

## บทที่ 4

## การทดลอง

งานวิจัยนี้ ทำเพื่อศึกษาถึงอัตราการแห้งของเห็ดหอม 3 สายพันธุ์ เมื่อผ่านการอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ  $40^{\circ}$   $50^{\circ}$  และ  $60^{\circ}$ ซ. ข้อมูลทางด้านมอยส์เจอร์ซอพชั่นไอโซเทอร์ม การเสียหายที่เกิดแก่ผลิตภัณฑ์เห็ดหอมแห้ง เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ มาใช้ในการจัดสภาวะอบแห้งเห็ดหอม โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 ทาร้อยละการลดขนาดของคอกเห็ดหอม โดยวัดขนาดของคอกเห็ดหอม ก่อน และหลังอบที่อุณหภูมิ  $40^{\circ}$   $50^{\circ}$   $60^{\circ}$ ซ. (ภาคผนวก ข ) และหา bulk density ของเห็ดหอมที่อบแห้งแล้ว (ภาคผนวก ข) แล้ววิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า bulk density ของเห็ดหอมแห้งด้วยแผนการทดลอง  $3 \times 2 \times 3$  แฟคตอเรียล

4.2 ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ซอพชั่นไอโซเทอร์ม ระหว่างเห็ดหอมคนละสายพันธุ์ โดยแยกระหว่างหมวกเห็ดและก้านเห็ด โดยใช้เห็ดหอม 3 สายพันธุ์ นำเห็ดหอมสดมาตัดโคน และล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อนำไปศึกษาค้น

4.2.1 อัตราการแห้งที่อุณหภูมิ  $40^{\circ}$   $50^{\circ}$   $60^{\circ}$ ซ. โดยการลดความชื้นของเห็ดหอมสดด้วยเครื่องอบแห้งแบบเป็นชั้น (เห็ดหอมสดประมาณ  $1/2$  กก./ชั้นอบ) ซึ่งมีลมร้อนอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ  $40^{\circ}$   $50^{\circ}$   $60^{\circ}$ ซ. ในแต่ละชุดของการทดลอง โดยทำการหาปริมาณความชื้นเริ่มต้น และปริมาณความชื้นที่สูญเสียไปของเห็ดหอมสดในระหว่างการอบ โดยชั่งน้ำหนักที่ถูกต้องของตัวอย่างเห็ด ค่ายเครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด อบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}$ ซ. 5 ชั่วโมง (26) แล้วชั่งน้ำหนักหลังจากอบแล้ว ค่ายเครื่องชั่งละเอียดอีกครั้ง

4.2.2 เนื่องจากได้มีโอกาสทดลองทำแห้งเห็ดหอมโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ณ สถานที่เพาะ โดยใช้เห็ดหอมจากเชียงใหม่เพียงสายพันธุ์เดียว เมื่อ

ต้นเดือนมกราคม 2531 จึงสามารถนำข้อมูลทางด้านการสูญเสียความชื้นของเห็ดหอม มาเปรียบเทียบกับกรอบแห้งโดยใช้กุ่มอบลมร้อนด้วย แต่ไม่ได้ทำการทดสอบทางด้านการยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ ยังรวบรวมข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะแวดล้อมของเห็ดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์กระแสเปาะเปี๊ยก กระเปาะแห้ง, อุณหภูมิ และความเข้มแสงระหว่างการทำแห้งโดยใช้เครื่องวัดความเข้มแสง (3.9) สำหรับการทำแห้งโดยใช้พลังแสงอาทิตย์นี้ ได้ทดลอง 2 วิธี คือ

4.2.2.1 การตากแดดผึ่งลมตามธรรมชาติ โดยการตากเห็ดหอมบนตะแกรงโปร่ง (3.7) ซึ่งยกพื้นตะแกรงสูงจากพื้นดินประมาณ 2 ฟุต ตั้งในที่โล่ง มีลมถ่ายเท

4.2.2.2 กุ่มพลังแสงอาทิตย์ซึ่งสามารถหันตามแสงอาทิตย์ได้ (3.8) เนื่องจากในเวลากลางวันไม่มีแดด และน้ำค้างลงจึก จึงต้องเก็บเห็ดจากกุ่มใบใส่ตะกร้าโปร่ง และยกตะแกรงตากเห็ด นำเข้าในซายคา เพื่อป้องกันความชื้นจากน้ำค้าง การเก็บข้อมูลการสูญเสียความชื้นระหว่างการทำแห้ง ทำโดยชั่งน้ำหนักเห็ดทั้งหมดที่ใช้ตากทุก ๆ 3 ชม. จนน้ำหนักคงที่จึงนำมาหาร้อยละความชื้น (26) แล้วคำนวณกลับเป็นร้อยละความชื้นในช่วงเวลาต่าง ๆ ระหว่างการทำแห้ง

#### 4.2.3 มอยส์เจอร์ชอพชั่นไอโซเทอร์ม

4.2.3.1 เก็บตัวอย่างเห็ดระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40°, 50°, 60°ซ แล้วใช้คีมคีบ (forceps) และกรรไกรตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ในชวคแก้วมีฝาปิดสนิท ซึ่งได้ผ่านการอบให้แห้งสนิทแล้ว เพื่อนำไปวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Relative Humidity, ERH) ด้วยเครื่องวัด (3.1.4) แล้วนำตัวอย่างที่วัดค่า %ERH แล้วนั้นไปหาความชื้น เพื่อนำข้อมูลมาเขียนเส้นการสูญเสียในกราฟ moisture sorption isotherm ผลที่ได้จะเป็นเส้นการสูญเสีย (desorption isotherm) ของเห็ดหอมที่อุณหภูมิที่ใช้อยู่ เก็บตัวอย่างเห็ดแห้งที่เหลือในภาชนะ (3.3) แล้วเก็บในโหลสุญญากาศ เพื่อใช้ในการหาข้อมูลของเส้นการดูดน้ำ (adsorption isotherm) ต่อไป

#### 4.2.3.2 นำตัวอย่างเห็ดหอมสดผึ่งลม หรืออบให้

ความชื้นของเห็ดลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง แล้วใส่เห็ดนั้นลงในโหลที่มีฝาปิดสนิท ภายในโหลบรรจุสารละลายอิ่มตัว ซึ่งมี % ERH ต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ของเห็ด ในที่นี้ใช้สารละลายอิ่มตัวของเกลือลิเทียมคลอไรด์ ( $\text{LiCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) ตั้งโหลนี้ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ( $25^\circ\text{C}$ .) คอยยกตัวอย่างเห็ดที่มีการสูญเสียความชื้นให้แก่บรรยากาศในโหล ออกมาวัด % ERH แล้วนำไปหาปริมาณความชื้น นำข้อมูลมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % ERH และ % ความชื้น จะได้เป็นเส้นการสูญเสียน้ำ (desorption isotherm) ที่อุณหภูมิ  $25^\circ\text{C}$ .

4.2.2.3 นำตัวอย่างเห็ดหอมแห้งที่ได้จากข้อ 4.2.2.1 ไว้ในบรรยากาศที่มีไอน้ำอิ่มตัว (โหลที่บรรจุน้ำ มีฝาปิดสนิท) หรือปล่อยให้ทิ้งไว้ในบรรยากาศห้องธรรมดา เพื่อให้ตัวอย่างเห็ดแห้งนี้ดูดความชื้นในบรรยากาศ แล้วทำการเก็บตัวอย่างระหว่างที่เห็ดมีการดูดน้ำในปริมาณต่างๆ แล้วนำไปวัด % ERH และหาปริมาณความชื้น เพื่อนำข้อมูลมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % ERH และ % ความชื้น จะได้เป็นเส้นการดูดซับน้ำ (adsorption isotherm) ที่อุณหภูมิ  $25^\circ\text{C}$ .

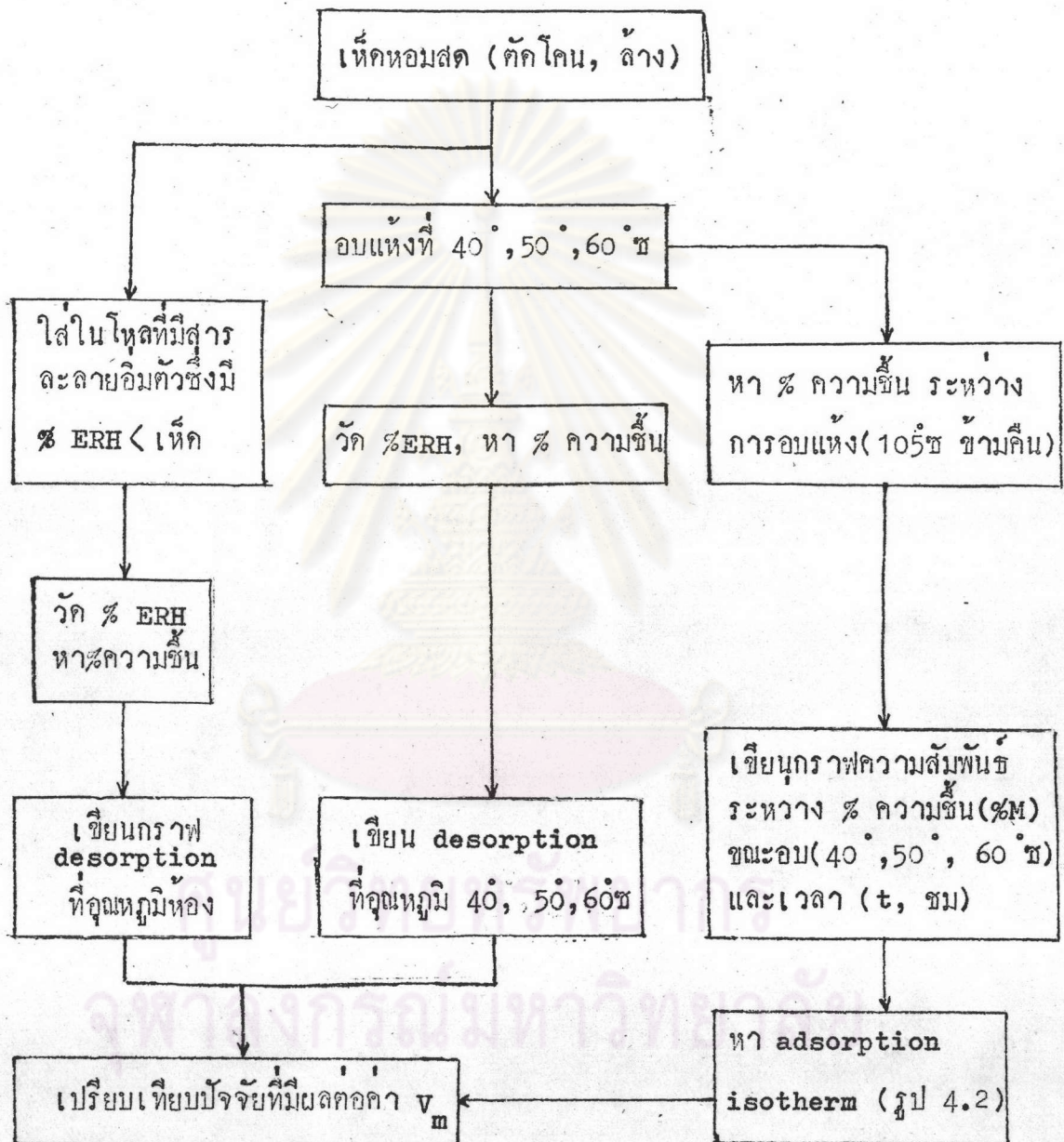
4.2.2.4 นำข้อมูลมอยส์เจอร์ซอพชั่นไอโซเทอร์ม ไปเขียนกราฟ BET เพื่อคำนวณค่าความชื้นที่ผิวเนื้อเยื่อชั้นเดียว (monolayer value,  $v_m$ ) แล้วทำการเปรียบเทียบปัจจัย (พื้นที่ของเห็ด ส่วนของเห็ด อุณหภูมิที่ใช้อบ) ที่มีผลต่อค่า  $v_m$  โดยใช้แผนการทดลอง  $3 \times 2 \times 3$  แฟคตอเรียล

แผนภาพแสดงขั้นตอนการหาค่า  $v_m$  ดังแสดงในรูป 4.1 4.2

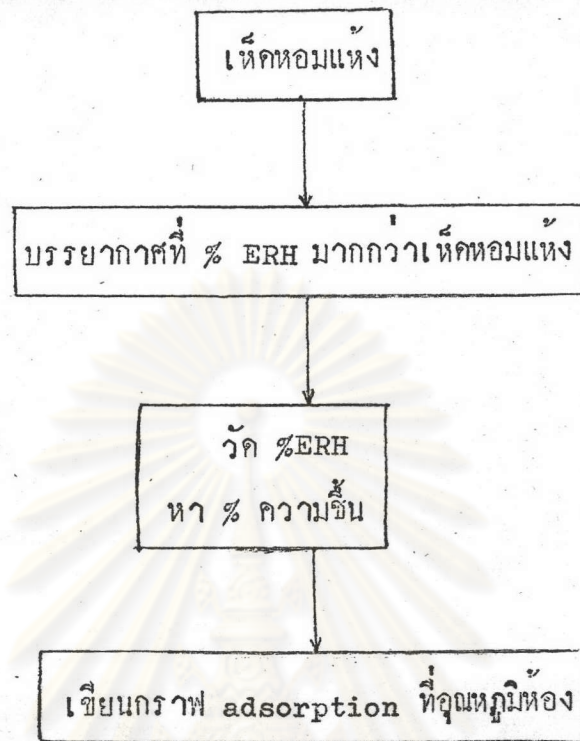
4.3 สังเกตและบันทึกค่าความชื้นที่ทำให้เห็ดแห้งเกิดการเสีระหว่าง การทดลอง ได้แก่ ค่าความชื้นที่ทำให้เห็ดแห้งมีการเจริญของเชื้อรา ค่าความชื้นที่ทำให้มีการเปลี่ยนสีของเห็ด ค่าความชื้นที่ทำให้เห็ดหอมแห้งกรอบมากเกินไป

4.4 จัดสภาวะอบแห้ง โดยใช้ข้อมูลจากข้อ 4.2 แล้วทำการอบแห้งเห็ดหอม โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบเป็นชั้น วางแผนการทดลองแบบ  $2 \times 4 \times 4$  แฟค - ตอเรียล โดยที่

ปัจจัย A คือ ชั่วโมงที่ใช้ในการอบทั้งหมด มี 2 ระดับ คือ 24 ช.ม. และ 12 ช.ม.



รูป 4.1 แผนภาพการทดลองเพื่อหาอัตราการแห้งและขอพจน์ไอโซเทอรั่มของเท็ดหอม



รูปที่ 4.2 แผนภาพการทดลองหา adsorption isotherm ของเห็ดหอมแห้ง

ปัจจัย B คือ อัตราส่วนช่วงเวลากการอบที่อุณหภูมิ 40 °ซ : 50 °ซ มี 4 ระดับ คือ 0:1, 1:5(ก), 1:5(ข), 1:1 (ก) ไม่มีการใช้อุณหภูมิ 60 °ซ ใน 2 ชั่วโมงสุดท้ายของการอบ, (ข) มีการใช้อุณหภูมิ 60 °ซ ใน 2 ชั่วโมงสุดท้ายของการอบ

ปัจจัย C คือ ระยะเวลาการเก็บเห็ดหอมแห้ง หลังจากอบที่สภาวะต่าง ๆ แล้ว มี 4 ระดับ คือ 1, 2, 4, 5 เดือน

ซึ่งจะประกอบด้วย 8 สภาวะการทดลอง (เฉพาะปัจจัย A, B) คือ

4.4.1 อุณหภูมิลมร้อน 50 °ซ เวลาให้ลมร้อน 24 ชั่วโมง

4.4.2 อุณหภูมิลมร้อน 50 °ซ เวลาให้ลมร้อน 12 ชั่วโมง

4.4.3 อุณหภูมิลมร้อน 40 °ซ เวลาให้ลมร้อน 4 ชั่วโมง แล้วเพิ่ม

อุณหภูมิลมร้อนเป็น 50°ซ. เวลาให้ลมร้อน 20 ชั่วโมง

4.4.4 อุณหภูมิลมร้อน 40°ซ. เวลาให้ลมร้อน 2 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนเป็น 50°ซ. เวลาให้ลมร้อน 10 ชั่วโมง

4.4.5 อุณหภูมิลมร้อน 40°ซ. เวลาให้ลมร้อน 4 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนเป็น 50°ซ. เวลาให้ลมร้อนเป็น 18 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนเป็น 60°ซ. เวลาให้ลมร้อน 2 ชั่วโมง

4.4.6 อุณหภูมิลมร้อน 40°ซ. เวลาให้ลมร้อน 2 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนเป็น 50°ซ. เวลาให้ลมร้อน 8 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนเป็น 60°ซ. เวลาให้ลมร้อน 2 ชั่วโมง

4.4.7 อุณหภูมิลมร้อน 40°ซ. เวลาให้ลมร้อน 12 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนเป็น 50°ซ. เวลาให้ลมร้อน 12 ชั่วโมง

4.4.8 อุณหภูมิลมร้อน 40°ซ. เวลาให้ลมร้อน 6 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนเป็น 50°ซ. เวลาให้ลมร้อน 6 ชั่วโมง

เมื่ออบแห้งเห็ดหอมตามสภาวะที่กำหนดทั้ง 8 สภาวะแล้ว ทำการบรรจุเห็ดหอมในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน บรรยากาศธรรมดา เก็บไว้ในบรรยากาศห้อง (ความชื้น - สัมพัทธ์ ประมาณ 58 %) เป็นเวลา 5 เดือน (ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2530 ถึงเดือนกรกฎาคม 2530) เกณฑ์ที่ใช้ประเมินผลการทดลอง คือ คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภค

4.5 ศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เห็ดหอมแห้งที่ได้จากข้อ 4.4 โดย

4.5.1 ทดสอบการยอมรับเห็ดหอมแห้ง และเห็ดหอมแห้งคั้นตัว จากผู้บริโภค (นิสิตในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 10 คน) ทางค่านิยมรสรับได้ รสหอม กลิ่น ความแห้ง (เฉพาะเห็ดแห้ง) เนื้อสัมผัส (เฉพาะเห็ดแห้งคั้นตัว) รสชาติ (เฉพาะเห็ดแห้งคั้นตัว) การยอมรับรวม

โดยมีคะแนนการยอมรับ ดังนี้

- 0 : ไม่ชอบมาก
- 1 : ไม่ชอบปานกลาง
- 2 : ไม่ชอบเล็กน้อย
- 3 : เฉย ๆ
- 4 : ชอบเล็กน้อย
- 5 : ชอบปานกลาง
- 6 : ชอบมาก

(เห็ดหอมแห้งคั่ว เตรียมโดยแช่เห็ดหอมแห้งในน้ำเดือด 2 นาที)

นอกจากนี้ ยังสอบถามผู้บริโภคถึงเกณฑ์การตัดสินใจซื้อเห็ดหอมแห้งว่าพิจารณาจากหมวดเห็ดหรือก้านเห็ด (แบบสอบถาม แสดงในภาคผนวก ๗) การทดสอบ จะทดสอบเมื่อเวลาการเก็บผ่านไป 1 2 4 และ 5 เดือน

4.5.2 เปรียบเทียบสีของครีบท้มวก และสีหมวกของเห็ดหอมแห้งกับสีมาตรฐาน **Munsel 1** เพื่อดูว่าผู้บริโภคให้การยอมรับสีระดับใด

4.5.3 หาปริมาณความชื้นของเห็ดหอมแห้ง เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1 2 4 และ 5 เดือน เพื่อดูว่ามีการเปลี่ยนแปลงความชื้นอย่างไร

4.5.4 เปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อคะแนนการยอมรับในข้อ 4.5.1 โดยใช้แผนการทดลอง  $2 \times 4 \times 4$  แฟคตอเรียล

4.6 ทดสอบสมมติฐาน รอยปริบนหมวกเห็ดเกิดจากแรงดันภายในหมวกเห็ดขณะทำการอบแห้ง

4.6.1 อบเห็ดขณะที่เห็ดมีการคูกน้ำตลอดเวลาการอบ โดยใช้สำลีพันโคนก้านเห็ด แล้วจุ่มในถุงพลาสติกที่มีน้ำ ใช้เชือกผูกปากถุงไม่ให้น้ำไหล แล้วนำไปอบทั้งถุงพลาสติก


4.6.2 นำเท็ดสดไปไว้ในบรรยากาศที่แห้ง ขณะที่เท็ดมีการควบน้ำ โดยจุ่มก้านเท็ดในน้ำเช่นเดียวกับข้อ 4.6.1 แล้วแช่ในตู้เย็นที่มีบรรยากาศในตู้แห้ง

4.6.3 ใช้ใบมีดกรีดบนหมวกเท็ดให้เป็นรอยแผล ทำเปรียบเทียบกัน ระหว่างข้อ 4.6.3.1 และ 4.6.3.2

4.6.3.1 นำไปอบโดยให้มีการควบน้ำขณะอบ

4.6.3.2 นำไปอบโดยไม่ให้มีการควบน้ำขณะอบ

4.7 วิจัย และสรุปผลการทดลอง



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย