

### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินการวิจัย

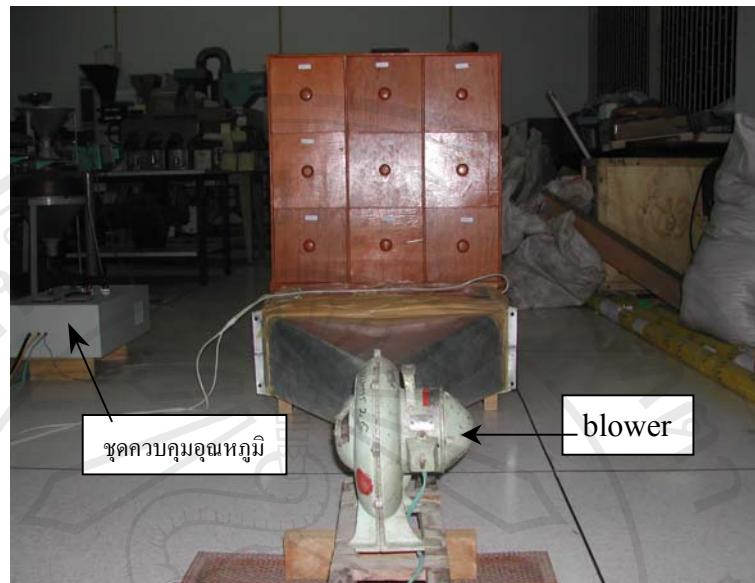
#### 3.1 วัสดุและอุปกรณ์

- 3.1.1 ลำไยพันธุ์ คอ เกรด A (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22-24 มิลลิเมตร หรือ มีจำนวนผลประมาณ 80-94 ลูก/กิโลกรัม)
- 3.1.2 เครื่องต้นแบบจำลองการอบแบบ Batch type
- 3.1.3 เครื่องวัดความเร็วลมชนิดใบพัด (Vane anemometer)
- 3.1.4 พรอทวัดอุณหภูมิพิคัด 0-100 องศาเซลเซียส
- 3.1.5 เครื่องชั่งน้ำหนักพิคัด 7 กิโลกรัม
- 3.1.6 เครื่องชั่งดิจิตอลความละเอียด 0.01 กรัม
- 3.1.7 ตู้อบชนิดสุญญากาศ (Vacuum oven )
- 3.1.8 อุปกรณ์หาปริมาตรและความถ่วงจำเพาะของวัสดุ
- 3.1.9 เครื่องวัดค่าความแข็งแรงของวัสดุ Texture analyzer
- 3.1.10 เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier calipper)

#### 3.2 การสร้างเครื่องต้นแบบจำลองการอบ

##### 3.2.1 เตาอบทดลอง

ขนาดของกระบอกกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร สูง 80 เซนติเมตร ทำจากไม้อัดหนา 5 มิลลิเมตร แบ่งออกเป็น 3 ชั้นคือ ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง แต่ละชั้นจะสูง 20 เซนติเมตร ในหนึ่งชั้นจะแบ่งออกเป็น 3 ก่อ่ง ขนาดของก่อก่งบรรจุลำไย กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร แต่ละก่อก่งบรรจุลำไยประมาณ 4-5 กิโลกรัม ใช้ Heater ขนาด 1200 วัตต์ จำนวน 4 เส้น เป็นตัวทำความร้อน บรรจุอยู่ในก่อก่งซึ่งทำจากเหล็กหนา ½ มิลลิเมตร หุ้มด้วยฉนวนใยแก้วกันความร้อน และมีพัดลม Blower ขนาด ½ Hp 1 ตัว ส่งผ่านลมร้อนไปยังลำไยที่บรรจุอยู่ในก่อก่งทั้ง 3 ชั้น กระแสลมจะผ่านอุโมงค์ลมไปยังแผง Heater ซึ่งอยู่ถัดจากท่อกระจายลม จากนั้นจะผ่านไปยัง Plenum chamber ที่อยู่ด้านล่างของชั้นที่บรรจุลำไย ดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงเตาอบถ้ำไขที่ใช้ในการทดลอง

### 3.2.2 ระบบให้ความร้อนและควบคุมอุณหภูมิ

การอบแห้งลำไยโดยทั่วไปเกษตรกรนิยมใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงกำเนิดความร้อนในการอบ และใช้อุณหภูมิสูง ประมาณ 80 องศาเซลเซียส ในการลดความชื้น สำหรับงานวิจัยนี้มีขนาดเล็กจึงได้ทำการออกแบบระบบให้ความร้อนของเครื่องอบเป็นแบบขดลวดความร้อนใช้พลังงานจากไฟฟ้า ใช้เส้นลวดความร้อนแบบครีป (Fin heaters) ขนาด 1200 วัตต์ จำนวน 4 เส้น บรรจุอยู่ในกล่องซึ่งทำจากโลหะแผ่นหุ้มด้วยใยแก้วกันความร้อน ดังรูป 3.2

การควบคุมอุณหภูมิ ทำการออกแบบให้ใช้เทอร์โมสแตท (Thermostat) แผงควบคุมเป็นระบบ (Magnetic control) เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ พิกัดอุณหภูมิของเครื่องอยู่ที่ระหว่าง 0-200 องศาเซลเซียส ติดตั้งตัววัดอุณหภูมิไว้ที่ Plenum chamber ด้านเข้าของอากาศที่จะผ่านไปยังชั้นของการอบ ดังรูป 3.3



รูปที่ 3.2 กล่องบรรจุลวดความร้อนแบบครีป



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.3 แผงควบคุมชุดให้ความร้อน (ก) ภายนอกกล่อง (ข) ภายในกล่อง

### 3.3 การดำเนินการทดลอง

ศึกษาถึงอัตราการลดความชื้น และแรงกดต่อการบอบ และแตกของผลลำไย ออกจากเครื่องจำลองการอบที่อุณหภูมิ ของการอบต่างๆ และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มีชั้นของการอบ 3 ชั้น คือ ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เป็น ตัวแทนของอัตราการลดความชื้น 3 อัตรา (Treatment) ความหนาทั้งหมด 60 เซนติเมตร ในการทดลองอบแบ่งเป็น 3 อุณหภูมิ คือ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียสรวม 3 การทดลอง แต่ละการทดลองมี 3 ซ้ำ (แต่ละกล่องคือ 1 ซ้ำ)

#### 3.3.1 วิธีการทดลองมีดังนี้

3.3.1.1 การทดลองที่ 1 ทดลองหาผลของอัตราการลดความชื้น และแรงกดต่อการแตกของเปลือกลำไย

นำลำไยพันธุ์ คอ เกรด A (คือลำไยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22-24 มิลลิเมตร หรือ มีจำนวนผลประมาณ 80 ถึง 90 ผลต่อกิโลกรัม) มาคัดผลที่แตก มีตำหนิ หรือ มีรอยเปื้อนออก จากนั้นนำลำไยบรรจุเข้าลิ้นชักทั้ง 9 กล่อง ขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักให้ได้กล่องละประมาณ 5 กิโลกรัม โดยประมาณ บันทึกน้ำหนักเริ่มต้นของแต่ละลิ้นชัก

บันทึกข้อมูลของ อุณหภูมิขาเข้า และขาออกของเครื่องอบ ความชื้นสัมพัทธ์ น้ำหนักเริ่มต้นของลำไย ความเร็วลม ทุกๆ 3 ชั่วโมงจนกระทั่งครบ 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นเปลี่ยนการบันทึกข้อมูลเป็นทุกๆ 6 ชั่วโมง จนกว่าจะได้เปอร์เซ็นต์ความชื้น หรือ เวลาที่กำหนดไว้

ทำการทดลอง เดินเครื่องอบแห้ง เปิดสวิตซ์พัดลม (Blower) หลังจากนั้นเปิด สวิตซ์ความร้อน (Heater) และปรับตั้งแผง ควบคุมความร้อนอุณหภูมิขาเข้าอยู่ที่ 60 องศาเซลเซียส ตรวจสอบได้จากเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) และใช้ความเร็วลมขาออก 0.6 เมตรต่อวินาที ตลอดการทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองให้เป่าลมเย็นทิ้งไว้ 30 นาทีโดยประมาณ เพื่อให้ลำไยอบแห้งเย็นตัวลง แล้วจึงเก็บตัวอย่างที่ทำการอบเสร็จแล้วไปวิเคราะห์หลังการอบ

3.3.1.2 การทดลองที่ 2 ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยทำการปรับอุณหภูมิให้เป็น 70 องศาเซลเซียส

3.3.1.3 การทดลองที่ 3 ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยทำการปรับอุณหภูมิให้เป็น 80 องศาเซลเซียส

### 3.4 การตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างการทดลองในห้องปฏิบัติการ

#### 3.4.1 เปรอร์เซ็นต์ความชื้นของลำไยอบแห้งในการทดลอง

สุ่มตัวอย่างลำไยก่อนทำการทดลอง เพื่อนำไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นทั้งก่อน และหลังการทดลองสิ้นสุดลง

ในระหว่างการทดลองหาอัตราการลดความชื้น และแรงกดต่อการบอบ และแตกของผลลำไย นำตัวอย่างที่ได้บรรจุไว้ในถุงตาข่าย และใส่ไว้ในกล่องแต่ละกล่องมาซึ่งน้ำหนักที่สูญเสียไปในระหว่างการลดความชื้นเพื่อที่จะนำค่าที่ได้มาใช้หาอัตราการลดความชื้น (รูปที่ 3.4) ใช้เครื่องชั่งดิจิตอลพิกัด 0.01 กรัม และทำการชั่งทุกๆ 3 ชั่วโมง ของการทดลองไปจนถึงชั่วโมงที่ 12 หลังจากนั้น จะทำการชั่งทุกๆ 6 ชั่วโมง จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง



รูปที่ 3.4 ถุงใส่ตัวอย่างที่จะนำไปชั่งน้ำหนัก

ขณะทำการทดลองได้มีการหาความชื้นของลำไยแบบแยกส่วน คือ แยกหาความชื้น ใน เปลือก เนื้อ และในเมล็ด วิธีการคือ นำลำไยที่สุ่มออกมาจากทุกๆกล่อง กล่องละ 3 ตัวอย่าง หลังจากนั้นนำมาใส่รวมกันไว้ในกล่อง แล้วสุ่มตัวอย่างเพื่อให้เป็นตัวแทนของลำไยทั้งหมดเป็นจำนวน 10 ตัวอย่างของในแต่ละชั่วโมงการสุ่ม นำลำไยแกะแยกเปลือก เนื้อ และเมล็ดออกจากกันโดยใส่ใน can ชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่า แล้วนำเข้าตู้อบสุญญากาศ (Vacuum Drying) โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 24 ชั่วโมงตามมาตรฐาน AOAC (2000) ซึ่งใช้กับการหาความชื้นของพืชประเภทที่มีปริมาณน้ำตาลสูง เมื่อครบกำหนดเวลาจึงนำลำไยออกจากตู้อบสุญญากาศ ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) หลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ตามสมการที่ 3.1 (วิวัฒน์ และ ชลทิศ, 2533)

$$M_w = \frac{(W_b - W_a) * 100}{W_b} \quad (3.1)$$

เมื่อ

$M_w$  = เปอร์เซ็นต์ความชื้น (มาตรฐานเปียก)

$W_b$  = น้ำหนักก่อนอบ (kg)

$W_a$  = น้ำหนักหลังอบ (kg)

#### 3.4.2 การบันทึกผลและตรวจวัดในการทดลอง

อุณหภูมิ

บันทึกอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า และขาออกจากเครื่อง ทุกๆ 3 ชั่วโมงจนถึง 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นทุกๆ 6 ชั่วโมง จนสิ้นสุดการทดลองโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์พิกัด 100 องศาเซลเซียส

ความเร็วลม

วัดความเร็วลมขาออกเมื่อลมร้อนผ่านผลผลิตด้วยเครื่องวัดลม (Pocket Anemometer) เก็บข้อมูลแล้วทำการปรับตั้งให้ได้ความเร็วลมประมาณ 0.6 เมตรต่อวินาที

### ความชื้นสัมพัทธ์

ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก และกระเปาะแห้งในการวัดเพื่อหา ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขณะทำการทดลอง

#### น้ำหนักลำไย

นำถุงที่บรรจุตัวอย่าง (ถุงตาข่าย) มาชั่งทุกๆ 3 ชั่วโมง ไปจนถึง 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นชั่งทุกๆ 6 ชั่วโมง จนถึงสิ้นสุดการทดลองโดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอลพิกัด 0.01 กรัม

#### ความเปลี่ยนแปลงความหนาของเปลือก

สุ่มตัวอย่างลำไยสดจำนวน 15 ลูก นำมาวัดความหนาของเปลือกลำไย โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernia calipper) วัด 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่ง บน กลาง และล่างของ ผล ก่อน และหลังการอบ จากนั้นนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

#### 3.4.3 การวัดปริมาตรของผลลำไยที่เปลี่ยนแปลงขณะลดความชื้น

สุ่มตัวอย่างจากทุกกล่องกล่องละ 3 ลูก ทุกๆ 3 ชั่วโมงไปจนถึงชั่วโมงที่ 12 หลังจากนั้นทำการสุ่มทุกๆ 6 ชั่วโมง จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

การวัดปริมาตรทำโดยนำภาชนะบรรจุน้ำซึ่งบนเครื่องชั่งดิจิตอลพิกัด 0.01 กรัม นำลำไยทั้งผลที่สุ่มได้มาชั่งในน้ำโดยใช้เครื่องมือพิเศษที่ได้ทำขึ้นมายึดติดกับขาตั้ง ดังรูปที่ 3.5 จากนั้นจุ่มผลลำไยลงในน้ำอ่านค่าที่ได้บันทึกไว้ หลังจากนั้นแกะเปลือกนำเนื้อที่ได้จุ่มลงในน้ำที่ได้เตรียมไว้ในขั้นตอนแรก บันทึกค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาตรตามสมการ 2.7

นำค่าปริมาตรทั้งผลมาลบกับปริมาตรของเนื้อลำไย และลบกับปริมาตรของเปลือก ลำไย ก็จะได้ช่องว่างภายในผลของลำไยที่เกิดขึ้นจากการหดตัวของเนื้อลำไยขณะทำการลด ความชื้น ความถ่วงจำเพาะของผลลำไยหาได้จากสมการ 3.2

$$S_f = W_f / W_d \quad (3.2)$$

เมื่อ  $S_f$  = ความถ่วงจำเพาะของวัตถุ  
 $W_f$  = น้ำหนักวัตถุชั่งในอากาศ  
 $W_d$  = น้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่ (น้ำหนักวัตถุที่ชั่งในน้ำ)



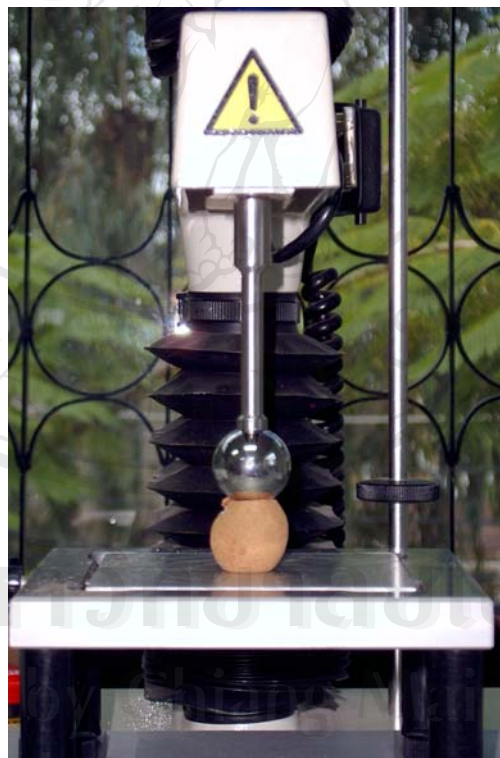
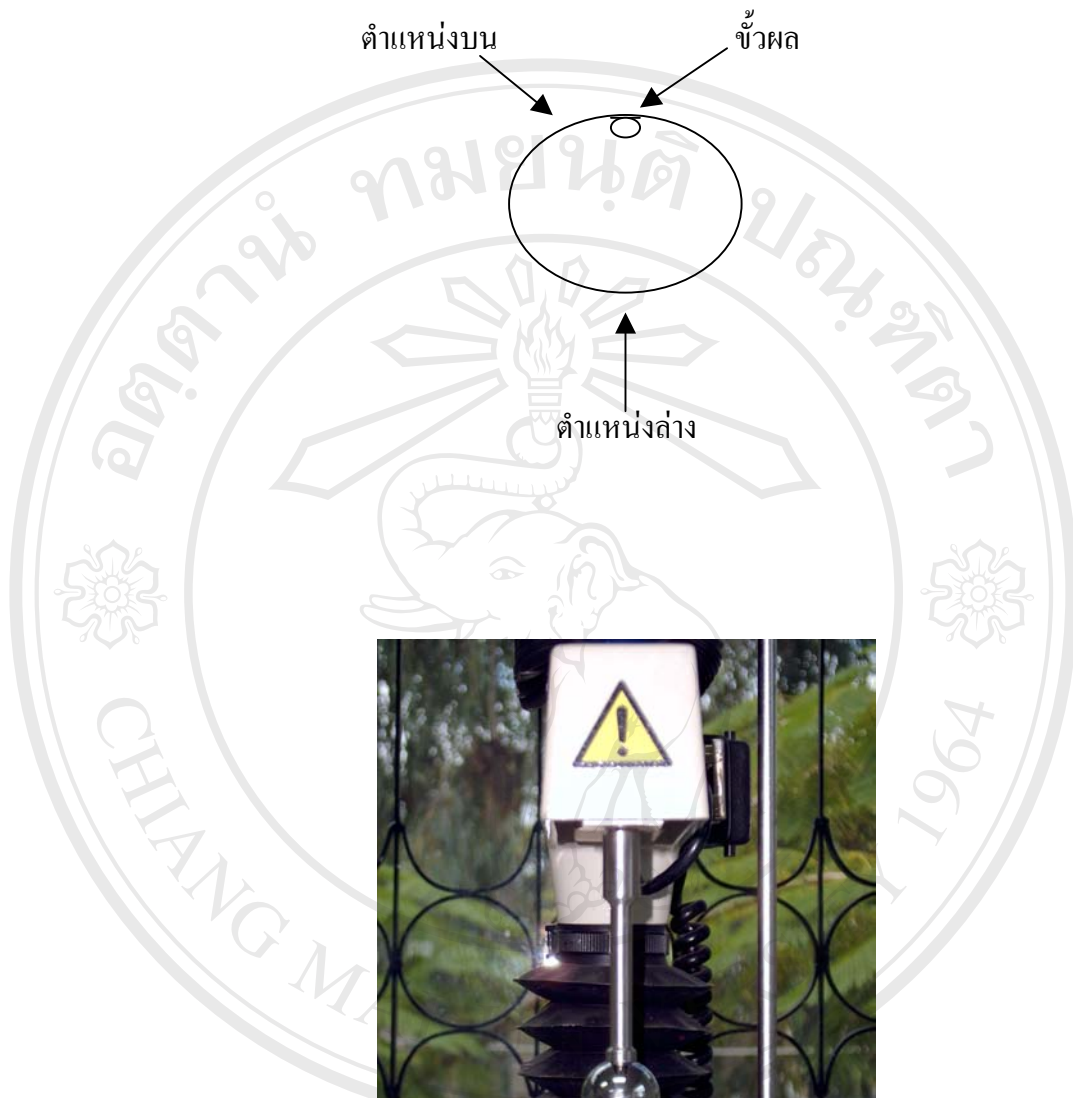


รูปที่ 3.5 เครื่องมือวัดปริมาณผลลำไย

#### 3.4.4 การวัดค่าความแข็งแรงของเปลือก (Texture Analyzer)

สุ่มตัวอย่างจากทุกกล่องกล่องละ 3 ลูก ทุกๆ 3 ชั่วโมง ไปจนถึง 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างไปวัดทุกๆ 6 ชั่วโมง จนสิ้นสุดการทดลอง

ใช้เครื่อง Texture Analyzer (รูปที่ 3.7) วัดค่าความแข็งแรงของเปลือกลำไยเพื่อประเมินว่าสามารถทนต่อแรงกดทับของลำไยในเตาอบที่จะรับได้ เพื่อจำลองการกดทับกันของลำไยในกระบะ โดยใช้หัวกดของเครื่อง Texture Analyzer ที่มีลักษณะเป็นทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ค่าที่ได้จะบอกถึงแรงสูงสุดที่ทำให้เปลือกลำไยเกิดความเสียหายมีหน่วยเป็น นิวตัน (N) นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ในการทดสอบเบื้องต้นพบว่าส่วนที่มักจะเกิดการแตกของผลลำไย คือ ในส่วนโนนกใกล้กับขั้วผล และอีกส่วนคือการบวมของผลลำไยตรงบริเวณด้านล่างของผล จึงกำหนดให้เป็นจุดทดสอบแรงกดในการทดลอง ดังรูปที่ 3.6 เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่าง และนับจำนวนผลที่แตก และบวมเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการสรุปผลการทดลอง



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 3.6 ตำแหน่งกดที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.7 เครื่อง Texture Analyzer

เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ตรวจนับจำนวนตัวอย่างของผลที่แตก และผลที่บอบว่ามีจำนวนมากน้อยเพียงใด เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับอัตราการลดความชื้นว่ามีผลกับการแตก และบอบของผลลำไย หรือไม่

#### 3.4.5 ความหนาแน่นรวม (Bulk density)

สุ่มตัวอย่างทุกๆ 3 ชั่วโมง ไปจนถึง 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างทุกๆ 6 ชั่วโมง จนสิ้นสุดการทดลอง นำไปใส่ในภาชนะที่ทราบขนาด และปริมาตรให้พอดี แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลพิกัด 0.01 กรัม บันทึกค่าที่ได้ แล้วจึงนำไปคำนวณหาค่า Bulk density ตามสมการ (Rahman, 1995)

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{น้ำหนักรวมของวัสดุ (kg)}}{\text{ปริมาตรรวมของวัสดุ (m}^3\text{)}} \quad (3.3)$$