

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาจากผลศาสตร์ของการอบแห้งลำไยคว้านเมล็ดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งความดันต่ำ ทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งลำไยคว้านเมล็ดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งความดันต่ำ อีกทั้งวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง คือการวัดค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส อัตราการหดตัว และอัตราการคืนตัว โดยมีรายละเอียดดังนี้

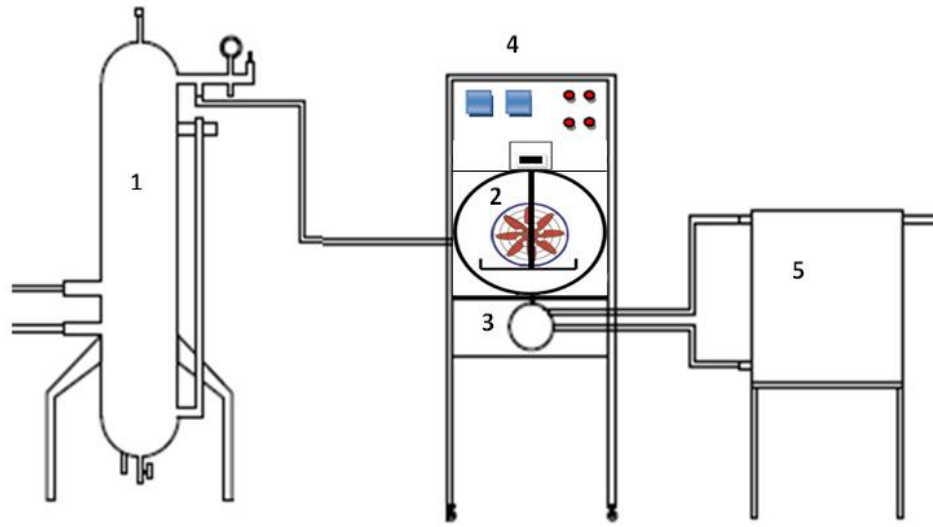
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องอบแห้งไอน้ำร้อนยวดยิ่งความดันต่ำ (ภาพที่ ก.1)
2. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ยี่ห้อ WBT Binder รุ่น BD/ED/FD with R3-Controller (ภาพที่ ก.2)
3. เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 0.001 กรัม ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CR323S (ภาพที่ ก.3)
4. เวอร์เนีย (ภาพที่ ก.4)
5. เครื่องวัดสี Miniscan XE plus (ภาพที่ ก.5)
6. เครื่องดูดอากาศและเครื่องพ่นกึ่ง (ภาพที่ ก.6)
7. โถดูดอากาศ (ภาพที่ ก.7)
8. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ Kane-May รุ่น KM330 (type K) (ภาพที่ ก.8)
9. เครื่องวัด Texture Analyzer (TA.XT2i/50 Texture Technologies, US) (ภาพที่ ก.9)
10. อุปกรณ์คว้านลำไย(ตุ้ดตุ้) (ภาพที่ ก.10)

3.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องอบแห้งไอน้ำร้อนยวดยิ่งความดันต่ำ

จากภาพ 3.1 แสดงระบบอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งความดันต่ำ ซึ่งประกอบด้วยห้องอบแห้งรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร ภายในมีอุปกรณ์ให้ความร้อนขนาด 2 กิโลวัตต์ พัดลมขนาด 1.5 กิโลวัตต์ และถาดวางวัสดุทดสอบ หม้อต้มไอน้ำจะติดตั้งฮีตเตอร์เพื่อให้ความร้อนแก่น้ำภายในหม้อต้มจะทำให้อุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ประมาณ 103 องศาเซลเซียส เพื่อผลิตไอน้ำเข้าสู่ห้องอบแห้ง ป้อนสุญญากาศขนาด 1.5 แรงม้า คอยควบคุมความดันภายในห้องอบแห้ง และเครื่องมือวัดประกอบด้วยเครื่องมือวัดความดัน เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เครื่องชั่ง

น้ำหนัก โดยหลักการทำงานคือจากการกำเนิดไอน้ำที่ผลิตจากหม้อต้มไอน้ำ (หมายเลข 1) เป็นไอน้ำ อิ่มตัวที่ความดันบรรยากาศไอน้ำจะถูกปล่อยเข้าสู่ห้องอบแห้ง (หมายเลข 2) อย่างช้า ๆ ซึ่งภายในห้อง อบแห้งจะประกอบด้วยตัวให้ความร้อนและพัดลมเพื่อรักษาอุณหภูมิและกระจายไอน้ำในห้องอบแห้ง มีปั๊มสุญญากาศทำหน้าที่ลดความดันภายในห้องอบแห้ง (หมายเลข 3) และมีถังน้ำหล่อเย็น (หมายเลข 5) ทำหน้าที่ช่วยลดอุณหภูมิของปั๊มสุญญากาศ ชุดควบคุมการทำงานของห้องอบแห้ง (หมายเลข 4) ทำหน้าที่ควบคุมให้อุณหภูมิและความดันในห้องอบแห้งเป็นไปตามกำหนดไว้



ภาพที่ 3.1 เครื่องอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งความดันต่ำ

1. หม้อต้มไอน้ำ
2. ห้องอบแห้ง
3. ปั๊มสุญญากาศ
4. ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องอบแห้ง
5. ถังน้ำหล่อเย็นปั๊มสุญญากาศ

3.2.1 การเตรียมตัวอย่างและขั้นตอนการทดลอง

1. นำลำใยพันธุ์ดอ (ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 350 - 400 db) เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 - 30 มิลลิเมตร ไปล้างและนำมาคว้านเมล็ดออกโดยอุปกรณ์คว้านเมล็ดลำใย (ตุ้ดตุ้)
2. เก็บข้อมูลก่อนการทดลอง คือ น้ำหนัก, สี และขนาดของตัวอย่าง
3. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ข้างต้นจำนวน 25 ลูก วางบนถาดตัวอย่าง (Sample holder)
4. เปิดเครื่องอบแห้งไอน้ำร้อนความดันต่ำจนห้องอบแห้งมีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความดัน 7 kPa สัมบูรณ์ จากนั้นจึงนำผลผลิตเข้าทำการอบแห้ง

5. ขณะทำการทดลองจะทำการเก็บข้อมูล คือ น้ำหนักของวัสดุ อุณหภูมิ และความดันไอน้ำร้อนขวดยั้งในห้องอบแห้ง ในช่วงแรกจะเก็บค่าทุก ๆ 5 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเก็บค่าทุก ๆ 10 นาที อีก 3 ชั่วโมง จากนั้นเก็บค่าทุก ๆ 30 นาที อีก 5 ชั่วโมง จากนั้นเก็บค่าทุก ๆ ชั่วโมงจนกระทั่งตัวอย่างมีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 18 wb. (ร้อยละ 21.95 db)
6. นำตัวอย่างลำไยสดไปหาค่าน้ำหนักแห้งโดยนำไปใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เวลาอบ 72 ชั่วโมง
7. ทำการทดลองเช่นเดียวกันนี้โดยเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 80 องศาเซลเซียส และ 90 องศาเซลเซียส แล้วทำการเปลี่ยนความดันเป็น 10 kPa และ 15 kPa ตามลำดับ โดยจะทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

3.2.2 สร้างสมการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งลำไยโดยใช้ไอน้ำร้อนขวดยั้งที่สภาวะความดันต่ำ

นำลำไยที่เตรียมไว้ตามหัวข้อที่ 3.2.1 มาหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นที่ลดลงของลำไยกับเวลานที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งสามารถหาค่าคงที่ของสมการกึ่งทฤษฎีจากสมการที่ 2.8

$$\overline{MR} = \exp(-kt)$$

ในส่วนของสมการเอมไพริคัลของ Page จากสมการที่ 2.9

$$MR = \exp(-kt^n)$$

เมื่อ n คือค่าคงที่ จากสมการจะสามารถหาค่า k ที่สภาวะการอบแห้งแต่ละเงื่อนไข โดยสมมุติให้ลำไยแบบคว้านเมล็ดเป็นวัสดุทรงกลมจากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ของการอบแห้งกับอุณหภูมิและความดันที่ใช้ในการอบแห้งด้วยวิธีสมการถดถอย โดยค่าคงที่ k จะอยู่ในรูปของฟังก์ชันอุณหภูมิและความดัน ($k = f(T,P)$) และค่าคงที่ n จะอยู่ในรูปของฟังก์ชันอุณหภูมิและความดัน ($n = f(T,P)$)

3.2.3 การทดสอบคุณภาพลำไยหลังการอบแห้ง

1. คุณภาพสี

การทดสอบคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์จะทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Miniscan XE Plus ในระบบ L, a และ b โดยที่ค่า L (Lightness) แสดงถึงค่าความสว่างมีค่าในช่วง 0 ถึง 100 (ดำ - ขาว), ค่า a (-Greenness / +Redness) แสดงถึงค่าโทนสีเขียวถึงสีแดงมีค่า

ในช่วง -60 ถึง +60 และค่า b (-Blueness / +Yellowness) แสดงถึงค่าโทนสีน้ำเงินถึงเหลืองมีค่าในช่วง -60 ถึง +60 ในระบบ HUNTER LAB โดยจะทำการวัดสีลำไยก่อนและหลังการอบแห้ง ในแต่ละการทดลองจะทำการวัดสีลำไยจำนวน 5 ซีน ซึ้นละ 3 จุด ๆ ละ 3 ครั้ง

2. การหดตัว

การหดตัวของลำไยสามารถหาได้จากการทดสอบโดยใช้เวอร์เนียร์ โดยจะทำการวัดทั้งสามแกนแล้วหาค่าเฉลี่ย (สมมุติว่าเป็นวัสดุทรงกลม) แล้วแสดงผลในลักษณะร้อยละการหดตัว ดังสมการที่ 3.1 ในแต่ละการทดลองทำการทดสอบจำนวน 10 ตัวอย่างๆละ 3 ซ้า

$$\% \text{ Shrinkage} = \frac{d_m - d_f}{d_m} \times 100 \quad (3.1)$$

เมื่อ d_m คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุเริ่มต้นอบแห้ง, mm
 d_f คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุหลังอบแห้ง, mm

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

ในส่วนเนื้อสัมผัสเราสามารถวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA XT Plus ใช้หัวกดแบบ Warner Bratzler shear blade ความเร็วหัววัด 2 mm/s คัดผ่านชิ้นงาน โดยจะได้แรงเฉือนซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์หาค่าความเหนียวของเนื้อลำไยหลังการอบแห้งในกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลจากเครื่องวัดจะแสดงแรงเฉือนสูงสุดในรูปของนิวตัน (N) ในแต่ละการทดลองนั้นจะทำการทดลองทั้งหมด 15 ตัวอย่าง ๆ ละ 3 ซ้า

4. การคืนตัว

การทดสอบคุณภาพด้านการคืนตัว ทำการวัดลำไยตัวอย่างละ 10 ซึ้น โดยใช้วิธีคืนตัวในน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ทำการชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งที่มีค่าความถูกต้อง ± 0.001 กรัม โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักลำไยแห้งที่นำมาทำการทดสอบคุณภาพด้านการคืนตัวและบันทึกค่า
2. นำลำไยที่นำมาทดสอบใส่ลงไปใต้น้ำร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส
3. นำลำไยขึ้นมาจากน้ำร้อนเพื่อทำการบันทึกค่าน้ำหนักทุก ๆ 1 นาที โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 10 นาที
4. คำนวณหาค่าการคืนตัวของลำไยจากสมการ

$$Rehydration = \frac{W_t - W_d}{W_d} \quad (3.2)$$

เมื่อ W_t คือ มวลของลำไยก่อนแช่น้ำ, g

W_d คือ มวลของลำไยหลังแช่น้ำ, g

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของสมการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งลำไย โดยการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับผลการคำนวณโดยใช้ค่า R^2 (The coefficient of determination) และ MRS (Mean Residual Square) ตามสมการ (3.3) และ (3.4) เป็นเกณฑ์เลือกใช้สมการที่มีความเหมาะสมโดย

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2} \quad (3.3)$$

$$MRS = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{N} \quad (3.4)$$

เมื่อ y_i = ค่าตัวแปรตามที่คำนวณได้จากสมการการวิเคราะห์แบบกำลังสองน้อยที่สุด

\bar{y} = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามที่ได้จากการทดลอง

\hat{y}_i = ค่าของตัวแปรตามที่ได้จากการทดลอง

ในส่วนการวิเคราะห์คุณภาพสีและการหดตัว จะวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS (รุ่น 17) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)