

## ภาคผนวก ก

### วิธีการวิเคราะห์

#### 1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธี Air oven method (A.O.A.C., 2000)

##### อุปกรณ์

1. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)
2. ภาชนะอะลูมิเนียม
3. โถดูดความชื้น (Desiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

##### วิธีการ

1. อบภาชนะอะลูมิเนียมในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วนำออกมาจากตู้อบไฟฟ้าใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นโดยให้อุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งค่าแตกต่างกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในภาชนะซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว

4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  นานประมาณ 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น

5. นำกลับเข้าตู้อบอีกครั้ง กระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

6. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(a-b)}{a} \times 100$$

a

เมื่อ a = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

b = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

#### 2. การวิเคราะห์ปริมาณแฉะ โดยวิธี Direct method (A.O.A.C., 2000)

##### อุปกรณ์

1. เตาเผา (Muffle furnace)

2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)
3. เตาไฟฟ้า (Hot plate)
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

#### วิธีการ

1. เเผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600°C เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง ปิดสวิทซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิในเตาเผาตกลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก

2. เเผาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนัก ทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบ น้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600°C และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1-2

4. คำนวณปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$$

### 3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method (A.O.A.C., 2000)

#### อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ย่อยโปรตีน
2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน
3. ขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. ปิเปตขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
6. บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร
7. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
8. ลูกแก้ว
9. บีกเกอร์
10. กระจกกรอง

#### สารเคมี

1. สารเร่งปฏิกิริยา (ใช้สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต:โพแทสเซียมซัลเฟต อัตราส่วน 1:10)
2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 96-97 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40
4. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
5. สารละลายกรดบอริก ( $H_2BO_3$ ) เข้มข้นร้อยละ 4
6. อินดิเคเตอร์ (สารผสมระหว่าง Bromocresolresin : Methyl red : Methylene blue อัตราส่วน 0.1: 0.125 : 0.028 ใน Ethyl alcohol 100 มิลลิลิตร)

### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรอง ให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิดใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน
  2. เติมสารเร่งปฏิกิริยาลงไป 5 กรัม
  3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 20-25 มิลลิลิตร
  4. ใส่ลูกแก้ว นำไปย่อยบนเตาเผาในตู้ควัน จนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยให้เย็น
  5. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยโปรตีน
  6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยโปรตีน
  7. นำขวดรูปชมพู่ ซึ่งบรรจุกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด นำไปกลั่นลงในขวดที่รองรับ
  8. กลั่นนานประมาณ 10 นาที ล้างปลายชุดควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดที่รองรับ
  9. ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่เข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง บันทึกปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไป
  10. ทำแบบลงค์ ตามข้อ 1-9 โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่าง
  11. คำนวณปริมาณ โปรตีนจากสูตร  

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)} = \frac{(A-B) \times N \times 14.007 \times F}{W_t}$$
- เมื่อ A = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทเบลงค์ (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มัล)

F = ค่าแฟคเตอร์ (F = 6.25)

Wt = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

#### 4. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยวิธี Solvent extraction (A.O.A.C., 2000)

##### อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมันประกอบด้วยขวดกลมสำหรับใส่สารตัวทำละลายได้แก่ ซอกเลต (Soxhlet) อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) และเตาให้ความร้อน (Heating mantle)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (Extraction thimble)
3. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. สำลี

##### สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์

##### วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ขนาด 250 มิลลิลิตร ในตู้อบที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}\text{C}$  ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักจนกระทั่งได้น้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ถ้าตัวอย่างที่ใช้เป็นอาหารที่มีไขมันมากให้ชั่ง 1-2 กรัม ถ้าเป็นชนิดที่มีไขมันน้อยใช้ 3-5 กรัม ห่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง
3. นำหลอดใส่ตัวอย่างลงในซอกเลต
4. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาตร 200 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตาให้ความร้อน
5. ประกอบเข้ากับชุดสกัดไขมันพร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิตซ์ให้ความร้อน
6. ใช้เวลาในการสกัดไขมันนานประมาณ 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารตัวทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่ออนาที

7. เมื่อสกัดจนครบ 14 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากชอคเลต ทิ้งให้ตัวทำละลายไหลจากชอคเลตลงในขวดกลมจนหมด
8. ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสูญญากาศ
9. นำขวดกลมไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90°C ประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักกระทำซ้ำจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่
10. คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร  

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

## 5. ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้ง (Sriroth *et al.*, 1999)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง Scanning electron microscopy (SEM) ยี่ห้อ Leo รุ่น 1455 VP
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)

### วิธีการ

1. อบตัวอย่างแป้งเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างแป้งไว้ในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง
2. วางตัวอย่างแป้งเล็กน้อยบนฐานวางตัวอย่าง (Stab) เคลือบแป้งให้กระจาย แล้วฉาบผิวหน้าตัวอย่างด้วยวิธี Ionspatter-coated with gold
3. นำตัวอย่างแป้งที่เตรียมไว้แล้วมาส่องผ่านกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 1000 เท่า และที่ 10 kV

## 6. การกระจายขนาดอนุภาคของเม็ดแป้ง (ดัดแปลงจาก Li and Yeh, 2001)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่อง Laser particle size analyzer รุ่น Coulter LS 230

### สารเคมี

น้ำกลั่น

### วิธีการ

วัดการกระจายของขนาดอนุภาคแป้งโดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Laser particle size analyzer

## 7. ลักษณะมอลต์สโครสของแป้ง (คัดแปลงจาก Sahai *et al.*, 1996)

### อุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์แบบโพลาไรซ์ ยี่ห้อ Olympus รุ่น CH 30
2. แผ่นกระจกสไลด์
3. กระจกปิดแผ่นสไลด์ (Cover slide)
3. หลอดหยด

### สารเคมี

1. เอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95
2. สารผสมระหว่างกลีเซอรอลและน้ำ (อัตราส่วน 1 ต่อ 1)

### วิธีการ

#### การเตรียมตัวอย่างแป้ง

นำตัวอย่างแป้งเล็กน้อยวางบนแผ่นกระจกสไลด์ แล้วเติมเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 จำนวน 1 หยด เพื่อให้ตัวอย่างแป้งกระจาย

#### การเตรียมตัวอย่างข้าวเหนียว

ตัดตัวอย่างของก้อนโดข้าวเหนียวสุก ภายหลังทิ้งไว้ให้เย็น เป็นชิ้นบางมากที่สุด โดยตัดบริเวณตรงกึ่งกลางของก้อนโดข้าวเหนียว จากนั้นวางตัวอย่างลงบนแผ่นกระจกสไลด์

#### การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างที่ได้เติมสารผสมระหว่างกลีเซอรอลและน้ำ 1 หยด ลงบนตัวอย่าง (กรณีตัวอย่างแป้งผสมให้เม็ดแป้งกระจายตัว) แล้วปิดด้วยกระจกปิดแผ่นสไลด์ จากนั้นนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบโพลาไรซ์ที่กำลังขยาย 400 เท่า ทำการบันทึกภาพของตัวอย่างไว้ด้วยโปรแกรม Life view TVR

## 8. การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส (International standard organization, 1987)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Jenway รุ่น 6405 UV/VIS
2. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
3. บีเปตขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร
4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
5. บีเกอร์
6. หลอดหยด

7. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
8. เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic stirrer) ยี่ห้อ Bibby รุ่น SB162-3

#### สารเคมี

1. อะมิโลสบริสุทธิ์ (Pure amylose from potato)
2. อะมิโลเพคตินจากแป้งมันฝรั่ง
3. เอซิดแอลกอฮอล์ร้อยละ 95
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์
5. กรดอะซิติกเข้มข้น 1 โมลาร์
6. น้ำกลั่น
7. สารละลายไอโอดีน (เตรียมจากซังไอโอดีน 0.2 กรัม และโปแตสเซียมไอโอไดด์ 2.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร)

#### วิธีการ

##### การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสในตัวอย่าง

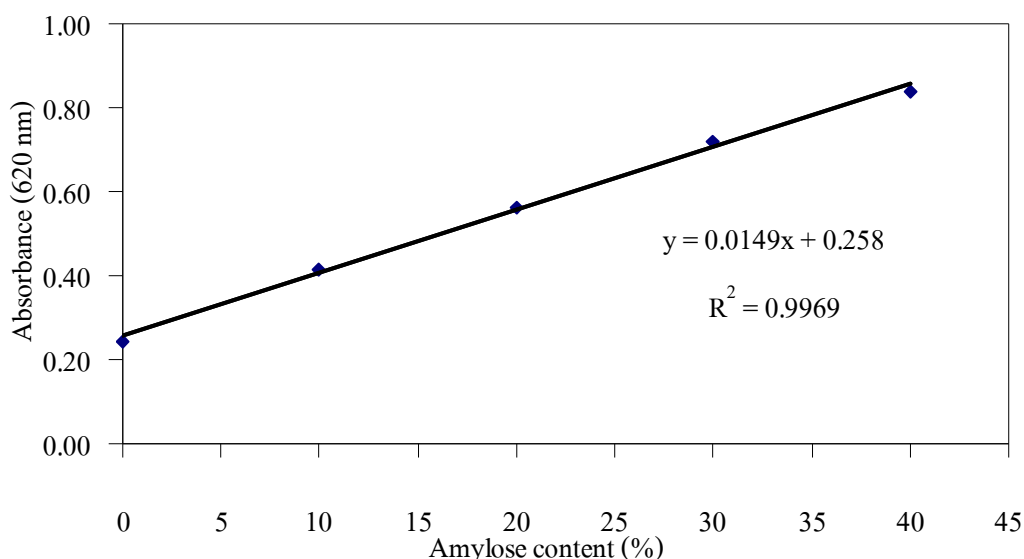
1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอนประมาณ 50 มิลลิกรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมเอซิดแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า
2. คัมให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95°C นาน 30 นาที วางค้ำคืนไว้ที่อุณหภูมิห้อง
3. เทสารผสมลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดวัดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน
4. ปิเปิดสารละลายน้ำแป้งที่เตรียมได้มาปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ที่มีกรดอะซิติกเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายไอโอดีนปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดวัดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 20 นาที ในที่มืด
5. ทำแบลนด์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างแต่ไม่ใส่สารตัวอย่าง
6. นำสารละลายที่ได้วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยปรับค่าสารละลายแบลนด์เท่ากับศูนย์
7. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปหาปริมาณอะมิโลส โดยเทียบจากกราฟมาตรฐาน

##### การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. ชั่งอะมิโลสบริสุทธิ์และอะมิโลเพคตินน้ำหนักประมาณ 100 มิลลิกรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมเอซิดแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเติม

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า

2. ต้มให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95°C นาน 30 นาที วางข้างคืนไว้
3. เทสารผสมลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดวัดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน
4. นำสารละลายอะมิโลสและอะมิโลเพคติน ผสมเข้าด้วยกันตามสัดส่วนที่มีปริมาณของอะมิโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยปริมาตร
5. ปิเปิดสารละลายอะมิโลสมาตรฐานที่เตรียมไว้มาปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ที่มีกรดอะซิติกเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายไอโอดีนปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดวัดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาทีในที่มืด
6. นำสารละลายอะมิโลสมาตรฐานที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร แล้วเขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของปริมาณอะมิโลสและค่าการดูดกลืนแสงที่ตรวจวัดได้



**ภาพภาคผนวกที่ 1** กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณอะมิโลสกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

Standard curve of amylose content at wavelength 620 nm



## 9. การวิเคราะห์กำลังการพองตัวของแป้ง (ดัดแปลงจาก Schoch, 1964)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Sanyo รุ่น Harrier 18/80
2. หลอดหมุนเหวี่ยง ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
4. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)
5. เครื่องไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. ถ้วยอะลูมิเนียม

### วิธีการ

1. นำตัวอย่างแป้ง 0.500 กรัม (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง) ใส่หลอดหมุนเหวี่ยง ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 15 มิลลิลิตร
3. แช่หลอดหมุนเหวี่ยงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 55, 65, 75, 85 และ 95<sup>o</sup>ซ นาน 30 นาที
4. นำไปเหวี่ยงแยกในเครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิที่ 25<sup>o</sup>ซ ด้วยความเร็ว รอบ 2,200 รอบต่อนาที นาน 15 นาที
5. ควบแน่นบนใบถ้วยอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนให้มากที่สุด และนำไปอบให้แห้งในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105<sup>o</sup>ซ จนมีน้ำหนักคงที่ แล้วชั่งน้ำหนักเป็นส่วนที่ละลายน้ำ
6. ชั่งน้ำหนักแป้งที่เหลือในหลอดหมุนเหวี่ยง เพื่อให้ทราบน้ำหนักที่พองตัวและคำนวณค่ากำลังพองตัวจากสูตร

$$\text{การละลาย (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ละลายน้ำ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)}}$$

$$\text{กำลังการพองตัว (กรัม/กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักของแป้งเปียก (กรัม)} \times 100}{(\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)}) (100 - \text{การละลาย (ร้อยละ)})}$$

## 10. การวิเคราะห์ความหนืด โดยใช้เครื่อง Rapid visco analyzer (Newport Scientific, 1995)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่อง Rapid visco analyzer (RVA) รุ่น 4D

### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างหนักประมาณ 4 กรัม (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) ลงในภาชนะของเครื่อง RVA และเติมน้ำกลั่น 25 กรัม ใช้ใบพาย (Paddle) ทำการหมุนไปมาและดึงขึ้นลงเพื่อกวนตัวอย่างให้เข้ากัน

2. นำภาชนะที่ใส่พายเข้าเครื่อง RVA กำหนดโปรแกรมของเครื่องวัดความหนืด โดยเริ่มให้ความร้อนที่ 30°C เป็นเวลา 6 นาที และจากนั้นเพิ่มความร้อนจาก 30 ถึง 95°C ด้วยอัตราความเร็ว 13°C ต่อนาที เป็นเวลานาน 5 นาที และให้อุณหภูมิคงที่ที่ 95°C เป็นเวลา 6.5 นาที จากนั้นลดอุณหภูมิลงเป็น 30°C เป็นเวลานาน 5 นาที และให้ระบบมีอุณหภูมิคงที่ ณ 30°C เป็นเวลานาน 9 นาที และหยุดทำงานเมื่อครบ 31.5 นาที โดยความเร็วในการกวนของมอเตอร์ 10 วินาทีแรกอยู่ที่ 960 รอบต่อนาที หลังจากนั้นลดลงมาที่ 160 รอบต่อนาทีจนสิ้นสุดการทดลอง

3. วิเคราะห์ผลจากกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อเวลาที่ได้ บันทึกค่าต่างๆ ดังนี้ อุณหภูมิที่ทำให้เม็ดแป้งพองตัวและความหนืดเริ่มปรากฏ (Pasting temperature) ความหนืดสูงสุดเมื่อแป้งพองตัวสูงสุด (Peak viscosity) ความหนืดต่ำสุด (Trough viscosity) ความหนืดสุดท้ายเมื่อแป้งเย็นตัว (Final viscosity) ผลต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (Breakdown viscosity) และผลต่างของความหนืดสุดท้ายและความหนืดต่ำสุด (Setback viscosity)

### 11. รูปแบบโครงสร้างผลึกของแป้ง (Ahmad *et al.*, 1999)

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง X-ray diffractometer (XRD) ยี่ห้อ Philips รุ่น X 'pert MPD
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)
3. ตะแกรงร่อนขนาด 250 ไมครอน
4. เครื่องบดละเอียด (Blender)
5. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)

### วิธีการ

1. บดตัวอย่างแผ่นข้าวเกรียบหลังอบด้วยเครื่องบด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอน อบแห้งในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 40°C นาน 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง

2. บรรจุตัวอย่างใส่ภาชนะของเครื่อง XRD โดยใช้ Cu node X-ray tube สร้างคลื่นรังสี CuK $\alpha$  ที่ความยาวคลื่น 1.5406 Å ซึ่งกำหนดสภาวะของการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD โดยตั้งค่ามุม ( $2\theta$ ) อยู่ระหว่างจาก 4-40° $2\theta$  ที่ 30 mA และ 40 kV

## 12. อุณหภูมิการเกิดเจลลิตินในเซชัน (Gunaratne and Hoover, 2002)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น DSC7

### วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแป้งประมาณ 2 มิลลิกรัม (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) ผสมกับน้ำกลั่น 6.0 มิลลิกรัม (อัตราส่วนของแป้งต่อน้ำเท่ากับ 1:3) ใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียมของเครื่อง DSC
2. ปิดผนึกถ้วยอะลูมิเนียมให้สนิท แล้วตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาานาน 2 ชั่วโมง
3. นำถ้วยอะลูมิเนียมใส่ในช่องตัวอย่างของเครื่อง DSC และวางภาชนะเปล่า ซึ่งใช้เป็นภาชนะอ้างอิง โดยตั้งช่วงอุณหภูมิในการทดสอบอยู่ระหว่าง 20-120<sup>o</sup>ซ ที่อัตราความเร็วในการให้ความร้อน 10<sup>o</sup>ซ ต่อนาที
4. อ่านค่าอุณหภูมิของการเกิดเจลลิตินในเซชัน คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลลิตินในเซชัน (Onset temperature, T<sub>o</sub>), อุณหภูมิสูงสุดของการเกิดเจลลิตินในเซชัน (Peak temperature, T<sub>p</sub>), อุณหภูมิสุดท้ายของการเกิดเจลลิตินในเซชัน (Conclusion temperature, T<sub>c</sub>) และค่าพลังงานที่ใช้ในการเกิดเจลลิตินในเซชัน (Enthalpy, ΔH) จากเทอร์โมแกรม
5. คำนวณระดับของการเกิดเจลลิตินในเซชัน (Degree of gelatinization) ของตัวอย่างข้าวเกรียบที่ยังไม่ผ่านการทอด (Raw cracker) จากสูตร ดังนี้

$$\text{ระดับการเกิดเจลลิตินในเซชัน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)} = \frac{\Delta H_s - \Delta H_r}{\Delta H_s} \times 100$$

เมื่อ  $\Delta H_s$  = พลังงานที่ใช้ในการเกิดเจลลิตินในเซชันของตัวอย่างแป้งดิบ (จุลต่อกรัม)

$\Delta H_r$  = พลังงานที่ใช้ในการเกิดเจลลิตินในเซชันของตัวอย่างข้าวเกรียบที่ยังไม่ผ่านการทอด (จุลต่อกรัม)

## 13. การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water absorption index; WAI) และการละลายน้ำ (Water soluble index ; WSI) (Anderson *et al.*, 1969)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Sanyo รุ่น Harrier 18/80
2. หลอดหมุนเหวี่ยงขนาด 12 มิลลิลิตร
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. หลอดหยด

**สารเคมี**

1. น้ำกลั่น
2. เอซิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95

**วิธีการ**

1. ชั่งตัวอย่าง 0.3 กรัม (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) ใส่ลงในหลอดหมุนเหวี่ยงขนาด 12 มิลลิลิตร เติมเอซิลแอลกอฮอล์ร้อยละปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร
2. ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน (12 ชั่วโมง)
3. เหวี่ยงแยกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 25<sup>o</sup>ซ ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 20 นาที
4. รินส่วนใสแยกไปวิเคราะห์หาค่าความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) โดยถ่ายตัวอย่างลงในภาชนะหาค่าความชื้น ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปวิเคราะห์หาค่าความชื้นตามวิธี A.O.A.C (2000)
5. นำตะกอนที่เหลือไปวิเคราะห์หาค่า WAI โดยการชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตะกอน
6. คำนวณหาค่า WAI และ WSI
 
$$WAI = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนเปียก (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)}}$$

$$WSI = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนแห้ง (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)}}$$

**14. ลักษณะและจำนวนโพรงอากาศ****อุปกรณ์**

1. กล้องสเตอริโอ ยี่ห้อ Zeiss รุ่น SEMI 2000 C
2. แผ่นกระจกสไลด์

**วิธีการ**

1. ตัดชิ้นตัวอย่างของข้าวเกรียบบริเวณตรงกลางขนาด 1.0x1.0 ตารางเซนติเมตร วางตัวอย่างบนแผ่นกระจกสไลด์

2. นำตัวอย่างมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ที่กำลังขยาย 125 เท่า ถ่ายภาพเป็นแบบ JPEG ซึ่งมีขนาด 800x600 จุด แล้วบันทึกภาพถ่ายที่ได้ด้วยโปรแกรม Motic Images Plus 2.0 ML
3. นับจำนวน โพรงอากาศจากภาพถ่ายที่ได้โดยปรับขยายภาพให้มีขนาดเท่ากับ 8x10 ตารางเซนติเมตร แล้วนับจำนวน โพรงอากาศบนพื้นที่ปรากฏ

#### 15. อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบ (Yu *et al.*, 1981)

##### อุปกรณ์

เวอร์เนียร์

##### วิธีการ

1. ทำการวัดการพองตัวของข้าวเกรียบ โดยการวัดความหนาของข้าวเกรียบก่อนและหลังการทอดในน้ำมัน โดยการใช้เวอร์เนียร์ วัดความหนาของแผ่นข้าวเกรียบที่ตำแหน่งรอบของแผ่นข้าวเกรียบ 4 จุด และที่ตรงกลางแผ่นอีก 1 จุด ใช้ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างละ 5 แผ่น

2. คำนวณอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหลังการทอด

$$\text{อัตราการพองตัว (ร้อยละ)} = \frac{(a-b)}{b} \times 100$$

a = ความหนาของแผ่นข้าวเกรียบหลังทอด

b = ความหนาของแผ่นข้าวเกรียบก่อนทอด

#### 16. ค่า Thiobarbituric acid-reaction substances (TBARS) (Buege and Aust, 1978)

##### เครื่องและอุปกรณ์

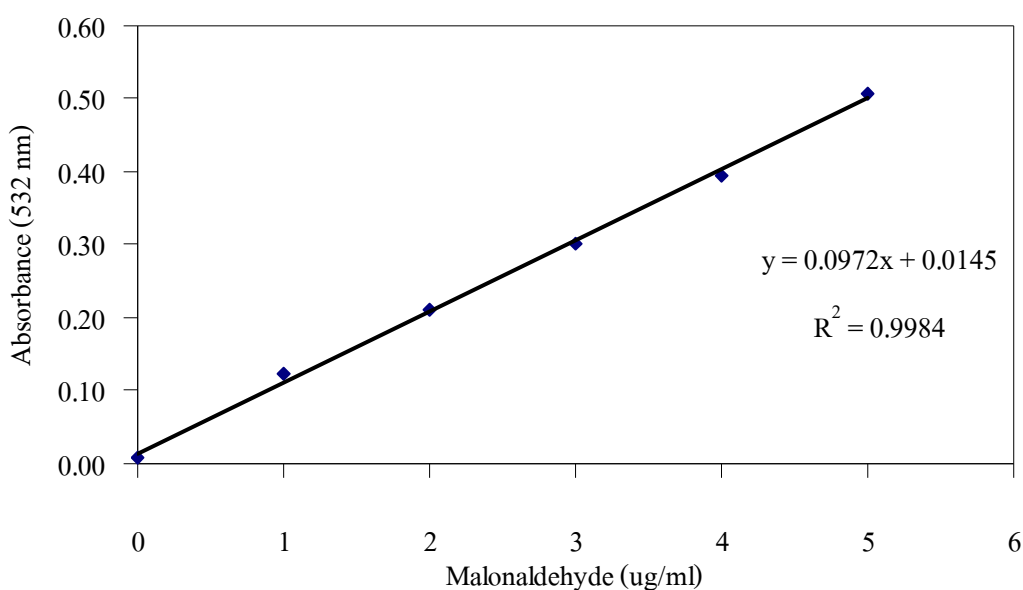
1. เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Jenway รุ่น 6405 UV/VIS
2. เครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Sanyo รุ่น Harrier 18/80
3. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
4. ปิเปตขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร
5. หลอดฝาเกลียว

##### สารเคมี

1. สารละลายไซโอบาบิทูริก ซึ่งประกอบด้วย กรดไซโอบาบิทูริกร้อยละ 0.375 ในกรดไตรคลอโรอะซิติกร้อยละ 15 และสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.25 นอร์มัล
2. สารมาตรฐานมาโลนอัลดีไฮด์

### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างหนัก 0.50 กรัม ในสารละลายโซโอบาปิฟูริก ปริมาตร 4.0 มิลลิลิตร
2. ต้มสารละลายผสมในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที
3. ทำให้สารละลายผสมเย็นโดยน้ำไหล
4. เหยี่ยงแยกสารละลายด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที
5. ทำเบลนค์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างแต่ไม่ใส่สารตัวอย่าง
7. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร
8. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปหาค่า TBARS โดยเปรียบจากกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานมาโลนอัลดีไฮด์ (ความเข้มข้นจาก 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, และ 5.0  $\mu\text{g/ml}$ ) และคำนวณหาค่า TBARS ในรูปของมิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง (mg malondaldehyde/kg sample)



ภาพภาคผนวกที่ 2 กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

Standard curve of malonaldehyde at wavelength 532 nm

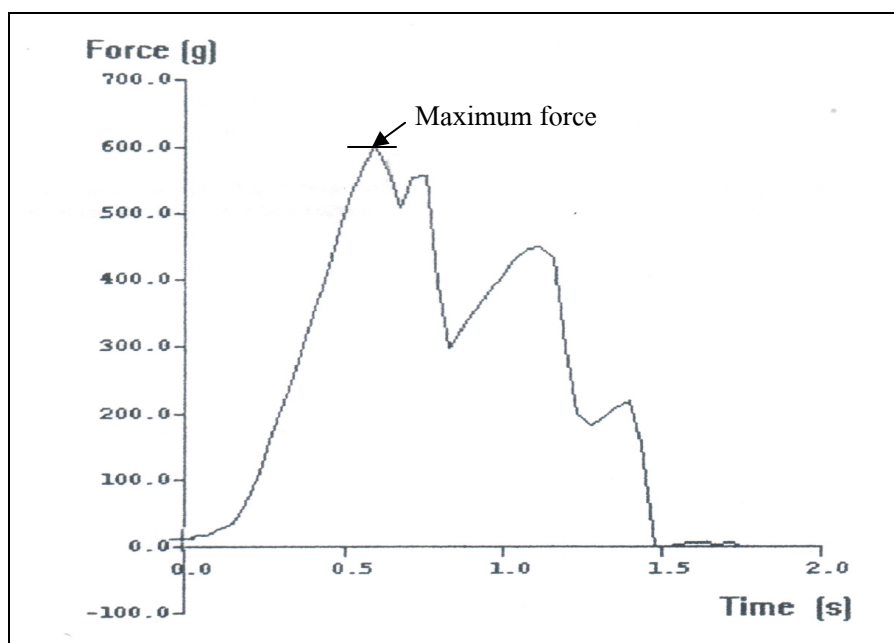
### 17. การวัดค่าแรงกดของเนื้อสัมผัส (Compression force) (Anon, 1996)

#### อุปกรณ์

เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable micro system รุ่น TA-XT2

#### วิธีการ

1. เลือกโปรแกรม Texture expert English
2. ใช้หัววัดแบบหัวเข็มรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร หรือเรียกว่าเข็ม P/0.25s w Spherical stainless และติดตั้งวางตัวอย่างข้าวเกรียบลงบนฐานรองรับรูปทรงกระบอกทรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร
3. ทำการวัดโดยให้หัววัดตกลงบนตัวอย่าง ซึ่งความเร็วของหัววัดขณะทดสอบ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วของหัววัดหลังการทดสอบ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที และให้หัววัดกดตัวอย่างลงเป็นระยะทาง 3 มิลลิเมตร ทดสอบจำนวน 10 ซ้ำ
6. อ่านค่าแรงกดสูงสุดของตัวอย่างข้าวเกรียบที่วัดได้จากค่า Maximum force



ภาพภาคผนวกที่ 3 ค่าแรงกดสูงสุดของเนื้อสัมผัสข้าวเกรียบโดยใช้เครื่อง Texture analyzer  
Maximum force value of cracker from texture analyzer

## ภาคผนวก ข

### ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

**ตารางภาคผนวกที่ 1** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอะมิโลสของแป้งดิบจากแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาธู และแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาธูที่มีปริมาณแป้งสาธูเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 6, 12, 18 และ 24

Analysis of variance for amylose content of native starch from cassava starch, sago starch and the starch mixtures (cassava and sago starches) with different levels of sago starch added (6, 12, 18, and 24 %)

Source	SV	SS	Df	MS	F	Sig.
Sago starch content	Treatment	40.187	5	8.037	70.492	0.000
	Error	0.684	6	0.114		
	Total	40.871	11			



**ตารางภาคผนวกที่ 2** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกำลังการพองตัวของแป้งดิบจากแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาकु และแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาकुที่มีปริมาณแป้งสาकुเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 6, 12, 18 และ 24 ที่อุณหภูมิ 55-95°C

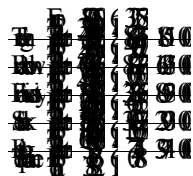
Analysis of variance for swelling power of native starch from cassava starch, sago starch and the starch mixtures (cassava and sago starches) with different levels of sago starch added (6, 12, 18, and 24 %) at temperature 55-95°C

Source	SV	SS	Df	MS	F	Sig.
55°C	Treatment	0.241	5	0.048	61.675	0.000
	Error	0.009	12	0.001		
	Total	0.250	17			
65°C	Treatment	228.583	5	45.717	375.090	0.000
	Error	1.463	12	0.122		
	Total	230.046	17			
75°C	Treatment	236.370	5	47.274	430.906	0.000
	Error	1.317	12	0.110		
	Total	237.687	17			
85°C	Treatment	318.538	5	63.708	96.602	0.000
	Error	7.914	12	0.659		
	Total	326.452	17			
95°C	Treatment	173.537	5	34.707	61.798	0.000
	Error	6.740	12	0.562		
	Total	180.277	17			

**ตารางภาคผนวกที่ 3** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการละลายของแป้งดิบจากแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาธู และแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาธูที่มีปริมาณแป้งสาธูเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 6, 12, 18 และ 24 ที่อุณหภูมิ 55-95<sup>o</sup>ซ

Analysis of variance for solubility of native starch from cassava starch, sago starch and the starch mixtures (cassava and sago starches) with different levels of sago starch added (6, 12, 18, and 24 %) at temperature 55-95<sup>o</sup>C

Source	SV	SS	Df	MS	F	Sig.
55 <sup>o</sup> C	Treatment	0.117	5	0.023	50.296	0.000
	Error	0.006	12	0.000		
	Total	0.122	17			
65 <sup>o</sup> C	Treatment	64.683	5	12.937	526.537	0.000
	Error	0.295	12	0.025		
	Total	64.978	17			
75 <sup>o</sup> C	Treatment	7.845	5	1.569	12.529	0.000
	Error	1.503	12	0.125		
	Total	9.348	17			
85 <sup>o</sup> C	Treatment	3.708	5	0.742	22.044	0.000
	Error	0.404	12	0.034		
	Total	4.112	17			
95 <sup>o</sup> C	Treatment	3.984	5	0.797	7.659	0.002
	Error	1.248	12	0.104		
	Total	5.233	17			



**ตารางภาคผนวกที่ 4** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งดิบจากแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาคุ และแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคุที่มีปริมาณแป้งสาคุเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 6, 12, 18 และ 24

Analysis of variance for pasting characteristics of native starch from cassava starch, sago starch and the starch mixtures (cassava and sago starches) with different levels of sago starch added (6, 12, 18, and 24 %)

Source	SV	SS	Df	MS	F	Sig.
Peak viscosity	Treatment	3318467.417	5	663693.483	212.614	0.000

**ตารางภาคผนวกที่ 5** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิการเกิดเจลาคีโนเซชันของแป้งดิบจากแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาธู และแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาธูที่มีปริมาณแป้งสาธูเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 6, 12, 18 และ 24

Analysis of variance for gelatinization temperature of native starch from cassava starch, sago starch and the starch mixtures (cassava and sago starches) with different levels of sago starch added (6, 12, 18, and 24 %)

Source	SV	SS	Df	MS	F	Sig.
Onset temperature	Treatment	27.493	5	5.499	185.906	0.000
	Error	0.177	6	0.030		
	Total	27.671	11			
Peak temperature	Treatment	48.429	5	9.686	596.387	0.000
	Error	0.097	6	0.016		
	Total	48.527	11			
Conclusion temperature	Treatment	15.250	5	3.050	20.747	0.001
	Error	0.882	6	0.147		
	Total	16.132	11			
$\Delta H$	Treatment	3.319	5	0.664	1.026	0.478
	Error	3.883	6	0.647		
	Total	7.202	11			
$\Delta T$	Treatment	19.106	5	3.821	45.436	0.000
	Error	0.505	6	0.084		
	Total	19.611	11			

Note:  $\Delta T$  : gelatinization temperature range ( $T_o - T_c$ )

$T_o$  : Onset temperature;  $T_c$  : Conclusion temperature ;  $\Delta H$  : Enthalpy (J/g of dry wt.)

**ตารางภาคผนวกที่ 6** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับของการเกิดเจลาตินในเซชันของข้าวเกรียบที่ยังไม่ผ่านการทอดซึ่งเตรียมจากแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาอูที่มีปริมาณแป้งสาอูเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 0, 6, 12, 18 และ 24

Analysis of variance for degree of gelatinization of raw cracker produced from the mixture between cassava and sago starches with different levels of sago starch added (0, 6, 12, 18 and 24%)

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig
Corrected mode	6899.259	39	176.904	39.296	0.000
Intercept	421274.656	1	421274.656	93579.211	0.000
%Sago starch	163.590	4	40.897	9.085	0.000
Time	6552.574	7	936.082	207.935	0.000
%Sago starch*Time	183.096	28	6.539	1.453	0.137
Error	180.072	40	4.502		
total	428353.988	80			
Corrected total	7079.331	79			

<sup>a</sup> R Squared = 0.975 (Adjusted R Squared = 0.950)

Note: All raw crackers were prepared by steaming the starch mixtures at 100°C for 25-120 min, followed by drying at 55-60°C for 3-4 h.

**ตารางภาคผนวกที่ 7** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการดูดซับน้ำของข้าวเกรียบที่ยังไม่ผ่านการทอดซึ่งเตรียมจากแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาอูที่มีปริมาณแป้งสาอูเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 0, 6, 12, 18 และ 24

Analysis of variance for water absorption index of raw cracker produced from the mixture between cassava and sago starches with different levels of sago starch added (0, 6, 12, 18 and 24%)

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected mode	37.479 <sup>a</sup>	39	0.961	18.119	0.000
Intercept	3787.880	1	3787.880	71416.664	0.000
%Sago starch	4.903	4	1.226	23.110	0.000
Time	31.348	7	4.478	84.434	0.000
%Sago starch*Time	1.227	28	0.044	0.826	0.709
Error	4.243	80	0.053		
total	3829.602	120			
Corrected total	41.722	119			

<sup>a</sup> R Squared = 0.898 (Adjusted R Squared = 0.849)

Note: All raw crackers were prepared by steaming the starch mixtures at 100°C for 25-120 min, followed by drying at 55-60°C for 3-4 h.

**ตารางภาคผนวกที่ 8** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการละลายน้ำของข้าวเกรียบที่ยังไม่ผ่านการทอดซึ่งเตรียมจากแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาอูที่มีปริมาณแป้งสาอูเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 0, 6, 12, 18 และ 24

Analysis of variance for water soluble index of raw cracker produced from the mixture between cassava and sago starches with different levels of sago starch added (0, 6, 12, 18 and 24%)

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig
Corrected mode	1335.787 <sup>a</sup>	39	34.251	148.802	0.000
Intercept	17487.499	1	17487.499	75973.698	0.000
%sago starch	95.420	4	23.855	103.637	0.000
Time	1220.544	7	174.363	757.515	0.000
%Sago starch*Time	19.823	28	0.708	3.076	0.000
Error	18.414	80	0.230		
total	18841.700	120			
Corrected total	1354.201	119			

<sup>a</sup> R Squared = 0.986 (Adjusted R Squared = 0.980)

Note: All raw crackers were prepared by steaming the starch mixtures at 100°C for 25-120 min, followed by drying at 55-60°C for 3-4 h.

**ตารางภาคผนวกที่ 9** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหลังทอดซึ่งเตรียมจากแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาอูที่มีปริมาณแป้งสาอูเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 0, 6, 12, 18 และ 24

Analysis of variance for expansion ratio of fried cracker produced from the mixture between cassava and sago starches with different levels of sago starch added (0, 6, 12, 18 and 24%)

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig
Corrected mode	7000.575	39	179.502	313.560	0.000
Intercept	6280956.815	1	6280956.815	10971798.328	0.000
%Sago starch	900.470	4	225.118	393.243	0.000
Time	5928.157	7	846.880	1479.359	0.000
%Sago starch*Time	171.948	28	6.141	10.727	0.000
Error	91.594	160	0.572		
total	6288048.984	200			
Corrected total	7092.169	199			

<sup>a</sup> R Squared = 0.987 (Adjusted R Squared = 0.984)

Note: All fried crackers were prepared by steaming the starch mixtures at 100°C for 25-120 min, followed by drying at 55-60°C for 3-4 h and frying at 190-200°C for 25 sec.



**ตารางภาคผนวกที่ 10** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโพรงอากาศของข้าวเกรียบหลังทอดซึ่งเตรียมจากแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูที่มีปริมาณแป้งสาคูเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 0, 6, 12, 18 และ 24

Analysis of variance for amount of fried cracker produced from the mixture between cassava and sago starches with different levels of sago starch added (0, 6, 12, 18 and 24%)

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig
Corrected mode	82585.992	39	2117.590	212.467	0.000
Intercept	1598751.675	1	1598751.675	160409.867	0.000
%Sago starch	7405.117	4	1851.279	185.747	0.000
Time	74305.325	7	10615.046	1065.055	0.000
%Sago starch*Time	875.550	28	31.270	3.137	0.000
Error	797.333	80	9.967		
total	1682135.000	120			
Corrected total	83383.325	119			

<sup>a</sup> R Squared = 0.990 (Adjusted R Squared = 0.986)

Note: All fried crackers were prepared by steaming the starch mixtures at 100°C for 25-120 min, followed by drying at 55-60°C for 3-4 h and frying at 190-200°C for 25 sec.

**ตารางภาคผนวกที่ 11** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงกดของเนื้อสัมผัสข้าวเกรียบหลังทอดซึ่งเตรียมจากแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาอูที่มีปริมาณแป้งสาอูเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 0, 6, 12, 18 และ 24

Analysis of variance for compression force of fried cracker produced from the mixture between cassava and sago starches with different levels of sago starch added (0, 6, 12, 18 and 24%)

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig
Corrected mode	869.614	39	22.298	23.606	0.000
Intercept	62792.842	1	62792.842	66477.150	0.000
%Sago starch	81.543	4	20.386	21.582	0.000
Time	772.865	7	110.409	116.887	0.000
%Sago starch*Time	15.206	28	0.543	0.575	0.961
Error	340.048	360	0.945		
total	64002.504	400			
Corrected total	1209.662	399			

<sup>a</sup> R Squared = 0.719 (Adjusted R Squared = 0.688)

Note: All fried crackers were prepared by steaming the starch mixtures at 100°C for 25-120 min, followed by drying at 55-60°C for 3-4 h and frying at 190-200°C for 25 sec.

**ตารางภาคผนวกที่ 12** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบหลังทอดซึ่งเตรียมจากแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาธูที่มีปริมาณแป้งสาธูเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 0 และ 24 ภายหลังจากผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 100<sup>o</sup>ซ ระยะเวลา 60 นาที ในถุงโพลีโพรพิลีนและถุงอะลูมิเนียมเหนียวลามิเนต ระหว่างการเก็บรักษา 5 สัปดาห์

Analysis of variance for changes in moisture content of fried cracker produced from the mixture between cassava and sago starches with different levels of sago starch added (0 and 24%) steamed at 100<sup>o</sup>C for 60 min in polypropylene (PP) and aluminum laminate (AL) bags during storage time for 5 weeks

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	82.900	23	3.604	437.767	0.000
Intercept	704.632	1	704.632	85580.964	0.000
%Sago starch	3.213E-02	1	3.213E-02	3.902	0.054
Package	34.693	1	34.693	4213.640	0.000
Storage time	32.311	5	6.462	784.858	0.000
%Sago starch * Package	3.458E-03	1	3.458E-03	0.420	0.520
%Sago starch * Storage time	2.834E-02	5	5.668E-03	0.688	0.635
Package * Storage time	15.762	5	3.152	382.873	0.000
%Sago starch * Package * Storage time	7.063E-02	5	1.413E-02	1.716	0.149
Error	0.395	48	8.234E-03		
Total	787.928	72			
Corrected Total	83.295	71			

<sup>a</sup> R Squared = 0.995 (Adjusted R Squared = 0.993)

Note: All fried crackers were prepared by steaming the starch mixtures at 100<sup>o</sup>C for 60 min, followed by drying at 55-60<sup>o</sup>C for 3-4 h and frying at 190-200<sup>o</sup>C for 25 sec.

**ตารางภาคผนวกที่ 13** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงค่าแรงกดของเนื้อสัมผัสข้าวเกรียบหลังทอดซึ่งเตรียมจากแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาอูที่มีปริมาณแป้งสาอูเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 0 และ 24 ภายหลังจากการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 100<sup>o</sup>ซ ระยะเวลา 60 นาที ในถุงโพลีโพรพิลีนและถุงอะลูมิเนียมลามิเนต ระหว่างการเก็บรักษา 5 สัปดาห์

Analysis of variance for changes in compression force of fried cracker produced from the mixture between cassava and sago starches with different levels of sago starch added (0 and 24%) steamed at 100<sup>o</sup>C for 60 min in polypropylene (PP) and aluminum laminate (AL) bags during storage time for 5 weeks

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6782.467	23	294.890	153.614	0.000
Intercept	64956.116	1	64956.116	33836.968	0.000
%Sago starch	0.587	1	0.587	0.306	0.581
Package	3865.562	1	3865.562	2013.650	0.000
Storage time	1741.790	5	348.358	181.467	0.000
%Sago starch * Package	0.142	1	0.142	0.074	0.786
%Sago starch * Storage time	31.822	5	6.364	3.315	0.007
Package * Storage time	1127.607	5	225.521	117.479	0.000
%Sago starch * Package * Storage time	14.958	5	2.992	1.558	0.173
Error	414.651	216	1.920		
Total	72153.233	240			
Corrected Total	7197.118	239			

<sup>a</sup>R Squared = 0.942 (Adjusted R Squared = 0.936)

Note: All fried crackers were prepared by steaming the starch mixtures at 100<sup>o</sup>C for 60 min, followed by drying at 55-60<sup>o</sup>C for 3-4 h and frying at 190-200<sup>o</sup>C for 25 sec.

**ตารางภาคผนวกที่ 14** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TBARS ของข้าวเกรียบหลังทอดซึ่งเตรียมจากแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาธที่มีปริมาณแป้งสาธเป็นส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 0 และ 24 ภายหลังจากผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 100<sup>o</sup>ซ ระยะเวลา 60 นาที ในถุงโพลีโพรพิลีนและถุงอะลูมิเนียมเหนียวลามิเนต ระหว่างการเก็บรักษา 5 สัปดาห์

Analysis of variance for changes in TBARS content force of fried cracker produced from the mixture between cassava and sago starches with different levels of sago starch added (0 and 24%) steamed at 100<sup>o</sup>C for 60 min in polypropylene (PP) and aluminum laminate (AL) bags during storage time for 5 weeks

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	61.174	23	2.660	87.865	0.000
Intercept	382.169	1	382.169	12624.994	0.000
%Sago starch	8.681E-02	1	8.681E-02	2.868	0.097
Package	22.023	1	22.023	727.521	0.000
Storage time	30.695	5	6.139	202.801	0.000
%Sago starch* Package	7.476E-02	1	7.476E-02	2.470	0.123
%Sago starch* Storage time	0.149	5	2.977E-02	0.983	0.438
Package * Storage time	8.063	5	1.613	53.269	0.000
%Sago starch* Package * Storage time	8.354E-02	5	1.671E-02	0.552	0.736
Error	1.453	48	3.027E-02		
Total	444.796	72			
Corrected Total	62.627	71			

<sup>a</sup> R Squared = 0.977 (Adjusted R Squared = 0.966)

Note: All fried crackers were prepared by steaming the starch mixtures at 100<sup>o</sup>C for 60 min, followed by drying at 55-60<sup>o</sup>C for 3-4 h and frying at 190-200<sup>o</sup>C for 25 sec.