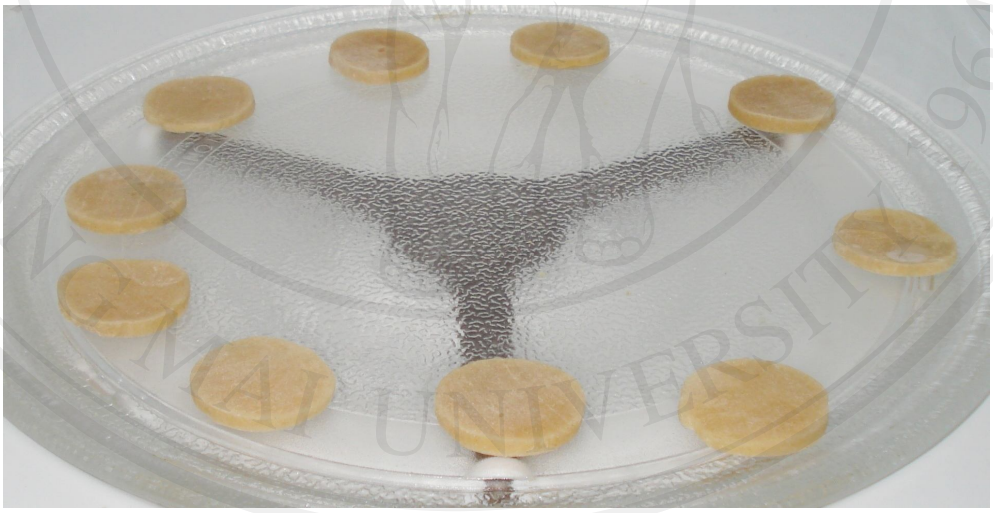
ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก
รูปภาพประกอบการวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ ก. 1 ลักษณะของก้อนแป้งที่ผ่านการปั้นเป็นแท่งกลมหลังแช่เย็นให้คงตัว



ภาพ ก. 2 ลักษณะของการวางแผ่นข้าวเหนียวกล้องก่อนอบพองด้วยเตาอบไมโครเวฟ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ ก. 3 ลักษณะของการวางแผ่นข้าวเหนียวกล้องหลังอบพองด้วยเตาอบไมโครเวฟ

ไม่ปรุงรส **รสบาร์บีคิว** **รสสาหร่าย**

ภาพ ก. 4 ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผลิตได้ แบบไม่ปรุงรส รสบาร์บิคิว และรสสาหร่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตภัณฑ์ทางการค้า 1 **ผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2** **ผลิตภัณฑ์ทางการค้า 3**

ภาพ ก. 5 ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวประเภทอบพองจากข้าวทางการค้า

ถุงอลูมินัมฟอล์ย **ถุงพลาสติกลามิเนต**

ภาพ ก. 6 ข้าวเหนียวกล้องอบพองในบรรจุภัณฑ์ ถุงอลูมินัมฟอล์ย และถุงพลาสติกลามิเนต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างแบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างแบบทดสอบ Hedonic scaling test

แบบทดสอบนี้ ใช้สำหรับวิเคราะห์ผลของรูปแบบข้าวเหนียวกล้องต่อคุณภาพของข้าวเหนียวกล้องอบพอง ผลการเติมแป้งข้าวเจ้ากล้อง และการนวดแป้งนึ่งสุกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง ผลของระยะเวลาในการแช่เย็นให้แป้งสุกคงตัว ผลของความหนา และความชื้นหลังอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวเหนียวกล้องอบพอง และเปรียบเทียบคุณภาพของข้าวเหนียวกล้องอบพองกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ ข้าวเหนียวกล้องอบพองด้วยเตาอบไมโครเวฟ

คำแนะนำ ให้ชิมตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบ 1-9 คะแนน ในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง คะแนนความชอบมีความหมายดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = เฉยๆ
6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

ลักษณะคุณภาพ	รหัสตัวอย่าง				
ลักษณะปรากฏ					
ความแข็งเมื่อกัด					
ความกรอบเมื่อเคี้ยว					
ความเนียนของเนื้อ					
กลิ่น					
รสชาติ					
ความชอบรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างแบบทดสอบ Hedonic scaling test

แบบทดสอบนี้ใช้สำหรับวิเคราะห์ศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวเหนียวกล้องอบพอง

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ ข้าวเหนียวกล้องอบพองด้วยเตาอบไมโครเวฟ

คำแนะนำ ให้ชิมตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบ 1-9 คะแนน ในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง คะแนนความชอบมีความหมายดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = เฉยๆ
6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

ลักษณะคุณภาพ	รหัสตัวอย่าง			
ลักษณะปรากฏ				
ความแข็งเมื่อกัดครั้งแรก				
ความกรอบเมื่อเคี้ยว				
กลิ่น				
รสชาติ				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ที่ใช้ในการวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. การวัดสีระบบ Hunter

เป็นการวัดค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์ โดยค่า L เป็นค่าความสว่าง (Lightness) a* เป็นค่าสีแดงและเขียว (redness/greenness) และ b* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness/blueness)

L คือ ค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 100
a* คือ ค่าสีแดงและเขียว	เมื่อ a มีค่าบวก เป็นสีแดง
	เมื่อ a มีค่าลบ เป็นสีเขียว
b* คือ ค่าสีเหลืองและน้ำเงิน	เมื่อ b มีค่าบวก เป็นสีเหลือง
	เมื่อ b มีค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน

ก่อนการวัดค่าสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐานและแผ่นสีเทามาตรฐาน แล้วจึงการวัดสีตัวอย่าง ทำการวัด 10 ค่า แล้วหาค่าเฉลี่ย

2. อัตราการพองตัว (ประชา และจุฬาลักษณ์, 2543)

ใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ทำการวัดความหนาของผลิตภัณฑ์ก่อนการอบพอง และหลังการอบพอง ทำการเก็บข้อมูล 10 ค่าต่อสิ่งทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย นำค่าที่ได้มาหาอัตราการพองตัวโดย

$$\text{อัตราการพองตัว} = \frac{\text{ความหนาของผลิตภัณฑ์หลังการอบพอง (มิลลิเมตร)}}{\text{ความหนาของผลิตภัณฑ์ก่อนการอบพอง (มิลลิเมตร)}}$$

3. ความหนาแน่น (ดัดแปลงจากประชา และจุฬาลักษณ์, 2543)

โดยการแทนที่งา ชั่งตัวอย่างขนมอบพอง 10 ชิ้น (กรัม) ใส่ลงไปในงาที่ทราบปริมาตรแน่นอน วัดปริมาตรของขนมอบพองจากงาที่ถูกแทนที่ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย นำค่าที่ได้มาหาความหนาแน่นโดย

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักขนมอบพอง (กรัม)}}{\text{ปริมาตรขนมอบพอง (ซม.}^3\text{)}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. ค่าแรงต้านการเจาะทะลุ (ดัดแปลงจากประชา และจุฬาลักษณ์, 2543)

โดยเครื่อง Texture Analyzer ใช้ Probe 1/4 ” Stainless Part code P/O 0.025S. เจาะทะลุผ่านกลางชิ้นตัวอย่าง ทำการเก็บข้อมูล 20 ค่าต่อสิ่งทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย

สภาวะเครื่อง Texture Analyzer

- Test Speed 2.0 mm/s
- Post - Test Speed 10.0 mm/s
- Distance 62 mm

5. ค่าแรงตัดให้ขาด (ดัดแปลงจาก Keeratipibul *et al.,* 2008)

โดยเครื่อง Texture Analyzer ใช้หัวตัดรูปตัว V ตัดผ่านกลางชิ้นตัวอย่าง ทำการเก็บข้อมูล 20 ค่าต่อสิ่งทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย

สภาวะเครื่อง Texture Analyzer

- Test Speed 5.0 mm/s
- Post - Test Speed 10.0 mm/s
- Distance 30 mm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นโดยใช้ตู้อบไฟฟ้า (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. กระป๋องอบความชื้น
2. ที่คีบกระป๋อง
3. ช้อนตักสาร
4. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. อบกระป๋องอบความชื้นพร้อมฝาที่ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก (W 1)

2. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (2–3 กรัม) ใส่ในกระป๋องอบความชื้นที่อบเรียบร้อยแล้ว และชั่งน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้ว (W 2)

3. กระป๋องอบความชื้นพร้อมฝาโดยเปิดฝาออกไปอบที่ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

4. นำกระป๋องอบความชื้นออกจากตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า โดยใดฝาทันที่ และทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

5. นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมงจนได้น้ำหนักที่คงที่ (น้ำหนักที่คงที่หมายความว่าผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งติดต่อกัน 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) (W 3)

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(W\,2 - W\,3)\times 100}{W\,2 - W\,1}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การวิเคราะห์โปรตีน โดยเครื่องวิเคราะห์โปรตีน (Protein analyzer)

วิเคราะห์โปรตีนโดยใช้เครื่องวิเคราะห์โปรตีน จะมี 3 ขั้นตอน ได้แก่ เตรียมตัวอย่าง เผา และวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่างโดยบดตัวอย่างให้ละเอียด นำตัวอย่าง 0.4 กรัม บรรจุในแผ่นอลูมินัมฟอยล์ แล้วห่อเป็นแคปซูล ไล่อากาศออก แล้วปิดให้สนิท บรรจุลงในช่องใส่ตัวอย่าง

2. เผาตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส อย่างรวดเร็ว ภายใต้บรรยากาศออกซิเจน เผื่อให้ตัวอย่างปล่อยก๊าซ CO_2, H_2O, NO_x และ N_2

3. วิเคราะห์โดย ผสมให้ก๊าซที่ถูกปล่อยออกมาเป็นเนื้อเดียวกันด้วย passive mixing แล้วนำไปที่ evauate ballast แล้วก๊าซจะถูกนำผ่านทองแดงร้อน เพื่อกำจัด O_2 และเปลี่ยน NO_x ให้เป็น N_2 จากนั้นนำผ่าน Lecosorb และ Anhydrone เพื่อกำจัด CO_2 และ H_2O ตามลำดับ และ N_2 จะถูกวัดค่าโดย thermal conductivity cell ผลที่ได้จะแสดงในรูปของ ร้อยละของน้ำหนักไนโตรเจน

3. การวิเคราะห์ไขมัน โดย Soxhlet method (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. บิกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. บิกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ทิมเบิล
5. ขวดก้นกลม

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) จุดเดือด 30 – 40 องศาเซลเซียส

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบความชื้นแล้วด้วยน้ำหนักที่แน่นอน (0.5 – 1.0 กรัม) (W1)
2. ถ่ายตัวอย่างลงในกระดาษกรองที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วหอให้เรียบร้อยนำไปใส่ในทิมเบิล
3. นำทิมเบอร์ใส่ในชุดกลั่นซอล์กเลต
4. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 70 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลม
5. เปิดเตาหลุมให้ความร้อน ใช้ความร้อนที่ระดับ 4–5 ทำการสกัดไขมันตามเวลาที่เหมาะสมกับตัวอย่าง
6. เมื่อครบกำหนดให้ปิดเตาหลุมให้ความร้อน ระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออกจากตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. นำขวดก้นกลมอบต่อในตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 102±2 องศาเซลเซียส จาก นั้นทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W2)

8. นำขวดก้นกลมที่ชั่งน้ำหนักเสร็จเรียบร้อยแล้วไปล้างไขมันออก โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ 3 ครั้งๆละ 15 มิลลิลิตร รินใส่ขวดนำไปกลั่นเพื่อนำกลับมาใช้ต่อได้

9. นำขวดก้นกลมที่ล้างไขมันออกแล้ว ไปอบต่อในตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 102±2 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่งโมง จากนั้นทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W3)

$$\text{ปริมาณร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W\,2 - W\,3)\times 100}{W\,2 - W\,1}$$

4. การวิเคราะห์หาปริมาณกากโดยวิธีการย่อยด้วยกรดและด่าง

อุปกรณ์

1.บีกเกอร์ทรงสูงชนิดไม่มีปาก ขนาด 600 มิลลิลิตร

2.บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 250 มิลลิลิตร

4.ขวดก้นกลมแบนบรรจุน้ำ

5.แท่งแก้วคนสาร (Stirer)

6.กรวยบุชเนอร์ (Buchner funner)

7.ขวดสำหรับกรองดูด (Suction flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร พร้อมอุปกรณ์

8.ขวดน้ำ (wash bottle) ขนาด 500 มิลลิลิตร

9.กระดาษกรอง what man เบอร์ 541

10.ถ้วยกระเบื้อง

11.กระดาษลิตมัส

12.เดซิเคเตอร์ (Desiccater)

เครื่องมือ

1.เตาไฟฟ้า (Hot plate)

2.ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า (Hot air oven)

3.เตาเผาไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิได้ (Muffle furnance)

4.เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์ (Analytical balance)

5.อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารเคมี

1.กรดซัลฟิวริก (Sulfuric Acid; H_2SO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 (0.255 ± 0.005M)

2.โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 (0.313 ± 0.005 M)

3.เอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้นร้อยละ 95

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักที่มีไขมันไม่เกินร้อยละ 1 หรือตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้ว ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 1 กรัม (W1) ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร

2. ตวงสารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 200 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกตวงใส่บีกเกอร์ที่มีตัวอย่างอยู่ นำไปต้มบนเตาไฟฟ้าโดยปิดปากบีกเกอร์ด้วยขวดแก้วกลมขนาด 500 มิลลิลิตร บรรจุน้ำกลั่นเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที

3. กรองทันทีด้วยกรวยบุชเนอร์ที่มีกระดาษกรองเบอร์ 541 (W2) (ที่ผ่านการอบให้แห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอน) โดยใช้แรงสุญญากาศผ่านขวดแก้วสำหรับกรองดูด

4. ฉีดล้างสิ่งที่เหลือบนบีกเกอร์ด้วยน้ำร้อนหลายๆ ครั้ง ลงในกรวยบุชเนอร์

5. ล้างสิ่งที่ตกค้างบนบกระดาษกรอง ด้วยน้ำร้อนจนให้หมดความเป็นกรด ทดสอบด้วยสารละลายที่กรองได้ ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินเป็นแดง

6. ตวงสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 200 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร นำไปตั้งบนเตาไฟฟ้าให้ร้อน นำไปใส่ขวดน้ำแล้วฉีดล้างกากบนกระดาษกรองในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร จนหมด

7. นำไปต้มบนเตาไฟฟ้าโดยใช้ขวดก้นกลมปิดปากบีกเกอร์ให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที

8. กรองทันทีที่ผ่านกรวยบุชเนอร์ซึ่งบุด้วยกระดาษกรองเบอร์ 541 ฉีดน้ำกลั่นให้แนบสนิทกับกรวยบุชเนอร์ แล้วฉีดล้างสิ่งที่เหลือบนบีกเกอร์ด้วยน้ำร้อนหลายๆ ครั้งลงในกรวยบุชเนอร์

9. ล้างสิ่งที่ตกค้างบนบกระดาษกรอง ด้วยน้ำร้อนจนหมดด่าง ทดสอบด้วยสารละลายที่กรองได้ ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสสีแดงเป็นน้ำเงิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

10. นำกระดาษกรองวางบนถ้วยกระเบื้อง (W3) นำไปอบที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 102±2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W4)

11. เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมกระดาษกรองที่อบเรียบร้อยแล้วในเตาเผาอุณหภูมิ 550±25 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W5)

วิธีคำนวณ

ใช้ตัวอย่างที่กำจัดความชื้นและไขมันออกแล้ว

ปริมาณกาก ร้อยละของน้ำหนัก = $\frac{(W4-W3-W2)-(W5-W3)x100}{W1}$

W1 คือ น้ำหนักตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

W2 คือ น้ำหนักกระดาษกรอง มีหน่วยเป็นกรัม

W3 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง มีหน่วยเป็นกรัม

W4 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + กระดาษกรอง + กากหลังการอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

W5 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + กากหลังการเผา มีหน่วยเป็นกรัม

5. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1.ถ้วยกระเบื้องเคลือบ

2.ตะเกียงบุนเซน

3.เดซิเคเตอร์ (Desiccater)

เครื่องมือ

1.เตาไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้

2.เตาเผาไฟฟ้า

3.ตู้ดูดควัน

4.เครื่องชั่งไฟฟ้า ชั่งน้ำหนักได้ละเอียด 0.1 มิลลิกรัม

วิธีวิเคราะห์

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส (เท่ากับอุณหภูมิที่ใช้เผาตัวอย่าง) นาน 30 นาที ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W1) และใส่ตัวอย่างในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม (W2)

2. นำไปเผาด้วยตะเกียงบุนเซน โดยเพิ่มความร้อนขึ้นทีละน้อยจนตัวอย่างไหม้เกรียมและเผาจนหมดควัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. นำไปเผาต่อในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ (ถ้าเถ้าที่ได้ไม่ขาวให้นำเถ้าออกมาจากเตาเผา ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วหยดน้ำเล็กน้อยพอเปียกชุ่ม ระวังอย่าให้เถ้าฟุ้งหรือกระเด็น นำไประเหยแห้งบนเครื่องอังน้ำและทำซ้ำตามข้อ 2 จนเถ้าขาวและได้น้ำหนักคงที่) (น้ำหนักคงที่ หมายถึง ผลต่างของการชั่งสองครั้งติดกันๆไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) ชั่งน้ำหนักที่ได้ (W3)

วิธีคำนวณ

ปริมาณเถ้าทั้งหมด ร้อยละของน้ำหนัก = $\frac{(W3-W1)x100}{(W2-W1)}$

W1 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบ มีหน่วยเป็นกรัม

W2 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผา มีหน่วยเป็นกรัม

W3 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังเผา มีหน่วยเป็นกรัม

6. การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

วิธีวิเคราะห์

นำผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณกาก ปริมาณเถ้า ในตัวอย่างมาคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

วิธีการคำนวณ

ร้อยละคาร์โบไฮเดรต = 100 – (ร้อยละความชื้น + ร้อยละไขมัน + ร้อยละโปรตีน + ร้อยละกาก + ร้อยละเถ้า)

7. การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสโดยวิธีการทำให้เกิดสี (colorimetric method : Juliano, 1971)

อุปกรณ์

1. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. หลอดทดลอง ขนาดกลาง
3. บิกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารเคมี

1. เอทธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95

2. สารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล

3. กรดเกลเซียลอะซิติค 1 นอร์มอล

4. โปเตโตอมิโลสบริสุทธิ์ (potato amylose)

5. สารละลายไอโอดีน ชั่ง 0.2 กรัม ไอโอดีน 0.2 กรัมโปแตสเซียมไอโอไดด์ ละลายในน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. การละลายแป้ง ชั่งแป้ง 0.100 กรัม ใส่ในขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร ปิเปตเอทธิลแอลกอฮอล์ 1 มิลลิลิตร เติมในตัวอย่าง เขย่าเบาๆ เพื่อเกลี่ยแป้งให้กระจายออก ระวังอย่าให้แป้งขึ้นมาเกาะตามผนังขวด ปิเปตแบ่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล เติมลงไป 9 มิลลิลิตร พร้อมทั้งล้างแป้งที่เกาะอยู่ตามผนังขวด ต้มใน water bath นาน 10 นาที เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าขวด ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน

2. ปิเปตแบ่งสารละลายแป้ง จำนวน 5 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น ประมาณ 70 มิลลิลิตร เติมกรดเกลเซียลอะซิติก 1 นอร์มัล 1 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาณ 100 มิลลิลิตร เขย่าขวด ตั้งทิ้งไว้นาน 10 นาที

3. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่ไม่ใส่สารตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นแบลงค์ (blank)

4. วัดความเข้มข้นของสีของสารละลาย โดยใช้สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่คลื่นแสง 620 นาโนมิเตอร์ (nm) อ่านค่าเป็นแอบซอร์เบนตซ์ (absorbance) โดยปรับค่าของแบลงค์เป็น 0

การเขียนกราฟมาตรฐาน

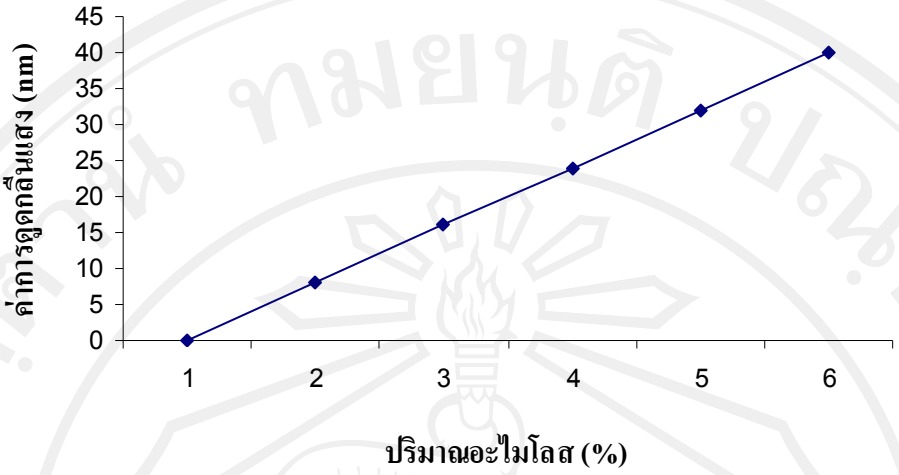
1. ชั่งโปเตโตอมิโลส 0.400 กรัม ใส่ในขวดแก้วมีจุกขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1 เป็นสารละลายมาตรฐาน

2. ปิเปตแบ่งสารละลายมาตรฐาน 1, 2, 3และ 4 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วขนาดจุ 100 มิลลิลิตร เติมน้ำประมาณ 70 มิลลิลิตร เติมกรดเกลเซียลอะซิติค 1 นอร์มอล ปริมาณ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วที่มีสารละลายมาตรฐาน ตามลำดับ แล้วเติมสารละลายไอโอดีน2.0 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร

3. วัดค่าแอบซอร์บแบนซ์ ตามข้อ 4

4. เขียนกราฟระหว่างค่าปริมาณอะไมโลส และค่าแอบซอร์แบนซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ ค. 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงและปริมาณอะไมโลส

8. การวิเคราะห์ปริมาณกรดไธโอบาบิทูริค (Determination of Thiobarbituric acid number : Pearson, 1991)

เครื่องมือ

1. Micropipett ขนาด 1,000 µl
2. Spectrophotometer
3. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
4. Distillation unit
5. Blender
6. Heating mantle

อุปกรณ์เครื่องแก้ว

1. Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. Beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร
3. Test tube ที่มีฝาปิด
4. ช้อนตักสาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารเคมี

1. Thiobarbituric acid reagent : ละลายกรด thiobarbituric จำนวน 0.2883 กรัม ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 90 โดยการอุ่นเบาๆ แล้วปรับปริมาณให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยกรดอะซิติกร้อยละ 90 ใน volumetric flask

2. สารละลายกรด HCl ความเข้มข้น 4 M

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบให้ได้น้ำหนักแน่นอน 2 กรัม ปั่นผสมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ด้วย blender นาน 2 นาที

2. เทลงใน distillation flask ล้าง blender ด้วยน้ำกลั่น 47.5 มิลลิลิตร เทใส่ distillation flask

3. เติมสารละลายกรด HCl ความเข้มข้น 4 M จำนวน 2.5 มิลลิลิตร เพื่อปรับ pH ให้ได้ 1.5 แล้วเติม antifoaming agent (glass bead) ต่อ flask เข้ากับเครื่องกลั่นให้ความร้อนโดย heating mantle

4. เก็บของเหลวที่กลั่นได้จำนวน 50 มิลลิลิตร (ภายใน10 นาทีหลังเดือด)

5. ปิเปตของเหลวที่กลั่นได้มา 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด เติม thiobarbituric acid reagent ลงไป 5 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วเขย่า

6. นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 35 นาที (exactly) ทำให้เย็นภายใน 10 นาที

7. ทำ blank ไปพร้อมกันโดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และสารละลายกรด thiobarbituric acid reagent 5 มิลลิลิตร

8. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร โดยใช้ cuvette กว้าง 1 เซนติเมตร

วิธีการคำนวณ

TBA No. = 7.8 x O.D. (as mg malonaldehyde / kg sample)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

9. การวัดปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Aqualab

การใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ Aqualab มีวิธีการใช้งาน และข้อควรระวังดังนี้

1. สภาวะแวดล้อม
   - ตั้งเครื่องไว้บนพื้นเรียบ และแข็งแรง หลีกเลี่ยงการเคลื่อนย้ายเครื่อง
   - วางเครื่องไว้ห้องที่มีสภาวะอุณหภูมิคงที่
2. การเตรียมตัวอย่าง
   - ใส่ตัวอย่างบดละเอียดในตลับวัด water activity ประมาณ 1 ใน 3 ของตลับ เกลี่ยตัวอย่างให้ครอบคลุมก้นตลับ เพื่อประสิทธิภาพในการวัด
   - ห้ามมีตัวอย่างติดบริเวณรอบตลับวัด water activity
   - ตัวอย่างควรมีอุณหภูมิเดียวหรือต่างกันไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส ของอุณหภูมิ chamber เครื่องวัด water activity
3. การเปิดเครื่อง
   - เสียบปลั๊ก เปิดเครื่องซึ่งอยู่ด้านหลังเครื่อง อุ่นเครื่องประมาณ 30 นาที เพื่อให้การวัดมีประสิทธิภาพสูงสุด
   - นำตลับวัด water activity บรรจุลงสู่ลิ้นชักตัวอย่างด้วยความระมัดระวัง
   - หมุนปุ่มของลิ้นชักในตำแหน่ง open/load ไปยังตำแหน่ง read เครื่องจะเริ่มวัดค่า water activity เมื่อเครื่องเริ่มวัดจะมีสัญญาณเตือน 1 ครั้ง
   - เมื่อเครื่องวัดเสร็จใช้เวลาประมาณ 4-5 นาที จะมีสัญญาณเตือนถี่ๆ ให้อ่านค่า water activity และอุณหภูมิที่หน้าจอ
   - หมุนปุ่มลิ้นชักในตำแหน่ง read ไปยังตำแหน่ง open/load นำตลับออก
   - ถ้ามีตัวอย่างต่อไปให้ทำตามขั้นตอนเดิมตามลำดับ
   - เมื่อวัดเสร็จ ปิดเครื่อง และดึงปลั๊ก

10. วิธีการคำนวณการเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าไปเป็นพลังงาน

พลังงาน = กำลัง x เวลา

กำลัง มีหน่วยวัดเป็นวัตต์ (W)

พลังงาน มีหน่วยวัดเป็นจูล (J)

เวลา มีหน่วยวัดเป็นวินาที (s)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

การหาระยะเวลาในการอบแห้ง

โดยใช้กราฟการอบแห้งของความหนาแผ่นแป้งที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาระยะเวลาการอบแห้งโดยใช้กราฟการอบแห้ง

วิธีการ

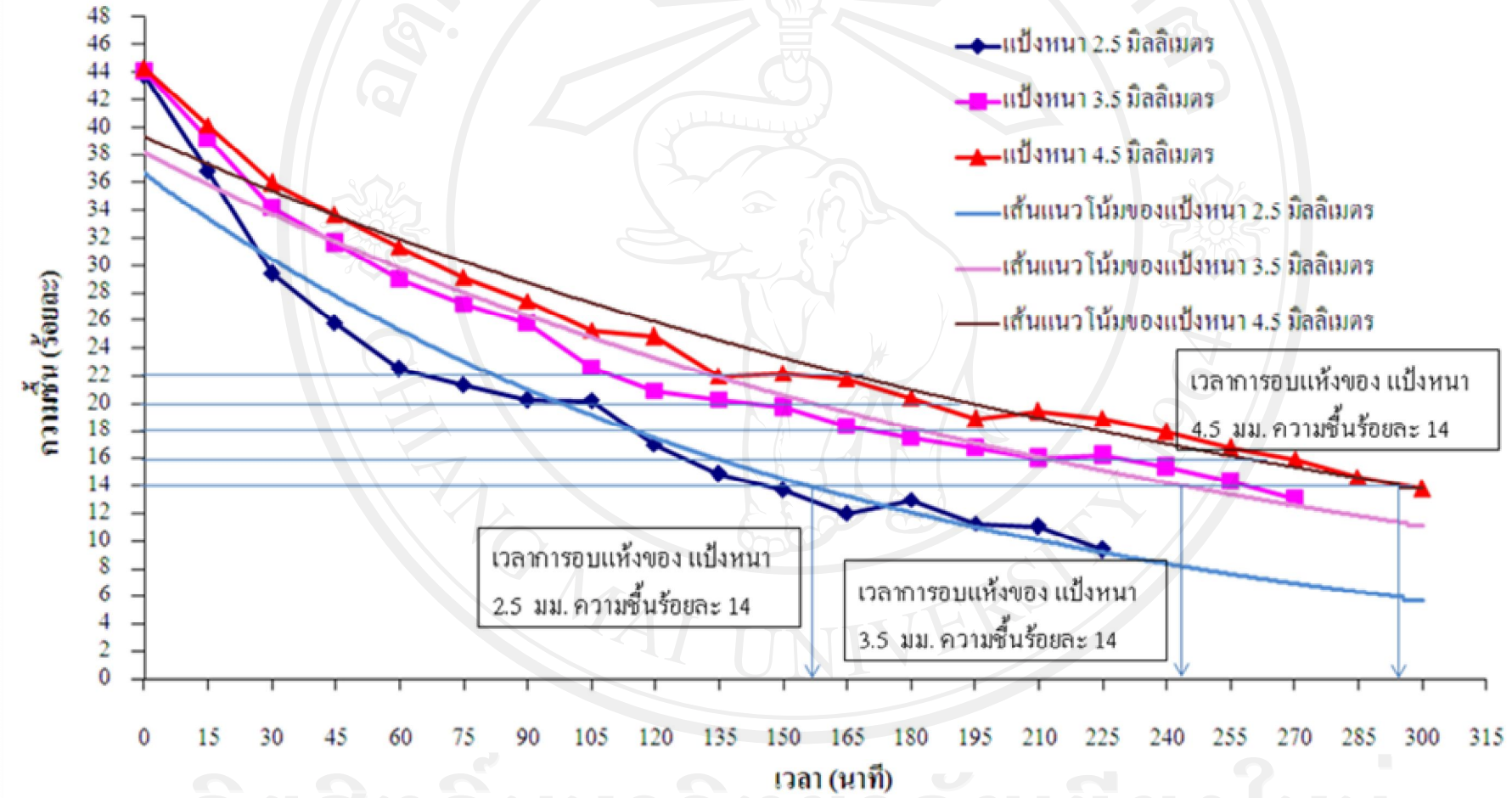
1. นำตัวอย่าง ที่มีความหนา 3 ระดับ คือ 2.5 3.5 และ 4.5 มิลลิเมตร ไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทำการเก็บตัวอย่าง ทุก 15 นาที อบแห้งจนตัวอย่างแห้งสนิท จึงยุติการเก็บตัวอย่าง นำตัวอย่างที่เก็บได้ ไปเก็บไว้ข้ามคืนให้ความชื้นกระจายตัวสม่ำเสมอ จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

2. นำค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นที่ได้ ไปสร้างเป็นกราฟการอบแห้ง โดยกำหนดให้แกน X คือ เวลา (นาที) และแกน Y คือ ความชื้น (ร้อยละ) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft office excel จากนั้นใช้โปรแกรมดังกล่าวเขียนเส้นแนวโน้มของการทำแห้งในแต่ละระดับความหนา

3. จากเส้นแนวโน้มที่ได้ ลากเส้นจากจุดที่มีความชื้นร้อยละ 14 ให้ขนานกับแกน X ไปตัดกับเส้นแนวโน้มทั้ง 3 ระดับความหนา จากจุดตัดดังกล่าว ลากเส้นลงไปตั้งฉากกับแกน X จุดตัดที่ได้เป็นระยะเวลาในการอบแห้งของแต่ละความหนาที่ความชื้นร้อยละ 14

4. ด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้นในข้อ 3 สามารถนำไปใช้ในการหาระยะเวลาในการอบแห้งของแต่ละระดับความหนา ที่ความชื้นต่าง ๆ ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ ง. 1 กราฟการอบแห้งของแผ่นแป้งที่ความหนาระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง. 1 ระยะเวลาเฉลี่ยในการอบแห้งซึ่งได้จากกราฟการอบแห้ง ของแผ่นแป้งที่ความหนา 2.5 3.5 และ 4.5 มิลลิเมตร ซึ่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ความหนา (มิลลิเมตร)	ความชื้น (ร้อยละ)	ระยะเวลาเฉลี่ยในการอบแห้งซึ่งได้จากกราฟการอบแห้ง (นาที)
2.5	14	156
	16	135
	18	115
	20	98
	22	66
3.5	14	244
	16	211
	18	183
	20	158
	22	135
4.5	14	295
	16	255
	18	223
	20	192
	22	166

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก จ

ผลการสังเกตความเป็นไปได้ในการใช้วัตถุดิบรูปแบบต่างๆ

ในการผลิตข้าวเหนียวกล้องอบพอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง จ.1 ลักษณะของข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ได้จากข้าวเหนียวกล้องรูปแบบต่างๆ

	รูปแบบข้าวเหนียวกล้อง				
	ข้าวทั้งเมล็ด	ข้าวหัก	ปลายข้าว	แป้งข้าวเหนียวกล้องหยาบ	แป้งข้าวเหนียวกล้องละเอียด
วิธีการทำให้เกิดรูปร่าง	แช่ข้าว นึ่งสุก กดพิมพ์	แช่ข้าว นึ่งสุก กดพิมพ์	แช่ข้าว นึ่งสุก กดพิมพ์	ผสมน้ำ นวด ใส่พิมพ์ นึ่งสุก แช่เย็น หั่นเป็นแผ่นบาง	ผสมน้ำ นวด ใส่พิมพ์ นึ่งสุก แช่เย็น หั่นเป็นแผ่นบาง
ลักษณะหลังทำให้เกิดรูปร่างก่อนอบแห้ง	เป็นแผ่นกลม เมล็ดข้าวเกาะกันไม่แน่น มีลักษณะร่วน	เป็นแผ่นกลม เมล็ดข้าวเกาะกันดี	เป็นแผ่นกลม เมล็ดข้าวเกาะกันดี	เป็นแผ่นบาง และกลมตามแบบพิมพ์	เป็นแผ่นบาง และกลมตามแบบพิมพ์
ลักษณะหลังการอบพองด้วยไมโครเวฟ	พองตัวดี แตกร่วน ไม่เป็นรูปร่าง	พองตัวดี แตกร่วน ไม่เป็นรูปร่าง	พองตัวดี แตกร่วน ไม่เป็นรูปร่าง	พองตัวขึ้นเล็กน้อย	พองตัวขึ้นเกือบสองเท่าตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายจักรกฤษณ์ จิตจำนงค์

วัน เดือน ปีเกิด 2 ธันวาคม 2526

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2545 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย อ.เมือง จ.นครราชสีมา

พ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

การนำเสนอผลงาน 23 พฤศจิกายน 2553 ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานภาคบรรยายในงานประชุม
วิชาการอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved