

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางเคมี และคุณภาพการหุง

1. เปอร์เซ็นต์อะไมโลส (apparent amylose content)

1.1. เครื่องมือ

1. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)
2. เครื่องชั่ง ความละเอียด 0.0001
3. เครื่องกวนระบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer)
4. เครื่องบดเมล็ดข้าวสาร
5. ขวดแก้วปริมาตร (volumetric flask) ขนาดความจุ 100 มิลลิเมตร
6. ปิเปต แบบ volumetric pipette ขนาดความจุ 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร
7. ปิเปต แบบ measuring pipette ขนาดความจุ 1-10 มิลลิลิตร
8. ตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช (mesh)

1.2. สารเคมี

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

1.3. วิธีวิเคราะห์

นำข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านคลื่นวิทยุที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดฝั่เชื้อข้าวสารมากที่สุด ในการทดสอบในข้อ 8.2 มาตรวจสอบคุณภาพของข้าวสารที่เปลี่ยนไปเปรียบเทียบกับคุณภาพของข้าวสารที่ไม่ได้รับคลื่นความถี่วิทยุ โดยเป็นวิธีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะไมโลสศึกษาโดย การนำข้าวขาวหอมมะลิ 105 ที่ต้องการทดสอบมาบดให้ละเอียดโดยเครื่องบดแป้ง (cyclone mill) นำแป้งที่ได้มาวิเคราะห์ทางเคมี โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงจากสารละลายสีน้ำเงินของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอะไมโลสและไอโอดีน (งานชิ้น, 2545) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. นำข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 มาบดให้เป็นแป้งร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช แล้วชั่งแป้งมา 0.1000 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 100 มิลลิลิตรที่แห้งสนิท เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ
2. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 2 นอร์มัล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร
3. ปั่นขวดตัวอย่างด้วยเครื่องปั่นกวนระบบแม่เหล็กนาน 10 นาที ให้เป็นน้ำแป้ง แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร
4. เตรียมขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ชุดใหม่ เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร สารละลายกรดอะซิติกปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีนปริมาตร 2 มิลลิลิตร
5. ควบน้ำแป้งที่เตรียมไว้ในข้อ 3 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมไว้ตามข้อ 4 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร แล้วตั้งไว้ 10 นาที
6. นำขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมไว้ในข้อ 4 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นโดยไม่ต้องใส่น้ำแป้งเพื่อใช้เป็นแบลนด์ (blank)
7. วัดความเข้มข้นของสีของสารละลายตามข้อ 5 ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยอ่านค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 620 นาโนเมตร
8. อ่านค่าเทียบกับกราฟมาตรฐานของค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายโปแตสเซียมไอโอดีนที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ (ภาคผนวก)

1.4 วิธีการเตรียมสารละลาย

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

1.5 การเขียนกราฟมาตรฐานอะไมโลส

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

2. เตรียมขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร 5 ขวดแต่ละขวด เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร สารละลายกรดอะซิติกปริมาตร 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 และ 2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ และสารละลายไอโอดีนปริมาตร 2 มิลลิลิตร ในแต่ละขวด

3. ปิเปตแบ่งสารละลายมาตรฐาน 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณอะไมโลสร้อยละ 8, 16, 24, 32 และ 40 ตามลำดับ ใส่ในขวดที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร และวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ 620 นาโนเมตร หลังปรับเครื่องด้วย blank ให้มีค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0

4. นำการดูดกลืนแสงกับปริมาณอะไมโลสในสารละลายมาตรฐานตามข้อ 3 มาเขียนเป็นเส้นกราฟมาตรฐาน

5. นำเส้นกราฟที่ได้จากข้อ 4 มาใช้แปลงค่าการดูดกลืนแสง ให้เป็นปริมาณ (ร้อยละ) อะไมโลส

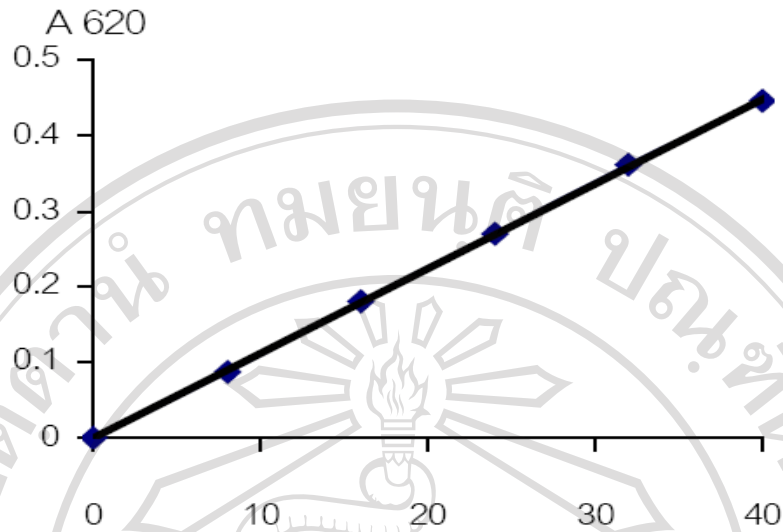
$$\text{ปริมาณอะไมโลสในแป้งที่มีความชื้น 14\%} = \frac{A \times 86}{100 - M}$$

เมื่อ A = ปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวที่วิเคราะห์ได้เป็นร้อยละ

M = ปริมาณความชื้นของข้าวที่วิเคราะห์ได้ เป็นร้อยละ



ภาพ 1 สารละลายอะไมโลสที่มีความเข้มข้นในการสร้างกราฟมาตรฐาน



ภาพ 2 กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณอะไมโดสและค่าดูดกลืนแสง (A₆₂₀)

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วย Micro Kjeldahl method (AACC, 2000)

2.1. อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ชุดเครื่องย่อย (Gerhardt Kjeldatherm Digestion Unit; KB)
3. ชุดเครื่องกลั่น (Gerhardt Vapodest; VAP 30)
4. ตู้ดูดสารเคมี

2.2. สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารละลายกรดซัลฟูริก 0.1 นอร์มัล
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 32% โดยน้ำหนักต่อลิตร
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนักต่อลิตร
5. สารละลายกรดบอริก ความเข้มข้น 4% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
6. สารเร่งปฏิกิริยา (catalyst; $\text{CuSO}_4 : \text{K}_2\text{SO}_4 = 10:1$)
7. สารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด (Indicating boric acid)

2.3. วิธีการทดลอง

1. ชั่งผงข้าวแห้งประมาณ 1.5 กรัม ใส่ใน Kjeldahl tube
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 10 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

3. นำไปย่อยด้วยเครื่อง Kjeldahltherm ซึ่งใช้อุณหภูมิในการย่อย 400 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างเป็นสีเขียวใส

4. ทิ้งให้ Kjeldahl tube เย็น

5. ต่อ Kjeldahl tube เข้ากับเครื่องกลั่น เติมน้ำกลั่นลงไป 40 มิลลิลิตร เพื่อละลาย ตะกอนที่เกิดขึ้น เติมน้ำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 32 ลงไป 50 มิลลิลิตร หรือจนตัวอย่างกลายเป็นสีดำ

6. รองรับสารที่กลั่นด้วยสารละลายกรดบอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 40 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด สารละลายที่ได้จะมีสีม่วงอ่อน

7. กลั่นตัวอย่างประมาณ 4 นาที หรือจนไอของ NH_3 ถูกกลั่นจนหมด

8. หยุดกลั่น จากนั้นนำสารละลายในขวดรองรับที่เปลี่ยนจากสีม่วงอ่อนกลายเป็นสีเขียวอ่อนมาไตเตรทด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนสารละลายเปลี่ยนสีจากสีเขียวอ่อนไปเป็นสีม่วงอ่อน

9. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีน

2.4 การเตรียมสารละลายอินดิเคตองบอริกแอซิด

- ชั่ง methyl red 200 มิลลิกรัม ละลายใน 95% เอทิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร

- ชั่ง methylene blue 100 มิลลิกรัม ละลายใน 95% เอทิลแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร

แล้วผสมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน นำมิกซ์อินดิเคเตอร์ 10 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1000 มิลลิลิตร

2.5 สูตรคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีน

ปริมาณไนโตรเจน(%) = $\frac{\text{ปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ไตเตรท (มล.)} \times \text{ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก} \times 1.4}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)}}$

ปริมาณโปรตีนในข้าว (%) = ปริมาณไนโตรเจน (%) \times 5.95

3. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก

3.1. อุปกรณ์

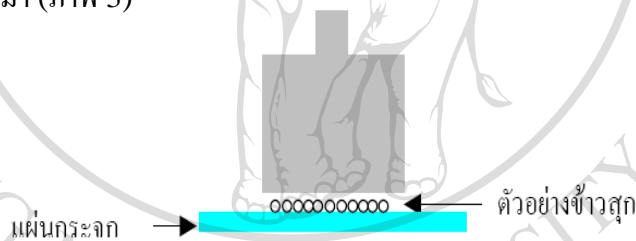
1. เครื่อง Texture analyzer (TA-XT plus Texture Analyzer; Texture Technologies Corp. Scarsdale NY) โดยใช้หัวกดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ตั้งให้ห่างจากตัวอย่าง 5 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของหัวกดขณะทำการทดสอบ 1

มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วรอบของหัวกดหลังการทดสอบ 1 มิลลิเมตร/วินาที กดขึ้นตัวอย่างเป็นระยะทาง 4.9 มิลลิเมตร

2. แผ่นกระจกหนา 6 มิลลิเมตร กว้าง 12.7 เซนติเมตร ยาว 13.97 เซนติเมตร ตรงกลางตีกรอบรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 25×25 ตารางมิลลิเมตร
3. หม้อหุงข้าว

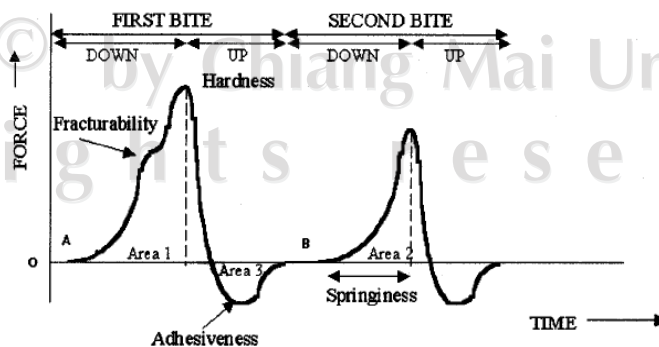
3.2. วิธีการทดลอง

1. หุงข้าวโดยใช้อัตราส่วน 1 : 1.2 โดยปริมาตร (Juliano and Perez , 1985)
2. หลังจากข้าวสุกแล้วทิ้งไว้ 10 นาที แล้วสุ่มข้าวสุกจากหม้อหุงข้าว โดยเลือกข้าวสุกจากบริเวณกลางของชั้นข้าวสุกเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการวัด
3. เรียงเมล็ดข้าวสุกบนแผ่นกระจกโดยใช้ตัวอย่างข้าวสุก 10 เมล็ด วางให้เต็มพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ตีกรอบไว้ โดยวางเรียงกันเพียงชั้นเดียว ทำการวัดโดยเครื่อง Texture Profile Analysis (TPA) จะได้ค่าตัวแปรทางเนื้อสัมผัสซึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส โดยจะแสดงผลออกมา (ภาพ 3)



ภาพ 3. ลักษณะการเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

การวัดวิธี Texture Profile Analysis (TPA) จะได้ค่าตัวแปรทางเนื้อสัมผัสซึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส โดยจะแสดงผลออกมาดังภาพตัวอย่างกราฟจากการวัด Texture Profile Analysis (TPA)



ภาพ 4. ตัวอย่างกราฟจากการวัด Texture Profile Analysis (TPA)

จากภาพมีนิยามเกี่ยวกับ Texture Profile Analysis (TPA) ต่างๆ ดังต่อไปนี้ (Lyon *et al.* 2000)

ความแน่นแข็ง (Hardness) คือ ความสูงของจุดสูงสุดของโค้งแรกของกราฟ

ความยืดหยุ่น (Springiness) คือ อัตราส่วนของเส้นทางระหว่างเส้นทางการกดของหัวกด เส้นโค้งที่สอง และเส้นโค้งแรก

ความเกาะติดกัน (Cohesiveness) คือ อัตราส่วนของพื้นที่ระหว่างเส้นโค้งที่สองกับเส้นโค้งแรก ($\text{Area}_2/\text{Area}_1$)

ความเหนียวติดกัน (Adhesiveness) คือ แรงที่มีค่าลบที่เกิดจากแรงดึงขึ้นของหัวกดขึ้น จากตัวอย่าง (Area_3)

ความเหนียวติดยึด (Gumminess) คือ ผลคูณระหว่างค่าความแน่นแข็งกับค่าความเกาะติด

การเคี้ยว (Chewiness) คือ ผลคูณระหว่างค่าความเหนียวติดยึด กับความยืดหยุ่น

4. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้ง

คุณสมบัติทางด้านความหนืดตรวจวัดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

รุ่น RVA-4D จากบริษัท Newport Scientific Warriewood NSW Australia. ซึ่งการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ความหนืดมีขั้นตอนดังนี้

4.1 เตรียมแป้ง โดยใช้แป้งที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (mesh) จำนวน 3 กรัม ใส่ในกระป๋องจำเพาะสำหรับเครื่อง RVA

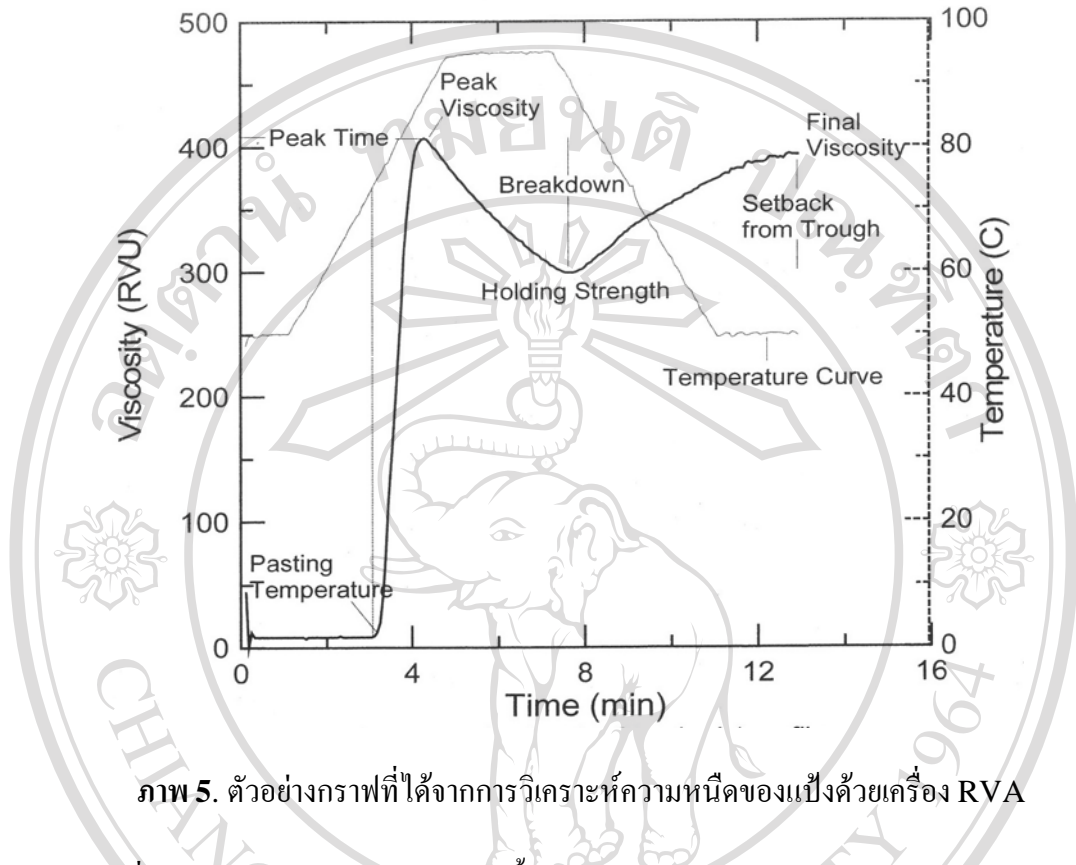
4.2 เติมน้ำกลั่น 25 กรัม ลงในกระป๋องแล้วใช้ใบกวนที่เข้าชุดกับกระป๋อง กวนตัวอย่างเพื่อไม่ให้จับเป็นก้อนที่ผิวหน้าหรือติดกับใบกวน

4.3 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

4.4 กราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อเวลา



ภาพ 5. ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA

ค่าต่างๆ ที่สามารถอธิบายได้จากกราฟมีดังนี้

Pasting temperature : อุณหภูมิที่ค่าความหนืดเริ่มเพิ่มขึ้น 2 Ripid Visco Unit (RVU) ภายในเวลา 20 วินาที มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส (C)

Peak viscosity : ค่าความหนืดสูงสุดของแป้งสุกเมื่อให้ความร้อนกับสารละลายแป้ง จนถึงอุณหภูมิ 95 C มีหน่วยเป็น centipoises (cP)

Final viscosity : ค่าความหนืดสุดท้ายของการทดลอง มีหน่วยเป็น centipoises (cP)

Breakdown : ความแตกต่างระหว่างค่า Peak viscosity กับค่า Holding strength

Setback from trough : ความแตกต่างระหว่างค่า Final viscosity กับค่า Peak viscosity มีหน่วยเป็น centipoises (cP)

ภาคผนวก ข.

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายของผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* ในระยะไข่ หลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุความถี่ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที

Treatment	Mean	N	SD	SE
Control	25.017	6	4.5923	1.8748
RF(60: 3)	98.350	6	1.8075	0.7379
Difference	-73.333			

ตารางภาคผนวก 2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายของผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* ในระยะหนอน หลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุความถี่ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที

Treatment	Mean	N	SD	SE
Control	34.983	6	14.405	5.8806
RF(60: 3)	100.00	6	0.0000	0.0000
Difference	-			

ตารางภาคผนวก 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายของผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* ในระยะดักแด้ หลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุความถี่ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที

Treatment	Mean	N	SD	SE
Control	38.900	6	14.410	5.8830
RF(60: 3)	98.900	6	1.7041	0.6957
Difference	-60.000			

ตารางภาคผนวก 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายของผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* ในระยะตัวเต็มวัย หลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุความถี่ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที

Treatment	Mean	N	SD	SE
Control	12.217	6	14.410	5.8830
RF(60: 3)	100.00	6	1.7041	0.6957
Difference	-			

ตารางภาคผนวก 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายของไข่ที่พัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัย หลังจากผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิต่างๆ

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	14596.8	2919.35	159	0.0000
Error	24	441.1	18.38		
Total	29	15037.8			

CV= 5.29

ตารางภาคผนวก 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์อะไมโลสที่วัดได้จากข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	14.8222	2.96444	13.8	0.0000
Error	24	5.1483	0.21451		
Total	29	19.9705			

CV= 2.83 %

ตารางภาคผนวก 7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนที่วัดได้จากข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	8.3885	1.67770	12.2	0.0000
Error	24	3.2997	0.13749		
Total	29	11.6882			

CV= 4.42%

ตารางภาคผนวก 8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ ค่าความแข็งแรง (hardness) จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	2490403	498081	92.5	0.0000
Error	24	129245	5385		
Total	29	2619648			

CV = 2.23%

ตารางภาคผนวก 9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ ค่า adhesiveness จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	4140.89	828.177	240	0.0000
Error	24	82.71	3.446		
Total	29	4223.59			

CV = 1.06 %

ตารางภาคผนวก 10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ ค่า springiness จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	0.02698	0.00540	36.8	0.0000
Error	24	0.00352	0.00015		
Total	29	0.03050			

CV = 1.64 %

ตารางภาคผนวก 11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ ค่า cohesiveness จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	0.00375	7.493E-04	14.5	0.0000
Error	24	0.00124	5.167E-05		
Total	29	0.00499			

CV = 1.06 %

ตารางภาคผนวก 12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ ค่า chewiness จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	1574344	314869	186	0.0000
Error	24	40643	1693		
Total	29	1614987			

CV = 2.50 %

ตารางภาคผนวก 13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ ค่า อุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืด (pasting temperature) จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	6.70742	1.34148	10.3	0.0000
Error	24	3.11360	0.12973		
Total	29	9.82102			

CV = 0.40 %

ตารางภาคผนวก 14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ ค่าความหนืดสูงสุด (peak) จากการวิเคราะห์ การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	1351429	270286	156	0.0000
Error	24	41502	1729		
Total	29	1392931			

CV = 1.47 %

ตารางภาคผนวก 15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง (breakdown) จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	2984724	596945	140	0.0000
Error	24	102415	4267		
Total	29	3087140			

CV = 6.11 %

ตารางภาคผนวก 16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ ค่าความหนืดจากการคืนตัว (setback) จากการ วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่น ความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	4666209	933242	266	0.0000
Error	24	84071	3503		
Total	29	4750280			

CV = 20.29 %

ตารางภาคผนวก 17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ ค่าความหนืดสูงสุด (final viscosity) จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	1054001	210808	50.2	0.0000
Error	24	100871	4203		
Total	29	1154872			

CV = 2.07 %

ตารางภาคผนวก 18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการใช้ตัวของข้าวสุกที่วัดได้จากข้าวสารที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	0.06135	0.01227	35.9	0.0000
Error	24	0.00820	0.00034		
Total	29	0.06955			

CV = 1.16 %

ตารางภาคผนวก 19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะทางของแป้งที่ไหลในการทดสอบความคงตัวของแป้งสุกที่วัดได้จากข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	12.2363	2.44725	23.7	0.0000
Error	24	2.4825	0.10344		
Total	29	14.7187			

CV = 4.40 %

ตารางภาคผนวก 20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline; 2AP ที่ตรวจสอบพบในข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 27.12 MHz ในระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที

Source	DF	SS	MS	F	P
RF	5	0.20511	0.04102	0.56	0.0000
Error	12	0.88140	0.07345		
Total	17	1.08651			

CV = 8.28 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ภาคผนวก ค.

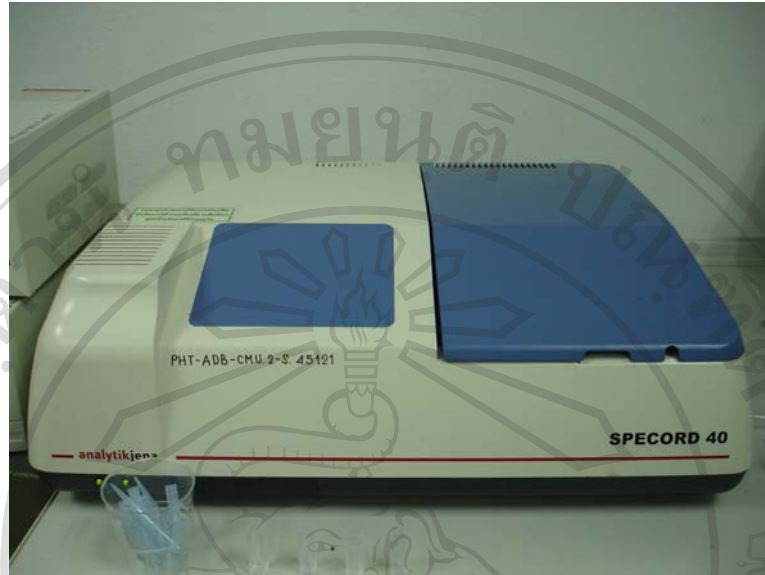
ภาพเครื่องมือ



ภาพ 1 เครื่องกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency generator) สร้าง และปรับปรุงโดย
Institute of Agriculture Engineering, University of Göttingen, Germany
ความถี่ของคลื่นวิทยุ 27.12 MHz



ภาพ 2 เครื่อง Texture analyzer TA-XT plus Texture Analyzer ;
Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY



ภาพ 3 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยอ่านค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 620 นาโนเมตร



ภาพ 4 เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ

นาย ฌณณิน ลือชัย

วัน เดือน ปี เกิด

7 มกราคม 2526

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่
ปีการศึกษา 2543สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปีการศึกษา 2547

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved