บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จากศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท พื้นที่ปลูกจังหวัดสิงห์บุรี เก็บเกี่ยวเดือนกรกฎาคม ปี 2551

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์การเตรียมตัวอย่าง</u>

1. แผ่นผ้าใบ
2. ลานตาก เป็นซีเมนต์
3. เครื่องทำความสะอาดเมล็ด (Air Screen Cleaner)
4. ถุงพลาสติก
5. ถุงกระสอบป่าน

<u>ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง</u>

นำข้าวเปลือก พันธุ์ปทุมธานี 1 มาลดความชื้นและทำความสะอาดเมล็ด โดยความชื้นของข้าวเปลือกมีความชื้นอยู่ในช่วง 13-14 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก)

3.3 วิธีการทดลอง

การศึกษาวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยวิธีการต่างๆ เป็นปัจจัยในการเร่ง โดยใช้ข้าวเปลือกความชื้นประมาณ 13-14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) 11 วิธีการ จำนวน 4 ซ้ำ

วิธีที่ 1 ชุดควบคุม

วิธีที่ 2 ให้ความร้อนในตู้อบ Hot air oven อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที (ใจทิพย์และคณะ, 2545)

วิธีที่ 3 ให้ความร้อนในภาชนะบรรจุ โดยใช้ RF อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที

วิธีที่ 4 ให้ความร้อนในภาชนะบรรจุ โดยใช้ RF อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีที่ 5 ให้ความร้อนในภาชนะบรรจุ โดยใช้ RF อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
วิธีที่ 6 ให้ความร้อนในภาชนะบรรจุ โดยใช้ RF อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที
วิธีที่ 7 ให้ความร้อนในภาชนะบรรจุ โดยใช้ RF อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที
วิธีที่ 8 ให้ความร้อนในภาชนะบรรจุ โดยใช้ RF อุณหภูมิ 85องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
วิธีที่ 9 ให้ความร้อนในภาชนะบรรจุ โดยใช้ RF อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที
วิธีที่ 10 ให้ความร้อนในภาชนะบรรจุ โดยใช้ RF อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที
วิธีที่ 11 ให้ความร้อนในภาชนะบรรจุโดยใช้ RF อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
ใช้คลื่นความถี่วิทยุที่ระดับความถี่ 27.12 MHz (Sairem, France)

ทำการเก็บรักษาข้าวเปลือกปทุมธานี 1 เป็นระยะเวลา 12 เดือน โดยทำการเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้ในถังพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง ดำเนินการหาคุณสมบัติทุกๆ 2 เดือน โดยการวิเคราะห์ปัจจัยของเวลาที่เก็บรักษาข้าวเปลือก (measurement over time)

3.4 การให้ความร้อนด้วยตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. ตู้อบลมร้อน (hot air oven, UM500 Memmert, Germany)
2. ถาดอะลูมิเนียม
3. เครื่องเก็บบันทึกอุณหภูมิ (data logger, HOBO; MicroDAQ. Ltd, USA)
4. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Mettler Toledo; PB 3002-S, Switzerland)
5. นาฬิกาจับเวลา

3.4.1 วิธีการทดลอง

1. ตั้งอุณหภูมิของตู้อบลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
2. นำข้าวเปลือกที่มีความชื้น 13-14% บรรจุลงในถาดอะลูมิเนียม ให้มีความหนาประมาณ 3 เซนติเมตร
3. นำถาดบรรจุเมล็ดใส่เข้าภายในตู้อบลมร้อนที่ตั้งอุณหภูมิไว้
4. กำหนดระยะเวลาการอบเมล็ด 40 นาที แล้วจึงนำเมล็ดบรรจุในถุงพลาสติก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

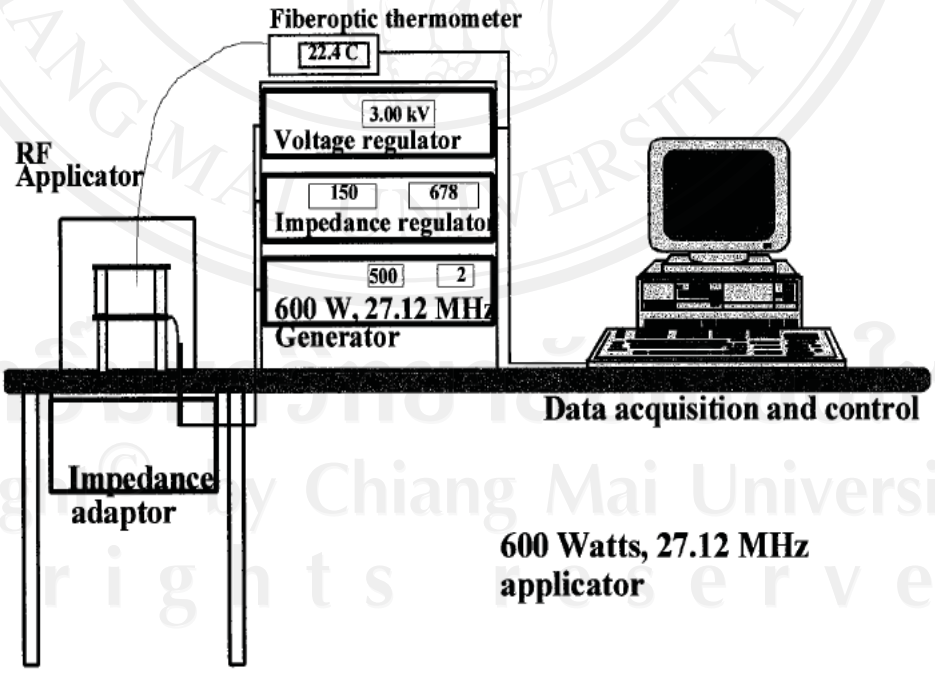
3.5 การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency heat treatment)

<u>เครื่องมือและอุปการณ์</u>

1. เครื่องกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ (Sairem, France) สร้างและปรับปรุงโดย Institute of Agriculture Engineering, University of Göttingen
2. เครื่องทำน้ำร้อน (water bath heater) โดยทำการดัดแปลงเพื่อใช้ในการหล่อเลี้ยงอุณหภูมิ electrode plates
3. เครื่องวัดอุณหภูมิโดยเส้นใยแก้วนำแสง (fiber optic) (UMI signal conditioner; FISO Technologies Inc., Canada) หัววัดขนาด 0.8 มิลลิเมตร

3.5.1 การทำงานของเครื่อง RF

เครื่องกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุที่ระดับความถี่ 27.12 MHz เป็นความถี่ที่ได้รับการยอมรับให้ใช้ใน ISM (Industrial, Scientific and Medical) ขนาดกำลังที่ได้จากเครื่องมีกำลัง 600 วัตต์ สำหรับใช้ประยุกต์แรงดันไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 5 กิโลโวลต์ ระบบการทำงานของเครื่อง RF generator ใน **ภาพที่ 3.1** และภาพถ่ายแสดงใน**ภาพที่ 3.2**



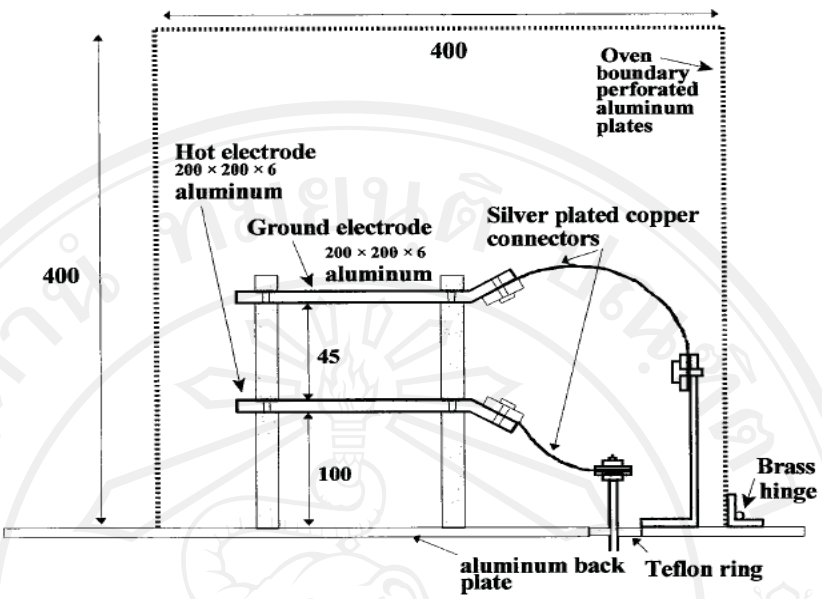
ภาพที่ 3.1 ระบบการทำงานของเครื่อง Radio Frequency (Cwiklinski, 2001)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

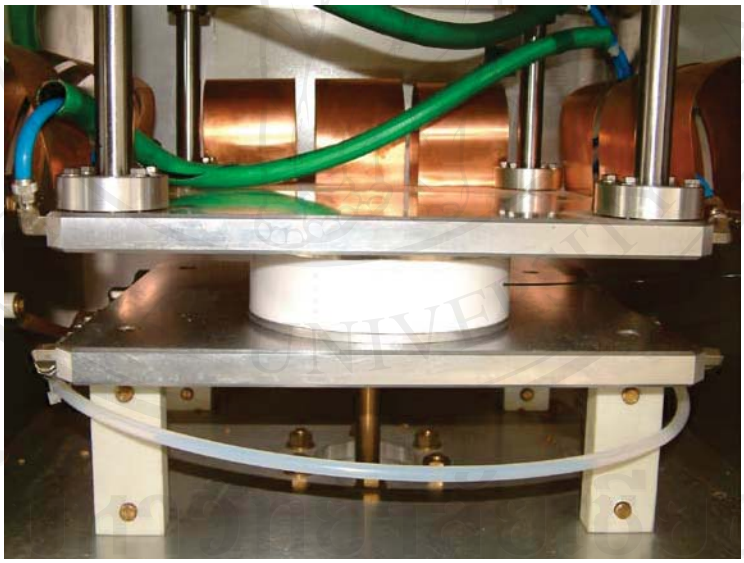
ภาพที่ 3.2 เครื่อง Radio Frequency

การให้ความร้อนด้วยคลื่น RF ทำงานโดยใช้ตัวกำเนิดคลื่นซึ่งทำด้วยวงจรหลอดแก้วสุญญากาศหรือสารกึ่งตัวนำ โดยสร้างคลื่น RF กำลังสูงด้วยวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ จากแหล่งพลังงานโวลต์สูง (220 V) ทำให้เกิดกระบวนการสั่นสะเทือน โดยขนาดกำลังจาก RF generator แสดงผลที่มิเตอร์วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าด้านหน้าเครื่องซึ่งสามารถบอกค่าที่วัดและปรับค่าได้ มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า โดยแสดงค่าพลังงานที่กำเนิดและพลังงานสะท้อนกลับเมื่อเครื่อง RF generator ส่งผ่านไปยัง electrode platesโดยเป็นตัวปล่อยสนามคลื่นวิทยุตามรูปแบบที่กำหนดไปยังวัตถุที่ต้องการให้ร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 3.3 แบบแผน RF applicator (Lacroix, 2001)

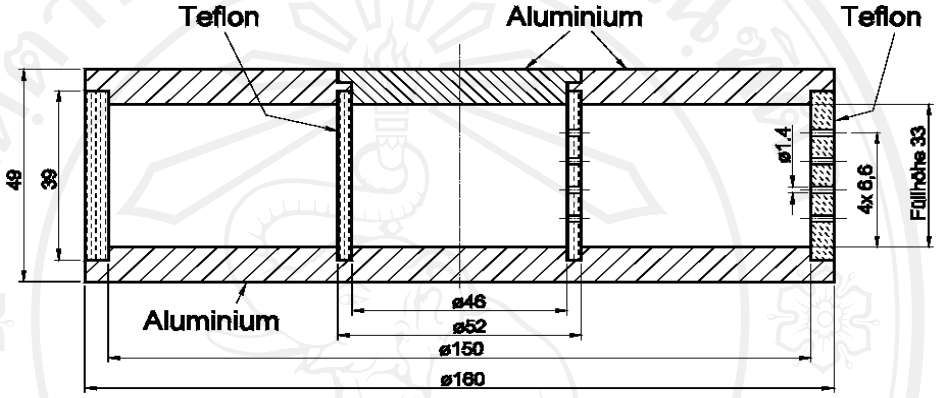


ภาพที่ 3.4 รูปภาพของเครื่อง RF Applicator

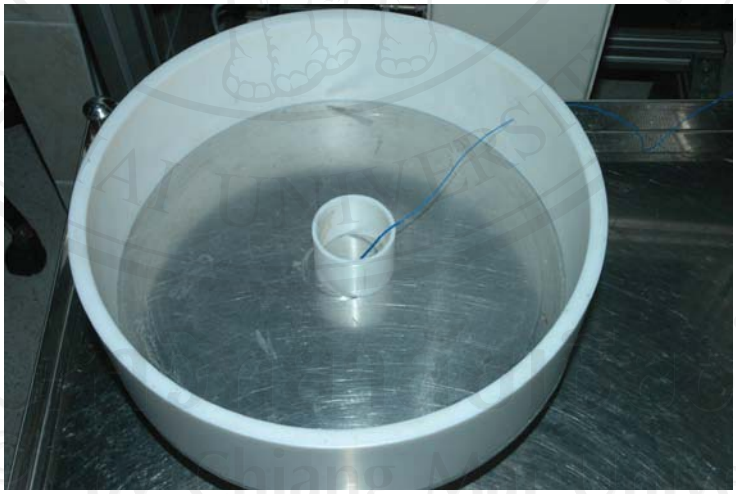
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

RF applicator แสดงโดยการวาดแบบแผนดัง**ภาพที่ 3.3** และภาพถ่ายดัง**ภาพที่ 3. 4** แผ่นขั้วไฟฟ้า (electrodes plates) มีขนาดกว้าง 350 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร ทำมาจากโลหะอลูมิเนียม มีรูปแบบโครงสร้างแบ่งออกเป็น 2 ด้านขนานกัน โดย ส่วนของทรงกระบอกบรรจุตัวอย่างหรือภาชนะบรรจุตัวอย่าง (container) ที่ทำมาจากเทฟลอน (teflon) อยู่ตรงกลางดังแสดงใน **ภาพที่ 3. 5** ระยะห่างระหว่าง electrode plates มีค่า 9 เซนติเมตร และ electrode plates ยึดติดกับ

ภาชนะบรรจุ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 31 เซนติเมตร โดย electrode plates ด้านล่างให้มีแรงดันไฟฟ้าโวลต์สูง และด้านบนเป็นแรงดันไฟฟ้าโวลต์ต่ำกว่า เชื่อมต่อกันระหว่าง ภาชนะบรรจุกับ electrode plates และทำการเชื่อมต่อระหว่างขั้ว electrodes กับเครื่อง RF generator โดยใช้แถบโลหะเงินเคลือบทองแดง และป้องกันการรั่วในแผ่รังสีโดยตู้อะลูมิเนียมล้อมรอบส่วน RF applicator



ภาพที่ 3.5 โครงสร้างภาชนะบรรจุเมล็ด (Cwiklinski, 2001)



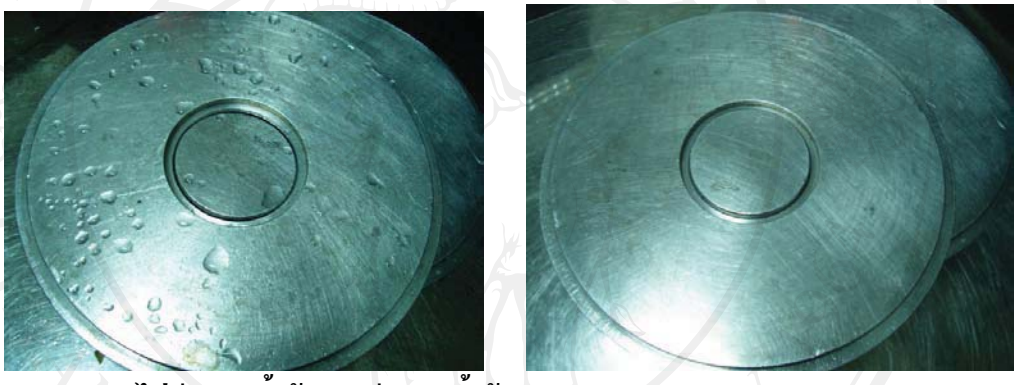
ภาพที่ 3.6 ภาชนะบรรจุเมล็ดและตำแหน่งของสาย fiber optic

ภาชนะบรรจุตัวอย่างทำจาก Teflon ไม่ดูดซับพลังงานจากเครื่อง RF มีความต้านทานไฟฟ้าสูง และฝาปิดด้านบนและด้านล่างทำจากอลูมิเนียม ซึ่งมีความสามารถในการนำไฟฟ้าสูง **(ภาพที่ 3.6)**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.5.2 ระบบน้ำร้อนที่ใช้ในการหล่อเลี้ยง electrode plates

ขั้นตอนการให้ความร้อนด้วย RF ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมที่บรรจุตัวอย่างกับอุณหภูมิของตัวอย่างในภาชนะบรรจุ ในการปล่อยพลังงานทำให้เกิดหยดน้ำเกาะบริเวณด้านในของแผ่นอะลูมิเนียมเนื่องจากการควบแน่น (condensation) เนื่องจากอุณหภูมิของแผ่นอะลูมิเนียมมีอุณหภูมิต่ำแต่อุณหภูมิของตัวอย่างสูงกว่า **(ภาพที่3.7)** ดังนั้นต้องมีการปรับอุณหภูมิของ electrode plates ให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิของตัวอย่างภายในภาชนะบรรจุเพื่อป้องกันการเกิดหยดน้ำซึ่งอาจมีผลต่อตัวอย่างการทดลองได้ ด้วยเครื่องทำน้ำร้อน **(ภาพที่ 3.8)**



ไม่มีระบบน้ำร้อน มีระบบน้ำร้อน

ภาพที่ 3.7 เปรียบเทียบการเกิดหยดน้ำที่ฝา ภาชนะบรรจุ

เครื่องทำน้ำร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระบบน้ำร้อน

ภาพที่ 3.8 ระบบน้ำร้อนในการหล่อเลี้ยงอุณหภูมิ Electrode plates ในเครื่อง RF

3.5.3 การวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิภายในภาชนะบรรจุตัวอย่างเมล็ดโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ FISO Commander ที่มีการแสดงผลด้วยจอแสดงผล แบบ 4 ช่องสัญญาณ Model 750 โดยใช้เส้นใยแก้วนำแสง (fiber optic) ในการวัดอุณหภูมิ ซึ่งจะสามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -4 องซาเซลเซียส ถึง 250 องศาเซลเซียส มีความละเอียดในการวัด ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ความถี่ในการวัดอุณหภูมิ 4 ครั้งต่อวินาทีและมีความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ $\pm$ 0.1 องศาเซลเซียส

ตำแหน่งของปลายสายเส้นใยแก้วนำแสงสัมผัสเมล็ด

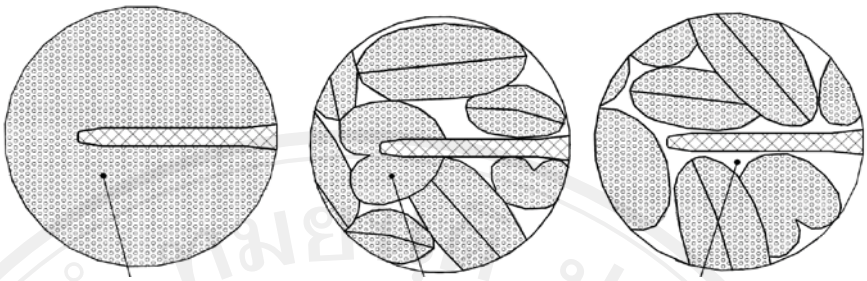
การวัดอุณหภูมิด้วยเส้นใยแก้วนำแสงมีความคลาดเคลื่อนได้ จากการสัมผัสกับผิวเมล็ด ดังนั้น ในระหว่างการทดลองจึงต้องพยายามให้มีช่องว่างระหว่างปลายเส้นใยแก้วนำแสงกับเมล็ดข้าวเปลือกให้เกิดช่องว่างน้อยที่สุด **(ภาพที่3.9)**

A ปลายสายเส้นใยแก้วนำแสงสัมผัสเมล็ดทั้งหมด อุณหภูมิที่วัดได้จะเป็นอุณหภูมิของเมล็ดที่แท้จริงมีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ $\pm$ 1.00 องศาเซลเซียส

B ปลายสายเส้นใยแก้วนำแสงสัมผัสเมล็ดบางส่วน อุณหภูมิที่วัดได้จะเป็นอุณหภูมิต่ำกว่าเป็นจริงเล็กน้อยมีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ $\pm$ 2.30 องศาเซลเซียส

C ปลายสายเส้นใยแก้วนำแสงไม่สัมผัสกับเมล็ด อุณหภูมิที่วัดได้จะเป็นอุณหภูมิต่ำกว่าเป็นจริงมากมีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ $\pm$ 3.70 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 3.9 ตำแหน่งของปลายสายเส้นใยแก้วนำแสงที่วัดอุณหภูมิของเมล็ดภายในภาชนะ

การวางตำแหน่งของเส้นใยแก้วนำแสง ในขณะปล่อยพลังงานเข้าไปสู่เมล็ดภายในภาชนะบรรจุ โดยวัดอุณหภูมิภายในภาชนะบรรจุและแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม Panel 2 ซึ่งจะเป็นอุณหภูมิที่วัดได้จากเส้นใยแก้วนำแสง ที่มีการวางไว้ที่จุดกึ่งกลางภายในภาชนะบรรจุเมล็ด ซึ่งอุณหภูมิภายในจะมีความเสถียรมากที่สุด (homogenous temperature) โดยตำแหน่งของเส้นใยแก้วนำแสงจะมีการวางตำแหน่งดังนี้ **(ภาพที่ 3.10)**

ตำแน่งการวางเส้นใยแก้วนำแสง ตรงกลางของภาชนะ อุณหภูมิจะมีความเสถียรมากที่สุด

ภาพที่ 3.10 การบรรจุเมล็ดในภาชนะบรรจุในเครื่อง RF

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.5.4 การควบคุมเครื่อง RF โดยการใช้โปรแกรมควบคุมอัตโนมัติ Panel 2

เครื่องกำเนิดคลื่น RF Generator ถูกควบคุมบนหน้าจอแสดงผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ใช้โปรแกรมควบคุมแบบอัตโนมัติ Panel 2 **(ภาพที่3.11)** เพื่อกำหนดระดับพลังงานและอุณหภูมิเป้าหมาย โดยพลังงานจะไหลผ่านจาก electrode plates แล้วไหลผ่านไปยังแผ่นอะลูมิเนียมด้านบนและล่างของภาชนะบรรจุ โดยพลังงานมีการไหลผ่านเมล็ดที่บรรจุภายในภาชนะบรรจุทั่วทั้งหมดอย่างสม่ำเสมอ

ภาพที่ 3.11 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง Radio Frequency Panel 2

การแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

Time	เวลา
Start power in %	ระดับพลังงาน %RF power เริ่มต้น
Power in % when temp. – 10%	ระดับพลังงาน %RF power เมื่อเหลืออีก 10% ของอุณหภูมิเป้าหมาย
Wanted Temperature	อุณหภูมิเป้าหมาย
Run	สวิทซ์ เปิด/ปิด
Power in %	ระดับพลังงานในขณะนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Temperature	อุณหภูมิในขณะนั้น
Procedure time	ระยะเวลาในการให้พลังงาน จะเริ่มนับตั้งแต่เปิดสวิทซ์
Time with temperature	ระยะเวลาที่วัสดุในภาชนะบรรจุมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิเป้าหมาย

3.5.8 ขั้นตอนการใช้เครื่อง RF ในการให้พลังงาน แก่เมล็ดข้าวเปลือก

1. เปิดวาล์วน้ำหล่อเย็น เครื่องกำเนิดคลื่น RF Generator
2. เปิดวาล์วแรงดันลม
3. เปิดสวิทซ์หลัก Main switch บนเครื่องกำเนิดคลื่น RF Generator
4. เปิดคอมพิวเตอร์ควบคุม RF และเปิดโปรแกรม Panel 2
5. เปิดระบบน้ำร้อนตั้งอุณหภูมิ และระบบหมุนเวียนน้ำร้อน รอจนกระทั่งอุณหภูมิที่ต้องการคงที่
6. เตรียมภาชนะบรรจุ และ Fiber optic ให้อยู่ในตำแหน่ง
7. ชั่งน้ำหนักเมล็ดที่เตรียมไว้ 3500 กรัม บรรจุลงในภาชนะบรรจุ
8. ตั้งโปรแกรม Pane 2 อุณหภูมิเป้าหมาย (target temperature) ระดับพลังงาน % RF power
9. บรรจุภาชนะบรรจุที่มีเมล็ด ในเครื่อง RF Applicator
10. เปิดสวิทซ์ลมเพื่อเลื่อน electrode plates ลงมาประกบภาชนะบรรจุจนสนิท และ ปิดฝาเครื่อง RF Applicator
11. กดปุ่ม On บน โปรแกรม Panel 2
12. เมื่อเหลืออีก 10% ก่อนถึงอุณหภูมิเป้าหมาย ระดับพลังงาน % RF power จะลดลงจนเหลือ 20% ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 70 องศาเซลเซียส, 25% ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 85 องศาเซลเซียส และ 30% ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100 องศาเซลเซียส และระดับพลังงาน %RF power ลดลงเหลือ 0% เมื่อถึงระดับอุณหภูมิเป้าหมาย
13. รักษาระดับอุณหภูมิเป้าหมาย โดยการเพิ่มและลด %RF power โดยการควบคุมอัตโนมัติด้วยโปรมแกรม Panel 2 เพื่อไม่ให้อุณหภูมิของเมล็ดต่ำกว่าและสูงกว่าอุณหภูมิเป้าหมาย
14. เมื่อครบระยะเวลาในการให้ RF กดปุ่ม Off เพื่อหยุดการให้พลังงานแก่เมล็ด
15. ยก electrode plate โดยปิดสวิทซ์ลม เปิดฝาเครื่อง RF Applicator นำภาชนะบรรจุออกมา
16. เปิดฝาภาชนะบรรจุ นำเมล็ดออกมาจากภาชนะและบรรจุในถุงพลาสติก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.6 การตรวจคุณภาพข้าว

3.6.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยวิธี Oven drying (ISTA, 1999)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์การวิเคราะห์</u>

1) ตู้อบลมร้อน (hot air oven; UM500 Memmert, Germany)
2) เครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (AB204-S; Mettler-Toledo (Thailand) Ltd., Thailand)
3) เครื่องบดตัวอย่าง (sample mill; Cemotec Foss Tecator, Germany)

<u>ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น</u>

1) บดเมล็ดข้าวสารด้วยเครื่องบด
2) นำกระป๋องอะลูมิเนียมและฝาไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง
3) ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักจนมีค่าแน่นอน
4) ชั่งตัวอย่างข้าวที่บดละเอียด น้ำหนัก 5 กรัม จดน้ำหนักที่แน่นอน ปิดฝาอบแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส พร้อมฝาในตู้อบ 2 ชั่วโมง
5) เมื่อครบเวลาที่กำหนดทำการปิดฝาแล้วนำมาทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักกระป๋องอะลูมิเนียมพร้อมฝา

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

3.6.2. การวัดคุณภาพการคัดสี (Milling quality)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์การวิเคราะห์</u>

1) เครื่องกะเทาะเปลือกข้าว (Huller, KM, Japan)
2) เครื่องขัดขาวชนิดแกนเหล็ก (Rice miller, TCV, Thailand)
3) เครื่องคัดขนาดข้าว (Cylinder separator, Damas, Denmark)
4) เครื่องวัดสี (Colorquset XE; HunterLab, USA)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.6.2.1 เปอร์เซ็นต์การขัดสี

1) นำข้าวเปลือกประมาณ 250 กรัม กะเทาะเปลือกข้าวด้วยเครื่องกะเทาะ ข้าวเปลือก จะได้ส่วนที่เป็นข้าวกล้อง ข้าวเปลือกที่ไม่กะเทาะและแกลบ แยกแกลบออกจากข้าวกล้องและข้าวเปลือกที่ไม่กะเทาะ

2) นำข้าวกล้องและข้าวเปลือกที่ไม่กะเทาะที่ได้ไปแยกเมล็ดดี เมล็ดหัก โดยเครื่องคัดขนาดแยกข้าวกล้องเมล็ดหักออก ให้เหลือเพียงข้าวกล้องเมล็ดดีเท่านั้นเพื่อนำไปหาคุณภาพการสีของข้าว โดยไม่ให้มีผลจากการกะเทาะมาเกี่ยวข้อง

3) จากนั้นนำข้าวกล้อง ที่ได้ไปชั่งบรรจุถุงร้อน (polyethylene) โดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

4) นำตัวอย่างข้าวที่ได้ไปทำการสี โดยใช้เครื่องขัดขาวชนิดแกน เหล็ก โดยทำการสีตัวอย่างข้าว ตั้งเวลาการขัดสี 30 วินาที

5) นำข้าวสารที่ได้ไปคัดแยกข้าวเมล็ดดี เมล็ดหัก โดยเครื่องคัดขนาดชนิดถังหมุน ขนาดรูแยกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

$$\%\ \text{ข้าวกล้อง} = \frac{\text{น้ำหนักต้นข้าวกล้อง x 100}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}}$$

$$\%\ \text{ข้าวสารขาว} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสารขาว x 100}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}}$$

$$\%\ \text{ข้าวต้น} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวต้น x 100}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.6.2.2 ความขาวของข้าวสาร

วิธีการวัดความขาวของข้าวสารใช้เครื่อง วัดสีโดยใช้ข้าวสารประมาณ 50 กรัม ใส่ภายในภาชนะแก้วใส หลักการ เป็นค่าสีที่วัดได้ใน Hunter system ใช้หลักการตกกระเจิงของแสง การทดลองจะดูการเกิดข้าวเหลืองจากค่า L* (bright) และค่า b* (yellowness) ซึ่งนำมาใช้ในการชี้ระดับความขาวของข้าวสารได้

3.6.3 การวัดคุณภาพการหุง (Cooking quality)

3.6.3.1 ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency)

วัดโดยใช้วิธีการของ Champagen *et al*. (1973) โดยวิธีการดังต่อไปนี้

1) ชั่งแป้งตัวอย่าง 0.1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 13×10 มิลลิลิตร
2) เติมสารละลาย ไธมอลบูล (thymol blue) ความเข้มข้นร้อยละ 0.025 จำนวน 0.2 มิลลิลิตร ลงในหลอดแป้งในข้อ 1
3) เติมโปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.2 นอร์มัล จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าด้วย Mixer เป็นเวลา 2-3 วินาที เพื่อปล่อยให้แป้งลอยตัว
4) นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 8 นาที หลังจากนั้นนำหลอดมาเขย่าด้วย mixer อีกครั้ง เป็นเวลา 2-3 วินาที
5) นำไปแช่ในน้ำเย็นจัด 20 นาที วางหลอดทดลองในแนวนอนบนกระดาษกราฟเป็นเวลา30 นาที อ่านระยะทางที่แป้งไหล โดยเทียบกับกระดาษกราฟ

3.6.3.2 อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation ratio during cooking)

วัดตามวิธีการของ Juliano and Pezer (1984) โดยการ

1) สุ่มข้าวเต็มเมล็ด 20 เมล็ด และวัดความยาว 10 เมล็ด คำนวณค่าเฉลี่ย
2) นำข้าว 20 เมล็ด ใส่ในตะแกรง แล้วแช่ในน้ำเย็นเป็นเวลา 30 นาที
3) นำข้าวพร้อมตะแกรงต้มในน้ำเดือด 10 นาที
4) ยกตะแกรงขึ้นจากน้ำเดือดแล้วจุ่มในน้ำเย็น เทข้าวลงจานพลาสติกที่มีฝาปิด
5) เลือกเมล็ดที่ตรง 10 เมล็ด วัดความยาว และคำนวณอัตราการยืดตัวของข้าวสุก

$$\text{อัตราการยืดตัวของข้าวสุก} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสาร}}$$

3.6.3.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้ง (RACI, 1995)

คุณสมบัติทางด้านความหนืดตรวจวัดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) รุ่น RVA-4D (Newport Scientific Warriewood, Australia) ซึ่งการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ความหนืดมีขั้นตอนดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1) เตรียมแป้ง โดยใช้แป้งที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมซ (mesh) จำนวน 3 กรัม ใส่ในกระป๋องจำเพาะสำหรับเครื่อง RVA
2) เทน้ำกลั่น 25 กรัม ลงในกระป๋องแล้วใช้ใบกวนที่เข้าชุดกับกระป๋อง กวนตัวอย่างเพื่อไม่ให้จับเป็นก้อนที่ผิวน้ำหรือติดกับใบกวน
3) นำกระป๋องที่ใส่ใบกวนเข้าเครื่อง RVA และกดมอเตอร์ลงเพื่อให้เครื่องทำงาน เครื่องจะทำงานอัตโนมัติโดยความเร็วรอบของใบกวนในช่วง 10 วินาทีแรกเท่ากับ 960 rpm และลดระดับความเร็วรอบลงเป็น 160 rpm จนกระทั่งเครื่องทำงานเสร็จ ส่วนอุณหภูมิของเครื่อง RVA จะมีการเปลี่ยนแปลงตามขั้นตอนดังนี้
   - อุณหภูมิเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที
   - อุณหภูมิต่อมา เพิ่มขึ้นเป็น 95 องศาเซลเซียส ในนาทีที่ 4.7 และจะคงที่เป็นเวลา 2 นาที
   - อุณหภูมิสุดท้าย ลดลงเป็น 50 องศาเซลเซียส ในนาทีที่ 11 และคงที่ตลอดจนเวลาครบ 12.5 นาที ซึ่งสิ้นสุดการทำงานของเครื่องโดยเครื่องจะหยุดอย่างอัตโนมัติ
4) กราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อเวลา **(ภาพที่ 2.6)**

3.6.3.5 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis) (Champagen *et al*., 1998)

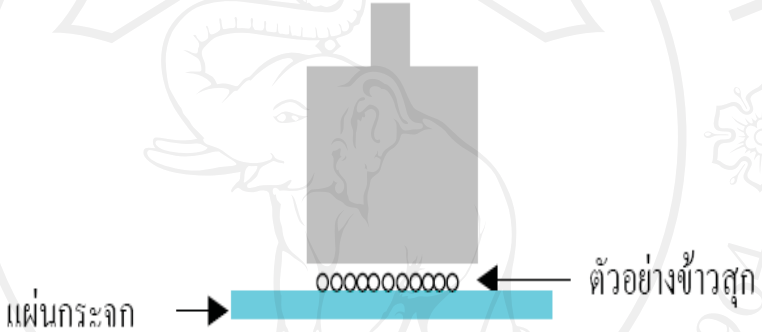
1. <u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

1) เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT plus Texture Analyzer (Texture Technologies Corp. Scarsdale NY, USA) โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ตั้งให้ห่างจากตัวอย่าง 5 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของหัวกดขณะทำการทดสอบ 1 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็ว ในการเคลื่อนที่ของหัวกดหลังการทดสอบ 1 มิลลิเมตร/วินาที กดชิ้นตัวอย่างเป็นระยะทาง 4.9 มิลลิเมตร ด้วยแรง 5 กรัม
2) แผ่นกระจกหนา 6 มิลลิเมตร กว้าง 12.7 เซนติเมตร ยาว 13.97 เซนติเมตร ตรงกลางตีกรอบรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 25 × 25 ตารางมิลลิเมตร
3) หม้อหุงข้าว ขนาด 0.27 ลิตร PANASONIC รุ่น SR-3NA (Panasonic, Thailand)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. วิธีการทดลอง

1) หุงข้าวโดยใช้อัตราส่วน 1 : 1.2 โดยปริมาตร (Juliano and Parez , 1985)
2) หลังจากข้าวสุกแล้วทิ้งไว้ 10 นาที แล้วสุ่มข้าวสุกจากหม้อหุงข้าว โดยเลือกข้าวสุกจากบริเวณกลางของชั้นข้าวสุกเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการวัด
3) เรียงเมล็ดข้าวสุกบนแผ่นกระจกโดยใช้ตัวอย่างข้าวสุก 10 เมล็ด วางให้เต็มพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ตีกรอบไว้ โดยวางเรียงกันเพียงชั้นเดียว ทำการวัดโดย วิธีการ Texture Profile Analysis (TPA) จะได้ค่าตัวแปรทางเนื้อสัมผัสซึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส โดยจะแสดงผลออกมา **(ภาพที่ 2.7)**



ภาพที่ 3.12 ลักษณะการเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

การวัดโดยวิธี TPA จะได้ค่าตัวแปรทางเนื้อสัมผัสซึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส โดยจะแสดงผลออกมาดังภาพตัวอย่างกราฟจากการวิธีการ TPA **(ภาพที่ 2.7)**

3.6.4 การวัดคุณภาพทางเคมี

3.5.4.1 เปอร์เซ็นต์อะไมโลส (Apparent amylose content)

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV/VIS Spectrophotometer) รุ่น SPE CORD 40 (Analytik jena AG, Germany)
2) เครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler-Toledo รุ่น AB204-S (Mettler-Toledo (Thailand) Ltd., Thailand)
3) เครื่องกวนระบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer; LD-846, Netherlands)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4) เครื่องบดเมล็ดข้าวสาร ยี่ห้อ Perten รุ่น 3303 S/N: 030141 (Newport Scientific Warriewood NSW, Australia)
5) ขวดแก้วปริมาตร(volumetric flask) ขนาดความจุ 100 มิลลิเมตร
6) ปิเปต แบบ auto pipette ยี่ห้อ Handy Step electronic (BrandTech Scientific, USA) ขนาดความจุ 1-10 มิลลิลิตร
7) ปิเปต แบบ micro pipette ขนาดความจุ 1-10 มิลลิลิตร
8) ตะแกรงร่อนขนาด 100 เมซ (mesh)

2. สารเคมี

1) เอทิลแอลกอฮอลล์ (ethyl alcohol : C_2H_5OH) 95%
2) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide : NaOH) 2 นอร์มัล
3) กรดเกลเซียลอะซิติก (glacial acetic acid : CH_3COOH) 1 นอร์มัล
4) โปเตโตอะไมโลส (potato amylose)
5) ไอโอดีน (iodine : I_2)
6) โปแตสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide : KI)

3. วิธีวิเคราะห์

วิธีการศึกษาการ เปลี่ยนแปลงปริมาณอะไมโลส โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงจากสารละลายสีน้ำเงินของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอะไมโลสและไอโอดีน (งานชื่น, 2545) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1) นำข้าวสารขาวปทุมธานี 1 มาบดให้เป็นแป้งร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมซ แล้วชั่งแป้งมา 0.1000 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 100 มิลลิลิตรที่แห้งสนิท เติมเอทิลแอลกอฮอลล์ 95% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ
2) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 2 นอร์มัล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร
3) ปั่นกวนตัวอย่างด้วยเครื่องปั่นกวนระบบแม่เหล็กนาน 10 นาที ให้เป็นน้ำแป้ง แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร
4) เตรียมขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ชุดใหม่ เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร สารละลายกรดอะซิติกปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีนปริมาตร 2 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5) ดูดน้ำแป้งที่เตรียมไว้ ในข้อ 3 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมไว้ตามข้อ 4 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร แล้วตั้งไว้ 10 นาที

6) นำขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมไว้ในข้อ 4 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นโดยไม่ต้องใส่น้ำแป้งเพื่อใช้เป็นแบลงค์ (blank)

7) วัดความเข้มข้นของสีของสารละลายตามข้อ 5 ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยอ่านค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 620 นาโนเมตร

8) อ่านค่าเทียบกับกราฟมาตรฐานของค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายโปเตโตอะไมโลสที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ (ภาคผนวก)

4. <u>วิธีการเตรียมสารละลาย</u>

1) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2 นอร์มัล (N) : ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 80.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 800 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 1000 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 มิลลิลิตร

2) สารละลายกรดเกลเซียลอะซิติกเข้มข้น 1 นอร์มัล (N) : ละลายกรดเกลเซียลอะซิติก ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น ประมาณ 800 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 1000 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 มิลลิลิตร

3) สารละลายไอโอดีน : ชั่งไอโอดีน 0.2000 กรัม และโปแตสเซียมไอโอไดด์ 2.000 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรสีชาขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ข้ามคืน หรือจนไอโอดีนละลายหมด ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

5. <u>การเขียนกราฟมาตรฐานอะไมโลส</u>

1) ชั่งโปเตโตอะไมโลส (potato amylose) 0.0400 กรัม ใส่ในขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมเอธิลแอลกอฮอลล์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 นอร์มัล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันเป็นสารละลายมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

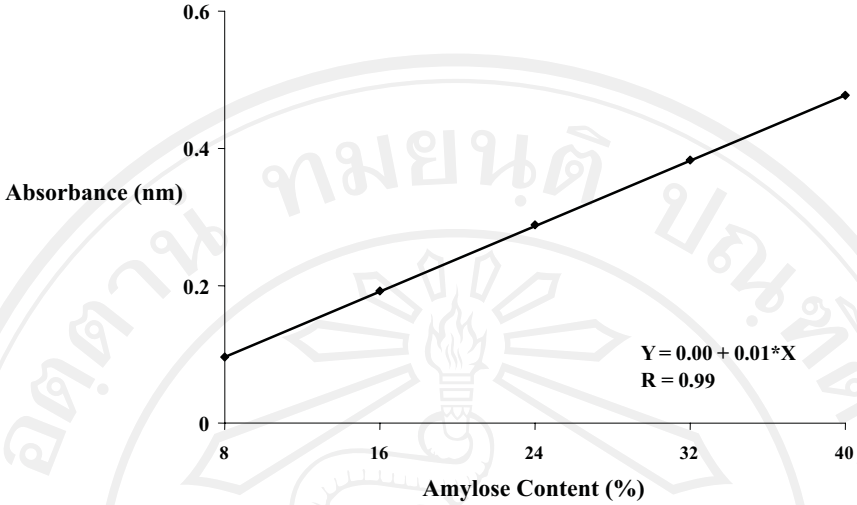
2) เตรียมขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร 5 ขวดแต่ละขวดเติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร สารละลายกรดอะซิติกปริมาตร 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 และ2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ และสารละลายไอโอดีนปริมาตร 2 มิลลิลิตร ในแต่ละขวด
3) ปิเปตแบ่งสารละลายมาตรฐาน 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ซึ่งเทียบเท่าปริมาณอะไมโลสร้อยละ 8, 16, 24, 32 และ 40 ตามลำดับ ใส่ในขวดที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร และวัดค่า การดูดกลืนแสง ที่ 620 นาโนเมตร หลังปรับเครื่องด้วย blank ให้มีค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0
4) นำการดูดกลืนแสงกับปริมาณอะไมโลสในสารละลายมาตรฐานตามข้อ 3 มาเขียนเป็นเส้นกราฟมาตรฐาน
5) นำเส้นกราฟที่ได้จากข้อ 4 มาใช้แปลงค่าการดูดกลืนแสง ให้เป็นปริมาณ (ร้อยละ) อะไมโลส

ปริมาณอะไมโลสในแป้งที่มีความชื้น 14% $= \frac{A \times 86}{100 - M}$

เมื่อ A = ปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวที่วิเคราะห์ได้เป็นร้อยละ
M = ปริมาณความชื้นของข้าวที่วิเคราะห์ได้ เป็นร้อยละ

ภาพที่ 3.13 สารละลายอะไมโลสที่มีความเข้มข้นในการสร้างกราฟมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 3.14 กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณอะไมโลสและค่าดูดกลืนแสง (A_{620})

3.7 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ Statistix 8 (Analytical Software, USA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

3.8 สถานที่ดำเนินงานวิจัยและรวบรวมข้อมูล

1) สถานที่ปลูกข้าว ณ พื้นที่ปลูกจังหวัดสิงห์บุรี ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท
2) การเตรียมตัวอย่างข้าว การ เร่งความเก่าข้าวเปลือกด้วยการใช้ RF และ การใช้ลมร้อน การวิเคราะห์คุณสมบัติของข้าว ได้แก่ ปริมาณความชื้นความเปลือก คุณภาพการขัดสี คุณภาพการหุงต้ม และปริมาณอะไมโลส ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยี หลังการเก็บเกี่ยว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.9 ระยะเวลาที่ทำงานวิจัย

ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2551 สิ้นสุดเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552