ขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนเสริมงาดำ

Gluten-free Gleb-Lum-Duan Mixed Black Sesame

ธนิษฐา อภัยแสน

TANITTA APAISAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์	ขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนเสริมงาดำ
ชื่อ นามสกุล	ธนิษฐา อภัยแสน
ชื่อปริญญา	คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	คหกรรมศาสตร์
คณะ	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ)

.....กรรมการ
(ดร.วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์)

.....กรรมการ
(ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชญาภัทร์ กี่อาริโย)

วันที่ 26 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560

ชื่อวิทยานิพนธ์ ขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนเสริมงาดำ
ชื่อ นามสกุล ธนิษฐา อภัยแสน
ชื่อปริญญา คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ คหกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน โดยศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมในการทำขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับขนมกลีบลำดวนที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า ร้อยละ 40: 60 สูงที่สุด ผลการศึกษาการเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับขนมกลีบลำดวนที่เติมแซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 2 เพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัส โดยได้คะแนนความชอบสูงที่สุดในด้าน กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความร่วน) และความชอบโดยรวม ผลการศึกษาปริมาณงาดำที่เสริมลงในขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับปริมาณงาดำร้อยละ 20 สูงที่สุด ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส(ความร่วน) และความชอบโดยรวม คุณสมบัติด้านสี ค่า L* a* และค่า b* เท่ากับ 68.83 0.09 และ 6.97 ตามลำดับ โดยการเพิ่มงาดำปริมาณมากขึ้นมีผลให้ค่า a* เพิ่มขึ้น และค่า b* ลดลง ค่า water activity ของขนมกลีบลำดวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณงาดำยิ่งมากขึ้นมีผลให้ค่าความแข็งลดลง ($p \leq 0.05$) ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตนมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน เถ้า ไขมัน และความชื้น ร้อยละ 63.69 3.01 0.95 31.19 และ 1.16 กรัม ตามลำดับ ผู้บริโภคซึ่งเป็นบุคคลทั่วไป 100 คน ให้ความสำคัญในด้านรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำมากที่สุด

คำสำคัญ: ขนมกลีบลำดวน แป้งข้าว กลูเตน สารไฮโดรคอลลอยด์ งาดำ

Thesis title Gluten-free Gleb-Lum-Duan Mixed Black Sesame
Author Tanitta Apaisan
Degree Master of Home Economics
Major program Home Economics
Academic Year 2017

ABSTRACT

This investigation aims to developing a recipe for making Gleb-Lum-Duan (Thai shortbread cookies) with black sesame from gluten-free flour, by determining the appropriate ratio of glutinous flour to rice flour. According to the results from sensory quality evaluation of 50 panelist, who were ordinary people, using the nine-point hedonic scale, it was found that Gleb-Lum-Duan having the ratio of glutinous flour to rice flour as 40:60 had the highest acceptance rating among the tasters. The results from adding texturizing additives in the gluten-free Gleb-Lum-Duan showed that the tasters panelists gave the highest acceptance rating for Gleb-Lum-Duan which xanthan gum, on flavor smell, texture (fracturability) and overall preference. For the amount of black sesame added in gluten-free Gleb-Lum-Duan, the panelist gave the highest acceptance rating for Gleb-Lum-Duan which included 20% black sesame, based on color, smell, taste, texture (fracturability) and overall preference. For color of product the L*, a* and b* values were 68.83, 0.09 and 6.97, respectively. Increasing the amount of black sesame resulted in increasing a* value and decreasing b* value. The amount of free water differed significantly ($p \leq 0.05$). Increasing the amount of black sesame was found to decrease hardness ($p \leq 0.05$). Gleb-Lum-Duan with black sesame from gluten-free flour included carbohydrates, protein, ash, fat and moisture of 63.69%, 3.01%, 0.95%, 31.19%, and 1.16%, respectively. A group of 100 ordinary consumers identified taste and nutritional value of gluten-free Gleb-Lum-Duan mixed black sesame as the most important factors.

Keywords: Gleb-Lum-Duan, rice flour, gluten, hydrocolloid, black sesame

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างดียิ่งจาก ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำทุกขั้นตอนจนงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ และ ดร.วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดมา

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการศึกษาหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่กรุณาประสิทธิประสาทวิชาความรู้อันมีค่าแก่ผู้วิจัยด้วยความเมตตาตลอดมาขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการประสานงานตลอดจนให้คำแนะนำในการทำงานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ รุ่นที่ 9 ทุกคน ที่คอยร่วมทุกข์ ร่วมสุข เป็นกำลังใจ คอยกระตุ้นเตือน ช่วยเหลือด้านการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา

ท้ายที่สุดของความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้ได้รับแรงใจและความสนับสนุนจากผู้ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จจาก บิดา มารดาและญาติพี่น้อง ที่เป็นพลังอันยิ่งใหญ่จนสำเร็จผลและขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ที่ให้ข้อเสนอแนะในสิ่งที่มีประโยชน์ไว้ ณ ที่นี้ด้วย ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ธนิษฐา อภัยแสน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญภาพ	(7)
บทที่ 1 บทนำ	8
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	8
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	9
1.3 ขอบเขตการศึกษา	9
1.4 ประโยชน์ที่คิดว่าจะได้รับ	10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
2.1 ขนมกลีบลำดวน	11
2.2 กลูเตน	12
2.3 แป้งข้าว	15
2.4 น้ำตาล	25
2.5 น้ำมัน	27
2.6 งาดำ	27
2.7 สารไฮโดรคอลลอยด์	28
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	33
3.1 เครื่องมืออุปกรณ์	33
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง	34

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 สถานที่ทำการทดลอง	39
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ และอภิปรายผล	40
4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมในการทำขนมกลีบลำดวน	40
4.2 ผลการศึกษาการเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวน ปราศจากกลูเตน	41
4.3 ผลการศึกษาปริมาณงาดำที่เสริมลงในสูตรขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน	44
4.4 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมกลีบลำดวนงาดำปราศจากกลูเตน	46
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	52
5.1 สรุปผล	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	53
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	58
ภาคผนวก ก สูตรขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน	59
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ	66
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	71
ภาคผนวก ง แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์	79
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของกลูเตนินและไกลอะดิน	14
2.2	องค์ประกอบทางเคมีทั่วไปของแป้งชนิดต่างๆ	16
2.3	คุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า	18
2.4	คุณสมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน	19
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของอะไมโลสและสีของสารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสกับไอโอดีน	20
2.6	ปริมาณอะไมโลส และอะไมโลเพคตินของแป้งแต่ละชนิด	22
2.7	คุณค่าทางโภชนาการของงาดำ	28
3.1	สูตรขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าต่างกัน	35
4.1	คะแนนความชอบขนมกลีบลำดวนที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้าต่างกัน	40
4.2	คุณภาพทางกายภาพของขนมกลีบลำดวนสูตรพื้นฐาน และสูตรที่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส 3 ชนิด	42
4.3	คะแนนความชอบของขนมกลีบลำดวนที่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสต่างกัน	42
4.4	คุณภาพทางกายภาพของขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปริมาณต่างกัน	44
4.5	คะแนนความชอบของขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30	45
4.6	องค์ประกอบทางเคมีของขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำร้อยละ 20	46
4.7	ลักษณะทางด้านประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค	47
4.8	ข้อมูลเชิงพฤติกรรม และทัศนคติเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน	48
4.9	ข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนงาดำปราศจากกลูเตน	50

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ขนมกลีบลำดวน	12
2.2	โครงสร้างของอะไมโลส	20
2.3	โครงสร้างของอะไมโลเทคติน	21
3.1	กรรมวิธีการผลิตขนมกลีบลำดวน	35

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนมกลีบลำดวนเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบของไทย เป็นขนมมงคลชนิดหนึ่ง รูปลักษณ์คล้ายดอกลำดวน จะทำเป็นกลีบดอก 3 กลีบมาติดกัน และมีเกสรอยู่ตรงกลาง ทำจากแป้งสาลี และอบควันเทียน นิยมใช้ในงานแต่งงาน เนื่องจากขนมชนิดนี้เก็บไว้ได้นาน จึงเหมาะสำหรับเก็บไว้รับประทานเป็นอาหารว่าง หรือเป็นของฝากเพราะเป็นขนมมงคลที่มีลักษณะสวยงาม ขนมกลีบลำดวน มีส่วนประกอบหลักเป็นแป้งสาลี น้ำมัน และน้ำตาล วิธีการผลิตไม่ยุ่งยากนัก เมื่อผสมส่วนผสมแล้วนำไปอบจนสุกและอบควันเทียนอีกครั้งเพื่อให้ขนมมีกลิ่นหอมแบบไทย เนื่องจากขนมกลีบลำดวนมีส่วนประกอบหลักเป็นแป้งสาลี มีองค์ประกอบของกลูเตน ซึ่งปัจจุบันมีคนแพ้กลูเตนเป็นจำนวนมาก จากรายงานของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงการรณรงค์ขนมปังที่แท้จริง (The Real Bread Campaign) พบว่าสถิติทั่วโลกมีผู้ที่ป่วยเป็นโรค celiac หรือแพ้กลูเตน (gluten intolerance) เพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ยประมาณ 1 ใน 100 คนที่เป็นโรค celiac รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้รับการวินิจฉัยอีกเป็นจำนวนมาก

โรคแพ้กลูเตน เป็นโรคซึ่งระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ โดยร่างกายจะผลิตสารแอนตี้บอดี้ออกมาทำลายเนื้อเยื่อของลำไส้เล็กเมื่อได้รับไกลอะดินในกลูเตนเข้าไป ซึ่งกลูเตนคือ โปรตีนที่พบในข้าวสาลี ข้าวบาร์เล่ย์ ข้าวไรย์ และข้าวโอ๊ต ผู้ป่วยที่เป็นโรคนี้ ลำไส้เล็กจะมีอาการอักเสบและมีผลต่อเนื้อเยื่อบริเวณผนังลำไส้เล็กทำให้พื้นที่ในการดูดอาหารลดลงแต่อาการดังกล่าวจะไม่เป็นอันตรายถึงชีวิต โดยอาการของโรคโดยทั่วไป คือจะมีอาการท้องบวมและมีอาการท้องร่วงเรื้อรัง น้ำหนักลด อุจาระมีสีซีดและกลิ่นเหม็นเน่า เป็นตะคริว เหนื่อยง่าย ปวดกระดูกและข้อต่อ ขาหมดความรู้สึก เพราะเส้นประสาทถูกทำลาย มีแผลพุพองในปาก มีผื่นคันที่ผิวหนัง หรือเรียกว่า Dermatitis Herpetiformis สำหรับผู้หญิงจะมีอาการประจำเดือนมาไม่ปรกติ ผู้ป่วยเป็นโรคนี้จึงไม่สามารถรับประทานอาหารที่มีส่วนประกอบของกลูเตนได้เลยไปตลอดชีวิต ผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่มีกลูเตนจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้กลูเตน วัตถุดิบที่ไม่มีส่วนประกอบของกลูเตน เช่น ข้าว พืช

จำพวกพืชหัว หรือพืชตระกูลถั่ว จึงเป็นแหล่งของวัตถุดิบที่น่าสนใจที่จะใช้ในการทดแทนอาหารที่ใช้แป้งสาลีเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ (จิระนาถ, 2556) นอกจากนี้ขนมกลีบลำดวนมีส่วนประกอบหลักเป็นแป้ง น้ำมัน และน้ำตาล ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการไม่สูงนัก การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้วยงาดำซึ่งมีคุณประโยชน์ที่มีแร่ธาตุ แคลเซียม และฟอสฟอรัสสูง จะช่วยเพิ่มคุณค่าให้กับขนมกลีบลำดวนได้

ศึกษาการนำแป้งข้าวมาแทนแป้งสาลีในสูตรขนมกลีบลำดวน และปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน โดยศึกษาชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยการเสริมงาดำเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนเสริมงาดำที่ยอมรับของผู้บริโภค เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณการใช้แป้งสาลีซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการผลิตขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน

1.2.2 เพื่อศึกษาชนิดของสารปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน

1.2.3 เพื่อศึกษาปริมาณงาดำที่เหมาะสมในขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนเสริมงาดำ

1.2.4 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนเสริมงาดำ

1.3 ขอบเขต

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมในการทำขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน ศึกษาชนิดของสารปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสได้แก่ คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส คาราจีแนน และแซนแทนกัม ที่เหมาะสม และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของขนมกลีบลำดวนด้วยการเสริมงาดำ จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส เมื่อได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ผ่านการพัฒนาปรับปรุงจึงนำมาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถใช้แป้งข้าวทดแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเพื่อเป็นขนมที่ปราศจากกลูเตน

1.4.2 เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าให้เป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตน

1.4.3 สามารถนำผลงานและองค์ความรู้ที่ได้เผยแพร่ให้ผู้ที่สนใจนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพ

1.4.4 เป็นการเพิ่มมูลค่าข้าวซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมกลีบลำดวน

2.1.1 ส่วนประกอบหลักของขนมกลีบลำดวน

ขนมกลีบลำดวนเป็นขนมมงคลชนิดหนึ่ง ทำจากแป้งสาลี และอบควันเทียนนิยมใช้ในงานแต่งงานสมัยก่อน ความหมายของขนมนี้คือ ชื่อเสียงขจรขจายไปไกลทั่วและมีอีกความหมายคือสร้างความงดงามให้กับชีวิต เพราะขนมกลีบลำดวน จะทำเป็นกลีบดอก 3 กลีบมาติดกัน และมีเกสรอยู่ตรงกลาง มีเอกลักษณ์ของขนมไทย มีรสหวาน กลิ่นหอม ส่วนประกอบของขนมกลีบลำดวนคือ แป้งสาลี น้ำตาล ไข่ไก่ ไขมัน กรรมวิธีการทำไม่ซับซ้อน เหมาะสำหรับใช้รับประทานกับน้ำชา กาแฟ หรือเครื่องดื่มอื่นๆ ขนมชนิดนี้เก็บไว้ได้นาน เหมาะสำหรับเก็บไว้รับประทานเป็นของว่างหรือเป็นของฝาก

2.1.2 วิธีทำขนมกลีบลำดวน

2.1.2.1 ผสมแป้งสาลี น้ำตาล เข้าด้วยกัน ร่อนแป้ง 2-3ครั้ง ค่อย ๆ ใส่น้ำมันลงไปทีละน้อย ผสมให้เข้ากันดี จากนั้นปั้นแป้งให้เป็นก้อนกลม ๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/4 นิ้ว แล้วผ่าเป็น 4 ส่วน ทำจนหมด

2.1.2.2 นำแป้ง 3 ชิ้นวางให้ปลายชนกัน วางใสถาดอบที่ไม่ทาไขมัน ที่เหลืออีก 1 ชิ้น ให้ปั้นเป็นก้อนกลมเล็ก ๆ วางตรงกลางดอกเป็นเกสร ใช้ปลายมีดทำเป็นแฉกเล็ก ๆ

2.1.2.3 นำเข้าอบไฟ 150 องศาเซลเซียส 15 นาที จนสุกเป็นสีขาวนวล นำออกจากเตาอบ ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วแซะออกจากถาดวางบนตะแกรง ปล่อยให้เย็นสนิท แล้วนำไปอบด้วยควันเทียนให้หอม เก็บใส่ภาชนะที่มีฝาปิดสนิท

ภาพที่ 2.1 ขนมกลีบลำดวน

2.2 กลูเตน (Gluten)

2.2.1 ลักษณะของกลูเตน

กลูเตนเป็นโปรตีนที่เกิดจากการรวมตัวของกลูเตนิน (glutenin) และไกลอะดิน (Gliadin) ในปริมาณใกล้เคียงกัน ปริมาณกลูเตนที่เกิดขึ้น (ร้อยละ 80-90) ในแป้งไกลอะดินและกลูเตนินก่อให้เกิดลักษณะโครงร่างของกลูเตนจากการนวดโด ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวของพันธะทางเคมีระหว่างกรดอะมิโนหลายรูปแบบ ได้แก่ พันธะโคเวเลนต์ (covalent) พันธะอิออนิก (ionic) และพันธะวาน เดอร์ วาลส์ (van der waals)

ลักษณะพิเศษของกลูเตนนี้ทำให้แป้งสาลีเหมาะสมในการทำเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ดีกว่าแป้งชนิดอื่นที่ไม่มีกลูเตน หรือมีกลูเตนแต่สัดส่วนขององค์ประกอบไม่เหมาะสม เนื่องจากในกระบวนการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบนั้น ส่วนใหญ่ต้องการโครงร่างของกลูเตนที่แข็งแรง ยืดหยุ่น สามารถอุ้มก๊าซที่เกิดจากกระบวนการหมัก และคงรูปร่างเมื่อถูกความร้อน ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อเหนียวพอดีเป็นเส้นใย ซึ่งผู้บริโภคทั่วไปยอมรับ โปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของลักษณะพิเศษ คือ

ก. ไกลอะดิน มีลักษณะเป็น globular protein มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 30-75 กิโลดาลตัน (kDa) และโมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ เป็นโปรตีนที่ละลายในเอธานอลร้อยละ 70 มีคุณสมบัติเป็นตัวทำให้เกิดความเหนียวหนืด (viscous properties)

ข. กลูเตนิน มีลักษณะเป็นสายโมเลกุลยาวต่อกันด้วยหน่วยย่อยๆ มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 60-140 กิโลดาลตัน มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ จนได้เป็นสายโมเลกุลขนาดใหญ่มีน้ำหนักมากกว่า 2,000 กิโลดาลตันขึ้นไป เกิดเป็นโครงสร้าง กลูเทนินโพลิเมอร์ โดยมีกรดอะมิโนย่อยๆ มายึดเกาะกันเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเกลียว และตรงส่วนกลางของกลูเตนินจะมี

กรดอะมิโนมายึดเกาะกันประมาณ 5-6 ชนิด เป็นโครงสร้างแบบแผ่น ซึ่งกรดอะมิโนส่วนใหญ่จะเป็นไกลซีน โพรลีน และกลูตามิน กลูเตนินสามารถละลายได้ในน้ำ สารละลายกรดอ่อนสารละลาย sodium dodecyl sulphate (SDS) และสารละลายเอธานอล ร้อยละ 70 สมบัติของกลูเตนิน คือ ทำให้เกิดความยืดหยุ่นคล้ายสปริง (elastic properties) และมีคุณสมบัติในการเกาะติด (cohesiveness)

กลูเตนจากข้าวสาลี นิยมนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนจากพืชเป็นอันดับสองรองจากโปรตีนถั่วเหลือง ในแง่ของปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา ปัจจุบันกำลังการผลิตกลูเตนจากข้าวสาลีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อย่างไรก็ตามมักจะนิยมนำเอากลูเตนไปใช้ในรูปของส่วนผสมอย่างหนึ่งในอาหารมากกว่าที่จะบริโภคโดยตรง ในปี ค.ศ. 1987 พบว่าปริมาณการใช้กลูเตนจากข้าวสาลีในอุตสาหกรรมขนมอบถึงร้อยละ 17 ในขณะที่ใช้ในอุตสาหกรรมเนื้อเพียงร้อยละ 5 และใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายอาหารทะเลร้อยละ 1 เท่านั้น

กระบวนการผลิตกลูเตนส่วนใหญ่เป็นกระบวนการแบบเปียก (wet process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่แยกเอาส่วนของสตาร์ชออกมาจากแป้งสาลี ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการผลิตกลูเตนซึ่งมีอยู่ 3 กระบวนการใหญ่ๆ ได้แก่ dough system หรือ batter process ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานโดยเป็นการละลายแป้งสาลีให้กระจายในน้ำปริมาณมากๆ เพื่อให้ส่วนของกลูเตนถูกแยกออกมาในลักษณะ curd และแยกเอากลูเตนที่ได้ออกจากน้ำแป้งโดยการกรองร่อน

ส่วนอีกวิธีหนึ่งเรียกว่า การผลิตแบบมาร์ติน (Martin) เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการแยกเอาส่วนของโด (dough) ออกมาจากแป้งสาลีโดยการนวดแป้งและพ่นล้างด้วยน้ำเพื่อล้างเอาส่วนสตาร์ชออก และ alkaline process โดยการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.03 นอร์มัล เพื่อแยกสตาร์ชและตกตะกอนโปรตีนกลูเตน ในกระบวนการนี้ กลูเตนที่ได้จะทำให้อยู่ในรูปผงแห้ง อาจใช้วิธีทำให้แห้งแบบแช่แข็ง ซึ่งไม่ทำให้กลูเตนเสียสภาพธรรมชาติและคงคุณสมบัติในการเกิดลักษณะที่ยืดหยุ่น และความสามารถในการอุ้มน้ำไว้มากที่สุด กลูเตนที่คงคุณสมบัติเหล่านี้เรียกว่า vital gluten

ปฏิกิริยาในระหว่างที่มีการผสมโดเกิดขึ้นนั้นพันธะไดซัลไฟด์ที่มีอยู่ในโมเลกุลจะเกิดปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างกลูเตนิน และไกลอะดิน โดยที่พันธะไดซัลไฟด์ที่มีอยู่ในโมเลกุลของกลูเตนินจะถูกแทนที่ด้วยพันธะไดซัลไฟด์ของไกลอะดิน มีผลทำให้ไกลอะดินมีลักษณะคล้ายกับ Plasticizer ของกลูเตนิน (นัชนา, 2551) โดยกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของกลูเตนิน และไกลอะดิน แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของกลูเตนินและไกลอะดิน (โมล/10^5 กรัม)

กรดอะมิโน	กลูเตน	ไกลอะดิน	กลูเตนิน
กรดกลูตามิค	290	317	278
โพรลิน	137	148	114
ลูซีน	59	62	57
กลัยซีน	47	25	78
วาลีน	45	43	41
ไอโซลูซีน	33	37	28
ฟีนิลอะลานีน	32	38	27
อะลานีน	30	25	34
ธรีโอนีน	21	18	26
อาร์จินีน	20	15	20
ฮิสติดีน	15	15	13
ซีสเตอีน	14	10	10
เมทไธโอนีน	12	12	12
ไลซีน	9	5	13
ทริปโตเฟน	6	5	8

ที่มา: นัชนา (2551)

2.2.2 โรคภูมิแพ้กลูเตน (Celiac disease)

โรคภูมิแพ้กลูเตน คือ โรคที่เกี่ยวกับระบบการย่อยไม่สมบูรณ์ ซึ่งเกิดจากลำไส้เล็กถูกทำลายมีผลทำให้ลำไส้เล็กดูดซึมสารอาหารไปใช้ไม่ได้ สาเหตุเกิดจากการแพ้ไกลอะดินในกลูเตน ซึ่งพบในข้าวสาลี ข้าวไรด์ ข้าวบาร์เล่ย์ และข้าวโอ๊ต โดยผู้ป่วยจะออกอาการเมื่อรับประทานอาหารที่มีกลูเตนเข้าไป ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายสร้างสารขึ้นมาต่อต้านซึ่งจะไปทำลายส่วนที่ใช้ดูดซึมสารอาหารในลำไส้เล็ก ทำให้ร่างกายดูดซึมสารอาหารเข้าสู่กระแสเลือดไม่ได้ อาการของโรคนี้โดยทั่วไป คือ ท้องบวม และปวด มีอาการท้องร่วงเรื้อรัง น้ำหนักลด อุจจาระมีสีซีดและกลิ่นเหม็นเน่า โลหิตจาง เป็นตะคริว เหนื่อยง่าย หากเกิดในทารกจะเจริญเติบโตช้า ปวดกระดูกและข้อ

ต่อ ขาหมดความรู้สึก เพราะเส้นประสาทถูกทำลาย มีแผลพุพองในปาก มีผื่นคันที่ผิวหนัง เรียกว่า Dermatitis herpetiformis สำหรับผู้หญิง ประจำเดือนจะไม่มาและน้ำหนักลด

แนวทางในการรักษามีทางเดียวคือ หลีกเลี่ยงอาหารที่มีกลูเตน เพราะฉะนั้นจึงมีการคิดสูตรอาหารที่ปราศจากกลูเตนขึ้นมามากมาย โดยหนึ่งในนั้นคือ ผลิตภัณฑ์ขนมอบปราศจากกลูเตน ได้มีการพิจารณาใช้แป้งชนิดอื่นมาทดแทนแป้งสาลีที่มีกลูเตน เช่น แป้งข้าว แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง และแป้งข้าวโพด โดยเฉพาะแป้งข้าวนั้นเป็นแป้งที่นิยมใช้มากในงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอบ เพราะมีคุณสมบัติต่างๆ ที่เหมาะสม คือ ปราศจากกลูเตน มีปริมาณโซเดียม โปรตีน และไขมันน้อย นอกจากนี้ยังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายในปริมาณสูงอีกด้วย ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมาก (นัชนา, 2551)

2.3 แป้งข้าว

2.3.1 องค์ประกอบของแป้ง

ข้าวสามารถนำมาบริโภคได้ ทั้งในรูปของการหุงรับประทานและการนำมาแปรรูป โดยการแปรรูปส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในรูปแบบของแป้งข้าว ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายรูปแบบ เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว ขนมต่างๆ เป็นต้น

2.3.1.1 ฟลาวร์ (Flour) หมายถึง ผลิตภัณฑ์แป้งที่ผลิตจากเมล็ด หรือส่วนอื่นที่ใช้บริโภคได้ ผลิตได้จากข้าวหลายสายพันธุ์ เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ข้าวสาลี เป็นต้น โดยนำวัตถุดิบมาสี โม่ บด หรือตีเป็นผงละเอียด แล้วร่อน ดังนั้น ฟลาวร์ จึงประกอบด้วยสารอาหารต่างๆที่มีอยู่ในวัตถุดิบเดิมทั้งหมด คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใย และแร่ธาตุต่างๆ

2.1.1.2 สตาร์ช (Starch) หมายถึงผลิตภัณฑ์แป้งที่เป็นโฮโมโพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่ง พบมากในพืช และเป็นโพลีเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส เป็นแป้งที่ไม่มีส่วนประกอบอื่นๆ เช่น แร่ธาตุปะปนอยู่ด้วย (อุทัยวรรณ, 2555) องค์ประกอบทางเคมีทั่วไปของแป้งชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีทั่วไปของแป้งชนิดต่างๆ

ชนิดของแป้ง	องค์ประกอบ (ร้อยละ)					
	ไขมัน	โปรตีน	ความชื้น	เส้นใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
แป้งข้าวเหนียว	1.37	7.33	9.57	0.41	0.12	81.02
แป้งข้าวเจ้า	0.65	6.64	9.88	0.39	0.51	81.93
แป้งสาลี	0.90	14.20	-	-	0.42	-
แป้งข้าวฟ่าง	5.68	8.45	6.08	2.14	2.24	75.41
แป้งถั่วเขียว	0.36	5.02	11.82	0.31	0.26	82.05

ที่มา: ณัฐญาดา (2557)

2.3.2 การผลิตแป้งข้าว

การผลิตแป้งข้าวนั้นมี 3 วิธี ได้แก่ การโม่เปียก การโม่ผสม และการโม่แห้ง

2.3.2.1 การโม่เปียก

เป็นวิธีการที่ใช้ในการผลิตแป้งข้าวเป็นส่วนใหญ่ เริ่มจากการล้างทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งเจือปน แช่ข้าวหักจนนิ่ม ทำการโม่ด้วยเครื่องแบบหินจาน โม่ข้าวหักพร้อมกับน้ำในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้ได้แป้งที่ละเอียดและสม่ำเสมอ จากนั้นผ่านน้ำแป้งเข้าเครื่องแยกน้ำออกจากแป้ง จะได้ก้อนแป้งที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 40 ทำการตีป่นก้อนแป้งให้เป็นผงก่อนจึงผ่านเข้าเครื่องอบแป้งให้แห้ง นำผ่านเข้าเครื่องบดและร่อนเพื่อให้ได้แป้งที่มีขนาดสม่ำเสมอ โดยทั่วไปประมาณ 180 ไมโครเมตร มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 13

2.3.2.2 การโม่แบบผสม

การโม่แบบผสมมีขั้นตอนคล้ายกับการโม่เปียก เริ่มจากการล้างข้าว และแช่ข้าวจนนิ่ม นำข้าวหักขึ้นจากน้ำแช่ ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำข้าวไปอบแห้ง (ความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 15-17) นำข้าวหักไปบดหรือโม่แห้ง นำไปร่อนเพื่อให้ได้แป้งที่มีขนาด 180 ไมโครเมตร

2.3.2.3 การโม่แห้ง

นำข้าวหักที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดแบบแห้งแล้ว เข้าสู่เครื่องบดแห้งเป็นแป้งผง ร่อนผ่านเครื่องร่อนเพื่อให้ได้แป้งที่มีขนาด 180 เมซ (ปิยาภรณ์, 2554)

กระบวนการแปรรูปข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร จะได้ผลพลอยได้จากการแปรรูปคือ ข้าวหัก, ปลายข้าว, รำข้าว, และแกลบ

ข้าวหัก คือ ส่วนของข้าวที่หักซึ่งคัดแยกได้จากเครื่องคัดขนาด มีขนาดของส่วนข้าว 2.5-4.9 ส่วนจาก 10 ส่วน และปลายข้าวคือ ส่วนของเมล็ดข้าวที่เล็กกว่า 2.5 ส่วน ผลพลอยได้ทั้ง 2 ชนิดนี้นิยมนำไปเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปด้วยการบดให้เป็นแป้งข้าว แล้วจึงนำแป้งข้าวไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ (ปิยาภรณ์, 2554)

2.3.3 การแบ่งประเภทของข้าวแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.3.3.1 ข้าวเหนียว (Glutionous or waxy rice) ข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้งประเภทอะไมโลเพคติน ประมาณร้อยละ 95 มีแป้งอะไมโลเพคตินน้อยมากหรือบางพันธุ์ไม่มีเลย แต่แป้งอะมิโลเพคตินล้วนๆ เมื่อหุงจะสุกง่ายและอ่อนนุ่ม

2.3.3.2 ข้าวเจ้า (Non-glutinous rice, Non-sticky rice, Non-waxy) ประกอบด้วยแป้งอะไมโลสร้อยละ 15-31 จะมากน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว แป้งที่เหลือจะเป็นอะมิโลเพคติน ปริมาณอะไมโลสในข้าวเจ้าทำให้ข้าวหุงสุกมีลักษณะอ่อนนุ่มและแป้งกระด้าง เรียกว่ามีคุณภาพหุงต้มต่างกัน

แป้งข้าวเจ้า *(Oryza sative L.)* เป็นแป้งที่คนไทยนิยมนำไปใช้ในการผลิตอาหารประเภทต่างๆหลากหลายชนิด เนื่องจากอาหารจำพวกแป้งเป็นอาหารหลักของคนไทย และประเทศไทยมีความสามารถในการเพาะปลูกข้าวเจ้าซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งข้าวเจ้าจำนวนมาก โดยแป้งข้าวเจ้าจะผลิตจากส่วนของข้าวเจ้าที่เป็นข้าวหักหรือข้าวเกรดสองที่ไม่เหมาะสำหรับการบริโภคโดยตรง อัตราส่วนของอะไมโลส และอะมิโลเพคตินจะมีผลทำให้มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ข้าวเจ้าที่เนื้อเมล็ดมีปริมาณอะไมโลสสูงจะทำให้ข้าวสุกร่วนแข็งไม่มีความเหนียว มีการดูดน้ำและขยายตัวได้มากกว่า สามารถแบ่งออกได้ 3 ชนิด

1) พันธุ์ข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 20
ร้อยละ 1 – 2 : ข้าวสุกเหนียวมาก
ร้อยละ 2 – 20 : ข้าวสุกเหนียวนุ่ม
2) พันธุ์ข้าวที่มีอะไมโลสปานกลาง ปริมาณร้อยละ 20 -25
ร้อยละ 20 – 25 : ข้าวสุกนุ่นค่อนข้างเหนียว
3) พันธุ์ข้าวที่มีอะไมโลสสูง ปริมาณร้อยละ 25 – 34
ร้อยละ 25 – 34 : ข้าวสุกร่วนแข็ง

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า

คุณสมบัติ	ปริมาณ
ขนาดเม็ดแป้ง (ไมครอน)	6.8
ปริมาณอะมิโลส (ร้อยละ)	18-27
ขนาดอะมิโลส (Degree of polymerization)	900-1100
อุณหภูมิเริ่มต้นเกิดเจลาทิไนซ์ (°ซ)	60
อุณหภูมิสูงสุดเกิดเจลาทิไนซ์ (°ซ)	77

ที่มา: อุทัยวรรณ (2555)

2.3.4 องค์ประกอบของแป้งอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

แป้งข้าวเหนียวเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคสที่มีขนาดใหญ่ มีสูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ มีหน่วยพื้นฐานเป็น anhydroglucose unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-glycosidic linkage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของหน่วยกลูโคสที่อยู่ถัดไป ด้านปลายโมเลกุลแป้งมี anomeric carbon ซึ่งไม่ได้จับกับโมเลกุลอื่นๆ ดังนั้นแต่ละโมเลกุลของแป้งมีด้านปลายที่มีคุณสมบัติรีดิวซ์ (reducing end) นั่นคือ แป้งหนึ่งโมเลกุลมีตำแหน่ง reducing end 1 ตำแหน่ง (ชัยสิทธิ์, 2553)

โมเลกุลแป้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ตามขนาดโมเลกุล และลักษณะการจัดเรียงตัว คือ อะไมโลส ซึ่งมีโมเลกุลขนาดเล็กและมีกิ่งก้านสาขาเล็กน้อย และอะไมโลเพคตินซึ่งมีโมเลกุลขนาดใหญ่ และมีกิ่งก้านสาขามากมาย นอกจากนี้ยังพบโมเลกุลแป้งอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าอะไมโลสแต่เล็กกว่าอะไมโลเพคติน เรียกว่า “intermediate material” แต่พบในปริมาณไม่มากนัก อะไมโลสและอะไมโลเพคติน โดยมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.4

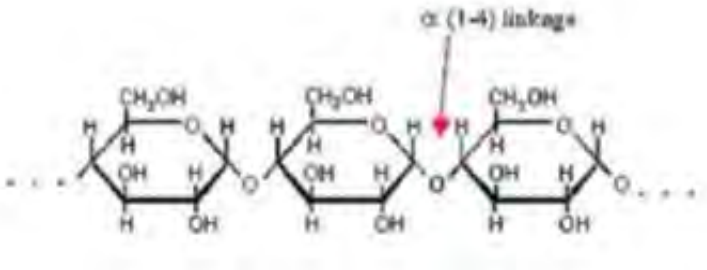
ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
1. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ∝-1,4 - glycosidic linkage	1.ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ ∝-1,4 - glycosidic linkage และมีการแตกกิ่งด้วยพันธะ ∝-1,6-glycosidic linkage
2. ประกอบด้วยกลูโคส 200-6,000 หน่วย	2. แต่ละกิ่งประกอบด้วยกลูโคส 20-25 หน่วย
3. ละลายน้ำได้น้อยกว่า	3. ละลายน้ำได้ดีกว่า
4. เมื่อต้มในน้ำมีความข้นหนืดน้อย	4. เมื่อต้มในน้ำมีความข้นหนืดมากและใส
5. ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	5. ให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับสารละลายไอโอดีน
6. ต้มแล้วทิ้งไว้จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็งได้	6. ต้มแล้วทิ้งไว้ไม่จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง

ที่มา: ชัยสิทธิ์ (2553)

2.3.4.1 อะไมโลส (amylose)

อะไมโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 200 - 6,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ∝-1,4 - glycosidic linkage ดังรูปที่ 2.1 อาจพบกิ่งก้านสาขาในโมเลกุลของอะไมโลสได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย (Hizukuri, 1985) แป้งข้าวเหนียวมีอะไมโลส ปริมาณเพียงร้อยละ 0.30 (Kaden,1997) โดยบางส่วนจะอยู่ในกลุ่มของอะไมโลเพคตินทั้งในส่วนอสันฐาน (Amorphous) และส่วนผลึก (Crystalline) โดยมีอะไมโลเพคตินขนาดใหญ่จะพบเป็นเกลียวคู่ (Double Helix) กับอะไมโลเพคตินอยู่ในใจกลางของเม็ดแป้ง ส่วนอะไมโลสโมเลกุลขนาดเล็กจะพบอยู่ตามขอบของเม็ดแป้ง



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของอะไมโลส

ที่มา: กล้าณรงค์ และเกื้อกูล (2546)

อะไมโลสสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีนและสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ เช่น butanol, fatty acid, surfactant, phenol และ hydrocarbon (ดังรูปที่ 2.2) สารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้ไม่ละลายในน้ำ โดยอะไมโลส พันเป็นเกลียวล้อมรอบสารประกอบอินทรีย์ อะไมโลสที่มีความยาวสายโซ่มากกว่า 45 หน่วยกลูโคสเมื่อรวมตัวกับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงินม่วง ดังแสดงในตารางที่ 2.5 ซึ่งใช้เป็นลักษณะเฉพาะที่บ่งบอกถึงแป้งที่มีอะไมโลสเป็นองค์ประกอบ และใช้ในการตรวจสอบปริมาณอะไมโลสในแป้ง

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของอะไมโลสและสีของสารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสกับไอโอดีน

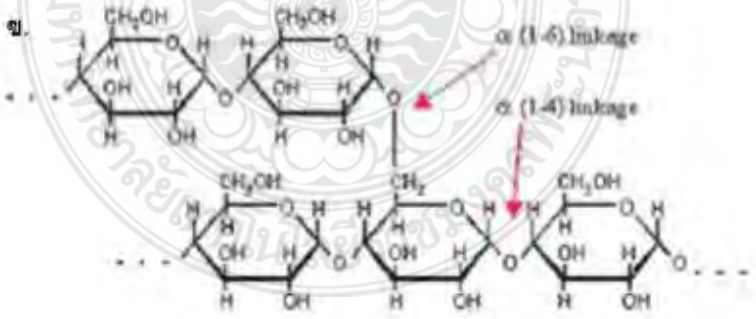
Chain length (glucose unit)	Number of helixturns	Color
12	2	None
12-15>	2	Brown
20-30	3-5	Red
35-40	6-7	Purple
>45	9	Blue

ที่มา: ชัยสิทธิ์ (2553)

2.3.4.2 อะไมโลเพคติน (amylopectin)

อะไมโลเพคติน เป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแตกแขนง โดยแต่ละแขนงประกอบไปด้วยหน่วยกลูโคสประมาณ 12 หน่วย แกนของอะไมโลเพคตินจะยึดกันด้วยพันธะ ∝-1, 4 - glycosidic linkage แต่ละจุดที่มีการแตกแขนงจะยึดกันด้วยพันธะ∝-1, 6 - glycosidic linkage โดยทั่วไปปกติอะไมโลเพคตินจะเป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำ น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยมากกว่าเท่ากับ 1,000,000 เมื่อรวมตัวกับไอโอดีนจะให้สีม่วงแดง สำหรับแป้งข้าวเหนียวมีอะไมโลเพคตินเป็นองค์ประกอบมากถึงร้อยละ 99.70 อะไมโลเพคตินของแป้งข้าวเหนียวจะมีการจับตัวกันเป็นกลุ่ม และมีส่วนที่เชื่อมกิ่ง (branch point) ระหว่างกลุ่มซึ่งเป็นส่วนอสัณฐานจะมีการจับกันเป็นเกลียวคู่รวมกันเป็นผลึกด้วยพันธะไฮโดรเจน และวันเดอร์วาลเชื่อมต่อกันเกิดเป็นส่วนผลึกของเม็ดแป้ง อะไมโลเพคตินมีความสำคัญด้านโครงสร้าง หน้าที่ และการนำไปใช้ประโยชน์ ทำให้แป้งมีความคงทนต่อการทำปฏิกิริยาด้วยกรด และเอนไซม์มากกว่าอะไมโลส แม้อะไมโลเพคตินเพียงอย่างเดียวก็สามารถรวมตัวเพื่อสร้างเป็นเม็ดแป้งได้

สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินมีผลทำให้แป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ความสามารถในการพองตัว (swelling capacity) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water retention) แป้งสุก (gelatinization temperature) ความหนืดของแป้งสุก โดยปริมาณอะไมโลส และอะไมโลเพคตินของแป้งแต่ละชนิดสามารถแสดงดังตารางที่ 2.6



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน

ที่มา: กล้าณรงค์ และเกื้อกูล (2546)

ตารางที่ 2.6 ปริมาณอะไมโลส และอะไมโลเพคตินของแป้งแต่ละชนิด

ชนิดแป้ง	ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ)	ปริมาณอะไมโลเพคติน (ร้อยละ)
แป้งสาลี	23	77
แป้งข้าวเหนียว	0.3	99.7
แป้งข้าวเจ้า	17	83
แป้งมันสำปะหลัง	17	83
แป้งข้าวโพด	27	73
ข้าวฟ่าง	25	75

ที่มา: ชัยสิทธิ์ (2553)

2.3.5 คุณสมบัติแป้งข้าว

2.3.5.1 การดูดซับ การพองตัว และการละลาย

เมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำที่เติมลงไปภายใต้สภาวะบรรยากาศของห้องจนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับน้ำที่เติมและความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ แป้งส่วนใหญ่เมื่อเกิดสมดุลภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้นร้อยละ 10-17

แป้งดิบไม่ละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาจิไนซ์ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจน ซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมโลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ๆ กันหรือ water bridges แต่เมื่ออุณหภูมิของสารผสมน้ำแป้งเพิ่มสูงกว่าช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งเกิดการพองตัว ทำให้การละลาย ความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น คุณสมบัติการเกิด birefringence หมดไป โดยปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัว และความสามารถในการละลาย คือ ชนิดของแป้ง ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแห ภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำในสารละลายแป้ง และการดัดแปรแป้งทางเคมี รูปแบบในการพองตัวและการละลายของเม็ดแป้งแต่ละชนิดจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไป (ชัยสิทธิ์, 2553)

2.3.5.2 ความหนืด

ความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญของแป้ง เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเกิดขึ้นเมื่อน้ำแป้งได้รับความร้อน เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวขึ้น ทำให้น้ำบริเวณรอบเม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งจึงเคลื่อนไหวได้ยาก เกิดเป็นความหนืดขึ้น

2.3.5.3 การเกิดเจลาติไนเซชัน

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปร่างแห micelles ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็น เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนคลายตัวลง เม็ดแป้งดูดน้ำและพองตัวส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้นทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่าอุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ เมื่อตรวจด้วยเครื่องมือวัดความหนืดมักเรียกจุดนี้ว่า อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting time) ซึ่งแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด แป้งจากพืชหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง จะมีอุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ต่ำกว่าอุณหภูมิจากแป้งธัญพืช

ระยะที่ 1 เป็นระยะที่น้ำแป้งไม่ละลายในน้ำเย็น เกิดการดูดซึมน้ำเย็นและการพองตัวอย่างจำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยไม่เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด เม็ดแป้งคงรักษารูปร่าง และโครงสร้าง birefringence ได้

ระยะที่ 2 เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งสูงพอที่จะทำให้พันธะไฮโดรเจน หรือ water bridge คลายตัวลง ร่างแหระหว่างไมเซลล์ภายในเม็ดแป้งอ่อนแอลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำและพองตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำบริเวณรอบเม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น จึงเกิดความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว น้ำแป้งมีความใสเพิ่มขึ้น แป้งที่ละลายได้เริ่มละลายออกมา เม็ดแป้งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และโครงสร้าง birefringence หายไป ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาติไนเซชัน อุณหภูมิที่เม็ดแป้งเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และโครงสร้าง birefringence หายไป เรียกว่า gelatinized temperature นิยมตรวจสอบด้วยเครื่อง Kofler hot-stage microscope ซึ่งติดตามการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโครงสร้าง birefringence ของเม็ดแป้ง เมื่อถูกให้

ความร้อน โดยสักเกตผ่านกล้องจุลทรรศน์ แต่ถ้าตรวจวัดด้วยเครื่อง Brabender viscoamylograph จะเรียกอุณหภูมินี้ว่าอุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด หรือ pasting temperature เมื่อเกิดเจลาติไนเซชัน พบว่าความหนืดของแป้งสูงสุดที่อุณหภูมิหนึ่ง ซึ่งถือว่าเป็นอุณหภูมิที่เม็ดแป้งพองตัวได้ดีที่สุด เรียกอุณหภูมิ ณ จุดนี้ว่า peak temperature และเรียกความหนืดสูงสุดที่เกิดขึ้นว่า peak viscosity เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาต่อไปอีก ทำให้โครงสร้างภายในเม็ดแป้งถูกทำลาย ส่งผลให้ความหนืดลดลง ถ้ามีการให้ความร้อนต่อไป ความหนืดลดลงเรื่อยๆ จนเข้าสู่ระยะที่ 3

ระยะที่ 3 พบว่าเม็ดแป้งมีรูปร่างไม่แน่นอน พันธะภายในเม็ดแป้งเกิดการแตกออกอย่างสมบูรณ์ การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล การเกิดเจลานิไนเซชันของแป้งจะทำให้หมู่ไฮดรอกซิล ของแป้งสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆได้ดี

2.3.5.4 การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation)

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้ว ถ้าให้ความร้อนต่อไปทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น จนถึงจุดที่พองตัวได้เต็มที่ และแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กกระจัดกระจายออกมา ทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัว โมเลกุลอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติโครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียวคล้ายฟิล์มหรือผลึก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชันหรือการคืนตัว เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงไปอีก ลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล ซึ่งเรียกว่า syneresis ปรากฏการณ์ทั้ง 2 นี้จะทำให้เจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น

การคืนตัวของแป้งเปียกและสารละลายแป้งทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น มีลักษณะขุ่นและทับแสง เกิดชิ้นส่วนที่ไม่ละลายในแป้งเปียกที่ร้อน เกิดตกตะกอนของอนุภาคแป้งที่ไม่ละลาย ทำให้เกิดเจล และโมเลกุลน้ำถูกบีบออกมานอกเจล ในการคืนตัวของแป้งเมื่อเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เกิดการตกตะกอน เมื่อเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกิดเจลขุ่น

การคืนตัวของแป้งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของแป้ง ความเข้มข้นของแป้ง กระบวนการให้ความร้อน กระบวนการให้ความเย็น อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเป็นกรด-เบส ของสารละลาย ปริมาณและขนาดของอะไมโลส อะไมโลเพคติน และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆในแป้งในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ และความเข้มข้นของแป้งสูง แป้งสามารถคืนตัวตัวได้ดีในช่วง pH

5-7 แป้งสามารถคืนตัวได้เร็วที่สุด สำหรับช่วง pH ที่สูงหรือต่ำกว่านี้แป้งคืนตัวได้ช้าลง ในการชะลอการคืนตัวของแป้งโดยใช้เกลือของ monovalent anion และ cation, calcium nitrate และ urea

ปริมาณและขนาดของอะไมโลสมีความสำคัญต่อการคืนตัวของแป้ง แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงเกิดการคืนตัวได้มาก และเร็วกว่าแป้งที่มีปริมาณอะไมโลเพคตินสูง อัตราในการคืนตัวจะสูงสุด (การละลายต่ำสุด) ที่ degree of polymerization ของอะไมโลสเท่ากับ 100-200 อัตราการคืนตัวจะลดลงเมื่อโมเลกุลของ อะไมโลสยาวหรือสั้นกว่านี้ ในการทำให้อะไมโลสที่คืนตัวกลับมาละลายได้อีกครั้งหนึ่งต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 100-160 องศาเซลเซียส อะไมโลเพคตินมีผลทำให้เกิดการคืนตัวน้อยมาก ดังนั้นแป้งแต่ละชนิดจะมีอัตราการคืนตัวที่แตกต่างกัน (ชัยสิทธิ์, 2553)

2.4 น้ำตาล

2.4.1 คุณลักษณะของน้ำตาล

น้ำตาลทรายเป็นสารที่ให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (Nutritive Sweetener) เพราะให้พลังงาน รสหวานของน้ำตาลเป็นรสหวานธรรมชาติที่ปราศจากรสขม หรือรสอื่นเจือปน การที่เรารู้จักรสหวานนั้นเกิดจากต่อมรับรส (Taste Bud) ที่ผิวระบบริเวณปลายลิ้นด้านบน ซึ่งเป็นบริเวณที่รับรสหวานเป็นส่วนใหญ่ ส่วนต่อมรับรสเค็มบางส่วนจะอยู่บริเวณปลายลิ้นบางส่วนอยู่บริเวณด้านข้างลิ้น ซึ่งเป็นบริเวณที่รับรสเปรี้ยวด้วย ต่อมรับรสขมอยู่ด้านโคนลิ้น โดยเฉลี่ยโคนลิ้นมีต่อมลิ้มรสอยู่ประมาณ 9,000 ต่อม และแต่ละต่อมมีเซลล์ลิ้มรส (Taste Cell) ประมาณ 20-50 เซลล์ เมื่อเซลล์ในต่อมลิ้มรสหวานได้สัมผัสกับสารที่ให้ความหวาน

น้ำตาลเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึก ละลายได้ดีในน้ำ และมีรสหวาน จัดอยู่ประเภทอาหารคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลที่มีขายในท้องตลาดนั้นเป็นน้ำตาลทรายขาวที่ผลิตจากอ้อย น้ำตาลนี้เป็นซูโครสที่บริสุทธิ์ 99.9 น้ำตาลเป็นวัตถุดิบที่ให้ความหวานหลักแก่ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังเป็นผลในการเป็นอาหารของยีสต์ในส่วนผสมของขนมปัง ทำให้ลักษณะโดเหมาะสม ช่วยในการอุ้มน้ำ ให้สีน้ำตาลรวมทั้งกลิ่นรสและรสชาติของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภค คุณสมบัติจะมีมากหรือน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำตาล คือ น้ำตาลชั้นเดี่ยว (Monosaccharide) เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส เป็นต้น และน้ำตาลหลายชั้น (Oligosaccharide) ซึ่งมีสูตรเคมี $C_{12}H_{22}O_{11}$ และจัดเป็นน้ำตาลสองชั้น เพราะประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสกับน้ำตาลฟรุกโตส (ราชันย์, 2556)

2.4.2 คุณสมบัติสำคัญของน้ำตาลที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

2.4.2.1 กระบวนการไฮโดรไลซีส ซึ่งเกิดจากเอนไซม์หรือกรดทำการย่อยสลายน้ำตาล โดยมีน้ำเป็นปัจจัยสำคัญทำให้น้ำตาลสองชั้นกลายเป็นน้ำตาลชั้นเดียว ดังสมการ

ซูโครส ⟶ กลูโคส + ฟรักโทส

มอลโทส ⟶ กลูโคส + กลูโคส

ซึ่งมักเกิดในขณะผสมโด โดยเอนไซม์ในยีสต์ทำการย่อยสลายน้ำตาล ดังกล่าว

2.4.2.2 กระบวนการหมัก เป็นกระบวนการทำงานต่อเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ในยีสต์ขั้นต้น โดยเอนไซม์ในยีสต์อีกหลายชนิดจะทำการย่อยสลายน้ำตาลชั้นเดียวต่อไปจนได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ โดยอัตราเร็วในการเปลี่ยนน้ำตาลของยีสต์จะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของน้ำตาล ดังนั้นจึงเป็นน้ำตาลที่เหลือจากการหมักรวมกับน้ำตาลอื่นที่ยีสต์ใช้ไม่หมดและให้คุณสมบัติด้านอื่นต่อไป

2.4.2.3 การดูดซึมและการอุ้มน้ำ น้ำตาลมีส่วนช่วยในกระบวนการไฮโดรไลซิสโดยเอนไซม์ในยีสต์ น้ำตาลบางอย่างสามารถอุ้มน้ำไว้ในโมเลกุลได้หนึ่งโมเลกุลของน้ำ เช่นน้ำตาลเดกซ์โทรส มอลโทส และแล็กโทส ถึงแม้น้ำตาลจะอยู่ในสภาพที่แห้งก็ยังจะมีส่วนน้ำปะปนอยู่บ้าง เช่น น้ำตาลซูโครส จะอุ้มน้ำมากกว่าร้อยละ 0.1 เดกซ์โทรสมีร้อยละ 0.5 และเดกซ์โทรสโมโนไฮเดรตจะมีน้ำอยู่ร้อยละ 8

2.4.2.4 การละลาย น้ำตาลจะละลายในน้ำได้มากขึ้นเมื่อมีความร้อนเพิ่มขึ้น น้ำตาลฟรักโทสละลายได้มากกว่าซูโครสที่อุณหภูมิเดียวกัน และเมื่อนำน้ำตาลต้มในปริมาณต่างกันจะมีผลให้จุดเดือดของน้ำเชื่อมเปลี่ยนไป ถ้าน้ำตาลมีความเข้มข้นมากขึ้นจะทำให้จุดเดือดสูงขึ้น

2.4.2.5 การทำให้เจลนุ่ม เนื่องจากน้ำตาลจะดูดซับน้ำไว้ให้สตาร์ชหรือกัมของพืชหรือโปรตีนเกิดจากเจลช้าและมีลักษณะนุ่ม ทำให้เนื้อสัมผัสของขนมปังนุ่ม มีปริมาตรเพิ่มขึ้น

2.4.2.6 การเกิดสีน้ำตาล เมื่อน้ำตาลได้รับความร้อนเกิดจุดหลอมเหลวของน้ำตาลคือ 160 องศาเซลเซียส (320 องศาฟาเรนไฮต์) จะมีผลให้โครงสร้างของน้ำตาลเปลี่ยนไปได้สารใหม่เรียกว่าคาราเมล (Caramels) มีกลิ่นรสเฉพาะกลิ่นน้ำตาลไหม้และให้สีน้ำตาล โดยน้ำตาลฟรักโตส มอลโตส และเดกซ์โทรส จะมีความไวต่อความร้อนและเปลี่ยนความร้อนได้ไวกว่าน้ำตาลแล็กโทสและซูโครสเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด นอกจากนี้น้ำตาลรีดิวซ์ยังรวมตัวกับกรดอะมิโนโดยความร้อนเป็นสารเร่งปฏิกิริยาจนเกิดเป็นสารประกอบคือ เมลานอยดิน (Melanoidins) มีสีน้ำตาล กลิ่นรสคล้าย

คาราเมล แต่เมื่อได้รับความร้อนต่อไปจะเปลี่ยนเป็นสีดำ มีรสขมและไม่ละลายในน้ำ ส่วนน้ำตาลซูโครสจะเป็นน้ำตาลไม่รีดิวซ์ไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยานี้ ดังนั้นสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จึงเกิดกระบวนการทั้งสอง ซึ่งต้องควบคุมให้เกิดขึ้นอย่างเหมาะสม จึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสดี สีน้ำตาลสวย (ราชันย์, 2556)

2.5 น้ำมัน

ไขมันและน้ำมันทุกชนิดประกอบด้วยไตรเอซิลกลีเซอรอลมากมายหลายชนิดผสมรวมอยู่ และในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลแต่ละชนิดยังประกอบไปด้วยกรดไขมันที่แตกต่างกันอีกด้วย ซึ่งอาจเป็นทั้งกรดไขมันชนิดอิ่มตัว และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ดังนั้นไตรเอซิลกลีเซอรอลในไขมันและน้ำมันที่ได้จากธรรมชาติจึงเป็นไตรเอซิลกลีเซอรอลผสม ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่มีอยู่ในไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ จะเป็นตัวกำหนดสมบัติของไขมัน และน้ำมันแต่ละชนิดให้แตกต่างกัน

2.6 งาดำ (Sesame)

งาดำมีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Sesamum indicum L.* เป็นเมล็ดพืชน้ำมัน (oil seed) และเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยเมล็ดงามีน้ำมันสูงถึง ร้อยละ 35-57 งาเป็นพืชที่อุดมไปด้วยสารอาหารและมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากมาย (ตารางที่ 2.7) น้ำมันที่สกัดได้จากงาเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง จึงช่วยควบคุมระดับโคเลสเตอรอลไม่ให้มีมากเกินไป ป้องกันไม่ให้หลอดเลือดแข็ง ป้องกันโรคหัวใจ และโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดบางชนิด โปรตีนในงามีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย คือ กรดอะมิโนเมไทโอนีน นอกจากนี้งายังมีวิตามินต่างๆ และมีวิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยต้านมะเร็ง และมีเส้นใยเป็นตัวช่วยในการขับถ่าย และมีแร่ธาตุที่สำคัญโดยเฉพาะแคลเซียมที่มีมากกว่านมวัวถึง 6 เท่า มีธาตุเหล็ก แมกนีเซียม สังกะสี ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และทองแดง

ตารางที่ 2.7 คุณค่าทางโภชนาการของงาดำ (แห้ง)

สารอาหาร	ปริมาณต่องาดำ 100 กรัม
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	625
โปรตีน (กรัม)	20.6
ไขมัน (กรัม)	51.9
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	18.9
เถ้า (กรัม)	6.4
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	1,469
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	688
เหล็ก (มิลลิกรัม)	9.9
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	3.8

ที่มา: ธนิษฐา และนภาพันธ์ (2549)

2.7 สารไฮโดรคอลลอยด์

สารไฮโดรคอลลอยด์หรือไฮโดรฟิลิคคอลลอยด์ หมายถึง สารประเภทโพลีแซคคาไรด์กัมซึ่งเป็นโพลิเมอร์ที่มีสายยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ในโมเลกุลอาจประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์ชนิดเดียวกันทั้งหมดเป็นโฮโมโพลีแซคคาไรด์ เช่น เดกซ์แตรนและฟอสโฟแมน หรือประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์หลายชนิดเป็นเฮเตอร์โรโพลีแซคคาไรด์ เช่น กัมอะราบิก กัมแกตติ และกัมคารายา เป็นต้น

2.7.1 การจำแนกชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์สามารถจำแนกเป็นชนิดต่างๆได้ 2 แบบ

2.7.1.1 จำแนกตามแหล่งที่มา ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

ก. ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากส่วนต่างๆของพืช เช่น ยาง เมล็ด ราก หัว สาหร่ายทะเล (sea weed) บางชนิดและได้มาจากสัตว์ เช่น เจลาติน

ข. ไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นอนุพันธ์ของสารที่ได้จากธรรมชาติ หรือดัดแปรสารจากธรรมชาติ (modifier natural) เช่น อนุพันธ์ของเซลลูโลส และอนุพันธ์ของสตาร์ช

ค. ไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นสารสังเคราะห์ (synthetic) เช่น พอลิไวนิลไพโรลิดิน (polyvinylpyrrolidene) และพอลิเอทิลีนออกไซด์พอลิเมอร์ (polyethylene oxide polymers)ไฮโดรคอลลอยด์ที่นิยมใช้มากในผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นกลุ่มที่ได้จากธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่

2.7.1.2 จำแนกตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุล และหมู่ฟังก์ชันหรือหมู่ที่ไวต่อปฏิกิริยา (functional or reactive group) ที่อยู่ในโมเลกุลของโพลิแซ็กคาไรด์ ซึ่งอาจจะเป็นประจุลบ (anionic) ไม่มีประจุ (nonionic) หรือเป็นกลาง (neutral) สำหรับโพลิแซกคาร์ไรด์กัมชนิดมีประจุลบ คือ พวกที่มีหมู่ซัลเฟต หมู่คาร์บอกซิลิก และหมู่ฟอสเฟต

หน้าที่เบื้องต้นของไฮโดรคอลลอยด์ในระบบอาหารทั่วๆไป คือ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของน้ำในอาหาร ทำให้โมเลกุลของน้ำบางส่วนไม่เคลื่อนที่ ส่วนที่ถูกจับไว้ในไฮโดรคอลลอยด์ก็จะไม่หลุดออกมา ส่วนหน้าที่อื่นๆที่เด่นชัดคือ ช่วยลดอัตราการระเหยของน้ำเปลี่ยนแปลงจุดเยือกแข็ง ปรับเปลี่ยนการเกิดผลึกน้ำแข็งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็ง ควบคุมการปรับสมบัติในการไหลพยุงอนุภาคที่ไม่ละลายน้ำให้แขวนลอย ทำให้โฟมและอิมัลชั่นอยู่ตัว และทำให้หยดน้ำมันกระจาอยู่ในระบบที่มีไฮโดรคอลลอยด์ผสมอยู่ด้วย (ณัฐธพร, 2552)

2.7.2 ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ

2.7.2.1 แซนแทนกัม

แซนแทนกัม หรือ Polysaccharide B – 1459 เป็นกัมที่ได้โดยการหมักด้วยแบคทีเรียบริสุทธิ์ คือ Xanthomonas campestris หลังจากกระบวนการหมักแล้ว จะนำสารละลายที่ได้มาตกตะกอนแยกเอาแซนแทนกัมออกด้วยไอโซโพลพิลแอลกอฮอล์ทำให้แห้งแล้วบดเป็นผงละเอียด

แซนแทนกัมนิยมใช้กันมากในอาหาร เพราะมีสมบัติพิเศษที่สำคัญ คือ การกระจายตัวและลายได้ดีในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง ถึงแม้ว่าจะมีความเข้มข้นต่ำและทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและพีเอช โดยเฉพาะความหนืดของสารละลายแซนแทนกัมจะคงที่ ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100 องศาเซลเซียส

หรือพีเอชจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-13 ก็ตาม ในการทำผลิตภัณฑ์ประเภทขนมอบ แซนแทนกัมจะช่วยในการนวดโด และขึ้นรูปโดง่ายขึ้น อีกทั้งยังช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของแป้ง โดยช่วยป้องกันการเกิดรีโทรเกรเดชั่นและการสูญเสียน้ำภายในแป้ง เพราะแซนแทนกัมมีคุณสมบัติกักน้ำได้ดี จึงช่วยในการป้องกันการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงอาหาร

2.7.2.2 คาราจีแนน

คาราจีแนนเป็นโพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งที่สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง ประกอบด้วยสายหลักของกาแลกโตสที่เชื่อมด้วยพันธะไกลโคซิติก คาราจีแนนมีหลายชนิด ซึ่งแตกต่างกันไปตามจำนวนและตำแหน่งของกลุ่มเอสเทอร์ซัลเฟต (ester sulphate group) และจำนวนของ 3,6-anhydro-D-galactose ที่อยู่บนสาย โดยคาราจีแนนจะแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ซึ่งได้แก่ แคปปา(kappa) ไอโอตา(iota) และแลมป์ดา(lampda) คาราจีแนนชนิดแคปปาและไอโอตาจะเกิดเจลได้เมื่อมีโพแทสเซียมไอออนอยู่ แต่แลมป์ดานั้นเกิดเจลไม่ได้ คาราจีแนนมีคุณสมบัติละลายน้ำและเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิสูง โดยที่เจลที่ได้สามารถคงอยู่ได้ที่อุณหภูมิห้อง มีความยืดหยุ่นและไม่เกิดซินเนอรีซีส โดยมากจะใช้คาราจีแนนเป็นสารเพิ่มความหนืด สารให้ความคงตัว และสารที่ก่อให้เกิดเจลในอาหาร ในขนมปังจากแป้งสาลีที่อบใหม่ๆนั้นคาราจีแนนสามารถลดการสูญเสียความชื้นระหว่างการเก็บรักษาได้ดี (ณัฐฐพร, 2552)

2.7.2.3 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose, CMC)

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสประเภทหนึ่งที่เกิดจากการปรับปรุงโครงสร้าง โดยหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในโครงสร้างของเซลลูโลสถูกแทนที่ด้วยหมู่คาร์บอกซีเมทิล (-OCH_2COOH) คาร์บอกซีเมลทิลเซลลูโลสมีลักษณะเป็นของแข็ง สีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นอันตราย ไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถละลายน้ำได้หากอยู่ในรูปของเกลือ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ผลิตในเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเกลือ เช่น เกลือโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Sodium carboxymethylcellulose salt) อาจมีชื่อเรียกว่า Cellulose gum หรือ Sodium cellulose glycolate จัดอยู่ในพวก Anionic cellulose ether คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ผลิตในเชิงการค้าโดยทั่วไปจะมีค่าองศาการแทนที่ประมาณ 0.4-1.5 ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ ในขณะที่คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีค่าองศาการแทนที่ 0.1-0.3 จะละลายน้ำได้ไม่ดี คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสแบ่งออกเป็นเกรดต่างๆ ตามการนำไปใช้ประโยชน์ซึ่งการแบ่งเกรดของ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสขึ้นกับค่าองศาการแทนที่ ความสม่ำเสมอของหมู่แทนที่ องศาการเกิดพอลิเมอร์และองศาความบริสุทธิ์ (ชามาศ, 2555)

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดที่ช่วยในการยึดเกาะและเป็นสารคงสภาพ สามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย อาทิใช้เป็นสารให้ความหนืดในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น

- อุตสาหกรรมอาหารและยา
- ใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเกรดที่มีความบริสุทธิ์สูงใส่ในไอศกรีม ช่วยในการคงรูปของไอศกรีม
- เป็นสารช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลในอาหารประเภทน้ำเชื่อม
- เป็นส่วนผสมในอาหารแห้งประเภทผงเพื่อช่วยในการละลายเป็นตัวประสาน
- เป็นสารปรับความหนืดในอาหารพวก เยลลี่ สังขยา และขนมพุดดิง
- สารป้องกันการเกิดคอลลอยด์ ช่วยให้อาหารจำพวกครีมไม่ตกตะกอนหรือแยกเป็นสองชั้นเมื่อเก็บไว้นาน เป็นส่วนผสมในการทำเค้ก เพื่อช่วยให้เค้กฟู และเก็บได้นาน
- อาหารลดความอ้วน (Low-calories food product) เนื่องจากร่างกายไม่สามารถย่อยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสได้
- สารข้นในยาประเภทครีมตัวประสานในยาเม็ด

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กัณต์ฐิตา และคณะ (2559) ได้ศึกษาเรื่องการปรับปรุงคุณภาพของคุกกี้ข้าวไรซ์เบอรี่ปลอดกลูเตนโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสคุกกี้ให้ดียิ่งขึ้นในด้านของการเกาะตัวของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ พบว่าการใช้สาร CMC ร่วมกับคาราจีแนนในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 จะส่งผลให้อัตราการแผ่ตัว และความแข็งของเนื้อสัมผัสของคุ้กกี้ข้าวไรซ์เบอร์รี่คล้ายกับคุ้กกี้แป้งสาลีมากที่สุด

ฐิติมาพร และวิภาวรรณ (2557) ได้ประยุกต์ใช้แป้งข้าวสังข์หยดในผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน โดยศึกษาปริมาณแป้งข้าวสังข์หยดที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาพบว่าขนมกลีบลำดวนที่สูตรที่ใช้แป้งสาลีและแป้งข้าวสังข์หยดที่อัตราส่วน 40:60 และ 60:40 มีคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วงชอบมากถึงมากที่สุด และได้คะแนนการยอมรับมากกว่าขนมกลีบลำดวนสูตรที่ใช้แป้งสาลีและแป้งข้าวสังข์หยดสูตรที่ใช้อัตราส่วน 80:20 20:80 และ 0:100

นันท์ชนก และคณะ (2556) ได้ศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีที่เหมาะสมในการทำขนมกลีบลำดวน พบว่า ค่า L* ของขนมกลีบลำดวนลดลง เมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของขนมกลีบลำดวนเพิ่มขึ้น ตามปริมาณการใช้แป้งข้าวกล้องในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น โดยค่าความแข็งของขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีในอัตราส่วน 30:70 และ 40:60 มีค่า 21.14 และ 21.73 N ตามลำดับ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินความชอบ พบว่า คะแนนความชอบด้านสีของขนมกลีบลำดวนลดลง เมื่อใช้อัตราส่วนแป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีเพิ่มขึ้น ในขณะที่คะแนนความชอบด้านกลิ่นเพิ่มขึ้น สำหรับความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกัน

อุทัยวรรณ (2555) ได้ศึกษาการใช้แป้งข้าวสีนิลทดแทนแป้งสาลีระดับร้อยละ 50-100 ต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของบัตเตอร์เค้ก พบว่า บัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสีนิลทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50-80 มีค่าความแน่นเนื้อ ความเหนียวคล้ายยาง และความยากในการเคี้ยวต่ำกว่าบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งสาลีล้วน และมีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมน้อยกว่าสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลีล้วน โดยระดับการทดแทนสูงสุดที่ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค คือร้อยละ 70 และที่ระดับการทดแทนร้อยละ 80-100 มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่าง โดยอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย

ณัฐฐพร (2552) ได้ศึกษาเรื่องการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในการป้องกันการเกิดสเตลิ่งของมาม่อนเค้ก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์ 4 ชนิด คือ กัวร์กัม แซนแทนกัม คาราจีแนน ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส ในการลดการเกิดสเตลิ่งของมาม่อนเค้ก ผลการศึกษาพบว่า ไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิดที่ศึกษามีผลทำให้มาม่อนเค้กมีการสูญเสียน้ำลดลง ทำให้ค่าความชื้นในขนมเค้กเพิ่มขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุเครื่องมืออุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 แป้งข้าวเหนียว (ตราช้างสามเศียร)

3.1.1.2 แป้งข้าวเจ้า (ตราช้างสามเศียร)

3.1.1.3 งาดำ (ตราไร่ทิพย์)

3.1.1.4 น้ำตาลไอซิ่ง (ตราลิน)

3.1.1.5 น้ำมันถั่วเหลือง (ตราองุ่น)

3.1.1.6 เกลือ (ตราปรุงทิพย์)

3.1.1.7 คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (CMC) (บริษัท ซีทีไอ แอนด์ ซายน์ จำกัด)

3.1.1.8 แซนแทนกัม (บริษัท ซีทีไอ แอนด์ ซายน์ จำกัด)

3.1.1.9 คาราจีแนน (บริษัท ซีทีไอ แอนด์ ซายน์ จำกัด)

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน

3.1.2.1 เครื่องตีแป้ง

3.1.2.2 ที่ร่อนแป้ง

3.1.2.3 เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง

3.1.2.4 เตาอบ

3.1.2.5 อ่างผสมสแตนเลส

3.1.2.6 พายพลาสติก

3.1.2.7 มีดกดขนมกลีบลำดวน

3.1.3 อุปกรณ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค

3.1.3.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – points hedonic scale) และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.1.3.2 ปากกา

3.1.3.3 แก้วน้ำ

3.1.4 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.1.4.1 เครื่องวัดสีด้วยเครื่อง Hunter lab รุ่น UltraScan PRO (USA)

3.1.4.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) Mode: TA-XT Plus หัววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 mm.

3.1.5 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.1.5.1 ชุดวิเคราะห์ปริมาณพลังงาน วิเคราะห์ตามวิธีการ NFI T 126 on Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993)

3.1.5.2 ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน วิเคราะห์ตามวิธีการ NFI In – House Method T 927 based on AOAC (2012)

3.1.5.3 ชุดวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต วิเคราะห์ตามวิธีการ NFI T 943 on Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993)

3.1.5.4 ชุดวิเคราะห์ไขมัน วิเคราะห์ตามวิธีการ NFI T 966 based on (AOAC, 2012)

3.1.5.5 ชุดวิเคราะห์ปริมาณเถ้า วิเคราะห์ตามวิธีการ (AOAC, 2012), 945.18

3.1.5.6 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ค่า Water Activity (a_w)

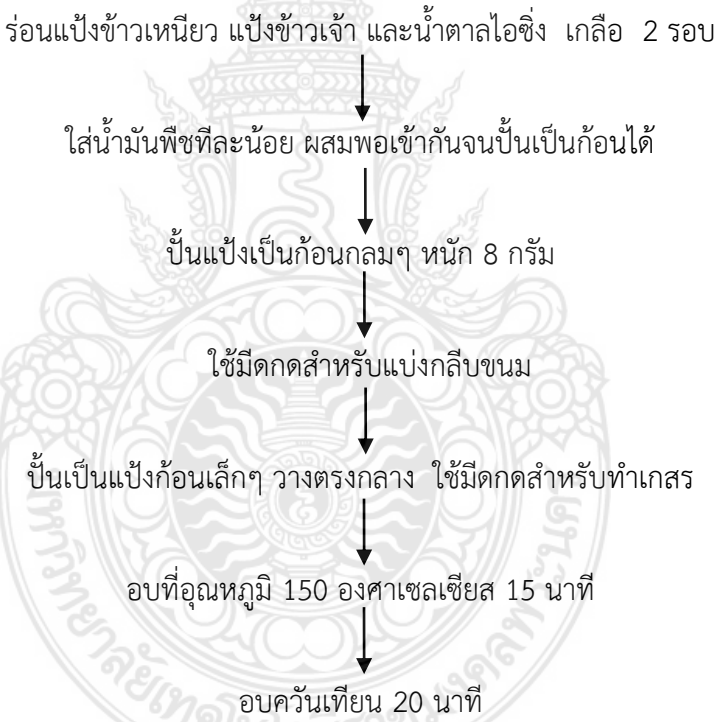
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 การศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมในการทำขนมกลีบลำดวน

ศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า 3 ระดับ คือ 20 : 80, 30 : 70 และ 40 : 60 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3.1 ให้ผู้ชิมจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นคณะครูอาจารย์ นักศึกษา ในอำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3.1 สูตรขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าต่างกัน

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1 (กรัม)	สูตรที่ 2 (กรัม)	สูตรที่ 3 (กรัม)
แป้งข้าวเหนียว	20	30	40
แป้งข้าวเจ้า	80	70	60
น้ำตาลไอซิ่ง	100	100	100
น้ำมันพืช	100	100	100
เกลือ	3	3	3



ภาพที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตขนมกลีบลำดวน

3.2.2 ศึกษาการเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน

ศึกษาผลของการปรับปรุงเนื้อสัมผัสขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนสูตรที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3.2.1 โดยใช้สาร 3 ชนิด เติมในสูตรขนมกลีบลำดวนในปริมาณร้อยละ 2 ของปริมาณแป้ง ได้แก่ คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (CMC) แซนแทนกัม และคาราจีแนน จากนั้นนำขนมที่ได้มาทดสอบคุณภาพ ได้แก่

3.2.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าสีของขนมกลีบลำดวนด้วยเครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab รุ่น UltraScan PRO, made in USA) เตรียมตัวอย่างโดยบดขนมกลีบลำดวนเป็นเนื้อเดียวกัน วางลงในเครื่องวัดค่าสี ปิดฝา กดวัดค่า โดยเครื่องแสดงค่าเป็น L* a* และ b* อ่านและบันทึกผลค่าที่วัดได้ ทำการวัดค่าตัวอย่างละ 10 ซ้ำ ค่าที่วัด ได้แก่ ค่า L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึงวัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a* (+ หมายถึงวัตถุมีสีแดง, - หมายถึงวัตถุมีสีเขียว) และ b* (+ หมายถึงวัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงิน)

- วัดค่า a_w ของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดค่า Water activity (เครื่อง Aqua Lab รุ่น 3TE) โดยนำตัวอย่างขนมกลีบลำดวน 1 ชิ้น บดใส่ในถ้วยตัวอย่าง นำตัวอย่างใส่ในช่องวัดค่า ปิดช่องใส่ตัวอย่าง จากนั้นหมุนสวิทช์ไปที่ตำแหน่ง READ รอจนเครื่องมีเสียงดัง อ่านค่า a_w ได้จากจอแสดงผล

- วัดค่าความแข็งของชิ้นขนมกลีบลำดวนด้วยเครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA-XT Plus) หัววัด P/2 (2 mm cylinder probe p/2) หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.0 มิลลิเมตรต่อนาที Pre-Test Speed 1.0 มิลลิเมตรต่อนาที Test speed 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที Post-Test Speed 10.0 มิลลิเมตรต่อนาที วัดค่าตัวอย่างละ 5 ซ้ำ บันทึกค่าความแข็ง

3.2.2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ให้ผู้ชิมจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นคณะครู อาจารย์ และนักศึกษา ในอำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.2.3 ศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการจากงาดำ

ศึกษาผลของปริมาณงาดำที่ผสมลงในสูตรขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนที่ได้จากข้อ 3.2.2 จำนวน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 20 และ 30 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด โดยควบคุมปริมาณส่วนผสมอื่นๆ เท่ากันทุกตัวอย่าง นำขนมกลีบลำดวนที่ได้มาทดสอบคุณภาพ ได้แก่

3.2.3.1 คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าสีของขนมกลีบลำดวนด้วยเครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab รุ่น UltraScan PRO, made in USA) เตรียมตัวอย่างโดยบดขนมกลีบลำดวนเป็นเนื้อเดียวกัน วางลงในเครื่องวัดค่าสี ปิดฝา กดวัดค่า โดยเครื่องแสดงค่าเป็น L* a* และ b* อ่านและบันทึกผลค่าที่วัดได้ ทำการวัดค่าตัวอย่างละ 10 ซ้ำ ค่าที่วัด ได้แก่ ค่า L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึงวัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a* (+ หมายถึงวัตถุมีสีแดง, - หมายถึงวัตถุมีสีเขียว) และ b* (+ หมายถึงวัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงิน)

- วัดค่า a_w ของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดค่า Water activity (เครื่อง Aqua Lab รุ่น 3TE) โดยนำตัวอย่างขนมกลีบลำดวน 1 ชิ้น บดใส่ในถ้วยตัวอย่าง นำตัวอย่างใส่ในช่องวัดค่าปิดช่องใส่ตัวอย่าง จากนั้นหมุนสวิทซ์ไปที่ตำแหน่ง READ รอจนเครื่องมีเสียงดัง อ่านค่า a_w ได้จากจอแสดงผล

- วัดค่าความแข็งของชิ้นขนมกลีบลำดวนด้วยเครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA-XT Plus) หัววัด P/2 (2 mm cylinder probe p/2) หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.0 มิลลิเมตรต่อนาที Pre-Test Speed 1.0 มิลลิเมตรต่อนาที Test speed 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที Post-Test Speed 10.0 มิลลิเมตรต่อนาที วัดค่าตัวอย่างละ 5 ซ้ำ บันทึกค่าความแข็ง

3.2.3.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ให้ผู้ชิมจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นคณะครู อาจารย์ นักศึกษา ในอำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ RCBD นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.2.3.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำ

นำขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำในปริมาณที่ศึกษาได้จากข้อ 3.2.3.2 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

3.2.4 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตนสูตรที่พัฒนาได้ โดยใช้วิธีการ Accidental Sampling วางแผนการทดลองการสุ่มแบบไม่เจาะจง ใช้กลุ่มผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 100 คน ทำการเก็บข้อมูล ณ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ และห้างสรรพสินค้าใน อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ โดยใช้แบบสอบถามซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของผู้บริโภค และส่วนที่ 2 ทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน และส่วนที่ 3 ข้อมูลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน จากนั้นทำการเก็บข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ผลค่าเฉลี่ยและคำนวณร้อยละ เพื่อศึกษาทัศนคติและสรุปการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และความเป็นไปได้ในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตนสูตรต่อไป โดยมีการวิเคราะห์ผลข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของผู้บริโภค และระดับความสำคัญที่ให้กับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตนเป็น 5 ระดับ และแปรผลระดับความสำคัญโดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Likert's Scale) แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ในการแปลความหมายของคะแนนดังนี้

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80 ระดับความสำคัญ น้อยที่สุด
1.81 – 2.60 ระดับความสำคัญ น้อย
2.61 – 3.40 ระดับความสำคัญ ปานกลาง
3.41 - 4.20 ระดับความสำคัญ มาก
4.21 – 5.00 ระดับความสำคัญ มากที่สุด

ระยะเวลาทำการทดลอง

ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่ 1 สิงหาคม 2559 – 31 กรกฎาคม 2560

สถานที่ทำการทดลอง

- ห้องปฏิบัติการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, สถาบันอาหาร
- ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ณ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมในการทำขนมกลีบลำดวน

จากการศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า จำนวน 3 สูตร (ภาคผนวก ก) เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ชิม โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) ผลทดสอบชิมแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คะแนนความชอบขนมกลีบลำดวนที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้าต่างกัน

	อัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้า		
คุณลักษณะ	**20 : 80**	**30 : 70**	**40 : 60**
สี^{ns}	6.56±0.73	6.48±0.84	6.36±1.03
กลิ่น^{ns}	6.64±0.63	6.62±0.70	6.56±0.79
รสชาติ	6.02±1.04^{b}	6.10±0.86^{b}	6.64±1.14^{a}
เนื้อสัมผัส (ความร่วน)	5.64±0.90^{b}	5.60±0.97^{b}	7.02±1.06^{a}
ความชอบโดยรวม	6.30±1.00^{b}	6.28±0.86^{b}	7.20±1.03^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับขนมกลีบลำดวนที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้า ที่ระดับ 40 : 60 สูงที่สุด ในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส (ความร่วน) และความชอบโดยรวม โดยได้คะแนนเฉลี่ย 6.36, 6.56, 6.64, 7.02 และ 7.20 ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะด้านสี และกลิ่นของขนมกลีบลำดวนทั้ง 3 สูตร มีคะแนนการยอมรับ

ไม่ต่างกัน ($p>0.05$) จากผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้บริโภคให้การยอมรับในอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 40 : 60 มากกว่าระดับ 30 : 70 และ 20 : 80 อัตราส่วนที่มีปริมาณแป้งข้าวเจ้ามากกว่าแป้งข้าวเหนียว เนื้อสัมผัสของขนมจะร่วนและกระด้างเกินไปจนปั้นก้อนได้ยากและภายหลังการอบ เนื้อขนมกลีบลำดวนจะเปราะ แตกง่ายมาก

นอกจากนี้ในการศึกษาเบื้องต้นได้ทดลองเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเหนียวให้มากกว่าแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วน 60 : 40 และ 80 : 20 (ไม่แสดงผลการทดลอง) พบว่าเนื้อแป้งผสมที่ได้จะเหนียวเกินไปจนไม่สามารถปั้นก้อนได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของปิยาภรณ์ (2554) ที่ได้ศึกษาสมบัติของแป้งข้าวผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวกับแป้งข้าวหอมมะลิในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้ก พบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวเพิ่มขึ้น มีผลให้ค่าดัชนีปริมาตรและปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งของบัตเตอร์เค้กลดลง เป็นผลจากปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในปังข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าที่ต่างกัน โดยแป้งข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลสน้อยมากในขณะที่แป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลสมากกว่า ยิ่งมีปริมาณอะไมโลสมากทำให้ข้าวเจ้ามีลักษณะแข็งและร่วน ส่วนข้าวเหนียวซึ่งทีอะไมโลสน้อยแต่มีปริมาณอะไมโลเพคตินมากกว่าแป้งข้าวเจ้า ทำให้ลักษณะของข้าวเหนียวเมื่อหุงสุกแล้วจะเหนียวและเกาะตัวกันมากกว่า (พรรณทิพา, 2555) ดังนั้นเมื่อแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าผสมกันในอัตราส่วนใกล้เคียงกันที่ 40 : 60 เนื้อสัมผัสจะมีลักษณะร่วนพอเหมาะสำหรับการปั้นก้อน ไม่เหนียวติดมือและยังเกาะรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี ทำให้การปั้นก้อนทำได้ง่ายกว่า และได้รับการยอมรับมากกว่าแป้งที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้าที่ 30 : 70 และ 20 : 80 อย่างไรก็ตาม เนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนที่ได้ยังไม่ใกล้เคียงกับขนมกลีบลำดวนสูตรแป้งสาลี จึงต้องปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนให้ได้รับการยอมรับมากขึ้นในขั้นตอนต่อไป

4.2 ผลการศึกษาการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน

จากการศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้า พบว่าอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 40 : 60 เป็นสูตรที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุด แต่เนื่องจากเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนยังไม่ใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐาน จึงนำสูตรที่ได้มาศึกษาชนิดของสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนที่เหมาะสม โดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (CMC) คาราจีแนน และแซนแทนกัม เติมในสูตรขนมกลีบลำดวนในปริมาณร้อยละ 2 ของปริมาณแป้ง เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งปราศจากกลูเตน การปั้นก้อน การเกาะตัวรวมกันและความคงตัวของกลีบลำดวนให้ใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐาน หลังจากนั้นนำขนมกลีบลำดวนไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผลวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางกายภาพของขนมกลีบลำดวนสูตรพื้นฐาน และสูตรที่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส 3 ชนิด

คุณลักษณะ	ค่าคุณภาพ			
	สูตรพื้นฐาน	คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส	แซนแทนกัม	คาราจีแนน
ค่าสี L*	71.88±1.18^{b}	72.20±0.80^{a}	72.75±0.57^{a}	72.31±0.24^{a}
ค่าสี a^{ns}	3.41±0.80	3.29±0.76	3.27±0.19	3.25±0.24
ค่าสี b*	13.10±1.02^{a}	13.62±0.33^{a}	12.41±0.29^{b}	12.59±0.32^{b}
ค่า a_w	0.16±0.05^{a}	0.10±0.01^{c}	0.06±0.01^{d}	0.14±0.02^{b}
ค่าความแข็ง(กรัมแรง)	657.99±28.40^{a}	527.37±29.40^{c}	643.83±30.27^{a}	618.37±30.67^{b}

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.3 คะแนนความชอบของขนมกลีบลำดวนที่ใช้สารปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสต่างกัน

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ			
	สูตรพื้นฐาน	คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส	แซนแทนกัม	คาราจีแนน
สี^{ns}	6.97±0.85	6.80±0.61	6.83±0.65	6.70±0.54
กลิ่น	6.63±0.70^{ab}	6.83±0.79^{a}	6.97±0.77^{a}	6.40±0.62^{b}
รสชาติ^{ns}	6.73±0.83	6.77±0.73	6.73±0.64	6.73±0.94
ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความร่วน)	6.40±0.62^{ab}	6.20±0.81^{ab}	6.53±0.51^{a}	6.07±0.69^{b}
ความชอบโดยรวม	6.50±0.51^{b}	6.87±0.73^{a}	6.90±0.61^{a}	6.37±0.49^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของขนมกลีบลำดวนสูตรพื้นฐาน และสูตรที่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส 3 ชนิด คือคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (CMC) แซนแทนกัม และคาราจีแนน พบว่าค่า L* ของขนมกลีบลำดวนสูตรที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าความสว่างมากกว่าสูตรพื้นฐาน ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่า a* ของขนมกลีบลำดวนที่ใช้สารปรับปรุง

เนื้อสัมผัสทั้ง 3 สูตร และสูตรพื้นฐานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีผลทำให้ค่าสี b* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ใช้แซนแทนกัมและคาราจีแนนมีความเป็นสีเหลืองน้อยกว่าสูตรพื้นฐาน ($p \leq 0.05$)

ค่า water activity (a_w) ของขนมกลีบลำดวนทั้ง 4 สูตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยค่า a_w ของขนมกลีบลำดวนสูตรพื้นฐานมีค่าสูงสุดที่ 0.16 ในขณะที่สูตรที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ ชนิดคาราจีแนน CMC มีค่าน้อยกว่า และสูตรที่ใช้แซนแทนกัมมีค่า 0.06 ซึ่งน้อยที่สุด ในขณะที่ค่าความแข็งของขนมกลีบลำดวนจากการวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส สูตรที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสมีค่าน้อยกว่าค่าความแข็งของขนมกลีบลำดวนสูตรพื้นฐาน ไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติในการจับกับน้ำทำให้โมเลกุลของน้ำบางส่วนไม่เคลื่อนที่ ส่วนที่ถูกจับไว้ในไฮโดร คอลลอยด์ก็จะไม่หลุดออกมา จึงเป็นการช่วยลดอัตราการระเหยของน้ำทำให้ผลิตภัณฑ์ชุ่มฉ่ำ ไม่แห้ง แข็ง กระด้าง แต่การที่สูตรที่เติมแซนแทนกัม มีค่าความแข็งไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สูตรที่เติมคาราจีแนนและ CMC มีค่าความแข็งน้อยกว่าเป็นเพราะคุณสมบัติการอุ้มน้ำของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดไม่เท่ากัน จากรายงานของณัฐธิดา (2555) ซึ่งได้ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์และความชื้นของส่วนผสมต่อคุณภาพของอาหารเช้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก พบว่าแซนแทนกัมส่งผลให้ค่าความแข็งและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น สารไฮโดรคอลลอยด์มีโครงสร้างโพลิเมอร์แบบเชิงเส้น เมื่อละลายน้ำหรือกระจายตัวจะให้ความหนืดสูง เกิดเจลได้ง่าย จึงใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบเพื่อเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัว ปรับปรุงเนื้อสัมผัส ช่วยให้อาหารขึ้นรูปได้ (Gómez *et al*., 2007; Sciarni *et al*., 2010) กัณต์ฐิตา (2559) ได้ใช้สาร ไฮโดรคอลลอยด์ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของคุกกี้ข้าวไรซ์เบอรี่ เพราะลักษณะของคุกกี้ข้าวไรซ์เบอรี่จะมีความร่วนมากกว่าคุกกี้ที่ทำจากแป้งข้าวสาลี ทั้งนี้เนื่องจากแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีปริมาณกลูเตนที่น้อยกว่าแป้งสาลี และด้วยลักษณะของการเกาะตัวกันเป็นโครงสร้างของกลูเตนในคุกกี้แป้งสาลีที่มีโครงสร้างแข็งแรง ทำให้เนื้อยึดเกาะกันได้ดีกว่า

จากตารางที่ 4.3 ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบขนมกลีบลำดวนในคุณลักษณะด้านสี และรสชาติของขนมกลีบลำดวนทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่คะแนนความชอบของสูตรพื้นฐาน สูตรที่เติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส แซนแทนกัม และคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสไม่แตกต่างกันในด้าน กลิ่น และเนื้อสัมผัส(ความร่วน) แต่สูตรที่ใช้แซนแทนกัม และคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) จากการสังเกตลักษณะของส่วนผสม เมื่อปั้นและขึ้นรูปขนมกลีบลำดวนก่อนนำไปอบ สูตรที่ใช้แซนแทนกัมจะปั้นง่ายและส่วนผสมเกาะตัวกันดีที่สุด ทำให้สะดวกในการขึ้นรูปขนมมากกว่าสูตรอื่นๆ ประกอบกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส สูตรที่ใช้แซนแทนกัมได้รับคะแนนสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ใช้แซนแทนกัมไปศึกษาในขั้นต่อไป

4.3 ผลการศึกษาปริมาณงาดำที่เสริมลงในสูตรขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน

จากการศึกษาการเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวน ปราศจากกลูเตน พบว่าสูตรที่ใช้แซนแทนกัม เป็นสูตรเหมาะสมมากที่สุดจึงนำสูตรขนมกลีบลำดวนที่พัฒนาได้มาศึกษาปริมาณงาดำที่ผสมลงในสูตรขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน จำนวน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 20 และ 30 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แสดงดังตารางที่ 4.5

ร้อยละ 10 ร้อยละ 20 ร้อยละ 30

ภาพที่ 4.1 ลักษณะของขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำทั้ง 3 ระดับ

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางกายภาพของขนมกลีบลำดวนที่เสริมงาดำปริมาณต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณการเสริมงาดำ (ร้อยละ)		
	10	20	30
ค่าสี L*^{ns}	68.35±0.45	68.83±0.16	68.56±0.34
ค่าสี a*	0.09±0.61^{b}	0.09±0.28^{b}	1.22±0.28^{a}
ค่าสี b*	7.22±0.60^{a}	6.97±0.26^{b}	5.78±0.42^{c}
ค่า a_w	0.17±0.00^{a}	0.13±0.00^{b}	0.13±0.00^{b}
ค่าความแข็ง(กรัมแรง)	561.37±15.85^{a}	436.85±27.44^{b}	353.61±21.98^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ของขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำ พบว่าค่า L* ของขนมกลีบลำดวนที่เสริมงาดำทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่มีผลทำให้ค่าสี a* และ b* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยการเพิ่มงาดำปริมาณมากขึ้นมีผลให้ค่า a* เพิ่มขึ้น และค่า b* ลดลง จากภาพที่ 4.1 เมื่อปริมาณงาดำมากขึ้น จะมองเห็นจุดสีดำในเนื้อขนมกลีบลำดวนมากขึ้น แต่ในการวัดค่าสีจะทำการบดชิ้นตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกันดังนั้น เมื่อไปวัดค่าสี ค่า L* ของทั้ง 3 ตัวอย่างจึงไม่แตกต่างกัน ส่วนค่า a_w และค่าความแข็งของขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยปริมาณงาดำยิ่งมากขึ้นมีผลให้ทั้งค่าความแข็ง และค่า a_w ลดลง ($p\leq0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณงาดำที่มากขึ้นจะไปขัดขวางการยึดเกาะกันของส่วนผสมที่เป็นแป้ง ทำให้ขนมกลีบลำดวนแตกหักและเปราะมากขึ้น ประกอบกับงาดำมีไขมันปริมาณสูง การเพิ่มปริมาณงาดำจึงทำให้เนื้อขนมนิ่ม ค่าความแข็งจากการวัดค่าแรงที่ทำให้เนื้อขนมแตกจึงลดลง และการมีงาดำไปขัดขวางการยึดเกาะกันของแป้งทำให้ไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ เมื่อนำขนมไปอบจึงสูญเสียน้ำได้ง่าย ค่า a_w จึงลดลงเช่นกัน

ตารางที่ 4.5 คะแนนความชอบของขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30

คุณลักษณะ	ปริมาณการเสริมงาดำ (ร้อยละ)		
	10	20	30
สี	6.70 ± 0.60^{b}	6.97 ± 0.89^{a}	6.60 ± 0.62^{b}
กลิ่น	6.70 ± 0.79^{b}	7.20 ± 0.96^{a}	7.10 ± 0.80^{ab}
รสชาติ^{ns}	7.13 ± 0.82	7.27 ± 0.98	7.20 ± 0.85
เนื้อสัมผัส(ความร่วน)	7.00 ± 0.79^{a}	7.20 ± 0.71^{a}	6.50 ± 0.57^{b}
ความชอบโดยรวม	6.57 ± 0.63^{b}	7.13 ± 0.86^{a}	6.43 ± 0.57^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับปริมาณงาดำที่ผสมลงในขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนร้อยละ 20 สูงสุด ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส(ความร่วน) และความชอบโดยรวม โดยได้คะแนนเฉลี่ย 6.97, 7.20, 7.27, 7.20 และ 7.13 ตามลำดับ

ซึ่งแตกต่างกับสูตรที่เสริมงาดำร้อยละ 10 และร้อยละ 30 ในทุกคุณลักษณะ ยกเว้นการยอมรับในด้านรสชาติของขนมกลีบลำดวนที่เติมงาดำทั้ง 3 ระดับไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) จากผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในปริมาณงาดำร้อยละ 20 มีการยอมรับมากกว่าร้อยละ 30 ด้วยเหตุที่ปริมาณงาดำมากขึ้นทำให้เนื้อสัมผัสเปราะไม่เกาะตัว ผู้ทดสอบชิมจึงยอมรับน้อยกว่า ส่วนการเสริมงาดำร้อยละ 10 ได้รับคะแนนความชอบน้อยกว่า อาจเป็นเพราะลักษณะผู้ทดสอบชิมรู้สึกว่าขนมกลีบลำดวนที่เสริมงาดำร้อยละ 10 ไม่แตกต่างจากขนมกลีบลำดวนสูตรพื้นฐานมากนัก และรู้สึกว่าเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนแข็งและแน่นเกินไป ดังนั้นจึงนำขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำร้อยละ 20 ที่ได้ไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมีต่อไป ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบทางเคมีของขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำร้อยละ 20

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
คาร์โบไฮเดรต	63.69
ไขมัน	31.19
โปรตีน	3.01
ความชื้น	1.16
เถ้า	0.95

จากตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำในปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน เถ้า ไขมัน และความชื้นร้อยละ 63.69 3.01 0.95 31.19 และ1.16 กรัม ตามลำดับ

4.4 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตนสูตรที่พัฒนาได้ โดยใช้วิธีการ Accidental Sampling การวางแผนการทดลองการสุ่มแบบไม่เจาะจง สำหรับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 100 คน เป็นกลุ่มคณะครู อาจารย์ และนักศึกษา โดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาลักษณะ

ทางด้านประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค แสดงดังตารางที่ 4.7 ข้อมูลเชิงพฤติกรรม และทัศนคติเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน แสดงดังตารางที่ 4.8 และข้อมูลด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.7 ลักษณะทางด้านประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค

n = 100

ลักษณะทางประชากร	**กลุ่ม**	**ร้อยละ**
เพศ	ชาย	29
	หญิง	71
อายุ (ปี)	15-24	46
	25-34	28
	35-44	14
	45-54	9
	55 ปี ขึ้นไป	3
ระดับการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น	7
	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	31
	อนุปริญญา/ปวส.	8
	ปริญญาตรี	34
	สูงกว่าปริญญาตรี	20
	อื่นๆ	0
อาชีพ	นักเรียน / นักศึกษา	44
	ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ	30
	พนักงานบริษัทเอกชน	5
	รับจ้างทั่วไป	5
	ธุรกิจส่วนตัว	9
	อื่นๆ	7

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

n = 100

ลักษณะทางประชากร	กลุ่ม	ร้อยละ
รายได้ต่อเดือน (บาท)	ต่ำกว่า 5,000	39
	5,001-10,000	13
	10,001-15,000	18
	15,001-20,000	7
	20,001-25,000	9
	สูงกว่า 25,000	14

ผู้บริโภคเป็นเพศหญิงร้อยละ 71 เพศชาย ร้อยละ 29 โดยเป็นผู้ทดสอบที่มีช่วงอายุระหว่าง 15-24 ปี คิดเป็นร้อยละ 46 ระดับการศึกษาส่วนใหญ่ศึกษาในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 34 การประกอบอาชีพส่วนใหญ่นั้นผู้ทดสอบเป็นนักเรียน / นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 44 โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่ำกว่า 5,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 39

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลเชิงพฤติกรรม และทัศนคติเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน

n = 100

ปัจจัย		ร้อยละ
ความสนใจต่อผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน		5
ไม่รู้จัก ไม่เคยรับประทาน		8
รู้จัก แต่ไม่เคยรับประทาน		87
ความถี่ในการรับประทานผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน		
2-3 ครั้ง / สัปดาห์		4
3-4 ครั้ง / สัปดาห์		14
1-3 ครั้ง / สัปดาห์		27
น้อยกว่า 1 ครั้ง / เดือน		55
ปัจจัยในการเลือกซื้อขนมกลีบลำดวน		
สี	3.56±0.65	มาก

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

n = 100

ปัจจัย		ร้อยละ
กลิ่น	3.93±0.69	มาก
รสชาติ	4.14±0.67	มากที่สุด
คุณค่าทางโภชนาการ	4.25±0.76	มากที่สุด
ฉลาก	3.91±0.70	มาก
ราคา	3.96±0.67	มาก
ความสะดวกในการซื้อ	3.68±0.73	มาก

ผู้บริโภคส่วนใหญ่สนใจและเคยรับประทานขนมกลีบลำดวน คิดเป็นร้อยละ 87 สำหรับความถี่ในการขนมกลีบลำดวน ผู้บริโภคส่วนใหญ่รับประทานน้อยกว่า 1 ครั้ง/ เดือน คิดเป็นร้อยละ 55 รับประทาน 1 ครั้ง / เดือน คิดเป็นร้อยละ 27

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของระดับความสำคัญจากทุกกลุ่มประชากร พบว่ากลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญเกี่ยวกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตนในระดับมากที่สุดใน 2 ด้าน ได้แก่ ด้านรสชาติได้คะแนนเฉลี่ย 4.14±0.67 กับในด้านคุณค่าทางโภชนาการมีคะแนนเฉลี่ย 4.25±0.76 รองลงมาให้ความสำคัญในระดับมาก ได้แก่ลักษณะด้านสี กลิ่น ฉลาก ราคาและความสะดวกในการซื้อผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลที่ได้แสดงว่าในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มประชากรทั่วไปต้องคำนึงถึงรสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์มากที่สุด

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนเสริมงาดำ

n=100

ปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
ความรู้สึกต่อผลิตภัณฑ์		
ไม่ชอบมาก	-	0
ไม่ชอบ	-	0
เฉยๆ	-	12
ชอบ	-	73
ชอบมาก	-	15
การยอมรับผลิตภัณฑ์		
ยอมรับ	-	99
ไม่ยอมรับ	-	1
เหตุผลที่ยอมรับผลิตภัณฑ์ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
สีสวย รูปลักษณ์ดี	11	6.4
กลิ่นหอมน่ารับประทาน	43	24.9
รสชาติดี มีความอร่อย	54	31.2
มีประโยชน์ต่อร่างกาย	8	4.6
ภาชนะบรรจุ/ฉลาก สวยงามเหมาะสม	22	12.7
มีความแปลกใหม่ น่าสนใจ	35	20.2
รวม	173	100.0
การยอมรับซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 60 บาท		
สนใจ	-	99
ไม่สนใจ	-	1

ในด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนงาดำปราศจากกลูเตนเกี่ยวกับความรู้สึกต่อผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 73 มีความรู้สึกชอบ และร้อยละ 15 รู้สึกชอบมาก ผู้บริโภคร้อยละ 99 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ ซึ่งเหตุผลในการยอมรับ เนื่องจากกลิ่นหอมน่ารับประทาน สอดคล้องกับระดับการให้ความสำคัญเกี่ยวกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ในตารางที่ 4.8 เมื่อสอบถามถึงการยอมรับซื้อผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริม

งาดำปราศจากกลูเตน ราคากล่องละ 60 บาท ในขนาดบรรจุ 170 กรัม ส่วนราคาต้นทุนของการผลิตขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน ต้นทุนกล่องละ 26.03 บาท (ภาคผนวก ก)

ทั้งนี้อีกทางเลือกหนึ่งที่อาจช่วยให้ผู้บริโภคยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์มากขึ้น คือการประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคทราบถึงความสำคัญของแป้งข้าวที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีได้ และไม่ใช่เฉพาะผู้บริโภคที่แพ้กลูเตนแต่เหมาะสำหรับผู้บริโภคทั่วไปสามารถรับประทานได้เช่นกัน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 การศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมในการทำขนมกลีบลำดวน

ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับขนมกลีบลำดวนที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า ร้อยละ 40:60 สูงที่สุดในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส (ความร่วน) และความชอบโดยรวม

5.1.2 การศึกษาการเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวน ปราศจากกลูเตน

การเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส ได้แก่ คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (CMC) คาราจีแนน และแซนแทนกัม ของขนมกลีบลำดวน ปราศจากกลูเตน ในปริมาณร้อยละ 2 ของแป้ง พบว่าค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับขนมกลีบลำดวนที่เติม แซนแทนกัม สูงที่สุดในด้าน กลิ่น เนื้อสัมผัส(ความร่วน) และความชอบโดยรวม

5.1.3 การศึกษาปริมาณงาดำที่ผสมลงในสูตรขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน

ปริมาณงาดำร้อยละ 20 ที่ผสมลงในสูตรขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส(ความร่วน) และความชอบโดยรวม มีผลให้คะแนนความชอบต่างกัน ขนมกลีบลำดวนที่เสริมงาดำทั้ง 3 สูตร มีผลทำให้ค่าสี a* และ b* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มงาดำปริมาณมากขึ้นมีผลให้ค่า a* เพิ่มขึ้น และค่า b* ลดลง โดยยิ่งปริมาณงาดำมากขึ้นมีผลให้ค่าความแข็ง และค่า a_w ลดลง ($p \leq 0.05$) ขนมกลีบลำดวนมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน เถ้า ไขมัน และความชื้นร้อยละ 63.69 3.01 0.95 31.19 และ 1.16 กรัม ตามลำดับ

5.1.4 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมกลีบลำดวนงาดำปราศจากกลูเตน

ผู้ทดสอบชิมจำนวน 100 คน ให้ความสำคัญเกี่ยวกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตนในระดับมากที่สุดใน 2 ด้าน ได้แก่รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้น ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตนเพื่อให้

ตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มประชากรทั่วไปต้องคำนึงถึงรสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์มากที่สุด และสนใจซื้อขนมกลีบลำดวนในราคา 60 บาท/กล่องบรรจุ 170

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของขนมกลีบลำดวนให้สูงขึ้น เช่น เพิ่มเยื่อใยในขนมกลีบลำดวน

5.2.2 ในการทำขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนเสริมงาดำอาจใช้แป้งงาดำแทน เนื่องจากเนื้อแป้งไม่ละเอียด

5.2.2 ควรมีการศึกษาการนำงาดำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ทำจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าเพื่อทดแทนแป้งสาลี

5.2.3 จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าขนมกลีบลำดวนที่เติมงาดำมีค่าคะแนนในเรื่องสีน้อย เนื่องจากสีของงาดำเป็นสีดำ จึงทำให้ผู้บริโภคให้ค่าคะแนนความชอบต่ำ ดังนั้นหากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไปอาจใช้งาดำในลักษณะบดละเอียด หรือแป้งงาดำ เพื่อให้สีกลมกลืนกับแป้ง ซึ่งส่งผลให้มีคะแนนในเรื่องความชอบของสีเพิ่มมากขึ้น

5.2.4 ควรมีการพัฒนาปรับปรุงเนื้อสัมผัส โดยศึกษาแป้งชนิดอื่นๆ ได้ เช่น ผสมแป้งมัน แป้งข้าวโพด เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กระยาทิพย์ เรือนใจ. 2537. **ปั้นแต่งขนมไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 1. ต้นธรรม, กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กัณต์ฐิตา วริศรา และ พนิดา รัตนปิติกรณ์. 2559. **การปรับปรุงคุณภาพของคุกกี้ข้าวไรซ์เบอรี่ปลอดกลูเตนโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์.** แผนงานพิเศษปริญญาตรี. (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กิจติยา แคดี, บรรณาธิการ. 2557. **ขนมไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 1. แม่บ้าน. กรุงเทพฯ.

จิระนาถ รุ่งช่วง. 2556. **ผลของแป้งปราศจากกลูเตนบางชนิดต่อคุณภาพของคุกกี้ปราศจากกลูเตน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร). คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชามาศ มินสาคร. 2555. **การเตรียมและพฤติกรรมการบวมตัวของไฮโดรเจลจากโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส/โซเดียมอัลจิเนต/กัวร์กัม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์). คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชูเกียรติ กิจคุณาเสถียร. 2550. **อิทธิพลของเกลือ น้ำตาลความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในการทำให้สุกต่อสมบัติความหนืดของแป้งเปียกจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังดัดแปร.** คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยสิทธิ์ สนิทกลาง. 2553. **คุณสมบัติของแป้งข้าวเหนียวดัดแปรด้วยเทคนิคไมโครเวฟร่วมกับกรดอะซิติก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม). คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฐิติมาพร หนูเนียม และวิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์. 2557. **การประยุกต์ใช้แป้งข้าวสังข์หยดในผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน**. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ณัฐธิดา มหาชัยราชัน. 2555. **การพัฒนาอาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร). คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ณัฐฐพร สุบรรณมณี. 2552**. การใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในการป้องกันการเกิดสเตลิ่งของมาม่อนเค้ก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร). คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ณัฐณาดา ตั้งสกุล. 2557. **ผลของอนุภาคเม็ดแป้งต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้าและคุณภาพของขนมปังขาวปราศจากกลูเตน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ดงละดอน. 2557. **ขนมกลีบลำดวน ๑ ในตำนานขนมมงคลไทย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.oknation.net/mblog/entry.php?id=929020, 15 กันยายน 2559.

ดุลจิรา สุขบุญญสถิตย์, บุษยา เรืองศักดิ์, วาทิตย์ ศรีทอง และ โสภิดา เชื้อขุดทด. 2560. “ผลของการใช้แป้งมันเทศทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะของคุกกี้.” **แก่นเกษตร.** 45, ฉบับพิเศษ 1: 1060-1065.

ธนิษฐา พัฒนากิจจำรูญ และ นภาพันธ์ โชคอำนวยการ. 2549. **การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากงา.** แผนงานพิเศษปริญญาตรี. (สาขาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์). คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธิดารัตน์ เปรมประสพโชค, ปภาวรินท์ คิงวิ และ ปณัฐชา ชื่นจิต. 2557. “**ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสีนิลต่อคุณภาพด้านกายภาพและประสาทสัมผัสของเค้กแครอทงาดำ.**” รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 52 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 4-7 กุมภาพันธ์ 2557. เล่มที่ 6: 311-318.

นราธิป ปุณเกษม. 2556. “ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อสเตลิงในขนมปัง.” **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม.** 8, 1: 12-20.

นัชนา รัตนากรโกวิท. 2551. **ผลของส่วนผสมต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วมังสวิรัติ.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท. (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นันท์ชนก นันทะไชย, สุกัญญา มะหะหมัด และ ขนิษฐา จงสุขกลาง. 2556. “การศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน.” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 44, 2 (พิเศษ): 93-96.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

นันทิยา ณาญสุภาพ. 2550. **ผลของแซนแทนกัมและขมิ้นชันผงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แกงเขียวหวานไก่แช่แข็ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล. 2554. **การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวกับแป้งข้าวหอมมะลิและการนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้ก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. (ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พะนอจิต ซองศิริ. 2543. **การใช้แคปปาคาราจีแนนโซเดียมอัลจิเนตและแซนแทนกัมในกุนเชียงไขมันต่ำ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรรณทิพา เจริญไทยกิจ. 2555. การพัฒนาขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวเหนียว. คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พรรัตน์ สินชัยพานิช, กุลรภัส บุตรพงษ์ และ ศศพินทุ์ ดิษนิล. ม.ป.ท. “**ผลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในบราวนี:เนื้อสัมผัสและลักษณะคุณภาพ.**” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://journal.rmutto.ac.th/template/design/file_article/article.273pdf, 15 กันยายน 2559.

ราชันย์ อำพันทอง. 2556. **ขนมปังหวานเสริมเนื้อตาลสุก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาคหกรรมศาสตร์). คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

เรณุกา (นามแฝง). 2555. **ลำดวน ดอกไม้นี้มีความหมาย ดอกไม้สัญลักษณ์ผู้สูงอายุ.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.manager.co.th/Dhamma/ViewNews.aspx? 15 กันยายน 2559.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2556. **โครงการรณรงค์ขนมปังที่แท้จริง: อย่าค้นหาสารทดแทนข้าวสาลีที่สมบูรณ์แบบในผลิตภัณฑ์ข น ม ปั ง .** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.ifrpd - foodallergy.com - /index.php/th/news /195-let-s-not-search-for-the-perfect-miracle-gluten-free-substitute-real-bread-campaign, 20 สิงหาคม 2560.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุนทร ฟักเฟื่อง. 2544. **การใช้เจลจากแป้งบุกและแซนแทนกัมทดแทนมันแข็งสุกรในสูตรการผลิตหมูยอ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสาวภรณ์ วังวรรธนะ. 2537. **ขนมไทย ของหวาน-ของว่าง 108 ชนิด.** ส่งเสริมอาชีพ OTOP. กรุงเทพฯ.

หทัยชนก นพจรูญศรี. 2554. **ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและแคปปา-คาราจีแนนต่อการตกผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมนม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อภิญญา เจริญกูล. 2556. “ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกต่อคุณภาพของมัฟฟิน.” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 44, 2 (พิเศษ) : 237-240.

อุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์. 2555. **การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลในผลิตภัณฑ์เค้ก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อบเชย วงศ์ทอง และ ขนิษฐา พูนผลกุล. 2555. **หลักการประกอบอาหาร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th**. Gaithersgurg, MD, USA.

Gómez, M., Ronda, F., Caballero, P. O., Blanco, C. A., and Rosell, C. 2007. “Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cake.” **Food Hydrocolloids**. 21: 167-173.

Sciarni, L. S., Ribotta, P. D., Leon, A. E. and Perez, G. T. 2010. “Effect of hydrocolloids on glutenfree batter properties and bread quality.” **Journal of Food and Technology.** 45: 2360-2312.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สูตรขนมกลีบลำดวน (สูตรพื้นฐาน)
สูตรขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ภาคผนวก ค วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ภาคผนวก ง แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ก
สูตรขนมกลีบลำดวน (สูตรพื้นฐาน)
สูตรขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน

สูตรขนมกลีบลำดวน (สูตรพื้นฐาน)

ส่วนผสม

แป้งสาลี	100	กรัม
น้ำตาลไอซิ่ง	100	กรัม
น้ำมันพืช	100	กรัม
เกลือ	3	กรัม

วิธีทำ

1. ร่อนแป้ง น้ำตาลไอซิ่ง และเกลือใส่ภาชนะ 2 รอบ
2. ใส่น้ำมันพืชทีละน้อย เคล้าเบาๆ พอเข้ากัน จนแป้งเป็นก้อนพอปั้นได้
3. ปั้นเป็นแป้งก้อนกลมๆ หนัก 8 กรัม
4. ใช้มีดกดสำหรับแบ่งกลีบขนม
5. ปั้นเป็นแป้งก้อนเล็กๆ วางตรงกลาง ใช้มีดกดสำหรับทำเกสร
6. เรียงใส่ถาดที่ นำเข้าอบอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส 15 นาที หรือจนก้นเหลือง นำออกจากเตาอบพักไว้ให้เย็น
7. อบควันเทียน 20 นาที

สูตรขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน

สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวน

ส่วนผสม

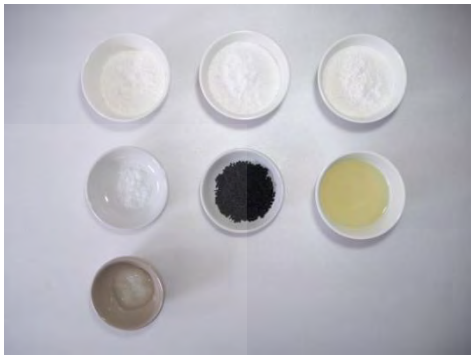
แป้งข้าวเหนียว	40	กรัม
แป้งข้าวเจ้า	60	กรัม
แซนแทนกัม	2	กรัม
งาดำ	20	กรัม
น้ำตาลไอซิ่ง	100	กรัม
น้ำมันพืช	100	กรัม
เกลือ	3	กรัม
น้ำเปล่า	20	กรัม

วิธีทำ

2. ร่อนแป้ง น้ำตาลไอซิ่ง และเกลือใส่ภาชนะ 2 รอบ
3. ใส่งาดำ
4. ใส่แซนแทนกัมที่ผสมน้ำเปล่าให้เข้ากัน
4. ใส่น้ำมันพืชทีละน้อย เคล้าเบาๆ พอเข้ากัน จนแป้งเป็นก้อนพอปั้นได้
5. ปั้นเป็นแป้งก้อนกลมๆ หนัก 8 กรัม
6. ใช้มีดกดสำหรับแบ่งกลีบขนม
7. ปั้นเป็นแป้งก้อนเล็กๆ วางตรงกลาง ใช้มีดกดสำหรับทำเกสร
8. เรียงใส่ถาดที่ นำเข้าอบอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส 15 นาที หรือจนก้นเหลือง นำออกจากเตาอบพักไว้ให้เย็น
9. อบควันเทียน 20 นาที

กรรมวิธีการผลิตขนมกลีบลำดวน
เสริมงาดำปราศจากกลูเตน

เตรียมวัตถุดิบ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า แซนแทนกัม งาดำ น้ำตาลไอซิ่ง น้ำมันพืช



ร่อนแป้ง น้ำตาลไอซิ่ง และเกลือใส่ภาชนะ

ใส่งาดำ

ใส่แซนแทนกัมที่ผสมน้ำเปล่าให้เข้ากัน

ใส่น้ำมันพืชทีละน้อย เคล้าเบาๆ พอเข้ากัน
จนแป้งเป็นก้อนพอปั้นได้

ปั้นเป็นแป้งก้อนกลมๆ หนัก 8 กรัม

ใช้มีดกดสำหรับแบ่งกลีบขนม

ปั้นเป็นแป้งก้อนเล็กๆ วางตรงกลาง
ใช้มีดกดสำหรับทำเกสรเรียงใส่ถาด
นำเข้าอบอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส
เวลา 15 นาที

นำออกจากเตาอบพักไว้ให้เย็น เรียงใส่กล่อง

ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน

ส่วนผสม

แป้งข้าวเหนียว	40	กรัม	ราคา	1.48	บาท
แป้งข้าวเจ้า	60	กรัม	ราคา	1.80	บาท
แซนแทนกัม	2	กรัม	ราคา	0.66	บาท
งาดำ	20	กรัม	ราคา	2.4	บาท
น้ำตาลไอซิ่ง	100	กรัม	ราคา	4	บาท
น้ำมันพืช	60	กรัม	ราคา	2.7	บาท
เกลือ	3	กรัม	ราคา	0.20	บาท
น้ำ	20	กรัม	ราคา	0.233	บาท

กล่องบรรจุ	ราคา	10	บาท
	รวม	13.47	บาท
ค่าโสหุ้ย ร้อยละ 40	ราคา	9.39	บาท

รวมต้นทุนทั้งหมด 32.86 บาท

ราคาต้นทุนของการผลิตขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำปราศจากกลูเตน

รวมราคา 32.86 บาท ต่อ 1 สูตร ซึ่ง 1 สูตร ผลิตได้ 240 กรัม 1 กล่องบรรจุ 170 กรัม ต้นทุนกล่องละ 23.28 บาท

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

การวัดค่าสี เครื่อง Hunter Lab (รุ่น Ultra Scan Pro, U.S.A.)

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านสี L* a* b*

การใช้งานเครื่องวัดสี

1. เปิดเครื่องวัดสี พร้อมทั้งเปิดคอมพิวเตอร์ที่หน้าจอ Windows เลือก Double Click ที่ Icon Easy Match QC
2. หน้าจอของโปรแกรม Easy Match QC เข้า Menu Sensor แล้ว เลือก Set Modes ทำการเลือกModes ที่จะใช้งานแล้วกด Click ที่ Standardize
3. การทำ Standardize ใน Modes และ RSEX (วัดตัวอย่างใน Modes Reflectance)
4. เมื่อเลือก Modes Type, RSEX พร้อม Set ค่าอย่างอื่นตามต้องการแล้ว
5. กด Standardize
6. โปรแกรมจะถามหา Light Teap ให้วาง Light Teap ที่ Reflectance Port
7. กด Next
8. โปรแกรมจะถามหาแผ่น White tile ให้วางแผ่น White tile ที่ Reflectance Port กด Next
9. เสร็จสิ้นขั้นตอนการ Standardize กด Finish แล้วกด OK. พร้อมสำหรับวัดตัวอย่างในส่วนของ Reflectance

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer (Texture analyzer Stable Lnicer System TA.XT รุ่น Surrey,UK)

ขั้นตอนการใช้เครื่อง Texture Analyzer

2. การเข้าโปรแกรม Texture Analyzer
   2.1 เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ เปิดเครื่อง Texture Exponent 32
   2.2 กด OK ที่หน้าจอ Select User เพื่อเข้าสู่โปรแกรม Texture Exponent 32
   2.3 เปิด Graph Texture โดยเลือกเมนู File/New/Graph/OK
3. การ Calibrate Force
   3.1 กด Next พิมพ์น้ำหนักของลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่ใช้ Calibrate เครื่อง Texture Analyzer ในช่อง Calibrate weight จากนั้นวางตุ้มน้ำหนักบน Calibrate platform แล้วกด Force
   3.2 เมื่อ Calibrate เสร็จแล้วจะปรากฏสถานะในช่อง Status ว่า Calibrate force ให้กดปุ่ม Finish นำตุ้มน้ำหนักลงจาก Plat form และกด OK เพื่อเสร็จสิ้นการ Calibrate Force
4. การ Calibrate High
   4.1 ติดตั้งหัววัดเข้ากับเครื่อง
   4.2 เลือกเมนู/ Calibrate /Calibrate High
   4.3 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างหรือสิ่งของใดๆวางอยู่บนฐานเครื่อง
   4.4 เลื่อนหัววัดให้ใกล้กับเครื่องที่สุดเพื่อลดเวลาในการ Calibrate โดยกดปุ่ม และกดปุ่ม ⇓⇓ พร้อมกันเป็นการเลื่อนหัววัดลง
   4.5 พิมพ์ค่าต่างๆที่ต้องการ
   4.6 เมื่อกด OK หัววัดจะค่อยๆ เลื่อนลงมาหาฐานและเครื่องเมื่อแตะฐานแล้ว จากนั้นจะปรากฏข้อความ Calibrate High
5. การกำหนดค่าทดสอบ เป็นการกำหนดคาตัวแปรต่างๆเพื่อส่งงานให้เครื่องทำการทดลองดังนี้
   5.1 เลือกเมนู TA/TA Setting
   5.2 กดปุ่ม Library Option ด้านขวา เพื่อเลือกเงื่อนไขการทำงานของเครื่อง
   5.3 เลือก Advance Option ให้เป็น on
   5.4 ตั้งค่าการทดลองที่ปรากฏในกล่องตอบโต้

5.5 เลือกเปลี่ยนหน่วยของระยะทาง แรง และเวลาที่ต้องการวัดในส่วน Units ทางด้านขวาของกล่องข้อความ

5.6 กด update Project เพื่อโอนค่าที่ตั้งไว้ไปยังเครื่อง Texture Analyzer และค่าที่ตั้งไว้จะปรากฏขึ้นอัตโนมัติเมื่อเข้าโปรแกรมครั้งต่อไป

5.7 เริ่มต้นการทดสอบ โดยวางตัวอย่างที่ทดสอบบนฐาน แล้วดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

5.7.1 เลือกเมนู TA/Run a test/ เครื่องจะแสดงกล่องตอบโต้ Test Configuration เพื่อให้เติมข้อมูลที่เกี่ยวกับการทดลองต่างๆ

5.7.2 Archiv information เป็นส่วนที่เติมข้อมูลต่างๆ ของตัวอย่าง

5.7.3 ส่วน Probe Selection สำหรับใส่ข้อมูลหัววัดตรงตามที่ใช้งานจริงโดยกด เพื่อเรียกรายการของหัววัดขึ้นมา แล้วเลือกหัววัดตรงตามที่ใช้งานจริง

5.7.4 ส่วน Data Acquisition ให้กำหนดความถี่ในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาพล็อตกราฟ โดยเลือกช่อง Acquisition Rate ซึ่งมีหน่วยเป็น PPS หรือ Point per Second ปกตินั้นตัวอย่างทั่วไปมักตั้งค่า Acquisition Rate 200 PPS เนื่องจากหากเลือกความถี่ในการเก็บข้อมูลสูงจะใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลมาก แต่หากเลือกการเก็บข้อมูลน้อยเกินไปจะส่งผลให้ข้อมูลบางจุดหายไป

5.7.5 ส่วน Pre test และ Post test ให้กำหนดเงื่อนไขในการทดสอบเช่นให้ เครื่องถ่วงเวลาไว้เมื่อสั่ง run a test หรือให้ลบกราฟแสดงผลการทดลองที่แสดงไว้ก่อนหน้านี้ เป็นต้น

5.7.6 จากนั้นเลือก Run a test เพื่อเริ่มการทดสอบ

5.7.7 นำตัวอย่างที่วัดวางบนแท่นรองที่จะวัด การวางตัวอย่างควรวางให้ตรงกับหัววัดที่จะทำการวัด

5.7.8 เมื่อหัววัดสัมผัสกับตัวอย่างเครื่องจะแสดงลการทดลองออกมาเป็นกราฟและข้อมูลตัวแสดงแรงเจาะ ทำการทดลองนี้ 5 ครั้งใน 1 ตัวอย่างโดยจะวัดที่ส่วนกลางของตัวอย่าง

การวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ Water Activity (a_w)

วิธีการใช้เครื่อง Water Activity (a_w)

1. สภาวะแวดล้อม
   1.1 ควรตั้งเครื่อง a_w ไว้บนที่ที่มีพื้นผิวเรียบ และแข็งแรง
   1.2 ควรวางเครื่องไว้ในห้องที่มีสภาวะอุณหภูมิคงที่
2. การเปิดเครื่อง
   2.1 เสียบปลั๊ก และกดปุ่มสวิทซ์เปิด อยู่ด้านหลังเครื่อง
   2.2 เพื่อให้ผลการวัดมีประสิทธิภาพสูงสุด ควรทำการวอร์มเครื่องไว้เป็นเวลา 30 นาที
3. การเตรียมตัวอย่าง
   3.1 ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ไม่ควรเกินครึ่งหนึ่งของภาชนะบรรจุ (ปริมาณเท่ากับฝาภาชนะบรรจุ)
   3.2 ตรวจสอบให้แน่ชัดว่าที่ขอบริมและด้านนอกของภาชนะบรรจุสะอาด
   3.3 ตรวจสอบให้แน่ชัดว่าตัวอย่างที่เตรียมไว้มีอุณหภูมิไม่สูงเกินกว่า 4 องศาเซลเซียส
4. การวัดค่า a_w ของตัวอย่าง
   4.1 ใส่ภาชนะบรรจุลงไปในสิ้นชักใส่ตัวอย่าง ปิดลิ้นชักด้วยความระมัดระวัง เพื่อไม่ให้ตัวอย่างหก
   4.2 หมุนปุ่มของลิ้นชักตำแหน่ง OPEN/LOAD ไปยังตำแหน่ง READ เครื่องจะเริ่มทำการวัดค่า a_w
   4.3 เมื่อเครื่องเริ่มทำการวัดค่า a_w จะมีสัญญาณเตือน 1 ครั้ง
   4.4 เครื่องจะแสดงผลของค่า a_w ที่อ่านได้ครั้งแรก เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 40 วินาที
   4.5 เมื่อเครื่องทำการวัดค่า a_w เสร็จเรียบร้อยจะมีสัญญาณเตือน
   4.6 ที่หน้าจอ LCD ของเครื่องจะแสดงค่า a_w ที่อ่านได้ค่าสุดท้าย พร้อมอุณหภูมิของตัวอย่าง

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น
(Determination of moisture content)

วิธีวิเคราะห์

อบจานหาความชื้นอะลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบลมร้อน(Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักจานและฝาปิด ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ในจานอะลูมิเนียม ประมาณ 2 กรัม นำกลับไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 5 ชั่วโมง โดยเปิดฝาอะลูมิเนียมเล็กน้อย จากนั้นปิดฝาแล้วนำไปทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักจานและฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนทำการอบซ้ำครั้งละ 30 นาที และชั่งน้ำหนักจนกว่าจะได้น้ำหนักที่แตกต่างกันไม่ควรเกิน 2 มิลลิกรัม คำนวณปริมาณของความชื้น (ร้อยละ) ของตัวอย่างอาหาร

สูตรคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{100 \times \left(W_1 - W_2\right)}{W_1 - W_2}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

วิธีวิเคราะห์

ทำการย่อย กลั่น และไทเทรตเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนดังนี้

ขั้นตอนการย่อย

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 0.5 – 2 กรัม ถ้าตัวอย่างเป็นของแข็งให้ชั่งใส่ลงในกระดาษกรองปราศจากไนไตรเจน ห่อและนำตัวอย่างใส่ลงในหลอดกลั่น
2. เติมตัวเร่งปฏิกิริยา (โพแทสเซียมซัลเฟส – ซีลีเนียม) และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 15 มิลลิลิตร
3. สวม suction tube เข้ากับหลอดกลั่น และยึดหลอดกลั่นกับ suction tube ให้แน่นด้วย
4. วางหลอดกลั่นลงในเครื่องหยอดสารที่ปรับปุ่ม power control ไว้แล้ว ที่หมายเลข 5 ซึ่งความร้อนที่ตั้งไว้จะไม่ทำให้ตัวอย่างเดือดแรงขึ้นไปจนถึงคอของหลอด
5. ย่อยตัวอย่างไปอย่างน้อย 20 นาที หรือจนกระทั่งควันสีขาวเกิดขึ้นในหลอด แล้วปรับปุ่ม power control ไปที่หมายเลข 10 ย่อยตัวอย่างจนได้สารละลายใส และย่อยต่อไปอีกประมาณ 15 นาที
6. เมื่อย่อยตัวอย่างเสร็จ ทิ้งไว้ให้เย็น และจนไอแก๊สหายหมด
7. กลั่นโดยเครื่องกลั่น Buchi 323 หรือ Buchi 324 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร และเติมเมทิลเรดอินดิเคเตอร์ 1 หยด
8. ใส่กรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 จำนวน 25 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
9. นำหลอดกลั่นใส่ในเครื่องกลั่น เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 จนมีความเป็นด่างเกินพอ (สารละลายเปลี่ยนจากสีฟ้าอ่อนเป็นสีน้ำเงินเข้มหรือสีดำ)
10. ทำการกลั่นและเก็บของเหลวที่กลั่นได้ในขวดรูปชมพู่ที่มีกรดบอริกอยู่ได้ปริมาตรรวม 200 มิลลิลิตร
11. ทำ Blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง ลงในขวดรูปชมพู่ เพื่อเป็นตัวอย่างเทียบสีเพื่อทราบจุดยุติ
12. เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ 2 หยด ลงในขวดรูปชมพูที่กลั่นแล้ว เขย่าให้เข้ากัน
13. ไทเทรตของเหลวที่กลั่นได้ด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนจนถึงจุดยุติ จะเปลี่ยนสีจากสีเขียว เป็นสีบานเย็น

การคำนวณ

$$\text{N (ร้อยละ)} = \frac{14 \times (V_1 - V_2) \times \text{normality of HCL(mol/L)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times 1000}$$

เมื่อ V_1 คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตตัวอย่าง

V_2 คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรต blank

Protein (ร้อยละ) = N (ร้อยละ) × ตัวแฟคเตอร์ (F)

เมื่อ F คือ conversion factor ซึ่งเป็นค่าคงที่เฉพาะของแหล่งโปรตีน (โปรตีนในอาหารพวกข้าว 5.95)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

วิธีการวิเคราะห์

1. อบบิกเกอร์สำหรับทาไขมัน ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมตัวอย่างด้วยสำลี
3. นำหยดตัวอย่างใส่ลงในบิกเกอร์สำหรับทาไขมัน
4. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ประมาณ 130 มิลลิลิตร แล้วนำวางลงบนเตาให้ความร้อน ทำการสกัดไขมัน
5. นำบิกเกอร์ที่มีไขมันจากตัวอย่างไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก แล้วนำมาไว้ในโถดูดความชื่น
6. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำอีกครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักต่างกันไม่เกิน 0.01-0.05 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{100 \times \text{ปริมาณไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

วิธีวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

1. อบ Crucible ที่อุณหภูมิประมาณ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นใน desiccator นำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. นำตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ชั่งใส่ Crucibleที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้วนำไปเผาด้วยไฟอ่อนๆ จนหมดควัน
3. นำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว
4. นำออกมาใส่ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

การคำนวณ

$$\text{เถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

วิธีหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

โดยวิธีการคำนวณจากสูตรเมื่อทราบค่าปริมาณของความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใย ในหน่วยร้อยละ

นำค่าดังกล่าวนี้มาคำนวณตามสูตร

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)= 100 - (ร้อยละของความชื้น+ โปรตีน + ไขมัน+ เถ้า+ เส้นใย)

การวัดค่า Water Activity (a_w)

วิธีการใช้เครื่อง Water Activity (a_w)

1. สภาวะแวดล้อม
   1.1 ควรตั้งเครื่อง a_w ไว้บนที่ที่มีพื้นผิวเรียบ และแข็งแรง
   1.2 ควรวางเครื่องไว้ในห้องที่มีสภาวะอุณหภูมิคงที่
2. การเปิดเครื่อง
   2.1 เสียบปลั๊ก และกดปุ่มสวิทซ์เปิด อยู่ด้านหลังเครื่อง
   2.2 เพื่อให้ผลการวัดมีประสิทธิภาพสูงสุด ควรทำการวอร์มเครื่องไว้เป็นเวลา 30 นาที
3. การเตรียมตัวอย่าง
   3.1 ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ไม่ควรเกินครึ่งหนึ่งของภาชนะบรรจุ (ปริมาณเท่ากับฝาภาชนะบรรจุ)
   3.2 ตรวจสอบให้แน่ชัดว่าที่ขอบริมและด้านนอกของภาชนะบรรจุสะอาด
   3.3 ตรวจสอบให้แน่ชัดว่าตัวอย่างที่เตรียมไว้มีอุณหภูมิไม่สูงเกินกว่า 4 องศาเซลเซียส
4. การวัดค่า a_w ของตัวอย่าง
   4.1 ใส่ภาชนะบรรจุลงไปในสิ้นชักใส่ตัวอย่าง ปิดลิ้นชักด้วยความระมัดระวัง เพื่อไม่ให้ตัวอย่างหก
   4.2 หมุนปุ่มของลิ้นชักตำแหน่ง OPEN/LOAD ไปยังตำแหน่ง READ เครื่องจะเริ่มทำการวัดค่า a_w
   4.3 เมื่อเครื่องเริ่มทำการวัดค่า a_w จะมีสัญญาณเตือน 1 ครั้ง
   4.4 เครื่องจะแสดงผลของค่า a_w ที่อ่านได้ครั้งแรก เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 40 วินาที
   4.5 เมื่อเครื่องทำการวัดค่า a_w เสร็จเรียบร้อยจะมีสัญญาณเตือน
   4.6 ที่หน้าจอ LCD ของเครื่องจะแสดงค่า a_w ที่อ่านได้ค่าสุดท้าย พร้อมอุณหภูมิของตัวอย่าง

ภาคผนวก ง
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส
แบบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์

แบบประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ ขนมกลีบลำดวน (อัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า)

วันที่ชิม .....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาทีละตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบของแต่ละตัวอย่างตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

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

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	**คะแนนความชอบของตัวอย่าง**		
	รหัส.....	**รหัส.....**	**รหัส.....**
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส (ความร่วน)			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

แบบประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ ขนมกลีบลำดวน (เติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส และสูตรพื้นฐาน)

วันที่ชิม .....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาทีละตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบของแต่ละตัวอย่างตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

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

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	**คะแนนความชอบของตัวอย่าง**			
	รหัส.....	**รหัส.....**	**รหัส.....**	**รหัส.....**
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส (ความร่วน)				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

แบบประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ ขนมกลีบลำดวน (เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการจากงาดำ)

วันที่ชิม .....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาทีละตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบของแต่ละตัวอย่างตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

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

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	**คะแนนความชอบของตัวอย่าง**		
	รหัส.....	**รหัส.....**	**รหัส.....**
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส (ความร่วน)			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

แบบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์

“ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำจากแป้งปราศจากกลูเตน”

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำจากแป้งปราศจากกลูเตน” ของนักศึกษาสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ กลุ่มวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำจากแป้งปราศจากกลูเตน เป็นขนมกลีบลำดวนที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว ซึ่งแตกต่างจากขนมกลีบลำดวนทั่วไปที่ใช้แป้งสาลี ทำให้ผู้บริโภคที่แพ้แป้งสาลีสามารถรับประทานได้ และมีการเสริมงาดำในผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้วย

วัตถุประสงค์

เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำจากแป้งปราศจากกลูเตน ผู้วิจัยใคร่ขอความกรุณาจากท่านในการตอบแบบสอบถาม ซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเชิงพฤติกรรม และทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำแนะนำ: กรุณาทำเครื่องหมาย √ ลงใน ( ) ที่ตรงกับข้อมูลของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

( ) หญิง ( ) ชาย

2. อายุ .....ปี

3. ระดับการศึกษาสูงสุด

( ) มัธยมศึกษาตอนต้น ( ) มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.

( ) อนุปริญญา/ ปวส. ( ) ปริญญาตรี

( ) สูงกว่าปริญญาตรี ( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

4. อาชีพ

( ) นักเรียน / นักศึกษา ( ) ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ

( ) พนักงานบริษัทเอกชน ( ) รับจ้างทั่วไป

( ) ธุรกิจส่วนตัว ( ) อื่นๆ ระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือน

( ) ต่ำกว่า 5,001 บาท ( ) 5,001 – 10,000 บาท

( ) 10,001 – 15,000 บาท ( ) 15,001 – 20,000 บาท

( ) 20,001 – 25,000 บาท ( ) 25,000 บาทขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเชิงพฤติกรรม และทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. ท่านเคยรับประทานหรือรู้จักผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนหรือไม่

( ) ไม่รู้จัก ไม่เคยรับประทาน (ข้ามไปตอบส่วนที่ 3)

( ) รู้จัก แต่ไม่เคยรับประทาน (ข้ามไปตอบส่วนที่ 3)

( ) รู้จัก และเคยรับประทาน (ตอบข้อ 2 ต่อ)

2.ความถี่ในการรับประทานผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน

( ) 2-3 ครั้ง / สัปดาห์

( ) 3-4 ครั้ง / เดือน

( ) 1-2 ครั้ง / เดือน

( ) น้อยกว่า 1 ครั้ง/เดือน

3.ในการเลือกรับประทานผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน ท่านให้ความสำคัญกับปัจจัยแต่ละด้านต่อไปนี้ใน
ระดับใด (ใส่เครื่องหมาย √)

ปัจจัย	ระดับความสำคัญ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
สี					
กลิ่น					
รสชาติ					
คุณค่าทางโภชนาการ					
บรรจุภัณฑ์/ฉลาก					
ราคา					
ความสะดวกในการซื้อหา					

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง กรุณาชิมขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำจากแป้งปราศจากกลูเตน และใส่เครื่องหมาย √ ลงใน ( ) ตามความรู้สึกที่ท่านมีต่อผลิตภัณฑ์

1.ท่านมีความชอบผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำจากแป้งปราศจากกลูเตน ในระดับใด

( ) ไม่ชอบมาก

( ) ไม่ชอบ

( ) เฉยๆ

( ) ชอบ

( ) ชอบมาก

2. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำจากแป้งปราศจากกลูเตน หรือไม่

( ) ไม่ยอมรับ เพราะ.....

( ) ยอมรับ เพราะ (เลือกตอบในข้อ 3)

3. เหตุผลในการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำจากแป้งปราศจากกลูเตน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) สีสวย รูปลักษณ์ดี

( ) กลิ่นหอมน่ารับประทาน

( ) รสชาติดี มีความอร่อย

( ) มีประโยชน์ต่อร่างกาย

( ) ภาชนะบรรจุ/ฉลาก สวยงามเหมาะสม

( ) มีความแปลกใหม่ น่าสนใจ

( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4. ถ้าผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนเสริมงาดำจากแป้งปราศจากกลูเตนขนาดบรรจุ 170 กรัม/กล่อง ราคา 60 บาท ท่านสนใจซื้อผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่

( ) สนใจ เพราะ.....

( ) ไม่สนใจ เพราะ.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ผู้ศึกษา

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล นางสาวธนิษฐา อภัยแสน

วัน เดือน ปี เกิด 20 มิถุนายน 2533

ภูมิลำเนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	2556
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม กรุงเทพมหานคร	2551
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนกัลยาณวัตร จ.ขอนแก่น	2548

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ครูอัตราจ้าง แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์