

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องอบแห้งไฟฟ้า ประเภทถาด ยี่ห้อ Armfield made in England
2. เครื่องอบแห้งสลับทิศทางลมร้อน ประเภทถาด (ใช้แก๊สเป็นเครื่องให้ความร้อน)
3. Hot air oven ยี่ห้อ memmert
4. โถลดความชื้น
5. เครื่องวัด Aw (Thermoconstater) ยี่ห้อ Novasina aw-box made in Switzerland
6. เครื่องวัดสี (Color Quest II)
7. เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด (Vane anemometer)
8. เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง และกระเปาะเปียก
9. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ในตู้อบแห้ง ยี่ห้อ Barigo (made in Germany)
10. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius BP 210S
11. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบสปริง ขนาด 3, 5, 7 และ 50 kg
12. แก๊สหุงต้ม ถึงขนาด 15 kg
13. กล้องถ่ายรูป ยี่ห้อ cannon
14. beakers ขนาด 500 ml.
15. น้ำกลั่น
16. watch glass
17. electric heater
18. suction
19. Buchner funnel ขนาด 7.5 cm
20. กระดาษกรอง Whatman No. 4

3.1.1 เครื่องอบแห้งไฟฟ้าประเภทถาด (Electrical Tray dryer)

เครื่องอบแห้งไฟฟ้าเป็นเครื่องอบแห้งประเภทถาดระดับห้องทดลอง (lab scale) ที่ผลิตโดยประเทศอังกฤษ อบแห้งได้ครั้งละ 3 ถาด ถาดที่ใช้เป็นถาดสแตนเลสตันมีขนาด 28*18*1.5 cm การไหลของอากาศภายในห้องอบแห้งเป็นแบบทางขวาง คือไหลจากซ้ายไปขวา การปรับระดับอุณหภูมิลมร้อน สามารถปรับตั้งได้ด้วยปุ่มปรับระดับอุณหภูมิซึ่งอยู่ด้านหน้าเครื่องอบแห้ง และ

ความเร็วลมก็เช่นเดียวกันสามารถปรับระดับความเร็วลมได้ด้วยปุ่มปรับระดับความเร็วลมซึ่งอยู่ด้านหน้าเครื่องอบแห้ง (รูปที่ 3-1)



รูปที่ 3-1 เครื่องอบแห้งไฟฟ้า ประเภทถาด

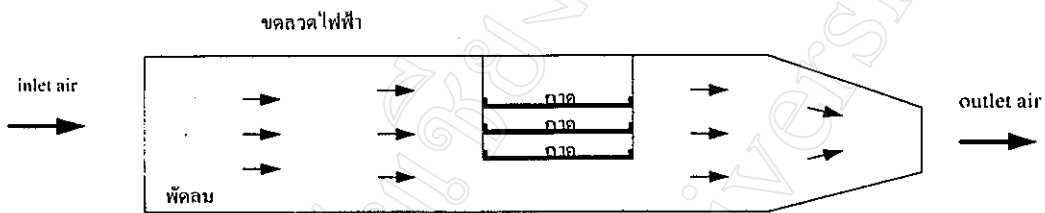
3.1.1.1 ส่วนประกอบเครื่องอบแห้ง

1. ตัวเครื่องอบแห้ง ประกอบด้วยแผ่นเหล็กเรียบชั้นเดียว
2. พัดลม ควบคุมระดับความเร็วลมด้วยปุ่มปรับระดับความเร็วลม
3. Heater ประกอบด้วยแผงขดลวด ให้ความร้อนได้เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด ควบคุมระดับอุณหภูมิด้วยปุ่มปรับระดับอุณหภูมิ
4. ถาดสแตนเลส พื้นคั่นเรียบ ขนาด 28*18*1.5 cm
5. เครื่องชั่งน้ำหนักระบบดิจิทัล 2 ตำแหน่ง มีการออกแบบให้สามารถติดตามค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักได้ตลอดเวลาโดยใช้เหล็กพาดไปที่เครื่องชั่งน้ำหนักและเชื่อมต่อเข้ากับชั้นรองรับถาด ค่าที่อ่านได้จึงเป็นน้ำหนักรวมของวัตถุคืบทั้ง 3 ถาด

3.1.1.2 ลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งไฟฟ้า

เครื่องอบแห้งไฟฟ้ามีพัดลมทำหน้าที่เป็นตัวหลักให้อากาศจากภายนอกเคลื่อนผ่านแผงขดลวดไฟฟ้าซึ่งเป็นตัวให้ความร้อน (heater) มีผลให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเคลื่อนที่เข้าไปใน

ห้องอบซึ่งบรรจุวัตถุดิบอยู่ อากาศร้อนจะเคลื่อนผ่านวัตถุดิบในแนวระนาบ ดังแสดงในไดอะแกรมรูปที่ 3-2 ขณะที่อากาศสัมผัสกับวัตถุดิบอากาศจะถ่ายเทความร้อนให้กับวัตถุดิบ มีผลให้วัตถุดิบมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นและถ่ายเทความร้อนออกสู่อากาศ อากาศร้อนในห้องอบแห่งนี้จะรับเอาความชื้นนี้และพาออกจากห้องอบแห่งนี้ทำให้ลมร้อนที่ออกมา (ลมร้อนขาออก) มีความชื้นสูงขึ้นและมีอุณหภูมิลดต่ำลง



รูปที่ 3-2 ไดอะแกรมเครื่องอบแห้งไฟฟ้า ประเภทถาด

3.1.2 เครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน (Alternate hot air dryer)

เครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อนเป็นเครื่องอบแห้งประเภทถาด สามารถอบแห้งได้ครั้งละ 8 ถาด มีแก๊สเป็นแหล่งให้ความร้อน ออกแบบให้สามารถปรับเปลี่ยนทิศทางการไหลของอากาศขาออกให้ไหลออกทางด้านบน หรือล่างได้ เพื่อลดความยุ่งยากในการสลับถาด โดยเปลี่ยนมาสลับทิศทางลมแทน ลักษณะของเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมแสดงในรูปที่ 3-3 และ 3-4

3.1.2.1 ส่วนประกอบเครื่องอบแห้ง

1. ประตู ประกอบด้วยเหล็กแผ่นเรียบ เจาะช่องตรงกลางใส่กระจก ทุกชั้นจะมีเทอร์โมมิเตอร์ติดอยู่ สามารถอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในของแต่ละชั้นได้จากช่องกระจกนี้
2. ตัวเครื่องอบ ประกอบด้วยผนัง 2 ชั้น ชั้นนอกเป็นเหล็กแผ่นเรียบ ส่วนชั้นในเป็นเหล็กแผ่นเรียบเช่นเดียวกับชั้นนอกแต่จะเจาะรูเอาไว้เพื่อให้อากาศสามารถไหลผ่านเข้าสู่ห้องอบ ตรงกลางระหว่างผนังทั้ง 2 ชั้น มีช่องว่างขนาด 5 cm. เพื่อให้อากาศไหลมาจากด้านหลังก่อนเข้าสู่ห้องอบ ที่ผนังชั้นในด้านซ้ายและขวาของตู้อบมีเหล็กฉากยึดไว้เพื่อใช้สำหรับรองรับถาด มีทั้งหมด 8 ชั้น ส่วนผนังด้านบนและล่าง (ซึ่งเป็นจุดที่เชื่อมต่อกับท่อนำอากาศออก) เปิดโล่งเพื่อให้อากาศสามารถไหลผ่านเข้าสู่ท่อนำอากาศออกได้สะดวก

3. ถาดบรรจุวัตถุคืบ มีขนาด 55*82*5 cm ขอบถาดใช้กรอบอลูมิเนียม ตรงกลางถาดมีเหล็กเส้นเพื่อรองรับน้ำหนักวัตถุคืบ พื้นถาดใช้ตะแกรงลวดขนาด 2 mesh ปูรองด้วยตาข่ายในลอน เนื่องจากหอมหัวใหญ่หั่นมีขนาดชิ้นเล็กมาก

4. พัดลมแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal fan) ชนิดใบพัดโค้งหน้า ให้อัตราการไหลของอากาศ 7.5 m³/min ที่ความเร็วรอบ 832 RPM ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 186 Watt เป็นต้นกำลัง และใช้สายพานกับล้อสายพานในการถ่ายทอดกำลัง

5. แหล่งพลังงานความร้อน ให้ความร้อนโดยตรงโดยการเผาไหม้แก๊สหุงต้ม ควบคุมระดับอุณหภูมิอากาศเข้าด้วย Thermostat ซึ่งมี sensor ตรวจวัดอุณหภูมิความร้อนอยู่ที่ท่อนำอากาศเข้าก่อนเข้าสู่ห้องอบ

6. ท่อนำอากาศไหลออก มี 2 ท่อ ปลายด้านหนึ่งเชื่อมติดกับเพดานด้านบน ส่วนอีกท่อปลายด้านหนึ่งเชื่อมติดกับด้านล่างของตู้อบ ปลายอีกด้านหนึ่งของทั้ง 2 ท่อเชื่อมติดกับช่องที่จะทำการสลับทิศทางลมขาออก ช่องนี้เป็นตัวควบคุมว่าจะให้อากาศขาออกไหลออกทางท่อนำอากาศด้านบน หรือด้านล่าง

7. ลินสลับทิศทางลม ประกอบด้วยแผ่นเหล็กและคันโยก ในการบังคับทิศทางลมขาออกกระทำได้ด้วยการโยกคันโยกเพื่อให้ลินเลื่อนไปปิดท่อนำอากาศออกด้านบนหรือด้านล่างตามต้องการ

3.1.2.2 ลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน

เครื่องอบแห้งมีพัดลมทำหน้าที่ดูดอากาศผ่านหัวแก๊สขณะเกิดการเผาไหม้ ได้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น อากาศร้อนจะถูกผลักเข้าสู่ช่องด้านล่างหลังตู้อบแล้วกระจายไปตามช่องว่างด้านข้างตู้อบและลอดผ่านรูผนังชั้นในเข้าสู่ห้องอบแห้ง อากาศร้อนเมื่อสัมผัสกับวัตถุคืบจะถ่ายเทความร้อนให้กับวัตถุคืบ ส่งผลให้วัตถุคืบคายความชื้นให้กับอากาศ อากาศที่ถูกผลักออกจากห้องอบแห้งจะนำให้ความชื้นไหลออกมาด้วยทางท่อนำอากาศขาออก และออกสู่ภายนอก

การกำหนดว่าจะให้อากาศไหลออกทางด้านล่างหรือด้านบนนั้น ควบคุมได้โดยการโยกคันโยกให้ลินเลื่อนไปปิดท่อนำอากาศออกด้านบน หรือล่างตามต้องการ การปรับเปลี่ยนทิศทางลมขาออกนี้มีได้มีผลต่อทิศทางลมขาเข้าแต่อย่างใด ลมยังคงเข้าทางท่อนำอากาศเข้าและกระจายตัวไปตามผนังข้างตู้อบ และเข้าสู่ห้องอบโดยผ่านรูที่เจาะไว้ที่ผนังตู้ชั้นใน อีกทั้งไม่ได้มีผลบังคับทิศทางการไหลของลมร้อนในห้องอบแห้งโดยตรง หากแต่ว่ามีผลต่อทิศทางลมขาออกเท่านั้น ซึ่งจะส่งผลทางอ้อมต่อทิศทางไหลเวียนของอากาศภายในห้องอบตามไปด้วย ดังภาพที่แสดงในรูปที่ 3-5

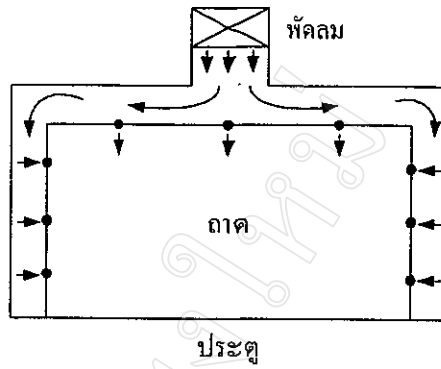
และ 3-6 จะเห็นว่าการสลับให้ลมขาออกมีทิศขึ้น ส่งผลให้ลมร้อนภายในห้องอบไหลขึ้นด้วย ในทางเดียวกันหากสลับให้ลมขาออกมีทิศลง ก็จะส่งผลให้ลมร้อนภายในห้องอบไหลในทิศลงด้วย



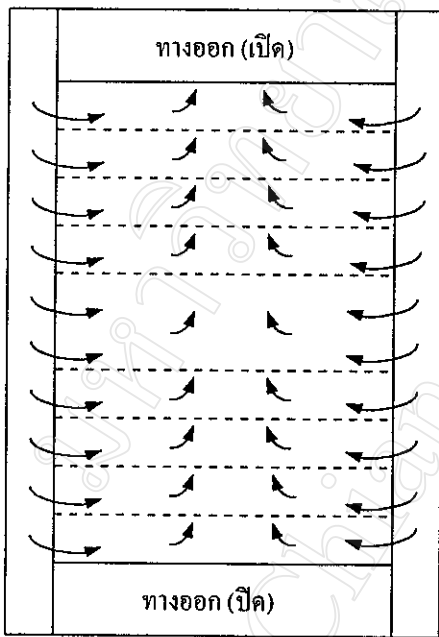
รูปที่ 3-3 เครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน ประเภทถาด



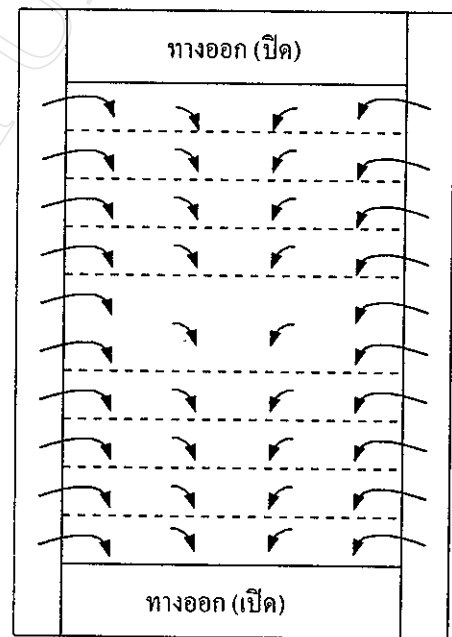
รูปที่ 3-4 ลักษณะตู้อบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน



(ก) Top view



(ข) Front view เมื่อลมขาออกมีทิศขึ้น



(ค) Front view เมื่อลมขาออกมีทิศลง

รูปที่ 3-5 ไดอะแกรมแสดงทิศทางการไหลของลมร้อนในเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน



รูปที่ 3-6 เครื่องวัด Aw



รูปที่ 3-7 เครื่องวัดสี



รูปที่ 3-8 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย เครื่อง suction และ Buchner funnel ขนาด 7.5 cm

3.2 การดำเนินการทดลอง

ศึกษากระบวนการลดความชื้นหอมหัวใหญ่ พันธุ์แอสโกร (Asgro) โดยอบแห้งในลักษณะหอมหัวใหญ่หั่นรูปลูกเต๋า ขนาด $0.3 \times 0.3 \times 0.3$ cm การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

3.2.1 ตอนที่ 1 ศึกษากระบวนการลดความชื้นหอมหัวใหญ่หั่น ด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าประเภทถาด

ในการทดลองตอนที่ 1 ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ

3.2.1.1 การทดลองที่ 1 ศึกษากระบวนการลดความชื้นหอมหัวใหญ่หั่น ภายใต้สภาวะอากาศร้อน 3 ระดับอุณหภูมิ คือ อบแห้งด้วยลมร้อนที่มีอุณหภูมิกองที่ 60°C (วิธีที่ 1) อบแห้งด้วยลมร้อนที่มีอุณหภูมิกองที่ 70°C (วิธีที่ 2) และอบแห้งด้วยลมร้อนที่มีอุณหภูมิกองที่ 80°C (วิธีที่ 3) ทุกการทดลองใช้หอมหัวใหญ่หั่นที่มีชั้นความหนา 1 cm ควบคุมความเร็วลมขาเข้าให้มีค่าคงที่ 0.3 m/s

วิธีการทดลอง

1. นำหอมหัวใหญ่มาปอกเปลือก ล้างทำความสะอาด และหั่นหอมหัวใหญ่เป็นชิ้นรูปลูกเต๋ารายขนาด $0.3 \times 0.3 \times 0.3$ cm

2. เตรียมเครื่องอบแห้งก่อนเริ่มการทดลอง โดยเดินเครื่องอบแห้งปรับให้มีความเร็วลมคงที่ 0.3 m/s. สำหรับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าปรับให้ลมร้อนมีอุณหภูมิคงที่ 60°C สำหรับการอบแห้งวิธีที่ 1 ปรับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าให้มีค่าคงที่ 70°C สำหรับวิธีอบแห้งที่ 2 และปรับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าให้มีค่าคงที่ 80°C สำหรับวิธีอบแห้งที่ 3

3. นำหอมหัวใหญ่ที่หั่นแล้วเกลี่ยลงบนถาดให้หนา 1 cm จำนวน 3 ถาด นำเข้าเครื่องอบแห้งไฟฟ้า

4. อบแห้งด้วยลมร้อนขาเข้าคงที่ 60°C, 70°C และ 80°C ตลอดการทดลองสำหรับการอบแห้งวิธีที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

5. ติดตามผลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก และอุณหภูมิลมร้อนขาออก ทุก 5 นาทีในช่วงโมงแรก ทุก 10 นาทีในช่วงโมงที่ 2 ทุก 20 นาทีในช่วงโมงที่ 3 และทุก 30 นาทีในช่วงโมงที่ 4 จนกระทั่งความชื้นเหลือประมาณ 10%

6. แต่ละวิธีอบแห้งทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.2.1.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลการลดอุณหภูมิลมร้อนต่อกระบวนการลดความชื้นหอมหัวใหญ่หั่น นำผลการทดลองในการทดลองที่ 1 มากำหนดช่วงเวลาในการลดอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าทุก 2 ชั่วโมง โดยเริ่มอบด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิลงมาเป็น 70°C อบอุ่นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นลดอุณหภูมิลมร้อนลงอีกครั้งเป็น 60°C อบอุ่นจนกระทั่งหอมหัวใหญ่หั่นมีความชื้นประมาณ 10%

วิธีการทดลอง

1. นำหอมหัวใหญ่มาปอกเปลือก ล้างทำความสะอาด และหั่นหอมหัวใหญ่เป็นชิ้นรูปลูกเต๋ายาวขนาด 0.3*0.3*0.3 cm

2. เตรียมเครื่องอบแห้งก่อนเริ่มการทดลอง โดยเดินเครื่องอบแห้งปรับให้มีความเร็วลมคงที่ 0.3 m/s ปรับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าให้มีค่าคงที่ 80°C

3. นำหอมหัวใหญ่ที่หั่นแล้วเกลี่ยลงบนถาดให้หนา 1 cm จำนวน 3 ถาด นำเข้าเครื่องอบแห้งไฟฟ้า

4. อบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

5. เมื่ออบแห้งครบ 2 ชั่วโมง ปรับลมร้อนขาเข้าให้มีอุณหภูมิลดลงเหลือ 70°C อบอุ่นไปเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

6. เมื่ออบแห้งครบ 4 ชั่วโมง ปรับลมร้อนขาเข้าให้มีอุณหภูมิลดลงเหลือ 60°C อบอุ่นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง

7. ติดตามผลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก และอุณหภูมิลมร้อนขาออก ทุก 5 นาทีในช่วงโมงแรก ทุก 10 นาทีในช่วงโมงที่ 2 ทุก 20 นาทีในช่วงโมงที่ 3 และทุก 30 นาทีในช่วงโมงที่ 4 จนกระทั่งความชื้นเหลือประมาณ 10 %
8. ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.2.2 ตอนที่ 2 ศึกษากระบวนการลดความชื้นหอมหัวใหญ่หั่น ด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน (Alternate Hot Air Dryer) ประเภทถาด

เพื่อศึกษาอิทธิพลของระดับชั้นความหนาหอมหัวใหญ่หั่นต่อกระบวนการลดความชื้นในการทดลองได้ศึกษาหอมหัวใหญ่หั่นที่มีระดับชั้นความหนา 3 ระดับคือ 1 , 1.25 และ 1.5 cm ภายใต้สภาวะอากาศร้อน 3 ระดับอุณหภูมิ คือ อบแห้งด้วยลมร้อนที่มีอุณหภูมิกองที่ 60°C , 70°C และ 80°C ทุกการทดลองควบคุมความเร็วลมขาเข้าให้มีค่าคงที่ประมาณ 0.45 m/s. ระหว่างกระบวนการอบแห้งกำหนดให้มีการสลับทิศทางลมร้อนขาเข้าทุกๆ 2 ชั่วโมง

วิธีการทดลอง

1. นำหอมหัวใหญ่มาปอกเปลือก ล้างทำความสะอาด และหั่นหอมหัวใหญ่เป็นชิ้นรูปลูกเต๋ายขนาด 0.3*0.3*0.3 cm
2. เตรียมเครื่องอบแห้งก่อนเริ่มการทดลอง โดยเดินเครื่องอบแห้งปรับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าให้มีอุณหภูมิกองที่ 60°C สำหรับการทดลองที่ต้องการให้ลมร้อนขาเข้ามีอุณหภูมิ 60°C ก่อนนำวัตถุดิบเข้าในตู้อบแห้ง ส่วนการทดลองที่ต้องการให้ลมร้อนขาเข้ามีอุณหภูมิ 70°C หรือ 80°C จะต้องปรับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าให้มีอุณหภูมิกองที่ 70°C หรือ 80°C ตามรูปแบบการทดลองก่อนนำวัตถุดิบเข้าตู้อบแห้ง
3. นำหอมหัวใหญ่ที่หั่นแล้วเกลี่ยลงบนถาด สำหรับการทดลองอบแห้งที่ใช้ระดับชั้นความหนา 1 cm จะบรรจุหอมหัวใหญ่หั่นถาดละ 2 kg สำหรับการทดลองอบแห้งที่ใช้ระดับชั้นความหนา 1.25 cm จะบรรจุหอมหัวใหญ่หั่นถาดละ 2.5 kg และสำหรับการทดลองอบแห้งที่ใช้ระดับชั้นความหนา 1.50 cm จะบรรจุหอมหัวใหญ่หั่นถาดละ 3 kg เกลี่ยให้หอมหัวใหญ่ในถาดเรียบเสมอกัน
4. นำถาดเข้าในเครื่องอบแห้ง
5. จดบันทึกข้อมูลก่อนเปิดตู้อบนำหอมหัวใหญ่หั่นออกซัง โดยบันทึกอุณหภูมิอากาศในห้องอบแต่ละชั้น ความชื้นในห้องอบชั้นที่ 1 และ 8 และอุณหภูมิอากาศขาออก แล้วจึงเปิดตู้อบนำหอมหัวใหญ่หั่นแต่ละถาดออกซังเพื่อบันทึกน้ำหนัก การจดบันทึกข้อมูลกระทำทุกๆ 1 ชั่วโมงใน 4 ชั่วโมงแรก และหลังจากนั้นบันทึกข้อมูลทุกๆ 2 ชั่วโมงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง
6. ทำการทดลองละ 3 ซ้ำ

3.3 การตรวจสอบคุณภาพหลังอบแห้ง

3.3.1 ความชื้นของหอมหัวใหญ่หั่น (Moisture Content)

หาความชื้นของหอมหัวใหญ่หั่นก่อนและหลังอบแห้ง โดยนำไปอบในตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven) ดังนี้

1. สุ่มตัวอย่างหอมหัวใหญ่หั่นในแต่ละภาคทุกชั้น ชั้นละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 10 g
2. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72-96 ชั่วโมง (Hall, 1980)
3. นำหอมหัวใหญ่หั่นที่แห้งแล้วไปลดอุณหภูมิในโถลดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น
4. นำออกชั่งน้ำหนัก
5. นำข้อมูลไปคำนวณหาค่าความชื้นของหอมหัวใหญ่หั่น

3.3.2 การวัดสี (Color)

คลุกเคล้าหอมหัวใหญ่หั่นอบแห้งของแต่ละภาคให้ผสมกันดี สุ่มตัวอย่างหอมหัวใหญ่หั่นอบแห้งของแต่ละภาค ใส่ลงใน cell จนเต็ม นำไปวัดค่าสีด้วยเครื่อง Color Quest II ใช้ระบบวัดสีของ Hunter Lab ได้ค่า L a และ b ในการวัดค่าสีแต่ละครั้งจะกระทำด้วยกัน 4 ซ้ำ โดยการกลับด้าน cell 3 ครั้ง

ค่า L (Lightness) เป็นค่าของความสว่างและความมืด

เริ่มจากสีขาว (L = 100) ไปจนถึงสีดำ (L = 0)

ค่า a (Bluish-green/red-purple hue component)

เป็นค่าของสีแดง เมื่อ a มีค่าเป็น (+)

เป็นค่าของสีเขียว เมื่อ a มีค่าเป็น (-)

ค่า b (Yellow/blue hue component)

เป็นค่าของสีเหลือง เมื่อ b มีค่าเป็น (+)

เป็นค่าของสีน้ำเงิน เมื่อ b มีค่าเป็น (-)

3.3.3 วัดค่า Water activity (A_w)

คลุกเคล้าหอมหัวใหญ่หั่นอบแห้งของแต่ละภาคให้ผสมกันดีแล้วจึงสุ่มตัวอย่างหอมหัวใหญ่อบแห้งแต่ละภาคใส่ลงในกล่องพลาสติก ภาคละ 3 ตัวอย่าง นำไปวัดค่า A_w ด้วยเครื่อง Thermoconstater ที่อุณหภูมิ 25 °C รองนค่า A_w ลงที่จิงบันทึกค่า ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาที

3.3.4 ทดสอบการคืนตัว (Rehydration)

คลุกเกลือหอมหัวใหญ่หั่นอบแห้งของแต่ละภาคให้ผสมกันดี สุ่มตัวอย่างหอมหัวใหญ่อบแห้งแต่ละภาค ภาคละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 10 g ใส่ลงใน beakers ขนาด 500 ml. เติมน้ำกลั่น 250 ml. ปิดด้วย watch glass นำไปต้มบน electric heater ภายใน 3 นาที ต้มเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเทลงใน Buchner funnel ขนาด 7.5 cm ซึ่งบุด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 4 ควบน้ำออกด้วย suction จนน้ำแห้ง นำตัวอย่างที่ได้ไปชั่งหาน้ำหนักหลังการคืนตัว (Ranganna, 1986)

3.4 การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์

การประมาณการต้นทุน หรือค่าใช้จ่าย (Costs) ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Investment Costs) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต (Operating costs) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อสมมติฐานเบื้องต้น

1. กำหนดให้เครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อนมีการใช้งานตลอดปี โดยมีอายุการใช้งาน 5 ปี และจะใช้สำหรับการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้งเพียง 3 เดือนใน 1 ปี อีก 9 เดือนที่เหลือ ใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น
2. กำหนดให้มูลค่าซากของเครื่องอบแห้งเท่ากับ 5% ของราคาซื้อ
3. กำหนดให้มีการใช้เครื่องเพื่ออบหอมหัวใหญ่อย่างเต็มความสามารถของเครื่องอบ โดยการอบแห้งแต่ละครั้งจะมีการพักเครื่องเพียง 2 ชั่วโมงเท่านั้น
4. การจ้างงาน คิดที่ค่าจ้าง 150 บาทต่อวัน ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นค่าจ้างต่อชั่วโมงจึงเท่ากับ 18.75 บาท
5. ใช้อัตราดอกเบี้ย 12% ต่อปี ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยที่ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ใช้กับเกษตรกร และธุรกิจเกษตร
6. ในการอบแห้งแต่ละครั้งไม่สามารถขายได้ทันที ต้องรวบรวมผลผลิตให้ได้อย่างน้อยประมาณ 10 กิโลกรัม จึงนำออกขาย (ใช้สำหรับคิดค่าเสียโอกาสเงินทุนในส่วน of ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operating Cost))

วิธีการคำนวณ

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Investment Costs) ค่าใช้จ่ายในการลงทุน คือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้เกิดการพร้อมที่จะดำเนินการผลิต แต่ยังไม่ผลิต ซึ่งค่าใช้จ่ายนี้ไม่ผันตามขนาดการผลิต เรียกว่าเป็นต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ต้นทุนคงที่จะประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายหมวดต่างๆ ดังนี้ คือ

ค่าใช้จ่ายที่ดิน และค่าเสื่อมเครื่องมืออุปกรณ์โดยประเมินเอาจากทรัพย์สิน สำหรับโครงการผลิตหอมหัวใหญ่หั่นอบแห้งนี้เป็นการผลิตขนาดเล็กระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน ซึ่งเกษตรกรมีที่ดินและโรงเรือนอยู่แล้ว การคิดต้นทุนคงที่จึงคิดเฉพาะค่าเสื่อมราคาของเครื่องอบแห้ง และค่าเสียโอกาสเงินลงทุน

1.1 ค่าเสื่อมราคาเครื่องอบแห้ง

ในการคิดค่าเสื่อมราคาของทรัพย์สินนั้น จำเป็นต้องทราบราคาของทรัพย์สินที่ซื้อมาครั้งแรก มูลค่าซาก (Salvage Value หรือ Scrap Value) หลังจากที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ในธุรกิจฟาร์มได้ต่อไป (สมศักดิ์, 2530) ดังนั้นค่าเสื่อมราคาของเครื่องอบแห้งต่อกิโลกรัมแห้งของการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้งมีสูตรการคำนวณดังนี้ คือ

$$A = ((V-S) / Y) * (M / 12 \text{ เดือน}) / W_D$$

โดยที่ A = ต้นทุนค่าใช้จ่ายเครื่องอบแห้งต่อกิโลกรัมแห้ง (บาท/กิโลกรัมแห้ง)

V = ราคาเครื่องอบแห้ง (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

Y = อายุการใช้งาน (ปี)

M = ระยะเวลาการอบแห้งหอมหัวใหญ่ (เดือน)

W_D = น้ำหนักหอมหัวใหญ่แห้งที่ผลิตได้ใน 1 ปี (กิโลกรัม)

1.2 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนเครื่องอบแห้ง

ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนเครื่องอบแห้งต่อกิโลกรัมแห้งของการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้งมีสูตรการคำนวณดังนี้ คือ

$$P_d = (((V+S) / 2) * i * 90 \text{ วัน} / 365 \text{ วัน}) / W_0$$

โดยที่ P_d = ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน (บาท/กิโลกรัมแห้ง)

i = อัตราดอกเบี้ย (%)

1.3 ต้นทุนค่าใช้จ่ายเครื่องอบแห้ง

ต้นทุนค่าใช้จ่ายเครื่องอบแห้งต่อกิโลกรัมแห้งของการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้งมีสูตรการคำนวณดังนี้คือ

$$I = A + P_d$$

โดยที่ I = ต้นทุนค่าใช้จ่ายเครื่องอบแห้ง (บาท/กิโลกรัมแห้ง)

2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operating costs) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ คือ ค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดการผลิตร ซึ่งค่าใช้จ่ายส่วนนี้จะผันตามขนาดกำลังการผลิต ในการคิดต้นทุนส่วนนี้จึงคิดไปตามขนาดกำลังการผลิต เรียกว่าเป็นต้นทุนผันแปร (variable costs) ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ประกอบด้วย

2.1 ค่าวัตถุดิบ (raw materials)

ค่าวัตถุดิบในที่นี้หมายถึงหอมหัวใหญ่สดซึ่งยังไม่ผ่านการหั่น ค่าวัตถุดิบหาได้จากสูตรการคำนวณดังนี้ คือ

$$P_m = (W_m * P) / W_d$$

โดยที่ P_m = ค่าวัตถุดิบ (บาทต่อกิโลกรัมแห้ง)

W_m = น้ำหนักสดวัตถุดิบที่ใช้อบแห้งแต่ละครั้งของแต่ละวิธี (กิโลกรัม)

P = ราคาวัตถุดิบต่อหน่วย (บาท/กิโลกรัมสด)

W_d = น้ำหนักแห้งหอมหัวใหญ่ที่ผลิตได้แต่ละครั้งของแต่ละวิธี (กิโลกรัม)

2.2 ค่าเชื้อเพลิง

ค่าเชื้อเพลิง ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะแปรผันไปตามกำลังการผลิต เชื้อเพลิงที่ใช้คือแก๊สหุงต้ม ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิร้อนในการอบแห้ง ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตครั้งนั้นๆ หาได้จากสูตรการคำนวณดังนี้ คือ

$$P_f = (W_f * G) / W_d$$

โดยที่ P_f = ค่าแก๊ส (บาทต่อกิโลกรัมแห้ง)

W_f = น้ำหนักแก๊สที่ใช้อบแต่ละครั้งของแต่ละวิธี (กิโลกรัม)

G = ราคาแก๊สต่อน้ำหนักแก๊ส 1 กิโลกรัม (บาท)

2.3 ค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะแปรผันไปตามกำลังการผลิต ไฟฟ้าใช้ในส่วนของมอเตอร์กำลัง เพื่อไปขับเคลื่อนพัดลมดูดลมร้อนเข้าสู่ห้องอบแห้ง ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตครั้งนั้นๆ หาได้จากสูตรการคำนวณดังนี้ คือ

$$P_e = (W_e * E) / W_d$$

โดยที่ P_e = ค่าไฟฟ้า (บาทต่อกิโลกรัมแห้ง)

W_e = หน่วยไฟฟ้าที่ใช้อบแต่ละครั้งของแต่ละวิธี (หน่วย)

E = ราคาไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้า (บาท)

2.4 ค่าหั่นหอมหัวใหญ่

ค่าหั่นหอมหัวใหญ่เป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้แรงงานจ้างในการหั่นหอมหัวใหญ่เพื่อเตรียมวัตถุดิบก่อนการอบแห้ง ค่าหั่นหอมหัวใหญ่หาได้จากสูตรการคำนวณดังนี้คือ

$$P_c = (T_c * L) / W_d$$

โดยที่ P_c = ค่าหั่นหอมหัวใหญ่ (บาทต่อกิโลกรัมแห้ง)
 T_c = เวลาที่ใช้ในการหั่นหอมหัวใหญ่ (ชั่วโมงทำงาน)
 L = ค่าจ้างแรงงาน (บาทต่อชั่วโมงทำงาน)

2.5 ค่าแรงงานในการอบแห้ง

ค่าแรงงานในการอบแห้งเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการจ้างแรงงานเพื่อทำการล้างและบรรจุหอมหัวใหญ่หั่นลงในถาด นำหอมหัวใหญ่หั่นเข้าตู้อบ และคอยสลับทิศทางการลมร้อนทุกๆ 2 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาจริง 5 นาทีต่อการสลับทิศทางการลมร้อน 1 ครั้ง ดังนั้นค่าแรงงานดูแลเครื่องอบแห้งหาได้จากสูตรการคำนวณดังนี้

$$P_L = (T_d * L) / W_d$$

โดยที่ P_L = ค่าแรงงานในการอบแห้ง (บาทต่อกิโลกรัมแห้ง)
 T_d = เวลาที่ใช้ในการทำงานอบแห้งทั้งหมดจริง (ชั่วโมงทำงาน)

2.6 ค่าเสียโอกาสเงินทุน

ค่าเสียโอกาสเงินทุนเนื่องจากการดำเนินการผลิตหอมหัวใหญ่ออบแห้งหาได้จากสูตรการคำนวณดังนี้

$$P_o = ((P_m + P_g + P_c + P_L) * i / 365 \text{ วัน}) * t$$

โดยที่ P_o = ค่าเสียโอกาสเงินทุน (บาทต่อกิโลกรัมแห้ง)
 t = จำนวนวันโดยเฉลี่ยที่มีการเก็บรักษาผลผลิตเพื่อรอนำออกขาย

2.7 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการรวม (Operating costs)

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการรวม หาได้จากผลรวมของค่าใช้จ่ายข้างต้น โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$O = P_m + P_g + P_c + P_L + P_o$$

โดยที่ O = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (บาทต่อกิโลกรัมแห้ง)

3. ต้นทุนการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้งรวม

ต้นทุนการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้งรวม เป็นการรวมต้นทุนค่าใช้จ่ายเครื่องอบแห้งเข้ากับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานรวม โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$C = I + O$$

โดยที่ C = ต้นทุนการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้งรวม (บาท/กิโลกรัมแห้ง)

การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทน

การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้งในที่นี้ใช้ตัวชี้วัด 2 ชนิด คือ กำไรสุทธิ (π) และรายรับเหนือต้นทุนที่ไม่ใช่แรงงานหัน (B_c) ซึ่งหาได้จากสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{กำไรสุทธิ } (\pi) = B - C$$

$$\text{รายรับเหนือต้นทุนที่ไม่รวมค่าหัน } (B_c) = B - C + P_c$$

โดยที่ B = รายรับจากการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้ง 1 กิโลกรัม หรือราคาหอมหัวใหญ่อบแห้ง (บาท/กิโลกรัมแห้ง)