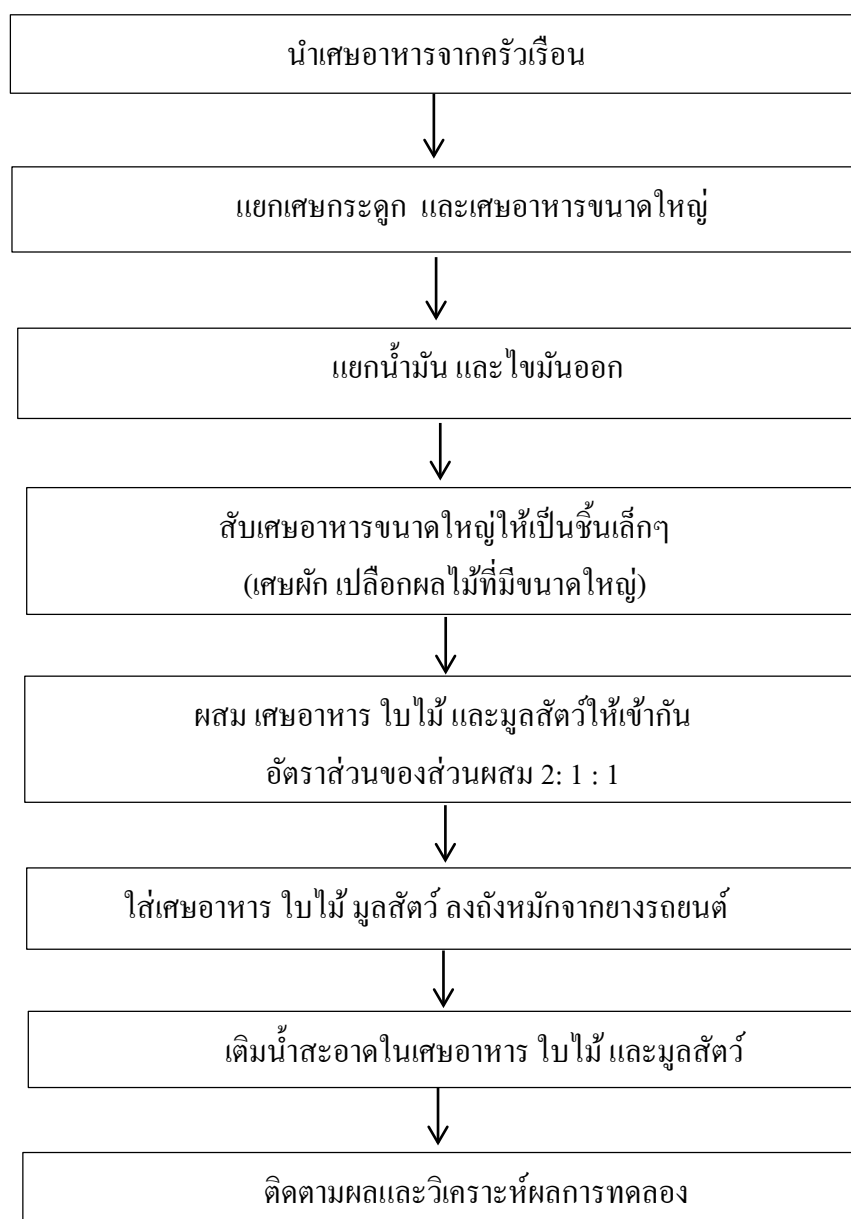
รูปที่ 3-3 ขั้นตอนการออกแบบถังหมักขยะที่ 2



รูปที่ 3-4 การออกแบบถังหมักขยะที่ 2

### 3.5.2 กระบวนการหมักขยะอินทรีย์จากเศษอาหาร

นำเศษอาหารที่ได้จากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จากนั้นนำเศษอาหารมาแยกเศษกระดูก และเศษอาหารที่มีชิ้นขนาดใหญ่ แยกมันและไขมันออก สับเศษอาหารที่เป็นชิ้นใหญ่ให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำเศษอาหารมาผสมกับเศษใบไม้ และมูลสัตว์ผสมให้เข้ากันในอัตราส่วน 2:1:1 ใส่เศษอาหารที่ผสมจนเข้ากันแล้วเทลงในถังหมักยางรถยนต์ เติมน้ำสะอาดลงไป จากนั้นติดตามผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง ดังรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 การออกแบบถังหมักขยะที่ 2

### 3.5 การวิเคราะห์ทางเคมี

สำหรับการผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์โดยอาศัยกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic decomposition) โดยนำตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ได้มาเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยหมักที่ผ่านกระบวนการหมักเรียบร้อยแล้ว ซึ่งประกอบด้วยคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

| ดัชนีคุณภาพ                                       | วิธีการวิเคราะห์               |
|---------------------------------------------------|--------------------------------|
| อุณหภูมิ                                          | Thermometer                    |
| ความชื้น*                                         | Total Dried at 105 °C          |
| ความเป็นกรด-ด่าง*                                 | pH meter                       |
| ฟอสฟอรัส (Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) * | ย่อยและวัดสี                   |
| โพแทสเซียม (K <sub>2</sub> O) *                   | Atomic Absorption Spectroscopy |
| ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) *                       | Kjeldahl method                |

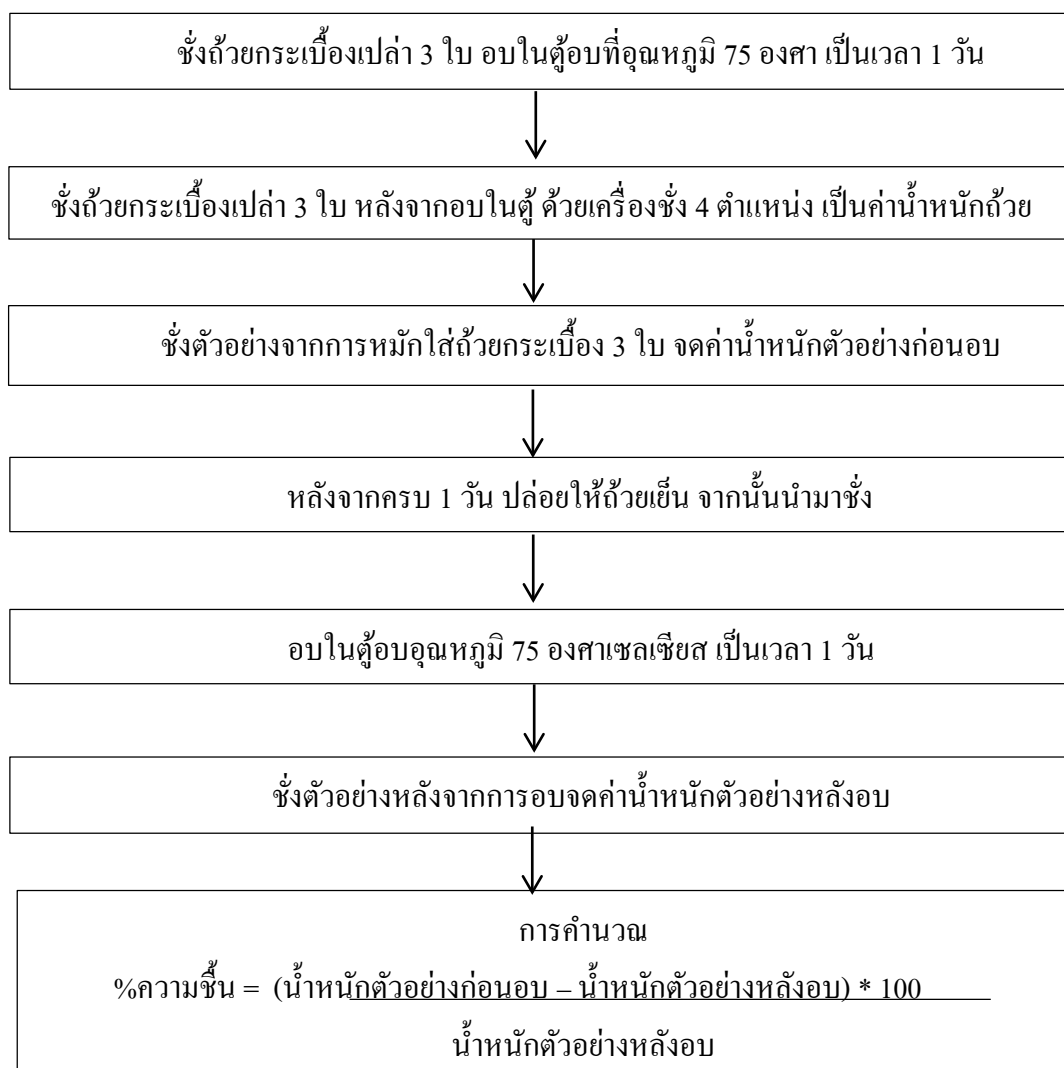
#### 3.5.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้พีเอชมิเตอร์ (pH meter) มีรายละเอียดดังนี้

- 1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยที่แห้งและร่อนแล้วมา 20 กรัม เติลงในบีกเกอร์ แล้วเติมน้ำกลั่น 20 หรือ 100 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้อัตราส่วนปุ๋ย : น้ำ เท่ากับ 1 : 5
- 2) ใช้แท่งแก้วคนนานเวลา 30 วินาที แล้วพักทิ้งไว้ 3 นาที ทำอย่างนี้ 5 ครั้ง
- 3) เมื่อคนดินครบ 5 ครั้งแล้ว ตั้งทิ้งไว้จนตัวอย่างปุ๋ยในบีกเกอร์ตกตะกอน จะเห็นน้ำใสๆ อยู่บริเวณด้านบน
- 4) ใช้เครื่องวัดค่าพีเอช ที่ปรับค่ามาตรฐาน ลงไปในบริเวณน้ำใสๆ อย่าจุ่มลงไปให้โดนตะกอนด้านล่าง รอจนค่าหยุดนิ่ง แล้วอ่านค่าพีเอช
- 5) เมื่อวัดค่าพีเอชเสร็จแล้ว ใช้น้ำกลั่นล้างหัววัดค่าพีเอชบริเวณส่วนที่สัมผัสกับปุ๋ยให้สะอาด แล้วใช้กระดาษทิชชูซับให้แห้ง

#### 3.5.2 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

การตรวจวัดค่าความชื้น ใช้วิธีอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส มีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 3-6



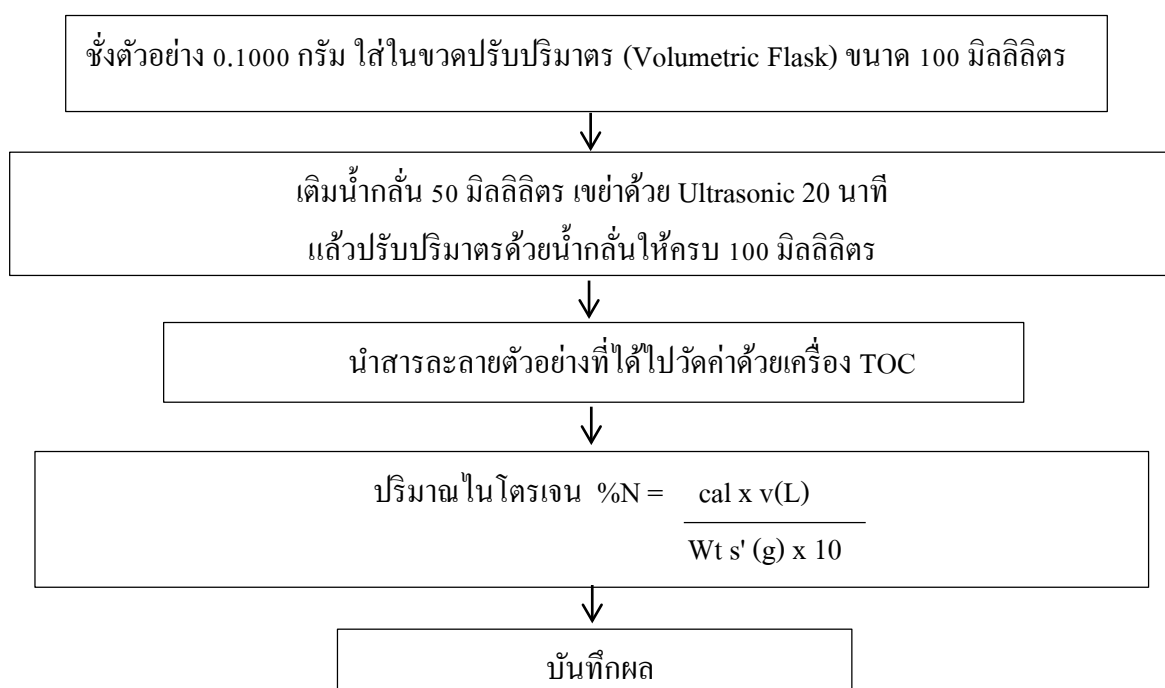
รูปที่ 3-6 การวิเคราะห์หาค่าความชื้น

### 3.5.3 การวิเคราะห์หาปริมาณอุณหภูมิ

อุณหภูมิ ภายหลังขึ้นกองปุ๋ยหมักแล้ว เป็นเวลา 2-4 วัน ความร้อนในกองจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระดับ 50-70 องศาเซลเซียส และภายในกองจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) สะสมเพิ่มขึ้นรวมถึงปริมาณออกซิเจนจะลดต่ำลงซึ่งสภาวะดังกล่าวเกิดจากกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ ในกรณีเช่นนี้ จุลินทรีย์ กลุ่มที่ทนต่อความร้อนได้น้อยและกลุ่มที่ใช้ ออกซิเจนจะเริ่มลดต่ำลง จะเหลือแต่กลุ่มที่ ทนร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนที่เจริญได้ดีเท่านั้น วิธีปรับสภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยให้เหมาะสมต่อ จุลินทรีย์ทุกกลุ่มที่สามารถปฏิบัติได้ง่ายคือการกลับกองปุ๋ยหมักซึ่งการกลับกองปุ๋ยหมักนั้นมี ประโยชน์ทั้งในแง่ของการช่วยระบายความร้อน และเพิ่มออกซิเจนในกองปุ๋ยไปพร้อมๆ กัน ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิจะใช้เทอร์โมมิเตอร์ตรวจวัดในถังหมักทุกวัน ในเวลาตอนเช้า ตอนกลาง และตอนเย็น ในระยะเวลา 30 วัน (นับตั้งแต่วันที่ทำการหมัก)

### 3.5.4 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (N)

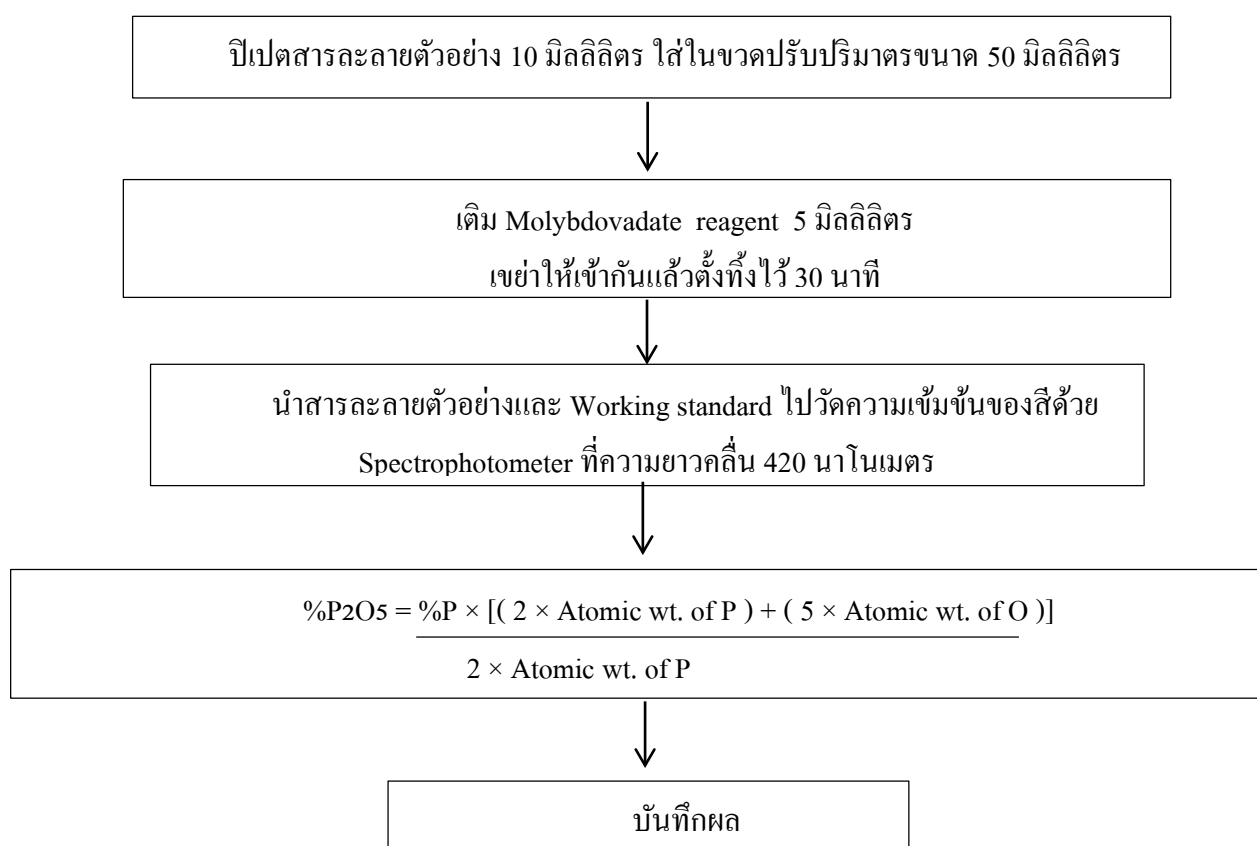
ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (N) ที่ละลายน้ำ ใช้การวิเคราะห์โดยวิธี ToTal Organic Carbon (TOC) หลักการทำงานคือ เป็นการวัดปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในตัวอย่างประกอบด้วยสารอนินทรีย์ (inorganic carbon) และสารอินทรีย์ (organic carbon) โดยการตรวจวัดหาค่าไนโตรเจน (N) โดยมีการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง TOC ดังรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-7 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (N)

### 3.5.5 การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส (P)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส (P) วิเคราะห์โดย Spectrophotometric Molybdovanadophosphate Method หลักการทำงานคือ ใช้กรดผสม ( $\text{HClO}_4 : \text{HNO}_3 = 1:1$ ) ในการย่อยตัวอย่างเพื่อให้ฟอสฟอรัสในตัวอย่างปฏิกิริยาอยู่ในรูปแบบสารละลายฟอสเฟต จากนั้นทำให้เกิดสีกับ molybdovanadate reagent วัดหาปริมาณฟอสฟอรัสด้วย Spectrophotometric ที่ความยาวคลื่น 400-420 นาโน การตรวจวัดหาปริมาณฟอสฟอรัส (P) โดยมีการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer ดังรูปที่ 3-8

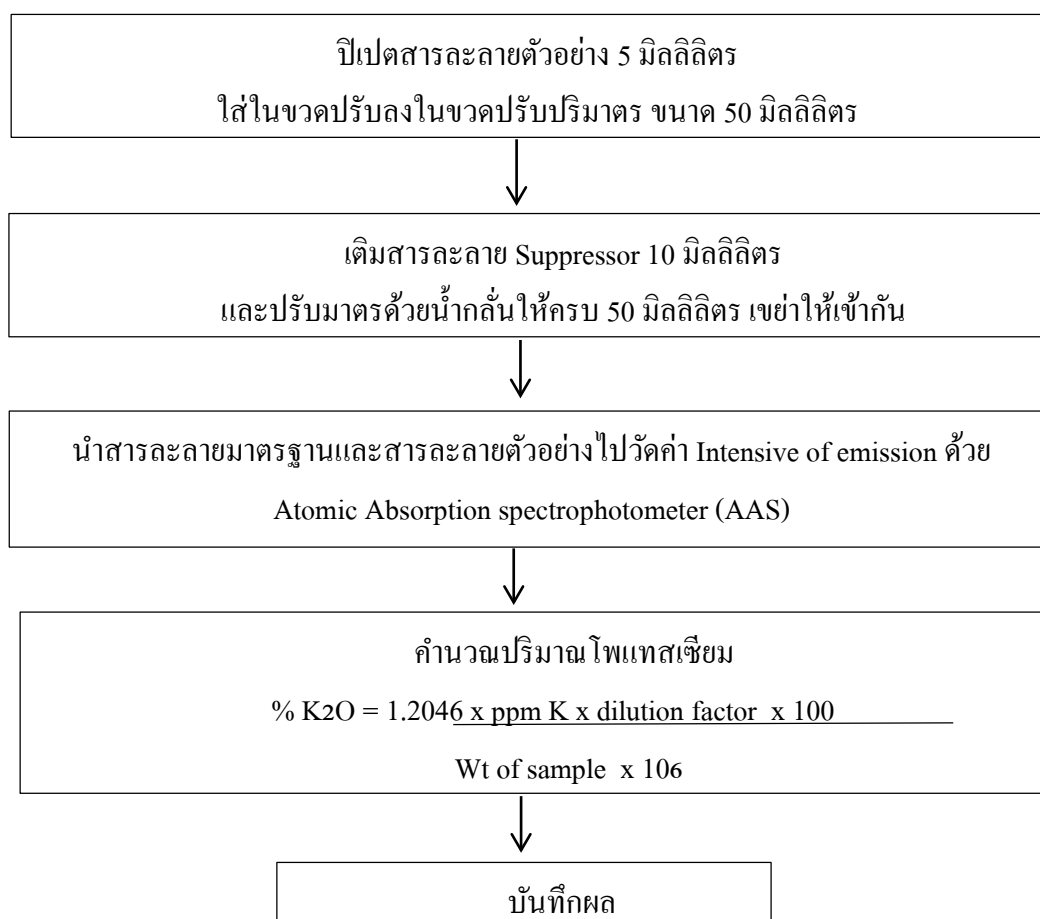


รูปที่ 3-8 การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส (P)

### 3.5.6 การวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม (K)

การวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม (K) วิเคราะห์โดย Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) อาศัยหลักการคือ เมื่อมีแสงจากแหล่งกำเนิดที่เหมาะสมผ่านเข้าไปชนอะตอมอิสระที่เป็นไอและอยู่

ที่สภาวะพื้น อะตอมนี้จะดูดแสงไว้ทำให้ปริมาณแสงผ่านเข้าสู่เครื่องวัดน้อยลง โดยปริมาณการดูดกลืนแสงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของธาตุนั้นๆเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส การตรวจวัดหาค่าโพแทสเซียม (K) โดยมีการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ดัง



รูปที่ 3-9 การวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม (K)

### 3.6 การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานถึงหมักขยะอินทรีย์

การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานถึงหมักขยะอินทรีย์จากยางใช้แล้วและประยุกต์ใช้ปลูกผักสวนครัวในระดับครัวเรือน โดยนำต้นแบบกระถางหมักขยะอินทรีย์ไปติดตั้งในครัวเรือนที่ร่วมดำเนินการวิจัย เพื่อติดตามประเมินผลการใช้งาน และถอดบทเรียนเพื่อพัฒนาปรับปรุง

1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ครัวเรือนต้นแบบในชุมชน โดยใช้วิธีโดยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ที่มีความพร้อมในการนำชุดทดลองกระถางหมักขยะอินทรีย์จากยางรถยนต์ใช้แล้วเพื่อประยุกต์ใช้ปลูกผักสวนครัวนำไปปฏิบัติจัดการขยะอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในครัวเรือนของตนเอง

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถาม

3) การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การสรุปข้อมูลและความคิดเห็นแบบพรรณนา และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

4) สถิติที่ใช้ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

#### 4.1 การออกแบบถังหมักขยะอินทรีย์

ผลการออกแบบถังหมักขยะถึง 2 แบบถึงนั้นที่มีความแตกต่างกันด้านการที่เพิ่มท่อ PVC เข้ามาเพื่อช่วยในการระบายอากาศซึ่งจากผลการตรวจวัดความชื้น และอุณหภูมินั้นทั้ง 2 ถังมีค่าความชื้นและอุณหภูมิที่ไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 รายละเอียดการออกแบบถังหมักขยะอินทรีย์

| รายละเอียด      | ถังหมักขยะแบบที่ 1                                                                                                                                                                  | ถังหมักขยะแบบที่ 2                                                                                                                                                             |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ลักษณะการออกแบบ | ถังหมักแนวตั้งมีความสูง 85 เซนติเมตร เจาะรูรอบตัวถัง โดยใช้ยางรถยนต์เป็นโครงถัง ใส่ท่อ PVC ความยาว 120 เซนติเมตร เจาะรูรอบท่อ PVC และใช้ตะแกรงและผ้ายางสีดำ ในการปิดฝาด้านบนและล่าง | ถังหมักแนวตั้งมีความสูง 85 เซนติเมตร เจาะรูรอบตัวถัง โดยใช้ยางรถยนต์เป็นโครงถัง และใช้ตะแกรงและผ้ายางสีดำ ในการปิดฝาด้านบนและล่าง                                              |
| วัสดุอุปกรณ์    | ยางรถยนต์ ตะแกรงเหล็ก ผ้ายางสีดำ ท่อ PVC                                                                                                                                            | ยางรถยนต์ ตะแกรงเหล็ก ผ้ายางสีดำ                                                                                                                                               |
| การใช้งาน       | เติมขยะอินทรีย์ มูลสัตว์ ใบไม้ และ น้ำจากนั้นคลุกให้เข้ากัน และลงถังหมัก โดยการการระบายอากาศตามธรรมชาติ อากาศจึงเข้าทางด้านหน้าถึงทางข้างระบายปุ๋ยหมักออกทางฝาปิด – เปิดด้านบน      | เติมขยะอินทรีย์ มูลสัตว์ ใบไม้ และ น้ำจากนั้นคลุกให้เข้ากัน และลงถังหมัก โดยการการระบายอากาศตามธรรมชาติ อากาศจึงเข้าทางด้านหน้าถึงทางข้างระบายปุ๋ยหมักออกทางฝาปิด – เปิดด้านบน |
| ข้อดี           | ยางรถยนต์เก่าหาง่ายและราคาถูกกว่าวัสดุพลาสติกมีอายุการ                                                                                                                              | ยางรถยนต์เก่าหาง่ายและราคาถูกกว่าวัสดุพลาสติก, มีอายุ                                                                                                                          |

| รายละเอียด            | ถังหมักขยะแบบที่ 1                                                                           | ถังหมักขยะแบบที่ 2                               |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                       | ใช้งานที่นาน, ไม่มีการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการหมัก                                                | การใช้งานที่นาน, ไม่มีการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการหมัก |
| ข้อเสีย               | ตัวถังมีน้ำหนักสูง ยางต่อการขยับ                                                             | ตัวถังมีน้ำหนักสูง ยางต่อการขยับ                 |
| ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ | ช่วงฤดูในการหมักมีฝนตกเป็นช่วงๆ และฝนตกหนักมีน้ำฝนที่เข้าไปในถังหมัก และทำให้ความชื้นนั้นสูง |                                                  |

## 4.2 คุณภาพของปุ๋ยหมักทางกายภาพและเคมี

### 4.2.1 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

การหาค่าความเป็นกรดด่างในปุ๋ยที่ได้จากถังหมักแบบที่ 1 และถังหมักแบบที่ 2 พบว่า การเก็บตัวอย่างปุ๋ยในวันที่ 7, 14, 21 และ 28 ของถังหมักแบบที่ 1 มีค่าความเป็นกรดด่าง 8.2, 8.9, 8.6 และ 8.4 ตามลำดับ สำหรับถังหมักแบบที่ 2 มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 8.4, 8.4, .87 และ 8.4 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2550 พบว่ามีค่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 5.5-8.5 แสดงดัง ตารางที่ 4-2 และ ตารางที่ 4-3

### 4.2.2 ค่าความชื้น

การหาค่าความชื้นในปุ๋ยที่ได้จากถังหมักแบบที่ 1 และถังหมักแบบที่ 2 พบว่า การเก็บตัวอย่างปุ๋ยในวันที่ 7, 14, 21 และ 28 ของถังหมักที่ 1 มีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 70.61 , 74.91, 72.20 และ 69.34 ตามลำดับ สำหรับของถังหมักที่ 2 มีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 55.60 , 74.62 , 70.78 และ 71.42 ซึ่งค่าความชื้นของปุ๋ยจากถังหมักแบบที่ 1 และแบบที่ 2 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดินที่กำหนดต้องไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนัก แสดงดังตารางที่ 4-2 และ ตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-2 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพถังหมักแบบที่ 1

| ค่าที่ตรวจวัด      | วันที่         | ผลการตรวจวัด |            |            |           | ค่ามาตรฐาน                                  |
|--------------------|----------------|--------------|------------|------------|-----------|---------------------------------------------|
|                    |                | ครั้งที่ 1   | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |                                             |
| ค่าความชื้น        | 16 มีนาคม 2564 | 69.28        | 71.78      | 70.95      | 70.61     | ไม่น้อยกว่า 30<br>เปอร์เซ็นต์ของ<br>น้ำหนัก |
|                    | 23 มีนาคม 2564 | 79.26        | 75.55      | 69.92      | 74.91     |                                             |
|                    | 29 มีนาคม 2564 | 73.03        | 70.82      | 87.76      | 72.20     |                                             |
|                    | 5 เมษายน 2565  | 61.53        | 74.91      | 71.56      | 69.34     |                                             |
| ค่าความเป็นกรดด่าง | 16 มีนาคม 2564 | 8.2          | 8.2        | 8.2        | 8.2       | ไม่เกิน 5.5-8.5                             |
|                    | 23 มีนาคม 2564 | 8.9          | 8.9        | 8.9        | 8.9       |                                             |
|                    | 29 มีนาคม 2564 | 8.6          | 8.6        | 8.6        | 8.6       |                                             |
|                    | 5 เมษายน 2565  | 8.4          | 8.4        | 8.4        | 8.4       |                                             |

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2550

ตารางที่ 4-3 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพถังหมักแบบที่ 2

| ค่าที่ตรวจวัด      | วันที่         | ผลการตรวจวัด |            |            |           | ค่ามาตรฐาน                                  |
|--------------------|----------------|--------------|------------|------------|-----------|---------------------------------------------|
|                    |                | ครั้งที่ 1   | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |                                             |
| ค่าความชื้น        | 16 มีนาคม 2564 | 61.88        | 51.81      | 53.12      | 55.60     | ไม่น้อยกว่า 30<br>เปอร์เซ็นต์ของ<br>น้ำหนัก |
|                    | 23 มีนาคม 2564 | 73.54        | 75.22      | 75.11      | 74.62     |                                             |
|                    | 29 มีนาคม 2564 | 70.67        | 74.68      | 66.87      | 70.78     |                                             |
|                    | 5 เมษายน 2565  | 73.58        | 67.89      | 72.80      | 71.41     |                                             |
| ค่าความเป็นกรดด่าง | 16 มีนาคม 2564 | 8.4          | 8.4        | 8.4        | 8.4       | ไม่เกิน 5.5-8.5                             |
|                    | 23 มีนาคม 2564 | 8.4          | 8.4        | 8.4        | 8.4       |                                             |
|                    | 29 มีนาคม 2564 | 8.7          | 8.7        | 8.7        | 8.7       |                                             |
|                    | 5 เมษายน 2565  | 8.4          | 8.4        | 8.4        | 8.4       |                                             |

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2550

### 4.2.3 อุณหภูมิ

#### 1) ถังหมักขยะอินทรีย์แบบที่ 1

ผลการศึกษาอุณหภูมิของปุ๋ยหมักที่ได้จากถังหมักแบบที่ 1 โดยใช้เศษอาหารมาผสมกับเศษใบไม้ และมูลสัตว์ผสมให้เข้ากัน ในอัตราส่วน 2:1:1 และมีท่อพีวีซีเพื่อเพิ่มปริมาณอากาศในถัง การหมักปุ๋ยจากขยะที่ย่อยสลายได้โดยกระบวนการใช้ออกซิเจน ในถังแบบที่ 1 ใช้ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 30 วัน เริ่มตั้งแต่วันที่ 16 มีนาคม ถึง 14 เมษายน พ.ศ. 2565 สามารถแสดงกระบวนการหมักปุ๋ยในรูปของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในถังหมักปุ๋ยได้ดังตารางที่ 4-4 และรูปที่ 4-1

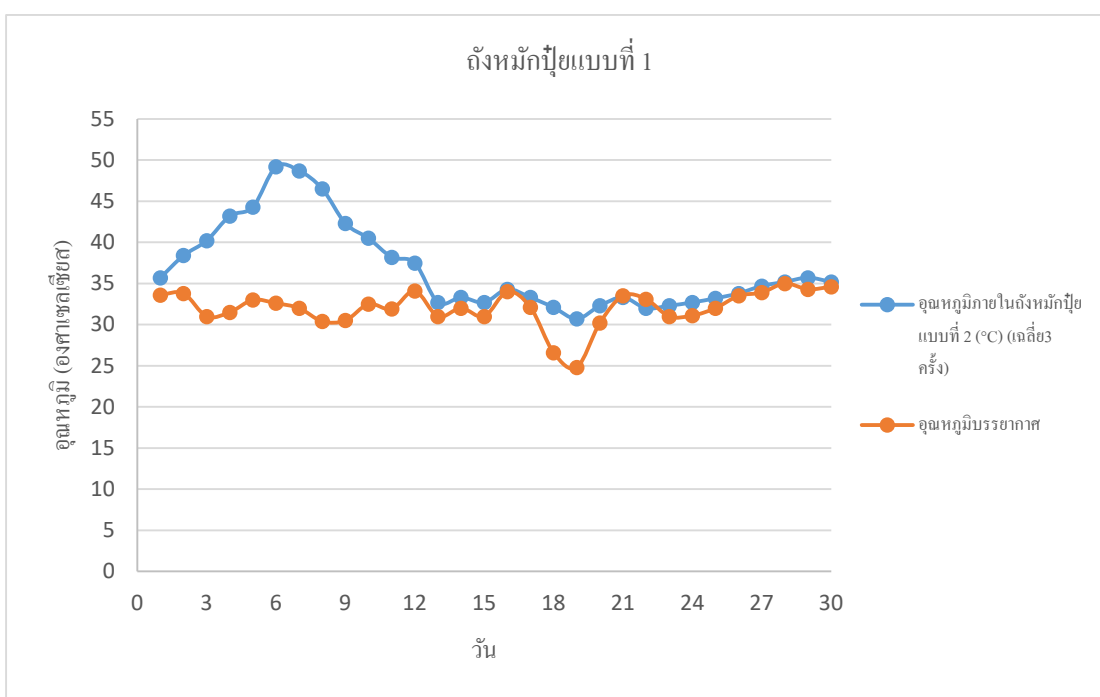
ผลการศึกษา พบว่า อุณหภูมิในการหมักปุ๋ยจากขยะอินทรีย์ด้วยกระบวนการใช้ออกซิเจนตลอดการหมักอยู่ในช่วง 49-30 องศาเซลเซียส โดยเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์สูงที่สุดในช่วงแรกของการหมักปุ๋ยคือระหว่างวันที่ 16/3/2565 ถึง 21/3/2565 ซึ่งมีอุณหภูมิที่วัดได้ในถังหมักปุ๋ย ตั้งแต่ 37 °C ขึ้นไปทุกวัน และปฏิกิริยาย่อยสลายดังกล่าวเริ่มลดระดับลงในช่วงที่สองคือระหว่างวันที่ 22/3/2565 ถึง 27/3/2565 โดยที่สามารถวัดอุณหภูมิในถังหมักได้ประมาณ 48 °C ถึง 37 °C หลังจากนั้นเมื่อเข้าสู่ช่วงที่สามคือระหว่างวันที่ 28/3/2565 ถึง 14/4/2565 ปรากฏผลว่าอุณหภูมิภายในถังหมักปุ๋ยอยู่ในสภาพคงตัวที่ระดับประมาณ 36 °C ถึง 30 °C ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศภายนอกจึงพอจะสรุปได้ว่าปฏิกิริยาย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ใกล้เสร็จสิ้นลงแล้ว อันหมายถึงกระบวนการหมักทำปุ๋ยจากขยะก็ยุติลงเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4-4 การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาและอุณหภูมิในการหมักปุ๋ยแบบที่ 1

| ลำดับที่ | วันที่    | อุณหภูมิบรรยากาศ<br>(°C) | ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ<br>ภายในถังหมักปุ๋ย<br>แบบที่ 1 (°C) |
|----------|-----------|--------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1        | 16/3/2565 | 33.6                     | 35.7                                                   |
| 2        | 17/3/2565 | 33.8                     | 38.4                                                   |
| 3        | 18/3/2565 | 31.0                     | 40.2                                                   |
| 4        | 19/3/2565 | 31.5                     | 43.2                                                   |
| 5        | 20/3/2565 | 33.0                     | 44.3                                                   |
| 6        | 21/3/2565 | 32.6                     | 49.2                                                   |
| 7        | 22/3/2565 | 32.0                     | 48.7                                                   |

| ลำดับที่ | วันที่    | อุณหภูมิบรรยากาศ<br>(°C) | ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ<br>ภายในถังหมักปุ๋ย<br>แบบที่ 1 (°C) |
|----------|-----------|--------------------------|--------------------------------------------------------|
| 8        | 23/3/2565 | 30.4                     | 46.5                                                   |
| 9        | 24/3/2565 | 30.5                     | 42.3                                                   |
| 10       | 25/3/2565 | 32.5                     | 40.5                                                   |
| 11       | 26/3/2565 | 31.9                     | 38.2                                                   |
| 12       | 27/3/2565 | 34.1                     | 37.5                                                   |
| 13       | 28/3/2565 | 31.0                     | 32.7                                                   |
| 14       | 29/3/2565 | 32.0                     | 33.3                                                   |
| 15       | 30/3/2565 | 31.0                     | 32.7                                                   |
| 16       | 31/3/2565 | 34.0                     | 34.3                                                   |
| 17       | 1/4/2565  | 32.1                     | 33.3                                                   |
| 18       | 2/4/2565  | 26.6                     | 32.1                                                   |
| 19       | 3/4/2565  | 24.8                     | 30.7                                                   |
| 20       | 4/4/2565  | 30.2                     | 32.3                                                   |
| 21       | 5/4/2565  | 33.5                     | 33.3                                                   |
| 22       | 6/4/2565  | 33.1                     | 32                                                     |
| 23       | 7/4/2565  | 31.0                     | 32.3                                                   |
| 24       | 8/4/2565  | 31.1                     | 32.7                                                   |
| 25       | 9/4/2565  | 32.0                     | 33.2                                                   |
| 26       | 10/4/2565 | 33.5                     | 33.8                                                   |
| 27       | 11/4/2565 | 33.9                     | 34.7                                                   |
| 28       | 12/4/2565 | 35.0                     | 35.2                                                   |

| ลำดับที่ | วันที่    | อุณหภูมิบรรยากาศ<br>(°C) | ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ<br>ภายในถังหมักปุ๋ย<br>แบบที่ 1 (°C) |
|----------|-----------|--------------------------|--------------------------------------------------------|
| 29       | 13/4/2565 | 34.3                     | 35.7                                                   |
| 30       | 14/4/2565 | 34.6                     | 35.2                                                   |



รูปที่ 4-2 การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาและอุณหภูมิในถังหมักปุ๋ยแบบที่ 1

## 2) ถังหมักขยะอินทรีย์แบบที่ 2

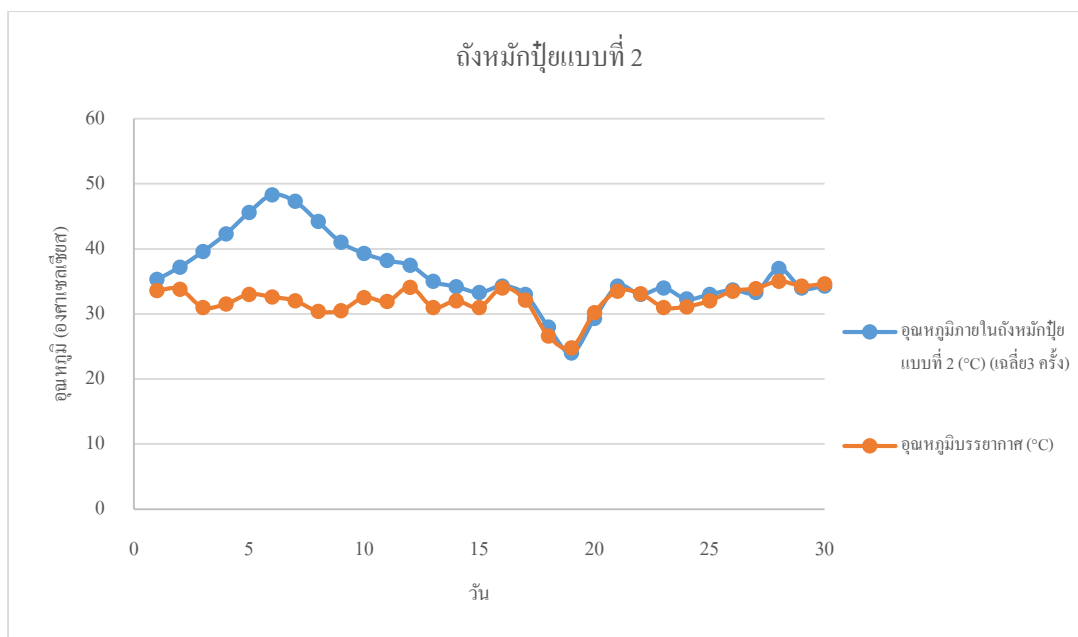
ผลการศึกษาอุณหภูมิของปุ๋ยหมักที่ได้จากถังหมักแบบที่ 2 โดยใช้เศษอาหารมาผสมกับเศษใบไม้ และมูลสัตว์ผสมให้เข้ากัน ในอัตราส่วน 2:1:1 การหมักปุ๋ยจากขยะที่ย่อยสลายได้โดยกระบวนการใช้ออกซิเจน ในถังแบบที่ 2 ใช้ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 30 วัน เริ่มตั้งแต่วันที่ 16 มีนาคม ถึง 14 เมษายน พ.ศ. 2565 สามารถแสดงกระบวนการหมักปุ๋ยในรูปของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในถังหมักปุ๋ยได้ดังตารางที่ 4-5 และรูปที่ 4-3

ผลการศึกษา พบว่า อุณหภูมิในการหมักปุ๋ยจากขยะอินทรีย์ด้วยกระบวนการใช้ออกซิเจนตลอดการหมักอยู่ในช่วง 49-30 องศาเซลเซียส โดยเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์สูงที่สุดในช่วงแรกของการหมักปุ๋ยคือระหว่างวันที่ 16/3/2565 ถึง 21/3/2565 ซึ่งมีอุณหภูมิที่วัดได้ในถังหมักปุ๋ย ตั้งแต่ 37 °C ขึ้นไปทุกวัน และปฏิกิริยาย่อยสลายดังกล่าวเริ่มลดระดับลงในช่วงที่สองคือระหว่างวันที่ 22/3/2565 ถึง 27/3/2565 โดยที่สามารถวัดอุณหภูมิในถังหมักได้ประมาณ 48 °C ถึง 37.5 °C หลังจากนั้นเมื่อเข้าสู่ช่วงที่สามคือระหว่างวันที่ 28/3/2565 ถึง 14/4/2565 ปรากฏผลว่าอุณหภูมิภายในถังหมักปุ๋ยอยู่ในสภาพคงตัวที่ระดับประมาณ 36 °C ถึง 30 °C ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศภายนอกจึงพอจะสรุปได้ว่าปฏิกิริยาย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ใกล้เสร็จสิ้นลงแล้ว อันหมายถึงกระบวนการหมักทำปุ๋ยจากขยะก็ยุติลงเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4-5 การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาและอุณหภูมิในการหมักปุ๋ยแบบที่ 2

| ลำดับที่ | วันที่    | อุณหภูมิบรรยากาศ<br>(°C) | ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ<br>ภายในถังหมักปุ๋ย<br>แบบที่ 2 (°C) |
|----------|-----------|--------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1        | 16/3/2565 | 33.6                     | 35.3                                                   |
| 2        | 17/3/2565 | 33.8                     | 37.2                                                   |
| 3        | 18/3/2565 | 31.0                     | 39.6                                                   |
| 4        | 19/3/2565 | 31.5                     | 42.3                                                   |
| 5        | 20/3/2565 | 33.0                     | 45.6                                                   |
| 6        | 21/3/2565 | 32.6                     | 48.3                                                   |
| 7        | 22/3/2565 | 32.0                     | 47.3                                                   |
| 8        | 23/3/2565 | 30.4                     | 44.2                                                   |
| 9        | 24/3/2565 | 30.5                     | 41                                                     |
| 10       | 25/3/2565 | 32.5                     | 39.3                                                   |
| 11       | 26/3/2565 | 31.9                     | 38.2                                                   |
| 12       | 27/3/2565 | 34.1                     | 37.5                                                   |
| 13       | 28/3/2565 | 31.0                     | 35                                                     |

| ลำดับที่ | วันที่    | อุณหภูมิบรรยากาศ<br>(°C) | ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ<br>ภายในถังหมักปุ๋ย<br>แบบที่ 2 (°C) |
|----------|-----------|--------------------------|--------------------------------------------------------|
| 14       | 29/3/2565 | 32.0                     | 34.2                                                   |
| 15       | 30/3/2565 | 31.0                     | 33.3                                                   |
| 16       | 31/3/2565 | 34.0                     | 34.3                                                   |
| 17       | 1/4/2565  | 32.1                     | 33                                                     |
| 18       | 2/4/2565  | 26.6                     | 28                                                     |
| 19       | 3/4/2565  | 24.8                     | 24                                                     |
| 20       | 4/4/2565  | 30.2                     | 29.3                                                   |
| 21       | 5/4/2565  | 33.5                     | 34.3                                                   |
| 22       | 6/4/2565  | 33.1                     | 33                                                     |
| 23       | 7/4/2565  | 31.0                     | 34                                                     |
| 24       | 8/4/2565  | 31.1                     | 32.3                                                   |
| 25       | 9/4/2565  | 32.0                     | 33                                                     |
| 26       | 10/4/2565 | 33.5                     | 33.7                                                   |
| 27       | 11/4/2565 | 33.9                     | 33.3                                                   |
| 28       | 12/4/2565 | 35.0                     | 37                                                     |
| 29       | 13/4/2565 | 34.3                     | 34                                                     |
| 30       | 14/4/2565 | 34.6                     | 34.3                                                   |



รูปที่ 4-3 การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาและอุณหภูมิในถังหมักปุ๋ยแบบที่ 2

#### 4.2.4 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช

ค่าธาตุอาหารหลักในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ค่าหลังจากการหมักปุ๋ยหมัก 30 วัน โดยมีค่าธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน (N) ค่าธาตุฟอสฟอรัส (P) ค่าธาตุโพแทสเซียม (K) ผลการศึกษา พบว่า ถึงหมักแบบที่ 1 มีค่าเปอร์เซ็นต์ของ N P K เท่ากับ 0.44 0.33 และ 0.48 ตามลำดับ สำหรับถึงหมักแบบที่ 2 มีค่าเปอร์เซ็นต์ของ N P K เท่ากับ 0.43 0.32 และ 0.48 ตามลำดับ โดยค่าที่ตรวจวัดได้มีค่าใกล้เคียงกันทั้งถึงแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ดังตารางที่ 4-6

จากตารางที่ 4-2 ตารางที่ 4-3 และตารางที่ 4-6 เมื่อนำผลการวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยหมักข้างต้น(30วัน)ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง) ของกรมพัฒนาที่ดินแล้วปรากฏผลดังนี้คือ ปริมาณความชื้นของปุ๋ยหมักที่ทดลองทั้ง 2 รูปแบบ มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ทั้ง 2 รูปแบบ ส่วนของค่า ธาตุอาหารหลัก คือ ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และปริมาณไนโตรเจน (N) เมื่อพิจารณาผลการทดลองเปรียบเทียบกับที่กำหนดให้ต้องมีค่าแร่ธาตุอาหารหลักไนโตรเจนไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ฟอสฟอรัสไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก โพแทสเซียมไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก พบว่า ปุ๋ยหมักที่ได้จากถึงหมักขยะแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีค่าธาตุอาหารหลักที่จำเป็นสำหรับพืช ได้แก่

ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ซึ่งจำเป็นต้องมีการเพิ่มธาตุอาหารเพิ่มเติมในปุ๋ย หากจะนำปุ๋ยไปใช้ประโยชน์สำหรับพืชต่อไป อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมของคุณภาพปุ๋ยหมักในทุกพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวิเคราะห์แล้วจะเห็นได้ว่า ปุ๋ยหมักที่ได้รับจากการผลิตตามถังหมักแบบที่ 1 และแบบที่ 2 เล็กน้อย มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4-6 ผลการตรวจธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช

| พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด | การพัฒนาออกแบบถังหมัก |                 | มาตรฐานปุ๋ย                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------|
|                       | ถังหมักแบบที่ 1       | ถังหมักแบบที่ 2 |                                   |
| ปริมาณไนโตรเจน (N)    | 0.44 %                | 0.43 %          | ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.00 ของน้ำหนัก |
| ปริมาณฟอสฟอรัส (P)    | 0.33 %                | 0.32 %          | ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.50 ของน้ำหนัก |
| ปริมาณโพแทสเซียม(K)   | 0.49 %                | 0.48 %          | ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.50 ของน้ำหนัก |

#### 4.3 การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานถังหมักขยะอินทรีย์

การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานถังหมักขยะอินทรีย์จากยางใช้แล้วและประยุกต์ใช้ปลูกผักสวนครัวในระดับครัวเรือน โดยนำต้นแบบกระถางหมักขยะอินทรีย์ไปติดตั้งในครัวเรือนที่ร่วมดำเนินการวิจัย เพื่อติดตามประเมินผลการใช้งาน และถอดบทเรียนเพื่อพัฒนาปรับปรุง โดยประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ครัวเรือนต้นแบบในชุมชน จำนวน 5 ครัวเรือน โดยใช้วิธีโดยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล แสดงตารางที่ 4-7 และตารางที่ 4-8 ดังนี้

##### 1) ด้านการทำงานและประโยชน์ใช้สอย

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นข้อมูลประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อถังหมักขยะรูปแบบที่ 1 พบว่า ด้านการพัฒนาใช้งานได้จริงมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.8$ ) ด้านความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.6$ ) และด้านความปลอดภัยในการทำงานมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.8$ )

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นข้อมูลประเมินประสิทธิภาพที่มีต่ออัตรากำลังแบบที่ 2 พบว่า ด้านการพัฒนาใช้งานได้จริงมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.8$ ) ด้านความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายมีระดับความเหมาะสมปานกลาง ( $\bar{X} = 3.6$ ) และด้านความปลอดภัยในการทำงานมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.8$ )

ตารางที่ 4-7 ผลการประเมินประสิทธิภาพการงานอัตรากำลังอินทรีย์แบบที่ 1

| ประเด็นวัดความพึงพอใจ                  | อัตรากำลังแบบที่ 1 |      | ระดับความคิดเห็น |
|----------------------------------------|--------------------|------|------------------|
|                                        | ค่าเฉลี่ย (        | S.D  |                  |
| <b>1.ด้านการทำงานและประโยชน์ใช้สอย</b> |                    |      |                  |
| 1.1 การพัฒนาใช้งานได้จริง              | 4.80               | 0.40 | มาก              |
| 1.2 ความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้าย      | 4.60               | 0.49 | มาก              |
| 1.3 ความปลอดภัยในการทำงาน              | 4.80               | 0.40 | มาก              |
| <b>2.ความสะดวกสบายในการใช้งาน</b>      |                    |      |                  |
| 2.1 มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน          | 4.60               | 0.49 | มาก              |
| 2.2 การดูแลรักษาทำได้สะดวก             | 5.00               | 0.00 | มาก              |
| 2.3 การซ่อมแซมเมื่อชำรุด               | 3.60               | 0.80 | ปานกลาง          |
| <b>3. ความสวยงาม</b>                   |                    |      |                  |
| 3.1 รูปแบบมีความสวยงาม                 | 3.20               | 0.40 | ปานกลาง          |
| 3.2 รูปแบบมีความน่าสนใจ                | 4.80               | 0.40 | มาก              |
| 3.3 การปรับปรุงเพิ่มเติมความสวยงาม     | 4.40               | 0.80 | มาก              |
| <b>4.ด้านวัสดุและการทำอุปกรณ์</b>      |                    |      |                  |
| 4.1 วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม           | 4.80               | 0.40 | มาก              |
| 4.2 การทำอุปกรณ์ตามรูปแบบ              | 3.40               | 0.49 | ปานกลาง          |
| 4.3 ความคงทนแข็งแรงของวัสดุอุปกรณ์     | 4.80               | 0.40 | มาก              |
| <b>ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด</b>      | 4.40               | 0.80 | มาก              |

ตารางที่ 4-8 ผลการประเมินประสิทธิภาพการงานถึงหมักขยะอินทรีย์แบบที่ 2

| ประเด็นวัดความพึงพอใจ                  | ถึงหมักขยะแบบที่ 2 |      | ระดับความคิดเห็น |
|----------------------------------------|--------------------|------|------------------|
|                                        | ค่าเฉลี่ย (        | S.D  |                  |
| <b>1.ด้านการทำงานและประโยชน์ใช้สอย</b> |                    |      |                  |
| 1.1 การพัฒนาใช้งานได้จริง              | 4.80               | 0.40 | มาก              |
| 1.2 ความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้าย      | 3.60               | 0.49 | ปานกลาง          |
| 1.3 ความปลอดภัยในการทำงาน              | 4.80               | 0.40 | มาก              |
| <b>2.ความสะดวกสบายในการใช้งาน</b>      |                    |      |                  |
| 2.1 มีความง่ายเหมาะสมต่อการใช้งาน      | 4.80               | 0.40 | มาก              |
| 2.2 การดูแลรักษาทำได้สะดวก             | 5.00               | 0.00 | มาก              |
| 2.3 การซ่อมแซมเมื่อชำรุด               | 4.80               | 0.40 | มาก              |
| <b>3. ความสวยงาม</b>                   |                    |      |                  |
| 3.1 รูปแบบมีความสวยงาม                 | 3.60               | 0.80 | ปานกลาง          |
| 3.2 รูปแบบมีความน่าสนใจ                | 4.40               | 0.80 | มาก              |
| 3.3 การปรับปรุงเพิ่มเติมความสวยงาม     | 4.60               | 0.49 | มาก              |
| <b>4.ด้านวัสดุและการทำอุปกรณ์</b>      |                    |      |                  |
| 4.1 วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม           | 4.40               | 0.80 | มาก              |
| 4.2 การทำอุปกรณ์ตามรูปแบบ              | 3.60               | 0.80 | ปานกลาง          |
| 4.3 ความคงทนแข็งแรงของวัสดุอุปกรณ์     | 4.80               | 0.40 | มาก              |
| <b>ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด</b>      | 4.60               | 0.49 | มาก              |

## 2) ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นข้อมูลประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อถังหมักขยะรูปแบบที่ 1 พบว่า มีความง่ายเหมาะสมต่อการใช้งานมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.6$ ) ด้านดูแลรักษาทำได้สะดวกมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 5.0$ ) และด้านซ่อมแซมเมื่อชำรุดมีระดับความเหมาะสมปานกลาง ( $\bar{X} = 3.6$ )

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นข้อมูลประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อถังหมักขยะรูปแบบที่ 2 พบว่า มีความง่ายเหมาะสมต่อการใช้งานมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.8$ ) ด้าน

ดูแลรักษาทำให้สะดวกมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 5.0$ ) และด้านซ่อมแซมเมื่อชำรุดมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.8$ )

### 3) ความสวยงาม

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นข้อมูลประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อถังหมักขยะรูปแบบที่ 1 พบว่า รูปแบบมีความสวยงามมีระดับความเหมาะสมปานกลาง ( $\bar{X} = 3.2$ ) ด้านรูปแบบมีความน่าสนใจมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.8$ ) และด้านการปรับปรุงเพิ่มเติมความสวยงามมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.4$ )

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นข้อมูลประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อถังหมักขยะรูปแบบที่ 2 พบว่า รูปแบบมีความสวยงามมีระดับความเหมาะสมปานกลาง ( $\bar{X} = 3.6$ ) ด้านรูปแบบมีความน่าสนใจมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.4$ ) และด้านการปรับปรุงเพิ่มเติมความสวยงามมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.6$ )

### 4) ด้านวัสดุและการทำอุปกรณ์

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นข้อมูลประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อถังหมักขยะรูปแบบที่ 1 พบว่า วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสมมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.8$ ) ด้านการทำอุปกรณ์ตามรูปแบบมีระดับความเหมาะสมปานกลาง ( $\bar{X} = 3.4$ ) และด้านความคงทนแข็งแรงของวัสดุอุปกรณ์มีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.8$ )

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นข้อมูลประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อถังหมักขยะรูปแบบที่ 2 พบว่า วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสมมีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.4$ ) ด้านการทำอุปกรณ์ตามรูปแบบมีระดับความเหมาะสมปานกลาง ( $\bar{X} = 3.6$ ) และด้านความคงทนแข็งแรงของวัสดุอุปกรณ์มีระดับความเหมาะสมมาก ( $\bar{X} = 4.6$ )

### 5) ด้านความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นข้อมูลประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อถังหมักขยะรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 พบว่า มีความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดในระดับมากทั้งรูปแบบที่ 1 ( $\bar{X} = 4.4$ ) และรูปแบบที่ 2 ( $\bar{X} = 4.6$ )

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปและอภิปรายผลวิจัย

จากการออกแบบถังหมักขยะเพื่อการหมักขยะอินทรีย์ครัวเรือนจากยางรถยนต์โดยใช้ ออกซิเจน และวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักของขยะอินทรีย์และขยะในครัวเรือนจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาการ คัดแยก กำจัดขยะอินทรีย์ออกจากขยะทั่วไป ณ แหล่งกำเนิดอย่างเหมาะสม โดยปรับปรุงจาก โครงสร้างถังหมักขยะอินทรีย์ที่แนะนำโดยจากกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งผลการออกแบบถังหมักขยะ อินทรีย์จากยางรถยนต์ ถังหมักขยะที่ 1 ถังหมักขยะที่ 2 มีการออกแบบ การใช้งาน ข้อดี ข้อเสีย ที่ แตกต่างกัน ซึ่งลักษณะการออกแบบถังหมักแบบที่ 1 เป็นถังหมักแนวตั้งมีความสูง 85 เซนติเมตร เจาะรูรอบตัวถัง โดยใช้ยางรถยนต์เป็นโครงถัก ใส่ท่อ PVC ความยาว 120 เซนติเมตร เจาะรูรอบท่อ PVC และใช้ตะแกรงและผ้ายาสีดำในการปิดฝาด้านบนและล่าง ส่วนถังหมักแบบที่ 2 ถังหมัก แนวตั้งมีความสูง 85 เซนติเมตร เจาะรูรอบตัวถัง โดยใช้ยางรถยนต์เป็นโครงถัก และใช้ตะแกรง และผ้ายาสีดำในการปิดฝาด้านบนและล่าง ในส่วนการใช้งานเริ่มจากการเติมขยะอินทรีย์ มูลสัตว์ ใปไม้ และ น้ำจากนั้นปล่อยให้เข้ากันและลงถังหมัก โดยการระบายอากาศเป็นไปตามธรรมชาติ อากาศจะเข้าทางด้านหน้าถึงทางช่องระบายปุ๋ยหมักและออกทางฝาปิด-เปิดด้านบน สำหรับข้อดี ข้อเสียของการออกแบบถังหมักขยะจากยางรถยนต์เก่า คือสามารถหาวัสดุได้ง่ายและราคาถูกกว่า วัสดุพลาสติก มีอายุการใช้งานที่นาน ไม่มีการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการหมัก สำหรับข้อเสียตัวถังมี น้ำหนักสูงมาก และการกลับด้านยางออกด้านนอกค่อนข้างลำบาก

เมื่อนำผลการวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้จากถังหมักขยะรูปแบบที่ 1 และที่ 2 ที่ผ่าน การหมักปุ๋ยเป็นระยะเวลา 30 วัน ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์ คุณภาพสูง) ของกรมพัฒนาที่ดินแล้วปรากฏผลดังนี้คือ ปริมาณความชื้นของปุ๋ยหมักที่ทดลองทั้ง 2 รูปแบบ มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ค่าความเป็นกรด และด่าง (pH) มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ทั้ง 2 รูปแบบ ส่วนของค่า ธาตุอาหารหลัก คือ ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และปริมาณไนโตรเจน (N) เมื่อพิจารณาผลการทดลอง เปรียบเทียบกับที่กำหนดให้ต้องมีค่าแร่ธาตุอาหารหลักในโตรเจนไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดย น้ำหนัก ฟอสฟอรัสไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก โพแทสเซียมไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก พบว่า ปุ๋ยหมักที่ได้จากถังหมักขยะแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีค่าธาตุอาหารหลักที่จำเป็น สำหรับพืช ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ซึ่งจำเป็นต้องมี

การเพิ่มธาตุอาหารเพิ่มเติมในปุ๋ย หากจะนำปุ๋ยไปใช้ประโยชน์สำหรับพืชต่อไป อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมของคุณภาพปุ๋ยหมักในทุกพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวิเคราะห์แล้วจะเห็นว่า ปุ๋ยหมักที่ได้รับจากการผลิตตามถังหมักแบบที่ 1 และแบบที่ 2 เล็กน้อย มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

การประเมินผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นข้อมูลประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อถังหมักขยะรูปแบบที่ 2 ด้านการทำงานและประโยชน์ใช้สอย ความสะดวกสบายในการใช้งาน ความสวยงาม ด้านวัสดุและการทำอุปกรณ์ พบว่ามีระดับความเหมาะสมในระดับปานกลางถึงมาก ซึ่งผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นข้อมูลประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อถังหมักขยะรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 พบว่า มีความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดในระดับมากทั้งรูปแบบที่ 1 ( $\bar{X} = 4.4$ ) และรูปแบบที่ 2 ( $\bar{X} = 4.6$ )

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) จากการทดลองนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะเวลาที่สั้นจึงทำให้การศึกษาประสิทธิภาพถังหมักยังไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐาน ซึ่งในระยะเวลาการประกอบตัวถังใช้เวลานาน แต่โครงสร้างของถังหมักที่ทำมาจากยางรถยนต์ มีอายุการใช้งานที่นาน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดค่าใช้จ่าย
- 2) ในการศึกษาประสิทธิภาพของตัวโครงสร้าง สัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมต่อการหมักก็มีส่วนเพิ่มประสิทธิภาพเช่นกัน การกำจัดเศษอาหารประเภทไขมันก่อนเข้ากระบวนการหมักจะช่วยให้เกิดกลิ่นน้อย ซึ่งโดยปกติในโตรเจนในปุ๋ย ดินจะเกิดได้น้อยและละลายได้ง่าย ผู้จัดทำจึงเห็นว่าในการทดลองหากไม่มีการเติมปัจจัยในการหมักในโตรเจนก็อาจไม่เกิด เช่นการเติมกากถั่วเหลืองจะช่วยเพิ่มค่าในโตรเจน

## บรรณานุกรม

- กลุ่มงานวิเคราะห์ปุ๋ย.2541. **คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย**. กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 114 หน้า
- ASTM. 2007. Standard Test Method for Total Nitrogen in Prat Material. D2973-71 Pages 311-312. In : annual Book of ASTM standards 2007. ASTM Intemational, West Conshohoken. PA
- Horwitz, W. (ed). 2000. Official method of Analysis of AOAC Intemational. 17th Ed. AOAC International Inc., Gaithersberg,MD.
- The National Institute of Agro-environmental Scienes. 1987. Official Methods of Analysis of Fertilizers. Foundation Norin Kosaikai. Tsukuba-shi, Ibaraki-ken. 130 pp.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2560. **ถังหมักขยะอินทรีย์...เปลี่ยนขยะให้เป็นปุ๋ย**. (online)Available: <https://erdi.cmu.ac.th/?p=2559>
- จีมา ศรลัมพ์ ประกาศิต อุบลรัตน์ และโสฬส มีสุขอนุกุล. การออกแบบถังหมักขยะขนาดเล็กเพื่อการหมักขยะอินทรีย์จากครัวเรือน. ภาควิชาสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ฐนียา รังสีสุริยะชัย และกุลยา สารชีวิน. การศึกษาการหมักปุ๋ยจากเศษอินทรีย์วัตถุด้วยการเติมอากาศร่วมกับการใช้กรดเอมไซม์. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ธีระพงษ์ สว่างปัญญากร. การวิจัยและการพัฒนาการผลิตปุ๋ยหมักในเชิงอุตสาหกรรมจากเศษวัสดุพืชที่เหลือใช้ในการเกษตรกรรมและการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเสริมสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจชุมชน. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- เสาวณี หนูรักษ์. 2546. รายงานการหาปริมาณธาตุอาหารหลัก (N,P,K) ในปุ๋ยชีวภาพยี่ห้อต่างๆในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพวิธีการทำถังหมักและวิธีการหมัก



ภาพที่ 1 กรีดขอบยางรถยนต์



ภาพที่ 2 กลับขอบยางรถยนต์



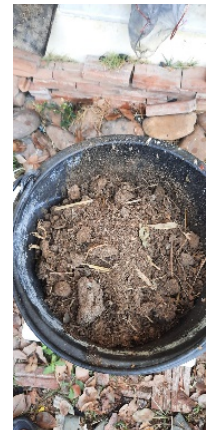
ภาพที่ 3 ถังที่ 1 นำถังมาเรียงต่อกัน และขีดด้วยน็อตจากนั้นเจาะรูรอบตัวถัง เพื่อถ่ายเทออกซิเจน



ภาพที่ 4 ถังที่ 2 นำถังมาเรียงต่อกันและขีดด้วยน็อตจากนั้นเจาะรูรอบตัวถัง และใส่ท่อ PVC เพื่อถ่ายเทออกซิเจน



ภาพที่ 5 เศษอาหารที่ได้จากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

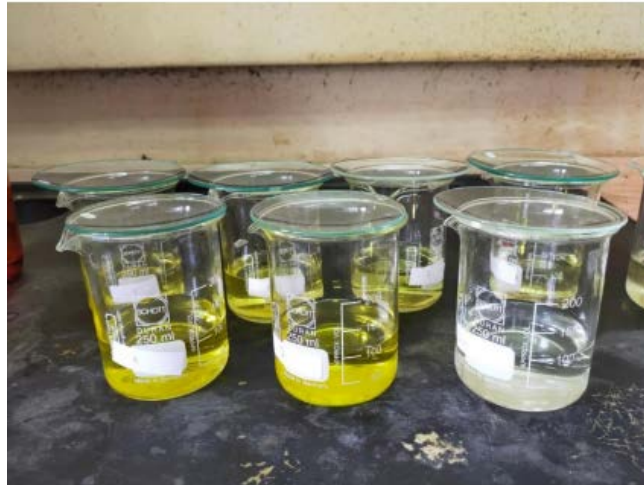


ภาพที่ 6 มูลวัว และใบไม้แห้ง

ภาคผนวก ข  
วิเคราะห์ทางเคมี



ภาพที่ 7 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (N)



ภาพที่ 8 การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส (P)



ภาพที่ 9 การวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม (K)



ภาพที่ 10 การลงพื้นที่วิจัย

## ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย พรทวี กองร้อย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Porntawee Kongroy

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3670400033908

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

เวลาที่ใช้ทำวิจัย (8 ชั่วโมง : สัปดาห์)

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 67000

โทรศัพท์ภายในเบอร์ 8201 มือถือ 082-5797769

อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) Porntawee.kon@pcru.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- การวิเคราะห์และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม, การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์  
การจัดการขยะและน้ำเสีย

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ  
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย :

- แผนงานวิจัย เรื่อง การถ่ายทอดองค์ความรู้การบริหารจัดการขยะชุมชนเพื่อพัฒนา  
ต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์ แหล่งทุน งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีงบประมาณ  
2559

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย

- Metals Accumulation in the Constructed Wetlands at Metal Processing Industries  
and Chia-Nan University of Pharmacy and Science, Taiwan, 2009 เสนอในการประชุมวิชาการ  
วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และการจัดการสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 1 "The First Conference on Environmental  
Science, Engineering and Management" วันที่ 22-23 กันยายน 2552 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากการชักล้างโดยແໜ່ແຈງ ທຸນອຸດຮຸນໂດຍ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีงบประมาณ 2557

- การบริหารจัดการน้ำเพื่อการเพาะปลูกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยแนวคิด วอเตอร์  
ฟุตพริ้นท์ กรณีศึกษา มะม่วงน้ำดอกไม้ของชุมชนดงมูลเหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ แหล่ง  
ทุน งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปี 2558

### 7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทำเสร็จแล้ว :

- การถ่ายทอดองค์ความรู้การบริหารจัดการขยะชุมชนเพื่อพัฒนาต่อยอดสู่เชิง  
พาณิชย์ แหล่งทุน งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีงบประมาณ 2559

- การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมของสถานที่กำจัดขยะ  
แหล่งทุน งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีงบประมาณ 2559

- การบริหารจัดการน้ำเพื่อการเพาะปลูกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยแนวคิด วอ  
เตอร์ฟุตพริ้นท์ กรณีศึกษา มะม่วงน้ำดอกไม้ของชุมชนดงมูลเหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์  
แหล่งทุน งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปี 2558

- Metals Accumulation in the Constructed Wetlands at Metal Processing  
Industries and Chia-Nan University of Pharmacy and Science, Taiwan, 2009 เสนอในการประชุม  
วิชาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และการจัดการสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 1 “The First Conference on  
Environmental Science, Engineering and Management” วันที่ 22-23 กันยายน 2552 ณ คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากการชักล้างโดยແໜ່ແຈງ ທຸນອຸດຮຸນໂດຍ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีงบประมาณ 2557