บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 การเตรียมตัวอย่างมอลท์

วิธีการ

ข้าวมอลท์ที่ใช้ในการทดลองนี้ทำจาก ข้าวบาร์เลย์ (Barley; *Hordeum vulgare* L.) โดยนำข้าว จำนวน 8 กิโลกรัม แช่ ในน้ำสะอาด เป็นระยะเวลานาน 7 ชั่วโมง นำมาใส่ตะแกรงและปล่อยให้สะเด็ดน้ำโดยทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาอบด้วยเครื่องอบในตู้ควบคุม อุณหภูมิ 20°C ระยะเวลา 13 ชั่วโมง แล้วแช่น้ำสะอาดอีกครั้ง เป็นเวลานาน 7 ชั่วโมง แล้วปล่อยน้ำทิ้งให้สะเด็ดน้ำอีกครั้ง จากนั้นอบด้วยอุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง จนกระทั่งเมล็ดข้าวบาร์เลย์งอกส่วนของรากออกมาเรียกว่า มอลท์ ซึ่งมอลท์ดังกล่าว (สัมภาษณ์ Eichorn, 2553) จะถูกสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาทดลองต่อไป

3.2 การทดลอง

ก่อนทำการทดลอง ทำการตรวจสอบความชื้นเมล็ดข้าวมอลท์ก่อนและหลังอบในแต่ละกรรมวิธี

การทดลองที่ 1 การลดความชื้นมอลท์ด้วยเครื่องอบลมร้อน

ทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวมอลท์มาจำนวน 500 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ (ที่ได้จากข้อ 2.1) ลดความชื้นมอลท์ด้วยเครื่องอบลมร้อนตามอุณหภูมิและช่วงเวลาดังนี้คือเริ่มต้นอบด้วย อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60°C นาน 3 ชม. และเพิ่มเป็น 70°C นาน 3 ชม. 80°C นาน 3 ชม. 85°C นาน 3 ชม. และ 50°C นาน 1 ชม. ตามลำดับ จากความชื้นเริ่มต้น 44% ลดความชื้นข้าวมอลท์จนมีความชื้น 5% แล้วนำตัวอย่างมอลท์ที่อบได้เก็บรักษามอลท์โดยวิธีสุญญากาศในถุงอลูมิเนียมฟลอยด์ เพื่อใช้ในการตรวจสอบค่าความเข้มสีของมอลท์ต่อไป

การทดลองที่ 2 การลดความชื้นมอลท์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

ทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวมอลท์มาจำนวน 500 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ (ที่ได้จากข้อ 2.1) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีกรรมวิธีคือการลดความชื้นมอลท์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (27.12 MHz) ที่อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C ตามลำดับ จากความชื้นเริ่มต้น 44% ลดความชื้นข้าวมอลท์จนมีความชื้น 5% โดยทดสอบความชื้นตลอดช่วงเวลาการทดลอง แล้วนำมอลท์ที่อบได้เก็บรักษามอลท์โดยวิธีสุญญากาศในถุงฟลอยด์เพื่อใช้ในการตรวจสอบค่าความเข้มสีของมอลท์ต่อไป

การทดลองที่ 3 การลดความชื้นมอลท์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

โดยสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวมอลท์มาจำนวน 500 กรัม จำนวน 4 ซ้ำ ทำการลดความชื้นมอลท์โดยวางแผนการทดลองแบบ 3 × 3 Factorial Design in CRD ปัจจัยแรก คือ ลดความชื้นข้าวมอลท์ด้วยเครื่องอบลมร้อนให้มีความชื้นถึง 30, 20 และ 10% (จากความชื้นเริ่มต้น 44%) ปัจจัยที่สอง คือ ลดความชื้นต่อจากเครื่องอบลมร้อนด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (27.12 MHz) อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C ตามลำดับ จนเมล็ดมีความชื้น 5% โดยทดสอบความชื้นตลอดช่วงเวลาการทดลอง แล้วทำการเก็บรักษามอลท์โดยวิธีสุญญากาศในถุงอลูมิเนียมฟลอยด์เพื่อใช้ในการตรวจสอบค่าความเข้มของสีมอลท์ต่อไป

3.3 การเก็บข้อมูล

3.3.1 การวัดความชื้นข้าวมอลท์ก่อนและหลังการทดลอง

วัดความชื้นข้าวมอลท์ด้วยวิธีตรวจสอบความชื้นมาตรฐาน หรือ วิธีอบด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot-air oven) ตามกฎตรวจสอบเมล็ดพันธุ์สากล (ISTA, 2006) โดยสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวมอลท์ปริมาณ 5 กรัมต่อตัวอย่าง นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130°C นาน 4 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักเมล็ดก่อนและหลังการอบ และคำนวณหาความชื้นของเมล็ดพันธุ์เป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักสดดังสมการ

$$\text{Moisture content} = \frac{M_2-M_3}{M_2-M_1} \times 100$$

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

เมื่อ

Moisture content	=	เปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ดหลังอบ	(%)
M_1	=	น้ำหนักของภาชนะอบและฝาปิด	(g.)
M_2	=	น้ำหนักของภาชนะอบ ฝาปิด และเมล็ดก่อนอบ	(g.)
M_3	=	น้ำหนักของภาชนะอบ ฝาปิด และเมล็ดหลังอบ	(g.)

3.3.2 การวัดความชื้นข้าวมอลท์ระหว่างการทดลอง

จดบันทึกเวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง นาที) เพื่อใช้ในการวัดความชื้นข้าวมอลท์ระหว่างการทดลองโดยวัดน้ำหนักที่หายไป (ครั้ง/น้ำหนักเมล็ด กรัม) และเพื่อใช้ในการเขียนกราฟการลดความชื้นของข้าวมอลท์

จากสูตร

$$\frac{100 - M_1}{100 - M_2} = \frac{W_2}{W_1}$$

เมื่อ

M_1	=	เปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนอบ	(%)
M_2	=	เปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังอบ	(%)
W_1	=	น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ	(g)
W_2	=	น้ำหนักเมล็ด หลังอบ	(g)

3.3.3 การวัดอัตราการลดความชื้น (Drying rate) ข้าวมอลท์

จากสูตร

$$dm/dt = \frac{M_1 - M_2}{T_1 - T_2}$$

เมื่อ

dm/dt	=	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยเวลา (เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง)	
M_1	=	เปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนอบ	(%)
M_2	=	เปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังอบ	(%)
T_1	=	เวลาที่ M_1	(hr.)
T_2	=	เวลาที่ M_2	(hr.)

3.3.4 การวัดค่าความเข้มของสีมอล์ทโดยวิธี congress mash (Kunze, 2004)

วิธีทำ

1) บดตัวอย่างข้าวมอลท์ 50 กรัม ใส่ลงในภาชนะจำเพาะที่ใช้สำหรับเครื่อง Mashing bath (ยี่ห้อ Lochner, Germany) ดังภาพที่ 4

2) เติมน้ำสะอาด 200 ml. ลงในภาชนะแล้ววางในเครื่อง Mashing bath

3) ต่อใบพัดเข้าชุดกันกับภาชนะ เพื่อกวนตัวอย่างไม่ให้จับกันเป็นก้อน

4) กดมอเตอร์ลงเพื่อให้เครื่องทำงาน เครื่องจะทำงานอัตโนมัติจนกระทั่งเครื่องทำงานเสร็จ ส่วนอุณหภูมิเครื่อง Mashing bath จะมีการเปลี่ยนแปลงตามขั้นตอนดังนี้

- ต้มที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 30 นาที
- ต่อมาอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C ทุกๆ 1 นาที จนอุณหภูมิขึ้นถึง 70°C (ใช้เวลา 25 นาที)
- เติมน้ำสะอาด 100 ml. ต้มต่อไปที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- ลดอุณหภูมิสุดท้ายลงเป็น 30°C ภายในเวลา 10-15 นาที ซึ่งสิ้นสุดการทำงานของเครื่อง Mashing bath โดยเครื่องจะหยุดทำงานอัตโนมัติ

5) ใช้แท่งแก้วคนให้ตัวอย่างเข้ากัน แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 centimeter

6) นำสารละลายที่กรองได้ในครั้งแรกเทกลับลงในกระดาษกรองแล้วกรองอีกครั้ง

7) นำสารละลายปริมาณ 100 ml. นำไปวัดค่าความเข้มของสีมอลท์ (wort colour) ด้วยแผ่นเทียบสีมอลท์ กับแผ่นเทียบสีมอลท์ ดังแสดงในภาพที่ 5 อ่านผลโดยเทียบสีของสารละลายกับแผ่นบอกสีและบันทึกผลค่าสีเป็นค่ามาตรฐานจากคณะกรรมการเครื่องดื่มในภาคพื้นยุโรป หรือ European Brewery Convention หรือ EBC

ภาพที่ 4 เครื่อง Mashing bath

ภาพที่ 5 แผ่นเทียบค่าความเข้มของสีมอลท์ ในช่วงระดับ 2.0 – 6.0 EBC

3.3.5 คำนวณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต (Specific Energy Consumption: SEC)

การใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) ซึ่งเป็นค่าดัชนีสำหรับชี้วัดปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในระดับกระบวนการผลิต ซึ่งคำนวณจากปริมาณพลังงานที่ใช้ในช่วงเวลาหนึ่ง สามารถเขียนเป็น สูตรได้ดังนี้

$$\text{Specific energy consumption (SEC)} = \frac{\text{Total energy supplied in dryproces}}{\text{Amount of water removed during drying}}$$

เมื่อ

Specific energy consumption = ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต (MJ/kg water)

Total energy supplied in dry process = ผลรวมของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการทั้งหมด (MJ)

Amount of water removed during drying = ปริมาณน้ำที่ระเหยออกในระหว่างการใช้พลังงานในช่วงเวลาเดียวกัน (kg water)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ Statistic 8 (Analytical Software, USA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.5 ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มต้นทำการทดลองตั้งแต่เดือน กันยายน พ.ศ. 2552 และสิ้นสุดการทดลองในเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2553

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

1) ห้องปฏิบัติการ Radio Frequency สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยว ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2) ห้องปฏิบัติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3) สถานปฏิบัติการควบคุมคุณภาพมอลท์ บริษัทเชียงใหม่เบเวอเรช จำกัด