

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี

1.การวัดค่าสี (เครื่องมือ เครื่อง Hunter lab)

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบทั้ง 6 ตัวอย่างที่สุ่มจับออกมาตัวอย่างละ 10 กรัม
2. นำผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบทั้ง 6 ตัวอย่างที่สุ่มจับได้แต่ละตัวอย่างมาบดให้ละเอียด รวมกันไว้แต่ละตัวอย่าง
3. นำผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบทั้ง 6 ตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วมาสุ่มอีกครั้ง และนำมาใส่ในถ้วยพลาสติกใสกลมปิดฝา เพื่อทำการวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter lab

วิธีการ

1. เข้าโปรแกรม
2. ทำการ standardize โดยกดปุ่ม standardize ที่ปรากฏอยู่ที่ด้านหน้าโปรแกรม Linivese เครื่องจะโชว์หน้าจอสำหรับตั้ง mode, area view, port size และ Livfilter เลือกแล้ว click o.k.
3. วางแผ่นดำ Black Glass, light trap ตามแต่ mode ของการวัดและรุ่นของเครื่องตามตำแหน่งที่โปรแกรมแจ้งมา
4. วางแผ่น White Tile ตามตำแหน่งที่โปรแกรมแจ้งมา
5. จบขั้นตอนของการ standardize เครื่องเตรียมพร้อมสำหรับใช้งาน
6. ทดสอบการวัดค่าแผ่นของค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าที่ติดอยู่ที่ตัวแผ่นหรือไม่ถ้าไม่ตรงกันให้ทำความสะอาดแผ่น Black Glass แผ่น White Tile ด้วยผ้าที่นุ่มเนียนละเอียด แล้วทำการ standardize อีกครั้ง
7. เมื่อทำการ standardize จนค่าตรงกับตัวเครื่องแล้วนำตัวอย่างใส่ตลับพลาสติกใสที่ใช้สำหรับใส่ตัวอย่าง แล้ววางบนตำแหน่งของเครื่อง หลังจากนั้นปิดด้วยตัวครอบกันแสงที่วางเข้าไปในช่องที่วางตัวอย่าง
8. กดปุ่ม Red Simple ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ รอจนกว่าแถบข้อมูลที่ใช้สำหรับเดิมรายละเอียดแสดงที่หน้าจอ
9. พิมพ์ข้อมูลตัวอย่าง เช่น ชื่อตัวอย่าง สิ่งทดลองและซ้ำ หลังจากนั้นกด Enter หรือคลิก Ok รอจนกว่าข้อมูลค่า L^* a^* b^* ขึ้นที่หน้าจอด้านขวามือ
10. ทำตัวอย่างละ 10 ครั้ง โดยการหมุนตลับพลาสติกที่ใส่ตัวอย่างไว้ทั้งหมด 10 ครั้ง โดยทำแบบเดียวกับข้อ 8 และข้อ 9
11. หาค่าเฉลี่ยที่ได้ของแต่ละข้อมูลที่ได้

2. การตรวจหาค่าความคงตัวของเจล Neutral gel consistency

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำข้าวเหนียวดำทั้ง 2 พันธุ์ อมก้อย และคอยสะเก็ด สุ่มคัดออกมาชนิดละ 70 กรัม
2. นำข้าวเหนียวดำทั้ง 2 พันธุ์ ที่สุ่มจับได้แต่ละพันธุ์มาบดให้ละเอียด
3. นำนำข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ที่บดละเอียดแล้วไปชั่งน้ำหนัก 50 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

วิธีการทดลอง

1. ใส่สารละลายโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.3 N 60 มิลลิลิตร
2. ใส่สารละลายนกรดอะซิติก 0.3 N 60 มิลลิลิตร
3. ปรับ pH ให้เป็นกลาง
4. นำไปต้มใน Water bath 75 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที
5. นำไปวัดระยะการเคลื่อนที่ด้วยเครื่อง Bostwick consistometer

3. ตรวจสอบเนื้อสัมผัส (Hardness) (เครื่อง Texture Analyzer)

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำทั้ง 6 ตัวอย่างที่สุ่มจับออกมา ตัวอย่างละ 10 ชิ้น เพื่อทำการวัดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyze

วิธีการ

1. เปิดเครื่อง Computer
2. เปิดเครื่อง Texture Analyze
3. เข้าโปรแกรม Texture Exponent 32
4. เปิด Graph Texture โดย File Menu เลือก New แล้วเลือก Graph
5. Calibrate Force ตั้งค่า Capacity ว่าถูกต้องหรือไม่ กด Next พิมพ์น้ำหนักลูกตุ้มที่ใช้ งดวางลูกตุ้มน้ำหนักกรด Next แล้วกด Finish
6. Calibrate Height ควรตั้งค่า Return Distance สูงกว่าความสูงของตัวอย่าง
7. T.A. Setting เลือก Library เพื่อกำหนดรูปแบบการวัดคือ ใช้หัว P/2 และตั้งค่า Value เพื่อกำหนดการเคลื่อนที่ของ Probe
8. T.A. Run Test เขียนรายละเอียด
 - 8.1 เลือก Drive ที่ต้องการบันทึกข้อมูลเพื่อให้สามารถเรียกใช้ได้

- 8.2 เลือกชนิด Probe ให้ตรงกับ Probe ที่ใช้เสมอ
- 8.3 เลือก Parameter ที่ต้องการวัดขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด
- 8.4 เลือก Data acquisition เพื่อกำหนดอัตราการเก็บข้อมูล (Point Per Sec)
9. การ Run Macro ไม่มีสูตรให้ตรวจสอบข้อเลือก Graph ทุก Graph ที่ต้องการ
10. Run Macro
11. แสดง Graph ทีละ Graph ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งที่ Cursor ชี้ Click ok เมื่อตำแหน่งที่ชี้ถูกต้อง
12. วิเคราะห์ผลที่ได้

5. ตรวจวัดความหนาแน่นตัวดิบ และตัวผลิตภัณฑ์ (Bulk density)

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำทั้ง 6 ตัวอย่าง ที่สุ่มจับออกมาตัวดิบตัวอย่าง 50 กรัม และตัวที่เป็นผลิตภัณฑ์ 40 กรัม

วิธีการ

1. นำข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำตัวดิบ และผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 ตัวอย่างที่ใส่ในกระบอกตวงขนาด 500 มิลลิลิตร

2. ใส่ให้ได้ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก

3. นำไปคำนวณหาค่าความหนาแน่น

$$\text{โดย Bulk density} = \frac{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์}}{\text{ปริมาตรของผลิตภัณฑ์}}$$

4. ตรวจหาปริมาณอะไมโลส (AOAC., 2000)

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำข้าวเหนียวดำทั้ง 2 พันธุ์ อมก้อย และคอยสะเก็ด สุ่มคัดออกมาชนิดละ 2 กรัม
2. นำข้าวเหนียวดำทั้ง 2 พันธุ์ ที่สุ่มจับได้แต่ละพันธุ์มาคั่วให้ละเอียด
3. นำนำข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ที่บดละเอียดแล้วไปชั่งน้ำหนัก 1 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

วิธีการทดลอง

การทำกราฟมาตรฐาน

1. ชั่งอะไมโลสบริสุทธิ์ให้ได้น้ำหนักแน่นอน 0.10 กรัม ในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % 1 มิลลิลิตร เขย่าเบา ๆ
2. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนเดือดเป็นเวลา 10 นาที หรืออ่างน้ำร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 15 นาที (สังเกตตัวอย่างควรเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่จับตัวกันเป็นก้อน)
4. เขย่าฟลาสก์ แล้วดูดสารละลายปริมาตร 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร จำนวน 5 ขวด ตามลำดับ เติมน้ำกลั่น 70 มิลลิลิตร ใส่สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1 โมล จำนวน 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 มิลลิลิตร เติมสารละลายไอโอดีนผสม 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 20 นาที (เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน)
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer เขียนกราฟมาตรฐาน (standard curve) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นอะไมโลสกับค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร
6. ทำ blank ควมคู่ไปด้วยตามวิธีเดียวกันแต่ไม่มีการเติมตัวอย่างลงไป

การหาปริมาณอะไมโลส

1. ชั่งตัวอย่างแป้งข้าวเหนียวดำให้ได้น้ำหนักแน่นอน 0.1 กรัม ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % 1 มิลลิลิตร เขย่าเบา ๆ
2. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนเดือดเป็นเวลา 10 นาที หรืออ่างน้ำร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
4. เขย่าฟลาสก์ และดูดสารละลายปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตามลำดับใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร จำนวน 5 ขวด เติมน้ำกลั่น 70 มิลลิลิตร ใส่สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1 M ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 20 นาที (เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน)
5. ทำ blank ควมคู่ไปด้วยตามวิธีเดียวกันแต่ไม่มีการเติมตัวอย่าง
6. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยปรับค่าของ blank ให้เท่ากับศูนย์ เขียนกราฟมาตรฐาน (standard curve) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นอะไมโลสกับค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร แล้วบันทึกผล

5. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Kjeldahl method)

อุปกรณ์ที่ใช้

1. ชุดเคาะย่อย
2. ชุดกลั่นไนโตรเจน
3. บิวเรต ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
5. ฟลาสขนาด 250 มิลลิลิตร
6. กระบอกตวง 100 มิลลิลิตร
7. ขวดปรับปริมาตร 1000 มิลลิลิตร
8. ขวดน้ำกลั่น

สารเคมีที่ใช้

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 50 ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร
2. สารละลายกรดบอริก ร้อยละ 2 สารละลายกรดบอริก 2 กรัม แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร
3. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น
4. สารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
5. สารละลายเมธิลเรดอินดิเคเตอร์ เมทิลเรด 0.016 กรัม และบรอมโมครีซอลกรีน 0.083 กรัม ด้วยเอทานอลปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
6. คะตะลิสผสมโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ 96 กรัม คอปเปอร์ซัลเฟต 3.5 กรัม และซิลิเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัม ผสมให้เข้ากัน

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำข้าวเหนียวคั่วทั้ง 2 พันธุ์ อมก้อย และคอยสะเก็ด สุ่มตักออกมาชนิดละ 2 กรัม
2. นำข้าวเหนียวคั่วทั้ง 2 พันธุ์ ที่สุ่มจับได้แต่ละพันธุ์มาบดให้ละเอียด
3. นำข้าวเหนียวคั่วทั้ง 2 พันธุ์ ที่บดละเอียดชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องทศนิยม 4 ตำแหน่ง จำนวน 1 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดแล้วประมาณ 0.5-2.0 กรัม (ต้องทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในหลอดเคดาล์ พร้อมด้วยกะตะลิสต์ผสม 5 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร นำไปย่อยด้วยความร้อนโดยใช้ชุดย่อยโปรตีน ทำการย่อยตัวอย่างจนได้สารละลายใส
2. ตั้งทิ้งไว้จนเย็นและไม่มีไอระเหยของกรด จากนั้นนำหลอดเคดาล์ไปต่อกับชุดกลั่นในโครเจนนำฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตรที่มีสารละลายกรดบอริก 50 มิลลิลิตร และเมทิลเรด 2-3 หยด เพื่อใช้อินดิเคเตอร์มารองรับที่ปลาย Condenser โดยให้ปลาย Condenser อยู่ต่ำกว่าระดับของสารละลาย
3. เติมน้ำกลั่นปริมาณ 125 มิลลิลิตร ลงในหลอดเคดาล์ จากนั้นเติมสารละลายความร้อนโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น ร้อยละ 50 ปริมาตร 75 มิลลิลิตร จากนั้นทำการกลั่นด้วยความร้อน จะได้ของเหลวที่ความแน่นลงมาทาง Condenser อย่างน้อย 300 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นชะล้าง Condenser ลงมาในฟลาสก์ และนำสารละลายทั้งหมดไปไทเทรตกับสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติที่สารละลายเป็นสีส้มแดง
4. บันทึกปริมาตรของสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรต นำไปคำนวณหาปริมาณโปรตีนทั้งหมด
5. ทำการวิเคราะห์ Blank โดยวิธีเดียวกับตัวอย่าง แต่ใช้เพียงกะตะลิสต์ผสมกับกรดซัลฟูริกเข้มข้นเท่านั้น

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{V_s - V_b * C * 1.4007}{W}$$

โดยที่

V_s = ปริมาณของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_b = ปริมาณของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไทเทรต Blank (มิลลิลิตร)

C = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก(นอร์มัล)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

ปริมาณโปรตีน (ร้อยละของน้ำหนัก) - ปริมาณไนโตรเจน * Factor โดย Factor ของผลิตภัณฑ์ในการทดลองนี้เท่ากับ 6.25

6. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ด้วยเครื่อง Hot air Oven

เป็นการวัดความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น รุ่น MA 40 ยี่ห้อ Sartorius ประเทศเยอรมันนี

อุปกรณ์

1. ภาชนะใส่ตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาความชื้น (moisture can) อย่างน้อย 3 ชุดต่อ 1 ตัวอย่าง
2. ที่คีบ (tong) 1 อัน
3. โถดูดความชื้น (desicators)
4. ตู้อบความร้อน (Hot air Oven)

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างบดละเอียดจำนวน 2 กรัม ใส่ในภาชนะใส่ตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ความชื้น อย่างละ 3 ซ้ำ
2. นำไปอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 105 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาครอบไว้เล็กน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
3. ปิดฝาแล้วนำออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น โดยเปิดฝา นานประมาณ 30 นาที ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างที่เย็น
4. นำตัวอย่างไปอบในตู้อบความร้อนซ้ำอีกประมาณ 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก อบตัวอย่างซ้ำนาน 30 นาที จนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (ทศนิยมตำแหน่งที่ 3 หรือ 4) โดย 1 ซ้ำการทดลองทำการวัดค่าทั้งหมด 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย

การคำนวณ

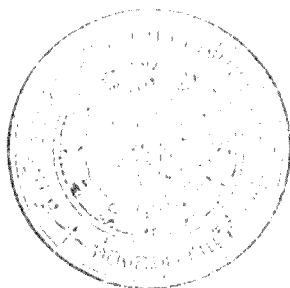
$$\text{ร้อยละของความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

7. การหาค่าแวลวอเตอร์แอคทีวิตี

เป็นการหาปริมาณน้ำอิสระด้วยการวัดแวลวอเตอร์แอคทีวิตี (water activity) รุ่น Series 3TE ยี่ห้อ Aqualab ประเทศสหรัฐอเมริกา

วิธีการ

1. เปิดเครื่องทิ้งไว้ก่อนการใช้งานเป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมไว้จำนวน 5 กรัม ใส่ลงในถ้วยพลาสติก ใส่ตัวอย่างละ 3 ถ้วย
2. แล้วนำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ลงในเครื่อง water activity แล้วทำการหมุนไปที่ on เพื่อทำการวิเคราะห์ เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณสิ้นสุดการวิเคราะห์ บันทึกอุณหภูมิและค่าที่วัดได้
3. ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และนำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย



ภาคผนวก ข
การตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยา

1. การตรวจนับแบคทีเรียทั้งหมด (Downs and Ito, 2001)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ในถุง Stomacher เติมน้ำสะอาดละลายเปปโตเนอความเข้มข้น 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำไปตีผสมเป็นเวลานาน 60 วินาที ในเครื่องตีผสม
2. ทำการเจือจางตัวอย่างที่ระดับความเจือจางที่ 10^{-1} - 10^{-3}
3. นำสารละลายที่ระดับความเจือจางที่ 10^{-1} 10^{-2} และที่ 10^{-3} มาถ่ายลงในจานเพาะเชื้อ จำนวน 2 จาน ละครึ่ง 1 มิลลิลิตร
4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar ที่อุ่นไม่ร้อนเกินไป เทลงในจานเพาะเชื้อ 15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยการหมุนจานรอบๆ
5. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง(คว่ำจาน)
6. นับโคโลนีที่แต่ละจานเพาะเชื้อ หาค่าเฉลี่ยและคำนวณหาค่า Colony forming unit ต่อกรัมของตัวอย่าง และค่า $\log \text{cfu/g}$

2. การตรวจนับจำนวนเชื้อยีสต์และรา

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ในถุง Stomacher เติมน้ำสะอาดละลายเปปโตเนอความเข้มข้น 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำไปตีผสมเป็นเวลานาน 60 วินาที ในเครื่องตีผสม
2. ทำการเจือจางตัวอย่างที่ระดับความเจือจางที่ 10^{-1} - 10^{-3}
3. นำสารละลายที่ระดับความเจือจางที่ 10^{-1} 10^{-2} และที่ 10^{-3} มาถ่ายลงในจานเพาะเชื้อ Dichloram rose bengal count agar (DRBC) จำนวน 2 จาน ละครึ่ง 0.1 มิลลิลิตร
4. ใช้แท่งแก้ว (spreader) เกลี่ยตัวอย่างให้ทั่วบริเวณผิวหน้าอาหาร รอจนผิวหน้าอาหารแห้ง
5. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง
6. นับโคโลนีที่แต่ละจานเพาะเชื้อ หาค่าเฉลี่ยและคำนวณหาค่า Colony forming unit ต่อกรัมของตัวอย่าง และค่า $\log \text{cfu/g}$

ภาคผนวก ก
การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อคุณลักษณะในด้านสี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบรวมโดยใช้ผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการจำนวนทั้งสิ้น 30 คน โดยมีวิธีการดังนี้

1.1 การเตรียมการทดสอบ

1.1.1 จัดทำใบบันทึกการเตรียมงาน (Master sheet) และใบรายงานผลการทดสอบ (Scoring sheet)

1.1.2 สุ่มเลขรหัส 3 หลักบันทึกลงในใบเตรียมงาน ให้แก่ตัวอย่างแต่ละตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

1.1.3 สุ่มลำดับการนำเสนอแต่ละตัวอย่างแก่ผู้ทดสอบชิมแต่ละคน โดยบันทึกลำดับการนำเสนอที่มุมบนทางขวาของรหัสตัวอย่าง

1.1.4 เตรียมใบรายงานผลการทดสอบสำหรับผู้ทดสอบแต่ละคน โดยเขียนเลขรหัสตัวอย่างแต่ละชุดตามลำดับการนำเสนอลงในใบรายงานผลการทดสอบ

1.2 การเตรียมตัวอย่าง

โดยใส่ตัวอย่างข้าวอบกรอบจำนวน 5 ชิ้น (ในแต่ละสิ่งทดลอง) ลงในภาชนะรองรับให้ครบทั้งทุกสิ่งทดลอง

1.3 นำภาชนะที่ใส่ตัวอย่างแล้วในแต่ละชุด

นำสิ่งทดลองมาจัดวางลงในถาดที่ใช้สำหรับเสนอตัวอย่าง โดยเขียนรหัสตัวอย่างแต่ละชุดติดบนภาชนะใส่ตัวอย่าง และเรียงภาชนะใส่ตัวอย่างตามลำดับการนำเสนอที่สุ่มไว้ในใบบันทึกการเตรียมงานจนครบทั้งสิ้น 30 ชุด (ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน)

1.4 เสนอถาดดังกล่าวให้แก่ผู้ทดสอบ

พร้อมใบรายงานผลการทดสอบ แก้วน้ำสำหรับขั้วปากและคินสอ

1.5 ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่าง

ตามลำดับจากซ้ายไปขวาแล้วพิจารณาให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างตามคำอธิบายคะแนนความชอบ ดังต่อไปนี้

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

1.6 เก็บรวบรวมผล

ในรายงานผลการทดสอบทั้งหมดจำนวน 30 ชุด แล้วนำข้อมูลที่ได้ดังกล่าวมากรอกลงในใบบันทึกผลรวม ซึ่งจะแยกออกตามแต่ละคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ (ในที่นี้แยกออกเป็น 5 ลักษณะด้วยกัน)

1.7 บันทึกผล

นำข้อมูลที่ได้จากใบบันทึกผลรวมไปวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ตัวอย่างใบบันทึกการเตรียมงาน (Master sheet)

ชื่อผลิตภัณฑ์.....

วันที่ทดสอบ.....

ชุดที่.....

ชื่อผู้ตัดสิน	รหัสตัวอย่าง และลำดับการนำเสนอ						
	1	2	3	4	5	6	7
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							
11.							
12.							
13.							
14.							
15.							
16.							
17.							
18.							
19.							
20.							
21.							
22.							
23.							
24.							

ชื่อ ผู้ตัดสินใจ	รหัสตัวอย่าง และลำดับการนำเสนอ						
	1	2	3	4	5	6	7
25.							
26.							
27.							
28.							
29.							
30.							

ตัวอย่างแบบรายงานผลการทดสอบความชอบ

ตัวอย่าง ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

ชุดที่.....

ชื่อผู้ตัดสิน.....

วันที่.....

เวลา.....

คำแนะนำ : ให้ชิมตัวอย่างที่เสนอตามลำดับจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบแก่คุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยเขียนคะแนนความชอบตามคำอธิบายด้านล่างนี้ลงในช่องว่างให้ตรงกับรหัสของตัวอย่าง (กรณับวนปากทุกครั้งระหว่างตัวอย่าง)

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

รหัสตัวอย่าง	คุณลักษณะ(Attribute)				
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)	รสชาติ	ความชอบรวม

ข้อเสนอแนะหรือวิจารณ์

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง
ข้อมูลดิบในการทดลอง

ข้อมูลดิบแสดงผลการทดลอง ตอนที่ 1

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์) ของข้าวเหนียวดำ

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
คอกสะเก็ด	13.90	14.21	14.06	14.06±0.15
อมก้อย	10.16	10.18	10.17	10.17±0.10

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณอะไมโลส ของข้าวเหนียวดำ(เปอร์เซ็นต์)

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
คอกสะเก็ด	9.71	9.70	9.71	9.71±0.01
อมก้อย	8.99	9.01	9.00	9.00±0.01

ตารางผนวกที่ 3 ความคงตัวของเจล ของข้าวเหนียวดำ (มิลลิเมตร)

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
คอกสะเก็ด	46.50	46.80	46.65	46.65±0.15
อมก้อย	51.50	51.60	51.55	51.55±0.05

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณโปรตีนของข้าวเหนียวดำ (ร้อยละ)

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
คอกสะเก็ด	6.25	6.11	6.18	6.18±0.07
อมก้อย	5.17	5.64	5.41	5.41±0.23

ข้อมูลดิบแสดงผลการทดลอง ตอนที่ 2

ตารางผนวกที่ 5 ความหนาแน่นของเพลตข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ (กรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร)

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
	มาตรฐาน				
อมก๋อย 20%	0.53	0.52	0.53	0.525	0.005
อมก๋อย 30%	0.54	0.52	0.53	0.530	0.010
อมก๋อย 40%	0.52	0.53	0.53	0.525	0.005
คอยสะเก็ด 20%	0.52	0.52	0.52	0.520	0.000
คอยสะเก็ด 30%	0.54	0.51	0.53	0.525	0.015
คอยสะเก็ด 40%	0.53	0.52	0.53	0.525	0.005

ตารางผนวกที่ 6 ความแข็ง (hardness) ข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ (กรัม)

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
	มาตรฐาน				
อมก๋อย 20%	1699.77	1655.06	1677.42	1677.42	22.35
อมก๋อย 30%	2039.27	2056.00	2047.63	2047.63	8.36
อมก๋อย 40%	2239.28	2385.31	2312.29	2312.29	73.02
คอยสะเก็ด 20%	2466.35	2586.43	2426.39	2493.06	83.30
คอยสะเก็ด 30%	2585.31	2528.73	2557.02	2557.02	28.29
คอยสะเก็ด 40%	3529.73	3510.46	3520.09	3520.09	9.64

ตารางผนวกที่ 7 ค่าสี I.* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
	มาตรฐาน				
อมก้อย 20%	29.86	28.94	29.65	29.48	0.48
อมก้อย 30%	30.11	28.56	29.03	29.23	0.79
อมก้อย 40%	30.71	28.32	29.98	29.67	1.22
คอยสะเก็ด 20%	26.94	26.02	26.99	26.65	0.55
คอยสะเก็ด 30%	29.18	28.54	28.03	28.58	0.58
คอยสะเก็ด 40%	28.51	29.61	29.97	29.36	0.76

ตารางผนวกที่ 8 ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
	มาตรฐาน				
อมก้อย 20%	3.60	3.39	3.21	3.40	0.20
อมก้อย 30%	3.54	3.68	3.73	3.65	0.10
อมก้อย 40%	3.08	3.75	3.11	3.31	0.38
คอยสะเก็ด 20%	3.88	3.88	3.83	3.86	0.03
คอยสะเก็ด 30%	3.23	3.13	2.94	3.10	0.15
คอยสะเก็ด 40%	2.93	2.96	2.91	2.93	0.03

ตารางผนวกที่ 9 ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
อมก้อย 20%	3.71	3.61	3.62	3.65	0.06
อมก้อย 30%	3.65	3.55	3.75	3.65	0.10
อมก้อย 40%	2.18	2.32	2.28	2.26	0.07
คอยสะเก็ด 20%	3.08	3.07	3.16	3.10	0.05
คอยสะเก็ด 30%	2.98	3.04	2.76	2.93	0.15
คอยสะเก็ด 40%	2.63	2.66	2.58	2.62	0.04

ตารางผนวกที่ 10 ความหนาแน่นของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ (กรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร)

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
อมก้อย 20%	0.32	0.32	0.32	0.320	0.00
อมก้อย 30%	0.31	0.32	0.32	0.315	0.01
อมก้อย 40%	0.32	0.31	0.32	0.315	0.01
คอยสะเก็ด 20%	0.32	0.32	0.32	0.320	0.00
คอยสะเก็ด 30%	0.32	0.31	0.32	0.315	0.01
คอยสะเก็ด 40%	0.31	0.32	0.32	0.315	0.01

ตารางผนวกที่ 11 การพองตัวของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ (เปอร์เซ็นต์)

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
อมก้อย 20%	165.625	164.063	174.063	167.917	5.379
อมก้อย 30%	164.194	168.254	168.254	166.900	2.344
อมก้อย 40%	162.500	167.667	166.667	165.611	2.740
คอยสะเก็ด 20%	162.500	162.500	172.500	165.833	5.774
คอยสะเก็ด 30%	168.750	166.667	156.667	164.028	6.459
คอยสะเก็ด 40%	160.968	156.667	166.667	161.434	5.016

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณความชื้นของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ (เปอร์เซ็นต์)

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
อมก้อย 20%	2.77	2.71	2.83	0.77	0.06
อมก้อย 30%	2.70	2.73	2.68	0.70	0.03
อมก้อย 40%	2.82	2.86	2.76	0.81	0.05
คอยสะเก็ด 20%	2.79	2.76	2.78	0.78	0.02
คอยสะเก็ด 30%	2.76	2.74	2.78	0.76	0.02
คอยสะเก็ด 40%	2.77	2.79	2.80	0.79	0.02

ข้อมูลดิบแสดงผลการทดลอง ตอนที่ 3

ตารางผนวกที่ 13 ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความนุ่ม	1617	1820	1653	1697	108
ดูดซับออกซิเจน	1667	1776	1313	1585	242
ดูดความชื้น	1679	1982	1662	1774	180

ตารางผนวกที่ 14 ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความนุ่ม	2173	2302	2057	2177	123
ดูดซับออกซิเจน	1778	1788	1507	1691	159
ดูดความชื้น	1754	1609	1176	1513	301

ตารางผนวกที่ 15 ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความนุ่ม	2013	2321	2143	2159	155
ดูดซับออกซิเจน	2211	2143	2417	2257	143
ดูดความชื้น	1982	1954	1812	1916	91

ตารางผนวกที่ 16 ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	2311	2646	2231	2396	220
ดูดซับออกซิเจน	2673	2198	2912	2594	363
ดูดความชื้น	2076	1964	1811	1950	133

ตารางผนวกที่ 17 ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	2387	2154	2584	2375	215
ดูดซับออกซิเจน	2764	2654	2389	2602	193
ดูดความชื้น	1978	1777	1923	1893	104

ตารางผนวกที่ 18 ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	2435	2568	2379	2461	97
ดูดซับออกซิเจน	2478	2621	2433	2511	98
ดูดความชื้น	1766	1867	1731	1788	71

ตารางผนวกที่ 19 ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความนุ่ม	2457	2367	2698	2507	171
ดูดซับออกซิเจน	2390	2077	2631	2366	278
ดูดความชื้น	1877	1701	1690	1756	105

ตารางผนวกที่ 20 ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความนุ่ม	36.56	36.75	36.89	36.73	0.17
ดูดซับออกซิเจน	42.17	42.69	42.71	42.52	0.31
ดูดความชื้น	36.01	36.21	36.34	36.19	0.17

ตารางผนวกที่ 21 ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความนุ่ม	37.54	38.29	38.14	37.99	0.40
ดูดซับออกซิเจน	37.02	37.17	37.22	37.14	0.10
ดูดความชื้น	36.18	36.28	36.30	36.25	0.06

ตารางผนวกที่ 22 ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความนุ่ม	39.13	39.39	39.25	39.26	0.13
ดูดซับออกซิเจน	36.05	35.83	35.81	35.90	0.13
ดูดความชื้น	37.15	37.13	37.12	37.13	0.02

ตารางผนวกที่ 23 ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความนุ่ม	39.76	39.97	39.88	39.87	0.11
ดูดซับออกซิเจน	38.43	38.39	38.49	38.44	0.05
ดูดความชื้น	41.34	41.47	41.37	41.39	0.07

ตารางผนวกที่ 24 ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความนุ่ม	38.18	38.28	38.58	38.35	0.21
ดูดซับออกซิเจน	38.38	39.38	39.35	39.04	0.57
ดูดความชื้น	38.25	38.39	38.22	38.29	0.09

ตารางผนวกที่ 25 ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	38.34	38.54	38.43	38.44	0.10
ดูดซับออกซิเจน	38.11	38.54	39.21	38.62	0.55
ดูดความชื้น	39.01	38.91	38.67	38.86	0.17

ตารางผนวกที่ 26 ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	38.43	38.39	38.49	38.44	0.05
ดูดซับออกซิเจน	37.02	37.17	37.22	37.14	0.10
ดูดความชื้น	38.25	38.39	38.22	38.29	0.09

ตารางผนวกที่ 27 ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	4.19	4.19	4.16	4.18	0.02
ดูดซับออกซิเจน	4.26	4.23	4.17	4.22	0.05
ดูดความชื้น	4.45	4.44	4.54	4.48	0.06

ตารางผนวกที่ 28 ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ความคุม	4.32	4.34	4.36	4.34	0.02
ดูดซับออกซิเจน	4.31	4.4	4.4	4.37	0.05
ดูดความชื้น	3.96	4.03	4.05	4.01	0.05

ตารางผนวกที่ 29 ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ความคุม	4.38	4.41	4.35	4.38	0.03
ดูดซับออกซิเจน	5.16	5.11	5.15	5.14	0.03
ดูดความชื้น	5	4.88	4.95	4.94	0.06

ตารางผนวกที่ 30 ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ความคุม	4.93	4.97	4.97	4.96	0.02
ดูดซับออกซิเจน	4.86	4.88	4.86	4.87	0.01
ดูดความชื้น	4.92	4.91	4.92	4.92	0.01

ตารางผนวกที่ 31 ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความคุม	4.85	4.81	4.84	4.83	0.02
ดูดซับออกซิเจน	4.49	4.43	4.41	4.44	0.04
ดูดความชื้น	4.42	4.38	4.42	4.41	0.02

ตารางผนวกที่ 32 ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความคุม	4.93	4.96	4.89	4.93	0.04
ดูดซับออกซิเจน	4.87	4.88	4.97	4.91	0.06
ดูดความชื้น	4.75	4.84	4.91	4.83	0.08

ตารางผนวกที่ 33 ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความคุม	4.8	4.83	4.79	4.81	0.02
ดูดซับออกซิเจน	4.96	4.93	4.99	4.96	0.03
ดูดความชื้น	4.78	4.88	4.81	4.82	0.05

ตารางผนวกที่ 34 ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ความคม	8.3	8.44	8.53	8.42	0.12
ดูดซับออกซิเจน	8.26	8.42	8.35	8.34	0.08
ดูดความชื้น	8.45	8.56	8.45	8.49	0.06

ตารางผนวกที่ 35 ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ความคม	8.06	8.07	8.21	8.11	0.08
ดูดซับออกซิเจน	7.79	7.81	8.13	7.91	0.19
ดูดความชื้น	7.13	7.32	7.25	7.23	0.10

ตารางผนวกที่ 36 ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ความคม	7.41	7.32	7.36	7.36	0.05
ดูดซับออกซิเจน	9.01	9.1	9.02	9.04	0.05
ดูดความชื้น	8.52	8.54	8.56	8.54	0.02

ตารางผนวกที่ 37 ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความคม	9.48	9.68	9.74	9.63	0.14
ดูดซับออกซิเจน	7.5	7.48	7.43	7.47	0.04
ดูดความชื้น	9.51	9.5	9.53	9.51	0.02

ตารางผนวกที่ 38 ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความคม	8.43	8.43	8.62	8.49	0.11
ดูดซับออกซิเจน	7.66	7.65	7.57	7.63	0.05
ดูดความชื้น	7.71	7.76	7.73	7.73	0.03

ตารางผนวกที่ 39 ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความคม	8.26	8.42	8.35	8.34	0.08
ดูดซับออกซิเจน	7.64	7.54	7.68	7.62	0.07
ดูดความชื้น	8.06	8.07	8.21	8.11	0.08

ตารางผนวกที่ 40 ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	8.52	8.54	8.56	8.54	0.02
ดูดซับออกซิเจน	7.98	7.91	7.95	8.54	0.02
ดูดความชื้น	8.26	8.42	8.35	8.343	0.08

ตารางผนวกที่ 41 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	3.829	3.817	3.660	3.769	0.095
ดูดซับออกซิเจน	3.256	3.771	3.594	3.541	0.262
ดูดความชื้น	3.341	3.913	3.489	3.581	0.297

ตารางผนวกที่ 42 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	3.829	3.817	3.660	3.769	0.095
ดูดซับออกซิเจน	3.256	3.771	3.594	3.541	0.262
ดูดความชื้น	3.341	2.913	2.489	2.914	0.426

ตารางผนวกที่ 43 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	4.431	4.443	4.473	4.449	0.022
ดูดซับออกซิเจน	4.265	4.439	4.431	4.379	0.098
ดูดความชื้น	3.236	3.112	3.210	3.186	0.065

ตารางผนวกที่ 44 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	4.655	4.554	4.666	4.625	0.062
ดูดซับออกซิเจน	4.455	4.639	4.541	4.545	0.092
ดูดความชื้น	3.352	3.919	3.885	3.718	0.318

ตารางผนวกที่ 45 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	4.743	4.868	4.395	4.669	0.245
ดูดซับออกซิเจน	4.962	4.670	4.364	4.665	0.299
ดูดความชื้น	3.237	3.997	3.750	3.661	0.388

ตารางผนวกที่ 46 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	4.876	4.789	4.766	4.810	0.058
ดูดซับออกซิเจน	4.760	4.679	5.005	4.815	0.170
ดูดความชื้น	4.001	3.967	3.644	3.871	0.197

ตารางผนวกที่ 47 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	5.034	5.434	5.643	5.370	0.309
ดูดซับออกซิเจน	5.433	5.085	5.077	5.198	0.203
ดูดความชื้น	3.221	3.422	3.710	3.451	0.25

ตารางผนวกที่ 48 ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	0.380	0.384	0.385	0.383	0.003
ดูดซับออกซิเจน	0.357	0.350	0.303	0.337	0.029
ดูดความชื้น	0.302	0.362	0.342	0.335	0.031

ตารางผนวกที่ 49 ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	0.522	0.485	0.503	0.503	0.019
ดูดซับออกซิเจน	0.358	0.406	0.382	0.382	0.024
ดูดความชื้น	0.300	0.326	0.313	0.313	0.013

ตารางผนวกที่ 50 ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	0.447	0.524	0.500	0.490	0.039
ดูดซับออกซิเจน	0.597	0.556	0.576	0.576	0.021
ดูดความชื้น	0.450	0.458	0.454	0.454	0.004

ตารางผนวกที่ 51 ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	0.499	0.530	0.496	0.508	0.019
ดูดซับออกซิเจน	0.559	0.566	0.573	0.566	0.007
ดูดความชื้น	0.468	0.465	0.467	0.467	0.002

ตารางผนวกที่ 52 ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60

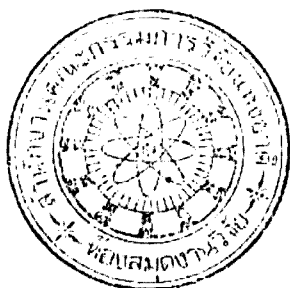
ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	0.505	0.577	0.541	0.541	0.036
ดูดซับออกซิเจน	0.589	0.587	0.588	0.588	0.001
ดูดความชื้น	0.469	0.466	0.465	0.467	0.002

ตารางผนวกที่ 53 ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	0.567	0.632	0.544	0.581	0.046
ดูดซับออกซิเจน	0.554	0.565	0.541	0.553	0.012
ดูดความชื้น	0.432	0.411	0.469	0.437	0.029

ตารางผนวกที่ 54 ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	0.581	0.523	0.557	0.554	0.029
ดูดซับออกซิเจน	0.533	0.521	0.514	0.523	0.010
ดูดความชื้น	0.442	0.441	0.452	0.445	0.006



ตารางผนวกที่ 55 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	2.58	2.59	2.59	2.59	0.01
ดูดซับออกซิเจน	2.59	2.59	2.58	2.59	0.01
ดูดความชื้น	2.58	2.60	2.61	2.60	0.02

ตารางผนวกที่ 56 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	2.59	2.60	2.60	2.60	0.01
ดูดซับออกซิเจน	2.60	2.59	2.60	2.60	0.01
ดูดความชื้น	2.61	2.60	2.62	2.61	0.01

ตารางผนวกที่ 57 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	2.61	2.62	2.60	2.61	0.01
ดูดซับออกซิเจน	2.62	2.60	2.61	2.61	0.01
ดูดความชื้น	2.61	2.61	2.61	2.61	0.00

ตารางผนวกที่ 58 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	2.62	2.63	2.61	2.62	0.01
ดูดซับออกซิเจน	2.61	2.62	2.63	2.62	0.01
ดูดความชื้น	2.63	2.64	2.62	2.63	0.01

ตารางผนวกที่ 59 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	2.65	2.65	2.65	2.65	0.00
ดูดซับออกซิเจน	2.65	2.65	2.65	2.65	0.00
ดูดความชื้น	2.65	2.65	2.65	2.65	0.00

ตารางผนวกที่ 60 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	2.68	2.68	2.68	2.68	0.00
ดูดซับออกซิเจน	2.68	2.68	2.68	2.68	0.00
ดูดความชื้น	2.67	2.67	2.67	2.67	0.00

ตารางผนวกที่ 61 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	2.70	2.70	2.70	2.70	0.00
คุกกี้ช็อกโกแลต	2.71	2.71	2.71	2.71	0.00
คุกกี้วานิลลา	2.69	2.69	2.69	2.69	0.00

ตารางผนวกที่ 62 จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	<1	<1	<1	<1	-
คุกกี้ช็อกโกแลต	<1	<1	<1	<1	-
คุกกี้วานิลลา	<1	<1	<1	<1	-

ตารางผนวกที่ 63 จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	<1	<1	<1	<1	-
คุกกี้ช็อกโกแลต	<1	<1	<1	<1	-
คุกกี้วานิลลา	<1	<1	<1	<1	-

ตารางผนวกที่ 64 จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	<1	<1	<1	<1	-
ดูดซับออกซิเจน	<1	<1	<1	<1	-
ดูดความชื้น	<1	<1	<1	<1	-

ตารางผนวกที่ 65 จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	<1	<1	<1	<1	-
ดูดซับออกซิเจน	<1	<1	<1	<1	-
ดูดความชื้น	<1	<1	<1	<1	-

ตารางผนวกที่ 66 จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ควบคุม	1.70	1.70	1.70	1.70	0.00
ดูดซับออกซิเจน	<1	<1	<1	<1	-
ดูดความชื้น	<1	<1	<1	<1	-

ตารางผนวกที่ 67 จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	1.70	1.70	1.70	1.70	0.00
ดูดซับออกซิเจน	<1	<1	<1	<1	-
ดูดความชื้น	<1	<1	<1	<1	-

ตารางผนวกที่ 68 จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	1.70	1.70	1.70	1.70	0.00
ดูดซับออกซิเจน	<1	<1	<1	<1	-
ดูดความชื้น	1.50	1.50	1.50	1.50	-

ตารางผนวกที่ 69 จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ควบคุม	1.70	1.70	1.70	1.70	0.00
ดูดซับออกซิเจน	<1	<1	<1	<1	-
ดูดความชื้น	1.50	1.50	1.50	1.50	-

ภาคผนวก จ

การถ่ายทอดเทคโนโลยี เรื่อง การผลิตข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

แบบ ง.8

แบบฟอร์มการเขียนโครงการบร่ายจ่ายอื่นและงบเงินอุดหนุน

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

☐ แผ่นดิน☒ วิจัย

ชื่อผลิตภัณฑ์

- ☐ ผู้สำเร็จการศึกษาด้านสังคมศาสตร์
- ☒ ผลงานการให้บริการวิชาการ
- ☐ ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ☐ ผลงานวิจัยเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี
- ☐ ผลงานวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้
- ☐ ผลงานทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม

1.1 ชื่อโครงการ การถ่ายทอดเทคโนโลยี การผลิตข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

1.2 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันข้าวอบกรอบที่ผลิตในท้องตลาดพบแต่ชนิดที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว ยังไม่มีการผลิตข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำและศึกษาคุณลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในข้าวกล้องของข้าวเหนียวดำ พบว่า มีปริมาณโปรตีนไขมัน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม เส้นใย เหล็ก แคลเซียม วิตามิน บี2 และแร่ธาตุอื่นๆ สูงกว่าข้าวขาว สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวชนิดต่างๆ พบว่ามีแร่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น ข้าวเหนียวดำมีปริมาณโปรตีนและธาตุเหล็กซึ่งสูงกว่าข้าวมันปูและข้าวหอมมะลิ มีการแปรรูปโดยใช้ข้าวเหนียวขาวเป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวอบกรอบ ซึ่งเป็นขนมขบเคี้ยวสำคัญในประเทศญี่ปุ่นซึ่งสามารถแบ่งข้าวอบกรอบ ข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเหนียวมีชื่อเรียกทั่วไปว่า อาร์ราร์(Arare) หรือ โอคากิ(Okaki) มีเนื้อสัมผัสเฉพาะตัวโดยจะละลายในปากหลังจากเคี้ยว ส่วนข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเจ้าเรียกว่า เซนเบิ(Senbei) ซึ่งมีเนื้อสัมผัสที่แข็งและหยาบ ในปีที่ผ่านมาขนมสไลด์ญี่ปุ่นมียอดขายเพิ่มขึ้น ข้าวอบกรอบที่ผลิตในไทยส่วนมากเพื่อส่งออกไปจำหน่ายในประเทศญี่ปุ่นเป็นตลาดหลักคิดเป็นส่วนแบ่งตลาดประมาณ 86% คิดเป็นปริมาณการส่งออก 21,139 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,633 ล้านบาท เป็นยอดจัดจำหน่ายที่เพิ่มขึ้นต่อปี 14.67-15.48% ต่อปี

อาจารย์ในสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหารได้รับงบประมาณจากเครือข่ายภาคเหนือตอนล่าง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 ในการผลิตข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิจัยสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนได้

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและบริการวิชาการ ในการผลิตข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำสู่ชุมชน

2. ความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์

2.1 สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของกระทรวงศึกษาธิการ

- ☐ เร่งผลิตและพัฒนากำลังคนทั้งระดับกลาง และระดับสูง ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี
- ☐ ส่งเสริมและสนับสนุน การวิจัยและพัฒนาถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยี
- ☒ ส่งเสริมสถาบันการศึกษา จัดบริการวิชาการแก่ชุมชน สังคม
- ☐ การศึกษาและวิจัย เพื่อทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมไทย

2.2 ความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัย

ประเด็นยุทธศาสตร์ด้านการเรียนการสอน

- ☐ ประเด็นยุทธศาสตร์ด้านงานวิจัย นวัตกรรม และสิ่งประดิษฐ์
- ☒ ประเด็นยุทธศาสตร์ด้านการบริการวิชาการ
- ☐ ประเด็นยุทธศาสตร์ด้านการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมและรักษาสืบสานวัฒนธรรม
- ☐ ประเด็นยุทธศาสตร์ด้านอัตลักษณ์
- ☐ ประเด็นยุทธศาสตร์ด้านการบริหารจัดการ

2.3 ความสอดคล้องกับการประกันคุณภาพ สกอ. / สมศ. / กพร. (ข้อที่)

ประกันคุณภาพ	สกอ.	สมศ.	กพร.
ตัวบ่งชี้ที่	5.1, 5.2		
เกณฑ์ข้อที่			

2.4 ความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัย

- ☒ ยุทธศาสตร์ได้ร่วมพระบารมี
- ☐ ยุทธศาสตร์การศึกษาที่เน้นสร้างกระบวนการคิดสร้างสรรค์
- ☐ ยุทธศาสตร์การเรียนรู้ตลอดชีวิตธนาคารหน่วยกิตเพื่อปวงชน
- ☐ ยุทธศาสตร์ RMUTL Education Standard
- ☐ ยุทธศาสตร์กลไกส่งเสริมสมรรถนะสู่ความเป็นมืออาชีพ

2.5 ความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัย

☐ สามารถปฏิบัติงานจริง (Hands-on)

☐ เป็นมืออาชีพที่มีความเชี่ยวชาญ (Professional)

☒ มีฐานความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Science and Technology Based)

3. สถานที่ดำเนินการ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร เขตพื้นที่พิษณุโลก

4. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มแม่บ้านตำบลวังพระ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 30 คน

5. ระยะเวลาที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่.....มกราคม 2554..... ถึง.....มกราคม 2554..... (รวม.....ปี / ...เดือน)

กิจกรรม	ระยะเวลาดำเนินการ ปีงบประมาณ 2554											
	ต.ค. 53	พ.ย. 53	ธ.ค. 53	ม.ค. 54	ก.พ. 54	มี.ค. 54	เม.ย. 54	พ.ค. 54	มิ.ย. 54	ก.ค. 54	ส.ค. 54	ก.ย. 54
1. วางแผนการ ปฏิบัติงาน				↔								
2. จัดทำ/จัดเตรียม ทรัพยากรที่จำเป็น				↔								
3. ดำเนินฝึกอบรม กลุ่มแม่บ้าน				↔								
4. ประเมินผลการ ดำเนินงาน				↔								
5. สรุปและประเมินผล โครงการ				↔								

6. จำนวนเงินงบประมาณ

หมวดงบประมาณ	2554
6.1 ค่าตอบแทน	-
6.2 ค่าใช้สอย	3,300
- ค่าจ้างพิมพ์ไวนิล	
- ค่าวัสดุสำนักงาน	2,600
รวม	20,000

7. การติดตามประเมินผลโครงการ

ประเมินผลโครงการโดยดูจากผลการปฏิบัติงานตามแผน และจากผลสำเร็จของการดำเนินงานเมื่อสิ้นสุดโครงการ

8. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 ผลผลิต (output)

8.1.1 มีกลุ่มแม่บ้าน หรือวิสาหกิจชุมชนเข้าร่วมการฝึกอบรมไม่น้อยกว่า 30 คน

8.2 ผลลัพธ์ (outcome)

กลุ่มแม่บ้านหรือวิสาหกิจชุมชนสามารถนำไปประกอบเป็นอาชีพเสริมได้

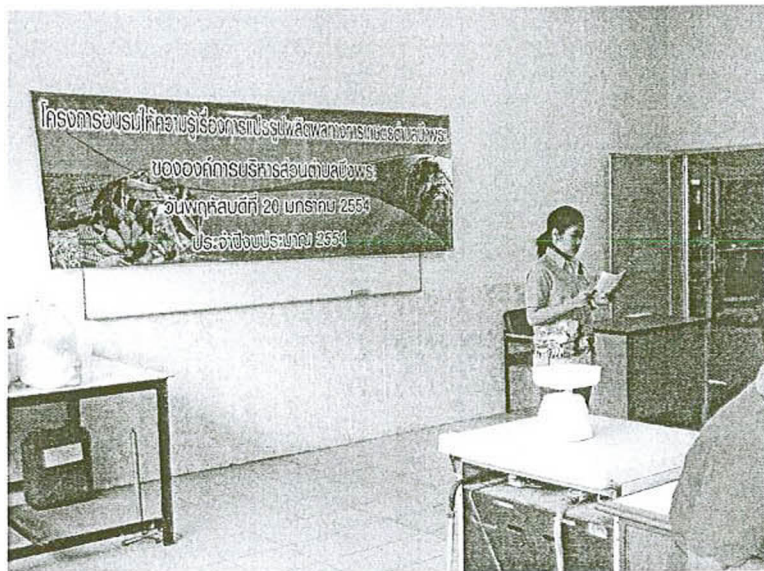
8.3 ผลกระทบที่เกิดขึ้น (impact)

กลุ่มแม่บ้านหรือวิสาหกิจชุมชนสามารถนำไปประกอบเป็นอาชีพเสริม และมีรายได้เพิ่มขึ้น

9. ตัวชี้วัดของผลผลิต

ตัวชี้วัด	หน่วยนับ	2554
เชิงปริมาณ :		
- จำนวนผู้ร่วมฝึกอบรม	คน	30
เชิงคุณภาพ :		
- กลุ่มแม่บ้านหรือวิสาหกิจชุมชนสามารถนำไปประกอบเป็นอาชีพเสริมได้	-	-
เชิงเวลา :		
- จัดทำโครงการ แล้วเสร็จ ภายในระยะเวลาที่กำหนด	ร้อยละ	90
เชิงต้นทุน :		
- ค่าใช้จ่ายในการจัดโครงการ	บาท	3,000

ภาพกิจกรรม





รายชื่อผู้เข้าร่วมการฝึกอบรม

การลงทะเบียน การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ
เรื่อง การผลิตข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ
วันที่ 20 มกราคม พ.ศ. 2554

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	ลายมือชื่อ
1	นางสาวเรณูใจ พันธ์ทอง	อบต.วังพระ	เรณู
2	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
3	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
4	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
5	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
6	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
7	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
8	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
9	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
10	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
11	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
12	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
13	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
14	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
15	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
16	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
17	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
18	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
19	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
20	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
21	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
22	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
23	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
24	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
25	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
26	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
27	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
28	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
29	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู
30	นางสาวเรณู อธิสุข	"	เรณู

31. นางสาวเรณู อธิสุข
32. นางสาวเรณู อธิสุข
33. นางสาวเรณู อธิสุข
34. นางสาวเรณู อธิสุข
35. นางสาวเรณู อธิสุข

31
32
33
34
35

§

ภาคผนวก จ

การเผยแพร่ผลงานวิชาการ

ผลของพันธุ์และปริมาณข้าวเหนียวดำต่อคุณลักษณะของข้าวอบกรอบ

Effects of cultivars and quantity of black glutinous rice on the quality characteristics of rice cracker

สุริยาพร นิพอร์รัมย์¹, วรณภา สระพินครบุรี¹ และอรรณพ ทัดนอุดม¹
Suriyaporn Nipornram¹, Wannapa Sapinkornburee¹ and Unnop Tassanaudom¹

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของพันธุ์และปริมาณข้าวเหนียวดำต่อคุณลักษณะของข้าวอบกรอบ โดยทำการเปรียบเทียบข้าวเหนียวดำ 2 พันธุ์ คือ ข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด และพันธุ์มก๋อย และเปรียบเทียบปริมาณข้าวเหนียวดำที่ใช้แทนที่ข้าวเหนียวขาวในการผลิตข้าวอบกรอบที่ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณข้าวที่ใช้ผลิตข้าวอบกรอบทั้งหมด พบว่าข้าวเหนียวดำพันธุ์มก๋อยมีปริมาณโปรตีน และอะไมโลส เท่ากับ 5.40 และ 9.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ น้อยกว่าข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าความคงตัวของเจลเท่ากับ 51.55 มิลลิเมตร ชนิดของพันธุ์ข้าวเหนียวดำและปริมาณข้าวเหนียวดำมีผลต่อความแข็ง และค่าสี L^* , b^* ของข้าวอบกรอบ โดยข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์มก๋อย ปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาแน่น 0.320 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การพองตัว 174.58 เปอร์เซ็นต์ ความแข็ง 1677.42 กรัม ค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 29.4, 83.40 และ 3.65 ตามลำดับ และได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบและความชอบรวมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ : ข้าวเหนียวดำ, ข้าวอบกรอบ

Abstract

The effects of different cultivars and quantity of black glutinous rice on the quality of rice cracker were investigated by comparing two black glutinous rice cultivars (Doisaket and Omkoi) and different percentage quantities of black glutinous rice (20, 30 and 40%). Protein and amylose content of Omkoi were 5.40 and 9.00% respectively which was significantly less than Doisaket ($p \leq 0.05$). In addition, it had greater gel consistency than Doisaket (51.55 mm). Different cultivars and quantities of black glutinous rice had effects on hardness, color value L^* and b^* of rice cracker. Rice cracker of 20% (w/w) Omkoi cultivar performed the best quality its bulk density, volume expansion, hardness, color value L^* , a^* and b^* were 0.320 g/cm³, 174.58%, 1677.42 g., 29.48, 3.40 and 3.65 respectively. Moreover, it had the highest sensory score for crispiness and over all attributes ($p \leq 0.05$).

Keywords : black glutinous rice, rice cracker

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

¹ Department of Agro-Industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok

* ผู้วิจัยที่สามารถติดต่อกลับได้

* Corresponding author

บทนำ

ข้าวเหนียวดำเป็นข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำหรือม่วงแดง ที่เกิดจากแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดง น้ำเงิน หรือม่วง มีปริมาณโปรตีนและธาตุเหล็กที่สูงกว่าข้าวมันญี่ปุ่นและข้าวหอมมะลิ (อรอนงค์, 2547) การผลิตข้าวอบกรอบซึ่งเป็นขนมขบเคี้ยวสำคัญในประเทศญี่ปุ่น นิยมผลิตจากข้าวเหนียวเรียกว่า อาร์ราเร่(Arare) หรือ โอคากิ(Okaki) มีเนื้อสัมผัสเฉพาะตัวโดยละลายในปากหลังจากเคี้ยว ส่วนข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเจ้าเรียกว่า เซนเบ้(Senbei) ซึ่งมีเนื้อสัมผัสที่แข็งและหยาบ ข้าวอบกรอบที่ผลิตในไทยส่วนมากเพื่อส่งออกไปจำหน่ายในประเทศญี่ปุ่นเป็นตลาดหลักคิดเป็นส่วนแบ่งตลาดประมาณ 86 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นปริมาณการส่งออก 21,139 ตัน มูลค่า 1,633 ล้านบาท (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546) แต่ปัจจุบันข้าวอบกรอบที่ผลิตในท้องตลาด พบแตชนิดที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาวยังไม่มีการผลิตข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจึงสนใจที่จะศึกษาผลของพันธุ์และปริมาณข้าวเหนียวดำต่อคุณลักษณะของข้าวอบกรอบ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัตถุดิบ

ข้าวเหนียวดำที่ใช้ในการทดลองเป็นข้าวกล้องข้าวเหนียวดำ พันธุ์ดอยสะเก็ดจากจังหวัดเชียงใหม่ พันธุ์อมก๋อย จากอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ และข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข 06 จากตลาดภายในจังหวัดพิษณุโลก ก่อนการทดลองนำข้าวเหนียวดำเก็บถุงพลาสติกที่ปิดสนิท และเก็บที่อุณหภูมิห้อง

การศึกษาคูณลักษณะทางเคมี และกายภาพของข้าวเหนียวดำ

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวดำ (AOAC., 1995) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดย Kjeldahl Method วิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส (AOAC., 1995) และความคงตัวของเจล (gel consistency) (อรอนงค์, 2547 : Cagampang et al., 1973)

การศึกษานิสิตและปริมาณข้าวเหนียวดำที่มีผลต่อคุณลักษณะข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะข้าวเหนียวดำ โดยแปรปัจจัย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ พันธุ์ข้าวเหนียวดำที่ใช้ในการผลิตข้าวอบกรอบ ได้แก่ ข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อย และข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด ปัจจัยที่ 2 คือ ปริมาณของข้าวเหนียวดำที่ใช้ทดแทนข้าวเหนียวขาว ได้แก่ ร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก

การผลิตข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

นำข้าวเหนียวล้างทำความสะอาด แช่น้ำในอัตราส่วนน้ำต่อข้าวเหนียว 2:1 โดยน้ำหนัก นาน 16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นกรองน้ำออกและบดให้ละเอียด นวดผสมกับแป้งมันสำปะหลัง ผงฟู และเกลือ ให้เข้ากันนาน 15 นาที นำมารีดเป็นแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร นำไปนึ่งด้วยน้ำเดือด นาน 15 นาที จากนั้นแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ดัดเป็นชิ้นสามเหลี่ยมด้านเท่า ยาวด้านละ 2.5 เซนติเมตร อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45 – 50 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงครึ่ง จนมีความชื้นเหลือประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เก็บในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง และนำมาอบให้พองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 12 นาที

การวัดค่าเนื้อสัมผัส

วัดค่าความแข็ง (Hardness) ของข้าวอบกรอบด้วย Texture Analyzer (TA XT plus) หัววัด Cylinder probe (P/2) ตั้งค่าพารามิเตอร์ Pre-test, test และ Post-test ความเร็ว 3, 3 และ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยวัดแรงสูงสุด (maximum force)

ความหนาแน่น (Bulk density)

ความหนาแน่นของข้าวอบกรอบ (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) วิเคราะห์จากน้ำหนักของข้าวอบกรอบเทียบกับปริมาตรของข้าวอบกรอบ

เปอร์เซ็นต์การพองตัว (Volume expansion)

วัดปริมาตรของข้าวอบกรอบก่อนการอบให้พองตัวเปรียบเทียบกับปริมาตรของข้าวอบกรอบภายหลังการพองตัว (keeratipibul et al., 2008)

การวัดค่าสี

ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab วัดค่าสี L^* , a^* และ b^* ที่ L^* คือความสว่างในช่วงสเกล 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว) a^* แสดงในช่วงสเกล +50 (สีแดง) ถึง -50 (สีเขียว) และ b^* ในช่วงสเกล +50 (สีเหลือง) ถึง -50 (สีน้ำเงิน)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี ความกรอบ กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale ที่ระดับคะแนน 1-9 คะแนน (ปราณี, 2547) ด้วยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน

ผลการทดลอง**ผลการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของข้าวเหนียวดำ**

ปริมาณความชื้นในข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด และพันธุ์มก้อยมีค่าเท่ากับ 14.06 ± 0.16 และ 10.17 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน มีค่าเท่ากับ 6.18 ± 0.07 และ 5.40 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอะไมโลส มีค่าเท่ากับ 9.70 ± 0.01 และ 9.00 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ค่าความคงตัวของเจล 46.65 ± 0.15 และ 51.55 ± 0.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 1

Table 1 Quality characteristics of different types of black glutinous rice

Characteristics	Cultivars	
	Doisaket	Omko
Moisture content (% db)	14.05 ± 0.15^a	10.17 ± 0.01^b
Protein content (% db)	6.18 ± 0.07^a	5.40 ± 0.23^b
Amylose content (% db)	9.70 ± 0.01^d	9.00 ± 0.01^b
Gel consistency (mm)	46.65 ± 0.15^a	51.55 ± 0.05^b

a, b: Across a row, means followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาชนิดและปริมาณข้าวเหนียวดำที่เหมาะสมในการผลิตข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

พันธุ์ข้าวเหนียวดำเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความแข็ง ค่าสี L^* , b^* ของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าสี a^* ความหนาแน่น การพองตัวและความชื้นของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ปริมาณข้าวเหนียวดำที่แตกต่างกัน 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อความแข็ง (hardness) ค่าสี L^* , a^* และ b^* เปอร์เซ็นต์การพองตัวของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณข้าวเหนียวดำทำให้ข้าวอบกรอบมีความแข็งมากขึ้น และเปอร์เซ็นต์การพองตัวลดลง

ข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำพันธุ์มก้อยร้อยละ 20 มีเปอร์เซ็นต์การพองตัว 174.58 ± 0.9 มากกว่าข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำพันธุ์มก้อยร้อยละ 30, 40 และข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดร้อยละ 30 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 2

Table 2 Bulk density and volume expansion of black glutinous rice cracker made from different cultivars and quantities of black glutinous rice

Black glutinous rice		Characteristics	
Cultivars	quantities (% w/w)	Bulk density (g/cm ³)	Volume expansion (%)
Omkoï	20	0.320 ± 0.005 ^{ns}	174.58 ± 0.90 ^a
	30	0.315 ± 0.010 ^{ns}	165.57 ± 2.33 ^b
	40	0.315 ± 0.010 ^{ns}	165.61 ± 2.74 ^b
Doisaket	20	0.320 ± 0.000 ^{ns}	168.17 ± 5.13 ^{ab}
	30	0.315 ± 0.010 ^{ns}	164.03 ± 6.50 ^b
	40	0.315 ± 0.010 ^{ns}	161.43 ± 5.02 ^b

a, b: Across a column, means followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)
 ns, mean values are not significantly different ($p \leq 0.05$)

ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์มกอยู่ร้อยละ 20 มีความแข็ง 1677.42 ± 22.35 กรัม ซึ่งมีความแข็งแรงน้อยกว่า ข้าวเหนียวดำพันธุ์มกอยู่ร้อยละ 30, 40 และข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดร้อยละ 20, 30 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 3 เนื่องจากข้าวเหนียวดำพันธุ์มกอยู่มีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่าข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดดังตารางที่ 1 และข้าวเหนียวดำมีปริมาณอะไมโลสมากกว่าข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข6 ซึ่งในการผลิตข้าวอบกรอบใช้ข้าวเหนียวดำแทนที่ข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข6 ซึ่งมีปริมาณอะไมโลส 2.0-3.2 เปอร์เซนต์ (keeratipibul et al., 2008) ส่งผลให้ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์มกอยู่ร้อยละ 20 มีความแข็งแรงที่สุด

Table 3 Hardness and Moisture content of black glutinous rice cracker made from different cultivars and quantities of black glutinous rice

Black glutinous rice		Characteristics	
Cultivars	quantities (% w/w)	Hardness (g)	Moisture content (%)
Omkoï	20	1677.42 ± 22.35 ^e	0.77 ± 0.06 ^a
	30	2047.63 ± 08.36 ^d	0.70 ± 0.03 ^b
	40	2312.29 ± 73.02 ^c	0.81 ± 0.05 ^a
Doisaket	20	2493.06 ± 83.30 ^b	0.78 ± 0.02 ^a
	30	2557.02 ± 28.29 ^b	0.76 ± 0.02 ^{ab}
	40	3520.09 ± 09.64 ^a	0.79 ± 0.02 ^a

a, b, c, d, e: Across a column, means followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำมีสีน้ำตาลเข้ม ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบของข้าวเหนียวดำอยู่ในช่วง 28.58 – 29.67 ค่าสี a* อยู่ในช่วง 2.93 – 3.86 และค่าสี b* อยู่ในช่วง 2.26 – 3.65 ดังตารางที่ 4 เนื่องจากข้าวเหนียวดำมีรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานิน (Abdel-Aal et al., 2006)

Table 4 Color value L*, a* and b* of black glutinous rice cracker made from different cultivars and quantities of black glutinous rice

Black glutinous rice		Color value		
Cultivars	quantities (% w/w)	L*	a*	b*
Omkoï	20	29.48 ± 0.48 ^a	3.40 ± 0.20 ^{bc}	3.65 ± 0.06 ^a
	30	29.23 ± 0.79 ^a	3.65 ± 0.10 ^{ab}	3.65 ± 0.10 ^a
	40	29.67 ± 1.22 ^a	3.31 ± 0.38 ^{bc}	2.26 ± 0.07 ^c
Doisaket	20	26.65 ± 0.55 ^b	3.86 ± 0.03 ^a	3.10 ± 0.05 ^b
	30	28.58 ± 0.58 ^a	3.10 ± 0.15 ^{cd}	2.93 ± 0.15 ^c
	40	29.36 ± 0.76 ^a	2.93 ± 0.03 ^d	2.62 ± 0.04 ^d

a, b, c, d, e: Across a column, means followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

ผลคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์มก้อยร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมด้านความกรอบและความชอบรวม 6.90 และ 6.83 ตามลำดับ มากกว่าสิ่งทดสอบข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 5 เนื่องจากข้าวอบกรอบดังกล่าวมีคุณลักษณะที่ดีของข้าวอบกรอบชนิดอาราเว่ คือมีความแข็งน้อย และมีเปอร์เซ็นต์การพองตัวสูง

Table 5 sensory score for black glutinous rice cracker made from different cultivars and quantities of black glutinous rice

Black glutinous rice		Acceptability				
Cultivars	quantities (% w/w)	Color	Flavour	Taste	Crispiness	Overall
Omkoï	20	5.80 ^b	6.07 ^b	5.67 ^c	6.90 ^a	6.83 ^a
	30	5.80 ^b	6.23 ^a	6.17 ^{ab}	6.23 ^{bcd}	6.23 ^b
	40	6.17 ^a	5.90 ^b	6.23 ^{ab}	6.47 ^b	6.40 ^b
Doisaket	20	5.90 ^b	5.93 ^b	6.03 ^b	6.20 ^{cd}	6.27 ^b
	30	6.27 ^a	6.00 ^b	6.03 ^b	6.33 ^{bc}	6.40 ^b
	40	6.37 ^a	5.90 ^b	6.33 ^a	6.00 ^d	6.40 ^b

a, b, c, d: Across a column, means followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

วิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณอะไมโลสข้าวเหนียวดำพันธุ์มก้อยน้อยกว่าพันธุ์ดอยสะเก็ด มีค่าเท่ากับ 9.00 ± 0.01 และ 9.70 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จัดเป็นกลุ่มข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสดำมาก ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในช่วง 5.1-12.0 เปอร์เซ็นต์ (Juliano, 1993) ข้าวเหนียวดำพันธุ์มก้อยมีระยะทางในการไหลของเจลมากกว่าข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดเพราะมีปริมาณอะไมโลสดำกว่าพันธุ์ดอยสะเก็ด ปริมาณอะไมโลสมีความสัมพันธ์เชิงลบกับระยะทางในการไหลของเจล โดยปริมาณอะไมโลสสูงทำให้ระยะทางในการไหลของเจลลดลง (keeratipibul et al., 2008) พันธุ์ข้าวเหนียวดำเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความแข็ง เปอร์เซ็นต์การพองตัวของข้าวอบกรอบ เนื่องจากข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสดำทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกนุ่มและเหนียว แต่ข้าวที่มีอะไมโลสสูงทำให้ข้าวปรุงสุกเนื้อแน่นและ

แข็ง (Rani and Bhattacharya, 1989) ข้าวอบกรอบญี่ปุ่นที่ทำจากข้าวเหนียวเรียกว่า อารารุ จะมีเนื้อสัมผัสที่กรอบร่วน ละลายในปาก ไม่แข็งเหมือนข้าวอบกรอบที่ทำจากข้าวเจ้าเรียกว่า เซมเบ้ ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสมากกว่ามีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่า (Hsieh and Luh, 1991) ปริมาณข้าวเหนียวดำที่แตกต่างกัน 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นปัจจัยต่อความแข็งของข้าวอบกรอบ เนื่องจากข้าวอบกรอบที่ใส่ข้าวเหนียวดำมากขึ้นทำให้ปริมาณอะไมโลสมากขึ้นส่งผลให้การพองตัวของข้าวอบกรอบลดลงและเนื้อสัมผัสมีความแข็งมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การพองตัวเกิดการเปลี่ยนแปลง ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอะไมโลสในวัตถุดิบ (Chinnaswamy, 1993) และข้าวเหนียวดำมีปริมาณอะไมโลสมากกว่าข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข6 ที่ถูกแทนที่ด้วยข้าวเหนียวดำปริมาณต่างๆ การเพิ่มปริมาณข้าวเหนียวดำจึงทำให้ข้าวอบกรอบมีความแข็งเพิ่มขึ้นและการพองตัวลดลง

สรุปผลการทดลอง

ข้าวเหนียวดำพันธุ์มก้อยเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นข้าวอบกรอบมากกว่าพันธุ์ดอยสะเก็ด เนื่องจากมีโปรตีน และอะไมโลสน้อยกว่า ทำให้ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์มก้อยมีความแข็งน้อยกว่าและการพองตัวมากกว่าข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด โดยข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์มก้อยปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตข้าวอบกรอบ เนื่องจากได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ และความชอบรวมมากที่สุด มีความหนาแน่น 0.320 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การพองตัว 174.58 เปอร์เซ็นต์ ความแข็ง 1677.42 กรัม ค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 29.4, 83.40 และ 3.65 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบุคลากรในสาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก ทุกท่านที่ให้การปรึกษาในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณเครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่างที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ปราณี อ่านเปรื่อง. 2547. หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส. พิมพ์ครั้งที่ 1, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2546. ตลาดส่งออกข้าวอบกรอบ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [http://www.acfs.go.th/news_detail.php?type \(15 กันยายน 2551 \)](http://www.acfs.go.th/news_detail.php?type (15 กันยายน 2551))
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Abdel-Aal, E. M., Young, J. C. and Rabalski, I. 2006. Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54, 4696-4707.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 16th Ed. Washington, D.C., USA.
- Cagampang, G. B., Perez, C. M. and Juliano, B. O. 1973. A gel consistency test for eating quality of rices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 24, 1589-1594.
- Chinnaswamy, R. 1993. Basis of cereal starch expansion. *Carbohydrate Polymer*. 21, 157-167.
- Hsieh, F., and Luh, B. S. 1991. Rice snack foods. In B. S. Luh (Ed.), 2nd ed. Rice utilization. 2, 233-241. New York, Van Nostrand Reinhold.
- Juliano, B. O. 1993. Rice in Human Nutrition Series, No.26. The international Rice Research Institute (IRRI). Laguna, and Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), Rome.
- Keeratipibul, S. Luangsakul, N. and Lertsachayarn, T. 2008. The effect of thai glutinous rice cultivars, grain length and cultivating locations on the quality of rice cracker (arare). *Food Science and Technology*. 41(10), 1934-1943.
- Rani, S.M.R., and Bhattacharya, K. R. 1989. Rheology of rice flour paste: effect of variety, concentration, and temperature and time of cooking. *Journal of Texture Studies*. 20, 127-137.

