การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าวเจ้ามีสี

Product Development of Frozen Kanomchan from Colored Rice Flour

สาธิต ทองสุกงาม

SATHIT THONGSUKNGAM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าวเจ้ามีสี
ชื่อ นามสกุล สาธิต ทองสุกงาม
ชื่อปริญญา คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์)
สาขาวิชา คหกรรมศาสตร์
คณะ เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

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

..... กรรมการ
ดร.ธนภพ โสตรโยม

..... กรรมการ
ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร

คณะเทคโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

..... คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(นางปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล)

วันที่ 25 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าวเจ้ามีสี
ชื่อ นามสกุล สาธิต ทองสุกงาม
ชื่อปริญญา คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์)
สาขาวิชา และคณะ คหกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น ศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง และศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง โดยการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ผลการวิจัยพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวสังข์หยดมากกว่าขนมชั้นที่ทำจากแป้งข้าวหอมนิลและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ในสูตรขนมชั้นประกอบด้วยน้ำเชื่อม ร้อยละ 40.98 กะทิ ร้อยละ 37.30 แป้งท้าว ร้อยละ 10.65 แป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 9.02 และแป้งข้าวสังข์หยด ร้อยละ 2.05 เมื่อนำสูตรขนมชั้นที่มีแป้งข้าวสังข์หยดมาศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2, 3 และ 4 เปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐานที่ไม่มีการเติมแป้งดัดแปร แล้วนำขนมชั้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาละลายน้ำแข็งนำเข้าอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที พบว่าขนมชั้นที่มีแป้งดัดแปร ร้อยละ 3 มีค่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดในทุกด้าน โดยเฉพาะด้านเนื้อสัมผัส(ความเหนียวหนึบ) และความชอบโดยรวม ที่มีคะแนนความชอบมากกว่าสูตรที่ไม่เติมแป้งดัดแปรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากนั้นศึกษาสารเสริมของไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ กัวร์กัม กัมอารบิก และคาราจีแนน เพื่อช่วยรักษาความคงตัวของขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง โดยเสริมไฮโดรคอลลอยด์ ร้อยละ 0.1 ของปริมาณแป้งทั้งหมดในสูตรขนมชั้น ภายหลังการคืนตัว พบว่าขนมชั้นแช่แข็งสูตรที่เสริมกัวร์กัม มีค่าคะแนนความชอบสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับสูตรที่เสริมคาราจีแนน ผลการคัดเลือกรูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นในบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดเลือกเลือกรูปแบบพิมพ์ขนมชั้นแบบดอกกุหลาบ และเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ 1 โดยมีเหตุผลประกอบ คือ ชื่อผลิตภัณฑ์และตราผลิตภัณฑ์เด่นชัด ง่ายต่อการจดจำ สีสันสวยงาม ชวนน่ารับประทาน และสื่อถึงความเป็นขนมไทย

คำสำคัญ: ขนมชั้น ข้าวหอมนิล ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวสังข์หยด

Thesis Tile Product development of frozen Kanomchan from colored rice flour
Author Sathit Thongsukngam
Degree Master of Home Economics (Home Economics)
Major Program Home Economics
Academic Year 2018

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the quality of Kanomchan which replace rice flour with Homnil rice flour, Riceberry rice flour, and Sangyod rice flour and to study the quantity of modified starches used in frozen Kanomchan products. Sensory evaluation of 30 panelists using 9 points Hedonic Scale. It was found that the panelist preferred Kanomchan that was made from Sangyod rice rather than the Kanomchan made from Riceberry rice flour and Homnil rice flour ($p \leq 0.05$). In the recipe of Kanomchan consist of 40.98% coconut milk, 37.30% flour, 10.65% cassava starch, 9.02% cassava starch and 2.05% rice flour. Then using Sangyod rice flour in Kanomchan products to study modified starches suitable quantity for frozen Kanomchan products by three standards. Constitute, 1% 3% and 4% by replacing of cassava starch. And compared with base recipe, that not add modified starches. Then Kanomchan was freeze at -18 °c for three days. Before defrost with microwave and heated with 640 watts of microwave power for 2 minutes. The result found that frozen Kanomchan product which adding 3% modified starch had the most sensory points in every attributes. Except taste score, texture (toughness) and overall score more than non-modified starches recipe ($p>0.05$). Then study three types of hydrocolloids. (guar gum, gum Arabic and carrageenan) for develop quality of frozen kanomchan products by add hydrocolloids 0.1% for amount starches in frozen kanomchan products that using. Then freeze at -18 °c and reheat with microwave which had 640 watts of microwave power for 2 minutes. The result is guar gum had the most of linking points, good texture that suitable with frozen Kanomchan products than caragenan and gum arabic. Results of the selection of the pattern of Kanomchan in packaging. By all experts, choose a rose mold. and the packaging style numbrr 1, with the accompanying reasons, name and the product brand prominently easy to remember, beautiful colors, look appetizing and linked the Thai dessert.

Keywords: Kanomchan, Homnil rice, Riceberry rice, Sangyod rice flour

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าวเจ้ามีสี ต่อฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ซึ่งได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบกราบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ และดร.ธนภพ โสตรโยม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญจากวิทยาลัยเทคนิคลพบุรีในการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อรูปแบบและบรรจุภัณฑ์ของขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าวเจ้ามีสี และความช่วยเหลือตลอดการดำเนินการวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนพี่ ๆ เพื่อน ๆ นักศึกษาระดับปริญญาโททุกท่านที่ช่วยเหลือ ตลอดจนเป็นกำลังใจในการดำเนินงานวิจัยจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จอย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณแผนกวิชาอาหารและโภชนาการวิทยาลัยเทคนิคลพบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการในการทดลองผลงาน

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ ที่ให้ความสนับสนุน ความห่วงใย ช่วยเหลือ ตลอดจนเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอมอบประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้แก่คณาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัยและขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

สาธิต ทองสุกงาม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญภาพ	(8)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ขนมชั้น	4
2.2 องค์ประกอบของขนมชั้น	4
2.3 ข้าวไรซ์เบอร์รี่	8
2.4 ข้าวหอมนิล	10
2.5 ข้าวสังข์หยด	11
2.6 แป้งดัดแปร	13
2.7 แป้งดัดแปรด้วยวิธีพรีเจลาติไนเซชั่น	14
2.8 ไฮโดรคอลลอยด์	16
2.9 อาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง	18
2.10 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	23
3.1 เครื่องมือ	23
3.2 วิธีการ	24
3.3 สถานที่ทำการวิจัย	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	31
4.1 ผลการศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น3.3 สถานที่ทำการวิจัย	31
4.2 ผลการศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นขนมชั้นแช่แข็ง	34
4.3 ศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรที่ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง	36
4.4 ศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง	39
4.5 ผลการศึกษารูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นในบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย	43
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผล	45
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก	49
ภาคผนวก ก กรรมวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นจากแป้งข้าวแช่แข็ง	50
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ	58
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	62
ภาคผนวก ง หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย	64
ภาคผนวก จ แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อรูปแบบพิมพ์ผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าว	72
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	77

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวไรซ์เบอร์รี่ 100 กรัม	10
2.2	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวหอมนิล	11
2.3	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวสังข์หยด 100 กรัม	12
3.1	สูตรขนมชั้นที่ใช้ แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด	25
4.1	คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในสูตรขนมชั้น	31
4.2	ค่าสีของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น	32
4.3	คะแนนความชอบของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้า	33
4.4	คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง	34
4.5	ค่าสีของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง	35
4.6	คะแนนความชอบของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง	36
4.7	ผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมชั้นที่ใช้แป้งดัดแปรปริมาณต่างกันทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง	37
4.8	ค่าสีของขนมชั้นที่ใช้แป้งดัดแปรปริมาณต่างกันในสูตรผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง	38
4.9	คะแนนความชอบขนมชั้นที่ใช้แป้งดัดแปรปริมานต่างกันในสูตรขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง	39

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.10	ค่าเนื้อสัมผัสของขนมชั้นที่มีไฮโดรคอลลอยด์เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง	40
4.11	ค่าสีของขนมชั้นที่ใช้ไฮโดรคอลลอยด์เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง	41
4.12	คะแนนความชอบขนมชั้นที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ต่างชนิดในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง	42
4.13	ผลการคัดเลือกรูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น	43
4.14	ผลการคัดเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์ของขนมชั้นแช่แข็งพร้อมจำหน่าย	43
ก.1	ส่วนประกอบสูตรขนมชั้นจากแป้งข้าวทั้ง 3 ชนิด	51
ก.2	ส่วนประกอบของสูตรขนมชั้นในการศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรทั้ง 3 ระดับ	54
ก.3	ส่วนประกอบของสูตรขนมชั้นในการศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง	55

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	กรรมวิธีการผลิตขนมชั้น	25
3.2	รูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น	28
3.3	รูปแบบของบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย	29
4.1	ขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด	32
4.2	ขนมชั้นที่มีแป้งดัดแปรในสูตรปริมาณต่างกัน	37
4.3	ขนมชั้นที่มี (กัวร์กัม กัมอะราบิก คาราจีแนน) เสริมในสูตรผลิตภัณฑ์	40
4.4	รูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น คัดเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญ	44
4.5	รูปแบบของบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย คัดเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญ	44
ก.1	ส่วนประกอบสูตรขนมชั้นจากแป้งข้าวทั้ง 3 ชนิด	52
ก.2	กรรมวิธีการผลิตขนมชั้น	53
ก.3	ส่วนประกอบของสูตรขนมชั้นจากการศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรที่ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง	54
ก.4	ส่วนประกอบของการศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง	56
ก.5	กรรมวิธีการผลิตขนมชั้นของการศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง	57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนมชั้น เป็นขนมที่มีลักษณะเป็นชั้น ใช้ในงานมงคลต่าง ๆ แสดงถึงความเจริญก้าวหน้า (รัมภา, 2556) ในอดีตนั้นถือว่าขนมชั้นเป็นขนมสำหรับใช้ในพิธีมงคลและจะต้องหยอดให้ได้ 9 ชั้นหรือมากกว่านั้นก็ได้ จะเป็นสิริมงคลเจริญก้าวหน้าหรือบางรายจะตั้งชื่อให้เป็นมงคลไปอีกว่า ขนมชั้นฟ้า ส่วนผสม หลักของขนมชั้นเป็นแป้ง ซึ่งแป้งแต่ละชนิดจะทำให้ขนมนุ่มนวลน่ารับประทาน (จริยา, 2549) ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งท้าวยายม่อม และแป้งข้าวเจ้า ซึ่งแป้งข้าวเจ้า เป็นแป้งที่ทำมาจากข้าว เป็นแป้งที่ใช้มากที่สุดในการทำขนมไทย ในสมัยก่อนใช้แป้งสดที่โม่จากข้าวสารแช่น้ำค้างคืน นำแป้งที่ได้จากการโม่มาทับด้วยน้ำหนักเพื่อแยกน้ำออก ก็จะได้แป้งที่พร้อมนำไปทำขนม ปัจจุบันนิยมใช้แป้งแห้งที่ผลิตจากโรงงาน เนื้อแป้งข้าวเจ้ามีลักษณะสากมือ ข้าวเจ้ามีหลายชนิด หลายพันธุ์ การเลือกใช้แป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมจึงขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการผลิตและความต้องการของผู้บริโภคซึ่งใส่ใจกับสุขภาพมากขึ้น

ข้าวเจ้ากลุ่มมีสีที่มีคุณค่าและมีประโยชน์กับสุขภาพ ได้แก่ ข้าวหอมนิล ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวพันธุ์สังข์หยด ซึ่งสีของข้าวมีสีแต่ละชนิดนั้นจะมีรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานิน (anthocyanin) และโปรแอนโทไซยานิดิน (proanthocyanidin) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สามารถทำงานได้ดีกว่าวิตามินอี และมีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกาย สารโปรแอนโทไซยานิดินสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเซลล์มะเร็งทั้งที่ปอด โพรงจมูก กระเพาะอาหารและที่เซลล์เม็ดเลือดขาว ช่วยป้องกันไวรัส นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ในการขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของคอเลสเตอรอลชนิด LDL หรือ Low density lipoprotein จึงสามารถช่วยลดอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน รงควัตถุทั้ง 2 ชนิด ยังช่วยลดความเสื่อมของเซลล์อันเนื่องมาจากอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอริ้วรอย มีประโยชน์ต่อสุขภาพผิวเพราะช่วยลดความเสียหายของผิวหนังจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน อันเกิดจากแสงอาทิตย์หรือมลภาวะ (กัณต์ฐิตา และคณะ, 2559; ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง, 2550; อริสรา และอรอุมา, 2550) การนำข้าวเจ้ากลุ่มมีสีมาใช้ในการผลิตขนมไทย อย่างขนมชั้น จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับขนมชั้นได้

ในปัจจุบันผู้บริโภคยังต้องการความสะดวกและนิยมรับประทานอาหารสำเร็จรูปมากขึ้น ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ เนื่องจากคุณภาพของ

ขนมชั้นแช่แข็งภายหลังการคืนตัวจะแตกต่างจากขนมชั้นสด การใช้แป้งดัดแปรและสารประกอบไฮโดรลอลลอยด์ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวที่ดี ป้องกันการเกิดรีโทรเกรเดชั่นของแป้งซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของขนมชั้น การเสริมแป้งดัดแปรและสารไฮโครคอลลอยด์ปริมาณที่เหมาะสมลงในขนมชั้นก่อนนำไปแช่แข็งจะมีส่วนช่วยให้คุณภาพของขนมชั้นภายหลังการคืนตัวใกล้เคียงกับขนมชั้นสดได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาและพัฒนาสูตรขนมชั้นของแผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี ที่เป็นขนมที่ขึ้นชื่อของวิทยาลัย มาปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสำหรับการแช่แข็ง โดยการศึกษาเปรียบเทียบแป้งข้าวเจ้าชนิดมีสี 3 ชนิด ได้แก่แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด โดยการทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมชั้น เพื่อมุ่งเน้นในด้านคุณค่าทางโภชนาการของขนมชั้นให้มีประโยชน์มากขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์สำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ อีกทั้งยังส่งเสริมพันธุ์ข้าวของเกษตรกรในการนำมาพัฒนาต่อยอดเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทย และการพัฒนาสูตรขนมชั้นให้สามารถแช่แข็งและคืนรูปแล้วยังได้รับการยอมรับโดยใช้แป้งดัดแปรและสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์เสริมในผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคปัจจุบันได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

1.2.3 เพื่อศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

1.2.4 เพื่อศึกษารูปแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูป

1.3 ขอบเขตที่ใช้ในการศึกษา

1.3.1 ศึกษาการใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด ทดแทนแป้งข้าวเจ้าที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

1.3.2 ศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรชนิด cross linked starch ในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

1.3.3 ศึกษาสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ กัวร์กัม กัมอะราบิก และคาราจีแนน ที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

1.3.4 ศึกษารูปแบบของผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของวิทยาลัยเทคนิคลพบุรี โดยผู้ประเมินเป็นผู้บริหารของวิทยาลัย

1.3.5 กลุ่มประชากร ได้แก่ อาจารย์ และนักศึกษาแผนกวิชาอาหารและโภชนาการในวิทยาลัยเทคนิคลพบุรี จำนวน 30 คน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบถึงสูตรและปริมาณแป้งข้าวมีสี ได้แก่ แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวสังข์หยด ที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมชั้น

1.4.2 ได้ทราบถึงปริมาณของแป้งดัดแปรที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

1.4.3 ได้ทราบถึงชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

1.4.4 ได้ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงจากแป้งข้าวมีสี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมชั้น

ขนมชั้น เป็นขนมไทยชนิดหนึ่ง โบราณถือเป็นขนมสำหรับใช้ในพิธีมงคลและจะต้องหยอดขนมให้ได้ 9 ชั้นหรือมากกว่านั้นก็ได้ จะเป็นสิริมงคลเจริญก้าวหน้าหรือบางรายจะตั้งชื่อให้เป็นมงคลไปอีกว่าขนมชั้นฟ้า ส่วนผสมของขนมส่วนใหญ่จะเป็นแป้งซึ่งแป้งแต่ละอย่างจะทำให้ขนมนุ่มนวลน่ารับประทาน เช่นแป้งมัน จะทำให้เนื้อขนมเนียน นุ่ม เหนียว หนืด ดูใส เป็นมัน แป้งถั่ว จะทำให้ขนมอยู่ตัวไม่เหนียวมากเกินไป แป้งท้าวยายม่อม จะทำให้เนื้อขนมเนียน เหนียว แข็งแต่จะใสน้อยกว่าแป้งมัน แป้งข้าวเจ้าจะทำให้เนื้อขนมแข็งและอยู่ตัว กะทิและน้ำตาล ที่ผสมลงในขนมชั้นก็มีส่วนทำให้ขนมหวานและอ่อนนุ่ม กะทิ ถ้าใสมากจะทำให้ขนมเหลวลอกชั้นได้ยาก แต่ถ้ากะทิน้อยขนมจะแข็งไม่น่ารับประทาน ดังนั้นการใช้กะทิที่เข้มข้นพอดีจะทำให้ขนมเป็นชั้นลอกออกจากกันได้ง่าย ผิวดูเป็นมัน เวลาหยิบไม่ติดมือ ส่วนน้ำตาลถ้าใส่มากขนมจะหวานจัด แฉะ ลอกออกได้ยาก ความเหนียวของขนมจะลดลง (จริยา, 2549)

2.2 องค์ประกอบของขนมชั้น

2.2.1 แป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลังมีคาร์โบไฮเดรตประมาณ ร้อยละ 64-84 ขึ้นกับสภาพการเจริญเติบโต เม็ดสตาร์ชจะประกอบด้วยโพลีเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิดคือ โพลีเมอร์เชิงเส้น (พันธะ $\propto$ - 1,4 กลูโคซิดิก) เรียกว่า อะมิโลส ซึ่งมีประมาณร้อยละ 17-20 และโพลีเมอร์เชิงกิ่งพันธะ($\propto$- 1,4 กลูโคซิดิก และพันธะ $\propto$- 1,6 กลูโคซิดิก เรียกว่า อะมิโลเพคติน ซึ่งมีประมาณ ร้อยละ 70-85 โมเลกุลทั้ง 2 ชนิดจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ จัดได้ว่าเป็นแป้งที่มีอะมิโลสต่ำเมื่อเทียบกับแป้งชนิดอื่น เช่น มันฝรั่ง ข้าวสาลี และข้าวโพด เป็นต้น การที่แป้งมันมีอะมิโลเพคตินสูงนี้จะให้คุณลักษณะที่สำคัญ คือ เมื่อให้ความร้อนกับเม็ดสตาร์ชที่ละลายน้ำ เม็ดสตาร์ชจะเกิดการพองตัวเกิดความหนืดสูง และแนวโน้มการคืนตัวต่ำ จึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อปรับปรุงรสอาหาร ทำให้เกิดเจล ควบคุมการคงตัวและเนื้อสัมผัสของอาหาร จำพวกซอส ซุป และนำมาปรุงรสอาหารต่าง ๆ ป้องกันเนื้อสัมผัสของอาหารเสียรูปเนื่องจากกระบวนการแช่แข็งและคืนรูป (Freeze-thaw) เป็นต้น อุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนซ์ (gelatinized) ของแป้งมันสำปะหลังจะอยู่ในช่วง 58.5-80 องศาเซลเซียส (พรประภา, 2544) แป้งมันสำปะหลังมีอะมิโลสต่ำ จึงมีการพองตัวได้ดี ส่วนแป้งที่มีอะมิโลสสูงจะมีกำลังการพองตัวต่ำกว่าแป้งที่มีอะมิโลสต่ำ (วันดี, 2552)

2.2.2 แป้งท้าวยายม่อม

แป้งท้าวยายม่อม แปรรูปมาจากหัวหรือรากของต้นท้าวยายม่อม ซึ่งเป็นพืชวงศ์ Taccaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tacca* leontopetaloid ktze มีชื่อเรียกอื่น ๆ ว่า leontopetaloid บุกรอ ไม้ท้าวฤษี สิงโตดำ East Indian Arrowroot, Thahiti Arrowroot เป็นต้น อาจมีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในอดีตมีบทบาทสำคัญอย่างมากในการเป็นอาหารหลักโดยเฉพาะในหมู่เกาะแปซิฟิก เช่น ฮาวาย ตาฮิติ และฟิจิ ในประเทศไทยเคยมีการสำรวจพบว่ามีอยู่ค่อนข้างหนาแน่นในป่าบริเวณชายฝั่งตะวันออกและภาคใต้เป็นชนิดก้านใบสีเขียว ซึ่งแตกต่างจากที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีก้านใบสีม่วงอมน้ำตาล แหล่งผลิตแป้งท้าวยายม่อมของภาคตะวันออก คือ จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน หัวท้าวยายม่อมสามารถใช้ในการทำผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ได้ หัวท้าวยายม่อมสด ไม่สามารถรับประทานได้เพราะมีสารรสขมที่เป็นพิษ ต้องแปรรูปเป็นแป้งเสียก่อนจึงจะรับประทานได้ อาหารที่ทำจากแป้งท้าวยายม่อมจะง่ายต่อการย่อย จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาระบบย่อยอาหาร ในประเทศไทยสกัดแป้งจากหัวท้าวยายม่อมด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อกำจัดสารรสขมชนิดต่าง ๆ แล้วตากแห้งเรียกว่า แป้งท้าวยายม่อม แป้งจะมีสีขาวเป็นเงาเมื่อจับจะเป็นเม็ดเมื่อนำไปหุงต้มให้สุกจะมีความเหนียวหนืดและใสนุ่มเป็นเงาคล้ายแป้งถั่ว ทำให้เย็นจะเหนียวตัวแป้งเป็นมัน ขนมไทยที่นิยมใช้แป้งท้าวยายม่อมผสมร่วมกับแป้งชนิดอื่นเพื่อให้ได้ลักษณะขนมที่ต้องการคือลักษณะข้นหรือเหนียวเป็นมัน เช่น ขนมชั้น ขนมกาละแม ขนมผักกาด แป้งหอยทอด และขนมช่อม่วง เป็นต้น (วันดี, 2552)

2.2.3 แป้งข้าวเจ้า

การผลิตแป้งข้าวเจ้า โดยแป้งข้าวเจ้าที่มีการจำหน่ายในตลาดนั้นมาจากการแช่ข้าวสารเจ้าในน้ำก่อนนำมาโม่แล้วปล่อยให้แป้งตกตะกอน จากนั้นนำตะกอนเหล่านั้นไปทำให้แห้งซึ่งจะได้เม็ดแป้งธรรมชาติที่มีการเจือปน โดยแป้งข้าวเจ้าที่บริสุทธิ์นั้นจะมีวิธีการทำที่แตกต่างออกไป คือการแช่ข้าวสารเจ้าในสารละลายไฮดรอกไซด์ หรือสารละลายโซดาไฟที่เข้มข้นร้อยละ 0.3 เป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง สารละลายดังกล่าวจะละลายโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำออกมาจนหมด แยกตะกอนแป้งหลังจากโม่และล้างตะกอนแป้งด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อชะล้างเอาส่วนที่ละลายน้ำได้ไปให้หมดซึ่งจะได้ตะกอนแป้งที่บริสุทธิ์และนำไปทำให้แห้งต่อ

โดยในปัจจุบันนิยมบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า บดให้ละเอียดแล้วจึงห่อผ้าขาวบางทับน้ำทิ้งจะได้แป้งข้าวเจ้าเรียกแป้งสด ซึ่งเมื่อทำให้สุกจะมีลักษณะขุ่นร่วน ถ้าทิ้งให้เย็นจะอยู่ตัวเป็นก้อนไม่เหนียว จึงเหมาะที่จะประกอบขนม เช่น ขนมขี้หนู ขนมกล้วย เส้นขนมจีน (วรรณิการ์,2554)

2.2.4 น้ำตาล

น้ำตาลเป็นอนุพันธุ์ของสารอาหารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตสามารถจำแนกออกตามโครงสร้างของโมเลกุลเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

2.2.4.1 มอนอแซคคาไรด์ (monosaccharide) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเป็นคาร์โบไฮเดรต ที่มีขนาดของโมเลกุลเล็กที่สุด ไม่สามารถย่อยให้เล็กลงได้อีก บางครั้งเรียกว่า

simple sugar สำหรับน้ำตาลชนิดโมเลกุลเดี่ยวที่พบมากในอาหาร จะเป็นพวกเพนโทสและเฮกโซสที่สำคัญ อะราบิโนส กลูโคส ฟรุกโทส และกาแล็กโทส เป็นต้น

2.2.4.2 ไดแซคคาไรด์ (disaccharide) เป็นน้ำตาลที่ในโมเลกุลประกอบด้วยมอนอแซคคาไรด์ 2 โมเลกุล ซึ่งอาจเป็นชนิดเดียวกัน หรือต่างกันก็ได้ ต่อด้วยพันธะไกลโคไซด์ ได้แก่ น้ำตาลซูโครส มอลโทส และแล็กโทส

2.2.4.3 ออลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ในโมเลกุลประกอบด้วยมอนอแซคคาไรด์ตั้งแต่ 3-10 โมเลกุล ตัวอย่าง เช่น แรฟฟิโนส (raffinose) และสตาคีโอส (stachyose) แรฟฟิโนส เป็นไตรแซคคาไรด์ที่พบในพืช ประกอบด้วย น้ำตาลกาแลกโทส กลูโคส และฟรุกโทส เมื่อน้ำตาลแรฟฟิโนส ถูกย่อยด้วยกรดแก่จะได้น้ำตาลมอนอแซคคาไรด์ 3 ชนิด หากถูกย่อยด้วยกรดอ่อนจะได้น้ำตาลฟรุกโทสและเมลิไบโอส (melibiose) ซึ่งเมลิไบโอสเป็นไดแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลกาแลกโทสและกลูโคส ถ้าใช้เอนไซม์มอลโทส หรือ แอลฟากลูโคสิเดสจะย่อยสลายได้เป็นน้ำตาลกาแลกโทสและซูโคส น้ำตาลแรฟฟิโนสและสตาคีโอสถูกย่อยและดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ยาก ทำให้เกิดกระบวนการหมักและก๊าซเกิดขึ้นในลำไส้ใหญ่และเกิดอาการท้องอืดได้ (flatulence) ในถั่วเหลืองมีน้ำตาลสตาคีโอส ประมาณร้อยละ 1.21 และน้ำตาลเรฟฟิโนสประมาณร้อยละ 0.38

2.2.4.4 พอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) พอลิแซคคาไรด์เป็นกลุ่มหนึ่งของสารคาร์โบไฮเดรตที่ในโมเลกุล ประกอบด้วยมอนอแซคคาไรด์ ตั้งแต่ 10 โมเลกุลขึ้นไป จนถึงเป็นจำนวนร้อยหรือพันหน่วย พอลิแซคคาไรด์ที่พบในธรรมชาติมีโมเลกุลขนาดใหญ่และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง เป็นสารประกอบที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (amorphous) ไม่มีสีและส่วนใหญ่ไม่มีรสชาติ เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายคอลลอยด์และสกัดแยกออกมาทำให้บริสุทธิ์ได้ยาก พอลิแซคคาไรด์ส่วนใหญ่มีหน้าที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างของเซลล์พืชและสัตว์ ตัวอย่างเช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพกทิน เป็นองค์ประกอบอยู่ในผนังเซลล์ของพืช ไคตินเป็นองค์ประกอบในเปลือกของสัตว์น้ำ เช่น กุ้ง และปู ส่วนกรดมิวรามิก (muramic acid) เป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ของแบคทีเรียพอลิแซคคาไรด์บางชนิดเป็นแหล่งสะสมอาหาร เช่น สตาร์ชเป็นแหล่งสะสมอาหารของพืช และไกลโคเจนเป็นแหล่งสะสมอาหารของสัตว์ (นิธิยา, 2551)

2.2.4.5 น้ำตาลพื้นบ้านที่มีในประเทศไทยได้แก่ น้ำตาลจากอ้อย น้ำตาลจากมะพร้าว และน้ำตาลจากตาลโตนด

1) น้ำตาลจากอ้อย น้ำตาลพื้นบ้านที่ผลิตจากอ้อยในประเทศไทยคือ น้ำตาลทรายแดง ซึ่งเป็นสินค้าส่งออกของประเทศตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาน้ำตาลจากอ้อยตามชนบท จะอยู่ในรูปของน้ำตาลงบ งบน้ำตาลอ้อยจากบางท้องถิ่นที่มีชื่อเสียงมานานเช่น งบน้ำอ้อยอินทร์บุรี จากจังหวัดสิงห์บุรี งบน้ำตาลตากจากจังหวัดตาก

2) น้ำตาลจากน้ำตาลมะพร้าว การผลิตน้ำตาลมะพร้าวนั้นมีความพิถีพิถันมาก ตั้งแต่การเลือกลักษณะงวง การนวดงวง การทำความสะอาดงวง เพื่อให้ได้น้ำตาลสดที่มีคุณภาพดี การขึ้นไปรองน้ำตาลสดนั้นต้องเริ่มแต่เช้ามืดและขึ้นเก็บวันละนับร้อยต้นเพื่อให้ได้น้ำตาลสดเพียงพอในการผลิต

น้ำตาลมะพร้าว ทุกเช้าจะต้องนำกระบอกรองน้ำตาลพร้อมกับมีดปาด งวงปีนขึ้นไปบนยอดของต้นมะพร้าว เพื่อนำกระบอกใส่น้ำตาลภายในบรรจุไม้เคี่ยมหรือไม้พะยอมซึ่งใส่ในปริมาณพอควรเพื่อป้องกันการบูดเน่าของน้ำตาลสด ปลดกระบอกรองตาลที่รองไว้ ตั้งแต่ 4 โมงเย็นออก ซึ่งกระบอกนี้จะมีน้ำตาลที่ไหลออกมาจากงวงหรือจั่นมะพร้าวตลอดคืนอยู่ประมาณครึ่งกระบอกไปจนถึงเต็มกระบอก (ปริมาณขึ้นอยู่กับพันธุ์มะพร้าวและฤดูกาล) จากนั้นหยิบมีดปาดงวงมะพร้าวใหม่แล้วนำกระบอกรองตาลใบใหม่ผูกติดกับงวงเพื่อรองน้ำตาลที่ไหลออกมาจากรอยที่ปาดไว้ น้ำตาลสดที่รองได้จะถูกนำมาเคี่ยวที่เตาตาล โดยมีการกรองเศษไม้และสิ่งสกปรกทิ้งก่อนเพื่อให้ได้น้ำตาลที่สะอาด น้ำตาลสดจะถูกเคี่ยวจนเดือด พอน้ำตาลเริ่มงวดจึงลดไฟลง เมื่อเหลือ น้ำตาลประมาณ 1 ใน 5 หรือ 1 ใน 7 ของปริมาณน้ำตาลที่เทลงไปในตอนแรกจึงยกกระทะลงจากเตา นำพายหรือขดลวดมาตีกระทุ้งเพื่อให้น้ำตาลแห้งและแข็งตัวเร็วขึ้น และช่วยให้น้ำตาลที่ถูกเคี่ยวจนมีสีน้ำตาล (เนื่องจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำตาลถูกความร้อน) เปลี่ยนเป็นสีเหลืองนวลขึ้นโดยอาศัยการแทนที่ของอากาศ กระทุ้งจนได้น้ำตาลสีขาวเหลืองน่ากิน น้ำตาลเริ่มแข็งตัวก็จะใช้เกรียงขูดออกจากกระทะ เทใส่ปี๊บ เรียกว่า "น้ำตาลปี๊บ" ถ้าเทลงใส่ถ้วยตะไลหรือพิมพ์ได้น้ำตาลที่มีลักษณะเป็นก้อนกลม ๆ นิยมเรียกว่า "น้ำตาลปึก"

เนื่องจากน้ำตาลมะพร้าวเป็นน้ำตาลที่ยังคงมีน้ำผสมอยู่จึงชื้นได้ง่าย ไม่สามารถคงรูป อยู่ได้นาน มีการคืนตัวเยิ้มเหลวง่ายเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยเฉพาะในเวลาที่อากาศร้อนน้ำตาล จะเยิ้มเหลวเร็วมากไม่สามารถคงลักษณะรูปร่างเป็นก้อนน้ำตาลปึกได้นาน ผู้ผลิตบางรายผสมน้ำตาลทรายลงไปเล็กน้อยในการเคี่ยวน้ำตาลสดเพื่อผลิตน้ำตาลปึก เนื่องจากน้ำตาลทรายมีลักษณะเป็นผลึกจึงช่วยให้น้ำตาลมะพร้าวแห้งและแข็งตัวเร็วขึ้น สามารถปั้นเป็นก้อนได้ง่าย ปริมาณน้ำตาลทรายที่มากน้อยต่างกัน จะมีผลต่อรสชาติของน้ำตาลมะพร้าว ถ้าผสมน้ำตาลทรายเพียง 1-2 กิโลกรัมต่อน้ำตาลสด 40 ลิตร น้ำตาลที่เคี่ยวได้จะยังคงรสชาติหวานมันอยู่ แต่ถ้าใส่มากกว่านี้รสจะเปลี่ยนเป็นหวานแหลมตามปริมาณน้ำตาลทรายที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการปรุงรสของอาหาร จะไม่ได้อาหารที่มีรสหวานมันโดยปกติแล้วเมื่อเราเก็บน้ำตาลมะพร้าวไว้ในที่อากาศร้อนชื้นเช่นในบ้านเรานั้น นอกจากน้ำตาลจะเยิ้มเหลวง่ายแล้ว น้ำตาลจะเปลี่ยนสีจากขาวเหลืองเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในตัวน้ำตาล ดังนั้นจึงมีการเติมสารฟอกขาวลงไปเพื่อฟอกสีน้ำตาลและช่วยคงสภาพสีขาวนวลของน้ำตาลไว้นาน ๆ สารฟอกขาวกลุ่มของสารซัลไฟด์หลายตัว ได้แก่ โซเดียม-โพแทสเซียมซัลไฟด์ โซเดียม-โพแทสเซียมไบซัลไฟด์ โซเดียม-โพแทสเซียมเมตาซัลไฟด์ เป็นสารฟอกขาวที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใส่ในอาหารได้ แต่ในปริมาณที่กำหนด สำหรับน้ำตาลมะพร้าวนั้นมีการกำหนดไว้ว่าไม่ให้มีการตกค้างเกิน 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผู้ผลิตน้ำตาลมะพร้าวจึงขอให้ผู้บริโภค "ชิม" น้ำตาลมะพร้าวที่ซื้อว่ามีรสชาติ "หวานมัน" มี "กลิ่นหอมหวาน" หรือไม่ และเมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิปกติประมาณ 1-2 อาทิตย์ น้ำตาลจะเริ่มเยิ้มไม่แข็งเป็นก้อน และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาล ถ้าต้องการเก็บไว้ในลักษณะเป็นก้อนและไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลควรเก็บในตู้เย็น ถ้าท่าน "ชิม" น้ำตาลมะพร้าวแล้ว พบว่ามีกลิ่นเหม็นหรือกลิ่นฉุน รสหวานแหลม เนื้อน้ำตาลแข็งมากจนบางครั้งต้องใช้ของแข็งทุบจึงแตกออกเก็บไว้ได้นานเป็นเดือนที่อุณหภูมิห้องหรือใน ตู้กับข้าวโดยสียังคงขาวนวล ลักษณะเช่นนี้ต้องระวัง

เพราะอาจเป็นน้ำตาลมะพร้าวที่ผสมสาร ฟอกขาว และอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้บริโภคได้ (ประภา และ เวณิกา, 2547)

3) น้ำตาลจากตาลโตนด น้ำตาลโตนดนั้นจำเป็นต้องขึ้นอยู่กับต้นตาลด้วย ว่าอายุได้ที่หรือยังเพราะตาลส่วนใหญ่ที่ใช้ในการทำน้ำตาลโตนด ต้องมีอายุ 10 ปีขึ้นไป ซึ่งจะอยู่ในระยะแทงช่อดอกใหม่ ๆ ซึ่งมีวิธีในการทำคล้ายกัน ทั้งตัวผู้และตัวเมีย แต่จะแตกต่างตรงที่วิธีการใช้ไม้ที่ใช้นวดจั่น หรือว่า งวง ซึ่งภาษาชาวบ้าน เรียกว่าไม้คาบ

2.2.5 น้ำเชื่อม

น้ำเชื่อม (Syrup) หมายถึง การละลายน้ำตาลซูโครส (sucrose) ที่ได้จากอ้อย หรือหัวบีท หรือ invert sugar ซึ่งอาจเป็นน้ำเชื่อมที่ได้จากการไฮโดรไลซ์สตาร์ช (starch hydrolysate) เช่น น้ำเชื่อมกลูโคส (glucose syrup) น้ำเชื่อมฟรักโทส (fructose syrup)

น้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) คือ สารให้ความหวาน (sweetener) อันคือการนำน้ำเชื่อมจากน้ำตาลซูโครส (sucrose) มาทำปฏิกิริยาด้วยกรด หรือเอนไซม์ ทำให้ได้น้ำตาลฟรักโทส (fructose) และกลูโคส (glucose) โดยในธรรมชาตินั้นพบน้ำตาลอินเวิร์ตในน้ำผึ้ง (honey) ซึ่งน้ำตาลอินเวิร์ตมีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย เนื่องจากสมบัติเด่นของน้ำตาลฟรักโทสที่มีความหวานมากกว่าและตกผลึกได้ยากกว่า โดยการใช้ประโยชน์น้ำตาลอินเวิร์ตในอาหารนั้นถูกนำมาใช้ในการผลิต ลูกกวาด รวมถึงการใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตไส้ไอศกรีม (ice cream) เครื่องดื่ม และเบเกอรี

โดยความเข้มข้นของน้ำเชื่อมนั้น จะสามารถตรวจสอบได้ในหน่วยขององศาบริกซ์ (° Brix) ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักของน้ำตาลในสารละลายที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ขณะเดียวกันความเข้มข้นของน้ำเชื่อมตรวจวัดได้ด้วยการวัดความหนาแน่นของน้ำตาล โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer) หรือใช้รีแฟรกโตมิเตอร์ (refractometer) (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, ม.ป.ป.)

2.2.6 กะทิ

กะทิ (coconut milk) เป็นของเหลวที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าว (solid coconut endosperm) เป็นส่วนที่ไม่มีเส้นใยแต่อาจมีมะพร้าวรวมอยู่ด้วย ลักษณะทั่วไปมีสีขาวทึบแสง อยู่ในรูปอิมัลชันน้ำมันในน้ำ (oil-in-water) ที่เกาะยึดระหว่างโปรตีน น้ำมัน และน้ำ หยดน้ำมันในกะทิถูกล้อมรอบด้วยฟอสไฟไลปิดของเยื่อหุ้มเซลล์ (phospholipids membrane) ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ให้ระบบอิมันชันในกะทิคงตัว นอกจากนี้ยังมีเมมเบรนที่เกิดจากฟอสฟอลิปิด (phospholipids) คือเซพาลิน (cephalic) และเลซิทิน (lecithin) ล้อมรอบเม็ดไขมัน (oil globule) ได้อีกด้วย (พธิญดา, 2552)

2.3 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมเลียนแบบธรรมชาติ ระหว่างข้าวสองพันธุ์ ได้แก่ ข้าวเจ้าหอมนิล และข้าวขาวดอกมะลิ 105 หลังจากนั้นจึงคัดเลือกโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพจนได้พันธุ์ข้าวที่มีความบริสุทธิ์ จากการพัฒนาพันธุ์ข้าวพิเศษ ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยได้รับความร่วมมือจากคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และได้ยื่นจดทะเบียนคุ้มครองพันธุ์พืชใหม่ โดย รศ.ดร. อภิชาติ วรรณวิจิตร ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ลักษณะประจำพันธุ์ข้าวไรซ์เบอรี่ มีความสูง 105-110 ซม. อายุเก็บเกี่ยว 130 วัน ผลผลิต 750-1,000 กก. / ไร่ (มะลิ และคณะ, 2559)

2.3.1 ลักษณะเฉพาะของข้าวไรซ์เบอร์รี่

มีลักษณะเป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้ม รูปร่างเมล็ดเรียวยาว ถ้าเป็นเปลือก ยาว 11 มิลลิเมตร ข้าวกล้องยาว 7.5 มิลลิเมตร ข้าวขัดขาวยาว 7.0 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวเมื่อหุงแล้ว จะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีความนุ่มนวลและยืดหยุ่นได้ไม่จำกัด เมล็ดเรียวยาว ผิวมันวาว และถ้าหาก เป็นข้าวกล้องก็จะมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ แถมยังมีรสชาติอมหวานกลมกล่อมชวนรับประทาน สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี โดยอายุเก็บเกี่ยวของข้าวสายพันธุ์นี้จะอยู่ที่ประมาณ 130 วัน ซึ่งให้ผล ผลิตปานกลาง สามารถต้านทานต่อโรคไหม้ แต่ไม่ต้านทานโรค ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ทุกรอบ ของการปลูก นอกจากนี้รำข้าวและน้ำมันรำข้าวจากไรซ์เบอร์รี่ยังมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดี ซึ่งทางการแพทย์นิยมนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารโภชนบำบัดอีกด้วย (มะลิ และคณะ, 2559)

2.3.2 คุณค่าทางโภชนาการ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีธาตุเหล็กและสารต้านอนุมูลอิสระสูง มีใยอาหารที่อยู่ในรำข้าวสูงจึงช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาล ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดขึ้นช้ากว่าการบริโภคข้าวกล้องและข้าวขาวขัดทั่วไป จึงเหมาะกับผู้ป่วยเบาหวาน มีสรรพคุณช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล ช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และมหาวิทยาลัยมหิดลได้ร่วมกันศึกษาผลของการรับประทานข้าวไรซ์เบอร์รี่ในผู้ป่วยโรคเบาหวาน พบว่าสามารถช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดีขึ้น เนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวขัดสีพันธุ์เดียวกัน การทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำจะช่วยให้เซลล์ร่างกายใช้อินซูลินได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นเซลล์จะรับน้ำตาลในเลือดไปใช้เป็นพลังงานได้มากขึ้นทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดต่ำลง ข้าวไรซ์เบอร์รี่จึงจัดเป็นทางเลือกใหม่เพื่อสุขภาพที่ดีในระยะยาว สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานและผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก คุณสมบัติทางโภชนาการของข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ มีดังนี้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวไรซ์เบอร์รี่ 100 กรัม

คุณลักษณะ	ปริมาณ	หน่วย
ปริมาณอะไมโล (amylose)	15.6	ร้อยละ
อุณหภูมิแป้งสุก	< 70	องศาเซลเซียส
ธาตุเหล็ก	13-18	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ธาตุสังกะสี	31.9	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
โอเมก้า 3	25.51	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
วิตามิน อี	678	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
โฟเลต	48.1	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
เบต้า-แคโรทีน	63	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
โพลีฟีนอล	113.5	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
แทนนิน	89.33	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
แกมมาโอไรซานอล	462	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
ค่าดัชนีน้ำตาล	62	

ที่มา: ชื่นจิต (2558)

2.4 ข้าวหอมนิล

ข้าวสีนิลเป็นข้าวที่ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์ขึ้นมาจากข้าวหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิลประกอบไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์มากมายหลายชนิด เช่น โปรตีน ธาตุเหล็ก วิตามินอี วิตามินบี และรงควัตถุ (anthocyanin) และ (proanthocyanidin) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงจึงมีส่วนช่วยบำบัดโรคต่าง ๆ ที่เกิดจากอนุมูลอิสระได้ เช่น โรคที่เกี่ยวกับการทำงานของหัวใจ การมองเห็น ระบบประสาทและสมอง เป็นต้น (ณัฐภูมิ, 2550) สอดคล้องกับ (ผาณิต, วิชชุดา และเสาวนีย์, 2555) กล่าวว่าข้าวมีสีทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้ามีสาระสำคัญ คือ รงควัตถุที่ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลแดง หรือ ม่วงที่ผิวของเมล็ด นอกจากนี้ยังมีสาร (gamma-oryzanol) ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสามารถ Cholesterol triglyceride และเพิ่มระดับ (HDL) ในเลือด ซึ่งมีผลต่อการทำงานของต่อมใต้สมอง ยับยั้งการเกิดกรดในกระเพาะอาหาร ลดน้ำตาลในเลือด เพิ่มระดับฮอร์โมนอินซูลินของผู้ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานและข้าวสีนิลยังมีปริมาณใยอาหาร ซีลีเนียม และอะไนซินสูง (สุภาวดี, 2558)

เมล็ดของข้าวหอมนิลมีประโยชน์ทางโภชนาการปริมาณโปรตีนร้อยละ 12.5 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 70 อะมิโลส ร้อยละ 12-13 และยังประกอบไปด้วย ธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และโพแทสเซียม

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวหอมนิล

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
โปรตีน (ร้อยละ)	12.56
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	70.0
ธาตุเหล็ก (มก./100 ก)	3.26
สังกะสี (มก./100 ก)	2.9
แคลเซียม (มก./100 ก)	4.2
โพแทสเซียม (มก./100 ก)	339.4
ทองแดง (มก./100 ก)	0.1

ที่มา: อริสรา และอรอุมา (2550)

2.5 ข้าวสังข์หยด

ข้าวสังข์หยด เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดพัทลุง เป็นที่นิยมปลูกในท้องถิ่นมานานหลายชั่วอายุคน แต่ไม่มีการบันทึกประวัติที่แน่ชัด เกษตรกรในจังหวัดพัทลุงปลูกสืบทอดกันมาโดยตลอด จากหลักฐานของกรมการข้าวกระทรวงเกษตร (ในขณะนั้น) ซึ่งได้รวบรวมพันธุ์ข้าวพื้นเมืองทั่วประเทศ รวมทั้งจังหวัดพัทลุงระหว่างปี 2495-2496 เก็บตัวอย่างข้าวพันธุ์สังข์หยดในอำเภอเมืองพัทลุง จากข้อมูลของสำนักงานคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ ระบุว่าข้าวพันธุ์สังข์หยดเป็นข้าวนาสวนพันธุ์หนึ่งของจังหวัดพัทลุง ในจำนวน 167 พันธุ์ ในปี 2549 ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง ได้รับคำประกาศรับรองให้เป็นสินค้าบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (ข้าว จีไอ Geographical indications) ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ พ.ศ. 2546 โดยใช้ชื่อว่า "ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง" ตั้งแต่วันที่ 23 มิถุนายน 2549 นับเป็นข้าวจีไอพันธุ์แรกของประเทศไทยไทย

2.5.1 ลักษณะเมล็ดข้าวสังข์หยด

เป็นข้าวที่มีลักษณะแตกต่างจากข้าวพันธุ์อื่น ๆ ที่เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีขาวปนสีแดงต่าง ๆ จนถึงแดงเข้มในเมล็ดเดียวกัน เมื่อหุงสุกแล้วมีลักษณะนิ่ม ค่อนข้างเหนียว ข้าวสังข์หยดเป็นพันธุ์ข้าวนาสวนไวต่อช่วงแสง (ปลูกได้เฉพาะนาปี) หาเกษตรกรตกกล้ากลางเดือนสิงหาคม ถ้าจะออกดอกในต้นเดือนมกราคม แล้วจะเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ (ตามฤดูการทำนาเดิมของจังหวัดพัทลุง) ต้นข้าวมีความสูงประมาณ 140 เซนติเมตร มีการแตกกอเฉลี่ย 8 ต้นต่อกอ ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ คือเฉลี่ย 330 กิโลกรัมต่อไร่

2.5.2 คุณสมบัติของเมล็ดข้าวทางกายภาพ

เปลือกเมล็ดมีสีฟาง ข้าวกล้อง ข้าวสารมีสีขาวปนแดง เมล็ดเรียว ยาว 6.5 มิลลิเมตร กว้าง 1.9 มิลลิเมตร เมล็ดข้าว 100 เมล็ด หนัก 1.9 8 กรัม คุณภาพการสีดี คุณสมบัติทางเคมี มีปริมาณอะมิโลส 13.8% ถือว่าต่ำที่สุดในบรรดาข้าวพื้นเมือง ซึ่งมีผลทำให้คุณสมบัติของข้าว เมื่อหุงสุก มีความอ่อนนุ่มค่อนข้างเหนียว ทำให้ย่อยง่าย เหมาะกับผู้สูงอายุและผู้ที่ไม่ใช้แรงงานหนัก

2.5.3 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวสังข์หยด

ทางกองโภชนาการกรมอนามัยได้ศึกษาวิจัยอาหารชีวจิต ในปี พ.ศ. 2542 เพราะว่าเมื่อเปรียบเทียบคุณค่าของสารอาหารในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ปรากฏว่า ข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ คือ มีกากใยอาหารสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ จะมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย มีวิตามินอีสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ จึงมีประโยชน์ในการชะลอความแก่ นอกจากนี้มีโปรตีน ธาตุเหล็กและฟอสฟอรัสสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ ซึ่งมีประโยชน์ในการบำรุงโลหิต บำรุงร่างกายให้แข็งแรง และป้องกันโรคความจำเสื่อม และยังมีสารแอนติออกซิแดนท์พวก oryzanol และมี gamma amino butyric acid (GABA) ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเป็นมะเร็ง จึงนับได้ว่า ข้าวพันธุ์สังข์หยด เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการกับข้าวหอมมะลิ จะเห็นได้ว่าข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวหอมมะลิ

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวสังข์หยด 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	364.20
โปรตีน (กรัม)	6.20
ไขมัน (กรัม)	3.30
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	73.10
ใยอาหาร (กรัม)	4.81
วิตามินบีหนึ่ง (มิลลิกรัม)	0.037
วิตามินบีสอง (มิลลิกรัม)	0.96
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	6.40
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	13.00

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย (2544); ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง (2553)

2.5.4 การแปรรูปข้าวสังข์หยด

ที่มาของการแปรรูปข้าวสังข์หยดเกิดจากหน่วยวิจัยอาหารและท้องถิ่นภาคใต้ มหาวิทยาลัยทักษิณ ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในปีงบประมาณ 2553-2554 ให้ดำเนินโครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปอาหารเพื่อสุขภาพจากข้าวสังข์หยดให้แก่เกษตรกรในจังหวัดพัทลุงและใกล้เคียง เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มแก่ผลผลิตทางการเกษตรในภาคใต้ ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดพัทลุง ซึ่งจัดได้ว่าเป็นข้าวเพื่อสุขภาพ ซึ่งจัดได้ว่าเป็นข้าวเพื่อสุขภาพ เพราะนอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแล้ว ยังมีสารอะไรอื่น ๆ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถช่วยลดการเกิดโรคมะเร็ง ลดระดับคอเลสเตอรอล และชะลอความแก่ได้ จึงทำให้ข้าวสังข์หยดเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จนไม่สามารถผลิตข้าวได้ทันกับความต้องการของผู้บริโภคกระบวนการผลิตข้าวกล้อง เกิดผลพลอยได้ที่เป็นรำและปลายข้าวเป็นจำนวนมากและจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์ในราคาถูก ที่วิจัยจึงได้เข้าไปช่วยแก้ปัญหาโดยการผลิตแป้งข้าวสังข์หยดจากปลายข้าว และการสกัดน้ำมันรำข้าวสังข์หยดโดยวิธีการสกัดเย็น รวมทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากแป้งข้าวสังข์หยด และน้ำมันรำข้าวสังข์หยด และเพื่อให้มีการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางและเกิดประโยชน์อย่างสูงสุด

2.6 แป้งดัดแปร

แป้งดัดแปรมีบทบาทสำคัญต่อวงการอุตสาหกรรมอาหาร โดยแป้งดัดแปรจะทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับอาหารในด้านโภชนาการ เนื้อสัมผัส ความชื้น ความข้นหนืด ความคงตัว ความสะดวกในการแปรรูป เช่นเป็นตัวทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดบางชนิด เก็บรักษาความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ทำให้ไส้พายและซุปมีความหนืด เป็นสารให้ความคงตัวในน้ำสลัด ป้องกันการติดพิมพ์ของหมากฝรั่ง ลูกกวาด และขนมปัง เป็นต้น

อย่างไรก็ตามในแป้งดัดแปรธรรมชาติอาจมีข้อจำกัดในการนำไปใช้ประโยชน์ที่ทำให้ไม่เหมาะสมกับชนิดอาหาร กระบวนการผลิต และการเก็บรักษา จึงต้องแก้ปัญหานี้โดยนำสตาร์ชธรรมชาติผ่านกรรมวิธีที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงสตาร์ชให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ เช่น มีช่วงให้ความหนืดสูงกว้างขึ้น หรือมีความหนืดต่ำลง เกิดเจลและให้ความหนืดได้เร็วที่อุณหภูมิต่ำลง คงทนต่อสภาวะต่าง ๆ ในกระบวนการแปรรูป และมีความคงตัวดีขึ้น การดัดแปรสตาร์ชจะทำให้สตาร์ชซึ่งมีอยู่ยาก หาได้ง่ายและราคาถูก มีคุณสมบัติที่นำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

โดยการเตรียมแป้งดัดแปรนั้นมีหลายชนิดเช่น ด้วยการให้ความร้อนชื้น อันเป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเกิดเจลาติไนเซชันโดยมีความชื้นในการเกิดเจลาติไนเซชันที่จำกัด นอกจากนี้ยังมีการดัดแปรด้วยการพรีติไนเซชันอันเป็นการเตรียมเจล กึ่งสำเร็จรูป และพองตัวโดยใช้น้ำเย็นโดยใช้วิธี Drum Drying หรือการสเปร์ยและการเอ็กซ์ทรูชันโดยมีตัวทำละลายในกระบวนการ การดัดแปรด้วยการย่อยด้วยกรดที่ซึ่งใช้กรดไฮโดรคลอริก กรดออร์โธ-ฟอสฟอริก หรือกรดซัลฟิวริก และการดัดแปรด้วยการ

ย่อยด้วยเอนไซม์ ซึ่งทำในสารละลายของเหลวที่อุณหภูมิต่ำว่าจุดเกิดเจลาติไนเซชันด้วยเอนไซม์ย่อยอะไมโลส (amylolytic enzyme) (ลัดดาวัลย์, 2550)

2.7 แป้งดัดแปรด้วยวิธีพรีเจลาติไนเซชั่น

การดัดแปรสตาร์ช (Starch Modification) มีจุดประสงค์คือเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ เพื่อทำให้สตาร์ชเหมาะสมกับการที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ ซึ่งการดัดแปรด้วยวิธีพรีเจลาติไนเซชั่น (Pregelatinization Modification) เป็นการให้ความร้อนแก่สตาร์ช ซึ่งทำให้เกิดการพองตัวซึ่งเสียลักษณะ หรือทำให้เกิดเจลาติไนเซชั่น (Gelatinization) ก่อนทำให้แห้งด้วย Drum Dryer หรือเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งซึ่งทำให้สตาร์ชเกิดการแห้งและพองตัว

โดยสตาร์ชดัดแปรจะมีโครงสร้างโปร่ง ซึ่งทำให้ดูดซึมน้ำได้สะดวก เช่นเดียวกับน้ำแป้งที่เหนียวเมื่อได้สัมผัสกับน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ ทว่าการเกิดกระบวนการนี้นั้นทำให้เม็ดสตาร์ชบางส่วนได้รับความเสียหาย แตกหรือถูกทำลาย ซึ่งทำให้สตาร์ชที่ผ่านกระบวนการดัดแปรด้วยวิธีพรีเจลาติไนเซชั่นนี้มีความข้นหนืดที่ต่ำกว่าสตาร์ชธรรมดา ทำให้สตาร์ชชนิดนี้เหมาะกับการนำไปใช้กับอาหารแห้ง ที่เมื่อเติมน้ำก็สามารถนำมารับประทานทานได้ เนื่องจากสตาร์ชชนิดนี้ผ่านความร้อนทำให้สุกมาก่อนแล้ว และเกิดการพองตัว ทั้งยังสามารถละลายในน้ำอุณหภูมิต่ำหรือน้ำเย็นแล้วให้ความข้นหนืดได้โดยไม่เกิดเจล (รสิตา, 2547)

1) การพองตัว และการละลาย (Swelling and Solubility) พื้นฐานแล้วแป้งจะไม่ละลายในน้ำอุณหภูมิต่ำ หรือน้ำเย็น โดยแป้งจะดูดซึมน้ำไว้ประมาณร้อยละ 25-30 ทั้งยังพองตัวได้น้อย โดยมีสาเหตุมาจากโมเลกุลของอะมิโลสกับอะมิโลเพกตินในแป้งนั้นมีการจัดเรียงตัวระหว่างโมเลกุลที่เป็นระเบียบ (Crystalline) ซึ่งไม่ละลายในน้ำเย็นและป้องกันการกระจายตัว โดยการจัดเรียงตัวระหว่างโมเลกุลที่จับกันอย่างไม่เป็นระเบียบ (Amorphous) จะสามารถเกิดปฏิกิริยารับน้ำได้ โดยเมื่อน้ำแป้งได้รับความร้อนก็จะทำให้ส่วนโมเลกุลที่จับตัวกันหลวม ๆ นี้ รับน้ำได้มากขึ้น คือเมื่ออุณหภูมิน้ำแป้งสูงขึ้น เม็ดแป้งก็จะพองตัวขึ้นตามลำดับ ขณะที่โมเลกุลที่จัดเรียงตัวกันเป็นระเบียบ (Crystalline) จะเกิดการพองตัวจนแตกทำให้เกิดการละลายได้สูงขึ้น

2) การเกิดเจลาติไนเซชั่น (Gelatinization) เป็นกระบวนการที่เกิดจากการให้ความร้อนแก่สารแขวนลอยของแป้งในน้ำเย็นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งถึงอุณหภูมิระหว่าง 60-70 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัว เรียกว่า อุณหภูมิเจลาติไนเซชั่น (Gelatinization Temperature) เนื่องมาจากส่วนที่เป็นผลึกของโมเลกุลแป้งเกิดการคลายตัว และดูดซึมน้ำเข้าไปทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวที่ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ไม่สามารถผันกลับได้ โดยกระบวนการนี้ทำให้สารละลายแป้งมีความข้นหนืดและใสขึ้น (อรอนงค์, 2550)

3) การเกิดการคืนตัวของน้ำแป้งสุก (Retrogradation) หรือการคืนตัวของสตาร์ช เกิดขึ้นเมื่อเม็ดแป้งเกิดเจลาติไนเซชั่น (Gelatinization) แต่ยังได้รับความร้อนอย่างต่อเนื่องทำให้เม็ดแป้งเกิดการคลายตัวและดูดซึมน้ำ จนเม็ดแป้งเกิดการพองตัวจนแตก ทำให้โมเลกุลของอะมิโลส (Amylose)

และอะมิโลเพกติน (Amylopectin) กระจายออกจนทำให้ความข้นหนืดลดลง ซึ่งเมื่ออุณหภูมิลดลง จะทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลเป็นโครงสร้างใหม่คือร่างแหสามมิติ ซึ่งมีคุณสมบัติอุ้มน้ำ มีความข้นหนืด และไม่มีการดูดซึมน้ำเพิ่มเข้ามาทำให้เม็ดแป้งเกิดความคงตัว จนเกิดลักษณะเจลเหนียว มีความอ่อนนุ่มใกล้เคียงกับผลึกและฟิล์ม ซึ่งเมื่อลดอุณหภูมิลงจะทำให้โครงสร้างมีความแน่นหนามากขึ้นและขับน้ำที่เคยจับอยู่ภายในโมเลกุลออก ซึ่งเรียกว่า Syneresis (กล้าณรงค์และ เกื้อกูล, 2550)

การคืนตัวของสตาร์ช (Starch) หรือ Setback คือจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีการเกิดน้ำแป้งสุกที่มีความเข้มข้นสูงและปล่อยให้อุณหูมิลดลง ซึ่งอัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสุกนั้นจะแตกต่างกันตามชนิดของแป้ง โดยมีการศึกษาพบว่า เมื่อให้ความร้อนแก่แป้งที่ได้จากพืชหัวและราก แป้งจะเกิดการพองตัวมากและทำให้เม็ดแป้งแตกและโมเลกุลทั้งหมดกระจายตัวอยู่ในน้ำซึ่งทำให้โมเลกุลของอะมิโลสและอะมิโลเพกตินยากที่จะมาจัดเรียงตัวกันใหม่ได้

โดยแป้งที่ได้จากธัญพืชจะพองตัวได้น้อยกว่าแป้งที่ได้จากพืชรากและหัวเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งทำให้ง่ายต่อการจับตัวกันระหว่างโมเลกุลด้วยพันธะไฮโดรเจน และสามารถกักเก็บน้ำได้ดี โดยการมีอะมิโลกเพกตินอยู่ด้วยนั้นทำให้การคืนตัวของแป้งสุกช้าลง อันมีสาเหตุมาจากอะมิโลเพกตินมีสายแขนงที่ซับซ้อน ทำให้ยากต่อการจับตัวกันของโมเลกุล

การเกิดการคืนตัวของน้ำแป้งสุก (Retrogradation) มีสาเหตุหลักมาจากอะมิโลส เนื่องจากโมเลกุลของอะมิโลสในแป้งแต่ละชนิดส่งผลต่อการเกิดการคืนตัวของน้ำแป้งสุก โดยขนาดของโมเลกุลอะมิโลสที่เหมาะกับการเคลื่อนมาจับตัวกัน คืออยู่ในช่วง 100-200 หน่วยกลูโคส ซึ่งโมเลกุลอะมิโลสที่มีขนาดใหญ่เช่นที่ได้จากแป้งมันฝรั่งซึ่งมีขนาดอยู่ในช่วง 6,000-10,000 หน่วยกลูโคส จะจับตัวกันได้ยากเช่นเดียวกับโมเลกุลที่มีขนาดสั้น เนื่องจากจะทำให้เคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาการเกิดการคืนตัวของน้ำแป้งสุก ของสารละลายแป้งแขวนลอยมีลักษณะดังนี้ (กล้าณรงค์ และ,เกื้อกูล, 2550)

1) ความหนืดเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
2) แป้งมีลักษณะที่ขุ่นมัว
3) เกิดแผ่นลอยอยู่บนผิวหน้าขณะที่อุณหภูมิสูง
4) แป้งจะตกตะกอนแยกตัวออกจากน้ำกัน
5) มีการจับตัวรวมกันเป็นก้อน
6) เกิดการคายน้ำออก

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการคืนตัวของน้ำแป้งสุกมีดังนี้

1) ชนิดของแป้งที่นำมาศึกษา
2) ความเข้มข้น
3) วิธีที่ใช้ในการต้มแป้ง
4) ค่าความเป็นกรด-เบสที่มีค่าระหว่าง 5-7 จะช่วยทำให้อัตราการเกิดการคืนตัวของน้ำแป้งสุกเร็วที่สุด แต่จะไม่เกิดกับค่าความเป็นกรด-เบสที่สูงกว่า 10 และเกิดช้าที่ค่าความเป็นกรด-เบสที่ต่ำกว่า 2

5) อุณหภูมิ โดยจะเกิดง่ายที่สุดเมื่อมีอุณหภูมิที่ต่ำ
6) ระยะเวลาในการเก็บรักษา

2.8 ไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) คือ โพลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ รวมถึงโพลิเมอร์ดัดแปรจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ โดยทั่วไปจะเป็นโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซี่ (-OH) และอาจจะเป็น polyelectrolyte อื่น ๆ โพลิเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัว เป็นต้น (Phillips and Williams, 2000) ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มตามแหล่งที่มา ได้แก่

2.8.1 ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากธรรมชาติ (natural hydrocolloids) ซึ่งได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืชได้แก่เมล็ด ยาง เช่น โลคัสบีนกัม (locust bean gum) กัมอาราบิก (gum arabic) ราก ลำต้น เช่น แป้ง หรือได้จากสาหร่ายทะเล เช่น คาร์ราจีแนน (carrageenan) หรือได้มาจากสัตว์ เช่น ไคติน (chitin) หรือจากกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม (xanthan gum)

2.8.1.1 กัม (gum) อาจเรียกว่า guar flour หรือ gum cyamopsis เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ประเภท พอลิแซ็คาไรด์ ที่สกัดได้จากเนื้อในเมล็ด ของเมล็ดกัว ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดียและปากีสถาน กัวร์กัมเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ประเภทเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของกาแล็กโทแมนแนน ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลแมนโนส ต่อกันด้วยพันธะ ไกลโคไซด์ ที่ตำแหน่ง บีตา-1,4 และมีกิ่งแขนงของน้ำตาลกาแล็กโทสซึ่งต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่งแอลฟา-1,6

การใช้ประโยชน์กัวร์กัมในอาหาร กัวร์กัมที่สกัดได้และผ่านการทำแห้ง มีลักษณะเป็นผง ละลายได้ดีในน้ำเย็น มีสีขุ่น มีโปรตีนและเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบเล็กน้อย กัวกัมใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร หน้าที่ในอาหาร ใช้เป็นสารที่ทำให้อิมัลชันคงตัว ทำให้อาหารข้นหนืด เป็น prebiotic เป็นอาหารของแบคทีเรีย probiotic ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในลำไส้ใหญ่ ใช้ใน functional food

2.8.1.2 กัมอาราบิก (gum Arabic) เป็นยาง (exudate) ที่ได้จากต้นไม้สกุล อะคาเซีย เช่น Acacia senegal และ Acacia seyal น้ำยางจะไหลเกาะกันเป็นก้อน เมื่อกระทบกับความร้อนจากแสงแดดจะแห้งแข็งตัว มีลักษณะใสคล้ายแก้วเกาะอยู่ตามกิ่งก้านและลำต้นของพืช มีสีสันแตกต่างกันไป ตั้งแต่สีขาวใสจนถึงสีเหลืองอำพัน รูปทรงมองดูคล้ายหยดน้ำบ้าง ทรงกลมรีบ้าง ผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ได้จากการนำก้อนยางมาบดให้เป็นผงละเอียดโครงสร้างโมเลกุล ของ gum arabic เป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ และซับซ้อน ประกอบด้วยน้ำตาลและอนุพันธ์ของน้ำตาล 4 ชนิดคือ น้ำตาลกาแล็กโทส (galactose, 44%) แอราบิโนส (arabinose, 27%) แรมโนส (L- rhamnose,13%) กรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid, 14.5%) นอกจากนี้ในโมเลกุลยังประกอบด้วยกรดแอมิโน ได้แก่ ไฮดรอกซีโพรลีน และซีรีน

การใช้ประโยชน์กัมอาราบิกในอาหาร กัมอาราบิกเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ USFDA จัดเป็น Generally Recognized as Safe แต่ให้ใช้ในปริมาณที่จำกัดในอาหาร ซึ่งกำหนดไว้ในมาตรฐาน กัมอาราบิกเป็นกัม (gum) ที่ละลายในน้ำได้ดี ไม่ละลายในน้ำมันและสารประกอบอินทรีย์ ให้ความหนืดต่ำ โดยใช้กัมอาราบิก เพื่อทำให้อิมัลชันคงตัว Bulking agent Carrier ใช้เพื่อการทำ flavor encapsulation Glazing agent สารเพิ่มความข้นหนืด สารเพิ่มความคงตัว ป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล ชะลอการเกิดกลิ่นหืน bulking agent

2.8.1.3 คาร์ราจีแนน (carageenan) เป็นกัม (gum) ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีสมบัติเป็นไฮโดรคอลลอยด์คือดูดน้ำและแขวนลอยในน้ำ ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร คาร์ราจีแนนสกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง เช่น สาหร่ายผมนาง โมเลกุลของคาร์ราจีแนนเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ ประเภทเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ heteropolysaccharide ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เป็นพอลิเมอร์ของกาแล็กโทส และ 3,6-anhydrogalactose มีทั้งชนิดที่มีหมู่ซัลเฟต และไม่มีหมู่ซัลเฟตซึ่งทำให้คาร์ราจีแนน มีสมบัติด้านต่าง ๆ เช่น การละลาย การเกิดเจล แตกต่างกันไป

การใช้ประโยชฆน์คาร์ราจีแนนในอาหาร เป็น thickening agent ทำให้เกิดความหนืด เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ช่วยให้ น้ำมันและไขมันกับน้ำผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี เป็นสารก่อเจล ทำให้เกิดเจลจากคาร์ราจีแนน เป็นเจลชนิด thermoreversible gel คือ เจลที่สามารถเปลี่ยนเป็นของเหลวได้เมื่อได้รับความร้อน ใช้ในผลิตภัณฑ์ของหวานฦเป็นเจล อาหารสัตว์บรรจุกระป๋อง ผลิตภัณฑ์นม น้ำนมถั่วเหลือง

2.8.2 ไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) ได้แก่อนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น carboxymethyl cellulose (CMC)

2.8.3 ไฮโดรคอลลอยด์สังเคราะห์ (synthetic hydrocolloids) เช่น โพลีเอธิลีนออกไซด์โพลีเมอร์ (polyethylene oxide polymers)

ส่วนใหญ่ไฮโดรคอลลอยด์ที่นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติและดัดแปรจากธรรมชาติ ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกันเมื่อนำมาใช้จะสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น เป็นสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) สารเพิ่มความหนืด (thickener) สารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) และหน้าที่อื่น ๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกใช้ ไฮโดรคอลลอยด์

1) ลักษณะเนื้อ (body) ที่ต้องการ: viscosity, rheology
2) ลักษณะความรู้สึกเมื่อมีอาหารอยู่ในปาก (mouthfeel): slimy, non-slimy
3) ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ของ gel ที่ต้องการ: Gel strength
4) ลักษณะปรากฏที่ต้องการ (appearance): cloud, clear
5) ความคงตัว (stability) ต่อกระบวนการผลิต: beat, shear stress
6) ความคงตัวในการเก็บรักษา: syneresis, freeze/thaw

2.9 อาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง

อาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง (Precooked-food) เป็นอาหารที่ผ่านการปรุงพร้อมบริโภค และได้รับการแช่เยือกแข็งเพื่อทำการยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารให้นานขึ้น และนำมาบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ซึ่งเป็นกล่องกระดาษที่เคลือบพอลีเอทิลีน (Polyethylene) เนื่องจากภาชนะลักษณะนี้สามารถป้องกันผลิตภัณฑ์จากความชื้น ทั้งยังสามารถนำตัวผลิตภัณฑ์ไปทำการอุ่นได้ในเตาไมโครเวฟ

2.9.1 ประเภทอาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง

แบ่งตามวิธีการปรุง โดยรวมทั้งอาหารกึ่งสำเร็จรูปและอาหารสำเร็จรูปดังนี้ (สุวรรณ, 2533)

1) ประเภททอด (Deep Fried) เป็นรูปแบบของอาหารกึ่งสำเร็จรูปกึ่งสุกดิบ หรือดิบ

2) ประเภทนึ่ง (Steamed) คืออาหารสำเร็จรูป เนื่องจากอาหารประเภทนึ่งต้องได้รับความร้อนเพื่อทำให้เกิดการคงรูปร่างเอาไว้เพื่อการแช่แข็งอาหาร

3) ประเภทย่างสัมผัสกับเปลวไฟ (Grilled) โดยส่วนมากอาหารประเภทนี้จะเป็นอาหารสำเร็จรูป หรืออาจเป็นอาหารดิบก็ได้

4) ประเภทย่างภายใต้การใช้แสงอินฟาเรด (Roasted with Infrared) จะเป็นอาหารที่ทำให้สุกก่อนแล้ว คืออาจเป็นอาหารจานเดียวหรือเป็นเพียงกับข้าวอย่างเดียว

5) ประเภทต้ม (Boiled) อาหารประเภทนี้จำเป็นต้องผ่านการต้มโดยตรง จึงเป็นอาหารสุก

6) ประเภทผัด (Pan Fry) เป็นอาหารประเภทสุก

2.9.2 เทคโนโลยีการแช่เยือกแข็ง

เทคโนโลยีการแช่เยือกแข็งเป็นการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการลดอุณหภูมิของอาหารลดลงต่ำ ทำให้น้ำภายในอาหารถูกแช่เยือกแข็งกลายเป็นผลึก ซึ่งกระบวนการนี้มีการกำจัดความร้อนออกด้วยขั้นตอน 2 ประการดังนี้ คือ การเกิดนิวเคลียสผลึก (Nucleation Phase) และการเติบโตของผลึก (Crystal Growth Phase) ซึ่งการแช่เยือกแข็งจะมีคุณสมบัติสำคัญคือ ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นาน ทั้งคุณค่าทางโภชนาการที่ได้จากการแช่เยือกแข็งยังสูงกว่าการเก็บรักษาอาหารด้วยวิธีการแช่เย็นปกติ

ซึ่งอัตราการดึงความร้อนออกจากอาหารนั้น เป็นสาเหตุสำคัญที่มีผลต่อขนาดผลึกของน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ โดยการแช่เยือกแข็งรวดเร็วจะส่งผลให้ผลึกที่เกิดมีขนาดเล็ก ขณะที่การดึงความร้อนออกจากอาหารอย่างช้า ๆ จะทำให้ผลึกน้ำแข็งที่ได้มีขนาดใหญ่ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอาหารทำให้เปลี่ยนแปลงไป โดยกระบวนการแช่เยือกแข็งจะแบ่งออกเป็น 4 วิธีการ ดังนี้ (สายสนม, 2540)

1) การแช่เยือกแข็งอากาศเย็นจัด (Air Brast Freezing)

2) การแช่เยือกแข็งที่สัมผัสกับแผ่นโลหะเย็นจัด (Contact Plate Freezing)

3) การแช่เยือกแข็งรูปแบบจุ่มในของเหลวเย็นจัด (Liquid Immersion Freezing)

4) การแช่เยือกแข็งรูปแบบไครโอเจนิก (Cryogenic Freezing)

2.9.3 การคืนรูปของผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง

เป็นกระบวนการที่ทำให้ผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ละลายเพื่อคืนรูปสู่สภาพเดิมของอาหาร โดยการให้ความร้อนกับอาหารแช่เยือกแข็ง ซึ่งเวลาที่ถูกใช้ในการคืนรูปจะเริ่มที่อาหารหรือผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิที่เทียบเท่ากับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา จนถึงช่วงที่ไม่เหลือผลึกน้ำแข็งในอาหาร หรือก็คือเวลาที่ซึ่งอุณหภูมิในใจกลางส่วนของอาหารมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 1-0 องศาเซลเซียส ซึ่งกระบวนการนี้สามารถทำได้หลายวิธีการดังนี้ (สายสนม, 2540)

1) การหมุนเวียนของน้ำเย็น

การหมุนเวียนของน้ำเย็นเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายซึ่งทำให้กลายเป็นวิธีที่นิยมใช้ตามโรงงานอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ โดยวิธีการนี้สามารถทำได้ด้วยการนำอาหารแช่ลงน้ำที่หมุนเวียนตลอดเวลาเพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อนรวมถึงการรักษาอุณหภูมิของผิวผลิตภัณฑ์เพื่อไม่ให้สูงเกินไป โดยน้ำนั้นมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 20 องศาเซลเซียส โดนวิธีการคืนรูปผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งด้วยวิธีนี้นั้นสามารถทำให้อาหารสูญเสียสารอาหารบางชนิดไป

2) การใช้เตาอบ

การใช้เตาอบเป็นวิธีการที่นิยมใช้กับอาหารที่จำเป็นต้องผ่านการอบอาหารให้พร้อมกับการคืนรูปอาหาร

3) การใช้กระแสไฟฟ้าผ่านขั้วไฟฟ้า

กระบวนการนี้เป็นวิธีการที่มีอัตราการคืนตัวที่เร็วกว่าวิธีการหมุนเวียนของน้ำเย็น 3 เท่า โดยการคืนรูปโดยการใช้กระแสไฟฟ้าผ่านขั้วไฟฟ้าเป็นการอาหารแช่เยือกแข็งแช่กับของเหลวหรือก็คือน้ำ ซึ่งมีแผ่นขั้วไฟฟ้า 2 แผ่นจุ่มน้ำอยู่โดยต่อกับวงจรไฟฟ้ากระแสอันมีความต่างศักย์ 380 โวลต์ ซึ่งวิธรีการนี้จะมีสวิตซ์เปิด-ปิดควบคุมเพื่อป้องกันการเกิดความร้อนสูงจนเกิดอันตราย

4) การใช้ไมโครเวฟ

การใช้ไมโครเวฟเป็นวิธีการที่ใช้ความร้อนที่ได้จากช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดและพื้นที่ในการคืนรูปอาหารแช่เยือกแข็ง ขณะเดียวกันก็เป็นวิธีการที่สูญเสียน้ำและสารอาหารจากผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด ทว่าวิธีการนี้มีค่าใช้ง่ายสูง

2.9.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารที่เกิดขึ้นในระหว่างการแช่เยือกแข็ง

2.9.4.1 ด้านกายภาพ ซึ่งก็คือการระเหิด การระเหิดอาจเกิดขึ้นได้จากการบรรจุผลิตภัณฑ์ได้ไม่ดี หรือเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิในห้องที่ไม่เหมาะสมหรือไม่สม่ำเสมอ ซึ่งการระเหิดนั้นนอกจากจะทำให้อาหารมีผิวหน้าที่แข็งและแห้ง (Freeze Burn) แล้วยังทำให้อาหารเกิดการสูญเสียน้ำหนัก โดยการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอีกประการคือการทำให้เนื้อสัมผัสที่ได้เหนียวคล้ายคลึงกับ

ฟองน้ำ (Sponge-like Texture) เหนียว (Toughness) และเป็นเส้นใย (Fibrous) ซึ่งมีเหตุจากการแปรสภาพของโปรตีน จนถึงการที่เซลล์ถูกทำลาย (อุทุมพร, 2551)

2.9.4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญคือการเกิดกลิ่นหืนที่เป็นผลมาจากการแช่แข็ง (Cold Store Flavor) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้มีผลเกี่ยวเนื่องมาจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสนี้เกิดขึ้นจากการที่เอนไซม์ไลเปสกับความชื้นภายในอาหารทำปฏิกิริยาร่วมกันทำให้เกิดการแตะตัวได้กรดไขมันอิสระ อันเป็นสาเหตุของกลิ่นหืน อีกทั้งกรดไขมันอิสระชนิดไม่อิ่มตัวที่เกิดขึ้นยังทำปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เม็ดสีของผลิตภัณฑ์ผิดปกติ (อุทุมพร, 2551)

2.9.4.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ เนื่องมาจากการแช่เยือกแข็งนั้นทำให้เกิดการลดประมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร แต่การเปลี่ยนแปลงนี้ไม่ใช่การทำให้อาหารปราศจากเชื้อ (Sterilization) โดยอุณหภูมิที่ต่ำนี้เป็นสาเหตุทำให้ปฏิกิริยาทางเอนไซม์และเคมีหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์จนถึงการชะลอเอนไซม์ลง ขณะเดียวกันก็มีจุลินทรีย์ ยีสต์ รา และแบคทีเรียบางตัวนั้นมีความสามารถในการเติบโตที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง โดยการแช่เยือกแข็งทำจะที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งจึงทำให้สามารถป้องกันการเน่าเสียได้ (มัทนา, 2548)

2.10 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กัณต์ฐิตา และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษางานวิจัยการผลิตคุกกี้ปลอดกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่แทนแป้งสาลี และมีการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสคุกกี้ให้ดียิ่งขึ้นในด้านการเกาะตัวของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ เพื่อให้ผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตน หรือคนที่รักในสุขภาพมีทางเลือกในการบริโภคมากขึ้น โดยสารที่นำมาใช้คือ CMC (carboxymethylcellulose) และคาราจีแนน(Carrageenan) ซึ่งจะมีความแตกต่างของปริมารในแต่ละสูตรคือปริมาณของ CMC ต่อ คาราจีแนนเท่ากับ 0:0, 0:1, 0:2, 1:1, 1:2, 2:0, 2:1, 2:2 รวมถึงสูตรควบคุมคุกกี้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ เทียบกับสูตรควบคุกกี้แป้งข้าวสาลี พบว่า การใช้สารคาราจีแนนจะทำให้อัตราการแผ่ตัวของคุกกี้ข้าวไรซ์เบอรี่ลดลง แต่เมื่อใช้สาร CMC ร่วมกับคาราจีแนนอัตราส่วน 2 ต่อ 1 จะส่งผลให้อัตราการแผ่ตัวและความแข็งของเนื้อสัมผัสของคุกกี้ข้าวไรซ์เบอรี่คล้ายกับคุกกี้จากแป้งสาลีมากที่สุด

เสาวลักษณ์ และผกาวดี (2557) ได้ทำการศึกษาการใช้แป้งแห้วสำปะหลังในการผลิตขนมชั้นโดยศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิต เริ่มจากการนำแห้วมาปลอกเปลือก ล้างทำความสะอาด ฝานบาง ๆ ตากแดด 2 - 3 วัน นำมาโม่หรือบดให้ละเอียด แล้วนำมาร่อนจะได้แป้งแห้ว โดยใช้แป้งแห้วทดแทนแป้งมันสำปะหลังในปริมาณร้อยละ 15 30 และ 45 ตามลำดับของน้ำหนักแป้ง พบว่ามีระยะการเก็บรักษาชั่วโมงที่ 0 – 48 มีค่า L* เพิ่มขึ้น ค่า a* และ b* มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และองค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีค่าความชื้น 46.58 โปรตีน 2.68 ไขมัน 2.93 เถ้า 0.71 และคาร์โบรไฮเดรต 92.66 จากการเก็บรักษาขนมชั้นจากแป้งแห้วโดยบรรจุตัวอย่างในกล่องพลาสติก Polyethylene Terepthalatem เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า มีค่าความแข็งเท่ากับ 1526.23 (g) ความ

ง่ายต่อการเคี้ยวเท่ากับ 1115.62 (g) ค่าการเกาะติดเท่ากับ 0.84 (g.sec) ค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 0.92 (N.s) ความเหนียมแน่นเท่ากับ 0.54 (N) และค่าความเหนียวเท่ากับ 1151.33 (N) การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.1-2546

ปณิดา และคณะ (2556) ได้ศึกษาผลของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ที่มีต่อคุณภาพของขนมชั้นที่เตรียมจากแป้งขนมชั้นสำเร็จรูป พบว่าขนม ชั้นที่มีแป้งข้าวเจ้าดิบผสมกับแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ความเรียบเนียนของหน้าขนม ความสามารถในการในการแยกชั้น ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน และมีคะแนนความชอบทุกด้านสูงกว่าขนมชั้นที่ไม่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์

เกศรินทร์ และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาขนมชั้นที่เป็นขนมที่นิยมบริโภค ซึ่งสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้เพียง 1-2 วันเท่านั้น ดังนั้นการแช่เยือกแข็งจึงน่าจะเป็นทางเลือกในการยืดอายุการเก็บรักษา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราการแช่เยือกแข็งและวิธีการละลายน้ำแข็งที่มีผลต่อคุณลักษณะของขนมชั้นแช่เยือกแข็ง โดยเตรียมขนมชั้นสดและนำมาแช่เยือกแข็งแบบเร็วที่อัตราการแช่เยือกแข็ง 4.08 ๐ซ/นาที และ แช่เยือกแข็งแบบช้าที่อัตราเร็ว 0.2 ๐ซ /นาที จากนั้นนำมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง และในน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 ๐และ90 ๐ซ จากการตรวจสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่า ขนมชั้นที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบช้ามีความแข็งมากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบขนมชั้นแช่เยือกแข็งแบบเร็วมากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบช้า ส่วนการทำละลายที่อุณหภูมิ 80 ๐ซ และ 90 ๐ซ ให้ผลที่ดีกว่าที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากการให้ความร้อนสูงระยะเวลาสั้นช่วยให้ขนมชั้นกลับสู่สภาพเดิมได้มากที่สุด นอกจากนี้ไม่พบการแยกตัวของน้ำหลังการละลายในทุกตัวอย่างคาดว่าเนื่องจากขนมชั้นมีความชื้นปานกลางและปริมาณน้ำตาลที่ค่อนสูงมีส่วนลดการเกิดรีโทรกราเดชัน

ปานทิพย์ และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาปริมาณแป้งข้าวสังข์หยดที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมเกลียว โดยใช้แป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้า และศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมเกลียวสังข์หยด พบว่า ปริมาณแป้งข้าวสังข์หยดที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมเกลียวที่อัตราส่วน 50:50 และพลังงาน เพิ่มขึ้น 1.80 กิโลแคลอรี โปรตีน 98.66 กรัม คาร์โบไฮเดรต 226.80 กรัม ใยอาหาร 8.10 กรัม วิตามินบีหนึ่ง 2.00 มิลลิกรัม และวิตามินบีสอง 1.38 มิลลิกรัม ส่วนที่ลดลง คือ ไขมัน

รจนา และคณะ (2552) ศึกษาการปรับปรุงความคงตัวของโฟมไข่ขาว โดยทำการศึกษาผลของชนิดไฮโดรคอลลอยด์ 4 ชนิด คือ วุ้นที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.1 และ 0.5 คาร์ราจีแนนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.01 0.05 และ 0.1 แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.2 0.4 และ 0.6 และเพกทิน ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.01 0.5 และ 1 ของปริมาณไข่ขาว ศึกษาระดับพีเอชของโฟมไข่ขาวที่ 4 ระดับ คือ 5 6 7 และ 9 พบว่าวุ้น คาร์ราจีแนน แซนแทนกัม และเพกทิน ที่ปริมาณร้อยละ 0.5 0.1 0.2 และ0.5 ที่พีเอช 9 มีความสามารถในการเกิดโฟมดีที่สุด แต่ที่พีเอชต่ำกว่า 9 จะทำให้โฟมมีความคงตัวดี การเก็บโฟมที่ -18 องศาเซลเซียส ช่วยให้น้ำไม่แยกออกจากโฟมไข่ขาวในระหว่างการเก็บรักษา

คาร์ราจีแนนที่ร้อยละ 0.1 ทำให้โฟมมีขนาดของฟองอากาศเล็กที่สุด การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการใช้วุ้น คาร์ราจีแนน แซนแทนกัม และเพกทินในปริมาณที่เหมาะสม ที่พีเอช9 มีความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม

อริสรา และ อรอุมา (2550) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีบางส่วน โดยผลิตแป้งข้าวหอมนิลที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 180 ไมโครเมตร พบว่าแป้งข้าวหอมนิลสามารถทดแทนแป้งสาลีได้สูงสุดถึงร้อยละ 50 โดยคุกกี้ที่มีการทดแทนแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มมากขึ้นจะสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนและไขมันคิดเป็นร้อยละ 2.03 และ 1.68

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 เครื่องมือที่ใช้

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 แป้งท้าวยายม่อม (ตราปลามังกร)
3.1.1.2 แป้งมันสำปะหลัง (ตราปลามังกร)
3.1.1.3 แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (ตราปฐมทอง)
3.1.1.4 แป้งข้าวหอมนิล (9ikB NATURAL)
3.1.1.5 แป้งข้าวสังข์หยด (ตราปันแป้ง)
3.1.1.6 แป้งข้าวเจ้า (ตราช้างสามเศียร)
3.1.1.7 กะทิสำเร็จรูป (ตราอร่อยดี)
3.1.1.8 น้ำเชื่อม (ตรามิตรผล)
3.1.1.9 กลิ่นมะลิ (ตราวินเนอร์)
3.1.1.10 สีผสมอาหาร (ตราวินเนอร์)
3.1.1.11 แป้งดัดแปร (เจ-ออยล์ มิลล์ประเทศไทยจำกัด)
3.1.1.12 กัวร์กัม (เคมีภัณฑ์)
3.1.1.13 กัมอะราบิก (เคมีภัณฑ์)
3.1.1.14 คาราจีแนน (เคมีภัณฑ์)

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตขนมชั้น

3.1.2.1 เครื่องชั่ง
3.1.2.2 ทัพพี
3.1.2.3 ถาดสแตนเลส
3.1.2.4 ผ้าขาวบาง
3.1.2.5 อ่างผสมสเตนเลส
3.1.2.6 ลังถึง
3.1.2.7 พายยาง
3.1.2.8 นาฬิกาจับเวลา
3.1.2.9 ถุงพลาสติก ขนาด 4 X 6 นิ้ว
3.1.2.10 หม้อสเตนเลส

3.1.2.11 ถ้วยตวงของเหลว

3.1.2.12 ช้อนตวง

3.1.3 อุปกรณ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.1.3.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9– Points Hedonic Scale) และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบทางประสารทสัมผัส

3.1.3.2 ผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

3.1.3.3 ปากกา

3.1.3.4 แก้วน้ำ

3.1.3.5 ถ้วยชิม

3.1.4 อุปกรณ์ในการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

3.1.4.1 แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

3.1.4.2 ผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

3.1.5 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.1.5.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง Sartorius

3.1.5.2 เครื่องวัดค่าสี (Konica Minolta รุ่น – 3500 d) โดยระบบ Hunter Lab เพื่อวัดค่าสีในแบบ L* a* และ b*

3.1.5.3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer รุ่น TA-xT2i วัดค่าแบบTexture Profile Analysis โดนวัดค่า Gumminess (ค่าความเหนี่ยวหนืบ) Springiness (ค่าความยืดหยุ่น) Chewiness (ค่าการเกาะติด)

3.2 วิธีการ

3.2.1 ศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์

ผลิตขนมชั้น 3 สูตร โดยใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดมาทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมชั้น ประเมินคุณภาพโดยวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture) ค่าสี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้น ทั้ง 3 สูตร ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็น นักเรียน/นักศึกษา แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3.1 สูตรขนมชั้นที่ใช้ แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสมในแต่ละสูตร							
	สูตรที่ 1* แป้งข้าวเจ้า		สูตรที่ 2 แป้งข้าวหอมนิล		สูตรที่ 3 แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่		สูตรที่ 4 แป้งข้าวสังข์หยด	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
แป้งท้าว	260	10.65	260	10.65	260	10.65	260	10.65
แป้งมันสำปะหลัง	220	9.02	220	9.02	220	9.02	220	9.02
ปั้งข้าวเจ้า	50	2.05	-	-	-	-	-	-
แป้งข้าวหอมนิล	-	-	50	2.05	-	-	-	-
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	-	-	-	-	50	2.05	-	-
แป้งข้าวสังข์หยด	-	-	-	-	-	-	50	2.05
น้ำเชื่อม	1,000	40.98	1,000	40.98	1,000	40.98	1,000	40.98
กะทิ	911	37.30	911	37.30	911	37.30	911	37.30

ที่มา: *วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี (2560)

ผสมแป้งท้าว แป้งมัน และแป้งข้าว เข้าด้วยกัน

↓

ใส่หัวกะทิค่อยๆ นวดให้นุ่ม ใส่น้ำเชื่อมลงนวดให้เข้ากัน

↓

ใส่กะทิทีละน้อยๆนวดจนหมด
แบ่งแป้งที่นวดแล้วออกเป็น 2 ส่วน ใส่สีตามชอบ 1 ส่วน กับสีขาว 1 ส่วน

↓

เตรียมลังถึงใส่น้ำ ตั้งไฟให้เดือดพล่าน
เรียงพิมพ์หรือถาดลงในลังถึง นึ่งพิมพ์ให้ร้อนจัด

↓

ตักแป้งใส่พิมพ์ขนาด 11*11นิ้ว หยอดประมาณ ¼ นิ้ว

↓

นึ่งทีละชั้น 5-7 นาที แป้งสุก จึงเทแป้งอีกใส่นึ่งให้สุก
ทำอย่างนี้ทุกครั้งจนกระทั่งแป้งเต็มพิมพ์

↓

นึ่งขนมให้สุก นำออกจากลังถึง พักให้เย็นแกะออกจากพิมพ์

ภาพที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตขนมชั้น
ที่มา: ดัดแปลงจาก วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี (2560)

3.2.2 ศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง

ทำการผลิตขนมชั้นเหมือนข้อ 3.2.1 อีกครั้ง แล้วนำมาแช่แข็งด้วยอุณหภูมิที่ –18 องศาเซลเซียส นำมาคืนตัวด้วยการอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที วัดค่าเนื้อสัมผัสและค่าสี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้น ทั้ง 3 สูตร ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็น นักเรียน/นักศึกษา แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95 เพื่อทดสอบดูอีกครั้งว่าภายหลังจากการแช่แข็งแล้วนำมาคืนตัวด้วยการอุ่นไมโครเวฟ ผลการทดสอบมีข้อแตกต่างจากข้อ 3.2.1 หรือไม่จากนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.2.3 ศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรที่ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

นำสูตรขนมชั้นที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 3.2.2 มาเป็นสูตรพื้นฐานเพื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง โดยนำมาศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพของขนมชั้นแช่แข็ง โดยทดแทนส่วนของแป้งมันสำปะหลังในสูตรของขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2, 3 และ 4 เปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน (จากข้อ 3.2.2) ที่ไม่มีการเติมแป้งดัดแปร แล้วนำขนมชั้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาละลายน้ำแข็งนำเข้าอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที วัดค่าเนื้อสัมผัส และค่าสีของขนมชั้นหลังการคืนตัว

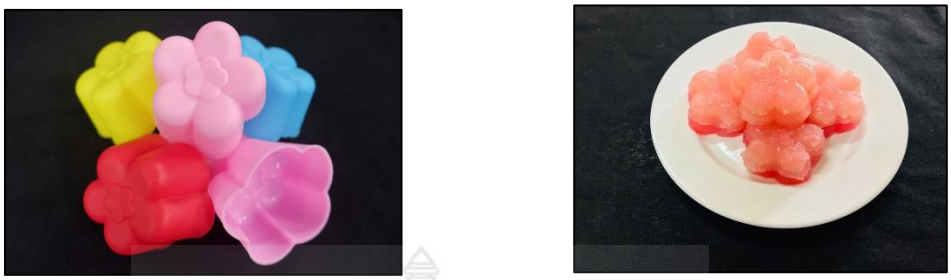
ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้นที่ทดแทนแป้งมันสำปะหลังทั้ง 3 ระดับ ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็น นักเรียน/นักศึกษา แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.2.4 ศึกษาการเติมปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

นำสูตรขนมชั้นที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 3.2.3 มาเป็นสูตรพื้นฐานโดยนำมาศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสม 3 ชนิด (ชนิดที่ 1 กัวร์กัม ชนิดที่ 2 กัมอะราบิก ชนิดที่ 3 คาราจีแนน) ในการพัฒนาสูตรของขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง โดยเสริมไฮโดรคอลลอยด์ ร้อยละ 0.1 ของปริมาณแป้งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐานเดิมที่ไม่มีการใช้แป้งดัดแปรและสูตรที่มีการใช้แป้งดัดแปร แล้วนำขนมชั้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาละลายน้ำแข็งนำเข้าอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสและค่าสี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้นที่ศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิดที่ต่างกันในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็น นักเรียน/นักศึกษา แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรีวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.2.5 ศึกษารูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นในบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย

นำขนมชั้นที่ได้ (จากข้อ 3.2.4) มาศึกษารูปแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 3 รูปแบบ และบรรจุภัณฑ์ของขนมชั้นแช่แข็งจำนวน 4 รูปแบบ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญคัดเลือก ทั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญเป็นคณะผู้บริหารและครูอาจารย์ของวิทยาลัยเทคนิคลพบุรี จำนวน 7 คน โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์



แบบที่ 1

แบบที่ 2

แบบที่ 3

ภาพที่ 3.2 รูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

แบบที่ 1

แบบที่ 2

แบบที่ 3

แบบที่ 4

ภาพที่ 3.3 รูปแบบของบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

3.3.1 ห้องปฏิบัติการของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.3.2 ห้องปฏิบัติการของสาขาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

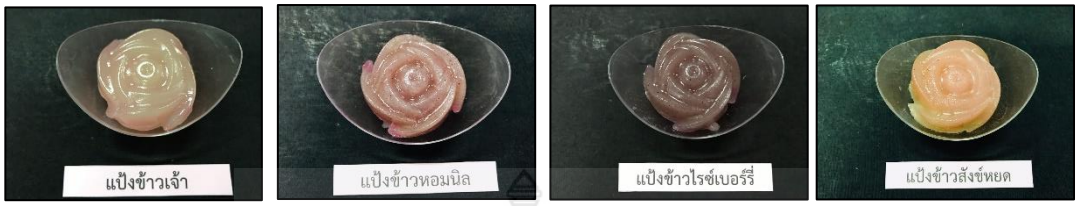
4.1 ผลการศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

การศึกษาการผลิตขนมชั้นเพื่อเปรียบเทียบสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด โดยนำแป้งทั้ง 3 ชนิด (ภาคผนวก ก) มาทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมชั้น ประเมินคุณภาพโดยวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture) และค่าสี ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้น ทั้ง 3 สูตร ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป (ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในสูตรขนมชั้น

ค่าคุณภาพ	สูตรที 1 แป้งข้าวเจ้า	สูตรที่ 2 แป้งข้าวหอมนิล	สูตรที่ 3 แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	สูตรที่ 4 แป้งข้าวสังข์หยด
ค่าความเหนี่ยวหนืบ^{ns}	7622.59 ±1673.21	8942.87 ±1338.53	7819.41 ±2110.87	6210.25 ±3308.91
ค่าความยืดหยุ่น^{ns}	0.91 ± 0.01	0.89±0.00	0.81±0.07	0.81±0.11
ค่าการเกาะติด^{ns}	6994.42 ±1619.69	8046.18 ±1299.62	6391.81 ±1977.93	5325.21 ±3268.72

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 4.1 ขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด

จากตารางที่ 4.1 ผลการประเมินเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น พบว่าขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แป้งแต่ละชนิดไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมชั้นเมื่อทดสอบด้วยเครื่องทดสอบเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) ทั้งนี้ด้วยแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดเป็นแป้งที่อยู่ในกลุ่มแป้งข้าวเจ้า มีปริมาณอะไมโลส และอะไมโลเพคตินที่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมชั้นที่ได้จากแป้งทั้ง 4 ชนิดไม่ต่างกัน

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

ค่าสี	สูตรที่ 1 แป้งข้าวเจ้า	สูตรที่ 2 แป้งข้าวหอมนิล	สูตรที่ 3 แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	สูตรที่ 4 แป้งข้าวสังข์หยด
L*	47.44 ± 0.14^{a}	38.50 ± 0.52^{d}	40.07 ± 0.7^{c}	44.67 ± 0.36^{b}
a*	17.44 ± 0.32^{a}	8.87 ± 0.15^{c}	5.56 ± 0.20^{d}	10.49 ± 0.34^{b}
b*	1.55 ± 0.24^{c}	1.95 ± 0.09^{b}	1.28 ± 0.19^{c}	3.43 ± 0.21^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.2 ผลการประเมินค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น พบว่าค่าสี L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าความเป็นสีแดง), b*(ค่าความเป็นสีเหลือง) ขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแป้งข้าวเจ้าซึ่งเป็นแป้งที่มีสีขาวกว่าแป้งชนิดอื่น ทำให้ขนมชั้นที่ได้มีสีขาวสว่าง (มีค่า L* มากที่สุด) และแป้งข้าวสังข์หยดให้ค่า b*(ค่าความเป็นสีเหลือง) มากกว่าแป้งข้าวชนิดอื่น

เนื่องจากข้าวสังข์หยดมีสีส้มโทนออกเหลืองมากกว่าข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอร์รี่ซึ่งมีโทนสีแดงมากกว่า

ตารางที่ 4.3 คะแนนความชอบของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้า

คุณลักษณะ	สูตรที 1 แป้งข้าวเจ้า	สูตรที่ 2 แป้งข้าวหอมนิล	สูตรที่ 3 แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	สูตรที่ 4 แป้งข้าวสังข์หยด
สี	6.83 ± 1.39^{a}	5.26 ± 1.52^{b}	5.70 ± 1.68^{b}	6.66 ± 1.09^{a}
กลิ่น	6.53 ± 1.13^{a}	5.60 ± 1.47^{b}	6.30 ± 1.39^{a}	6.30 ± 1.08^{a}
รสชาติ	6.63 ± 1.24^{a}	5.30 ± 1.85^{b}	6.16 ± 1.82^{a}	6.73 ± 1.36^{a}
เนื้อสัมผัส (เหนียวหนึบ)	7.10 ± 1.42^{a}	5.93 ± 1.61^{b}	5.93 ± 1.72^{b}	$6.50 \pm 1.50^{a,b}$
ความชอบโดยรวม	7.36 ± 1.15^{a}	5.73 ± 1.59^{b}	6.10 ± 1.76^{b}	7.23 ± 1.07^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ใช้ แป้งข้าวเจ้าและข้าวสังข์หยด คะแนนความชอบสูงไม่แตกต่างในทุกด้าน ทั้งสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม และไม่แตกต่างกับขนมชั้นสูตรข้าวไรซ์เบอรี่ในด้านกลิ่นและรสชาติ ($p > 0.05$) แต่คะแนนมากกว่าสูตรแป้งข้าวหอมนิลในทุกด้าน ($p \leq 0.05$) ขนมชั้นที่มีแป้งข้าวสังข์หยดได้รับคะแนนความชอบสูงไม่แตกต่างจากแป้งข้าวเจ้าแต่เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าแป้งข้าวเจ้า คือ มีกากใยอาหารที่มีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย มีวิตามินอี มีประโยชน์ในการชะลอความแก่ นอกจากนี้มีโปรตีน ธาตุเหล็กและฟอสฟอรัส ซึ่งมีประโยชน์ในการบำรุงโลหิต บำรุงร่างกายให้แข็งแรง และป้องกันโรคความจำเสื่อม และยังมีสารแอนติออกซิแดนท์พวก oryzanol และมี gamma amino butyric acid (GABA) ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเป็นมะเร็ง (ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง, 2550) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นจากแป้งข้าวมีสีสามารถใช้แป้งข้าวสังข์หยด มาทดแทนแป้งข้าวเจ้า เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

4.2 ผลการศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งโดยเปรียบเทียบสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด มาทดแทนแป้งข้าวเจ้า ภายหลังจากการนำมาแช่แข็งด้วยอุณหภูมิที่ –18 องศาเซลเซียส แล้วนำมาคืนตัวด้วยการอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที วัดค่าเนื้อสัมผัสและค่าสีของขนมชั้น (ตารางที่ 4.4 และ 4.5) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้นในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) (ตารางที่ 4.6) เพื่อประเมินคุณภาพขนมชั้นภายหลังการแช่แข็งแล้วนำมาคืนตัวด้วยการอุ่นไมโครเวฟ เพื่อคัดเลือกชนิดของแป้งข้าวเจ้ามีสีในสูตรขนมชั้นมาศึกษาขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และ แป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง

คุณภาพเนื้อสัมผัส	สูตรที 1 แป้งข้าวเจ้า	สูตรที่ 2 แป้งข้าวหอมนิล	สูตรที่ 3 แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	สูตรที่ 4 แป้งข้าวสังข์หยด
ค่าค่าความเหนี่ยวหนืบ	8527.93 ±684.64^{b}	14332.16 ±1098.20^{a}	3569.95 ±809.57^{c}	8977.40 ±741.61^{b}
ค่าค่าความยืดหยุ่น	0.90±0.02^{a}	0.87±0.04^{a,b}	0.69±0.07^{c}	0.79±0.04^{b}
ค่าค่าการเกาะติด^{ns}	7722.93 ±768.68	8907.92 ±6724.00	2437.10 ±439.99	7079.71 ±1902.58

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของขนมชั้นภายหลังจากการแช่แข็งแล้วนำมาคืนตัวอุ่นด้วยไมโครเวฟ พบว่าความเหนี่ยวหนืบของขนมชั้นที่มีแป้งข้าวหอมนิลมีมากกว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวสังข์หยด และแป้งข้าวเจ้าตามลำดับ ($p \leq 0.05$) ส่วนความยืดหยุ่นของขนมชั้นที่มีแป้งข้าวเจ้ามีมากกว่า เพราะลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งข้าวเจ้ามีความเนียนมากกว่า แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด ($p \leq 0.05$) ซึ่งข้าวเจ้ามีสีทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณเส้นใยมากกว่าจึงมีส่วนการขัดขวางการเกิดเจลการเกาะติดของแป้ง จึงทำให้ขนมชั้นมีการยืดหยุ่นน้อยกว่า ส่วนค่าการเกาะติดที่มีค่าแรงในการดึงหัววัดออกจากชิ้นอาหารของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.5 ค่าสีของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง

ค่าสี	สูตรที 1 แป้งข้าวเจ้า	สูตรที่ 2 แป้งข้าวหอมนิล	สูตรที่ 3 แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	สูตรที่ 4 แป้งข้าวสังข์หยด
L*	47.94 ± 0.61^{a}	35.68 ± 0.32^{d}	39.13 ± 0.11^{c}	41.44 ± 0.09^{b}
a*	14.66 ± 0.26^{a}	6.32 ± 0.29^{d}	8.66 ± 0.31^{c}	13.48 ± 0.13^{b}
b*	2.10 ± 0.07^{b}	1.51 ± 0.23^{b}	$1.85\pm0.15^{b,c}$	5.36 ± 0.33^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.5 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านค่าสี L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าความเป็นสีแดง), b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแป้งข้าวเจ้าซึ่งเป็นแป้งที่มีสีขาวกว่าแป้งชนิดอื่น ทำให้ขนมชั้นที่ได้มีสีขาวสว่าง (มีค่า L* มากที่สุด) และแป้งข้าวสังข์หยดให้ค่า b*(ค่าความเป็นสีเหลือง) มากกว่าแป้งข้าวชนิดอื่น เนื่องจากข้าวสังข์หยดมีสีส้มโทนออกเหลืองมากกว่าแป้งข้าวชนิดอื่น

ตารางที่ 4.6 คะแนนความชอบของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง

คุณลักษณะ	สูตรที่ 1 แป้งข้าวเจ้า	สูตรที่ 2 แป้งข้าวหอมนิล	สูตรที่ 3 แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	สูตรที่ 4 แป้งข้าวสังข์หยด
สี	7.89 ± 0.93^{a}	6.27 ± 1.30^{b}	6.65 ± 1.28^{b}	6.51 ± 1.32^{b}
กลิ่น	6.72 ± 1.25^{ab}	5.86 ± 1.32^{c}	6.44 ± 1.32^{bc}	7.17 ± 1.39^{a}
รสชาติ	7.20 ± 1.39^{a}	6.44 ± 1.35^{b}	6.58 ± 1.57^{b}	6.48 ± 1.57^{b}
เนื้อสัมผัส (เหนียวหนึบ)^{ns}	6.72 ± 1.81	6.44 ± 1.61	6.41 ± 1.61	6.62 ± 2.17
ความชอบโดยรวม^{ns}	7.31 ± 1.31	6.86 ± 1.32	7.03 ± 1.37	7.13 ± 1.32

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และรสชาติของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของขนมชั้นแช่แข็งทุกสูตรไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ทั้งนี้ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าวสังข์หยดยังได้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกับขนมชั้นแป้งข้าวเจ้าในคุณลักษณะด้านกลิ่นอีกด้วย ขนมชั้นแป้งข้าวสังข์หยดที่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นที่ดีกว่าขนมชั้นแป้งข้าวไรซ์เบอรี่และแป้งข้าวหอมนิล และยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง อีกทั้งยังได้คะแนนการยอมรับในสภาวะก่อนแช่แข็งจากข้อที่ 4.1 มากกว่าจากกลุ่มแป้งข้าวมีสีชนิดอื่น ดังนั้นจึงเลือกสูตรขนมชั้นที่มีแป้งข้าวสังข์หยดมาศึกษาและปรับปรุงคุณภาพของขนมชั้นแช่แข็งขั้นตอนต่อไป

4.3 ศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรที่ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

นำสูตรขนมชั้นที่ได้รับการยอมรับจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากข้อ 4.2 มาเป็นสูตรพื้นฐานเพื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง โดยนำมาศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งมันสำปะหลังในสูตรของขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2, 3

และ 4 เพื่อทดแทนปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน (จากข้อ 4.2) ที่ไม่มีการเติมแป้งดัดแปร แล้วนำขนมชั้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาละลายน้ำแข็งนำเข้าอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที วัดค่าเนื้อสัมผัส และค่าสีของขนมชั้นหลังการคืนตัว ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้นที่ทดแทนแป้งมันสำปะหลังทั้ง 3 ระดับในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.7 ผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมชั้นที่ใช้แป้งดัดแปรปริมาณต่างกันทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

ค่าเนื้อสัมผัส	ปริมาณแป้งดัดแปร			สูตรไม่ใส่แป้งดัดแปร
	ร้อยละ 2	ร้อยละ 3	ร้อยละ 4	
ค่าความเหนี่ยวหนืบ^{ns}	8134.48 ±2974.37	10379.27 ±1814.06	13501.48 ±923.21	7428.51 ±884.68
ค่าความยืดหยุ่น^{ns}	0.65±0.07	0.86±0.01	0.88±0.00	0.64±0.44
ค่าการเกาะติด	7056.29^{ab} ±374.36	9235.21^{a} ±674.33	11863.35^{a} ±343.11	4751.93^{b} ±203.29

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ภาพที่ 4.2 ขนมชั้นที่มีแป้งดัดแปรในสูตรปริมาณต่างกัน

จากตารางที่ 4.7 ผลการประเมินคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งที่ใช้แป้งดัดแปร ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง ทั้ง 3 ระดับคือ ร้อยละ 2 ร้อยละ 3 ร้อยละ 4 พบว่าค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่วัดได้ของขนมชั้นทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทาง

สถิติ (p>0.05) ในค่าค่าความเหนี่ยวหนืบและค่าความยืดหยุ่น แต่มีผลต่อค่าค่าการเกาะติดของขนมชั้น สูตรที่มีแป้งดัดแปรร้อยละ 2, 3 และ 4 มีค่าสูงไม่แตกต่างกัน เพราะเนื่องจากการเติมแป้งดัดแปรชนิด cross linked starch ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อค่าการเกาะติดของขนมชั้นได้ดีกว่าสูตรในปริมาณที่ลดน้อยลง และการใส่แป้งดัดแปรที่น้อยลงกว่าร้อยละ3 ยังส่งผลให้ขนมชั้นไม่ค่อยเกาะติด หน้าไม่เนียนและไม่ค่อยเป็นรูปทรงที่ดีเท่าที่ควร

ตารางที่ 4.8 ค่าสีของขนมชั้นที่ใช้แป้งดัดแปรปริมาณต่างกันในสูตรผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

ค่าสี	ปริมาณแป้งดัดแปร			สูตรไม่ใส่แป้งดัดแปร
	ร้อยละ 2	ร้อยละ 3	ร้อยละ 4	
L*	45.56±0.2^{a}	44.49±0.38^{b}	45.25±0.21^{a}	45.25±0.08^{a}
a*	11.04±0.10^{b}	11.40±0.32^{ab}	11.71±0.16^{a}	11.66±0.24^{a}
b*	2.48±0.31^{b}	3.36±0.36^{a}	3.50±0.39^{a}	2.94±0.25^{ab}

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

จากตารางที่ 4.8 ผลการประเมินคุณภาพค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งที่ใช้แป้งดัดแปรที่ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง ทั้ง 3 ระดับคือ ร้อยละ 2 ร้อยละ 3 ร้อยละ 4 พบว่าค่าสี L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าความเป็นสีแดง), b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ของขนมชั้นที่มีปริมาณแป้งดัดแปรที่ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในปริมาณต่างกันในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง มีผลต่อค่าสีของขนมชั้น โดยพบว่า ปริมาณ แป้งดัดแปงร้อยละ 2 และ ร้อยละ 4 ให้ค่า L* (ค่าความสว่าง) มากกว่าร้อยละ 3 แต่ค่า a* (ค่าความเป็นสีแดง), b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) เพิ่มมากขึ้นเมื่อใส่แป้งดัดแปรปริมาณร้อยละ 3 เพราะเนื่องจากแป้งดัดแปรร้อยละ 3 มีค่าการเกาะติดที่ดีกว่าไม่เละ และไม่แข็งเกินไปจึงทำให้สีเข้มขึ้น

ตารางที่ 4.9 คะแนนความชอบขนมชั้นที่ใช้แป้งดัดแปรปริมานต่างกันในสูตรขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

คุณลักษณะ	ปริมาณแป้งดัดแปร			สูตรไม่ใส่แป้งดัดแปร
	ร้อยละ 2	ร้อยละ 3	ร้อยละ 4	
สี	7.00±1.20^{b}	7.41±1.07^{a}	7.23±1.07^{ab}	7.11±1.06^{ab}
กลิ่น	6.64±1.12^{b}	7.17±1.05^{a}	6.61±1.18^{b}	6.88±1.17^{ab}
รสชาติ	7.14±1.12^{ab}	7.14±1.13^{ab}	7.50±0.96^{a}	7.05±1.15^{b}
เนื้อสัมผัส(ค่าความเหนี่ยวหนืบ)	7.50±0.92^{a}	7.41±1.13^{a}	7.44±0.85^{a}	6.41±1.39^{b}
ความชอบโดยรวม	7.41±0.98^{a}	7.61±1.04^{a}	7.29±1.00^{a}	6.82±1.26^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมชั้นที่ใช้แป้งดัดแปร ที่ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง ทั้ง 3 ระดับคือ ร้อยละ 2 ร้อยละ 3 ร้อยละ 4 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าขนมชั้นที่มีแป้งดัดแปร ร้อยละ 3 มีค่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดในทุกด้าน เนื่องจากแป้งดัดแปร ร้อยละ 3 การคืนตัวหลังจากการแช่แข็งมีค่าความเหนี่ยวหนืบที่ดีและคงสภาพของความเป็นขนมชั้นมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบจากสูตรตั้งต้น และเมื่อการเติมแป้งดัดแปลในปริมาณที่ลดน้อยลง กว่าร้อยละ 3 มีลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมชั้นหลังจากการคืนตัวด้วยการอุ่นที่ไมโครเวฟมีลักษณะเละไม่เกาะตัวเป็นชั้นได้ดีเท่าที่ควร แต่ปริมาณแป้งดัดแปรในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น กว่าร้อยละ 3 ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความแข็งกระด้างมากขึ้นและมีความหนาแน่นไม่เหนียวนุ่มเท่าที่ควร จึงคัดเลือกปริมาณแป้งดัดแปรร้อยละ 3 มาศึกษาปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งต่อไป

4.4 ศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

นำสูตรขนมชั้นที่ได้รับการยอมรับจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากข้อ 4.3 นำมาศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสม 3 ชนิด (ชนิดที่ 1 กัวร์กัม ชนิดที่ 2 กัมอะราบิก ชนิดที่ 3 คาราจีแนน) ในการพัฒนาสูตรของขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง โดยเสริมไฮโดรคอลลอยด์ ร้อยละ 0.1 ของปริมาณแป้งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐานเดิมที่ไม่มีการใช้แป้ง

ดัดแปร และสูตรที่มีการใช้แป้งดัดแปร แล้วนำขนมชั้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาละลายน้ำแข็งนำเข้าอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสและค่าสี (ตารางที่ 4.10 และ 4.11) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้นที่ศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิด ที่ต่างกันในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.10 ค่าเนื้อสัมผัสของขนมชั้นที่มีไฮโดรคอลลอยด์ปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

ค่าคุณภาพเนื้อสัมผัส	สูตรแป้งดัดแปร	สูตรไม่ใส่แป้งดัดแปร	กัวร์กัม	กัมอะราบิก	คาราจีแนน
ค่าความเหนี่ยวหนืบ^{ns}	8896.80 ±1775.19	7560.68 ±1126.88	8646.88 ±344.81	8277.40 ±1047.25	7909.81 ±1730.42
ค่าความยืดหยุ่น	0.93±0.01^{a}	0.91±0.01^{b}	0.86±0.00^{c}	0.91±0.00^{b}	0.89±0.00^{b,c}
ค่าการเกาะติด^{ns}	8290.79 ±1596.57	6887.29 ±1076.73	7440.63 ±311.02	7554.90 ±936.78	7084.06 ±1586.64

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ภาพที่ 4.3 ขนมชั้นที่มี (กัวร์กัม กัมอะราบิก คาราจีแนน) เสริมในสูตรผลิตภัณฑ์

จากตารางที่ 4.10 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งที่ใช้ไฮโดรคอลลอยด์ปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง ทั้ง 3 ชนิด พบว่า ค่าความเหนี่ยวหนืบของขนมชั้นที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิดมีค่าความเหนี่ยวหนืบและค่าการเกาะติด ไม่แตกต่าง

กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่าความยืดหยุ่นของไฮโดรคอลลอยด์ กัมอะราบิก มีมากกว่ากัวร์กัม และคาราจีแนน เพราะเนื่องจากกัมอะราบิก ให้ความหนืด ทำให้อิมัลชันคงตัว เพิ่มความข้นหนืด ไม่ตกผลึกของน้ำตาล จึงยืดหยุดได้ดีกว่ากัวร์กัม และคาราจีแนน

ตารางที่ 4.11 ค่าสีของขนมชั้นที่ใช้ไฮโดรคอลลอยด์ปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

ค่าสี	สูตรแป้งดัดแปร	สูตรไม่ใส่แป้งดัดแปร	กัวร์กัม	กัมอะราบิก	คาราจีแนน
L*	$42.67\pm0.2.^{c}$	43.67 ± 0.18^{b}	45.24 ± 0.17^{a}	42.49 ± 0.16^{c}	43.50 ± 0.39^{b}
a*	13.81 ± 0.23^{a}	13.60 ± 0.30^{a}	10.44 ± 0.55^{c}	12.84 ± 0.07^{b}	12.53 ± 0.36^{b}
b*	2.58 ± 0.42^{b}	2.05 ± 0.04^{c}	3.66 ± 0.28^{a}	1.51 ± 0.34^{d}	1.04 ± 0.05^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.11 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งที่ใช้ไฮโดรคอลลอยด์เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็งต่างกันทั้ง 3 ชนิด พบว่าค่าสี L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าความเป็นสีแดง), b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ของขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็งที่เสริมไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิด ค่า L* (ค่าความสว่าง) b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ของกัวร์กัมมีมากกว่าไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น เพาะกัวร์กัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ประเภทพอลิแซ็คาไรด์ที่สกัดได้จากเนื้อในเมล็ดของเมล็ดกัว เมื่อสกัดออกมาแล้วจะมีลักษณะเป็นผงสีขาวออกเหลือง ส่วน กัมอะราบิก ได้จากต้นไม้สกุล อะคาเซีย มีสีสันแตกต่างกันไปตั้งแต่สีขาวใสจนถึงสีเหลืองอำพัน จึงทำให้มีค่า a* (ค่าความเป็นสีแดง), b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) อยู่โทนกลางๆ แต่คาราจีนแนน สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) เช่น สาหร่ายผมนาง เมื่อสกัดเป็นผงแล้วจึงมีลักษณะออกเป็นโทนเหลืองปนสีส้ม จึงให้ค่า a* (ค่าความเป็นสีแดง), b* (ค่าความเป็นสีเหลือง)

ตารางที่ 4.12 คะแนนความชอบขนมชั้นที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ต่างชนิดในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น สำเร็จรูปแช่แข็ง

คุณลักษณะ	สูตรเสริมแป้งดัดแปร	สูตรไม่ใส่แป้งดัดแปร	กัวร์กัม	กัมอาบิก	คาราจีแนน
สี^{ns}	6.24±1.11	5.93±1.08	6.39±0.99	6.15±1.22	6.42±1.03
กลิ่น	6.39±1.53^{a,b}	5.90±1.30^{b}	6.45±1.06^{a}	6.21±1.19^{ab}	6.66±1.45^{a}
รสชาติ	5.81±1.42^{ab}	5.60±1.11^{b}	6.21±1.43^{a}	5.81±1.23^{ab}	6.06±1.22^{ab}
เนื้อสัมผัส (เหนียวหนึบ)	5.96±1.44^{ab}	6.18±1.42^{a,b}	6.48±1.09^{a}	5.81±1.23^{b}	6.30±1.31^{ab}
ความชอบโดยรวม	6.45±1.30^{bc}	6.12±1.08^{c}	6.75±1.06^{ab}	6.42±0.93^{bc}	6.87±1.24^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมชั้นที่ใช้ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง ทั้ง 3 ชนิด (ชนิดที่ 1 กัวร์กัม ชนิดที่ 2 กัมอาบิก ชนิดที่ 3 คาราจีแนน) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นคะแนนความชอบด้านสีของขนมชั้นที่ได้คะแนนไม่แตกต่างกันในทุกสูตร ($p > 0.05$) ในด้านเนื้อสัมผัส(ค่าความเหนี่ยวหนึบ) ขนมชั้นที่เสริมกัวร์กัม และคาราจีแนน ได้คะแนนสูงไม่แตกต่างกันในทุกด้าน และมีค่าคะแนนความชอบมากกว่าการใช้กัมอาบิก ($p \leq 0.05$) แต่เนื่องจากการใช้กัวร์กัม มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดจึงเลือกกัวร์กัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ในการช่วยรักษาความคงตัวของขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง เพราะเนื่องจากละลายได้ดีในน้ำเย็น มีสีขุ่น มีโปรตีนและเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบเล็กน้อย ทำให้อิมัลชันคงตัว ทำให้ขนมชั้นมีความข้นหนืดข้นหนืดและยืดหยุนได้ดีเห็นเป็นลักษณะชั้นที่ชัดเจน ผิวเนื้อสัมผัสของขนมชั้นเรียบเนียนมากกว่า อีกทั้งกัวร์กัมยังราคาถูกมากกว่าสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิด ขนมชั้นที่ดีเนื้อขนมควร เนียน นุ่ม เหนียว หนืด ดูใส ขนมอยู่ตัวไม่เหนียวมากเกินไป และควรลอกชั้นได้ง่าย ดังนั้นการใช้ส่วนผสมพอดีจะทำให้ขนมเป็นชั้นลอกออกจากกันได้ง่าย ผิวดูเป็นมัน เวลาหยิบไม่ติดมือ (จริยา, 2549)

4.5 ผลการศึกษารูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นในบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย

นำขนมชั้นที่ได้จากข้อ 4.4 มาศึกษารูปแบบและบรรจุภัณฑ์ของขนมชั้นแช่แข็งจำนวน 3 รูปแบบ โดยทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญคณะครูอาจารย์วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี จำนวน 7 คน โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์

ตารางที่ 4.13 ผลการคัดเลือกรูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

รูปแบบบรรจุภัณฑ์	ผู้เชี่ยวชาญ							รวม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	
รูปแบบที่ 1	-	-	-	-	-	-	-	-
รูปแบบที่ 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7
รูปแบบที่ 3	-	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.13 ผลการคัดเลือกรูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น ทั้ง 3 รูปแบบพบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด เลือกรูปแบบ ที่ 2 โดยมีเหตุผลประกอบ คือ มีขนาดและรูปแบบที่เหมาะสมในการทำขนมชั้นแช่แข็งเพราะเนื่องจากพิมพ์ดอกกุหลาบมีกลีบที่เห็นเด่นชัดและขนาดเหมาะสมกับกล่องบรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 4.14 ผลการคัดเลือกรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งพร้อมจำหน่าย

รูปแบบ	ผู้เชี่ยวชาญ							รวม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	
รูปแบบที่ 1	✓		✓	✓	✓	✓	✓	6
รูปแบบที่ 2	-	✓	-	-	-	-	-	1
รูปแบบที่ 3	-	-	-	-	-	-	-	-
รูปแบบที่ 4	-	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.14 ผลการคัดเลือกรูปแบบของบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย ทั้ง 3 รูปแบบพบว่า ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ เลือกรูปแบบ ที่ 1 โดยมีเหตุผลประกอบ คือ ชื่อผลิตภัณฑ์และตราผลิตภัณฑ์เด่นชัดง่ายต่อการจดจำ สีสันสวยงามดูสะอาดตา ชวนน่ารับประทาน และสื่อถึงความเป็นขนมไทย

สรุปผลรูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น และรูปแบบของบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย จากการพิจารณาในการคัดเลือกรูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น และรูปแบบของบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย ดังนี้ (ภาพที่ 4.1) และ (ภาพที่ 4.2)

ภาพที่ 4.4 รูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น คัดเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญ

ภาพที่ 4.5 รูปแบบของบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย คัดเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญ

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 ผลการศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น พบว่าขนมชั้นสูตรแป้งข้าวสังข์หยดได้รับคะแนนความชอบสูงไม่แตกต่างจากแป้งข้าวเจ้าแต่เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าแป้งข้าวเจ้า มาศึกษาขั้นตอนต่อไป

5.1.2 ผลการศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง

ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง ที่นำมาคือรูปแล้ว พบว่าขนมชั้นสูตรแป้งข้าวสังข์หยด มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงกว่าแป้งข้าวชนิดอื่นจึงเหมาะสมในการพัฒนาเป็นสูตรขนมชั้นแช่แข็ง

5.1.3 ผลการศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรที่ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมชั้นที่ใช้แป้งดัดแปรที่ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง ทั้ง 3 ระดับคือ ร้อยละ 2 ร้อยละ 3 ร้อยละ 4 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า ในด้านเนื้อสัมผัสสูตรที่มีแป้งดัดแปร ร้อยละ 3 มีค่าคะแนนความชอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากกว่าสูตรที่มี แป้งดัดแปร ร้อยละ 2 และ 4 ตามลำดับ เนื่องจากการคืนตัวหลังจากการแช่แข็งมีความหนืดที่ดีและคงสภาพของความเป็นขนมชั้นมากที่สุด แต่ด้านรสชาติไม่มีความแต่งต่างกันเพราะเนื่องจากมีรสชาติที่คงตัว

5.1.4 ผลการศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมชั้นที่ใช้ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ กัวร์กัม กัมอะราบิก และ คาราจีแนน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า ในด้านเนื้อสัมผัส(ความเนียวหนืบ) ในกัวร์กัม และ คาราจีแนน มีค่าคะแนนความชอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากกว่ากัมอะราบิก แต่ด้านสีและด้านรสชาติไม่มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) แต่เนื่องจากสูตรที่มีกัวร์กัม มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดจึงเลือก กัวร์กัม มาเป็นไฮโดรคอลลอยด์สำหรับเสริมในขนมชั้นแช่แข็ง

5.1.5 ผลการศึกษารูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นในบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย

ผลการคัดเลือกรูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นในบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดเลือกพิมพ์รูปกุหลาบ โดยมีเหตุผลประกอบ คือ มีขนาดและรูปแบบที่เหมาะสมในการทำขนมชั้นแช่แข็งเพราะเนื่องจากพิมพ์ดอกกุหลาบมีกลีบที่เห็นเด่นชัดและขนาดเหมาะสมกับกล่องบรรจุภัณฑ์ และผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ เลือกรูปแบบ ที่ 1 โดยมีเหตุผลประกอบ คือ ชื่อผลิตภัณฑ์และตราผลิตภัณฑ์เด่นชัด ง่ายต่อการจดจำ สีสันสวยงามดูสะอาดตา ชวนน่ารับประทาน และสื่อถึงความเป็นขนมไทย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 อาจมีการปรับปรุงเรื่องปริมาณน้ำตาลให้น้อยลงเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

5.2.2 ปรับปรุงด้านสีของผลิตภัณฑ์ ให้น่ารับประทานยิ่งมากขึ้น โดยศึกษาปริมาณที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

กัณต์ฐิตา ยารังสี และคณะ. 2559. **“การปรับปรุงคุณภาพของคุกกี้ข้าวไรซ์เบอรี่ปลอดกลูเตนโดยใช้ไฮโดรคอลลอย์”** (วิทยาศาสต์และเทคโนโลยีการอาหาร). คณะอุตสาหกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2544. **ตารางคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย.** สำนักพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก. นนทบุรี.

จริยา เดชกุญชร. 2549. **ขนมไทย**. สถาพรบีคส์, กรุงเทพมหานคร.

จุฑามาศ ถิระสาโรช และ เฉลิมพล ถนอมวงค์. 2550. “การผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิล” **เทคโนโลยีอาหาร.** 43,3 : 395

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2551. **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ประภา คงปัญญาและเวณิกา เบ็ญจพงษ์. 2547. **น้ำตาลมะพร้าว**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.doctor.or.th, 19 กันยายน 2560

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.). **น้ำเชื่อม.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: FoodNetworkSolution:http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3 3 7 0 / syrup, 11 ตุลาคม 2560

พธิญดา แก้วสวี. 2552. **การใช้สารทดแทนไขมันในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มะลิ นาชัยสินธุ์ และคณะ. 2559. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่เสริมโภชนาการกึ่งสำเร็จรูปที่มีสารแอนโธไซยานินสูงเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

รัมภา ศิริวงศ์. 2556. **ขนมไทย.** ครั้งที่3. ดวงกมลพับลิซซิ่ง, กรุงเทพมหานคร.

รสิตา โอสถานนท์. **เทคโนโลยีของธัญญาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพมหานคร.

ลัดดาวัลย์ ไกรพานนท์. 2550. **การดัดแปรสตาร์ชข้าวเจ้าโดยวิธีการให้ความร้อนชื้นร่วมกับวิธีการทางเคมี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร) คณะเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยศิลปกร.

วันดี ไทยพานิช. 2552. **“การพัฒนาขนมช่อม่วงใยอาหารสูงพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง”** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (ภาควิชาคหกรรมศาสตร์) คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

วรรณิการ์ วงศ์มยุรา. 2554. **เทคนิคการทำขนมไทย.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : gotoknow: https://www.gotoknow.org/posts/468542, 19 กันยายน 2560

ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง 2550. **ข้าวสังข์หยด**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :http://ptlrrc.ricethailand.go.th/, 19 กันยายน 2560.

สายสนม ประดิษฐดวง. 2540. **“กระบวนการแช่เยือกแข็ง”.** ในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

สุภาวดี รอดศิริ. 2558. **การพัฒนาการผลิตภัณฑ์ทองม้วนสดจากข้าวสีนิล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

สุวรรณ สุทธิขจรกิจการ. 2533. “เมืองไทยกับอาหารแช่เยือกแข็ง”. **อุตสาหกรรมเกษตร.** 1,3:36-40

อุทุมพร บูรณะพงศ์พันธ์. 2551. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์นักเกตผัก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (ภาควิชาคหกรรมศาสตร์) คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

อริสรา รอดมุ้ย และ อรอุมา จิตรวโรภาส. 2550. “การผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมนิลแทนแป้งสาลีบางส่วน” **เทคโนโลยีการอาหาร**. 3,1 (พฤษภาคม) : 37.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก กรรมวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าว
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์
ภาคผนวก ง หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย
ภาคผนวก จ แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อรูปแบบพิมพ์ผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าว

ภาคผนวก ก

กรรมวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นจากแป้งข้าวแช่แข็ง

ก.1 กรรมวิธีการผลิตขนมชั้นจากแป้งข้าวเจ้ามีสี

นำสูตรขนมชั้นของวิทยาลัยเทคนิคลพบุรี มาศึกษาแป้งข้าวเจ้ามีสีที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าได้แก่ แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด

ตารางที่ ก.1 ส่วนประกอบสูตรขนมชั้นจากแป้งข้าวเจ้ามีสีทั้ง 3 ชนิด

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสมในแต่ละสูตร					
	สูตรที่ 1 แป้งข้าวหอมนิล		สูตรที่ 2 แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่		สูตรที่ 3 แป้งข้าวสังข์หยด	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
แป้งท้าว	260	10.65	260	10.65	260	10.65
แป้งมันสำปะหลัง	220	9.02	220	9.02	220	9.02
แป้งข้าวหอมนิล	50	2.05	-	-	-	-
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	-	-	50	2.05	-	-
แป้งข้าวสังข์หยด	-	-	-	-	50	2.05
น้ำเชื่อม	1,000	40.98	1,000	40.98	1,000	40.98
กะทิ	911	37.30	911	37.30	911	37.30

สูตรที่ 1 แป้งข้าวหอมนิล

สูตรที่ 2 แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

สูตรที่ 3 แป้งข้าวสังข์หยด

ภาพที่ ก.1 ส่วนประกอบสูตรขนมชั้นจากแป้งข้าวทั้ง 3 ชนิด

กรรมวิธีการผลิตขนมชั้น

1. ผสมแป้งทั้ง 3 ชนิดเข้าด้วยกัน ใส่หัวกะทิค่อยๆนวดให้นุ่ม ใส่น้ำเชื่อมลงนวดให้เข้ากัน
2. ใส่กะทิทีละน้อย ๆนวดจนหมด
3. แบ่งแป้งที่นวดแล้วออกเป็น 2 ส่วน ใส่สีตามชอบ 1 ส่วน กับสีขาว 1 ส่วน เตรียมลังถึงใส่น้ำตั้งไฟ4. ให้เดือดพล่าน เรียงพิมพ์หรือถาดลงในลังถึง นึ่งพิมพ์ให้ร้อนจัด
5. ตักแป้งใส่พิมพ์รูปกุหลาบ หยอดประมาณ ¼ นิ้ว

6. นึ่งทีละชั้น 5-7 นาที แป้งสุก จึงเทแป้งอีกใส่นึ่งให้สุก ทำอย่างนี้ทุกครั้งจนกระทั่งแป้งเต็มพิมพ์นึ่ง7. ขนมให้สุก นำออกจากลังถึงพักให้เย็นแกะออกจากพิมพ์

ภาพที่ ก.2 กรรมวิธีการผลิตขนมชั้น

ก.2 กรรมวิธีการศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรที่ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

นำแป้งดัดแปร มาทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็งที่ได้รับการยอมรับจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากข้อ ก.1 มาเป็นสูตรพื้นฐานเพื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง โดยนำมาศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรงที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งมันสำปะหลังในสูตรของขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2 ร้อยละ 3 ร้อยละ 4 เพื่อทดแทนปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ ก.2 ส่วนประกอบของสูตรขนมชั้นในการศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรทั้ง 3 ระดับ

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสมในแต่ละสูตร					
	สูตรที่ 1 แป้งดัดแปร ร้อยละ 2		สูตรที่ 2 แป้งดัดแปร ร้อยละ 3		สูตรที่ 3 แป้งดัดแปร ร้อยละ 4	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
แป้งท้าว	260	10.65	260	10.65	260	10.65
แป้งมันสำปะหลัง	172	7.02	147	6.02	123	5.02
แป้งดัดแปร	48	2	73	3	97	4
แป้งข้าวสังข์หยด	50	2.05	50	2.05	50	2.05
น้ำเชื่อม	1,000	40.98	1,000	40.98	1,000	40.98
กะทิ	911	37.30	911	37.30	911	37.30

สูตรที่ 1 แป้งดัดแปร ร้อยละ 2

สูตรที่ 2 แป้งดัดแปร ร้อยละ 3

สูตรที่ 3 แป้งดัดแปร ร้อยละ 4

ภาพที่ ก.3 ส่วนประกอบของสูตรขนมชั้นจากการศึกษาปริมาณของแป้งดัดแปรที่ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

ขั้นตอนการผลิตขนมชั้นแช่แข็งที่มีแป้งดัดแปร

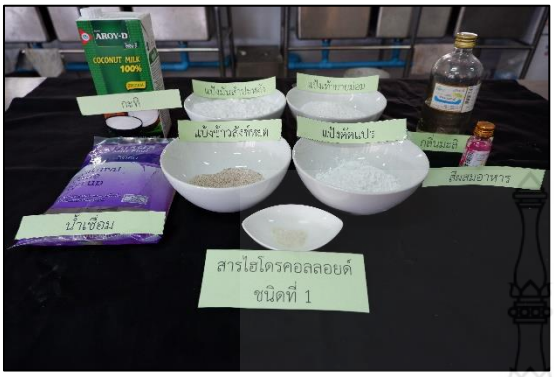
1. ผสมแป้งทั้ง 3 ชนิดเข้าด้วยกัน ใส่แป้งดัดแปร ใส่น้ำเชื่อมลงนวดให้เข้ากัน
2. ใส่กะทิทีละน้อย ๆ นวดจนหมด
3. แบ่งแป้งที่นวดแล้วออกเป็น 2 ส่วน ใส่สีตามชอบ 1 ส่วน กับสีขาว 1 ส่วน เตรียมลังถึงใส่น้ำตั้งไฟ4. ให้เดือดพล่าน เรียงพิมพ์หรือถาดลงในลังถึง นึ่งพิมพ์ให้ร้อนจัด
5. ตักแป้งใส่พิมพ์รูปกุหลาบ หยอดประมาณ ¼ นิ้ว
6. นึ่งทีละชั้น 5-7 นาที แป้งสุก จึงเทแป้งอีกใส่นึ่งให้สุก ทำอย่างนี้ทุกครั้งจนกระทั่งแป้งเต็มพิมพ์นึ่ง
7. ขนมให้สุก นำออกจากลังถึง พักให้เย็นแกะออกจากพิมพ์ บรรจุลงบรรจุภัณฑ์
8. แล้วนำขนมชั้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาละลายน้ำแข็งนำเข้าอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที

ก.3 กรรมวิธีการศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

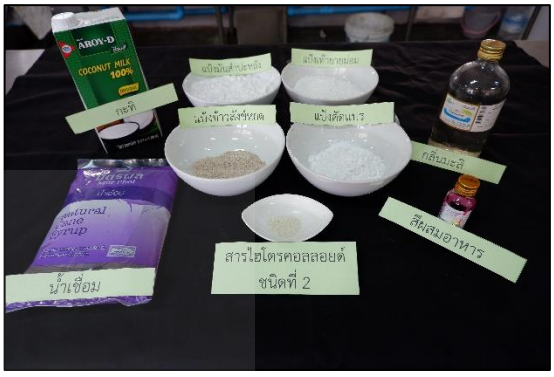
ก 3.1 นำสูตรขนมชั้นที่ได้รับการยอมรับจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากข้อ ก.2 โดยนำมาศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสม 3 ชนิด ในการพัฒนาสูตรของขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง โดยเสริมไฮโดรคอลลอยด์ ร้อยละ 0.1 ของปริมาณแป้งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง

ตารางที่ ก.3 ส่วนประกอบของสูตรขนมชั้นในการศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ ทั้ง 3 สูตร

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสมในแต่ละสูตร					
	สูตรที่ 1 กัวร์กัม		สูตรที่ 2 กัมอะราบิก		สูตรที่ 3 คาราจีแนน	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
แป้งท้าว	260	10.65	260	10.65	260	10.65
แป้งมันสำปะหลัง	147	6.02	147	6.02	147	6.02
แป้งดัดแปร	73	3	73	3	73	3
แป้งข้าวสังข์หยด	50	2.05	50	2.05	50	2.05
น้ำเชื่อม	1,000	40.98	1,000	40.98	1,000	40.98
กะทิ	911	37.30	911	37.30	911	37.30
ไฮโดรคอลลอยด์	2.4	0.1	2.4	0.1	2.4	0.1



สูตรที่ 1 ไฮโดรคอลลอยด์ กัวร์กัม



สูตรที่ 2 ไฮโดรคอลลอยด์ กัมอาบิก

สูตรที่ 3 ไฮโดรคอลลอยด์ คาราจีแนน

ภาพที่ ก.4 ส่วนประกอบของการศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

ขั้นตอนการผลิตขนมชั้นแช่แข็งที่มีไฮโดรคอลลอยด์

1. ผสมแป้งทั้ง 3 ชนิดเข้าด้วยกัน ใส่แป้งดัดแปร ใส่น้ำเชื่อมลงนวดให้เข้ากัน
2. ใส่กะทิทีละน้อย ๆนวดจนหมด เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ ขนให้เข้ากัน
3. แบ่งแป้งที่นวดแล้วออกเป็น 2 ส่วน ใส่สีตามชอบ 1 ส่วน กับสีขาว 1 ส่วน เตรียมลังถึงใส่น้ำตั้งไฟ

4. ให้เดือดพล่าน เรียงพิมพ์หรือถาดลงในลังถึง นึ่งพิมพ์ให้ร้อนจัด

5. ตักแป้งใส่พิมพ์รูปกุหลาบ หยอดประมาณ ¼ นิ้ว

6. นึ่งทีละชั้น 5-7 นาที แป้งสุก จึงเทแป้งอีกใส่นึ่งให้สุก ทำอย่างนี้ทุกครั้งจนกระทั่งแป้งเต็มพิมพ์นึ่ง

7. ขนมให้สุก นำออกจากลังถึง พักให้เย็นแกะออกจากพิมพ์ บรรจุลงบรรจุภัณฑ์

8. แล้วนำขนมชั้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาละลายน้ำแข็งนำเข้าอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที

ภาพที่ ก.5 กรรมวิธีการผลิตขนมชั้นของการศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส(Texture analyzer)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer (Texture analyzer Stable Lnicer System TA.XT รุ่น Surrey,UK)
2. การเข้าโปรแกรม Texture Analyzer
   2.1 เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ เปิดเครื่อง Texture Erponent 32
   2.2 กด OK ที่หน้าจอ Select User เพื่อเข้าสู่โปรแกรม Texture Exponent 32
   2.3 เปิด Graph Texture โดยเลือกเมนู File / Texture โดยเลือกเมนูFile/New/Graph/OK
3. การ Calibrate Force
   3.1 กด Next พิมพ์น้ำหนักของลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่ใช้ Calibrate เครื่อง Texture Analyzer ในช่อง Calibrete weight จากนั้นวางตุ่มน้ำหนักบน Calibrate platform แล้วกด Force
   3.2 เมื่อ Calibrate เสร็จแล้วจะปรากฏสถานะในช่อง Status ว่า Calibrete Force ให้กดปุ่ม Finish นำตุ้มน้ำหนักลงมาจาก Plat form และกด OK เพื่อเสร็จสิ้นการ Calibrete Force
4. การ Calibrete High
   4.1 ติดตั้งหัววัดเข้ากับเครื่อง
   4.2 เลือกเมนู / Calibrete / Calibrete High
   4.3 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างหรือสิ่งของใดๆ วางอยู่บนฐานเครื่อง
   4.4 เลื่อนหัววัดให้ใกล้กับเครื่องที่สุดเพื่อลดเวลาในการ Calibrete โดยกดปุ่ม และกดปุ่ม ⇩⇩ พร้อมกันเป็นการเลื่อนหัววัดลง
   4.5 พิมพ์ค่าต่าง ๆ ที่ต้องการ
   4.6 เมื่อกด OK หัววัดจะค่อยๆ เลื่อนลงมาหาฐานและเครื่องมือแตะฐานแล้ว จากนั้นจะปรากฏข้อความ Calibrete High
5. การกำหนดค่าทดสอบ เป็นการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อส่งงานให้เครื่องทำการทดลอง ดังนี้
   5.1 เลือกเมนู TA/TA Srtting
   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 เพื่อให้เติมข้อมูลที่เกี่ยวกับการทดลองต่าง ๆ

5.7.2 ส่วน Archiv information เป็นส่วนที่เติมข้อมูลต่าง ๆ ของตัวอย่าง

5.7.3 ส่วน Probe Selection สำหรับใส่ข้อมูลหัววัดตรงตามที่ใช้งานจริงโดยกดเพื่อเรียกรายการของหัววัดขึ้นมา แล้วเลือกหัววัดตรงตามที่ใช้งานจริง

5.7.4 ส่วน Date Acquisition ให้กำหนดความถี่ในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาล็อตกราฟโดยเลือกช่อง Acquisition Rate ซึ่งมีหน่วยเป็น PPS หรือ point per Second ปกตินั้นตัวอย่างทั่วไปมักตั้งค่า Acquisition Rate 200 PPS เนื่องจากหากเลือกความถี่ในการเก็บข้อมูลสูงจะใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลมาก แต่หากเลือกการเก็บข้อมูลน้อยเกินไปจะส่งผลให้ข้อมูลบางจุดหายไป

5.7.5 ส่วน Pre test และ Post test ให้กำหนดเงื่อนไขในการทดสอบ เช่น ให้เครื่องถ่วงเวลาไว้เมื่อสั่ง run a testหรือให้ลบกราฟแสดงผลการทดลองที่แสดงไว้ก่อนหน้านี้ เป็นต้น

5.7.6 จากนั้นเลือก Run a test เพื่อเริ่มการทดสอบ

5.7.7 นำตัวอย่างที่วัดวางบนแท่นรองที่จะวัด การวางตัวอย่างควรวางให้ตรงกับหัววัดที่จะทำการวัด

5.7.8 เมื่อหัววัดสัมผัสกับตัวอย่างเครื่องจะแสดงผลการทดลองออกมาเป็นกราฟและข้อมูลตัวแสดงแรงเจาะ ทำการทดลองนี้ 5 ครั้ง ใน 1 ตัวอย่างโดยจะวัดที่ส่วนกลางของตัวอย่าง

การวัดค่าสี เครื่อง Spectrophotometer Ultra Scan Pro (USA)

วิธีการทดสอบค่าสี

1. เปิดสวิตซ์เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดค่าสี

2. เข้าโปรแกรม Spectra Magic ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ คลิกที่ปุ่ม Connect (ที่แถบด้านบน) เพื่อเป็นการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องวัดค่าสี จากนั้นสังเกตที่แถบล่างขวาจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว

3. ทำการสอบเทียบเครื่อง (Calibration) โดยคลิกปุ่ม Calibration (ที่แถบด้านบน) ใส่แผ่นกระจกใสไว้ที่ช่องด้านบนภายใน Target Mask

4. เมื่อสอบเทียบเสร็จแล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม Measure Target ตั้งชื่อตัวอย่างใหม่พร้อมใส่ตัวอย่างชนิดแห้งหรือเหลวลงใน Target (ภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง)

5. จากนั้นปิดด้วยกระบอกสีดำข้างบน (กรณีวัดการสะท้อนของวัตถุ ด้านบน),ปิดด้วยตลับสีขาวด้านบน (กรณีวัดการส่งผ่านของวัตถุด้านบน)

6. จากนั้นเข้าที่ปุ่ม Measure Sample ตั้งชื่อซ้ำของตัวอย่างเดิม (กรณีเป็นซ้ำของตัวอย่าง)

7. จากนั้นทำตามข้อที่ 6 บันทึกผลการทดลองจากตารางในคอมพิวเตอร์ L*a*b*

**กรณีวัดค่าการสะท้อนของวัตถุ (Reflectance Calibration) ตัวอย่างทึบแสง

Zero Calibration Box คือ กระบอกสีดำนำมาวางครอบไว้ด้านบนของเครื่อง คลิก OK

White Calibration Plate คือ ตลับสีขาวจะใช้หลังจากที่ Zero Calibration เสร็จแล้ว

**กรณีวัดค่าการส่งผ่านของวัตถุ (Transmittance Calibration) ตัวอย่างโปร่งแสง หรือโปร่งใส

Zero Calibration Box คือ กระบอกสีดำนำมาวางครอบไว้ด้านบนของเครื่อง จากนั้นนำแผ่นสีดำมาเสียบไว้ในเครื่องคลิก OK

White Calibration Plate คือ ตลับสีขาวจะใช้หลังจากที่ Zero Calibration เสร็จแล้วต้องนำแผ่นสีดำออกจากตัวเครื่องด้วย

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

วันที่ทดสอบ _____ ชุดที่ _____

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่าง ตามลำดับจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบของแต่ละตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุดโดย

9 = ชอบมากที่สุด
8 = ชอบมาก
7 = ชอบปานกลาง
6 = ชอบเล็กน้อย
5 = รู้สึกเฉย ๆ
4 = ไม่ชอบ
3 = ไม่ชอบปานกลาง
2 = ไม่ชอบมาก
1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะของอาหาร	**คะแนนความชอบ**			
	รหัส	**รหัส .....**	**รหัส .....**	**รหัส .....**
สี				
รสชาติ				
กลิ่น				
เนื้อสัมผัส(ค่าความยืดหยุ่น)				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....
.....

ภาคผนวก ง

หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย

ที่ ศธ ๐๕๘๑.๐๓/๒๗๒๕

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
๑๖๘ ถนนศรีอยุธยา เขตดุสิต กรุงเทพฯ ๑๐๓๐๐

๓ กันยายน ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน นายเรวัช ศรีแสงอ่อน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคลพบุรี

ด้วยนายสาธิต ทองสุกงาม รหัสประจำตัวนักศึกษา ๑๒๕๙๗๐๗๐๓๕๑๑-๐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต เลือกเรียนแผน ก แบบ ก๒ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ในหัวข้อ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นจากแป้งข้าวแช่แข็ง โดยมี ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และคุณสมบัติเหมาะสม จึงขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัยให้กับ นายสาธิต ทองสุกงาม จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอแสดงความขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(นางปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล)
คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
โทร. ๐ ๒๖๖๕ ๓๗๗๗ ต่อ ๕๒๓๖
โทรสาร ๐ ๒๖๖๕ ๓๘๐๐
หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อนักศึกษา หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘ ๗๓๖๖ ๔๖๙๔

ที่ ศธ ๐๕๘๑.๐๓/๒๗๒๗

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
๑๖๘ ถนนศรีอยุธยา เขตดุสิต กรุงเทพฯ ๑๐๓๐๐

๓ กันยายน ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคลพบุรี

ด้วยนายสาธิต ทองสุกงาม รหัสประจำตัวนักศึกษา ๑๒๕๙๗๐๗๐๓๕๑๑-๐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต เลือกเรียนแผน ก แบบ ก๒ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ในหัวข้อ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขั้นจากแป้งข้าวแช่แข็ง โดยมี ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เห็นว่า **นายจตุพร หมอโอสถ** ซึ่งเป็นบุคลากรในสังกัดของท่านเป็นผู้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และคุณสมบัติเหมาะสม จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัยให้กับ นายสาธิต ทองสุกงาม จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอแสดงความขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(นางปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล)
คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
โทร. ๐ ๒๖๖๕ ๓๗๗๗ ต่อ ๕๒๓๖
โทรสาร ๐ ๒๖๖๕ ๓๘๐๐
หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อนักศึกษา หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘ ๗๓๖๖ ๔๖๙๔

ที่ ศธ ๐๕๘๑.๐๓/๒๗๓๐

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
๑๖๘ ถนนศรีอยุธยา เขตดุสิต กรุงเทพฯ ๑๐๓๐๐

๓ กันยายน ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคลพบุรี

ด้วยนายสาธิต ทองสุกงาม รหัสประจำตัวนักศึกษา ๑๒๕๙๗๐๗๐๓๕๑๑-๐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต เลือกเรียนแผน ก แบบ ก๒ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ในหัวข้อ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นจากแป้งข้าวแช่แข็ง โดยมี ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เห็นว่า นางเสาวภา โกเมนทร์ ซึ่งเป็นบุคลากรในสังกัดของท่านเป็นผู้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญและคุณสมบัติเหมาะสม จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัยให้กับ นายสาธิต ทองสุกงาม จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอแสดงความขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(นางปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล)
คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
โทร. ๐ ๒๖๖๕ ๓๗๗๗ ต่อ ๕๒๓๖
โทรสาร ๐ ๒๖๖๕ ๓๘๐๐
หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อนักศึกษา หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘ ๗๓๖๖ ๔๖๙๔

ที่ ศธ ๐๕๘๑.๐๓/๒๗๓๑

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
๑๖๘ ถนนศรีอยุธยา เขตดุสิต กรุงเทพฯ ๑๐๓๐๐

๓ กันยายน ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคลพบุรี

ด้วยนายสาธิต ทองสุกงาม รหัสประจำตัวนักศึกษา ๑๒๕๙๗๐๗๐๓๕๑๑-๐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต เลือกเรียนแผน ก แบบ ก๒ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ในหัวข้อ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นจากแป้งข้าวแช่แข็ง โดยมี ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เห็นว่า **นางเสาวลักษณ์ พูลมี** ซึ่งเป็นบุคลากรในสังกัดของท่านเป็นผู้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญและคุณสมบัติเหมาะสม จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัยให้กับ นายสาธิต ทองสุกงาม จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอแสดงความขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(นางปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล)
คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
โทร. ๐ ๒๖๖๕ ๓๗๗๗ ต่อ ๕๒๓๖
โทรสาร ๐ ๒๖๖๕ ๓๘๐๐
หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อนักศึกษา หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘ ๗๓๖๖ ๔๖๙๔

ที่ ศธ ๐๕๘๑.๐๓/๒๗๓๒

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
๑๖๘ ถนนศรีอยุธยา เขตดุสิต กรุงเทพฯ ๑๐๓๐๐

๓ กันยายน ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคลพบุรี

ด้วยนายสาธิต ทองสุกงาม รหัสประจำตัวนักศึกษา ๑๒๕๙๗๐๗๐๓๕๑๑-๐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต เลือกเรียนแผน ก แบบ ก๒ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ในหัวข้อ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นจากแป้งข้าวแช่แข็ง โดยมี ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เห็นว่า **นางกัลยาณี** กนกการ ซึ่งเป็นบุคลากรในสังกัดของท่านเป็นผู้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญและคุณสมบัติเหมาะสม จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัยให้กับ นายสาธิต ทองสุกงาม จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอแสดงความขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(นางปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล)
คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
โทร. ๐ ๒๖๖๕ ๓๗๗๗ ต่อ ๕๒๓๖
โทรสาร ๐ ๒๖๖๕ ๓๘๐๐
หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อนักศึกษา หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘ ๗๓๖๖ ๔๖๙๔

ที่ ศธ ๐๕๘๑.๐๓/๒๗๓๓

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
๑๖๘ ถนนศรีอยุธยา เขตดุสิต กรุงเทพฯ ๑๐๓๐๐

๓ กันยายน ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคลพบุรี

ด้วยนายสาธิต ทองสุกงาม รหัสประจำตัวนักศึกษา ๑๒๕๙๗๐๗๐๓๕๑๑-๐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต เลือกเรียนแผน ก แบบ ก๒ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ในหัวข้อ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขั้นจากแป้งข้าวแช่แข็ง โดยมี ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เห็นว่า **นางบุญแสง ภักดีสุข** ซึ่งเป็นบุคลากรในสังกัดของท่านเป็นผู้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญและคุณสมบัติเหมาะสม จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัยให้กับ นายสาธิต ทองสุกงาม จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอแสดงความขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(นางปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล)
คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
โทร. ๐ ๒๖๖๕ ๓๗๗๗ ต่อ ๕๒๓๖
โทรสาร ๐ ๒๖๖๕ ๓๘๐๐

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อนักศึกษา หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘ ๗๓๖๖ ๔๖๙๔

ที่ ศธ ๐๕๘๑.๐๓/๒๗๓๔

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
๑๖๘ ถนนศรีอยุธยา เขตดุสิต กรุงเทพฯ ๑๐๓๐๐

๓ กันยายน ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคลพบุรี

ด้วยนายสาธิต ทองสุกงาม รหัสประจำตัวนักศึกษา ๑๒๕๙๗๐๗๐๓๕๑๑-๐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต เลือกเรียนแผน ก แบบ ก๒ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ในหัวข้อ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นจากแป้งข้าวแช่แข็ง โดยมี ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เห็นว่า **นางจงใจ วงษ์พรหม** ซึ่งเป็นบุคลากรในสังกัดของท่านเป็นผู้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญและคุณสมบัติเหมาะสม จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัยให้กับ นายสาธิต ทองสุกงาม จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอแสดงความขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(นางปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล)
คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
โทร. ๐ ๒๖๖๕ ๓๗๗๗ ต่อ ๕๒๓๖
โทรสาร ๐ ๒๖๖๕ ๓๘๐๐
หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อนักศึกษา หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘ ๗๓๖๖ ๔๖๙๔

ภาคผนวก จ

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อรูปแบบพิมพ์ผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าว

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อรูปแบบพิมพ์ของผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าวเจ้ามีสี

.....

<u>คำชี้แจงเกี่ยวกับแบบสอบถาม</u>

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อรูปแบบของผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์ ของขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าว เป็นแบบสอบถามประกอบการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าวเจ้ามีสี” โดยมีวัตถุประสงค์วิจัย ดังนี้

1) เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์

2) เพื่อศึกษาชนิดของแป้งดัดแปรที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

3) เพื่อศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

4) เพื่อศึกษารูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูป

<u>คำอธิบายสำหรับผู้เชี่ยวชาญ</u>

แบบสอบถามนี้เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อรูปแบบพิมพ์ของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูป จำนวน 3 รูปแบบ และรูปแบบบรรจุภัณฑ์ ที่ได้ทำการออกแบบ จำนวน 3 รูปแบบ

ให้ท่านพิจารณาคัดเลือกรูปแบบพิมพ์ของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าวที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ให้เลือก 1 รูปแบบ และแบบร่างบรรจุภัณฑ์ อย่างละ 1 รูปแบบ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าว

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถาม และให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม เพื่อการศึกษาในครั้งนี้เป็นอย่างดี

นายสาธิต ทองสุกงาม
นักศึกษาปริญญาโท กลุ่มวิชาอาหารและโภชนาการ
หลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<u>ตอนที่ 1</u> กรุณาเลือกรูปแบบพิมพ์ 1 รูปแบบ เพื่อนำไปผลิตจริง

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด พร้อมให้เหตุผลประกอบการพิจารณา

แบบที่ 1
☐ เลือก ☐ ไม่เลือก

แบบที่ 2
☐ เลือก ☐ ไม่เลือก

แบบที่ 3
☐ เลือก ☐ ไม่เลือก

เหตุผลที่ท่านเลือกเพราะ.....
.....
.....

ข้อเสนอแนะและข้อแนะนำการแก้ไข (ถ้ามี).....
.....
.....

<u>ตอนที่ 2</u> กรุณาเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับบรรจุขนมชั้นแช่แข็ง จำนวน 1 รูปแบบ เพื่อนำไปเป็นบรรจุภัณฑ์จริง

คำชี้แจง: ทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด พร้อมให้เหตุผลประกอบการพิจารณา

แบบที่ 1

☐ เลือก ☐ ไม่เลือก

แบบที่ 2

☐ เลือก ☐ ไม่เลือก

แบบที่ 3 ☐ เลือก ☐ ไม่เลือก

แบบที่ 4 ☐ เลือก ☐ ไม่เลือก

เหตุผลที่ท่านเลือกเพราะ.....
.....
.....

ข้อเสนอแนะและข้อแนะนำการแก้ไข (ถ้ามี).....
.....
.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

ผู้เชี่ยวชาญ

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล นายสาธิต ทองสุกงาม
วัน เดือน ปีเกิด 30 ธันวาคม 2536
ที่อยู่ปัจจุบัน จังหวัดสระบุรี

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
คหกรรมศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	2558
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี	2554
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสุธีวิทยา	2551

ประวัติการทำงาน

ตำแหน่ง	**สถานที่**	**ปีที่ทำงาน**
ครูพิเศษสอน	วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี	ปัจจุบัน