



รายงานการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวญี่ปุ่นจากข้าวเหนียวดำ
สายพันธุ์ลืมผัว

Product Development of Snack from Black Glutinous Rice
Strain of Leum Phua

ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2557

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวญี่ปุ่นจากข้าวเหนียวดำ
สายพันธุ์ลีมฝัว

Product Development of Snack from Black Glutinous Rice
Strain of Leum Phua

ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ทุนอุดหนุนโดย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ประจำปีงบประมาณ 2557

ชื่องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวญี่ปุ่นจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว
Product Development of Snack from Black Glutinous Rice Strain of
Leum Phua

ผู้วิจัย ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2557

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว โดย พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมของ ข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วในการผลิตขนมขบเคี้ยวคือ 80:20 เนื่องจากผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี ความกรอบ ความแข็ง การติดฟัน และความชอบโดยรวม มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจากการ ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของผงปรุงรสในขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่ปรุงรสด้วยกลิ่นรสชีส ร้อยละ 10 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากนั้นจึงนำขนมขบเคี้ยวที่มีสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว 80:20 ปรุงรสด้วยกลิ่นรสชีสความเข้มข้นร้อยละ 10 มาทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 3.22 2.02 6.75 0.21 2.85 และ 85.14 ตามลำดับ มีค่า a_w เท่ากับ 0.35 มีอัตราส่วนการพองตัวเท่ากับ 1.77 ทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ แล้ววิเคราะห์คุณภาพทางด้านสีและเนื้อสัมผัสทุกๆ 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่มีอิทธิพลต่อค่าสี (L^* a^* และ b^*) และไม่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็ง และความกรอบของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ : ขนมขบเคี้ยว ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

Title Product Development of Snack from Black Glutinous Rice Strain of Leum Phua

Author Kwanjit Anukulwattana

Institute Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University

Abstract

The objective of this research was to develop snack product from black glutinous rice strain of Leum Phua. The appropriate proportion of white glutinous and black glutinous strain of Leum Phua for produce snack was 80:20 because the panelists gave the significantly higher hedonic scores of color, crispness, hardness, adhesiveness and overall liking. The study on the types and concentrations of seasoning showed that snack seasoned with 10% cheese flavor had the significantly higher score of overall liking. Develop snack product from black glutinous rice strain of Leum Phua was investigated. Results showed that the snack made from 80:20 white glutinous and black glutinous strain of Leum Phua seasoned with 10% cheese flavor contained moisture, fat, protein, crude fiber, ash and carbohydrate contents were 3.22, 2.02, 6.75, 0.21, 2.85 and 85.14 respectively, 0.35 a_w and 1.77 expansion ratio. Studies of the changes in the color and texture every two weeks for eight weeks were analyzed after storage in aluminium foil bag. The results showed that storage time was not significantly affected on color quality (L^* a^* b^*) and were not affected on hardness and fracturability of product.

Keywords : snack, black glutinous rice strain of Leum Phua

(ค)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่อุดหนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้
ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ที่
เชื้อเพื่อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับทำการวิจัย

ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา

5 มกราคม 2558

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว	3
2.2 ขนมะขบเคี้ยว	6
2.3 สารปรุงแต่งกลิ่นรส	13
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	17
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์	17
3.2 วิธีการวิจัย	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	22
4.1 ศึกษาสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว ที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยว	22
4.2 ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของผงปรุงรสในขนมขบเคี้ยว จากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว	23
4.3 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำ สายพันธุ์ลิ้มผั่ว	24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า		
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	28
	5.1 สรุปผลการทดลอง	28
	5.2 ข้อเสนอแนะ	28
บรรณานุกรม		29
ภาคผนวก		32
	ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	33
	ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	42
	ภาคผนวก ค ภาพประกอบการทำวิจัย	45
ประวัติผู้วิจัย		48

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2-1	องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว	5
4-1	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมخبเคี้ยว จากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว	22
4-2	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมخبเคี้ยวปรุงรสจาก ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว	24
4-3	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมخبเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำ สายพันธุ์ลิ้มผั่ว	25
4-4	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมخبเคี้ยวปรุงรส จากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว	26

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
	3-1	ขั้นตอนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว 18
ค	-1	การแช่ข้าวเหนียว 46
	ค-2	การปั่นข้าวเหนียวที่แช่น้ำแล้ว 46
	ค-3	การนึ่งข้าวเหนียว 47
	ค-4	การรีดข้าวเหนียวนึ่ง 47
	ค-5	ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว 47

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ขนมขบเคี้ยวญี่ปุ่นเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีการผลิตในประเทศไทยเพื่อส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ มีชื่อเรียกตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ชนิดที่ผลิตจากข้าวเหนียวจะเรียกว่า อาราเร่ (arare) ส่วนที่ทำจากข้าวเจ้าเรียกว่า เซมเบ้ (sembei) (Luh, 1991) ขนมขบเคี้ยวแปรรูปจากข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโอกาสขยายตัวในอัตราสูง เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้เป็นอาหารในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการขยายตัวของผู้บริโภค วิถีชีวิตที่เร่งรีบ ผู้บริโภคนิยมเลือกรับประทานอาหารที่หาซื้อได้ง่าย และสะดวก แต่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการ ประกอบกับความนิยมในตลาดต่างประเทศที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากคนเอเชียที่ไปทำงานในต่างประเทศหันมาบริโภคผลิตภัณฑ์จากข้าวมากขึ้น

ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวเป็นข้าวในท้องถิ่นของอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นข้าวเหนียวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกลี้ยงสีดำ ที่อุดมไปด้วยสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระ กรดไขมันอิ่มตัว และธาตุอาหารต่างๆ และมีสรรพคุณทางยา เมื่อหุงสุก มีกลิ่นหอม ลักษณะสัมผัสเมื่อเคี้ยวจะกรุบหนึบภายในนุ่มเหนียว (กรมการข้าว, 2556) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวมีลักษณะที่ดีในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสำหรับเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการแปรรูปข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวเป็นขนมขบเคี้ยวปรุงรสเพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวในการผลิตขนมขบเคี้ยว

1.2.2 เพื่อศึกษาชนิดและความเข้มข้นของผงปรุงรสในขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว

1.2.3 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.3.1.1 สัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่ใช้ทดลองในการผลิตขนมขบเคี้ยว คือ 90:10 85:15 80:20

1.3.1.2 ชนิดของผงกลั่นรสที่ใช้ในการทดลองคือ ผงกลั่นรสชีส ต้มยำ และปาปริก้า ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10

1.3.1.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 2 เดือน

1.3.2 ขอบเขตด้านวัตถุ

1.3.2.1 ข้าวเหนียวขาวที่ใช้คือ ข้าวเหนียวขาวสายพันธุ์ กข 6

1.3.2.2 ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว เพาะปลูกที่อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

ข้าวเหนียว มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Oryza sativa* var. *glutinosa* ที่วงศ์ Poaceae ชื่อสามัญ Glutinous rice เป็นข้าวที่มีอะไมโลสปริมาณต่ำมาก ข้าวสารจะมีสีขุ่น เมล็ดข้าวที่สุกแล้วจะติดกันเหมือนกาว นิยมบริโภคเป็นอาหารหลักของประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือของประเทศไทย นอกจากจะบริโภคโดยตรงแล้วยังมีการนำข้าวเหนียวมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตสุราพื้นบ้าน การผลิตแป้งข้าวเหนียวเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร และขนมขบเคี้ยว เป็นต้น

ข้าวเหนียว มี 2 ชนิด คือ ข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ สำหรับข้าวเหนียวดำนั้น ภาษาพื้นเมืองของทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกว่า ข้าวดำ แต่ข้าวเหนียวดำจะมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์มากกว่าข้าวเหนียวขาว คือ Oligomeric Proanthocyanidin Complexs (OPC) มีสรรพคุณช่วยชะลอการแก่ก่อนวัย และความเสื่อมถอยของร่างกาย โดยสารโอฟีซีที่พบในข้าวเหนียวดำเป็นสารชนิดเดียวกับสารสกัดที่ได้จาก องุ่นดำ องุ่นแดง และเปลือกสน (กฤษดา, 2552)

ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว เป็นข้าวเหนียวนาปีของกลุ่มชาติพันธุ์ชาวม้ง บ้านรวมไทยพัฒนาที่ 3 ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ปลูกในสภาพไร่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 650 เมตร และได้มีกลุ่มชาติพันธุ์ชาวม้ง นำเมล็ดพันธุ์มาปลูกในบริเวณรอยต่อระหว่างอำเภอนครไทย และอำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก ต่อมาปี 2533 นายพนัส สุวรรณธาดา ได้ปฏิบัติกรงานราชการโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ภูซัด ภูเมี่ยง ภูสอยดาวบริเวณอำเภอนครไทย และอำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก ได้พบเห็นและสนใจจึงรวบรวมและนำมาปลูกเปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกจากแหล่งเดิม (อำเภอพบพระ) และคัดเลือกพันธุ์ให้บริสุทธิ์ระหว่างปี 2534-2538 ณ ส่วนแยกของสถานีทดลองพืชสวนคอยมูเชอ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก เพื่อใช้ในโครงการตามพระราชเสาวนีย์ของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ จากนั้นนายพนัส สุวรรณธาดา จึงได้ทำแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ในปี 2539 แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ได้ไปให้กลุ่มชาติพันธุ์ชาวม้งตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ซึ่งเป็นแหล่งปลูกดั้งเดิมปลูกขยายพันธุ์ เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป แต่เมื่อเวลาผ่านไปด้วยวิธีการปลูกแบบชาวเขา ที่มักปลูกข้าวหลายพันธุ์ใกล้กัน หรือปลูกด้วยกันทำให้ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว มีเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์อื่นปน และไม่เป็นพันธุ์บริสุทธิ์ ปี 2550 ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก และศูนย์วิจัยข้าวแพร่ ได้เริ่มทำการคัดเลือกพันธุ์บริสุทธิ์อีกครั้ง เริ่มจากการคัดเลือกแบบหมู่ (Mass selection) และคัดเลือกรวงในปี

2551 เพื่อมาทำเป็นพันธุ์บริสุทธิ์โดยปลูกแบบรวงต่อแถว แล้วนำไปเปรียบเทียบผลผลิตเบื้องต้นที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร ทดสอบการปรับตัวในแปลงเกษตรกรที่ อำเภอเขาค้อ จังหวัด เพชรบูรณ์ ปลูกเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานี และในนาราษฎร วิเคราะห์คุณค่าเมล็ดทาง โภชนาการ ทดสอบปฏิกิริยาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ทดสอบปฏิกิริยาต่อโรค และแมลง ศัตรูข้าว ที่สำคัญวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ เคมี คุณภาพสี การหุงต้มรับประทาน และ ทำลายพิมพ์เอกลักษณ์ (DNA fingerprint) และขณะนี้อยู่ในโครงการนำร่องอนุรักษ์พันธุ์ข้าวเพื่อ ใช้ประโยชน์ ของสำนักวิจัยข้าวและพัฒนาข้าว กรมการข้าว (อัจฉราพร และอภิชาติ, 2553)

2.1.1 ลักษณะทางกายภาพ

ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัว เป็นข้าวเหนียวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกลี้ยงสีดำ อายุ เบาลับเกี่ยวประมาณกลางเดือนตุลาคม ลักษณะทรงกอตั้ง ต้นแข็ง ไม่ล้มง่าย ปล้องสีเหลืองอ่อน กาบใบและใบสีเขียว ลิ้นใบสีน้ำตาลอ่อน หูใบสีเหลืองน้ำตาล ใบธงหักลง คอรวงยาว รวงค่อนข้าง แน่น กลีบดอกกระยะออกรวง 50% มีสีเขียวอ่อน เมื่อระยะนํ้ามากกลีบดอกเปลี่ยนสี เป็นแถบสีม่วง บนพื้นสีเขียวอ่อน ต่อมาเมื่อเข้าสู่ระยะแบ่งแข็ง สีกลีบดอกจะเปลี่ยนเป็นสีฟางแถบม่วงดำ และ เมื่อข้าวระยะสุกแก่สีเปลือกเมล็ด เปลี่ยนเป็นสีฟางแถบดำ หรือสีฟาง มีความสูงเฉลี่ย 151 เซนติเมตร น้ำหนักข้าวเปลือก 10.4 กิโลกรัมต่อถัง ข้าวเปลือก 1,000 เมล็ดหนัก 38.1 กรัม เปลือกเมล็ดเป็นสีฟางแถบดำ ข้าวเปลือกมีขนาดยาว 10.7 มิลลิเมตร หนา 1.9 มิลลิเมตร คุณภาพการสีข้าวได้ข้าวเมล็ดเต็ม และต้นข้าว 48.2 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพเมล็ดทางเคมี มีการ สลายเมล็ดในด่างที่ 1.4 และ 1.7% KOH ต่ำ อุณหภูมิแป้งสุกต่ำอัตราการยืดตัวปกติ ระยะพักตัว 5 สัปดาห์

2.1.2 ลักษณะเด่นของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัว

2.1.2.1 เมล็ดมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ แอนโทไซยานิน และแกรมมา -โอไรซานอล กรดไขมันอิ่มตัว เช่น โอเมก้า 3 โอเมก้า 6 และโอเมก้า 9 วิตามิน เช่น วิตามินอี ธาตุอาหาร เช่น เหล็ก แคลเซียม แมงกานีส

2.1.2.2 ข้าวกลี้ยงเมื่อหุงสุก มีกลิ่นหอม ลักษณะสัมผัสเมื่อเคี้ยวจะกรุบหนึบ ภายในนุ่มเหนียว

2.1.3 องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัว

จากการวิเคราะห์โดยศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการ ข้าวพบว่า องค์ประกอบต่างๆ ในข้าวแสดงดังตาราง 2-1

ตารางที่ 2-1 องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

สารอาหาร	ปริมาณ
1. Saturated Fat	0.76 g/100g
2. Monounsaturated fatty acid	1.16 g/100g
3. Polyunsaturated fatty acid	1.19 g/100g
4. Unsaturated fat	2.35 g/100g
5. Omega 3	33.94 mg/100g
6. Omega 6	1,160.08 mg/100g
7. Omega 9	1,146.10 mg/100g
8. Vitamin B1	0.05 mg/100g
9. Vitamin B2	0.035 mg/100g
10. Niacin	6.48 mg/100g
11. Dietary Fiber	2.33 mg/100g
12. Vitamin E (Alpha-tocopherol)	16.83 mg/kg
13. Vitamin E (Gamma-tocopherol)	6.48 mg/kg
14. Vitamin E (Delta-tocopherol)	0.39 mg/kg
15. Gamma Oryzanol	490.49 mg/kg
16. Phytate	4,801.15 mg/kg
17. Iron (Fe)	84.18 mg/kg
18. Calcium (Ca)	169.75 mg/kg
19. Zine (Zn)	23.60 mg/kg
20. Manganese (Mn)	35.38 mg/kg
21. Protein (dry basis)	10.63 %
22. Total antioxidant	833.77 Ascorbic acid/100g

(กรรมกรข้าว, 2556)

ส่วนประกอบต่างๆ ในข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว มีคุณค่าทางโภชนาการต่อร่างกายมนุษย์ ดังต่อไปนี้

- 1) ช่วยต้านอนุมูลอิสระ
- 2) ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง

- 3) ช่วยลดคลอเรสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์
- 4) ช่วยลดการหย่อนสมรรถภาพทางเพศ
- 5) ช่วยบำรุงสมอง ป้องกันภาวะสมองเสื่อม
- 6) ช่วยให้ผิวพรรณดูเปล่งปลั่ง
- 7) ช่วยป้องกันการอุดตันในเส้นเลือด

2.2 ขนมหขบเคี้ยว

ขนมหขบเคี้ยว หมายถึง อาหารที่ใช้รับประทานเล่นระหว่างมื้ออาหารหลัก ลักษณะเด่นของขนมหขบเคี้ยวในปัจจุบัน คือ น้ำหนักเบา รับประทานง่าย นำติดตัวไปในที่ต่างๆ ได้สะดวก ขนมหขบเคี้ยวจัดเป็นอาหารให้พลังงานสูง เนื่องจากมีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตเป็นจำนวนมาก จึงช่วยให้อิ่มท้องได้ (นฤศันต์, 2541) นอกจากนั้น Blenford (1982) ได้ให้คำจำกัดความของขนมหขบเคี้ยวว่า เป็นอาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้วพร้อมบริโภคได้ทันที หรือเตรียมเพียงเล็กน้อยก็สามารถบริโภคได้ระหว่างมื้ออาหาร และสามารถเก็บรักษาได้นาน 6 สัปดาห์ โดยไม่ต้องอาศัยความเย็น ดังนั้นจะพบว่า ขนมหขบเคี้ยวควรมีลักษณะพื้นฐานดังนี้คือ มีความสะดวกสบายในการใช้หรือบริโภค สามารถแบ่งเป็นส่วนเล็กส่วนน้อยได้ ช่วยประทังความหิวในช่วงเวลาสั้นๆได้ มีรสชาติตอบสนองความพึงพอใจ มีน้ำหนักเบา หรือเนื้อแน่น และอาจใช้เป็นอาหารที่มีคุณลักษณะเฉพาะ เช่น อาหารเพื่อสุขภาพ หรืออาหารว่างในงานสังสรรค์ (ธงชัย, 2535)

2.2.1 ประเภทขนมหขบเคี้ยว

ขนมหขบเคี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคในกลุ่มเด็กวัยเรียนที่อายุระหว่าง 7-18 ปี นอกจากนั้นยังมีเด็กวัยก่อนเรียนอายุระหว่าง 3-7 ปี เด็กวัยรุ่นและคนวัยทำงาน จากการสำรวจเด็กไทยในวัยเรียนอายุระหว่าง 7-18 ปี ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าเด็กรับประทานขนมหขบเคี้ยวทุกวันถึง ร้อยละ 51.3 รับประทานประมาณทุกๆ 2-3 วัน ร้อยละ 18.8 และไม่เคยรับประทานเลยมีเพียงร้อยละ 5.0 เท่านั้น ซึ่งปริมาณความถี่ในการบริโภคค่อนข้างสูงทำให้อุตสาหกรรมขนมหขบเคี้ยวมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

2.2.1.1 ประเภทขนมขบเคี้ยว แบ่งตามประเภทผลิตภัณฑ์

1) มันฝรั่งทอด/อบเนย ทั้งชนิดแผ่นและแท่ง (stick) เป็นขนมขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากที่สุดถึงร้อยละ 69 โดยมีมันฝรั่งแผ่นยี่ห้อเลย์ เป็นเจ้าตลาดในกลุ่มนี้ รองลงมา คือ ฟริงเกิลส์ และเทสโต้

2) ขนมขบเคี้ยวประเภทปลาเส้น/ปลาแผ่น ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคในสัดส่วนร้อยละ 10 ซึ่งมียี่ห้อทาโรเป็นผู้นำตลาด

3) ขนมขบเคี้ยวประเภทชิ้นรูป ได้แก่ ขนมขบเคี้ยวที่ผลิตจากวัตถุดิบประเภทแป้ง เช่น แป้งข้าวโพด และส่วนผสมอื่น ขึ้นรูปเพื่อให้มีรูปร่างต่างๆ กันได้รับความนิยมร้อยละ 6 ซึ่งได้แก่ยี่ห้อ ปาปริก้า คอนเน แป้เต้ และโคโรโทส ในสัดส่วนไม่ต่างกันมากนัก

4) ประเภทถั่วต่างๆ ได้รับความนิยมร้อยละ 5 มี โก้โก้ เป็นผู้นำตลาด รองลงมาเป็นเจดีย์คู่

5) ขนมขบเคี้ยวประเภทข้าวเกรียบกุ้ง/ปลา ได้รับความนิยมร้อยละ 5 มี ฮานามิเป็นแชมป์ครองตลาด รองลงมา คือ มโนราห์

6) ขนมขบเคี้ยวประเภทข้าวโพดอบเนย ได้รับความนิยมร้อยละ 4 มี ยี่ห้อ ไตโร นำตลาดอยู่ รองลงมาเป็นยี่ห้อปาร์ตี้

7) ขนมขบเคี้ยวประเภทปลาหมึก/ปลาหมึกกรอบได้รับความนิยมร้อยละ 1 ของตลาดขนมขบเคี้ยว มียี่ห้อปลาหมึกเต้าทองเป็นเจ้าของตลาด

2.2.1.2 ประเภทขนมขบเคี้ยว แบ่งตามกรรมวิธีการผลิต

1) Deep fat fried เป็นผลิตภัณฑ์ทอดในน้ำมันจะใช้เวลานานในการทอด ลักษณะของผลิตภัณฑ์มีทั้งแบบแผ่น แท่ง วงแหวน และรูปต่างๆ

2) Quick fried จะใช้ระยะเวลาในการทอดอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูง ประมาณ 200 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาสั้น 10-20 วินาที ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเป็นแผ่นบาง

3) Extrusion cooked ใช้วัตถุดิบทั้งเมล็ดหรือใช้แป้งมันฝรั่งผสมน้ำ นวดจนเกิดโด (Dough) ทำให้สุกภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูง ทำให้แข็ง โดยการนำเข้าเครื่องเอ็กทูดอร์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรูปร่าง เป็นแผ่นบางสามารถปรับขนาดได้ตามความต้องการ

4) Roasted เป็นการอบ นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทถั่ว

2.2.2 อาหารประเภทพองกรอบ

อาหารประเภทพองกรอบ (Expanded product) มีอาหารพองกรอบหลายประเภทที่สามารถใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบ ที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกัน เช่น

2.2.2.1 การพองด้วยการย่างบนความร้อน (Baking) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อะราเร่ (Arare) ที่ทำมาจากข้าวเหนียว และเซนเบ่ (Senbei) ที่ทำมาจากข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ เทคโนโลยีการทำผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดนี้ นำมาจากชาวญี่ปุ่นในการทำผลิตภัณฑ์อะราเร่ ข้าวเหนียวพันธุ์ที่นิยมใช้ คือ กข 6 สำหรับผลิตภัณฑ์เซนเบ่ ข้าวที่เหมาะสม คือ ข้าวอะมิโลสต่ำ

2.2.2.2 การพองที่เกิดจากแรงอัดที่อุณหภูมิสูง (Extrusion) ในปัจจุบันมีการนำ extrusion technology มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย การพองตัวของแป้งเกิดจากการที่แป้งได้รับความร้อนจากขดลวด และความดันสูงจากการขับเคลื่อนของแท่งเกลียวทำให้แป้งและองค์ประกอบอาหารเกิดการหลอมตัว เมื่อแป้งเหลวเคลื่อนตัวออกสู่บรรยากาศ ความดันจะลดลงอย่างรวดเร็ว ไอน้ำที่อยู่ในก้อนแป้งเหลวจะกระจายระเหยออกทันที และดันก้อนแป้งเกิดรูพรุนกระจายทั่ว เมื่อเย็นลงจะคงความกรอบของผลิตภัณฑ์ไว้ เครื่อง Extrusion นี้มีทั้งชนิด single screw และ twin screws เทคโนโลยีนี้สามารถทำผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ และยังเอื้ออำนวยต่อการเติมสารอาหาร เพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว ได้ทำการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ข้าวพองจากข้าวกล้อง โดยใช้เครื่อง extruder ซึ่งสามารถทำข้าวพองได้จากข้าวเจ้าทุกประเภท ทั้งข้าวในกลุ่มอะมิโลสต่ำ ปานกลาง และสูง จากนั้นนำตัวข้าวพองมาเคลือบหรือปรุงรสด้วย น้ำตาล เกลือ และนมผง แล้วนำข้าวพองที่ปรุงรสแล้ว ทำการอัดแท่ง โดยมีการผสมวัตถุดิบต่างๆ เช่น ข้าวโพดอบแห้ง ถั่วเขียวทอด ข้าวตอก งาขาว หรือবাদาม

2.2.2.3 การพองตัวที่เกิดจากแผ่นความร้อน (Puffing machine) หลักการของเทคโนโลยีนี้เกิดขึ้นในทำนองเดียวกับ extrusion แต่ความดันที่ได้รับเกิดจากแรงดันและการเคลื่อนกลับของแผ่นให้ความร้อน 2 แผ่นประกบกัน ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ได้แก่ rice cake

2.2.2.4 การพองตัวที่เกิดจากการอบหรือทอดในน้ำมันร้อน (Oven or deep fry puffing) เช่น ข้าวตอกซึ่งทำมาจากข้าวเหนียว ข้าวตังทอด ขนมนางเล็ด จากการศึกษาค้นคว้าของข้าวที่ทอดในน้ำมันพบว่า ข้าวที่เหมาะสมควรเป็นข้าวสุกอบแห้ง ข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ และข้าวเหนียวจะมีการพองตัวได้ดีกว่าข้าวชนิดอื่น ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้หากได้รับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จะช่วยให้มีมูลค่าสูงขึ้น (กรมการข้าว, 2556)

2.2.3 การอบ

การอบ หมายถึง กระบวนการที่ทำให้ปริมาณน้ำ หรือความชื้นในผลิตภัณฑ์หมดไป หรือเหลือปริมาณน้อยที่สุด แต่ในบางผลิตภัณฑ์ไม่ต้องการให้อบผลิตภัณฑ์ให้แห้งสนิท จะคงเหลือความชื้น 2-5 % ก่อนนำไปเผา เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงและไม่แตก การนำตู้อบมาใช้แทนการตากแดด สามารถควบคุมได้ทั้งอุณหภูมิ ความชื้น และสามารถอบได้ปริมาณมากกว่าการตากแดดเพียงอย่างเดียวหลายเท่าตัวขึ้นอยู่กับความสามารถของเตาอบแต่ละตู้ ในช่วงแรกของการอบ น้ำ และความชื้นจะลดลงด้วยอัตราคงที่ ถึงระดับหนึ่งน้ำจะเริ่มลดลงด้วยอัตราที่น้อยลงเรื่อยๆ เมื่อน้ำหนักคงที่ในการอบจะเกิดปฏิกิริยา ซึ่งประกอบด้วย 3 ช่วง คือ

1) constant-rate period ช่วงนี้ความชื้นจะออกจากผลิตภัณฑ์ ด้วยอัตราคงที่ เช่น 0.1 กรัมต่อชั่วโมง รอบๆ ผิว (free water - surface) น้ำที่อยู่ข้างในผ่านออกมาข้างนอก ระบายไอน้ำที่ผิวออกยังเปียกอยู่

2) First falling-rate period ช่วงนี้ความชื้นจะออกจากผลิตภัณฑ์ ด้วยอัตราที่ลดลงคงที่ เช่น ชั่วโมงแรก ความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยอัตรา 0.1 กรัมต่อชั่วโมงต่อตารางเซนติเมตร ชั่วโมงที่สองเหลือ 0.09 กรัมต่อชั่วโมงต่อตารางเซนติเมตร ชั่วโมงที่สามเหลือ 0.08 กรัมต่อชั่วโมงต่อตารางเซนติเมตร เป็นต้น อัตราการระเหยในช่วงนี้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก เช่น ความเร็วลมที่ไหลผ่านชิ้นงาน

3) Second falling-rate period ช่วงนี้อุณหภูมิจะอยู่ติดกันทำให้การระเหยลดลงช้ามาก อัตราการระเหยจะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ เป็นเส้นโค้ง การระเหยในช่วงนี้จะขึ้นอยู่กับการควบคุมการแพร่กระจาย (diffusion control) ของความชื้นผ่านรูพรุนในเนื้อผลิตภัณฑ์ (ตลาดนัดออนไลน์, 2556)

2.2.3.1 การเปลี่ยนแปลงของอาหารระหว่างการอบ

ความร้อนระหว่างการอบ ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน ทั้งแบบการพา ความร้อนร่วมกับการแผ่รังสีไปที่ผิวหน้าของอาหาร และนำความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในชิ้นอาหาร ระหว่างการอบยังมีการถ่ายเทมวลออกจากผิวของอาหาร ทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉพาะบริเวณผิวหน้าของอาหาร น้ำในอาหารจะระเหยออกไป เกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของอาหาร ได้แก่

1) ทำให้อาหารสุก โดยทำให้แป้งเกิดการเจลาติไนซ์ (gelatinization) และโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation)

2) ทำให้เกิดการขยายตัวของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จากปฏิกิริยาของสารที่ทำให้ขึ้นฟู (leavening agent) เกิดเป็นโครงสร้างที่มีรูอากาศภายใน

3) เกิดเปลือกแข็ง (crust) ที่ผิวนอกของอาหาร

4) การเปลี่ยนแปลงสี โดยเฉพาะที่ผิวนอกของอาหารเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) เช่น Maillard reaction, caramelization ซึ่งเป็นปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างโปรตีน หรือ กรดอะมิโนกับน้ำตาลในภาวะที่มีอุณหภูมิสูง (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2556)

2.2.3.2 ผลของจุลินทรีย์ที่มีต่อการอบ

อาหารจะมีจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กัปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารนั้น ราชส่วนใหญ๋เติบโตได้ในอาหารที่มีน้ำร้อยละ 12 เคยพบราบางชนิด เติบโตในอาหารที่มีน้ำเพียงร้อยละ 2 สำหรับยีสต์ต้องการน้ำมากกว่ารา ปกติต้องการความชื้นกว่าร้อยละ 30

เมล็ดธัญพืชที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 12 จะไม่มีราขึ้น แต่ถ้ามีความชื้นร้อยละ 16 อาจมีราขึ้นระหว่างเก็บได้ ผลไม้แห้งที่มีความชื้นระหว่างร้อยละ 16-25 ราจะขึ้นในผลไม้เหล่านี้ได้ถ้ามีอากาศและมีความชื้นในอากาศสูง อาหารที่มีความชื้นสูงกว่าร้อยละ 30 และหากสิ่งแวดล้อมอื่นเหมาะสม ราและยีสต์จะเติบโต

สำหรับการอบผลิตภัณฑ์กลุ่มเนื้อสัตว์ นั้นจำเป็นต้องมีการป้องกัน ควบคุม และการลดการปนเปื้อนสำหรับเนื้อสัตว์หลังการฆ่า เช่น กรดอินทรีย์ คลอรีน เนื่องจากเนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง มีค่า water activity เหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หลายชนิด ซึ่งอาจจะต้องใช้หลายวิธีร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำแห้งได้มากขึ้น

แบคทีเรียที่ให้โทษบางอย่างสามารถเติบโตได้ในอาหารแห้ง ได้แก่ แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร และที่ทำให้อาหารเป็นพิษ ดังนั้นนอกจากจะควบคุมความชื้น แล้วจำเป็นต้องใช้อาหารที่มีคุณภาพสูง สำหรับอาหารแห้งควบคุมความสะอาด โดยให้ความร้อนต่ำ (pasteurization) ทำลายจุลินทรีย์ก่อนการทำแห้ง ใช้เครื่องมือที่สะอาด

ตลอดจนการเก็บอาหารในที่แห้ง แล้วให้ปลอดภัยจากฝุ่น แผลง และหนู เพื่อช่วยลดปริมาณ จุลินทรีย์ที่เข้ามาปนเปื้อนให้เหลือน้อยที่สุด (วิไล, 2545)

2.2.3.3 ผลของเอนไซม์ที่มีต่อการอบ

เอนไซม์จะทำงานได้ดี ในสภาวะที่มีน้ำ และถ้าความเข้มข้นของเอนไซม์ และสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาคงที่แต่ปริมาณน้ำลดลง ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะลดลงเป็นสัดส่วน กับ ปริมาณน้ำที่ลดลง เมื่อมีความชื้นเหลือน้อยกว่าร้อยละ 5.6-8.5 ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะไม่เหลือ เลย เมื่อมีน้ำอยู่ด้วย ความร้อนจะทำลายเอนไซม์อย่างรวดเร็ว โดยปกติที่อุณหภูมิ น้ำเดือด เอนไซม์จะถูกทำลายภายใน 1 นาที แต่ถ้าใช้ความร้อนแห้ง ที่ใช้ในการทำอาหารแห้งด้วยเครื่อง (drier) แม้จะมีอุณหภูมิสูงถึง 400 องศาฟาเรนไฮต์ ก็มีผลต่อเอนไซม์น้อยมาก (วิไล, 2545)

2.2.4 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ผลิตได้ เมื่อเก็บไว้ระยะเวลาหนึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลง คุณภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ กระบวนการเสื่อมเสียมี 2 กระบวนการที่อาจเกิดขึ้น พร้อมกันคือ

2.2.4.1 การสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสเนื่องจากการดูดซับความชื้น

องค์ประกอบของอาหารเป็นสารประเภทไบโอพอลิเมอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ เป็นสารที่มีโครงสร้างที่เป็นระเบียบ (crystalline structure) และโครงสร้างที่ไม่เป็น ระเบียบ (amorphous structure) โครงสร้างทั้ง 2 นี้สามารถเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาได้ตาม ต้องการ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและระดับความชื้น เมื่ออุณหภูมิของอาหารอยู่ต่ำกว่า อุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (T_g) อาหารจะเปราะ และแตกง่าย T_g เป็นอุณหภูมิที่เกิดการ เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ซึ่งเป็นของแข็งที่มีความเหนียวมากคล้ายแก้ว (glass) หรือมีความอดุลัสสูง เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงลดลง และมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของ วัสดุให้สูงกว่า T_g วัสดุจะยังเป็นของแข็งที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่ายขึ้น แต่ไม่สามารถ ไหลได้เหมือนของเหลว มีลักษณะเหนียวคล้ายหนัง หรือเป็นยาง (rubbery) และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ของวัสดุจนกระทั่งสูงกว่าอุณหภูมิหลอมเหลว (T_m) วัสดุจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงของเหลว (liquid like) เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงลดลง ดังนั้นหากปล่อยให้อาหารมีความชื้นเพิ่มขึ้น ในระหว่าง การเก็บรักษาจะทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป ดังนั้นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อ

สัมผัสของขนมขบเคี้ยว คือ ความชื้น และค่า water activity (a_w) ซึ่งมีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของอาหาร ความสัมพันธ์ระหว่างค่า a_w หรือปริมาณความชื้น และคุณสมบัติทางกล หรือลักษณะเนื้อสัมผัสของวัสดุของอาหาร มีความซับซ้อนมาก นอกจากน้ำจะมีคุณสมบัติในการเป็น plasticizer ซึ่งน้ำทำหน้าที่ได้ทั้ง plasticizer หรือ nonplasticizer ก็ได้ในระบบพอลิเมอร์ของอาหารที่มีความชื้นต่ำ ซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโดยทำให้โครงสร้าง starch/protein matrix เกิดพลาสติกไซซิง (plasticizing) จากปริมาณน้ำ หรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้วัสดุเปลี่ยนสถานะเป็นรับเบอรี (rubbery state) เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะชื้น ไม่กรอบ (soggy) ความกรอบของขนมขบเคี้ยว โดยทั่วไปที่มาจากแป้งโดยทดสอบด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส และการใช้เครื่องมือ พบว่าความกรอบจะลดลงเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะไม่ถูกยอมรับเมื่อมีค่า a_w 0.35-0.5

2.2.4.2 การเกิดกลิ่นเหม็นหืน โดยมีออกซิเจนและแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

การเกิดออกซิเดชันขององค์ประกอบในอาหาร เป็นปฏิกิริยาที่มีความสำคัญต่อการเสื่อมเสียคุณภาพอาหารมาก โดยกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่สำคัญ คือ กลไกอนุมูลอิสระ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1) กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) จะทำปฏิกิริยาแตกตัวให้อนุมูลอิสระกรดไขมัน โดยมีตัวเร่ง ได้แก่ ความร้อน แสง และอนุมูลโลหะ เป็นต้น

2) อนุมูลอิสระกรดไขมันจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เป็นอนุมูลอิสระเปอร์ออกไซด์ และสามารถทำปฏิกิริยากับกรดไขมันตัวอื่นได้อีก แล้วได้สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์และอนุมูลอิสระตัวใหม่ โดยไฮโดรเปอร์ออกไซด์ยังอาจสลายตัว และให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอีก การที่อนุมูลอิสระของกรดไขมัน สามารถทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน และให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นได้อีก เรียกปฏิกิริยานี้ว่า ออกซิเดชัน (autoxidation) สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ยังสามารถทำปฏิกิริยาได้อีก และให้สารประกอบที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ หรือความเสื่อมเสียอื่นๆ ต่อคุณภาพอาหาร

3) อนุมูลอิสระ ทำปฏิกิริยากันเองได้เป็นโมเลกุลที่เสถียร

2.2.5 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

ปัจจุบันได้มีการนำวิทยาการเกี่ยวกับการนำก๊าซชนิดต่างๆ มาใช้สำหรับกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารมากขึ้น เพื่อช่วยรักษาคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ ไว้ให้นานที่สุด ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาอาหาร กระบวนการ

บรรจุแบบ Gas-Flushing เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือก๊าซไนโตรเจน โดยการพ่นก๊าซชนิดที่ต้องการเข้าไปแทนที่อากาศภายในภาชนะบรรจุ ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ยิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้สำหรับไล่ออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) เช่น อาหารที่มีไขมันมาก น้ำผลไม้ เป็นต้น ก๊าซที่ใช้สำหรับพ่นเข้าไปแทนที่อากาศภายในภาชนะบรรจุ มีหลายชนิด เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ก๊าซออกซิเจน (O_2) เป็นต้น แต่ก๊าซที่ยิยมใช้กันมากที่สุดในระบบ Gas Flushing ในอุตสาหกรรมอาหาร คือ ก๊าซไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่เป็นพิษ จึงสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิด เป็นก๊าซเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี จึงมักใช้ในการแทนที่ก๊าซออกซิเจน เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมัน หรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร เป็นก๊าซที่ไม่เกิดการระเบิด ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม เป็นก๊าซที่ละลายในน้ำและไขมันได้น้อยมาก จึงสามารถพ่นพองก๊าซไนโตรเจนผ่านเข้าไปยังวัตถุดิบ หรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวได้

ก๊าซไนโตรเจนจะเข้าไปห่อหุ้มโมเลกุลของน้ำมัน ทำให้สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเหม็นหืนได้ การพ่นก๊าซไนโตรเจนเข้าไป เพื่อไล่อากาศในภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์อาหารจำพวกขนมขบเคี้ยว เป็นขั้นตอนหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้ผลิตสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้นานยิ่งขึ้น ดังนั้นการใช้วิธีการพ่นก๊าซเข้าไปแทนที่ ร่วมกับการใช้ภาชนะบรรจุซึ่งสามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี สามารถช่วยเก็บรักษาปริมาณก๊าซไนโตรเจนที่เติมเข้าไปภายในภาชนะบรรจุ ในขณะเดียวกันยังสามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้น และก๊าซออกซิเจนจากภายนอกไม่ให้ซึมผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ต้องพิจารณาร่วมด้วย ได้แก่ สภาวะในการเก็บรักษา เช่น การควบคุมอุณหภูมิ แสง และความชื้น ปริมาณและสถานะของเชื้อจุลินทรีย์ (Microbiological State) ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ และความเข้มข้นของก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิด และเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการบรรจุ (โอเคเนชั่น, 2556)

2.3 สารปรุงแต่งกลิ่นรส

การบริโภคอาหาร นอกจากจะบริโภคเพื่อขจัดความหิวโหย และเพื่อความจำเป็นของร่างกายเพื่อการดำรงชีวิต แล้วยังเลือกบริโภคเพื่อความอร่อยของรสชาติอาหารตามใจปากของตนเอง ดังนั้นรสชาติอาหารจึงจัดเป็นคุณลักษณะทางคุณภาพที่สำคัญของอาหารที่ผู้บริโภคต้องการ และมีอิทธิพลต่อการยอมรับอย่างมาก คนส่วนใหญ่ที่ชอบ หรือไม่ชอบอาหารนั้นมักมีสาเหตุมาจากกลิ่นรสเป็นสำคัญทั้งที่สารประกอบที่ให้กลิ่นรสในอาหารนั้น จัดเป็นองค์ประกอบที่มี

ปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (สายสนม, 2540) ดังนั้นการเติมสารปรุงแต่งกลิ่นรสไม่ว่าจากธรรมชาติ หรือสังเคราะห์ขึ้นมาจะเป็นสิ่งที่ทำให้ขนมขบเคี้ยวนั้นน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น แม้ว่าสารปรุงแต่งกลิ่นรสจะไม่ใช่วิธีหลักในการผลิตขนมขบเคี้ยวแต่มีผลต่อลักษณะปรากฏ และรสชาติของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยมีคำจำกัดความของสารที่ใช้ในการปรุงแต่งกลิ่นรสว่า สารที่เติมลงไปในการอาหาร หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆโดยมีจุดประสงค์เพื่อที่จะทำให้เกิดกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ (ศิริพันธ์, 2536) นอกจากนี้สารปรุงแต่งกลิ่นรส หมายถึงสารประกอบที่ปกติแล้วจะไม่นำมาใช้เป็นอาหารที่บริโภคโดยตรง และไม่ใช้ส่วนประกอบหลักในผลิตภัณฑ์อาหารไม่ว่าสารนั้นจะมีคุณค่าทางโภชนาการหรือไม่ แต่นำมาเติมลงในอาหารเพื่อจุดประสงค์ทางด้านเทคนิคของการแปรรูปอาหารหรือการปฏิบัติการที่ส่งผลต่อคุณลักษณะด้านกลิ่น หรือรสชาติในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ อย่างปลอดภัย และได้รับอนุญาตให้ใช้ได้ภายในประเทศ กลิ่นรสที่นิยมนำมาเคลือบขนมขบเคี้ยวมีหลายชนิด ได้แก่ กลิ่นรสบาร์บิคิว กลิ่นรสเนื้อ กลิ่นรสชีส กลิ่นรสแฮม กลิ่นรสเบคอน กลิ่นรสพิซซ่า กลิ่นรสหัวหอม กลิ่นรสไก่ กลิ่นรสกระเทียม กลิ่นรสพริกหยวก กลิ่นรสคาราเมล กลิ่นรสเนย กลิ่นรสวานิลลา กลิ่นรสช็อกโกแลต กลิ่นรสชีอิ้ว และกลิ่นรสอื่นๆ (สายสนม, 2540)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฑารัตน์ คงโนนกอง และปฏิวิทย์ ลอยพิมาย (2555) ได้ศึกษาผลของการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งกล้วยพรีเจลาไทไนซ์ต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวแบบแผ่น โดยทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งกล้วยพรีเจลาไทไนซ์ออกเป็น 7 ระดับคือ 0 15 20 25 30 35 และ 40% (%w/w) พบว่าเมื่อทดแทนปริมาณแป้งกล้วยพรีเจลาไทไนซ์เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น ในทำนองเดียวกันค่าความชื้น และค่าความแข็งเพิ่มขึ้น แต่อัตราการพองตัวลดลง เมื่อวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส (7-hedonic scale) พบว่าการทดแทนแป้งกล้วยพรีเจลาไทไนซ์ ที่ระดับไม่เกิน 20% มีคะแนนความชอบด้านสี ความกรอบ รสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านกลิ่นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการเติมแป้งกล้วยพรีเจลาไทไนซ์เพิ่มขึ้น

ปิติวัฒน์ ศรีเหนียง และคณะ (2555) ได้ศึกษาปริมาณเศษขนมขบเคี้ยวที่เหมาะสมเพื่อทดแทนข้าวโพดในการผลิตขนมขบเคี้ยว ซึ่งผลิตด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ พบว่า การใช้ปริมาณเศษขนมขบเคี้ยวเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของตัวอย่างขนมขบเคี้ยวที่ได้นั้นลดลง ส่วนค่าสีแดง (a^*) และค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำตัวอย่างมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของตัวอย่างที่ใช้เศษขนมขบเคี้ยวทดแทนร้อยละ 3 ไม่ต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการศึกษานำเศษ

ขนมขบเคี้ยวมาทดแทนข้าวโพด ในการผลิตคอร์นชิพ พบว่า ตัวอย่างที่ไม่มีการทดแทน และ ตัวอย่างที่ทดแทนในระดับร้อยละ 50 มีค่าการพองตัวต่ำ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ตัวอย่างที่ผลิตจากเศษขนมขบเคี้ยวทั้งหมด มีค่าการพองตัวมากที่สุด นอกจากนี้พบว่า การใช้ปริมาณเศษขนมขบเคี้ยวเพิ่มขึ้น จะทำให้ความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดง (a^*) และค่าความแข็งลดลง เมื่อนำตัวอย่างไปทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวม ของคอร์นชิพที่ทำจากเศษขนมขบเคี้ยวทั้งหมด มากที่สุด

นวัรัตน์ เศรษฐสุวรรณ และคณะ (2553) ได้ศึกษาวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ข้าวเหนียว(อาราเ่) จากข้าวเหนียวดำ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณข้าวเหนียวดำ และ กระบวนการผลิตที่มีต่อคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวเหนียว จากผลการทดลองพบว่าข้าวเหนียวดำ มีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 9.39 และเถ้า ร้อยละ 1.5 สูงกว่าข้าวเหนียวขาว การเพิ่มปริมาณข้าวเหนียวดำจากร้อยละ 0 5 10 และ 15 ทำให้ค่าการขยายตัวในเชิงปริมาตรของแครกเกอร์ข้าวเหนียวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส ($p>0.05$) และจากการตรวจสอบผลของระยะเวลาในการแช่เย็นของแผ่นแป้งที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง ต่อคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวเหนียวที่มีปริมาณข้าวเหนียวดำร้อยละ 15 พบว่า ระยะเวลาในการแช่เย็นของแผ่นแป้ง ทำให้แครกเกอร์ข้าวเหนียวมีค่าการขยายตัวเชิงปริมาตร ค่าความหนาแน่น ค่าความแข็ง และคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

วิรัชย์ อารีกุล และคณะ (2549) ได้ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมของขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู การนำข้าวกล้องมันปูมาแปรรูปเป็นขนมอบกรอบ โดยการศึกษาอัตราส่วนระหว่างข้าวกล้องมันปูกับข้าวหอมมะลิ และศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ hedonic scales พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องมันปู ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น ในขณะที่ความชื้น วอเตอร์แอกติวิตี้ และอัตราส่วนการพองตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ส่วนการเพิ่มปริมาณความชื้นของแผ่นแป้งจะเพิ่มอัตราการพองตัวและความกรอบของผลิตภัณฑ์ในขณะที่ความหนาแน่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิในการอบจะทำให้อัตราส่วนการพองตัวสูงขึ้น และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ แป้งข้าวกล้องมันปู 33.3 เปอร์เซนต์และแป้งข้าวหอมมะลิ 66.7 เปอร์เซนต์

ความชื้นของแผ่นแป้งก่อนอบอย่าง 14 เปอร์เซนต์ และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบอย่าง 230 องศา
เซลเซียส

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

3.1.1.2 ข้าวเหนียวขาวสายพันธุ์ กข 6

3.1.1.3 ผงปรุงรส รสตั้มยำ รสปลาปึก รสชีส ตราไทเซฟ

3.1.2 อุปกรณ์การทำงานแบบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

3.1.2.1 เครื่องปั่น ยี่ห้อ PHILIPS รุ่น HR 2001

3.1.2.2 เครื่องชั่ง ยี่ห้อ CAMRY

3.1.2.3 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ยี่ห้อ memmert

3.1.2.4 หม้ออบลมร้อน ยี่ห้อ OTTO รุ่น CO – 705

3.1.2.5 ตู้แช่เย็น ยี่ห้อ SANDENINTERCOOZ รุ่น YPM – 11os

3.1.3 เครื่องมือในการวิเคราะห์

3.1.3.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) รุ่นTA.XT.plus: บริษัท Charpa

Techcenter Co., Ltd.

3.1.3.2 เครื่องวัดสี (colorimeter) รุ่น CR-10 จากบริษัท Minolta Co., Ltd.

3.1.3.3 เครื่องวัด a_w ยี่ห้อ a_w cx3 TE รุ่น 01089874B

3.1.3.4 ชุดวัดปริมาณการพองตัว

3.1.3.5 ชุดวัดปริมาณความหนาแน่น

3.2 วิธีการวิจัย

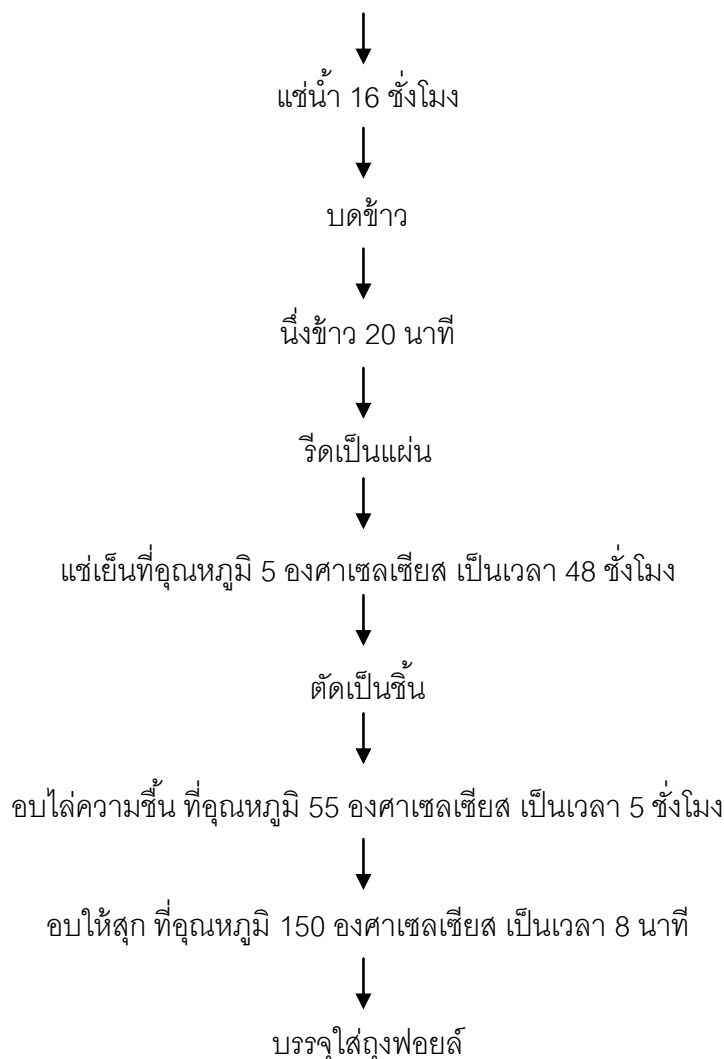
3.2.1 ศึกษาสัดส่วนข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่เหมาะสมในการผลิตขนมแบบเคี้ยว

3.2.1.1 การผลิตขนมแบบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

นำข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วมาแยกสิ่งสกปรก และเมล็ดเสียออก ผสมข้าวเหนียวทั้งสองชนิด ในสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ ดังนี้คือ 90:10 85:15 และ 80:20 นำข้าวที่ผสมกันแล้วไปแช่น้ำในอัตราส่วนข้าวเหนียวต่อน้ำ เท่ากับ 1:4 เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำข้าวที่แช่น้ำแล้วมาบดให้ละเอียด นึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นนำมารีดให้เป็นแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ตัดเป็นชิ้นขนาด 2.5×3 เซนติเมตร แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปอบให้สุกด้วยหม้ออบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที บรรจุใส่ถุงพอยล์ ขั้นตอนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัว แสดงดังภาพที่ 3-1

ข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ 90:10 85:15 และ 80:20



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัว

3.2.1.2 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่ได้จากข้อ 2.1.1 โดยใช้วิธี 9-Points Hedonic Scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด) ประเมินคุณภาพทางด้าน สี ความกรอบ ความแข็ง การติดฟัน และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3.2.2 ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของผงปรุงรสในขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

นำขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่ได้คะแนนความชอบรวมมากที่สุด จากการศึกษข้อ 2.1 มาทำการปรุงรส ด้วยผงปรุงรส 3 ชนิด คือ ผงปรุงรสชีส ผงปรุงรสต้มยำ และผงปรุงรสปาปริกา ด้วยความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 ของน้ำหนักข้าว โดยใส่ผงปรุงรสร่วมกับแป้งข้าวเหนียวไปนึ่ง แล้วนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อหาชนิดและความเข้มข้นของผงปรุงรสที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด โดยโดยใช้วิธี 9-Points Hedonic Scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด) ประเมินคุณภาพทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3.2.3 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

นำขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่ได้คะแนนความชอบรวมมากที่สุด จากการศึกษข้อ 3.2.2 มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ดังนี้

3.2.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- 1) ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)
- 2) ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)
- 3) ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)
- 4) ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)
- 5) ปริมาณเส้นใย (AOAC, 2000)
- 6) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

3.2.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1) การพองตัว

วัดการพองตัวด้วยการใช้วิธีแทนที่เมล็ดงา โดยการนำเมล็ดงาเทลงในแก้วปากเรียบให้เต็ม และปาดให้เรียบ นำมาวัดปริมาตรโดยใช้กระบอกตวงจุดปริมาตรที่ได้ (V_1) นำข้าวอบแห้งก่อนสุก จำนวน 10 กรัม ใส่แก้ว ใบเดิมใส่เมล็ดงาลงไปจนเต็มปากแก้ว ปาดให้เรียบ แยกเอาข้าวอบแห้งก่อนสุกออก นำเมล็ดงาที่เหลือไปวัดปริมาตร (V_2) ความแตกต่างระหว่างปริมาตรของเมล็ดงา ($V_1 - V_2$) คือ ปริมาตรของข้าวอบแห้งก่อนสุก หลังจากนั้นนำข้าวอบแห้งขึ้นเติมไปอบให้สุก ข้าวที่ได้จะนำมาหาปริมาตร (V_3) ด้วยวิธีเดียวกันจะได้ปริมาตรของข้าวอบแห้งหลังอบสุก ($V_1 - V_3$) อัตราส่วนของการพองตัว คือ ปริมาตรของข้าวอบแห้งหลังอบสุกหารด้วยปริมาตรของข้าวอบแห้งก่อนอบสุก

$$\text{อัตราส่วนการพองตัว} = \frac{\text{ปริมาตรของข้าวอบแห้งหลังอบสุก}}{\text{ปริมาตรของข้าวอบแห้งก่อนอบสุก}}$$

2) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

นำตัวอย่างขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัวมาบดให้ละเอียด ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่างของเครื่องวัดค่า a_w แล้วจดบันทึกค่าที่ได้ ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ กับตัวอย่างต่างชิ้นกัน

3) ค่าสี

วัดค่าสีในระบบ CIELAB ค่าที่วัด ได้แก่ ค่า L^* (ค่าความสว่างของสี ซึ่งมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง สีดำ, 100 หมายถึง สีขาว) a^* (“+” หมายถึง วัตถุมีสีแดง, “-” หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) และ b^* (“+” หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, “-” หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน) (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2542) ทำการวัดค่าสีโดย นำตัวอย่างขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัวที่ต้องการวัดค่าสี วางบนภาชนะสีขาว แล้วนำเครื่องวัดค่าสีวางลงบนตัวอย่าง กดปุ่มวัดค่าสี จดบันทึกค่าที่ได้ ทำการทดสอบ 10 ซ้ำ กับตัวอย่างต่างชิ้นกัน

4) ค่าเนื้อสัมผัส

การทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ทำการทดสอบในลักษณะของแรงกด โดยใช้วิธีกด 3 จุด (3-Point Bending test) ความเร็วในการกด 1 mm/s กดจนกระทั่งแผ่นตัวอย่างขนมขบเคี้ยวแตกออกจากกัน แรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดใช้อ้างอิงเป็นค่าความแข็ง

ของตัวอย่าง ส่วนระยะทางที่ตัวอย่างต้านแรงกดก่อนที่จะแตกหักใช้อ้างอิงเป็นค่าความกรอบ
ทำซ้ำตัวอย่างละ 10 ครั้ง

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยว

จากการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว ได้ทำการศึกษา สัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว โดยใช้สัดส่วนต่างๆ กันดังนี้คือ 90:10 85:15 และ 80:20 และระยะเวลาในการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำขนมขบเคี้ยวที่ได้ในแต่ละสิ่งทดลองมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการให้คะแนนความชอบในด้านสี ความกรอบ ความแข็ง การติดฟัน และความชอบโดยรวม ได้ผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

สัดส่วน ข้าวขาว:ข้าวดำ	คะแนนความชอบ				
	สี	ความกรอบ	ความแข็ง	การติดฟัน	ความชอบ โดยรวม
90:10	6.80 ^b ±0.55	6.43 ^a ±0.81	6.36 ^a ±0.71	6.50 ^b ±0.62	6.53 ^b ±0.57
85:15	6.86 ^b ±0.34	6.32 ^a ±0.71	6.46 ^a ±0.78	6.56 ^b ±0.56	6.63 ^b ±0.80
80:20	7.70 ^a ±0.30	6.45 ^a ±0.48	6.33 ^a ±0.60	7.33 ^a ±0.54	7.36 ^a ±0.18

หมายเหตุ ตัวอักษร a-d ในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตาราง 4 -1 พบว่า ขนมขบเคี้ยวที่มีสัดส่วนข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ 80:20 ได้คะแนนความชอบด้านสี การติดฟัน และความชอบโดยรวมมากที่สุด ส่วนปริมาณข้าวเหนียวดำในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านความกรอบ และความแข็ง ($p > 0.05$) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ นวรัตน์ และคณะ (2553) ที่ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ข้าวเหนียวที่มีการผสมข้าวเหนียวดำร้อยละ 5 10 และ 15 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนน

ความชอบด้านความกรอบไม่แตกต่างกัน คำรบ (2546) รายงานว่า ปริมาณโปรตีนมีผลต่อการขยายตัวในเชิงปริมาตรของแครกเกอร์ข้าวเหนียว เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้อัตราส่วนการพองตัวในผลิตภัณฑ์ลดลง ดังนั้นการเติมข้าวเหนียวดำซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวเหนียวขาวทำให้โปรตีนในส่วนผสมสูงขึ้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าการขยายตัวในเชิงปริมาตรลดลงตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณข้าวเหนียวดำที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่มีผลต่อค่าความชอบด้านความกรอบ และความแข็งของขนมขบเคี้ยว

จากการทดลองของนบวรรัตน์ (2554) ที่ทำการศึกษาความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์อาราเระจากข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาว ข้าวเหนียวดำ และข้าวเหนียวดำกลิ้ง พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีของอาราเระจากข้าวเหนียวดำ และข้าวเหนียวดำกลิ้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่คะแนนจะต่ำกว่าอาราเระจากข้าวเหนียวกข 6 ขัดขาว เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ ข้าวมีสีนั้น สีดำเข้มเกินไป ดูคล้ายถ่านไม่น่ารับประทาน แต่จากตาราง 4.1 พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีของ ขนมขบเคี้ยวที่มีสัดส่วนข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ 80:20 มากที่สุด เนื่องจากมีสีไม่เข้มและไม่อ่อนจนเกินไป

4.2 ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของผงปรุงรส ในขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

นำขนมขบเคี้ยวที่มีสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว 80:20 ซึ่งได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดจากการทดลองตอนที่ 1 มาทำการปรุงรส 3 กลิ่นรส คือ กลิ่นรสชีส กลิ่นรสต้มยำ และกลิ่นรสปาปริกา โดยใช้ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ ร้อยละ 5 และร้อยละ 10 แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตาราง 4-2

จากตาราง 4-2 พบว่า การปรุงรสขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วด้วยผงปรุงรสกลิ่นรสชีส ต้มยำ และปาปริกา ในความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 ไม่มีผลต่อค่าคะแนนความชอบด้านสี และความกรอบของผลิตภัณฑ์ โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำ สายพันธุ์ลิ้มผั่วที่ปรุงรสด้วยกลิ่นรสชีส ร้อยละ 10 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากกลิ่นรสของชีสเข้ากันกับกลิ่นหอมของข้าว แต่กลิ่นรสต้มยำ และกลิ่นรสปาปริกา มีกลิ่นรสเฉพาะของเครื่องเทศ และมีความเผ็ด จึงไปกลบกลิ่นรสของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบน้อยลง

ตาราง 4-2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว

กลิ่นรส	ความ เข้มข้น (ร้อยละ)	คะแนนความชอบ				
		สี ^{ns}	ความกรอบ ^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบ โดยรวม
ชีส	5	7.10±0.95	6.80±0.96	6.23 ^b ±0.62	6.33 ^b ±0.75	6.26 ^b ±0.58
	10	7.03±0.31	6.30±0.70	7.33 ^a ±0.57	7.46 ^a ±0.62	7.36 ^a ±0.47
ต้มยำ	5	7.10±0.95	6.70±0.91	5.80 ^b ±0.96	6.13 ^{bc} ±0.89	6.13 ^{bc} ±0.57
	10	7.00±0.87	6.56±1.13	5.80 ^b ±0.88	5.73 ^c ±0.86	5.86 ^c ±0.73
ปาปริก้า	5	6.80±0.84	6.33±1.15	5.30 ^c ±1.20	5.80 ^c ±1.09	6.16 ^{bc} ±0.69
	10	6.96±0.80	6.70±0.83	5.83 ^b ±1.14	6.00 ^{bc} ±0.83	6.20 ^{bc} ±0.50

หมายเหตุ ตัวอักษร a-c ในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.3 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว

นำขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวที่มีการปรุงรสด้วยผงปรุงรสกลิ่นรสชีส ความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ได้จากการทดลอง 4.2 มาทำการวัดคุณภาพในด้านต่างๆ ดังนี้

4.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

คุณภาพทางเคมีของขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวที่มีการปรุงรสด้วยผงปรุงรสกลิ่นรสชีสความเข้มข้นร้อยละ 10 แสดงดังตาราง 4-3

ตาราง 4-3 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
ความชื้น	3.22±0.12
ไขมัน	2.02±0.05
โปรตีน	6.75±0.25
เส้นใยหยาบ	0.21±0.00
เถ้า	2.85±0.03
คาร์โบไฮเดรต	85.14±0.32

จากตาราง 4-3 ขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว มีปริมาณไขมัน และโปรตีนเท่ากับ 2.02 และ 6.75 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ นบวรรัตน์ (2554) ที่ทำการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน และโปรตีนของอาหารจากข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาว มีค่าเท่ากับ 0.24 และ 1.06 ตามลำดับ และอาหารจาก ข้าวเหนียวดำ มีค่าเท่ากับ 2.75 และ 8.36 ตามลำดับ โดยขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่ทำการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ (สัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ 80:20) มีปริมาณไขมัน และโปรตีนอยู่ระหว่างข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวขาวมีปริมาณไขมัน และโปรตีนน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเหนียวดำ เนื่องจากข้าวเหนียวดำมีส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีเข้ม ซึ่งเป็นแหล่งไขมัน โปรตีน เหล็ก สังกะสี และวิตามิน แต่ข้าวเหนียวขาวผ่านกระบวนการขัดสีจนส่วนของเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด เยื่อชั้นใน รวมทั้งคัพภะหลุดออกไป ทำให้เมล็ดข้าวสารมีสีขาวขึ้น และมีปริมาณสารเพิ่มขึ้น (สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, 2553)

4.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว โดยทำการวิเคราะห์อัตราการพองตัว วอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ของผลิตภัณฑ์ และทำการวิเคราะห์ค่าสี ($L^* a^* b^*$) และค่าเนื้อสัมผัส (ความแข็ง และความกรอบ) ทุกๆ 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ดังแสดงในตาราง 4-4

วอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) คือปริมาณน้ำอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์และปฏิกิริยาเคมีต่างๆ มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา การเสื่อมเสีย และความปลอดภัยของอาหาร จากการวิเคราะห์ขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวมีค่า a_w เท่ากับ 0.35 ซึ่งถือเป็นอาหารแห้ง สามารถเก็บไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่เน่าเสีย ไม่ต้องแช่เย็น แต่ทั้งนี้ควรเก็บในที่แห้ง เพื่อรักษาคุณภาพ และต้องเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้ต่ำ ป้องกันการดูดน้ำกลับ (นิธิยา, 2545)

ตาราง 4-4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว

คุณภาพทางกายภาพ	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
a_w	0.35±0.034	-	-	-	-
อัตราส่วนการพองตัว	1.77±0.07	-	-	-	-
ค่าสี					
- L^{*ns}	40.36±0.78	39.19±0.82	39.79±0.53	39.98±0.62	40.24±1.03
- a^{*ns}	9.38±0.87	8.88±0.57	9.07±0.41	9.34±0.82	9.25±0.69
- b^{*ns}	12.54±0.94	11.87±0.64	12.09±0.34	12.45±0.68	12.37±0.63
ค่าเนื้อสัมผัส					
- ความแข็ง ^{ns} (กรัม)	1639.30±280.60	1280.20±480.07	1326.04±350.67	1354.73±406.49	1475.61±442.64
- ความกรอบ ^{ns} (มม.)	3.42±0.45	3.44±0.67	3.43±0.85	3.57±0.52	2.97±0.61

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

อัตราส่วนการพองตัวของขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวมีค่าเท่ากับ 1.77 แสดงว่ามีการขยายปริมาตร 1.77 เท่าหลังได้รับความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับความร้อน โดยขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวเหนียวดำจะมีอัตราการพองตัวต่ำกว่าขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวเหนียวขาว เนื่องจากข้าวเหนียวดำมีปริมาณใยอาหาร โปรตีน และไขมันมากกว่าข้าวเหนียวขาว ซึ่งใยอาหารจะขัดขวางการพองตัวของเม็ดแป้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวน้อยและไม่

สม่ำเสมอ สำหรับไขมันจะลดการพองตัวของเม็ดแป้งเนื่องจากจะมีผลต่อการดูดซึมน้ำของแป้ง (สิงหนาท และคณะ, 2550) นอกจากนั้นปริมาณโปรตีนในเม็ดแป้งจะยับยั้งความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อน (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543) เช่นเดียวกับการวิจัยของวริพัทธ์ และคณะ (2550) ที่พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องมันปูทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น ในขณะที่ความชื้น วอเตอร์แอกทีวิตี และอัตราส่วนการพองตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มพบว่า อายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นในช่วง 8 สัปดาห์ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) และไม่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็ง และความกรอบของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าผลิตภัณฑ์ยังคงคุณภาพทางด้านสีและด้านเนื้อสัมผัสได้ดีที่อายุการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่สามารถป้องกันความชื้นและแสงได้ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการวิจัยของนฤศันส์ (2541) ที่ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิในถุงอลูมิเนียมฟอยล์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสพบว่า ค่าความกรอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้เท่ากับ 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และเท่ากับ 10 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยว โดยใช้สัดส่วน ของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวต่างกัน ดังนี้คือ 90:10 85:15 และ 80:20 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี ความกรอบ ความแห้ง การติดฟัน และความชอบโดยรวมของขนมขบเคี้ยวที่มีสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว 80:20 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงนำขนมขบเคี้ยวที่มีสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว 80:20 มาทำการปรุงรส 3 กลิ่นรส คือ กลิ่นรสชีส กลิ่นรสต้มยำ และกลิ่นรสปาปริกา ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวที่ปรุงรสด้วยกลิ่นรสชีส ร้อยละ 10 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากนั้นจึงนำขนมขบเคี้ยวที่มีสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว 80:20 ปรุงรสด้วยกลิ่นรสชีส ความเข้มข้นร้อยละ 10 มาทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 3.22 2.02 6.75 0.21 2.85 และ 85.14 ตามลำดับ มีค่า a_w เท่ากับ 0.35 มีอัตราส่วนการพองตัวเท่ากับ 1.77 ทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ แล้ววิเคราะห์คุณภาพทางด้านสีและเนื้อสัมผัสทุกๆ 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) และไม่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็ง และความกรอบของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวให้นานขึ้น ควบคู่ไปกับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และควรมีการศึกษาปริมาณสารโภชนาการ เช่น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น

บรรณานุกรม

กรมการข้าว. ข้าวเหนียวพันธุ์ลิ้มผิว. [online]. กรมการข้าว. 2556. แหล่งที่เข้าถึง :

http://www.Brrd.inth/main/indx.php?option=com_content&view=45:forget-rice-husband&catid (26 มิถุนายน 2557)

กรมการข้าว. 2556. **ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและชีวเคมีของข้าว**. [ระบบออนไลน์].

แหล่งที่มา : <http://www.ricethailand.go.th> (27 สิงหาคม 2556)

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2542. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีการวัดสี**. ส่วนอุตสาหกรรมสิ่ง

ทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

กฤษดา ศิรามพุช. 2552. **สรรพคุณข้าวเหนียว**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :

<http://kulc.lib.ku.ac.th/blog/?p=946> (10 สิงหาคม 2556)

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีของแป้ง**. สำนักพิมพ์

เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คำรบ สมะวรรณนะ. 2546. **ผลของเจลาตินในเซชันและรีโทรกราเดชันต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวจากข้าว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จุฑารัตน์ คงโนนกอง และปฎิวิทย์ ลอยพิมาย. 2555. ผลของการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้ง

กล้วยไฟรเจลาตินในซีตต่อการต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางกายภาพ และทางประสาท

สัมผัสของขนมขบเคี้ยวแบบแผ่น. ว. วิทย. กษ. 43(2) (พิเศษ): 129-132.

ธงชัย สุวรรณลิขิต. 2535. **การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำผสมแป้งมัน**

สำหรับหลังชนิดไฟรเจลาติน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

กรุงเทพฯ.

นวิรัตน์ เศรษฐสุวรรณ น้ำตาล เนืองจำนง และอนิชา สุขสมบูรณ์. 2553. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์

แครกเกอร์ข้าวเหนียว (อาราเร่) จากข้าวเหนียวดำ”. ว. วิทย. กษ. 41(3/1) (พิเศษ): 165-

168.

นฤศันต์ วาสิกดิลก. 2541. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ**.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนพานนท์. 2545. **เคมีอาหาร**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร, 487หน้า.

ปิติวัฒน์ ศรีเหนียง, พัทธดนย์ เฉลยถิ่น, ประจักษ์ วัชรตระกูล และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2555. การ
ใช้ประโยชน์จากเศษขนมขบเคี้ยวในการผลิตขนมขบเคี้ยว และคอนซีพ. **วารสาร**

อุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า 2(2): 66-76.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธยา รัตนานนท์. 2556. การเปลี่ยนแปลงของอาหารระหว่าง
การอบ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com>

[/wiki/Word/0200/baking%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%A3%E0%B8%AD%E0%B8%9A](http://www.foodnetworksolution.com/wiki/Word/0200/baking%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%A3%E0%B8%AD%E0%B8%9A) (3 กันยายน 2556)

วรวิทย์ อารีกุล, สิริยาภรณ์ ไกรมาก, สาวิตรี เพ็ชรเกลี้ยง และรินดา รัชพรหม. 2550. การปรับปรุง
กระบวนการผลิตที่เหมาะสมของขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู. **การประชุมทาง**

วิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45:

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.

วิไล สาดทอง. 2545. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ, กรุงเทพฯ.

ศรินทร์ ปุษยไพบูรณ์. 2536. **การพัฒนาอาหารขนมขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการ.**

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2540. **ผลงานของรองศาสตราจารย์สนม ประดิษฐ์ดวง. คณะ**

อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิงหนาท พวงจันทร์แดง, ศุภชัย ภูลายดอก, เกษม นันทชัย, วิเชียร วรพุทธพร, สุนันทา ทองทา

และ วีระ สุวรรณศรี. 2550. อิทธิพลของแปรงัญชาติชนิดต่างๆต่อสมบัติทางฟิสิกส์ของ
ผลิตภัณฑ์พองตัวที่ผ่านกระบวนการเอกซ์ทูชัน. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.**

12(4): 431-441.

สำนักงานพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว. 2553. ข้าวก๋ามหัศจรรย์ที่บ้านแห่งล้านนา. [Online].

Available: [http:// www.riceproduct.org](http://www.riceproduct.org)

อัคราพร ณ ลำปาง เนินพลับ และอภิชาติ เนินพลับ. 2553. ข้าวเหนียวดำลิ้มผั่ว : พันธุกรรม

อนุรักษ์เพื่อโภชนาการ. **ประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2553.**

โอเคเนชั่น. 2556. “การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารขนมขบเคี้ยว”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :

[http:// www.oknation.net/blog/print.php?id=881131](http://www.oknation.net/blog/print.php?id=881131) (26 กรกฎาคม 2556)

Blenford, D.E. 1982. What is a snack food flavourings, ingredients, processing and packagings, **J.Food Sci.** 4(11): 30-37.

Luh, B.S. 1991. **Rice : Production and Utilization.** Connecticut : The AVI Publishing Company, Inc.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

1.1 อุปกรณ์

1.1.2 ตู้อบไฟฟ้า

1.1.3 ภาชนะหาความชื้น

1.1.4 โถดูดความชื้น

1.1.5 เครื่องชั่งไฟฟ้า

1.2 วิธีทำ

1.2.1 อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

1.2.2 ทำซ้ำเช่น ข้อ 1.2.1 จนได้ผลต่างของน้ำหนัก ที่ซึ่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

1.2.3 ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้น ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้น ซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว

1.2.4 นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก

1.2.5 ทำซ้ำเช่น ข้อที่ 1.2.4 จนได้ผลต่างของน้ำหนัก ที่ซึ่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

1.3 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100$$

กำหนดให้ W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

2.1 อุปกรณ์

- 2.1.1 ชูตเตาย่อย
- 2.1.2 ชูตกลั่นโปรตีน
- 2.1.3 บิวเรต ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 2.1.4 ปีเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร
- 2.1.5 ฟลาสค์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 2.1.6 กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร
- 2.1.7 ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.2 สารเคมี

- 2.2.1 คอปเปอร์ซัลเฟต
- 2.2.2 โพแทสเซียมซัลเฟต
- 2.2.3 กรดซัลฟิวริก
- 2.2.4 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
- 2.2.5 กรดบอริก
- 2.2.6 เมธิลเรดอินดิเคเตอร์

2.3 การเตรียมสาร

2.3.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 40 วิธีการเตรียม คือ ชั่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

2.3.2 กรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 4 วิธีการเตรียม คือ ชั่งกรดบอริก 4 กรัมแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

2.3.3 อินดิเคเตอร์ วิธีการเตรียม คือ ชั่งเมธิลลีนบลู 0.2 กรัม ละลายในเอทานอล 200 มิลลิลิตร และชั่งเมธิลเรด 0.05 กรัม ละลายในเอทานอล 50 มิลลิลิตร นำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วน : เอทานอล 1 ส่วน : น้ำกลั่น 2 ส่วน

2.3.4 สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 0.2 กรัม

2.3.5 สารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต 0.5 กรัม

2.3.6 กรดซัลฟิวริก 20 มิลลิลิตร

2.4 วิธีทำ

2.4.1 ชั่งตัวอย่าง 1-2 กรัม ใส่ในขวดย่อยโปรตีน

2.4.2 เติมสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 0.2 กรัม สารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต 0.5 กรัม กรดซัลฟิวริก 20 มิลลิลิตร

2.4.3 นำไปย่อยบนเตาให้ความร้อนในตู้ดูดควันจนกระทั่งสารละลายใส ปล่อยให้เย็น

2.4.4 เติมน้ำกลั่น ลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว และให้ความร้อนต่อจนเกิดควันของซัลฟิวริก ปล่อยให้เย็น

2.4.5 เทลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้ น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีน แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

2.4.6 จัดชุดกลั่น

2.4.7 นำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 2 หยด แล้วนำไปรองรับของเหลวที่จะกลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรด

2.4.8 ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 40 ลงไป 20 มิลลิลิตร

2.4.9 กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

2.4.10 ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จะได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อนออกม่วง

2.4.11 ทำ blank ด้วยวิธีการเช่นเดียวกันตั้งแต่ ข้อ 2-10

2.5 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times \text{factor}}{W}$$

W

กำหนดให้ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็นมิลลิลิตร

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็นมิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มัล

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม 6.25

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วย ขวดก้นกลมสำหรับใส่ตัวอย่างทำละลาย ซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)

3.1.2 ทิมเบล

3.1.3 สำลี

3.1.4 ตู้อบไฟฟ้า

3.1.5 โถดูดความชื้น

3.1.6 เครื่องชั่งไฟฟ้า

3.2 วิธีทำ

3.2.1 ชั่งตัวอย่างอาหารแห้ง ประมาณ 1-2 กรัม (ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ลงในทิมเบล ที่ใช้สกัดผ่านการอบแห้ง ปิดปากทิมเบลด้วยสำลี

3.2.2 ชั่งน้ำหนักพลาสติกที่ผ่านการอบแห้งแล้ว

3.2.3 เติมนิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในพลาสติก แล้วต่อชุดสกัดไขมันเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วย พลาสติก Soxhlet และคอนเดนเซอร์

3.2.4 สกัดลิพิดใน Soxhlet apparatus ด้วยอัตรา 5-6 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หรือที่ 2-3 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยให้ความร้อนแก่พลาสติก

3.2.5 ภายหลังการสกัดลิพิดเสร็จแล้ว อบไล่ตัวทำละลายออกจากสารละลาย โดยอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3.2.6 ปล่อยพลาสติกให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของลิพิดที่สกัดได้

3.3 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของลิพิด}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}} \times 100$$

4. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

4.1 อุปกรณ์

4.1.1 ชุดวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

4.1.2 Hot Plate

4.1.3 โถดูดความชื้น

4.1.4 เครื่องชั่งไฟฟ้า

4.1.5 Hot Oven

4.1.6 เตาเผาอุณหภูมิสูง

4.2 สารเคมี

4.2.1 ปีโตรเลียมอีเทอร์

4.2.2 เอทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล

4.2.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์

4.2.4 กรดไฮโดรคลอริก

4.2.5 ไดเอทิลอีเทอร์

4.2.6 กรดซัลฟิวริก

4.3 การเตรียมสาร

4.3.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.313 โมลาร์ วิธีการเตรียม คือ ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

4.3.2 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) วิธีการเตรียม คือ เจือจางกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จำนวน 10 มิลลิลิตร ให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4.3.3 เอทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 (ปริมาตรต่อปริมาตร)

4.3.4 สารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.1275 โมลาร์ (0.255 นอร์มัล) วิธีการเตรียม คือ เจือจางกรดซัลฟิวริก เข้มข้น จำนวน 1.25 ให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4.3.5 ปีโตรเลียมอีเทอร์

4.3.6 ไดเอทิลอีเทอร์

4.4 วิธีทำ

4.4.1 ชั่งตัวอย่างอาหาร 1-2 กรัม

4.4.2 เติมสารละลายซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ลงในปีกเกอร์ ไปต้มเดือดนาน 30 นาที ขณะต้มควรปิดปากพลาสติกด้วยกระดาษฟิคา สังเกตไม่ให้ปริมาตรของสารละลายลดลง หากลดลงให้ปรับปริมาตรโดยใช้น้ำร้อน ขณะต้มควรเขย่าพลาสติกเป็นครั้งคราว เพื่อให้ตัวอย่างผสมกันอย่างทั่วถึง

4.4.3 นำสารละลายที่ต้มกับตัวอย่าง วางทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที

4.4.4 กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วย Buchner funnel ที่รองด้วยกระดาษกรอง กรองกากทั้งหมดให้เสร็จภายใน 10 นาที ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด

4.4.5 นำกระดาษกรองพร้อมกาก ใส่ลงในปีกเกอร์ใบเดิม ล้างกากออกจากกระดาษกรองด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใส่ลงในปีกเกอร์ ต้มเดือด เป็นเวลา 30 นาที

4.4.6 กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วย Buchner funnel ที่รองด้วยกระดาษกรอง กรองกากทั้งหมดให้เสร็จภายใน 10 นาที ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดต่าง

4.4.7 นำกระดาษกรองพร้อมกาก ใส่ลงในปิกเกอร์ใบเดิม ล้างกากด้วยสารละลายกรด ไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วตามด้วยน้ำร้อน จนแน่ใจว่าไม่เหลือกรดอยู่

4.4.8 ล้างกากที่ได้ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 2 ครั้ง ตามด้วยไดเอทิลอีเทอร์ 3 ครั้ง

4.4.9 นำกากสารละลายเทใส่ถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ไประเหยบนอ่างน้ำ

4.4.10 นำถ้วยกระเบื้องที่ระเหยแห้ง แล้วนำไปอบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก จนได้น้ำหนักที่แน่นอน

4.4.11 นำกากที่ได้ไปเผาต่อในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเตาเผาลง ครั้งละ 50 องศาเซลเซียส ทุกๆ 30 นาที จนเหลืออุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

4.4.12 ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก

4.5 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเส้นใยหยาบ (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_3} \times 100$$

กำหนดให้

W_1 = น้ำหนักของถ้วยเปล่า (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของถ้วยเผาที่รวมเส้นใย (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

5. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

5.1 อุปกรณ์

5.1.1 เตาเผา

5.1.2 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ

5.1.3 โถดูดความชื้น

5.1.4 เครื่องชั่งไฟฟ้า

5.2 วิธีทำ

5.2.1 เฝ้าง้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเตาเผาลง

5.2.2 ปิดเตาแล้วจึงนำถ้วยกระเบื้องใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้ไถ่จนกระทั่ง อุณหภูมิของถ้วยกระเบื้องเคลือบลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

5.2.3 ทำซ้ำเช่น ข้อ 5.2.1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

5.2.4 ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปเผาในตู้ดูดควันจนหมดควันก่อน

5.2.5 นำถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ใส่ตัวอย่างอาหารเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

5.2.6 ทำซ้ำเช่น ข้อ 5.2.1-5.2.2

5.3 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(W_2 - W_1)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

$$\text{กำหนดให้ } W_1 = \text{น้ำหนักถ้วย}$$

$$W_2 = \text{น้ำหนักถ้วย} + \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}$$

6. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบโดยรวมประมาณ (proximate analysis) ของตัวอย่างอาหาร จะต้องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมันหรือลิพิด โปรตีน และเถ้า สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด คือ ส่วนที่เหลือโดยผลต่างจึงหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหาร โดยวิธีคำนวณดังนี้

6.1 การคำนวณ

$$\text{คาร์โบไฮเดรต (\%)} = 100 - (\% \text{ ความชื้น} + \% \text{ ลิพิด} + \% \text{ โปรตีน} + \% \text{ เถ้า})$$

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชุดที่.....

ใบรายงานการทดสอบการให้คะแนนความชอบ

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

ชื่อ..... วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละ

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดให้

9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....
ความกรอบ	.....	.....	.....
ความแข็ง	.....	.....	.....
การติดฟัน	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ชุดที่.....

ใบรายงานการทดสอบการให้คะแนนความชอบ

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว

ชื่อ..... วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละ

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดให้

9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....
ความกรอบ	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

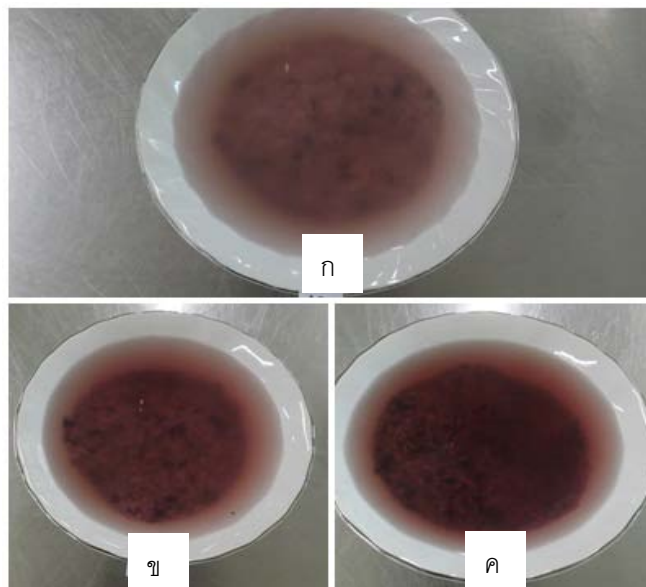
.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ค

ภาพประกอบการทำวิจัย

ภาพประกอบการทำวิจัย



ภาพที่ ค-1 การแช่ข้าวเหนียว โดย

ก สัดส่วนข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ 90:10

ข สัดส่วนข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ 85:15

ค สัดส่วนข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ 80:20



ภาพที่ ค-2 การป้อนข้าวเหนียวที่แช่น้ำแล้ว



ภาพที่ ค-3 การนึ่งข้าวเหนียว



ภาพที่ ค-4 การรีดข้าวเหนียวนึ่ง



ภาพที่ ค-5 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มพัว

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นางสาวขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา
Miss Kwanjit Anukulwattana
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3679900165844
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. ตำแหน่งทางวิชาการ -
5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
67000
โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1411, 081-2076066
E-mail : noknok008@yahoo.com
6. ประวัติการศึกษา
วทม. (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร
เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย
- ปี 2547 งานวิจัย เรื่อง “ความสัมพันธ์ของสารเคมีและการบรรจุต่อคุณภาพของมะม่วง
สดตัดแต่งที่อุณหภูมิต่ำ”
- ปี 2548 วิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนากรรณวิธีการเก็บรักษาสำหรับมะม่วงสดตัดแต่งที่
ผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต่ำ”

- ปี 2553 ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน เรื่อง “การฝึกฝนผู้เรียนให้เป็นนักประเมินคุณภาพอาหารทางประสาทสัมผัสเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในวิชาการประเมินคุณภาพอาหารโดยประสาทสัมผัส”

- ปี 2553 ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน เรื่อง “การพัฒนาผงหมักไก่เนื้อนุ่ม”

- ปี 2554 ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน เรื่อง “การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเคมีนิวเคลียร์ของนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ชั้นปีที่ ๑ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์”

- ปี 2555 ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน เรื่อง “ผลของการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของแป้งกล้วยเดี่ยวสำเร็จรูป ”