

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการหมักปุ๋ยแบบมีการระบายอากาศโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องมาผสมกับใบไม้แห้งเพื่อปรับความชื้นให้อยู่ในช่วง 55-65% นำมาคลุกเคล้าในถังหมุนขนาด 300 ลิตร เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยมีการเติมสารเร่งปุ๋ยหมักสองชนิดเพื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองคือ เทอร์โมฟิลิกแบคทีเรียกับสารไบโอเน็ค หลังจากนั้นจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์หาค่า C/N ratio เริ่มต้น หากพบว่ามีค่ามากกว่า 25 ก็จะมีการเติมปุ๋ยยูเรียเพื่อเพิ่มไนโตรเจนให้กับกองปุ๋ยหมัก ในช่วง 30 วันแรกจะเป็นการหมักในกล่องหมักภายใต้หลังคากันแดดและฝน ภายหลังจากนั้นจะนำปุ๋ยหมักไปบ่มในโรงบ่มจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง โดยได้ควบคุมค่าความชื้นตลอดระยะเวลาในการหมัก

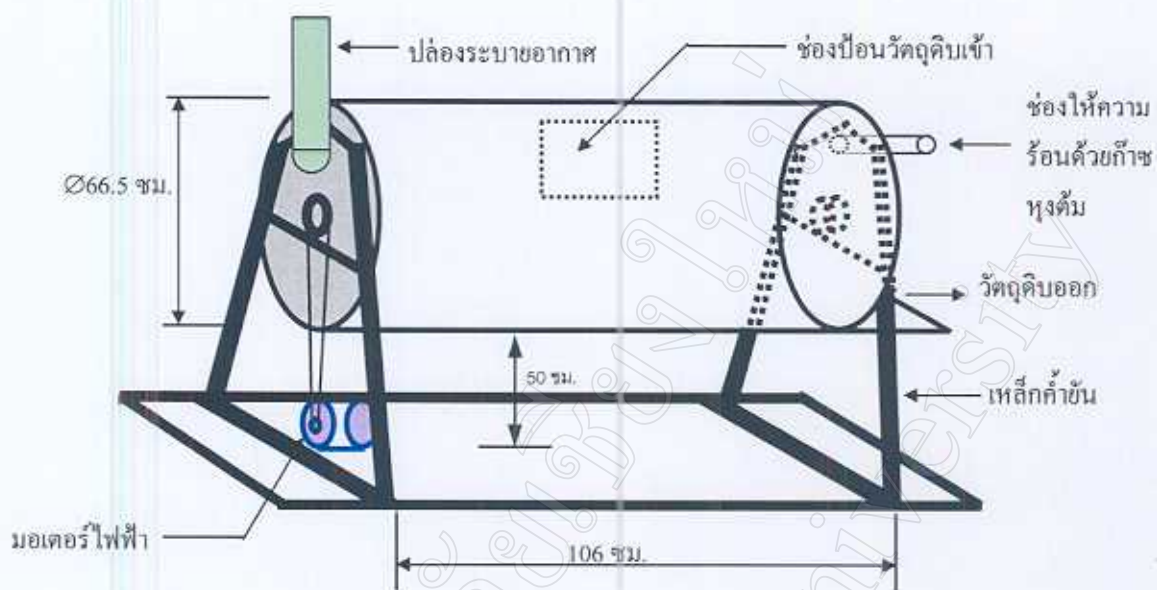
3.1 อุปกรณ์การทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์หลักสำหรับการทดลอง ประกอบด้วย

ก. ถังหมุน ใช้สำหรับกระทำการคลุกเคล้าวัตถุดิบ ซึ่งทำจากเหล็กวางในแนวนอนและหมุนด้วยความเร็วรอบ 2.5 รอบต่อนาที ยาว 106 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 66.5 ซม. มีความจุ 300 ลิตร ขนาดของถังหมุนแสดงในรูปที่ 8 และรูปที่ 9 ภายใต้งจะมีอุปกรณ์เพิ่มความร้อนโดยใช้ก๊าซให้มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยที่กึ่งกลางถัง ประมาณ 75°C ซึ่งใช้เฉพาะการทดลองที่ใช้เทอร์โมฟิลิกแบคทีเรีย โดยที่ทุกการทดลองจะนำวัตถุดิบป้อนประมาณ 200 ลิตร เพื่อการผสมกันที่ดี โดยในการทดลองหนึ่งการทดลองจะใช้ถังหมุน 3-4 ครั้ง เพื่อให้ได้ปริมาณเท่าที่ต้องการในกล่องหมัก

ข. กล่องหมัก ใช้สำหรับกระทำการหมักวัตถุดิบที่ได้จากถังหมุน ทำจากไม้อัด ซึ่งมีปริมาตร 550 ลิตร ขนาดกล่องหมัก กว้าง 74.5 ซม. ยาว 74.5 ซม. และสูง 100 ซม. ด้านล่างใช้ตะแกรงเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรู 9 มม. ขนาด 10 mesh เพื่อถ่ายเทอากาศ ด้านบนจะเปิดโล่ง ขนาดของกล่องไม้ได้แสดงดังรูปที่ 10 และรูปที่ 11

ค. โรงบ่ม ใช้สำหรับกระทำการหมักวัตถุดิบที่ได้จากกล่องหมัก สร้างเป็นโรงเรือนป้องกันฝน ภายในแบ่งเป็นช่องสำหรับตั้งกองบ่ม จำนวน 8 ช่อง แต่ละช่องมีขนาดและรูปร่าง ดังรูปที่ 12, 13 และรูปที่ 14 ด้านล่างของกองบ่มเติมอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ โดยใช้ท่อพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.0 ซม. ยาว 15 ซม. กระจายอากาศผ่านกระถางดินเหนียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระถาง 14 ซม. ซึ่งมีรูจำนวน 21 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. โดยรอบ จำนวน 2 ชุด ติดตั้งห่างกัน 20 ซม. และห่างจากด้านข้าง 20 ซม. เช่นกัน



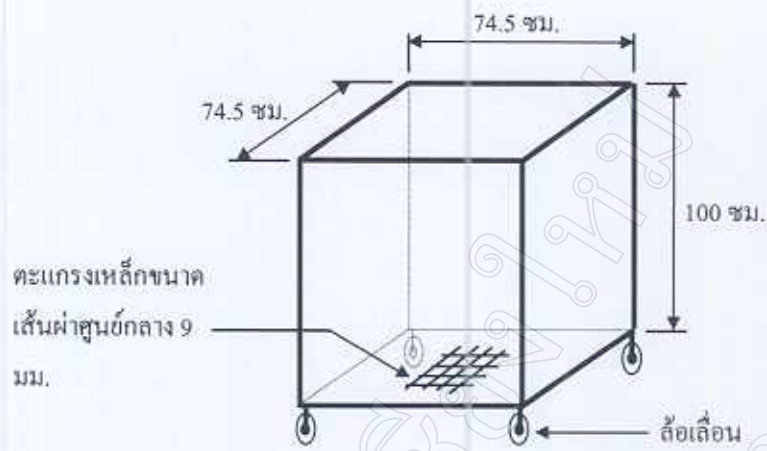
(NOT TO SCALE)

รูปที่ 8 ขนาดของถังหมุน ขนาด 300 ลิตร

ที่มา: พูนศักดิ์ จันทน์จำปี, 2541



รูปที่ 9 ถังหมุน



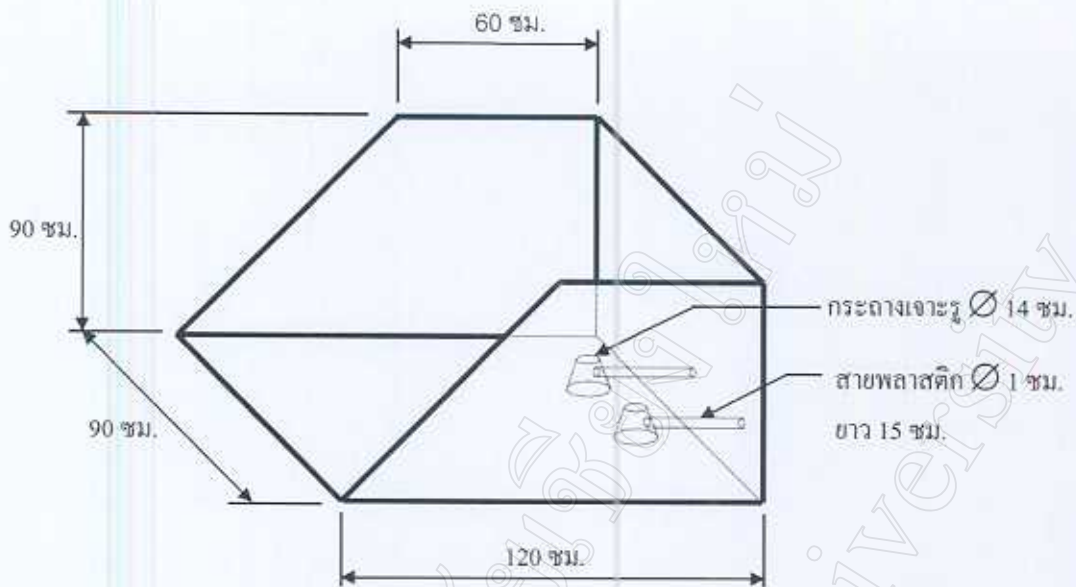
(NOT TO SCALE)

รูปที่ 10 ขนาดของกล่องหมัก

ที่มา: พูนศักดิ์ จันทน์จำปี, 2541



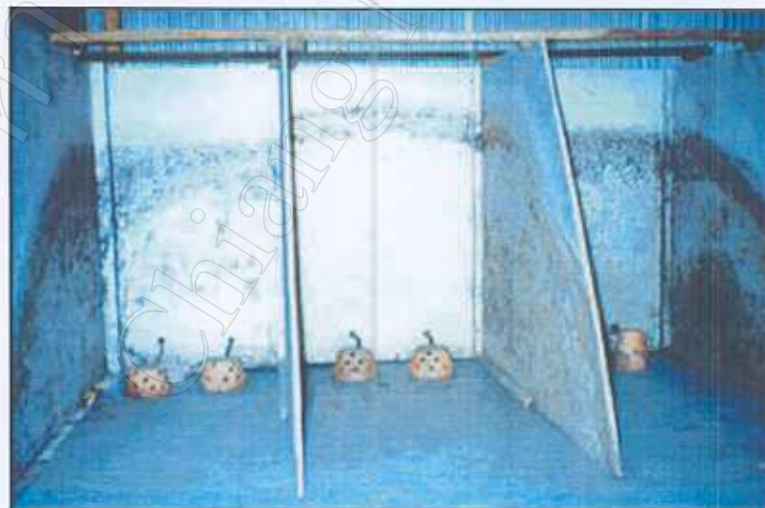
รูปที่ 11 กล่องหมัก



(NOT TO SCALE)

รูปที่ 12 ช่องสำหรับบ่มปุ๋ยหมักและอุปกรณ์เติมอากาศ

ที่มา: พูนศักดิ์ จันทน์จำปี, 2541



รูปที่ 13 ช่องบ่มปุ๋ยหมัก



รูปที่ 14 โรงบ่มปุ๋ยหมัก

3.2 วิธีการทดลอง

การวิจัยได้ดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยได้ศึกษาผลการใช้ถังหมุนและเคมเทอร์โมฟิลิกแบบที่เรียเป็นสารเร่งซึ่งจะใช้ก๊าซหุงต้มควบคุมอุณหภูมิที่ 75°C เปรียบเทียบกับการใช้ถังหมุนและใช้สารไบโอนิค เป็นสารเร่งแต่ละกระทำที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งการทดลองจะใช้ใบไม้แห้งเป็นวัสดุปรับความชื้นเหมือนกัน

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

เพื่อให้มีสภาพที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก มีดังต่อไปนี้คือ

ก. วัตถุดิบ

เศษวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องที่ใช้จะแบ่งเป็น 4 ชนิดได้แก่ ชนิดแรก คือเศษสับปะรดประกอบด้วย เปลือก แกน ใบ และเนื้อสับปะรดที่ด้อยคุณภาพ ชนิดที่สอง คือเศษลำไย ประกอบด้วยเปลือก เมล็ด และเนื้อลำไยที่ด้อยคุณภาพ ส่วนชนิดที่สาม คือ เศษผลไม้จากการทำฟรุตสลัด ประกอบด้วย เศษสับปะรด เศษเนื้อ เปลือกและเมล็ดมะละกอ เศษเนื้อ เปลือกและเมล็ดฝรั่ง รวมทั้งเศษเนื้อและเปลือกของกล้วยคั่ว และชนิดที่สี่ คือ เศษขิงคอง ประกอบด้วย เศษเนื้อขิงคองเต็มที่ด้อยคุณภาพ โดยเศษวัตถุดิบดังกล่าวได้ผ่านเครื่องบดคั่วให้มีขนาดน้อยกว่า 5 ซม.

ข. วัสดุปรับความชื้น

ความชื้นเริ่มต้นก่อนนำเข้าสู่ถังหมุน ถูกควบคุมให้อยู่ในช่วงประมาณ 55-65% โดยวัสดุปรับความชื้นที่ใช้ในการทดลองคือ ใบไม้แห้งนานาชนิดที่หาได้จากบริเวณมหาวิทยาลัย เชียงใหม่โดยผ่านเครื่องตัดให้มีขนาดเล็กกว่า 5 ซม. เพื่อให้การย่อยสลายเกิดได้รวดเร็วขึ้น แต่เนื่องจากเครื่องบดตัดเกิดขัดข้องจึงจำเป็นต้องใช้ใบไม้แห้งโดยไม่ผ่านเครื่องบดตัดสำหรับผสมเพื่อปรับความชื้นกับเศษสับปะรด ซึ่งปริมาณใบไม้แห้งที่ใช้จะได้จากการคำนวณดังแสดงในภาคผนวก ก

ค. C/N ratio

เมื่อวัตถุดิบออกจากถังหมุนจะทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปหาค่า C/N ratio เริ่มต้น ถ้าพบว่ามีความน้อยกว่า 25 ก็จะไม่เติมปุ๋ยยูเรีย แต่หากพบว่าค่า C/N ratio เริ่มต้นมีค่ามากกว่า 25 ก็จะทำให้การรดสารละลายปุ๋ยยูเรียลงบนกองปุ๋ยหมัก ซึ่งปริมาณปุ๋ยยูเรียที่ใช้จะได้จากการคำนวณดังแสดงในภาคผนวก ก Polprasert et al. (1991) รายงานว่าค่า C/N ratio เริ่มต้นที่เหมาะสมใช้ได้ทั้งที่ค่า 25 และ 30 โดยทั่วไปใบไม้แห้งมีค่า C/N ratio เท่ากับ 60 และในโตรเจนร้อยละ 5.5 Haug (1980) ; Sanderson and Martin (1974) รายงานว่าค่า C/N ratio ที่เหมาะสมที่นิยมใช้กันทั่วไปสำหรับของเสียที่เป็นสารอินทรีย์มีค่าอยู่ในช่วง 25-30

ง. ปุ๋ยยูเรีย

เตรียมไว้สำหรับเพิ่มไนโตรเจนให้กับปุ๋ยหมักเพื่อใช้ปรับค่า C/N ratio ให้ได้ค่าน้อยกว่า 25

จ. เทอร์โมฟิลิคแบคทีเรีย

เทอร์โมฟิลิคแบคทีเรียที่ใช้เป็นชนิด *Bacillus* ที่ทนต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ ซึ่งได้จากบริษัทชินเมวะ จำกัด ประเทศญี่ปุ่น ราคา กิโลกรัมละ 8,000 บาท ซึ่งผู้ทดลองได้นำไปตรวจหาจำนวนของจุลินทรีย์ในหัวเชื้อเทอร์โมฟิลิคแบคทีเรีย ณ ศูนย์บริการเทคนิคการแพทย์คลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยวิธีการนับจำนวนโคโลนี (Colony count) และอบที่อุณหภูมิ 45°C เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ เท่ากับ 2.0×10^8 CFU/กรัมหัวเชื้อ (CFU = Colony Forming Unit) ซึ่งในการทดลองนั้นจะใช้เชื้อเทอร์โมฟิลิคแบคทีเรียผสมกับวัตถุดิบในอัตราส่วน 0.03 % ต่อน้ำหนักทั้งหมดของวัตถุดิบ และก่อนผสมกับวัตถุดิบได้มีการผสมเทอร์โมฟิลิคแบคทีเรียกับรำข้าวในสัดส่วน 1:10(เทอร์โมฟิลิคแบคทีเรียต่อรำข้าว)โดยน้ำหนักแยก

ฉ. สารไบโอเนค

สารไบโอเนค ประกอบด้วยเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เชื้อรา เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* และแอคติโนมัยซิส ผลิตโดยบริษัทไมโครไบโอเทค จำกัด ซึ่งข้อมูลทางเทคนิคของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวพบว่าสามารถอยู่ได้ทั้งสภาพมีอากาศและไร้อากาศ ทนต่อสภาพต่างได้ถึงพีเอช 8

แต่ไม่ทนต่อสภาพกรดจากสารเคมีและทนต่อสภาพที่มีอุณหภูมิสูงระหว่างการผลิตได้ และมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 1.0×10^9 ถึง 1.0×10^{10} CFU/กรัมหัวเชื้อ และควรใส่ปุ๋ยยูเรียเป็นอาหารเสริม อีกทั้งควรพลิกกลับกองปุ๋ย 1 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยราคารายปลีกตามร้านค้าด้านการเกษตรของละ (200 กรัม) 45 บาท หรือกิโลกรัมละ 225 บาท ซึ่งจากการนำตัวอย่างสารไบโอเน็คไปตรวจสอบ ณ ศูนย์บริการเทคนิคการแพทย์คลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยวิธีการนับจำนวนโคโลนี (Colony count) และอบที่อุณหภูมิ 45°C เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์เท่ากับ 4.1×10^9 CFU/กรัมหัวเชื้อ โดยทางกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้นำมาแก่เกษตรกรเพื่อใช้ในการผลิตปุ๋ยหมัก โดยจะใช้สารไบโอเน็ค จำนวน 200 กรัม (1ซอง) ละลายในน้ำอุ่น ($45-50^{\circ}\text{C}$) 20 ลิตรและคนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที และคนบ่อยๆ ใช้ได้กับของเสียไม่เกิน 1,000 กก. เมื่อเตรียมเสร็จแล้วจะใส่ภายใน 2 ชั่วโมง แล้วใช้บัวรดให้ทั่วกองปุ๋ยหมัก

3.2.2 การทดลองผลการใช้ถังหมุนและเติมเทอร์โมฟิลิกแบคทีเรียเป็นสารเร่งปุ๋ยหมัก

เริ่มโดยนำวัตถุดิบที่เตรียมไว้(ทำที่ละชนิด)ที่ได้มีการปรับค่าความชื้นให้พอเหมาะแล้วใส่ลงในถังหมุนในปริมาตร 200 ลิตร ทำการรดน้ำหนักทุกครั้งเพื่อนำผลไปหาการลดลงของมวลหลังสิ้นสุดการหมัก แล้วเติมเทอร์โมฟิลิกแบคทีเรียตามสัดส่วนที่กล่าวมาแล้วข้างต้นและควบคุมให้ความร้อนในถังหมุนมีค่าประมาณ 75°C ระยะเวลาอยู่ในถังหมุน 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเข้าสู่กล่องหมัก เก็บตัวอย่างไปหาค่า C/N ratio หากค่า C/N ratio มากกว่า 25 จะทำการรดสารละลายปุ๋ยยูเรียเพื่อเพิ่มไนโตรเจนให้กองปุ๋ยหมัก ปริมาณปุ๋ยยูเรียที่ใช้จะได้จากการคำนวณดังแสดงในภาคผนวก ก ซึ่งวัตถุดิบแต่ละชนิดจะใช้ถังหมุนประมาณ 3-4 ครั้งเพื่อให้ได้วัสดุเต็มกล่องหมัก ชั้นบนสุดจะโรยปิดด้วยใบไม้แห้งเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน โดยกล่องหมักจะไม่มีการเติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศแต่อย่างใดใช้เพียงการถ่ายเทของอากาศผ่านรูทางด้านล่างของกล่องหมักเท่านั้น ใช้เวลาหมักในกล่องหมักประมาณ 30 วัน หรือถ้าอุณหภูมิลดลงถึง 40°C แล้วทำการบ่มต่อเป็นเวลา 60 วัน ในโรงบ่มที่เป็นอาคารมิดชิดกันฝนได้ โดยทำการกองปุ๋ยบนพื้น ระหว่างการบ่มนี้ทำการพลิกกลับกองปุ๋ยทุกครั้งเมื่ออุณหภูมิภายในกองปุ๋ยลดลงจนถึงอุณหภูมิ $35-40^{\circ}\text{C}$ และทำการเติมน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นก่อนนำปุ๋ยไปกองเหมือนเดิม รายละเอียดของการดำเนินการทดลองแสดงตามตารางที่ 6 และในรูปที่ 15

3.2.3 การทดลองโดยการใช้ถังหมุนและใส่สารไบโอเน็คเป็นสารเร่งปุ๋ยหมัก

นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้(ทำที่ละชนิด)ที่มีการปรับค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเตรียมให้มีปริมาตรพอดีกับกล่องหมักคือ 550 ลิตร ทำการรดน้ำหนักทุกครั้งเพื่อนำผลไปหาการลดลงของมวล แล้วแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน นำส่วนแรกมารดด้วยสารไบโอเน็คจำนวน 5 ลิตร

โดยใช้ฝักบัว แล้วคลุกให้เข้ากันโดยใช้ถังหมุนเป็นเวลา 3 ชม. เสร็จแล้วนำส่วนแรกใส่ลงไปในกล่องหมัก เก็บตัวอย่างไปหาค่า C/N ratio หากค่า C/N ratio มากกว่า 25 จะทำการรดสารละลายปุ๋ยยูเรียเพื่อเพิ่มไนโตรเจนให้กองปุ๋ยหมัก ซึ่งปริมาณปุ๋ยยูเรียที่ใช้จะได้รับการคำนวณดังแสดงในภาคผนวก ก ส่วนที่ 2, 3 และ 4 ก็ทำเช่นเดียวกับส่วนแรก โดยเมื่อทำเสร็จทุกส่วนแล้วจะได้วัสดุเติมกล่องหมักพอดี ชั้นบนสุดจะโรยปิดด้วยใบไม้แห้งเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนโดย กล่องหมักจะไม่มี การเติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศแต่อย่างใด ใช้เพียงการถ่ายเทของอากาศผ่านรูทางด้านล่างของกล่องหมักเท่านั้น ใช้เวลาหมักในกล่องหมักประมาณ 30 วัน หรือถ้าอุณหภูมิลดลงถึง 40°C แล้วทำการบ่มต่อเป็นเวลา 60 วัน ในโรงบ่มที่เป็นอาคารมิดชิดกันฝนได้ โดยทำการกองปุ๋ยบนพื้นระหว่างการบ่มนี้ทำการพลิกกลับกองปุ๋ยทุกครั้งเมื่ออุณหภูมิภายในกองปุ๋ยลดลงจนถึงอุณหภูมิ 35-40°C และทำการเติมน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นก่อนนำไปกองเหมือนเดิม รายละเอียดของการดำเนินการทดลองแสดงตามตารางที่ 6 และในรูปที่ 16

3.2.4 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตัวอย่างเริ่มต้นจะทำการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หลังจากผ่านการใช้ถังหมุนแล้วประมาณ 1-2 กก. ในช่วงการหมักในกล่องหมักจะเก็บตัวอย่างทุก 5 วัน ในบริเวณโดยรอบรัศมี 30 ซม. จากจุดกึ่งกลางของกล่องหมักและลึก 25 ซม. จากด้านบน เก็บมาประมาณ 250-500 กรัม จุดวัดอุณหภูมิจะวัดที่จุดลึก 30 ซม. จากด้านบน ส่วนการเก็บตัวอย่างระหว่างการบ่มนั้นจะเก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์ โดยเก็บตัวอย่าง 2 จุด ที่จุดห่างจากจุดกึ่งกลางด้านละ 30 ซม. และลึก 25 ซม. จากด้านบน เก็บมาประมาณ 250-500 กรัม เช่นกัน

สำหรับเครื่องวัดอุณหภูมิอัตโนมัติได้ตั้งไว้ที่จุดกึ่งกลางของกล่องหมักและลึก 30 ซม. จากด้านบน ตัวอย่างสุดท้ายเก็บจากปุ๋ยหมักที่ผ่านการบ่มครบ 2 เดือนแล้ว โดยการลดลงของขนาดและการลดลงของมวลจะได้จากการเปรียบเทียบเมื่อตอนเริ่มต้นและสิ้นสุดการหมัก ซึ่งการลดลงของขนาดใช้การร่อนตัวอย่างซึ่งทำให้แห้งแล้ว ผ่านตะแกรง 6 ชั้น ซึ่งมีขนาด 10 มม., 5 มม., 2 มม., 1 มม. และน้อยกว่า 1 มม. โดยร่อนเป็นเวลา 20 นาที ส่วนการลดลงของมวลจะใช้การเปรียบเทียบจากการคำนวณจากความชื้น ส่วนพีเอชและค่าการนำไฟฟ้าจะใช้อัตราส่วนของปุ๋ยหมักต่อน้ำ 1:2 (น้ำหนักแห้ง) วิธีการเตรียมตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 17 รายละเอียดการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 7 และวิธีการวิเคราะห์แสดงตามตารางที่ 8

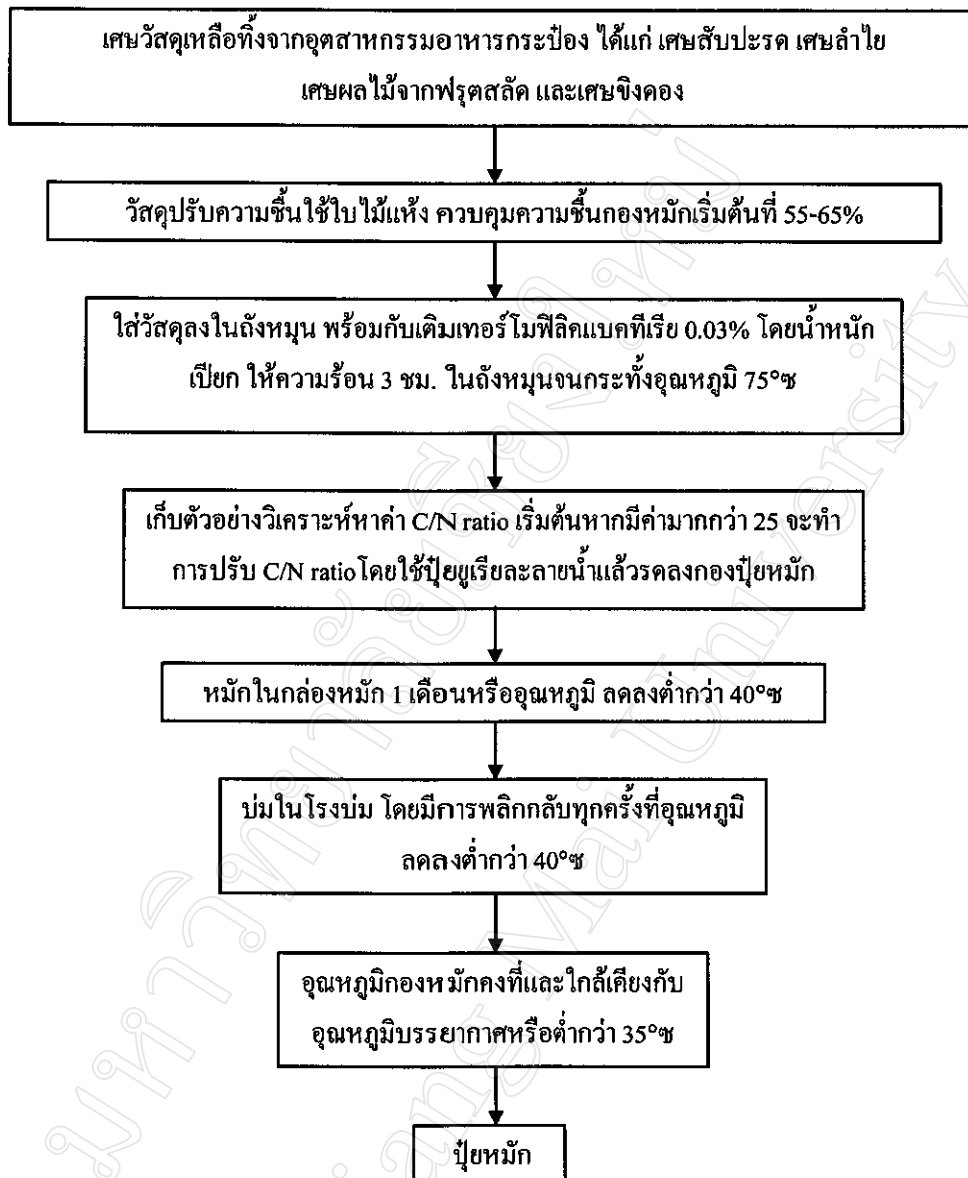
3.2.5 การวิเคราะห์การได้ที่

ในการทดลองนี้จะทราบถึงการสิ้นสุดการหมักว่าได้ปุ๋ยหมักมาใช้ประโยชน์ได้หรือยังนั้นจะต้องพิจารณาด้วยวิธีทางกายภาพและเคมีประกอบกัน โดยวิธีทางกายภาพใช้การพิจารณาจากอุณหภูมิ วิธีทางเคมีพิจารณาจากค่า C/N ratio CEC แอมโมเนียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน

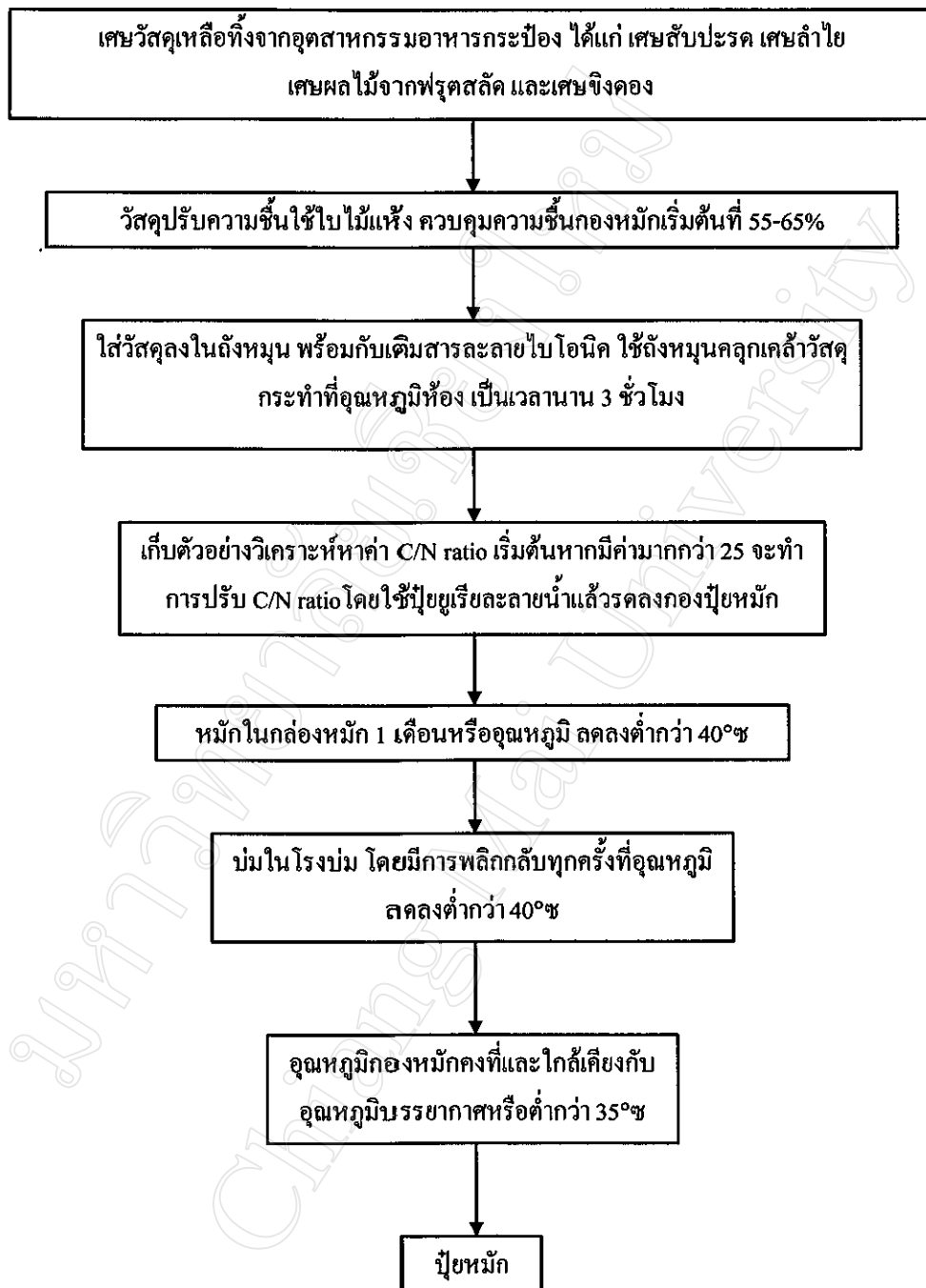
อุณหภูมิบ่งบอกถึงการหมักสิ้นสุดเมื่อมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับบรรยากาศ และไม่เพิ่มขึ้นอีกหลังจากทำการพลิกกลับกองปุ๋ย (Jeminez, E.J. and Garcia, V.P., 1989; Polprasert, C., et al., 1991) และค่า C/N ratio สิ้นสุดเมื่อมีค่าน้อยกว่า 20 (Jeminez, E.J. and Garcia, V.P., 1989) CEC จะสิ้นสุดเมื่อมีค่ามากกว่า 60 meq/100 g (dry weight) (Jeminez, E.J. and Garcia, V.P., 1989) แอมโมเนียในโตรเจนได้ที่มีค่าน้อยกว่า 400 mg/kg (Zuconni, F. and de Bertoldi, M.C., 1987) และไนเตรทในโตรเจนได้ที่มีมีการปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้น (Finsten, M.S. and Miller, F.C., 1985) ส่วนการเติมเทอร์โมฟิลิกแบคทีเรีย และสารไบโอไนค นั้นใช้การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ เคมี และลักษณะทางชีวภาพประกอบกัน

ตารางที่ 6 รายละเอียดของการทดลอง

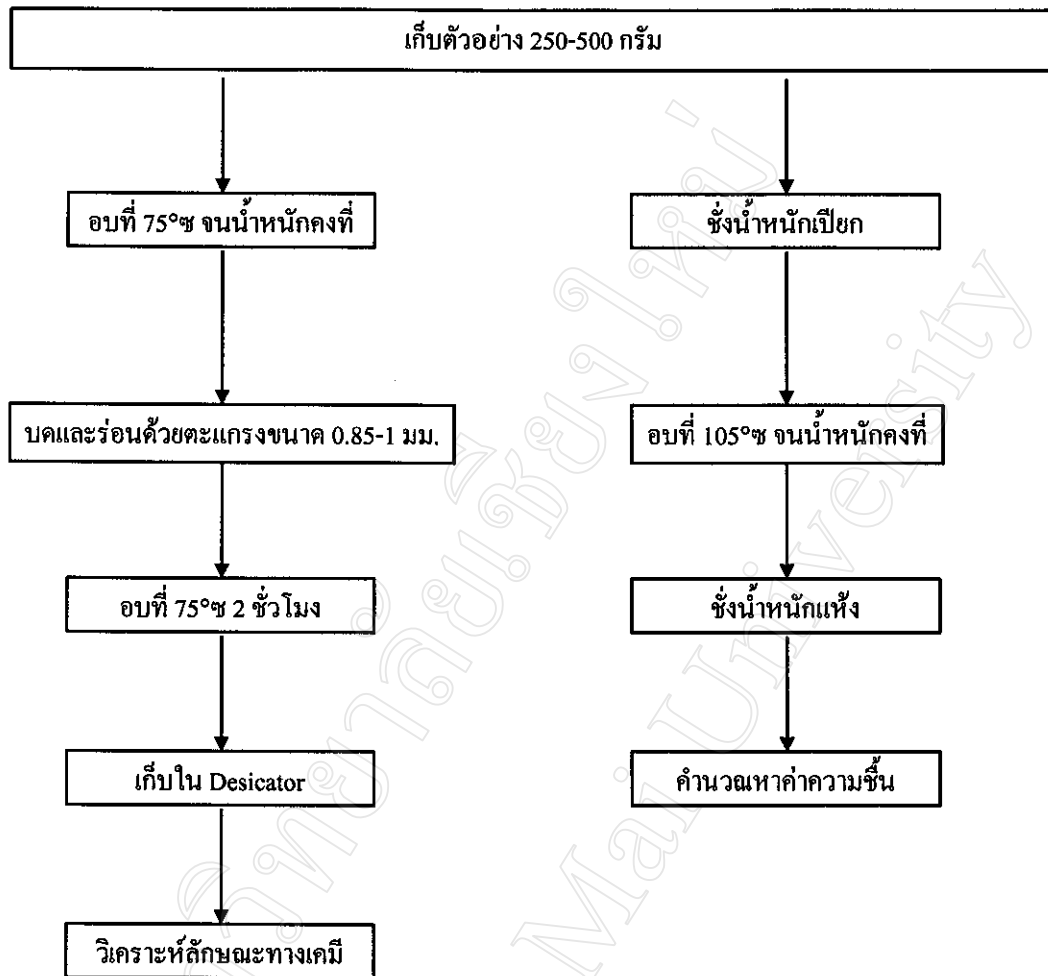
การทดลอง	กองที่	วัตถุดิบ
ใช้ถึงหมุน และกระทำที่ อุณหภูมิ บรรยากาศ	1	เศษลำไย + ใบไม้แห้ง + สารไบโอไนค
	3	เศษสับปะรด + ใบไม้แห้ง + สารไบโอไนค
	5	เศษผลไม้จากฟรุตสลัด + ใบไม้แห้ง + สารไบโอไนค
	7	เศษจิ้งคอง + ใบไม้แห้ง + สารไบโอไนค
ใช้ถึงหมุน และควบคุม อุณหภูมิที่ 75°C	2	เศษลำไย + ใบไม้แห้ง + เทอร์โมฟิลิกแบคทีเรีย
	4	เศษสับปะรด + ใบไม้แห้ง + เทอร์โมฟิลิกแบคทีเรีย
	6	เศษผลไม้จากฟรุตสลัด + ใบไม้แห้ง + เทอร์โมฟิลิกแบคทีเรีย
	8	เศษจิ้งคอง + ใบไม้แห้ง + เทอร์โมฟิลิกแบคทีเรีย



รูปที่ 15 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทดลองเมื่อใช้ถังหมุนและเติมเทอร์โมฟิลิคแบคทีเรีย



รูปที่ 16 ไคอะแกรมแสดงขั้นตอนการทดลองเมื่อใช้ถังหมุนและใช้สารไบโอเน็ค



รูปที่ 17 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี

ตารางที่ 7 พารามิเตอร์ ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างและความถี่ในการเก็บตัวอย่าง

การวิเคราะห์	วัตถุประสงค์การวิเคราะห์	ความถี่ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง			
		ออกจากถังหมุน	การหมักในกล่อง	การบ่มที่โรงบ่ม	สิ้นสุดการหมัก
1. ปัจจัยในการควบคุมระบบ					
อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมัก	ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่างการหมักจนถึงสิ้นสุดการหมัก	1 ครั้ง	ทุกวัน	ทุกวัน	1 ครั้ง
ความชื้น	ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการหมัก	1 ครั้ง	ทุก 5 วัน	ทุก 7 วัน	1 ครั้ง
พีเอช	ตรวจสอบดูสภาพความเป็นกรด-ด่าง	1 ครั้ง	ทุก 5 วัน	ทุก 7 วัน	1 ครั้ง
2. ลักษณะทางเคมี					
คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์	ตรวจสอบดูสารอาหาร	1 ครั้ง	ทุก 5 วัน	ทุก 7 วัน	1 ครั้ง
ไนโตรเจนทั้งหมด	ตรวจสอบดูสารอาหาร	1 ครั้ง	ทุก 5 วัน	ทุก 7 วัน	1 ครั้ง
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	ตรวจสอบดูสารอาหาร	1 ครั้ง	ทุก 5 วัน	ทุก 7 วัน	1 ครั้ง
แอมโมเนีย	ตรวจสอบดูสารอาหาร	1 ครั้ง	ทุก 5 วัน	ทุก 7 วัน	1 ครั้ง
ไนเตรท	ตรวจสอบการได้ที่ของปุ๋ยหมัก	1 ครั้ง	ทุก 5 วัน	ทุก 7 วัน	1 ครั้ง
ฟอสฟอรัส	ตรวจสอบดูสารอาหารของปุ๋ยหมัก	1 ครั้ง	-	-	1 ครั้ง
โปแตสเซียม	ตรวจสอบดูสารอาหารของปุ๋ยหมัก	1 ครั้ง	-	-	1 ครั้ง
ค่าการนำไฟฟ้า	ตรวจสอบดูความสามารถในการละลายน้ำของปุ๋ยหมัก	1 ครั้ง	-	-	1 ครั้ง
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	ตรวจสอบการได้ที่และการดูดซึมสารอาหารของพืช	1 ครั้ง	ทุก 5 วัน	ทุก 7 วัน	1 ครั้ง
3. ลักษณะทางกายภาพ					
การลดลงของขนาด	ตรวจสอบการลดลงของขนาดของปุ๋ยหมัก	1 ครั้ง	-	-	1 ครั้ง
การลดลงของมวล	ตรวจสอบการลดลงของมวลของปุ๋ยหมัก	1 ครั้ง	-	-	1 ครั้ง
4. ลักษณะทางชีวภาพ					
เชื้อโรค	ตรวจสอบเชื้อโรคที่เป็นอันตราย	1 ครั้ง	-	-	1 ครั้ง

ตารางที่ 8 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์

ค่าที่วิเคราะห์	วิธีการวิเคราะห์
คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์	วิธีของ Walkey & Black
ไนโตรเจนทั้งหมด	วิธี Kjeldahl
แอมโมเนีย	วิธี Magnesium oxide- Devada alloy
ไนเตรท	วิธี Magnesium oxide- Devada alloy
ฟอสฟอรัส	วิธีการย่อยสลายด้วยเปอร์ซัลเฟต
โปแตสเซียม	วิธีการย่อยสลายด้วยเปอร์ซัลเฟต
การลดลงของขนาด	วิธีการร่อนด้วยตะแกรง
การลดลงของมวล	การเปรียบเทียบน้ำหนักแห้ง
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอออนบวก	วิธีการไตเตรท
ค่าการนำไฟฟ้า	Conductivity meter ยี่ห้อ Schott Geratte รุ่น CG857
เชื้อโรค	กล้องจุลทรรศน์ยี่ห้อ OLYMPUS รุ่น CH
พีเอช	พีเอชมิเตอร์ ยี่ห้อ Horiba รุ่น D-13
ความชื้น	วิธี Gravimetric
อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมัก	เครื่องวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ RKC รุ่น SBR-EY 180