รายงานการวิจัย

เรื่อง

ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

Flaky Chinese Pastry (Kha-Nom Pia Kularb) Substituted Wheat Flour with Sinin Rice Flour

ดร.ธีรนุช ฉายศิริโชติ

นางสาวณัจยา เมฆราวี

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

รายงานการวิจัย

เรื่อง

ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

Flaky Chinese Pastry (Kha-Nom Pia Kularb) Substituted Wheat Flour with Sinin Rice Flour

ดร.ธีรนุช ฉายศิริโชติ

นางสาวณัจยา เมฆราวี

(โรงเรียนการเรือน)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีงบประมาณ 2558)

หัวข้อวิจัย ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

ผู้ดำเนินการวิจัย นางสาวธีรนุช ฉายศิริโชติ
นางสาวณัจยา เมฆราวี

หน่วยงาน หลักสูตรเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ โรงเรียนการเรือน
มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ปี พ.ศ. 2559

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิล ตำรับองค์ประกอบทางเคมี การยอมรับของผู้บริโภค และอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล ดำเนินการทดลองโดย 1) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลีที่ใช้ในการทำขนมเปี๊ยะกุหลาบ 2) ศึกษาปริมาณแป้งข้าวสีนิลที่ทดแทนแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) วิเคราะห์คุณภาพกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการคัดเลือกตำรับที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงสุดมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับตำรับพื้นฐาน 3) ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และ 4) ศึกษาอายุเก็บรักษา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทดสอบความแตกต่างด้วยค่า F-test เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการวิจัยพบว่า แป้งข้าวสีนิลมีปริมาณไขมัน เถ้า และใยอาหารสูงกว่าแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และยังมีปริมาณแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) ทำให้แป้งมีสีม่วงเข้ม ซึ่งตำรับขนมเปี๊ยะกุหลาบที่เหมาะสมจะมีอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือกที่ระดับ 20:80 ทั้งนี้เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวสีนิลจะทำให้ส่วนผสมมีสีม่วงคล้ำมากขึ้น และมีการเกาะตัวน้อยลง โดยตำรับส่วนเปลือกมีทั้งเปลือกชั้นในและเปลือกชั้นนอก ส่วนเปลือกชั้นในประกอบด้วย แป้งเค้ก แป้งข้าวสีนิล และน้ำมันรำข้าวร้อยละ 15.68, 3.92 และ 9.80 ตามลำดับ ส่วนเปลือกชั้นนอกประกอบด้วย แป้งสาลีอเนกประสงค์ แป้งข้าวสีนิล น้ำมันรำข้าว และน้ำร้อยละ 31.36, 7.84, 15.70 และ 15.70 ตามลำดับ ส่วนไส้ถั่วกวนประกอบด้วยถั่วเขียวเลาะเปลือก น้ำมันรำข้าว และน้ำตาลทรายร้อยละ 55.60, 25.0 และ 19.40 ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีของขนมเปี๊ยะกุหลาบที่พัฒนานี้ 100 กรัม มีความชื้น 16.37 กรัม โปรตีน 7.09 กรัม ไขมัน 26.30 กรัม เถ้า 0.62 กรัม คาร์โบไฮเดรต 49.62 กรัม และพลังงานทั้งหมด 463.54 กิโลแคลอรี นอกจากนี้ยังมีใยอาหาร 2.27 กรัม และแอนโธไซยานิน 0.0065 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีปริมาณเถ้า ใยอาหาร และแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นจากตำรับพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ซึ่งความสนใจร้อยละ 98 และมีการตัดสินใจซื้อร้อยละ 96.7 และจากการศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้อง ($32 \pm 2^{\circ}C$) พบว่าผลิตภัณฑ์นี้มีอายุการเก็บ 2 สัปดาห์

Research Title	Flaky Chinese Pastry (Kha-Nom Pia Kularb) Substituted Wheat Flour with Sinin Rice Flour
Researcher	Miss Teeranuch Chysirichote Miss Natjaya Mekrawee
Organization	Culinary Technology and Service Curriculum, School of Culinary Arts, Suan Dusit University
Year	2016

The objectives of this research were to study the chemical composition of sinin rice flour, the suitable formula, the chemical composition, the consumer acceptance and the shelf life of the flaky Chinese pastry (Kha-nom pia kularb) substituted wheat flour with sinin rice flour. The experimental processes were designed: 1) to analyze the chemical composition of sinin rice flour compared with wheat flour which was ingredient in this pastry; 2) to optimize the quantity of sinin rice flour substituted wheat flour (w/w) and analyze the physical and sensory qualities, in the addition, the formula which the overall liking were at the highest level for the consumer acceptance test was selected to analyze the chemical composition and compared with the basic formula; 3) to study the consumer acceptance test and 4) to study the shelf of this product. The statistical analysis of data consisted of means, analysis of variance and different test by F-test and Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) with the confidence level of 95%. The results showed that the sinin rice flour had significantly higher fat, ash and dietary fiber than wheat flour ($p \leq 0.05$). Moreover, this flour had anthocyanin content result in the purple flour. Additional, the suitable ratio of sinin rice flour and wheat flour in crust of pastry was 20:80 (w/w). The increasing substitution level effected on the dark purple and the decreased cohesiveness. This formula of crust included inner and outer layers. The inner crust consisted of cake flour, sinin rice flour and rice bran oil were 15.68%, 3.92% and 9.80%, respectively. The outer crust consisted of all-purposed flour, sinin rice flour, rice bran oil and water were 31.36%, 7.84%, 15.70% and 15.70%, respectively. Additional, the formula of mungbean filling consisted of peeled mungbean, rice bran oil and sugar were 55.60%, 25.0% and

19.40%, respectively. The chemical values of 100 g product contained moisture 16.37 g, protein 7.09 g, fat 26.30 g, ash 0.62 g, carbohydrate 49.62 g and total calories 463.54 Kcal. Furthermore, this product provided dietary fiber 2.27 g and anthocyanin 0.0065 mg/g (dry basis). The developed product had significantly higher ash, dietary fiber and anthocyanin contents than basic formula ($p \leq 0.05$). Moreover, consumer acceptance test revealed that the overall liking of this product was like highly and 98% of consumers accept it, besides, 96.7% of them decided to buy it. Additional, the shelf life at room temperature ($32 \pm 2^{\circ}C$) was 2 weeks.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสวนดุสิตซึ่งสำเร็จได้ด้วยดีโดยได้รับความอนุเคราะห์คำปรึกษาและความรู้จากผู้บริหารคณะ และคณาจารย์ของทางมหาวิทยาลัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านไว้เป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำช่วยเสนอแนะเพื่อปรับปรุงรายงานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ขอขอบคุณผู้ทดสอบที่เป็นผู้ให้ข้อมูลการวิจัย เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ปฏิบัติการอาหารนานาชาติ และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิตทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ กำลังใจ และคำแนะนำต่าง ๆ ที่นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ที่ท่านได้ให้กำลังใจมาโดยตลอดตั้งแต่ต้นจนสำเร็จประโยชน์และคุณค่าอันพึงเกิดจากวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาตอบแทนพระคุณบิดามารดา บูรพาจารย์ คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และการศึกษาที่ดี

คณะผู้วิจัย

2559

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญ		จ
สารบัญตาราง		ช
สารบัญภาพ		ฌ
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาและความสำคัญ	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	ขอบเขตการวิจัย	2
	ข้อจำกัด	2
	สมมติฐานการวิจัย	3
	คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	3
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	**แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	4
	ข้าวสีนิล	4
	ขนมเปี๊ยะ	7
	การบรรจุและบรรจุภัณฑ์	10
	อายุการเก็บรักษาของขนมอบ	14
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	16
บทที่ 3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	17
	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	17
	วิธีการ	20
	การวิเคราะห์ทางสถิติ	26

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 27

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลี 27

ผลการศึกษาตำรับของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่เหมาะสม และองค์ประกอบทางเคมีของขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ผ่านการคัดเลือก 28

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล 40

ผลการศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล 44

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 53

สรุปผลการวิจัย 53

อภิปรายผล 55

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 57

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 58

บรรณานุกรม 59

บรรณานุกรมภาษาไทย 59

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ 61

ภาคผนวก 63

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ 64

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี 69

ภาคผนวก ค แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และแบบสอบถามผู้บริโภค 81

ประวัติผู้วิจัย 89

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ข้อดีและข้อเสียของวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร	11
3.1	ตำรับพื้นฐานส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะกุหลาบ 3 ตำรับ	21
3.2	ตำรับพื้นฐานในการผลิตไส้ถั่วกวนสำหรับขนมเปี๊ยะกุหลาบ	23
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลี	28
4.2	ลักษณะของขนมเปี๊ยะกุหลาบตำรับพื้นฐาน	29
4.3	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภค 55 คนที่มีต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบ 3 ตำรับ	30
4.4	ลักษณะของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล (โดยน้ำหนัก) ในระดับต่าง ๆ	31
4.5	คุณภาพทางกายภาพของขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ส่วนเปลือกมีอัตราส่วนแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในระดับต่าง ๆ	35
4.6	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภค 55 คนที่มีต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ส่วนเปลือกมีอัตราส่วนแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในระดับต่าง ๆ	39
4.7	องค์ประกอบทางเคมีของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่ผ่านการคัดเลือกเปรียบเทียบกับขนมเปี๊ยะกุหลาบตำรับพื้นฐาน	40
4.8	ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	42
4.9	คะแนนความชอบเฉลี่ยที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล	43
4.10	การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล	43
4.11	คุณภาพทางกายภาพระหว่างการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล	46
4.12	คุณภาพทางเคมีระหว่างการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล	48
4.13	คุณภาพทางจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งข้าวสีนิล	49

ตารางที่		หน้า
4.14	คะแนนความเข้มของผู้ทดสอบที่มีต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล	52

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	เมล็ดข้าวสีนิล	4
2.2	กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว	6
2.3	แป้งข้าวสีนิล	6
3.1	กรรมวิธีการผลิตขนมเปี๊ยะกุหลาบ	22
3.2	กรรมวิธีการผลิตไส้ถั่วกวน	23
4.1	ลักษณะของขนมเปี๊ยะกุหลาบตำรับพื้นฐาน	29
4.2	ขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ส่วนเปลือกมีอัตราส่วนแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในระดับต่าง ๆ	32

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรหลักของประเทศไทยที่อุดมไปด้วยสารอาหาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นแหล่งของพลังงาน มีไขมันต่ำ วิตามินบีสูง ได้มีการค้นคว้าข้อมูลเพื่อปรับปรุงพัฒนาสายพันธุ์ข้าวให้มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายเพิ่มมากขึ้น ข้าวสีนิล (Sinin rice) เป็นอีกหนึ่งพันธุ์ข้าวที่ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์ขึ้นมาจากข้าวหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิล ประกอบไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์หลายชนิดทั้งธาตุเหล็ก วิตามินอี วิตามินบี และรงควัตถุที่ทำให้ข้าวมีสีม่วงเข้มแตกต่างจากข้าวเจ้าทั่วไป คือแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) และโปรแอนโธไซยานิดิน (Proantocyanidin) อยู่ในส่วนของรำ (Pericarp) รงควัตถุทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีส่วนช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคที่เกิดจากสารอนุมูลอิสระได้ เช่น โรคที่เกี่ยวกับการทำงานของหัวใจ การมองเห็น ระบบหลอดเลือด ระบบประสาท และสมอง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพและผิวพรรณภายนอก พบว่าแอนโธไซยานินมีส่วนช่วยกระตุ้นให้มีการไหลเวียนของเลือดฝอยได้ดี กระตุ้นการสร้างเซลล์รากผม และช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นภายในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผิวหนังเหี่ยวย่นได้ (บริษัทสีนิลไรซ์, ม.ป.ป.) นอกจากการบริโภคข้าวสีนิลในรูปของเมล็ดแล้วยังมีการนำข้าวนี้มาผลิตและจำหน่ายในรูปของแป้ง ทำให้รูปแบบการบริโภคมีความหลากหลายยิ่งขึ้น มีการทดลองนำแป้งข้าวสีนิลมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์กลุ่มต่าง ๆ รวมถึงกลุ่มขนมอบด้วย จากรายงานวิจัยของภัทร์ภณ ภู่เพ็ชร์ และคณะ (2552) พบว่าสามารถใช้แป้งข้าวสีนิลทดแทนแป้งสาลีในขนมปังได้ไม่เกินร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ส่วนอุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์ และสุนทรี สุวรรณสิชณน์ (2553) พบว่าแป้งข้าวสีนิลสามารถใช้ทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้กได้ถึงร้อยละ 70 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ทั้งนี้ขนมเปี๊ยะจัดว่าเป็นขนมอบชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน และยังเป็นสัญลักษณะแห่งความเป็นสิริมงคลของชาวจีน นอกจากจะผลิตเฉพาะเทศกาลต่าง ๆ แล้ว ยังมีการจำหน่ายและรับประทานเป็นขนมหรืออาหารว่างด้วย โดยขนมเปี๊ยะจะทำด้วยแป้งมีเปลือกเป็นชั้น ๆ มีไส้บรรจุภายใน มีขนาดต่างกัน ส่วนที่เป็นเปลือกประกอบด้วยแป้งสาลี ไขมันหรือน้ำมัน น้ำ น้ำตาล เกลือ อาจมีไข่ผสมอยู่ด้วย มีไส้ทั้งคาวและหวาน อาจมีการแต่งหน้าด้วยวิธีการทำให้สุกด้วยการอบหรือปิ้ง ลักษณะของเปี๊ยะที่ดีนั้นส่วนที่เป็นแป้งเปลือกจะมีแผ่นบางหลายชั้น ไม่แข็งกระด้าง ต้องมีสี กลิ่น และรสชาติตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ และกลิ่นหืน เป็นต้น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) ขนมเปี๊ยะกุหลาบเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่มีลักษณะเป็นก้อนกลม มีชั้นแป้งซ้อนกันคล้ายกลีบกุหลาบ

(EUBAAN, 2013) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำแป้งข้าวสีนิลมาเป็นส่วนหนึ่งของขนมเปี๊ยะนี้โดยใช้ไส้เป็นถั่วกวน ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลี ผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่ระดับต่าง ๆ ของขนมเปี๊ยะกุหลาบทั้งด้านกายภาพและทางประสาทสัมผัส องค์ประกอบทางเคมี การยอมรับของผู้บริโภค และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการวิจัยนี้จะเป็นการเพิ่มความหลากหลายของการใช้แป้งข้าวสีนิล เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เพิ่มรูปแบบให้กับผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มทางเลือกแก่ผู้บริโภคอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลี
2. ศึกษาตำรับของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่เหมาะสม และองค์ประกอบทางเคมีของขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ผ่านการคัดเลือก
3. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล
4. ศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลีที่ใช้ในการทำขนมเปี๊ยะกุหลาบ จากนั้นศึกษาการใช้อัตราส่วนของปริมาณแป้งข้าวสีนิลที่ทดแทนแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในขนมเปี๊ยะกุหลาบ วิเคราะห์คุณภาพกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคัดเลือกตำรับที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงสุดมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับขนมเปี๊ยะตำรับพื้นฐาน ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และศึกษาอายุเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($32\pm2^{o}C$)

ข้อจำกัด

วัตถุดิบที่ต้องการศึกษา คือ แป้งข้าวสีนิล เป็นวัตถุดิบทางการเกษตรจึงอาจมีการขาดแคลนในบางช่วง และอาจมีการปรับรูปแบบการจำหน่ายของบริษัทผู้ผลิต

สมมติฐานการวิจัย

ขนมเปี๊ยะกุหลาบที่มีปริมาณแป้งข้าวสีนิลทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนที่เหมาะสม มีคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

ขนมเปี๊ยะกุหลาบ หมายถึง ขนมอบชนิดหนึ่งที่ทำด้วยแป้ง มีลักษณะเป็นก้อนกลม มีเปลือกเป็นชั้น ๆ ซ้อนกันคล้ายกลีบกุหลาบ และมีไส้ถั่วกวนบรรจุอยู่ภายใน

แป้งข้าวสีนิล หมายถึง แป้งที่ได้จากข้าวสีนิล (Sinin rice) มีสีม่วงเข้มที่มาจากรงควัตถุกลุ่มแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) และโปรแอนโธไซยานิดิน (Proantocyanidin) ซึ่งผลิตโดยวิธีโม่แห้ง (Dry milling)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการเพิ่มความหลากหลายของการใช้แป้งข้าวสีนิล
2. เป็นการพัฒนาตำรับขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
3. สามารถนำไปเผยแพร่เพื่อเป็นแนวทางการวิจัยเกี่ยวกับขนมเปี๊ยะ และผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งข้าวสีนิลเป็นส่วนผสม

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวสีนิล

ข้าวสีนิล (Sinin rice) เป็นข้าวที่ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์ขึ้นมาจากข้าวหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิล โดย ดร.อภิชาต วรรณวิจิตร ผู้อำนวยการหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์จากยีนข้าว ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ข้าวสีนิลเป็นข้าวนาสวน สามารถปลูกได้ทั้งปีมีการแตกกอดี มีความต้านทานต่อโรคไหม้ (Blast) สภาพแล้ง และดินเค็มได้ดี แต่ไม่ต้านทานต่อโรคขอบใบแห้งและแมลงทั่วไป มีความสูงของต้นประมาณ 75 เซนติเมตร อายุการเก็บเกี่ยว 95-100 วัน มีผลผลิตเฉลี่ย 400-700 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ดข้าวสีนิลมีลักษณะเรียวยาว สีม่วงเข้ม ความยาวเมล็ดประมาณ 6.5 มิลลิเมตร (บริษัทสีนิลไรซ์, ม.ป.ป.)

ภาพที่ 2.1 เมล็ดข้าวสีนิล
ที่มา: พลีชีพ. (ม.ป.ป.)

1. คุณประโยชน์ของข้าวสีนิล

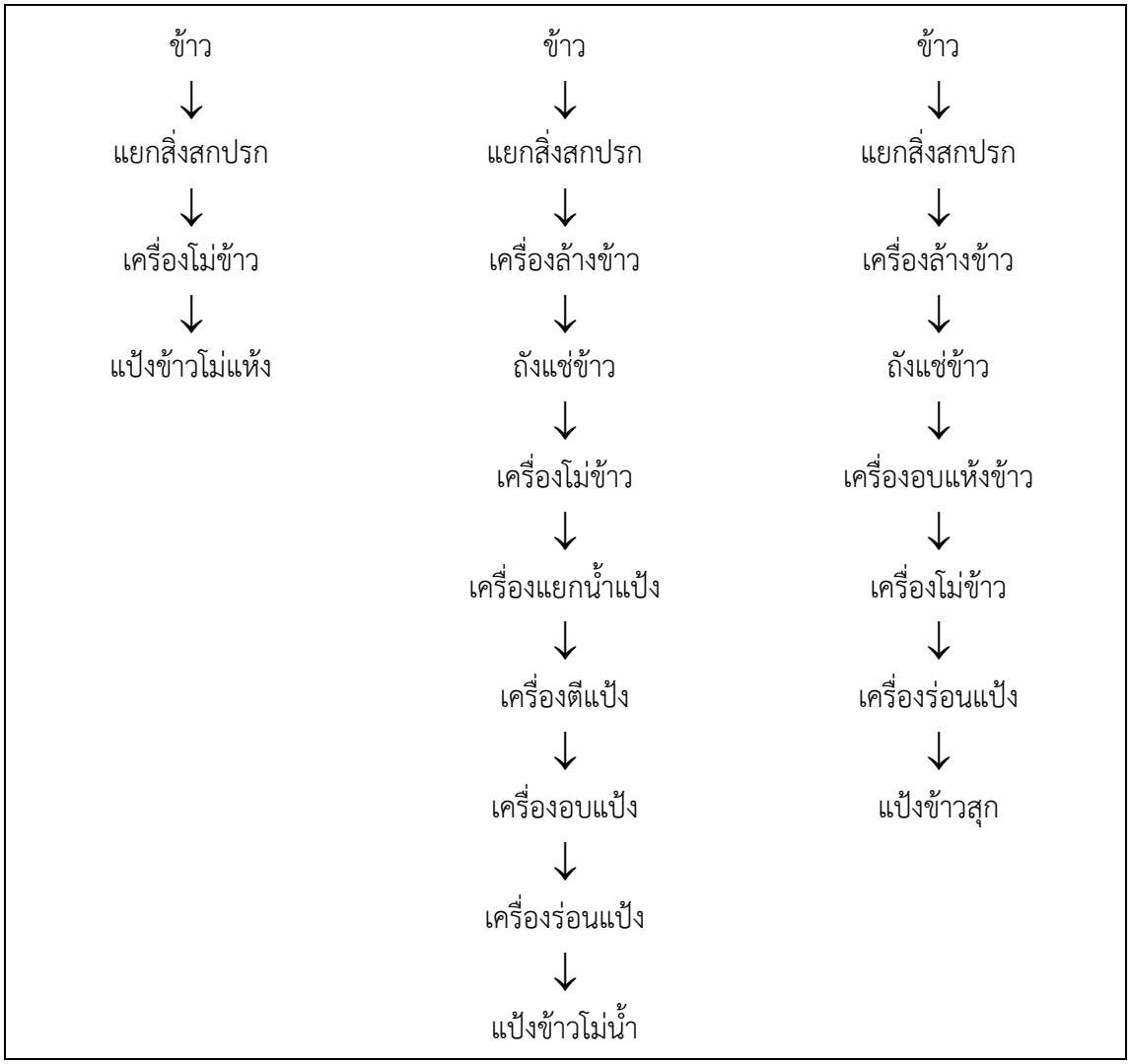
ข้าวสีนิลเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยมีโปรตีนร้อยละ 10-12.5 อะไมโลสร้อยละ 12-13 และแร่ธาตุ ได้แก่ ธาตุเหล็กร้อยละ 2.25-3.25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม สังกะสีและแคลเซียมร้อยละ 2.9 และ 4.2 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูงประมาณ 293 ไมโครโมลต่อกรัม ได้แก่ สารแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) โปรแอนโธไซยานิดิน (Proanthocyanidin) ไบโอฟลาโวนอยด์ (Bioflavonoid)

และวิตามินอี โดยอยู่ในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีม่วงเข้ม ซึ่งเป็นรงควัตถุสีม่วงที่อยู่ในส่วนของปลายจมูกข้าว ทำให้ข้าวสีนิลมีสีม่วงเข้ม รงควัตถุนี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าวิตามินอีถึง 5 เท่า มีส่วนช่วยบำบัดโรคต่าง ๆ ที่เกิดจากสารอนุมูลอิสระ เช่น โรคที่เกี่ยวกับการทำงานของหัวใจ การมองเห็น ระบบหลอดเลือด ระบบประสาท และสมอง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพและผิวพรรณภายนอก ทั้งนี้รงควัตถุแอนโธ-ไซยานินมีส่วนช่วยกระตุ้นให้มีการไหลเวียนของเลือดฝอยได้ดี กระตุ้นการสร้างเซลล์รากผม และช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันภายในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผิวหนังเหี่ยวย่นได้ (บริษัทข้าวสีนิลไรซ์, ม.ป.ป.)

ในส่วนของรำข้าว ประกอบด้วยน้ำมันรำข้าวถึงร้อยละ 18 โดยร้อยละ 80 เป็นชนิด C18:1 และ C18:2 ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าวโพด และมีสารโอเมก้า-3 ประมาณร้อยละ 1-2 (บริษัทข้าวสีนิลไรซ์, ม.ป.ป.)

2. การผลิตแป้งข้าวสีนิล

ในปัจจุบันมีการแปรรูปข้าวสีนิลให้อยู่ในรูปของแป้งเพื่อความสะดวกและความหลากลายในการบริโภค การผลิตแป้งข้าวสีนิลมีลักษณะเช่นเดียวกับแป้งข้าวเจ้าทั่วไป ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิต 3 วิธี คือ วิธีโม่แห้ง (Dry milling) วิธีโม่น้ำหรือโม่เปียก (Wet milling) และวิธีผสม (Wet and dry milling) ขั้นตอนการทำแสดงดังภาพที่ 2.2 และงานวิจัยนี้ใช้แป้งข้าวสีนิลที่ผลิตด้วยวิธีโม่แห้ง ลักษณะแป้งแสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.2 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว

ที่มา: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. (ม.ป.ป.)

ภาพที่ 2.3 แป้งข้าวสีนิล

ขนมเปี๊ยะ

ขนมเปี๊ยะ หมายถึง ขนมชนิดหนึ่งทำด้วยแป้งเป็นชั้น ๆ มีไส้บรรจุภายใน มีขนาดต่างกัน ส่วนที่เป็นแป้งประกอบด้วยแป้งสาลี ไขมัน หรือน้ำมัน น้ำ น้ำตาล เกลือ และส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม อาจมีไข่ผสมอยู่ด้วย มีไส้ทั้งคาวและหวาน เช่น ไส้ถั่วเขียว ไส้ถั่วแดง ไส้ถั่วดำ ไส้ฟัก ไส้เผือก ไส้งาดำ อาจมีการแต่งหน้าด้วยก็ได้ วิธีการทำให้สุกด้วยการอบหรือปิ้ง อาจมีการอบควันเทียน ลักษณะทั่วไปของเปี๊ยะนั้นส่วนที่เป็นแป้งต้องมีลักษณะเป็นแผ่นบางหลายชั้น ไม่แข็งกระด้าง ผิวหน้าไม่ปริแตก ไส้ไม่แตกทะลุออกมาภายนอก ยกเว้นกรณีที่เป็นลักษณะเฉพาะของขนมเปี๊ยะชนิดนั้น ๆ ต้องมีสี กลิ่นหอม และรสชาติกลมกล่อมตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) ขนมเปี๊ยะกุหลาบเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่มีลักษณะเป็นก้อนกลม มีชั้นแป้งซ้อนกันคล้ายกลีบกุหลาบ (EUBAAN, 2013)

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทำขนมเปี๊ยะ

1.1 แป้งสาลี แป้งสาลีที่นิยมใช้ในการทำขนมเปี๊ยะส่วนใหญ่จะใช้แป้งอเนกประสงค์ เพราะมีปริมาณโปรตีนสูงปานกลาง (ร้อยละ 10-12) ทำให้โครงสร้างของเปลือกขนมแข็งแรง ไม่เปราะหักง่าย มีความนุ่มเมื่อรับประทาน ถ้านำแป้งสาลีที่มีโปรตีนสูง เช่น แป้งขนมปังมาทำขนม-เปี๊ยะจะพบว่าสัดส่วนของไขมันและน้ำที่ใช้ในส่วนผสมอาจไม่เพียงพอ เพราะแป้งขนมปังมีปริมาณโปรตีนสูง (ร้อยละ 12-14) สามารถดูดน้ำได้มาก กลูเตนเกิดขึ้นเร็ว ลักษณะเปลือกขนมเปี๊ยะที่สุกจะมีความแข็งกระด้าง ไม่กรอบร่วน แต่ถ้าใช้แป้งเค้กซึ่งมีโปรตีนในแป้งต่ำ (ร้อยละ 7-10) มีความสามารถดูดน้ำได้น้อย ดังนั้นเปลือกขนมที่อบสุกจะเปราะบาง ร่วน หักง่าย แต่สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเปลือกขนมชั้นในได้ เพื่อช่วยให้เปลือกขนมเปี๊ยะมีความนุ่มมากขึ้น (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2556; ทิพาวรรณ เฟื่องเรือง, 2548; นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์, ม.ป.ป.; Gisslen, 2013)

1.2 น้ำ น้ำเป็นของเหลวที่ใช้ผสมกับแป้งเพื่อให้เกิดเป็นโด (Dough) น้ำทำให้โปรตีนในแป้งรวมตัวกันเกิดกลูเตนซึ่งมีโครงร่างคล้ายฟองน้ำ ช่วยควบคุมความหนืดของโด ช่วยควบคุมอุณหภูมิของโด ช่วยละลายส่วนผสมอื่น ๆ ให้กระจายอย่างสม่ำเสมอและรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้สตาร์ชเปียกและเกิดการพองตัว ช่วยให้เก็บผลิตภัณฑ์ได้ดี ปริมาณน้ำเป็นตัวกำหนดความแข็งของผลิตภัณฑ์ ถ้าโดแฉะเกินไปจะเหนียวเหนอะหนะติดมือและเครื่องมือ ทำการปั้นเป็นรูปร่างได้ยาก

และไม่สม่ำเสมอ ถ้าโดแห้งเกินไปจะผสมยาก ปั้นทำรูปร่างยาก ไม่สามารถขึ้นฟูได้เต็มที่ ขนาดของขนมจะเล็ก เนื้อขนมจะแน่น (ทัศนีย์ โรจนไพบูลย์ และอโณทัย โรจนไพบูลย์, 2551)

1.3 น้ำตาล ในการผลิตขนมเปี๊ยะนิยมใช้น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครสเป็นหลักทั้งส่วนของเปลือกและไส้ (นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์, ม.ป.ป.) น้ำตาลทำให้เกิดสีน้ำตาลที่ผิวของขนม ให้ความหวานและความชุ่มชื้นแก่ไส้ โดยปกติไส้ขนมเปี๊ยะมักมีรสหวานจัด เพื่อช่วยให้ขนมเก็บได้นานเพราะน้ำตาลช่วยให้เกิดความนุ่ม มีผลทำให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีปริมาตรที่ดีเนื่องจากน้ำตาลป้องกันการเกิดเจลในสตาร์ชและการแข็งตัวของโปรตีน (Gisslen, 2013)

1.4 น้ำมัน น้ำมันที่นิยมทำขนมเปี๊ยะในสมัยก่อนจะใช้น้ำมันหมูเพราะมีความแข็งตัว ให้กลิ่นรสที่ดี ทำให้ขนมนุ่มน่ารับประทาน และแยกชั้นดี แต่ปัจจุบันผู้ทำขนมเปี๊ยะมีความจำเป็นในธุรกิจการขายได้ทุกกลุ่มผู้บริโภค เพื่อความสะดวกต่อการใช้ และราคาถูกจึงนิยมใช้น้ำมันพืชซึ่งเป็นน้ำมันที่ได้จากเมล็ดแห้งของพืชน้ำมัน มีปริมาณไขมันร้อยละ 100 (จริยา เดชกุลชร, 2555; จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2554; นวรัตน์ เอี่ยมพิทพักษ์, ม.ป.ป.) ในการทำขนมเปี๊ยะทั่วไปมักใช้น้ำมันปาล์ม เพราะน้ำมันปาล์มไม่มีกลิ่น สามารถเก็บได้นาน สำหรับการวิจัยนี้ได้ใช้น้ำมันรำข้าว เนื่องจากองค์การอาหารและเกษตร (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) และ The American Heart Association แนะนำให้บริโภคไขมันไม่เกินร้อยละ 30 ของพลังงานที่ได้รับต่อวัน และมีการแนะนำให้บริโภคอาหารที่มีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated Fatty Acid – MUFA) สูงกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid – SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated Fatty Acid – PUFA) น้ำมันรำข้าวมีสัดส่วนของกรดไขมันทั้ง 3 ชนิดคือ SFA, MUFA และ PUFA ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือใกล้เคียงกับสัดส่วนที่แนะนำ ในขณะที่น้ำมันปาล์มแม้ว่าจะมีปริมาณ MUFA สูงพอควร แต่น้ำมันปาล์มมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูง (นัยนา บุญทวีนุวัฒน์ และ เรวดี จงสุวัฒน์, 2545)

การใช้ไขมันหรือน้ำมันในการทำขนมเปี๊ยะช่วยทำให้เกิดความคงตัว ทำให้มีลักษณะโครงสร้างเฉพาะ ช่วยหล่อลื่นทำให้กลูเตนหรือแป้งขาดออกจากกันเป็นส่วนเล็ก ๆ ทำให้ร่วน แยกชั้นและมีกลิ่นรสที่ดี (นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์, ม.ป.ป.) เมื่อใส่น้ำมันหรือไขมันลงในแป้งสาลีจะทำให้ความเหนียวของแป้งลดลง โดยน้ำมันจะไปเคลือบเม็ดแป้ง หรือไขมันแยกกลูเตนออกจากกันเป็นก้อนเล็ก ๆ ไม่เกาะกัน น้ำมันจะทำให้แป้งนุ่มได้ขึ้นอยู่กับความสามารถเคลือบผิวของเม็ดแป้ง ซึ่งน้ำมันที่ไม่อิ่มตัวสูงจะเคลือบผิวเม็ดแป้งได้ดีกว่าน้ำมันที่ไม่อิ่มตัวต่ำ (ณรงค์ นิยมวิทย์ และ อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ, 2535)

1.5 ไส้ขนมเปี๊ยะ ไส้ขนมส่วนใหญ่นิยมใช้เมล็ดถั่วต่าง ๆ เช่น ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วดำ เมล็ดบัว โดยการนำไปกวนซึ่งนิยมใช้น้ำมันกวนแทนน้ำกะทิ เพราะน้ำกะทิทำให้ไส้มีการอายุการเก็บสั้น บูดง่าย ดังนั้นการใช้น้ำมันพืชจะช่วยให้ไส้ไม่บูด นอกจากนี้ไส้ขนมเปี๊ยะยังมีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์เก็บได้นานขึ้นถ้ามีความหวานมากพอ ทำให้เกิดราได้ช้าลง ทั้งนี้ไม่ควรกวนไส้แฉะหรือเหลวเกินไป เพราะจะทำให้เปลือกขนมเปี๊ยะแตกขณะที่อบได้ ซึ่งไส้ขนมเปี๊ยะที่เป็นที่นิยมและเป็นพื้นฐานมักเป็นไส้ถั่วเขียวกวน (นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์, ม.ป.ป.) ที่ทำจากถั่วเขียวเลาะเปลือก มีเนื้อเมล็ดสีเหลือง

2. ขั้นตอนการทำขนมเปี๊ยะ มีดังนี้ (นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์, ม.ป.ป.; เสริมพร สารทพันธ์, 2542)

2.1 การทำเปลือกขนมเปี๊ยะ มีการทำ 2 ส่วนคือ

2.1.1 เปลือกชั้นใน โดยนำแป้งผสมกับน้ำมันด้วยเครื่องผสมใช้ความเร็วปานกลางนวดจนกระทั่งน้ำมันกับแป้งผสมรวมกันสามารถปั้นเป็นก้อนได้เมื่อผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสม

2.1.2 เปลือกชั้นนอก โดยผสมแป้ง น้ำ น้ำตาลทราย และไขมันหรือน้ำมัน ด้วยเครื่องผสมใช้ความเร็วปานกลาง ควรนวดพอเข้ากันไม่ต้องเนียนมาก เพราะจะมีการรีดแป้งซึ่งทำให้ส่วนผสมมีความเนียนมากขึ้น หลังจากผสมแล้วควรพักส่วนผสมประมาณ 20-30 นาที เพื่อให้แป้งคลายตัว

หลังจากทำเปลือกทั้ง 2 ชั้นแล้วจะนำตัดแบ่งน้ำหนักตามขนาดของชิ้นขนม และนำเปลือกชั้นนอกแผ่ออกห่อเปลือกชั้นในแล้วหุ้มให้มิด

2.2 การรีดแป้ง ลักษณะขนมเปี๊ยะโดยทั่วไปจะมีลักษณะเปลือกเป็นแผ่นบาง ๆ เป็นชั้นหลายชั้น โดยนำเปลือกชั้นนอกหุ้มเปลือกชั้นใน คลึงด้วยไม้คลึงแป้ง รีดแล้วม้วนหรือพับทบแป้งทำ 2 ครั้ง จากนั้นรีดให้แบนแล้วห่อไส้ ทำรูปร่างตามชนิดของขนมเปี๊ยะนั้น ๆ ซึ่งการรีดและพับทบมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโครงสร้างที่เป็นชั้นของเปลือกชั้นในและเปลือกชั้นนอกสลับกันไป แต่หากรีดแป้งไม่ดี เปลือกของขนมเปี๊ยะจะฉีกขาด ทำให้ห่อไส้ลำบาก และขนมเปี๊ยะไม่น่ารับประทาน

2.3 การห่อไส้ ขนมเปี๊ยะโดยทั่วไปจะมีส่วนผสมของไส้มากกว่าเปลือก การห่อต้องใช้ความระมัดระวังไม่ให้เปลือกแตก ไส้ทะลักออกมา และปิดตะเข็บให้สนิท ผู้ทำจะต้องตะล่อมเปลือกที่รีดบางแล้วให้หุ้มไส้ทีละน้อยจนมิด โดยขนมเปี๊ยะกุหลาบจะห่อโดยให้ส่วนที่เป็นชั้นซ้อนกันอยู่ด้านนอก

2.4 การตกแต่งหน้าขนม ขั้นตอนนี้จะทำก่อนนำเข้าอบ ทำโดยทาหน้าขนมเปี๊ยะด้วยไข่หรือไข่แดง งาขาว งาดำ ผักชี หรือประทับตราชื่อร้านของผู้ผลิต การแต้มสีนั้นนิยมตกแต่งให้มีสีแดงสด ควรรอให้สีแห้งแล้วจึงนำออกมาทาไข่แล้วอบต่อ เพื่อช่วยให้สีที่แต้มไม่เลอะเทอะ ซึ่งการวิจัยต้องการให้ผู้ทดสอบและผู้บริโภคเห็นชั้นของเปลือกที่ซ้อนกันจึงไม่ได้ตกแต่งหน้าขนมเปี๊ยะ

2.5 การอบขนมเปี๊ยะ ถาดอบที่ใช้ทำขนมเปี๊ยะในสมัยก่อนจะใช้ถาดเหล็ก เพื่อการนำความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอ แต่ปัจจุบันถาดเหล็กมีราคาแพงและน้ำหนักมาก จึงใช้ถาดอะลูมิเนียมแทน ถาดที่ใช้อบควรทาไขมันบาง ๆ บนถาดเพื่อป้องกันขนมติดถาด หากทาไขมันมากเกินไป ขนม-เปี๊ยะจะไหล และแผ่ขยายตัวออก ทำให้รูปร่างขนมไม่สวย ผู้ทำอาจใช้แผ่นซิลิโคนรองเพื่อความสะดวกในการทำงาน โดยอุณหภูมิที่ใช้อบคือ 200^0C (392^0F)

หลังจากขนมเปี๊ยะอบสุกแล้ว ขนมเปี๊ยะบางชนิดจะมีการอบควันเทียนเพื่อให้กลิ่นหอมแก่ขนม แต่ต้องระมัดระวังไม่ให้เถ้าดำรอบเนื้อเทียนหล่นลงบนหน้าขนม หากเทียนอบผ่านการใช้งานมาแล้วผู้ทำควรตรวจสอบเศษสีดำรอบเนื้อเทียนก่อนนำมาใช้

3. ลักษณะของขนมเปี๊ยะกุหลาบ

ขนมเปี๊ยะกุหลาบจะมีเปลือกเป็นแผ่นบางหลายชั้น เปลือกของขนมไม่ฉีกขาดหรือร่วนเกินไป ไส้มีรสหวานปานกลาง มีอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเปลือกและไส้โดยจะมีส่วนของไส้มากกว่าส่วนของเปลือก เปลือกมีความนุ่ม และมีรูปทรงสมมาตร (นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ, ม.ป.ป.) และหากมีสีขาวนวล บางครั้งจะเรียกว่า ขนมเปี๊ยะกุหลาบขาว

การบรรจุและบรรจุภัณฑ์

ในปัจจุบันสามารถจำแนกการบรรจุประเภทขนมอบตามปริมาณความชื้นได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่มีความชื้นสูง เช่น ขนมปัง โดนัท และขนมเปี๊ยะ เป็นต้น และประเภทที่มีความชื้นต่ำ เช่น คุกกี้ และแครกเกอร์ เป็นต้น การบรรจุประกอบด้วยสิ่งสำคัญต่อไปนี้

(1) การบรรจุต้องสามารถป้องกันการเสื่อมเสียคุณภาพอันเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการเกิดจุลินทรีย์

(2) วัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ของขนมอบสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ประเภทหลัก ได้แก่ แก้ว กระดาษ โลหะ และพลาสติก ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดมีข้อดีและข้อเสียดังตารางที่ 2.1

(3) การปิดผนึกหีบห่อ การปิดผนึกจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ โดยแต่ละวัสดุที่ใช้จะมีการปิดผนึกที่แตกต่างกัน เช่น กระดาษจะใช้เทปกาวใส หรือลวดเย็บในการปิดผนึก พลาสติกใช้ความร้อน หรือ ลวดหุ้มพลาสติกในการปิดผนึก เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร

วัสดุ	ข้อดี	ข้อเสีย
แก้ว	- มีความเป็นกลางต่อปฏิกิริยาทางเคมีมากที่สุด จึงไม่มีกลิ่น และไม่ทำปฏิกิริยากับตัวผลิตภัณฑ์ - ป้องกันการซึมผ่านของเชื้อจุลินทรีย์ อากาศ หรือก๊าซ ไอน้ำ กลิ่น และสารระเหยได้ดี	- แก้วมีราคาค่อนข้างแพง ทำให้มีต้นทุนการผลิตสูง - เป็นวัสดุที่น้ำหนักมาและเปราะบางแตกง่าย
กระดาษ	- มีราคาถูก ปิดผนึกและรีไซเคิลได้ง่าย - สามารถออกแบบให้มีแบบต่าง ๆ และพิมพ์เป็นลวดลายได้ง่าย	- ไม่ทนความชื้น และดูดความชื้นจากผลิตภัณฑ์ - ไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านของเชื้อจุลินทรีย์ อากาศและกลิ่น
โลหะ	- ให้ความมั่นคงแข็งแรงแก่ผลิตภัณฑ์ - สามารถนำบรรจุภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ต่อได้	- อาจเกิดสนิมเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความชื้นสูง - โลหะมีราคาแพงทำให้มีต้นทุนการผลิตที่สูง
พลาสติก	- มีความโปร่งใส ทำให้สามารถมองเห็นตัวผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน - มีน้ำหนักเบา สวยงาม ราคาถูกสามารถปิดผนึกและขนส่งได้ง่าย - สามารถผลิตได้หลายรูปแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานและความสวยงาม - สามารถป้องกันการซึมผ่านของอากาศได้ - สามารถป้องกันการทำลายของแบคทีเรียและเชื้อราได้	- ยากต่อการนำไปใช้ใหม่

ที่มา: วราวรรณ วิเศษวงศ์. (ม.ป.ป.)

ความต้องการทางการบรรจุของผลิตภัณฑ์ขนมอบ (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

1. สมบัติด้านการซึมผ่านของไอน้ำ

ผลิตภัณฑ์ขนมอบมีความชื้นและค่า a_w สูงจึงสูญเสียความชื้นได้ง่าย การใช้วัสดุและภาชนะบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านไอน้ำได้ดี จะช่วยลดปัญหานี้ได้บ้าง แต่อาจเกิดปัญหาหยดน้ำภายในภาชนะบรรจุแทน เนื่องจากไอน้ำในเนื้อขนมสามารถเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวและผ่านออกไปภายนอก ถ้าวัสดุ และภาชนะบรรจุยอมให้ไอน้ำผ่านซึมออกไปได้น้อยเกินไป ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในภาชนะบรรจุจะสูงขึ้นจนเกิดจุดอิ่มตัวจะเกิดการกลั่นออกมาเป็นหยดน้ำ ทำให้เปลือกขนมแฉะเหนียว และจุลินทรีย์เติบโต จึงควรเลือกวัสดุภาชนะบรรจุที่มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากค่าความชื้น และค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บและอุณหภูมิการเก็บรักษา

2. สมบัติด้านการซึมผ่านของก๊าซ

วัสดุและภาชนะที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบ มีทั้งป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีและยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ง่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการบรรจุที่เลือกใช้ และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ถ้ามีอายุการเก็บเพียง 2–3 วันใช้วัสดุที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซได้สูง ๆ เช่น PP, PE และ Polystyrene Oriented ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีอายุการเก็บสูง ต้องใช้วัสดุที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี เช่น Nylon/PE, PET/A1/PE, K-OPP/PE และ K-ON/PE เป็นต้น

3. ป้องกันการซึมผ่านของไขมัน

ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง วัสดุ และภาชนะที่ใช้จึงต้องป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ดี เพื่อป้องกันคราบน้ำมันบนภาชนะบรรจุ ซึ่งทำให้ผู้บริโภคเข้าใจผิดว่า ผลิตภัณฑ์เก่า และยังทำให้สมบัติการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ และกลิ่นลดลง คุณภาพของผลิตภัณฑ์จะเสื่อมเสียเร็วขึ้น

4. ป้องกันการซึมผ่านของกลิ่น

ผลิตภัณฑ์ขนมอบมีไขมันสูง จึงสามารถดูดกลิ่นจากสิ่งแวดล้อมได้ดี ต้องบรรจุในภาชนะ-บรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของกลิ่น และสารระเหยได้ดี เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของกลิ่นจากอาหารที่เก็บหรือวางจำหน่ายไว้ด้วยกัน

5. ป้องกันแสง

แสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและวิตามิน ทำให้อาหารเสื่อมเสีย หากไม่มีข้อกำหนดทางการตลาดที่ต้องให้ผู้บริโภคมองเห็นผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุทึบแสงจะช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ดีกว่าภาชนะบรรจุโปร่งแสง วัสดุที่ป้องกันแสง ได้แก่ แผ่นเปลว-อะลูมิเนียม ฟิล์มอาบโลหะ ฟิล์มเติมสารทึบแสง และ PET/PE/A1/PE

6. ปิดผนึกได้ด้วยความร้อน

การบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบต้องมีการปิดผนึกภาชนะบรรจุให้สนิท เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียคุณภาพ และเพื่อรักษาบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุตามที่ต้องการ การปิดผนึกด้วยความร้อนเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากสะดวก รวดเร็ว และปิดได้สนิท ต้องเลือกใช้ฟิล์มชั้นในที่สุดที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ให้สามารปิดผลึกได้ด้วยความร้อน เช่น LLDPE, EVA, LDPE และ K-On/PE เป็นต้น

7. อำนวยความสะดวกและสวยงาม

ผลิตภัณฑ์ขนมอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการแข่งขันทางการตลาดสูง จึงต้องใช้ภาชนะที่บรรจุที่สามารถอำนวยความสะดวกแก่ผู้บริโภคได้ดี ภาชนะบรรจุต้องเปิดออกง่าย นอกจากนี้จะต้องมีความสวยงามเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคได้

ในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ พลาสติก ทำให้มีการพัฒนาพลาสติกที่เหมาะสมในการใช้บรรจุขนมอบ เช่น พลาสติก Oriented Nylon Coated with Polyvinylidene Chloride/Low Density Polyethylene (KON/PE) เป็นต้น ซึ่งสามารถทนต่อความร้อน ความเย็น อากาศ และกลิ่นได้ดี

อายุการเก็บรักษาของขนมอบ

อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารเป็นการบ่งบอกถึงระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์นั้นยังมีความปลอดภัยต่อการบริโภค รวมถึงยังมีลักษณะทางประสาทสัมผัส เคมี กายภาพ และชีวภาพเป็นที่พึงพอใจ และยังรักษาคุณค่าทางโภชนาการตามที่ระบุไว้ในฉลากโภชนาการ ทั้งนี้ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาตามสภาวะที่เหมาะสม ปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมอบแบ่งเป็น ปัจจัยภายใน (Intrinsic factors) ที่แสดงถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, a_w) ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นต้น และปัจจัยภายนอก (Extrinsic factors) เช่น การควบคุมอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาและการจัด-จำหน่าย ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างการผลิต การเก็บรักษา และการจัดจำหน่าย เป็นต้น (Kilcast and Subramaniam, 2000) ทั้งปัจจัยภายในและภายนอก ล้วนแล้วแต่เป็นการกระตุ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเก็บและอายุของผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ มีดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงนี้มักมีสาเหตุมักมาจากขั้นตอนการผลิตการขนส่ง การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ คือ การได้รับหรือสูญเสียความชื้นภายในขนม เนื่องจากการเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) โดยเกาะกันของ อะไมเลสในสายที่คู่ขนานกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้ส่วนเปลือกขนมมีลักษณะแห้ง เนื้อแป้งด้านในมีสีขาวขุ่นการใช้ภาชนะบรรจุที่ไอน้ำซึมผ่านได้น้อยจะช่วยลดปัญหานี้ได้ (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2556)

2. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงนี้สามารถเกิดได้ทั้งขั้นตอนการผลิตและการเก็บรักษา โดยปฏิกิริยาเคมีส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในอาหารที่มีปัจจัยแวดล้อมภายนอกมาเป็นส่วนช่วยในการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation reactions) คือ ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ที่มีกรดไขมันชนิดชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ณ ตำแหน่งพันธะคู่ทำให้เกิดสารที่ให้กลิ่นและรสที่ผิดปกติ เรียกว่า การหืน (Rancidity) ปฏิกิริยาจากเอมไซม์ (Enzymatic

reactions) จะมีปฏิกิริยาทางเคมีเช่น การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) เป็นต้น (รังสินี โสธรวิทย์, 2550)

3. การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนใหญ่เกิดการเสื่อมเสีย ได้แก่ เชื้อรา โดยการเจริญของจุนลินทรีย์แต่ละประเภทในผลิตภัณฑ์อาหารจะขึ้นอยู่กับระดับ a_w ของผลิตภัณฑ์ หากผลิตภัณฑ์ของขนมมีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 จุลินทรีย์จะถูกยับยั้งจนไม่สามารถเจริญเติบโตส่วนผลิตภัณฑ์ขนม-เปี๊ยะกุหลาบที่มีค่า a_w อยู่ในระดับ 0.70–0.90 จะพบการเจริญของเชื้อรา *Xerophile* และยีสต์ชนิด *Osmophile* นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิดสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์แตกต่างกันตามระดับ a_w เช่น เชื้อ *Clostridium botulinum* สามารถเจริญ และสร้างสารพิษได้ในระดับ a_w เท่ากับ 0.94 และที่ระดับ a_w เท่ากับ 0.80 จะมีการสร้างพิษของเชื้อรา (รังสินี โสธรวิทย์, 2550) เนื่องจากเชื้อราเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดของการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบ อายุการเก็บของขนมอบจึงนิยมกำหนดจากระยะเวลาที่ยังไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อราเรียกว่า Mould Free Shelf–Life (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภัทร์ภณ ภู่เพ็ชร์ และคณะ. (2552). ศึกษาสมบัติทางเคมีของแป้งข้าวสีนิล พบว่าแป้งข้าวสีนิลมีปริมาณไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตมากกว่า แต่มีปริมาณน้ำอิสระ โปรตีน และอะไมโลสน้อยกว่าแป้งสาลี ($p \leq 0.05$) ส่วนทางกายภาพด้านความหนืดของสารละลายแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวสีนิลและแป้งสาลีที่อัตราส่วนต่าง ๆ ในช่วง 0:100 ถึง 50:50 (โดยน้ำหนัก) พบว่าแป้งผสมที่มีแป้ง-ข้าวสีนิลในปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีความหนืดที่อุณหภูมิสูงกว่า และยังมีการคืนตัวเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้เมื่อใช้แป้งข้าวสีนิลทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการผลิตโดของขนมปัง พบว่าปริมาณแป้งข้าวสีนิลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซับน้ำ ความต้านทานต่อการยืดขยายของโด และความสามารถในการยืดขยายของโดลดลง จึงอาจส่งผลให้การผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งข้าวสีนิลเป็นส่วนผสมอาจต้องปรับปริมาณน้ำในส่วนผสม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นตามลักษณะที่ควรเป็น

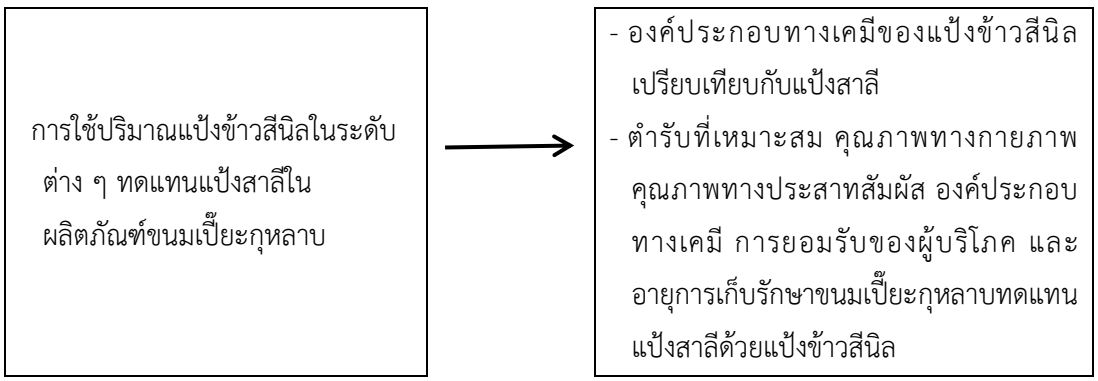
อุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์ และ สุนทรี สุวรรณสิชณน์. (2553). ศึกษาผลการใช้แป้งข้าวสีนิลทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50-100 ในการผลิตบัตเตอร์เค้ก งานวิจัยนี้มีบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งสาลีล้วนเป็นสูตรควบคุม พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสีนิลจะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของส่วนผสม

เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์เค้กมีปริมาตรและความชื้นลดลง ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) และเมื่อนำมาวิเคราะห์เค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis) พบว่าบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสีนิลร้อยละ 50-80 มีความแน่นเนื้อ และความเหนียวคล้ายยาง เมื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสีนิลร้อยละ 70 มากกว่าตัวอย่างอื่น ดังนั้นในการใช้แป้งข้าวสีนิลอาจต้องมีการปรับปริมาณส่วนผสมต่างๆ ที่มีผลต่อการเก็บความชื้นและปริมาตรของผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้

Islam et al. (2012). ศึกษาคุณภาพของบิสกิตที่ใช้แป้งข้าวกล้อง (*Oryza sativa*) ผสมกับแป้งข้าวสาลี (*Triticum aestivum*) โดยผสมแป้งข้าวกล้องร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 5, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้งข้าวสาลี พบว่าแป้งข้าวกล้องมีความสามารถในการดูดน้ำน้อยกว่าแป้งข้าวสาลี การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องในบิสกิตส่งผลให้อัตราการขยายตัวลดลง มีองค์ประกอบของเถ้า ไขมัน ความชื้น และเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตลดลง ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลดลง ทั้งนี้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี และการยอมรับโดยรวมของบิสกิตที่ผสมแป้งข้าวกล้องร้อยละ 10 ใกล้เคียงกับบิสกิตสูตรควบคุม

Khoshgozaran-Abras. (2012). ศึกษาผลการใช้แป้งข้าวกล้องเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารต่อคุณภาพของขนมปัง (Flat bread) โดยทดแทนแป้งข้าวสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องที่ระดับร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้ง ซึ่งจะมีขนมปังที่ใช้แป้งข้าวสาลีทั้งหมดเป็นสูตรควบคุม พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้อง ขนมปังจะมีปริมาณโปรตีนลดลง แต่มีปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้น ลักษณะทางกายภาพของโด คุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อขนมปัง และเมื่อเก็บขนมปังที่อุณหภูมิห้อง ($30^{o}C$) เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ของขนมปังที่ผสมแป้งข้าวกล้องร้อยละ 5 มีความใกล้เคียงกับขนมปังสูตรควบคุม

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. วิธีการ
3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.วัตถุดิบ

1.1 แป้งข้าวสีนิล ตรา b natural จากห้างหุ้นส่วนจำกัด บางใหญ่ซัพพลาย
1.2 แป้งสาลีอเนกประสงค์ ตราว่าว
1.3 แป้งสาลีสำหรับทำเค้ก ตราบัวแดง
1.4 น้ำมันรำข้าว ตรา คิง
1.5 น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล
1.6 ถั่วเขียวเลาะเปลือก ตรา ไร่ทิพย์
1.7 เทียนอบขนม จากโรงเรียนสอนทำอาหารครัววันดี

2. อุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตขนมเปี๊ยะกุหลาบ
2.1.1 เครื่องผสมอาหารขนาด 5 Q ยี่ห้อ Kitchen Aid พร้อมหัวตีรูปใบไม้ รุ่น 5KPM50E
2.1.2 เครื่องชั่งชนิดหยาบและละเอียด
2.1.3 เตาอบไฟฟ้ายี่ห้อ SALVA NO.11510 รุ่น TFL 10-31
2.1.4 นาฬิกาจับเวลา
2.1.5 เทอร์โมมิเตอร์ แบบตัวเลขดิจิทัล

2.1.6 อุปกรณ์งานครัว ได้แก่ อ่างผสม ถ้วยเตรียมสแตนเลส พายพลาสติก มีดหั่นผลไม้ กระชอน ถาดบราวนี่ ลังถึง ผ้าขาวบาง กระทะทองเหลือง แผ่นตัดโดพลาสติก พายไม้ แผ่น-พลาสติกคลุมโด ไม้คลึงซาลาเปา แผ่นรองอบ และตะแกรงพักขนม

2.1.7 ถุงพลาสติกจากฟิล์มพลาสติกชนิด Oriented Nylon Coated with Polyvinylidene Chloride/Low Density Polyehylene (KON/PE) ขนาด 145x220x30 มิลลิเมตร ความหนา 15/50 ไมครอน อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 7 กรัม/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง.บรรยากาศ และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน 6-10 มิลลิเมตร/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง.บรรยากาศ

2.1.8 ถาดพลาสติกแบบ 8 หลุม

2.1.9 เครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ด้วยความร้อน

2.2 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

2.2.1 เวอร์เนียร์ (Vernier caliper)

2.2.2 กระบอกตวง

2.2.3 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, a_w) ยี่ห้อ Sprint Novasina รุ่น TH-500

2.2.4 เครื่องวัดค่าสี (Handy Colorimeter) ยี่ห้อ Nippon Denshoku NR-3000, Japan

2.2.5 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Stable micro system TA-XT2i, England

2.3 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

2.3.1 ชุดวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis)

2.3.2 ชุดวิเคราะห์แอนโธไซยานิน

2.3.3 ชุดวิเคราะห์การเกิดกลิ่นหืน (Thiobarbituric analysis, TBA)

2.4 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

2.4.1 หม้อนึ่งความดันไอ ยี่ห้อ Autoclave HA-300 MN, Japan

2.4.2 ตู้บ่ม (Incubator) ยี่ห้อ Memmert รุ่น BM 400, Germany

2.4.3 ปิเปต (Pipette)

2.4.4 จานอาหารเลี้ยงเชื้อ (Plate)

2.4.5 กระบอกตวง (Cylinder)

2.4.6 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

2.5 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.5.1 อุปกรณ์ในการทดสอบ

2.5.2 แบบสอบถาม

3. สารเคมี

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์โปรตีน

3.1.1 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4)

3.1.2 คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$)

3.1.3 โปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)

3.1.4 โซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$)

3.1.5 กรดบอริก (Boric acid)

3.1.6 เมทธิลเรด (Methyl red)

3.1.7 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3.1.8 กรดเกลือเข้มข้น (Conc. HCl)

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไยอาหาร

3.2.1 กรดซัลฟิวริก (Conc. H_2SO_4)

3.2.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3.2.3 อะซิโตน (Acetone)

3.2.4 ซีไลท์ (Zylite)

3.2.5 ออกทานอล (Octanol)

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไขมัน

3.3.1 ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)

3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ

3.4.1 การวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมดด้วย Standard Plate Count Agar (Merck, Germany)

3.4.2 การวิเคราะห์ยีสต์ด้วย Potato Dextrose Agar (Merck, Germany)

3.4.3 Peptone water 0.1 % (Merck, Germany)

3.4.4 MYP agar base (Merck, Germany)

วิธีการ

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลี

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลและแป้งสาลีที่ใช้ในการทำขนมเปี๊ยะกุหลาบ คือ แป้งสาลีเอนกประสงค์ ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน กากใย และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ AOAC (2000) และปริมาณแอนโธไซยานิน โดยวิธี pH-differential method (Wrolstad, 2000)

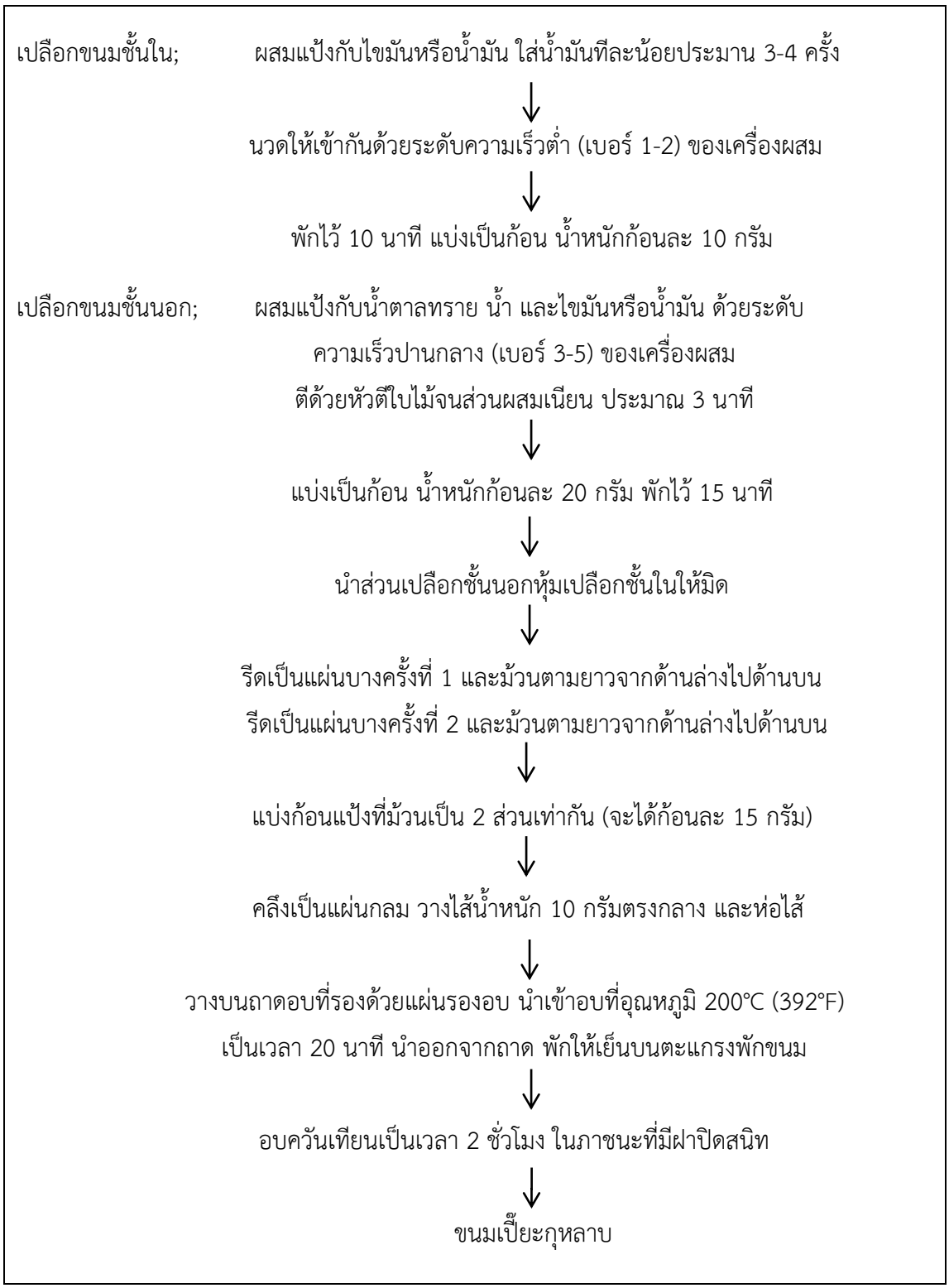
2. การศึกษาตำรับของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่เหมาะสมและองค์ประกอบทางเคมีของขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ผ่านการคัดเลือก

2.1 การศึกษาตำรับของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่เหมาะสม โดยแบ่งขั้นตอนการศึกษาเป็นการคัดเลือกตำรับพื้นฐาน จากนั้นทำการศึกษาปริมาณแป้งข้าวสีนิลที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตขนมเปี๊ยะกุหลาบ

2.1.1 การคัดเลือกตำรับพื้นฐานของส่วนเปลือกขนมเปี๊ยะ โดยใช้ตำรับ A จากโรงเรียนสอนทำอาหารครัววันดี. (ม.ป.ป.) ตำรับ B ดัดแปลงจากธีรนุช ฉายศิริโชติ (2554) และตำรับ C จากอมราภรณ์ วงศ์ฟัก. (2555) ดังตารางที่ 3.1 และกรรมวิธีการผลิตขนมเปี๊ยะกุหลาบดังภาพที่ 3.1 นำมาห่อไส้ถั่วกวนจากตำรับและกรรมวิธีการผลิตของธีรนุช ฉายศิริโชติ (2554) ดังตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.2 สังเกตลักษณะของขนมเปี๊ยะกุหลาบและนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ความเป็นชั้น สีของเปลือก สีของไส้ กลิ่นรสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale Test) กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 55 คน และคัดเลือกตำรับที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด 1 ตำรับ เพื่อนำมาทดสอบการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลต่อไป

ตารางที่ 3.1 ตำรับพื้นฐานส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะกุหลาบ 3 ตำรับ

วัตถุดิบ	ตำรับ A		ตำรับ B		ตำรับ C	
	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ
<u>เปลือกชั้นใน</u>						
แป้งสาลีสำหรับทำเค้ก	150	19.6	52.5	26.9	-	-
แป้งสาลีอเนกประสงค์	-	-	-	-	150	19.6
น้ำมันรำข้าว	75	9.8	21.0	10.8	75	9.8
<u>เปลือกชั้นนอก</u>						
แป้งสาลีอเนกประสงค์	300	39.2	62.0	31.7	300	39.2
น้ำมันรำข้าว	120	15.7	20.2	10.3	120	15.7
น้ำ	120	15.7	12.4	6.4	120	15.7
น้ำตาลทราย	-	-	27.1	13.9	-	-
รวม	765	100	195.2	100	765	100



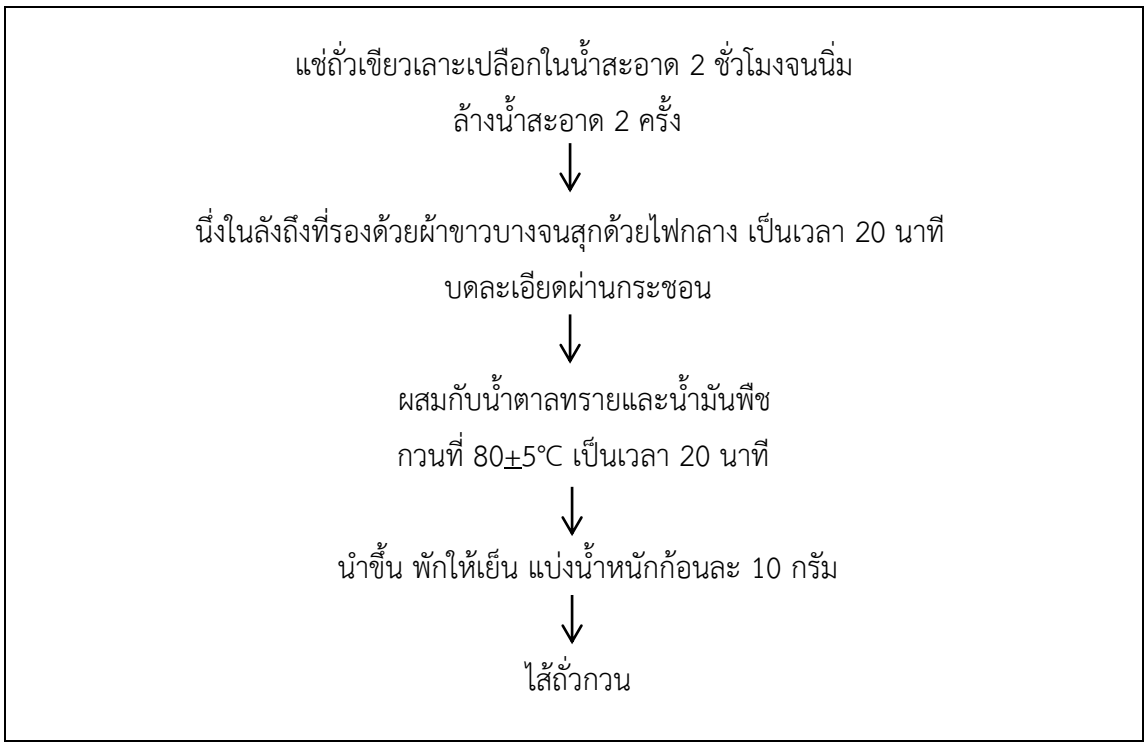
ภาพที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตขนมเปี๊ยะกุหลาบ

ที่มา: นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์. (ม.ป.ป.)

ตารางที่ 3.2 ตำรับพื้นฐานในการผลิตไส้ถั่วกวนสำหรับขนมเปี๊ยะกุหลาบ

วัตถุดิบ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ
ถั่วเขียวเลาะเปลือก	250	55.60
น้ำมันรำข้าว	112.5	25.00
น้ำตาลทราย	87.5	19.40
รวม	450	100

ที่มา: ธีรนุช ฉายศิริโชติ. (2554)



ภาพที่ 3.2 กรรมวิธีการผลิตไส้ถั่วกวน

ที่มา: ดัดแปลงจากธีรนุช ฉายศิริโชติ. (2554)

2.1.2 การศึกษาปริมาณแป้งข้าวสีนิลที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตขนมเปี๊ยะกุหลาบ โดยศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือก วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) 5 ระดับ คือ 0:100, 10:90, 20:80, 30:70 และ 40:60 ประเมินลักษณะส่วนผสม ลักษณะขนมเปี๊ยะกุหลาบที่อบสุก และศึกษาคุณภาพ ได้แก่

2.1.2.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

- ขนาดของขนมเปี๊ยะ โดยใช้ Vernier caliper
- ปริมาตรจำเพาะของขนมเปี๊ยะโดยการแทนที่ด้วยงา
- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่า Water Activity
- ค่าสี (L* a* b*) โดยใช้ Handy calorimeter
- เนื้อสัมผัสของขนมเปี๊ยะจากการวัด Texture Profile Analysis โดยใช้ Texture analyzer

2.1.2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ความเป็นชั้น สีของเปลือก สีของไส้ กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale Test) กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 55 คน คัดเลือกตำรับเพื่อการทดลองต่อไป

2.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ผ่านการคัดเลือก โดยนำขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่ผ่านการพัฒนาแล้วมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) โดยวิเคราะห์ขนมเปี๊ยะทั้งส่วนเปลือกและไส้รวมกัน เปรียบเทียบกับขนมเปี๊ยะกุหลาบตำรับพื้นฐาน ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน กากใย และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ AOAC (2000) และปริมาณแอนโธไซยานิน โดยวิธี pH-differential method (Wrolstad, 2000)

3. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

จากตำรับขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่ได้รับการคัดเลือก นำมาทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี Central Location Test (CLT) โดยสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบ (9-Point Hedonic Scale) ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ ความเป็นชั้น สีของเปลือก สีของไส้ กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม และข้อมูลทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบทำการทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภค จำนวน 120 คน ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

4. การศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

ศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะเล็กกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล โดยนำขนมเปี๊ยะเล็กบรรจุใส่ถาดพลาสติกแบบ 8 หลุม (8 ชิ้นต่อ 1 ถาด) บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด Oriented Nylon Coated with Polyvinylidene Chloride/Low Density Polyethylene (KON/PE) ปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32$\pm$2^{o}C) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70$\pm$5 จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างทุก 1 สัปดาห์จนครบ 2 สัปดาห์ คุณภาพที่ตรวจได้แก่

4.1 คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่า Water Activity
- ค่าสี (L* a* b*) โดยใช้ Handy calorimeter
- เนื้อสัมผัส โดยเครื่องวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส

4.2 คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2000)
- ค่าความหืน (Thiobarbituric analysis, TBA) ตามวิธีการของ AOAC (1997)

4.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีการของ BAM (2001) (U.S. Food and Drug Administration, 2001)

- สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส โดยใช้ 3M™ Petrifilm™ Staph Express Count Plate (AOAC, 2003)

- บาซิลลัส ซีเรียส ตามวิธีการของ BAM (2001) (U.S. Food and Drug Administration, 2001)

- ยีสต์และรา ตามวิธีการของ BAM (2001) (U.S. Food and Drug Administration, 2001)

4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD โดยวิธี Quantitative Descriptive Analysis ให้คะแนนความเข้มในส่วนของเปลือก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความนุ่มของเปลือก และความร่วน คะแนนความเข้มในส่วนของไส้ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นถั่ว กลิ่น-ควันเทียนอบ ความนุ่ม ความร่วน รสชาติ และการยอมรับคุณภาพโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 15 คน สเกลที่ใช้มีลักษณะ Line Scale ความยาว 15 เซนติเมตร

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการพัฒนาตำรับพื้นฐาน และตำรับขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) ส่วนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ RCBD (Randomized Complete Block Design) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลี ศึกษาตำรับ องค์ประกอบทางเคมี การยอมรับของผู้บริโภค และอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล รายงานนี้จึงมีการนำเสนอผลการวิจัย 4 หัวข้อ ดังนี้

1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลี
2. ผลการศึกษาตำรับของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่เหมาะสมและองค์ประกอบทางเคมีของขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ผ่านการคัดเลือก
3. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล
4. ผลการศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลี

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน กากใย คาร์โบไฮเดรต และปริมาณแอนโธไซยานิน ของแป้งข้าวสีนิลและแป้งสาลีที่ใช้ในการทำขนมเปี๊ยะกุหลาบ 2 ชนิด คือ แป้งสาลีเอนกประสงค์ และแป้งเค้ก แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่า แป้งข้าวสีนิลมีปริมาณไขมัน เถ้า และใยอาหารสูงกว่าแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่า แป้งข้าวสีนิลมีปริมาณใกล้เคียงกับแป้งเค้ก แต่มีปริมาณสูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ โดยแป้งสาลีอเนกประสงค์จะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งเค้กและแป้งข้าวสีนิลตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของภัทร์ภณ ภู่เพ็ชร์ และคณะ. (2552) ที่รายงานว่าแป้งข้าวสีนิลมีปริมาณไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตมากกว่า แต่มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแป้งสาลี ($p \leq 0.05$) และจากการทดลอง พบว่า แป้งข้าวสีนิลมีปริมาณแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) ในขณะที่แป้งสาลีมีปริมาณของสารนี้น้อยมาก เนื่องจากข้าวสีดำหรือข้าวสีนิล (Black rice) จะมีสีม่วงเข้มที่มีแอนโธไซยานินเป็นส่วนประกอบ ซึ่งสารนี้อยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย (Ujjawal, 2016) ขณะที่กระบวนการผลิตแป้งสาลีจะมีการขัดสีส่วนของรำ (Bran) ชั้นของแอลูโลน (Aleulone layer) และจมูกข้าว (Germ) ออกไป นอกจากนี้ยังมีการใช้สารฟอกสี

และสารปรับสภาพแป้งจึงส่งผลให้แป้งมีความขาวเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณสารให้สีต่าง ๆ รวมถึงแอนโธ-ไซยานินลดลง (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2556)

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลี

คุณภาพทางเคมี	ชนิดของแป้ง		
	แป้งสาลีอเนกประสงค์	แป้งเค้ก	แป้งข้าวสีนิล
ความชื้น (%)	$11.47^{a}\pm0.10$	$11.94^{a}\pm0.46$	$10.31^{b}\pm0.01$
โปรตีน (%)	$11.54^{a}\pm0.23$	$10.12^{b}\pm0.65$	$7.81^{a}\pm0.10$
ไขมัน (%)	$1.21^{b}\pm0.12$	$1.12^{b}\pm0.14$	$3.54^{a}\pm0.03$
เถ้า (%)	$0.40^{b}\pm0.12$	$0.44^{b}\pm0.08$	$1.33^{a}\pm0.02$
คาร์โบไฮเดรต (%)	$75.37^{b}\pm0.28$	$76.38^{ab}\pm0.97$	$77.01^{a}\pm0.10$
ใยอาหาร (%)	$3.03^{b}\pm0.21$	$2.93^{b}\pm0.15$	$4.68^{a}\pm0.15$
แอนโธไซยานิน (mg/g dry basis)	น้อยมาก	น้อยมาก	0.019 ± 0.00

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

: $\pm$S.D. หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2. ผลการศึกษาตำรับของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่เหมาะสม และองค์ประกอบทางเคมีของขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ผ่านการคัดเลือก

2.1 ผลการศึกษาตำรับของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่เหมาะสม

2.1.1 การคัดเลือกตำรับพื้นฐานส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะ

ทำการศึกษาตำรับพื้นฐานทั้ง 3 ตำรับ พบว่า ขนมเปี๊ยะกุหลาบของตำรับ A มีลักษณะของเปลือกที่นุ่ม มัน และมีกลิ่นหอมควันเทียน ส่วนเปลือกขนมเปี๊ยะของตำรับ B มีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างแห้ง แต่มีความเป็นชั้นชัดเจน ส่วนเปลือกขนมเปี๊ยะของตำรับ C นั้นมีเนื้อสัมผัสนุ่ม ร่วน ความเป็นชั้นน้อยกว่าตำรับอื่น แสดงดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 ลักษณะของขนมเปี๊ยะกุหลาบตำรับพื้นฐาน

คุณลักษณะ	ตำรับ A	ตำรับ B	ตำรับ C
ลักษณะส่วนผสม			
เปลือกชั้นใน	ค่อนข้างข้น และหนืด	ค่อนข้างแห้ง และข้น	ค่อนข้างข้น และหนืด
เปลือกชั้นนอก	ค่อนข้างเหนียว และนุ่ม	นุ่ม และค่อนข้างชื้น	ค่อนข้างนุ่ม และชื้น
ลักษณะขนมเปี๊ยะกุหลาบ			
ความเป็นชั้น	ชั้นค่อนข้างชัด	ชั้นชัดเจน	ชั้นค่อนข้างชัด
สีของเปลือก	สีขาวขุ่น	สีขาว น้ำตาลอ่อน	สีขาวขุ่น
สีของไส้	สีเหลืองเข้ม	สีเหลืองเข้มมาก	สีเหลืองเข้ม
กลิ่น	กลิ่นเทียนอบ ค่อนข้างมาก	กลิ่นเทียนอบ ค่อนข้างมาก	กลิ่นเทียนอบเล็กน้อย
รสชาติ	หวานเล็กน้อย	ค่อนข้างหวาน	หวานเล็กน้อย
ความนุ่ม	นุ่มมาก	นุ่มเล็กน้อย	ค่อนข้างนุ่ม

ที่มา: ตำรับ A นวลเพ็ญ ธรรมษา. (2552)
ตำรับ B ดัดแปลงจากธีรนุช ฉายศิริโชติ. (2554)
ตำรับ C อมราภรณ์ วงศ์ฟัก. (2555)

ก. ตำรับ A ข. ตำรับ B ค. ตำรับ C

ภาพที่ 4.1 ลักษณะของขนมเปี๊ยะกุหลาบตำรับพื้นฐาน

เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบในด้านความชอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ความเป็นชั้น สีของเปลือก สีของไส้ กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9–Point Hedonic Scale Test) กับผู้ทดสอบจำนวน 55 คน ดังตารางที่ 4.3 พบว่าความชอบด้านลักษณะปรากฏ สีของเปลือก สีของไส้ กลิ่น

รสชาติ และความชอบโดยรวมของตำรับ A และตำรับ B ได้รับคะแนนสูงกว่าตำรับ C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนความชอบด้านลักษณะความเป็นชั้นของเปลือกนั้นขนมเปี๊ยะตำรับ A ได้รับคะแนนสูงกว่าตำรับ B และตำรับ C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งความชอบด้านความนุ่มของทั้ง 3 ตำรับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามแม้ว่าความชอบโดยรวมของตำรับ A และ B จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ตำรับ A ก็ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าตำรับ B ดังนั้นจึงคัดเลือกตำรับ A เป็นตำรับพื้นฐานที่ใช้ในการผลิตขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

ตารางที่ 4.3 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภค 55 คนที่มีต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบ 3 ตำรับ

คุณลักษณะ	ขนมเปี๊ยะกุหลาบ		
	ตำรับ A	ตำรับ B	ตำรับ C
ลักษณะปรากฏ	$7.25^{a} \pm 0.14$	$7.62^{a} \pm 0.14$	$6.65^{b} \pm 0.14$
ความเป็นชั้น	$7.78^{a} \pm 0.13$	$7.33^{b} \pm 0.13$	$6.65^{c} \pm 0.13$
สีของเปลือก	$7.11^{a} \pm 0.17$	$7.27^{a} \pm 0.17$	$6.71^{b} \pm 0.12$
สีของไส้	$7.15^{a} \pm 0.12$	$7.15^{a} \pm 0.12$	$6.38^{b} \pm 0.17$
กลิ่น	$7.11^{a} \pm 0.14$	$7.00^{a} \pm 0.14$	$6.42^{b} \pm 0.14$
รสชาติ	$7.33^{a} \pm 0.15$	$7.04^{a} \pm 0.15$	$6.60^{b} \pm 0.15$
ความนุ่ม^{ns}	7.18 ± 0.16	6.71 ± 0.16	6.73 ± 0.16
ความชอบโดยรวม	$7.53^{a} \pm 0.14$	$7.18^{a} \pm 0.14$	$6.56^{b} \pm 0.14$

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ± S.D. หมายถึง ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2.1.2 การศึกษาปริมาณแป้งข้าวสีนิลที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตขนมเปี๊ยะกุหลาบ

ทำศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือก 5 ระดับ คือ 0:100 (ตำรับพื้นฐาน/ตำรับควบคุม), 10:90, 20:80, 30:70 และ 40:60 เมื่อทำการเปรียบเทียบกัน พบว่า ปริมาณแป้งข้าวสีนิลที่เพิ่มขึ้นทำให้ส่วนผสมมีสีดำอมม่วงที่เข้มขึ้น มีการเกาะตัวลดลง และรีดเป็นแผ่นเพื่อห่อไส้ยากขึ้น ส่วนลักษณะขนมเปี๊ยะกุหลาบที่อบสุกนั้น พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสีนิลมีผลต่อความแข็ง การเกิดชั้น และสีของผลิตภัณฑ์ เพราะแป้งข้าว-สีนิลมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าแป้งสาลี ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความร่วนและเมื่อทิ้งให้เย็นจะเกิดความขุ่นคืนตัว (Retrogradation) ได้ แป้งข้าวสีนิลยังมีสารแอนโธไซยานินที่ให้สีม่วงจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีม่วงเข้มขึ้นด้วยได้ (บริษัทข้าวสีนิลไรซ์, ม.ป.ป.) แสดงดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.4 ลักษณะของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล (โดยน้ำหนัก) ในระดับด่าง ๆ

คุณลักษณะ	อัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือก				
	0:100 (ตำรับพื้นฐาน)	10:90	20:80	30:70	40:60
ลักษณะปรากฏ	เปลือกค่อนข้างแห้ง	เปลือกค่อนข้างแห้ง	เปลือกแห้งเล็กน้อย	เปลือกแห้งปานกลาง	เปลือกแห้งมาก
ความเป็นชั้น	ชั้นค่อนข้างชัด	ชั้นค่อนข้างชัด	ชั้นค่อนข้างชัด	เกิดชั้นเล็กน้อย	เกิดชั้นเล็กน้อย
สีของเปลือก	ขาวขุ่น	สีม่วง	สีดำอมม่วง	สีดำอมม่วงเข้ม	สีดำอมม่วงเข้ม
สีของไส้	สีเหลืองเข้ม	สีเหลืองเข้ม	สีเหลืองเข้ม	สีเหลืองเข้ม	สีเหลืองเข้ม
กลิ่น	กลิ่นเทียนอบค่อนข้างมาก	กลิ่นเทียนอบค่อนข้างมาก	กลิ่นเทียนอบปานกลาง	กลิ่นเทียนอบปานกลาง	กลิ่นเทียนอบเล็กน้อย
รสชาติ	หวานเล็กน้อย	หวานปานกลาง	หวานปานกลาง	หวานปานกลาง	หวานปานกลาง
ความนุ่ม	นุ่มมาก	นุ่มปานกลาง	นุ่มปานกลาง	นุ่มเล็กน้อย	นุ่มเล็กน้อย

ก. 10:90

ข. 20:80

ค. 30:70

ง. 40:60

ภาพที่ 4.2 ขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ส่วนเปลือกมีอัตราส่วนแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในระดับต่าง ๆ

2.1.2.1 คุณภาพทางกายภาพ โดยทำการศึกษาขนาด ปริมาตรจำเพาะ ค่าวอเตอร์-แอคติวิตี้ (Water activity, a_w) ค่าสี (L* a* b*) และเนื้อสัมผัสแสดงผลดังตารางที่ 4.5

ด้านขนาด พบว่า ค่าเฉลี่ยของขนาดทั้งความกว้างและความยาวของขนมเปี๊ยะตำรับพื้นฐานมีความกว้างมากกว่าตัวอย่างอื่น และเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้แป้งข้าวสีนิลทดแทนแป้งสาลีจะทำให้การขยายตัวหรือการขึ้นฟูของขนมเปี๊ยะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เป็นเพราะแป้งข้าวสีนิลมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าแป้งสาลี และไม่มีปริมาณกลูเตนที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่น การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลจึงเป็นการเจือจางโปรตีนกลูเตนในตำรับขนม-เปี๊ยะที่มีการผสมแป้งข้าวสีนิลจึงมีแนวโน้มที่จะขยายตัวได้น้อย

ด้านปริมาตรจำเพาะ พบว่า การเพิ่มปริมาณการใช้แป้งข้าวสีนิลทดแทนแป้งสาลีจะทำให้ปริมาตรของขนมเปี๊ยะมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากความสามารถในการขยายตัวลดลง

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, a_w) จากการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสีนิลที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีมีผลให้ค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เป็นเพราะขนมเปี๊ยะที่มีแป้งข้าวสีนิลจะมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าขนมเปี๊ยะกุหลาบตำรับพื้นฐานและมีปริมาณกลูเตนลดลง ซึ่งการสุกของแป้งหรือการเกิดเจลรวมถึงโปรตีนในแป้งข้าวทั้งกลูเตลินและแอลบูมินที่ช่วยให้เกิดเจลนั้นจะเป็นการเพิ่มโอกาสในการจับน้ำภายในโครงสร้างทำให้มีโอกาสที่ขนมเปี๊ยะจะมีค่า a_w เพิ่มขึ้นด้วย

ค่าสีของเปลือกขนมเปี๊ยะกุหลาบแต่ละตัวอย่าง พบว่า ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง (b*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสีเขียว-สีแดง (a*) นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยขนมเปี๊ยะกุหลาบที่มีแป้งข้าวสีนิลเป็นส่วนผสมจะมีค่า L* ลดลงหรือมีสีคล้ำ ส่วนค่า a* มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยหรือสีค่อนไปทางสีเขียว และค่า b* มีแนวโน้มลดลงหรือสีค่อนไปทางสีน้ำเงิน เป็นเพราะแป้งข้าวสีนิลในส่วนผสมมีสารให้สีในกลุ่มฟลาโวนอยด์ คือแอนโธไซยานินที่ให้สีม่วง รวมถึงในขั้นตอนการอบมีการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ทำให้น้ำตาลในส่วนผสมเกิดกระบวนการคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) ซึ่งทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ (Gisslen, 2013)

ค่าสีของไส้ พบว่า ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเขียว-สีแดง (a*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง (b*) นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยการเพิ่มระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวสีนิลในส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะกุหลาบอาจมีผลให้ค่า L* ของไส้ขนมมีแนวโน้มลดลงหรือมีสีคล้ำขึ้น และค่า a* เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้ไส้ขนมมีสีเหลืองจากสีของถั่วและน้ำมันรำข้าวในส่วนผสม ซึ่งไส้ของขนมเปี๊ยะกุหลาบทุกตำรับคือไส้ถั่วกวนตำรับเดียวกัน ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนของแป้งหรือเปลือกและไส้ที่มีความชื้นแตกต่างกันนั้นจะมีการถ่ายเทความชื้นระหว่างกัน (อุสาห์ เจริญวัฒนา, 2537) ทำให้มีผลต่อความแน่นเนื้อและสีของผลิตภัณฑ์ได้

ค่าเนื้อสัมผัส พบว่า การเพิ่มระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวสีนิลในส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะกุหลาบมีผลให้ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความสามารถในการคืนตัว (Springiness) และค่าความสามารถในการเกาะตัว (Cohesiveness) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าพลังงานในการเคี้ยว (Chewiness) จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เป็นเพราะแป้งข้าวสีนิลมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าแป้งสาลี และการใช้แป้งข้าวสีนิลทำให้ส่วนผสมมีปริมาณกลูเตนลดลง ทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงลดลง มีเนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น มีความสามารถในการเกาะตัวลดลงหรือมีความร่วนเพิ่มขึ้น และไม่เกิดชั้นที่ชัดเจน อย่างไรก็ตามอะไมโลสยังทำให้เนื้อขนมมีความแน่นและต้องใช้พลังงานในการเคี้ยวเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของธิดารัตน์ เปรมประสพโชค ปภาวรินท์ คิงวิ และปณัฐชา ชื่นจิต (2557) ที่ศึกษาผลของ

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสีนิลในเค้กแครอทงาดำ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้อง-สีนิลจะทำให้ค่าการคืนตัวและค่าการเกาะตัวกันมีแนวโน้มลดลง และงานวิจัยของอุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์ และสุนทรี สุวรรณสิชฌน์ (2553) ที่พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลในบัตเตอร์เค้กมีผลให้ค่าการเกาะตัวลดลง ส่วนค่าพลังงานในการเคี้ยวจะเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางกายภาพของขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ส่วนเปลือกมีอัตราส่วนแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในระดับต่าง ๆ

คุณภาพ	อัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือก				
	0:100 (ตำรับพื้นฐาน)	10:90	20:80	30:70	40:60
ขนาด (cm)					
ความกว้าง	$4.06^{a}\pm0.57$	$3.86^{ab}\pm0.15$	$3.63^{bc}\pm0.06$	$3.56^{c}\pm0.05$	$3.24^{d}\pm0.15$
ความสูง	$3.40^{a}\pm0.20$	$3.26^{b}\pm0.20$	$3.06^{c}\pm0.11$	$2.86^{cd}\pm0.15$	$2.75^{d}\pm0.10$
ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)	$1.35^{a}\pm0.02$	$1.36^{a}\pm0.10$	$1.15^{b}\pm0.04$	$1.11^{b}\pm0.02$	$0.86^{c}\pm0.06$
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)	$0.72^{b}\pm0.00$	$0.74^{b}\pm0.01$	$0.76^{ab}\pm0.01$	$0.84^{a}\pm0.02$	$0.85^{a}\pm0.01$
ค่าสีของส่วนเปลือก					
L*	$63.56^{a}\pm0.46$	$60.76^{b}\pm0.66$	$52.93^{c}\pm0.49$	$51.33^{c}\pm0.45$	$46.20^{d}\pm0.81$
a* ^{ns}	4.77 ± 0.15	4.73 ± 0.43	4.76 ± 0.21	4.20 ± 0.41	3.80 ± 0.31
b*	$20.30^{a}\pm0.27$	$12.10^{b}+0.21$	$12.70^{b}\pm0.14$	$11.16^{bc}\pm0.83$	$10.13^{c}\pm0.59$
ค่าสีของส่วนไส้					
L*	$58.20^{a}\pm0.22$	$58.15^{a}\pm0.56$	$58.25^{a}\pm0.07$	$56.13^{b}\pm0.43$	$55.21^{b}\pm0.13$
a*	$9.91^{a}\pm0.13$	$9.25^{b}\pm0.23$	$9.10^{b}\pm0.71$	$8.95^{b}\pm0.25$	$8.90^{b}\pm0.40$
b* ^{ns}	44.71 ± 0.33	44.20 ± 0.10	43.20 ± 0.98	42.45 ± 0.54	42.10 ± 0.23

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

คุณภาพ	อัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือก				
	0:100 (ตำรับพื้นฐาน)	10:90	20:80	30:70	40:60
เนื้อสัมผัส					
Hardness (g)	$2004.77^{a}\pm4.59$	$1872.08^{b}\pm3.10$	$17.33.81^{c}\pm3.67$	$1535.81^{d}\pm2.38$	$1475.66^{e}\pm3.74$
Springiness (mm)	$0.287^{a}\pm0.016$	$0.270^{a}\pm0.061$	$0.220^{ab}\pm0.085$	$0.167^{b}\pm0.032$	$0.173^{b}\pm0.023$
Cohesiveness	$0.033^{a}\pm0.003$	$0.027^{b}\pm0.002$	$0.023^{c}\pm0.002$	$0.019^{d}\pm0.002$	$0.016^{d}\pm0.002$
Chewiness (g)	$69.67^{e}\pm1.16$	$71.73^{d}\pm1.16$	$77.23^{c}\pm0.93$	$84.73^{b}\pm0.93$	$89.01^{a}\pm0.97$

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

: ± S.D. หมายถึง ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2.1.2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการทดสอบในด้านความชอบของผู้ทดสอบต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลทั้ง 4 ตำรับ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ความเป็นชั้นของส่วนเปลือก สีของเปลือก สีของไส้ กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9–Point Hedonic Scale Test) ดังตารางที่ 4.6

ด้านลักษณะปรากฏ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบขนมเปี๊ยะกุหลาบทั้ง 4 ตำรับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีความชอบเฉลี่ยของขนมเปี๊ยะที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือกที่ระดับ 20:80 สูงกว่าตัวอย่างอื่นอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก และผู้บริโภคยังมีแนวโน้มว่าถ้ายิ่งเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวสีนิลเพิ่มมากขึ้นอาจทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏลดลง

ด้านความเป็นชั้นของส่วนเปลือก ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบขนมเปี๊ยะกุหลาบทั้ง 4 ตำรับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีความชอบเฉลี่ยของส่วนเปลือกขนมเปี๊ยะที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือกที่ระดับ 20:80 สูงกว่าตัวอย่างอื่นอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ทั้งนี้เพราะปริมาณของแป้งข้าวสีนิลมีผลต่อการเกิดชั้นของเปลือกขนมเปี๊ยะกุหลาบ ทำให้ส่วนผสมมีปริมาณกลูเตนต่ำจึงมีผลให้ความเป็นชั้นลดลง ผู้บริโภคยังมีแนวโน้มว่าถ้ายิ่งเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวสีนิลเพิ่มมากขึ้นอาจทำให้คะแนนความชอบด้านความเป็นชั้นลดลง

ด้านสีของเปลือก ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบขนมเปี๊ยะกุหลาบทั้ง 4 ตำรับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีความชอบเฉลี่ยของส่วนเปลือกขนมเปี๊ยะที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือกที่ระดับ 20:80 สูงกว่าตัวอย่างอื่นอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ปริมาณแป้งข้าวสีนิลที่สูงขึ้นทำให้การเกิดสีของเปลือกขนมเปี๊ยะกุหลาบยิ่งมีสีคล้ำมากขึ้น เพราะแป้งข้าวสีนิลเป็นสีของรงควัตถุที่ให้สีม่วงอมดำ ซึ่งปริมาณแป้งข้าว-สีนิลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบด้านสีของเปลือกมีแนวโน้มลดลง

ด้านสีของไส้ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบขนมเปี๊ยะกุหลาบทั้ง 4 ตำรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะไส้ของขนมเปี๊ยะทุกตำรับใช้ไส้ถั่วกวนตำรับเดียวกัน แม้ว่าจากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพด้านสีของไส้จะพบว่า ความสว่างและค่าสีเขียว-สีแดงมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยก็ตาม

ด้านกลิ่น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบขนมเปี๊ยะกุหลาบทั้ง 4 ตำรับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีความชอบเฉลี่ยของขนมเปี๊ยะที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือกที่ระดับ 20:80 สูงกว่าตัวอย่างอื่นอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ทั้งนี้ปริมาณของแป้งข้าวสีนิลมีผลต่อกลิ่นของขนมเปี๊ยะและแป้งนี้ยังมีกลิ่นเฉพาะรวมถึง

มีปริมาณไขมันสูงกว่าแป้งสาลีจึงเป็นการเพิ่มโอกาสดูดซับกลิ่นควันเทียนอบในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้หากเพิ่มอัตราส่วนการทดแทนแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลีมากกว่า 20:80 พบว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มจะให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นลดลง

ด้านความนุ่ม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบขนมเปี๊ยะกุหลาบทั้ง 4 ตำรับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีความชอบเฉลี่ยของขนมเปี๊ยะที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือกที่ระดับ 20:80 สูงกว่าตัวอย่างอื่นอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ทั้งนี้เพราะการเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวสีนิล มีผลให้ความแข็งลดลงหรือความนุ่มเพิ่มขึ้น และมีความร่วนเพิ่มขึ้น แต่หากเพิ่มอัตราส่วนการทดแทนแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลีมากกว่า 20:80 พบว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มจะให้คะแนนความชอบด้านความนุ่มลดลง

ด้านรสชาติ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบของขนมเปี๊ยะกุหลาบทั้ง 4 ตำรับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีความชอบเฉลี่ยของขนมเปี๊ยะที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือกที่ระดับ 20:80 สูงกว่าตัวอย่างอื่น อยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ทั้งนี้รสชาติของขนมเปี๊ยะกุหลาบนั้นส่วนใหญ่คือรสหวาน ซึ่งมาจากส่วนของไส้ถั่วกวน

ด้านความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบขนมเปี๊ยะกุหลาบทั้ง 4 ตำรับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีความชอบเฉลี่ยของขนมเปี๊ยะที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือกที่ระดับ 20:80 สูงกว่าตัวอย่างอื่นอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ ด้วย

จากผลการศึกษาผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกขนมเปี๊ยะกุหลาบที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือกที่ระดับ 20:80 โดยมีส่วนผสม ได้แก่ ส่วนเปลือกชั้นในประกอบด้วย แป้งสาลีสำหรับทำเค้กร้อยละ 15.68 แป้งข้าวสีนิลร้อยละ 3.92 และน้ำมันรำข้าวร้อยละ 9.80 ส่วนเปลือกชั้นนอกประกอบด้วย แป้งสาลีอเนกประสงค์ร้อยละ 31.36 แป้งข้าวสีนิลร้อยละ 7.84 น้ำมันรำข้าวร้อยละ 15.70 และน้ำร้อยละ 15.70 โดยมีส่วนไส้ถั่วกวนประกอบด้วยถั่วเขียวเลาะเปลือกร้อยละ 55.60 น้ำมันรำข้าวร้อยละ 25.0 และน้ำตาลทรายร้อยละ 19.40 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีต่อไป

ตารางที่ 4.6 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภค 55 คนที่มีต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ส่วนเปลือกมีอัตราส่วนแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในระดับต่าง ๆ

คุณลักษณะ	อัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือก			
	10:90	20:80	30:70	40:60
ลักษณะปรากฏ	6.69^{b}±0.61	7.62^{a}±0.39	7.05^{b}±0.38	6.64^{b}±0.41
ความเป็นชั้น	7.05^{ab}±0.53	7.35^{a}±0. 47	6.82^{ab}±0.52	6.51^{c}±0.51
สีของเปลือก	6.89^{b}±0.40	7.31^{a}±0.36	7.15^{a}±0.37	6.47^{b}±0.43
สีของไส้^{ns}	7.15±0.37	7.15±0.38	7.05±0.38	7.00±0.39
กลิ่น	7.27^{a}±0.18	7.35^{a}±0.19	7.16^{ab}±0.19	6.91^{b}±0.22
ความนุ่ม	6.80^{b}±0.46	7.40^{a}±0.51	6.67^{b}±0.46	6.36^{b}±0.47
รสชาติ	6.87^{b}±0.45	7.35^{a}±0.52	6.80^{b}±0.48	6.60^{b}±0.48
ความชอบโดยรวม	7.29^{ab}±0.51	7.60^{a}±0.49	6.93^{ab}±0.51	6.65^{c}±0.52

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ± S.D. หมายถึง ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ผ่านการคัดเลือก

ทำการศึกษาโดยนำขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว คือ ขนมเปี๊ยะกุหลาบที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือกที่ระดับ 20:80 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) โดยวิเคราะห์ขนมเปี๊ยะทั้งส่วนเปลือกและไส้รวมกัน เปรียบเทียบกับขนมเปี๊ยะกุหลาบตำรับพื้นฐานดังตารางที่ 4.7 พบว่า ขนมเปี๊ยะทั้ง 2 ตัวอย่าง มีปริมาณไขมัน คาร์โบไฮเดรต และพลังงานทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่ผ่านการคัดเลือกมีปริมาณความชื้นและโปรตีนน้อยกว่าตำรับพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลมีผลต่อการลดลงของปริมาณโปรตีนและปริมาณน้ำในโครงสร้างของส่วนผสม นอกจากนี้ยังพบว่าขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ผ่านการคัดเลือกมีปริมาณเถ้าใยอาหาร และแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นจากขนมเปี๊ยะกุหลาบตำรับพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบ

กับแป้งสาลี ทั้งนี้ปริมาณแอนโธไซยานินนั้นมีการลดลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เพราะสารให้สีในกลุ่มนี้ไม่ทนต่อปฏิกิริยาและความร้อนที่ได้รับขณะอบ (อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล, 2554; Žilić, Kocadağlı, Vančetović and Gökmen, 2016) และจากงานวิจัยของ Sui, Yap และ Zhou (2015) พบว่า ปริมาณแอนโธไซยานินและสารต้านอนุมูลอิสระในขนมปังจะลดลงหลังจากอบ โดยบริเวณส่วนเปลือกจะมีปริมาณแอนโธไซยานินสูงกว่าส่วนเนื้อขนมปัง

ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบทางเคมีของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่ผ่านการคัดเลือกเปรียบเทียบกับขนมเปี๊ยะกุหลาบตำรับพื้นฐาน

องค์ประกอบทางเคมี	อัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือก	
	0:100 (ตำรับพื้นฐาน)	20:80
ความชื้น (%)	$17.00^{a}\pm0.07$	$16.37^{b}\pm0.01$
โปรตีน (%)	$7.27^{a}\pm1.01$	$7.09^{b}\pm0.01$
ไขมัน^{ns} (%)	26.10 ± 0.21	26.30 ± 0.01
เถ้า (%)	$0.50^{b}\pm0.07$	$0.62^{a}\pm0.01$
คาร์โบไฮเดรต^{ns} (%)	49.13 ± 0.23	49.62 ± 0.00
ใยอาหาร (%)	$1.39^{b}\pm0.01$	$2.27^{a}\pm0.007$
แอนโธไซยานิน (mg/g dry basis)	$0.0035^{b}\pm0.001$	$0.0065^{a}\pm0.001$
พลังงานทั้งหมด^{ns} (Kcal)	460.50 ± 1.06	463.54 ± 0.07

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

: ± S.D. หมายถึง ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

ทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือกที่ระดับ 20:80 ซึ่งได้รับการคัดเลือก โดยทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภค จำนวน 120 คน ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต พบว่า ผู้บริโภคแบ่งเป็นเพศหญิงร้อยละ 57.5 และเพศชายร้อยละ 42.5 เมื่อแบ่งตามช่วงอายุ พบว่า ผู้มีอายุ 20-30 ปี

จำนวนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 89.2 รองลงมาคืออายุน้อยกว่า 20 ปีคิดเป็นร้อยละ 10 ด้านการศึกษาพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 94.2 รองลงมาคือ ระดับมัธยมศึกษาคิดเป็นร้อยละ 5.0 ด้านอาชีพ พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่เป็นนักเรียนและนักศึกษาคิดเป็นร้อยละ 75.0 รองลงมาคือ อาชีพอื่น ๆ ได้แก่ แม่บ้าน พนักงานใช้แรงงาน และค้าขาย เป็นต้น คิด-เป็นร้อยละ 12.5 ในด้านรายได้ต่อเดือน พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีรายได้ต่ำกว่า 10,000 บาท คิด-เป็นร้อยละ 74.2 รองลงมาคือ 10,001–15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 22.5 ดังตารางที่ 4.8

ด้านความชอบของผลิตภัณฑ์พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความชอบทั้งด้านลักษณะปรากฏ (8.1) ความเป็นชั้น (8.0) สีของเปลือก (8.0) สีของไส้ (8.0) กลิ่น (8.1) รสชาติ (8.1) ความนุ่ม (8.0) และความชอบโดยรวม (8.2) ซึ่งความชอบในทุกด้านมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ดังตารางที่ 4.9

ด้านการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภครู้จักขนมเปี๊ยะกุหลาบร้อยละ 85 ส่วนใหญ่เคยรับประทานร้อยละ 86.7 และมักรับประทานน้อยกว่า 1 เดือนต่อครั้งคิดเป็นร้อยละ 49.2 โดยส่วนใหญ่จะซื้อจากร้านค้าตามท้องตลาดคิดเป็นร้อยละ 32.5 และร้านเบเกอรีร้อยละ 29.2 ทั้งนี้หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบนี้ ผู้บริโภคมีความสนใจคิดเป็นร้อยละ 98 และมีการตัดสินใจซื้อคิดเป็นร้อยละ 96.7 ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

N=120

ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
1. เพศ	
หญิง	57.5
ชาย	42.5
2. อายุ	
น้อยกว่า 20 ปี	10.0
20 – 30 ปี	89.2
31 – 40 ปี	0
มากกว่า 40 ปี	0.8
3. การศึกษาสูงสุด	
มัธยมศึกษา	5.0
อนุปริญญา/ปวช./ปวส.	0
ปริญญาตรี	94.2
สูงกว่าปริญญาตรี	0.8
4. อาชีพ	
นักเรียน/นักศึกษา	75.0
ข้าราชการ	4.2
บริษัทเอกชน	7.5
ธุรกิจส่วนตัว	0.8
อื่น ๆ ได้แก่ แม่บ้าน พนักงานใช้แรงงาน ค้าขาย	12.5
5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	
ต่ำกว่า 10,000 บาท	74.2
10,001-15,000 บาท	22.5
15,001–20,000 บาท	1.66
มากกว่า 20,001 บาท	1.66

ตารางที่ 4.9 คะแนนความชอบเฉลี่ยที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

N=120

คุณลักษณะ	คะแนนเฉลี่ย	ระดับความชอบ
ลักษณะปรากฏ	8.1	ชอบมาก
ความเป็นชั้น	8.0	ชอบมาก
สีของเปลือก	8.0	ชอบมาก
สีของไส้	8.0	ชอบมาก
กลิ่น	8.1	ชอบมาก
รสชาติ	8.1	ชอบมาก
ความนุ่ม	8.0	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	8.2	ชอบมาก

ตารางที่ 4.10 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

N=120

ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
1. ท่านรู้จักผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบหรือไม่	
รู้จัก	85.0
ไม่รู้จัก	15.0
2. ท่านเคยรับประทานขนมเปี๊ยะกุหลาบหรือไม่	
เคย	86.7
ไม่เคย	13.3
3. ท่านรับประทานขนมเปี๊ยะกุหลาบบ่อยแค่ไหน	
ทุกวัน	0
1 – 2 ครั้ง/ สัปดาห์	8.3
3 – 4 ครั้ง/ สัปดาห์	5.0
1 – 2 ครั้ง/ เดือน	23.3
น้อยกว่า 1 ครั้ง/ เดือน	49.2
ไม่เคยรับประทานเลย	14.2

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

N=120

ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
4. สถานที่ที่ท่านใช้ในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบ	
ร้านเบเกอรีทั่วไป	29.2
ร้านเครื่องดื่มและเบเกอรี	10.0
ห้างสรรพสินค้า	25.0
ร้านค้าตามท้องตลาด	32.5
อื่น ๆ ได้แก่ ร้านค้าออนไลน์ ปั้มน้ำมัน ร้านของฝาก	3.3
5. หากมีผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล ท่านสนใจหรือไม่	
สนใจ	98.3
ไม่สนใจ	1.7
6. หากมีผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล วางจำหน่าย ท่านจะซื้อหรือไม่	
ซื้อ	96.7
ไม่ซื้อ	3.3

4. ผลการศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

ทำการศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะเล็กกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่ผ่านการคัดเลือก โดยนำขนมเปี๊ยะเล็กบรรจุใส่ถาดพลาสติกแบบ 8 หลุม (8 ชิ้นต่อ 1 ถาด) บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด Oriented Nylon Coated with Polyvinylidene Chloride/Low Density Polyethylene (KON/PE) ปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($32\pm2^{o}C$) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 ± 5 จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างทุก 1 สัปดาห์ เพื่อศึกษาคุณภาพ ได้แก่

4.1 คุณภาพทางกายภาพของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ค่าสี (L* a* b*) และเนื้อสัมผัสของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลเก็บรักษาที่เวลา 0, 1 และ 2 สัปดาห์แสดงดังตารางที่ 4.11

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, a_w) ของขนมเปี๊ยะกุหลาบของส่วนเปลือกรวมกับส่วนไส้ เฉพาะส่วนเปลือก และเฉพาะส่วนไส้ที่เก็บรักษาในระยะเวลาต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บขนมเปี๊ยะนี้เพิ่มขึ้น พบว่า ค่า a_w ของส่วนเปลือกที่รวมกับส่วนไส้และเฉพาะส่วนเปลือกจะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a_w ของไส้ขนมเปี๊ยะมีค่าลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะส่วนเปลือกและส่วนไส้ของขนมเปี๊ยะมีความชื้นแตกต่างกัน มีผลให้ในระหว่างการเก็บนั้นน้ำอิสระจากส่วนไส้มีการเคลื่อนสู่ส่วนของเปลือกก่อนเคลื่อนไปยังบรรยากาศเหนือผิวหน้าขนมเปี๊ยะ (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550) สอดคล้องกับงานวิจัยของธีรนุช ฉายศิริโชติ (2554) ที่ศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานโดยการใช้สารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลซึ่งพบว่า ในช่วง 2 สัปดาห์แรกนั้น ค่า a_w ของส่วนเปลือกรวมกับส่วนไส้ และค่า a_w ของส่วนเปลือกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a_w ของไส้ในผลิตภัณฑ์นั้นมีแนวโน้มลดลง และงานวิจัยของปิยะนุช คันโธ และ สุคนธ์ ชื่นศรีงาม (2546) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการยืดอายุการเก็บรักษาของขนมเปี๊ยะไส้ถั่วกวนโดยการใช้สารลดค่า a_w ของส่วนไส้ พบว่า ค่า a_w ของส่วนเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 2 วันแรก และมีค่าสูงสุดในช่วง 10-15 วัน แล้วจะลดลงอย่างช้า ๆ ขณะที่ค่า a_w ของส่วนไส้จะลดลงทุกช่วงเวลาการเก็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ค่าสีของส่วนเปลือก พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ต่างกันมีผลให้ส่วนเปลือกมีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง (b*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนค่าสีเขียว-สีแดง (a*) นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า L* มีค่าลดลงหรือมีสีคล้ำ ค่า a* นั้นมีค่าค่อนข้างคงที่ และค่า b* มีแนวโน้มลดลงหรือสีค่อนไปทางสีน้ำเงิน ทั้งนี้การเคลื่อนย้ายความชื้นจากไส้สู่เปลือกมีผลต่อลักษณะเนื้อ การสะท้อนแสง และสีของส่วนเปลือกได้

ค่าสีของไส้ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ต่างกันมีผลให้ส่วนไส้ขนมมีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่าสีเขียว-สีแดง (a*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า L* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือมีความสว่างเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a* มีค่าลดลงหรือสีค่อนไปทางสีแดงเล็กน้อย และค่า b* มีแนวโน้มลดลงหรือสีค่อนไปทางสีน้ำเงิน ทั้งนี้ไส้ถั่วกวนมีส่วนผสมของน้ำตาลและโปรตีนจากถั่วเขียวจึงสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกรดอะมิโนของโปรตีนกับน้ำตาล ทำให้ไส้มีสีเปลี่ยนไป (รังสินี โสธรวิทย์, 2550; Czernohorsky and Hooker, n.d.)

ค่าเนื้อสัมผัส พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าพลังงานในการเคี้ยว (Chewiness) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และค่าความสามารถในการเกาะตัว (Cohesiveness) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความสามารถในการคืนตัว (Springiness) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้การเคลื่อนที่ของความชื้นจากส่วนไส้สู่ส่วนเปลือก และความชื้นจากส่วนเปลือกสู่สภาวะภายนอกชิ้นขนมทำให้ค่าความชื้นในส่วนต่าง ๆ ภายในชิ้นขนมเปี๊ยะดังตารางที่ 4.12 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสด้านต่าง ๆ โดยจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นี้ในช่วงสัปดาห์ที่ 2

ตารางที่ 4.11 คุณภาพทางกายภาพระหว่างการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

คุณภาพทางกายภาพ	สัปดาห์		
	0	1	2
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)			
- เปลือกและไส้	$0.76^{c} \pm 0.003$	$0.78^{b} \pm 0.001$	$0.83^{a} \pm 0.003$
- เปลือก	$0.68^{c} \pm 0.011$	$0.79^{b} \pm 0.003$	$0.83^{a} \pm 0.001$
- ไส้	$0.84^{a} \pm 0.000$	$0.82^{a} \pm 0.000$	$0.76^{b} \pm 0.024$
ค่าสีของส่วนเปลือก			
L*	$52.93^{a} \pm 0.59$	$51.30^{a} \pm 0.76$	$46.83^{b} \pm 1.00$
a* ns	4.76 ± 0.21	4.56 ± 0.95	4.60 ± 0.67
b*	$12.70^{a} \pm 0.14$	$12.73^{a} \pm 0.71$	$10.60^{b} \pm 0.66$
ค่าสีของส่วนไส้			
L* ns	58.25 ± 0.07	60.35+0.47	63.05+0.34
a*	$9.10^{a} \pm 0.71$	$8.50^{b} \pm 0.78$	$8.30^{c} \pm 0.424$
b* ns	43.20 ± 0.98	42.70 ± 0.97	41.70 ± 0.41
เนื้อสัมผัส			
Hardness (g)	$1733.81^{a} \pm 3.67$	$1735.38^{a} \pm 1.30$	$1686.09^{b} \pm 1.51$
Springiness (mm) ns	0.223 ± 0.05	0.197 ± 0.02	0.193 ± 0.02
Cohesiveness	$0.023^{a} \pm 0.002$	$0.025^{a} \pm 0.001$	$0.029^{b} \pm 0.001$
Chewiness (g)	$77.23^{ab} \pm 0.93$	$78.59^{a} \pm 1.62$	$75.28^{b} \pm 1.45$

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ± S.D. หมายถึง ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2 คุณภาพทางเคมีของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น และค่าความหืนของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลเก็บรักษาที่เวลา 0, 1 และ 2 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.12

ปริมาณความชื้นของขนมเปี๊ยะกุหลาบของส่วนเปลือกรวมกับส่วนไส้ เฉพาะส่วนเปลือก และเฉพาะส่วนไส้ที่เก็บรักษาในระยะเวลาต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บขนมเปี๊ยะนี้เพิ่มขึ้น พบว่า ความชื้นของส่วนเปลือกที่รวมกับส่วนไส้และเฉพาะส่วนเปลือกจะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนความชื้นของส่วนไส้มีค่าลดลง ทั้งนี้ในระหว่างการเก็บนั้นมีการระเหยของไอน้ำจากขนมเปี๊ยะสู่สภาพแวดล้อมภายนอก และยังมีไอน้ำส่วนหนึ่งควบแน่นกลับสู่ขนมเปี๊ยะ ทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และมีการเคลื่อนย้ายความชื้นจนอยู่ในภาวะสมดุลภายในบรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้ยังมีการเคลื่อนที่ของความชื้นจากผิวหน้าของขนมเปี๊ยะสู่บรรยากาศภายนอกบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นหากเก็บขนมเปี๊ยะนานขึ้น ขนมเปี๊ยะจะมีความชื้นลดลงหรือมีความแห้งเพิ่มขึ้น (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

ค่าความหืน โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไธโอบาบิทูริก (Thiobarbituric acid) หรือค่า TBA พบว่า เมื่อระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า TBA ของขนมเปี๊ยะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทั้งนี้ขนมเปี๊ยะจัดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีไขมันสูง และมีปริมาณน้ำในส่วนผสม จึงมีโอกาสเกิดปฏิกิริยานี้และเกิดกลิ่นหืนซึ่งเป็นสิ่งหนึ่งที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของผาณิต รุจิรพิสิฐ (2558) ซึ่งศึกษาผลของการใช้ไขมันมะพร้าวทดแทนไขมันที่ผ่านการเติมไฮโดรเจนบางส่วนในเปลือกพาย พบว่าเปลือกพายที่ใช้ไขมันมะพร้าวซึ่งมีปริมาณน้ำสูงกว่าไขมันอื่นทั้งเนยและมาร์การีน จะมีค่า TBA สูงกว่าเปลือกพายที่ใช้ไขมันชนิดอื่นเป็นส่วนผสม

ตารางที่ 4.12 คุณภาพทางเคมีระหว่างการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้ง-ข้าวสีนิล

คุณภาพทางกายภาพ	สัปดาห์		
	0	1	2
ความชื้น			
- เปลือกและไส้	12.24^{b}±0.11	12.41^{b}±0.37	13.09^{a}±0.09
- เปลือก	8.89^{c}±0.24	9.97^{b}±0.11	10.57^{a}±0.09
- ไส้	22.69^{a}±0.12	21.78^{ab}±0.93	20.95^{b}±0.27
ค่าความหืน (TBA)	0.416^{C}±0.01	0.588^{b}±0.03	0.657^{a}±0.01

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ± S.D. หมายถึง ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

4.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ (1) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (2) สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) (3) บาซิลลัส ซีเรียส (*Bacillus cereus*) และ (4) ยีสต์และรา ของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลเก็บรักษาที่เวลา 0, 1, 2 และ 3 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.13 พบว่า ปริมาณของ *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* ในระยะเวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 3 นั้น จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2555) ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา พบว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 1 มีจำนวนเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์เหล่านี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในช่วงการศึกษาสัปดาห์ที่ 3 พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.4×10^{4} โคโลนีต่อกรัม และจำนวนยีสต์และรา 4.4×10^{3} โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมีปริมาณสูงเกินกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ คือ จำนวนจุลินทรีย์ต้องน้อยกว่า 1×10^{4} โคโลนีต่อกรัม และจำนวนยีสต์และราต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2555) ทั้งนี้ในการผลิตขนมเปี๊ยะกุหลาบนี้ใช้อุณหภูมิการอบให้สุกที่ 200°C (392°F) จึงพบจุลินทรีย์ในปริมาณที่น้อยมาก แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ขนมเปี๊ยะกุหลาบมีค่าความชื้นในส่วนเปลือกที่รวมกับไส้ และเฉพาะส่วนเปลือกเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.12 โดยส่วนของเปลือกมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 8.89±0.24 และค่า a_w

เท่ากับ 0.68±0.011 จนถึงสัปดาห์ที่ 2 มีความชื้นเท่ากับ 10.57±0.09 และมีค่า a_w รวม คือ 0.83±0.001 ซึ่งหลังสัปดาห์ที่ 2 พบว่า มีขยุ้มรา ลักษณะเป็นเส้นใยหลายเส้นรวมกันจนมองเห็นชัดได้ด้วยตา เป็นเพราะขนมเปี๊ยะมีระดับปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นจากช่วงแรกจนถึง 0.80 ซึ่งเป็นระดับที่เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดี และมีการสร้างพิษของเชื้อรา (รังสินี โสธรวิทย์, 2550) ดังนั้นจึงหยุดการศึกษาอายุการเก็บขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลนี้ในสัปดาห์ที่ 3

ตารางที่ 4.13 คุณภาพทางจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ (โคโลนีต่อกรัม)	สัปดาห์			
	0	1	2	3
จุลินทรีย์ทั้งหมด	50	$1.3x10^3$	$2.4x10^3$	$2.4x10^4$
Staphylococcus aureus	<10	<10	<10	<10
Bacillus cereus	<10	<10	<10	<10
ยีสต์และรา	10	40	40	$4.4x10^3$

4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

ทำการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนความเข้มในส่วนของเปลือก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความนุ่ม และความร่วน คะแนนความเข้มในส่วนของไส้ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นถั่วและกลิ่นควันเทียนอบ ความนุ่ม ความร่วน รสชาติ และการยอมรับคุณภาพโดยรวม ดังตารางที่ 4.14

ด้านลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น บริเวณผิวหน้าของขนมเปี๊ยะมีความชุ่มชื้นเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับค่าปริมาณความชื้นและค่า a_w ส่วนของเปลือกที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นในทุกสัปดาห์

ด้านสีของเปลือก พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่า เปลือกของขนมเปี๊ยะมีสีม่วงเข้ม (เกือบดำ) มากขึ้นในทุกสัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่างของเปลือกที่มีค่าลดลง

ด้านกลิ่นของเปลือก พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่ากลิ่นเทียนอบของเปลือกขนมเปี๊ยะลดลงทุกสัปดาห์ ทั้งนี้เพราะก๊าซมีความสามารถซึมผ่านพลาสติก KON/PE เข้าไปภายในบรรจุภัณฑ์ได้ ทำให้กลิ่นสามารถระเหยออกจากบรรจุภัณฑ์ และสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้

ด้านความนุ่มของเปลือก พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าความนุ่มของเปลือกขนมเปี๊ยะเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ เนื่องจากความชื้นภายในไส้ขนมเปี๊ยะมีการเคลื่อนที่ออกไปสู่เปลือก ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นของเปลือกที่เพิ่มขึ้น

ด้านความร่วนของเปลือก พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าสัปดาห์ที่ 0-1 มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าลดลง โดยการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้ายความชื้นจากส่วนไส้ซึ่งมีความชื้นสูงกว่าส่วนของเปลือก ทำให้เปลือกมีความร่วนน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นของเปลือกที่เพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์

ด้านลักษณะปรากฏของส่วนไส้ พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ไส้จะมีความชุ่มชื้นลดลง มีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นจากส่วนของไส้ไปยังส่วนของเปลือก มีผลให้ไส้มีความชุ่มชื้นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นของไส้ที่ลดลงทุกสัปดาห์

ด้านสีของไส้ พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในสัปดาห์ที่ 0 มีค่าใกล้เคียงกับสัปดาห์ที่ 1 และในสัปดาห์ที่ 2 มีสีเหลืองอ่อนลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าสีเหลืองที่มีแนวโน้มลดลง

ด้านกลิ่นของไส้ พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกลิ่นถั่วและกลิ่นควันเทียนอบในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ไส้จะมีกลิ่นถั่วเพิ่มขึ้น ขณะที่กลิ่นควันเทียนอบนั้นลดลง ทั้งนี้เพราะก๊าซสามารถซึมผ่านบรรจุภัณฑ์พลาสติก ทำให้กลิ่นควันเทียนอบระเหย และยังมีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นถั่วและส่วนผสมอื่น ๆ ของขนมเปี๊ยะได้

ด้านความนุ่มของไส้ พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยไส้จะมีความนุ่มลดลงทุกสัปดาห์ เกิดจากความสามารถในการเกาะตัวของไส้น้อยลง เพราะปริมาณน้ำในส่วนของไส้มีการเคลื่อนที่สู่ส่วนของเปลือก ซึ่งสอดคล้องกับ ค่าความชื้นและค่า a_w ที่ลดลงในทุกสัปดาห์

ด้านความร่วนของไส้ พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยไส้มีความร่วนเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นของไส้ที่ลดลง เป็นผลให้ความสามารถในการเกาะตัวของไส้ลดน้อยลงจึงส่งผลให้ไส้มีความร่วนเพิ่มขึ้น

ด้านรสชาติของไส้ พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยไส้จะมีรสหวานเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากความชื้นหรือน้ำมีการเคลื่อนที่สู่ผิวหน้าหรือเปลือกของขนม และจะพาน้ำตาลซึ่งเป็นส่วนผสมออกมา (ยศพร พลายโถ, 2557) ทำให้รสหวานมีการเปลี่ยนแปลงได้

ด้านการยอมรับคุณภาพโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแต่ละสัปดาห์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นคะแนนการยอมรับจะมีค่าลดลง ซึ่งลักษณะของขนมเปี๊ยะนี้จะมีเปลือกนุ่มขึ้น ไส้แห้งและร่วนเพิ่มขึ้น มีกลิ่นควันเทียนอบลดน้อยลง กลิ่นถั่วแรงมากขึ้น และเปลือกมีสีคล้ำขึ้น จากการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ซึ่งพบว่าเมื่อเก็บขนมเปี๊ยะนี้มากกว่า 2 สัปดาห์ ขนมเปี๊ยะจะมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และราสูงกว่าจำนวนที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงหยุดการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์

จากการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าว-สีนิลที่มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 2 สัปดาห์ พบว่าจะมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราสูงกว่าจำนวนที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้มีอายุการเก็บ 2 สัปดาห์ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง ($32 \pm 2^{o}C$) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 ± 5 แม้ว่าการยอมรับโดยรวมยังอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ก็ตาม

ตารางที่ 4.14 คะแนนความเข้มของผู้ทดสอบที่มีต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

คุณลักษณะ	สัปดาห์		
	0	1	2
ส่วนเปลือก			
- ลักษณะปรากฏส่วนเปลือก	2.31^{c}±0.47	3.94^{b}±0.56	5.18^{a}±0.85
- สีของเปลือก	5.29^{a}±0.83	4.26^{b}±0.87	3.47^{c}±0.67
- กลิ่นของเปลือก (เทียนอบ)	5.29^{a}±0.84	4.78^{b}±0.79	3.73^{c}±0.54
- ความนุ่มของเปลือก	3.64^{c}±0.64	4.20^{b}±0.48	4.82^{a}±0.51
- ความร่วนของเปลือก	5.11^{a}±0.81	4.92^{ab}±0.82	3.90^{b}±0.55
ส่วนไส้			
- ลักษณะปรากฏส่วนไส้	6.06^{a}±0.60	5.61^{b}±0.48	5.49^{b}±0.75
- สีของไส้	4.41^{a}±0.63	4.17^{a}±0.49	3.19^{b}±0.70
- กลิ่นของไส้ (กลิ่นถั่ว)	4.29^{c}±0.43	4.60^{b}±0.42	5.59^{a}±0.55
- กลิ่นไส้ (กลิ่นเทียนอบ)	6.38^{a}±0.89	5.75^{b}±0.46	5.13^{c} ± 0.54
- ความนุ่มส่วนไส้	5.43^{a}± 0.61	4.85^{b}±0.61	4.27^{c} ± 0.76
- ความร่วนของไส้	4.22^{C}±0.87	4.84^{B}±0.86	5.38^{a} ± 0.88
- รสชาติของไส้	4.92^{a}±0.65	4.78^{b} ± 0.77	4.50^{b} ± 0.77
การยอมรับคุณภาพโดยรวม	8.31^{a}±0.43	7.60^{b} ± 0.35	6.28^{c} ± 0.54

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ± S.D. หมายถึง ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า แป้งข้าวสีนิลมีปริมาณไขมัน เถ้า และใยอาหารสูงกว่าแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแป้งข้าวสีนิลมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกับแป้งเค้ก แต่มีปริมาณสูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ และแป้งสาลีอเนกประสงค์จะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งเค้กและแป้งข้าวสีนิลตามลำดับ นอกจากนี้แป้งข้าวสีนิลยังมีปริมาณแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) สูง ทำให้แป้งมีสีม่วงเข้มซึ่งสารนี้อยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

การศึกษาตำรับของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่เหมาะสมได้คัดเลือกตำรับของโรงเรียนสอนทำอาหารครัววันดี (ม.ป.ป.) มาเป็นตำรับพื้นฐานซึ่งส่วนเปลือกนั้นมีส่วนผสม คือ เปลือกชั้นใน ประกอบด้วย แป้งสาลีสำหรับทำเค้กร้อยละ 19.6 และน้ำมันรำข้าวร้อยละ 9.8 ส่วนเปลือกชั้นนอกประกอบด้วย แป้งสาลีอเนกประสงค์ร้อยละ 39.2 น้ำมันรำข้าวร้อยละ 15.7 และน้ำร้อยละ 15.7 นำมาศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือก 5 ระดับ คือ 0:100 (ตำรับพื้นฐาน/ตำรับควบคุม), 10:90, 20:80, 30:70 และ 40:60 พบว่าปริมาณแป้งข้าวสีนิลที่เพิ่มขึ้นทำให้ส่วนผสมมีสีม่วงคล้ำมากขึ้น มีการเกาะตัวลดลง และรีดเป็นแผ่นเพื่อห่อไส้ยากขึ้น ส่วนขนมเปี๊ยะกุหลาบที่อบสุกนั้น พบว่าระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวสีนิลมีผลต่อความแข็ง การเกิดชั้น และสีของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความร่วนและเมื่อทิ้งให้เย็นจะเกิดความขุ่นคืนตัว (Retrogradation) ด้านคุณภาพทางกายภาพ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณการใช้แป้งข้าวสีนิลทดแทนแป้งสาลีจะทำให้การขยายตัวและปริมาตรจำเพาะของขนมเปี๊ยะลดลง ส่วนค่า a_w นั้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขนมเปี๊ยะกุหลาบที่มีแป้งข้าวสีนิลเป็นส่วนผสมจะมีค่าความสว่างลดลงหรือมีสีคล้ำ มีแนวโน้มของสีค่อนไปทางสีเขียวและสีน้ำเงิน ซึ่งไส้ของขนมเปี๊ยะทุกตำรับคือไส้ถั่วกวนตำรับเดียวกัน แต่การใช้แป้งข้าวสีนิลเป็นส่วนผสมในส่วนเปลือกอาจมีผลต่อค่าสีของไส้ ทำให้ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงหรือมีสีคล้ำขึ้น และค่าสีแดงเพิ่มขึ้น และมีผลต่อเนื้อสัมผัส ทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความสามารถในการคืนตัว (Springiness) และค่าความสามารถการเกาะตัว (Cohesiveness) มีค่าลดลง ส่วนค่าพลังงานในการเคี้ยว (Chewiness) จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อทำทดสอบความชอบกับผู้ทดสอบจำนวน 55 คน พบว่า ความชอบด้านสีของไส้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ความเป็นชั้นของส่วนเปลือก สีของเปลือก กลิ่น ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวมนั้น

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งขนมเปี๊ยะที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งสาลี (โดยน้ำหนัก) ในส่วนเปลือกที่ระดับ 20:80 ได้คะแนนความชอบทุกด้านสูงกว่าตัวอย่างอื่น อยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกขนมเปี๊ยะกุหลาบนี้ โดยมีส่วนผสม ได้แก่ ส่วนเปลือกชั้นในประกอบด้วย แป้งสาลีสำหรับทำเค้กร้อยละ 15.68 แป้งข้าวสีนิลร้อยละ 3.92 และน้ำมันรำข้าวร้อยละ 9.80 ส่วนเปลือกชั้นนอกประกอบด้วย แป้งสาลีอเนกประสงค์ร้อยละ 31.36 แป้งข้าวสีนิลร้อยละ 7.84 น้ำมันรำข้าวร้อยละ 15.70 และน้ำร้อยละ 15.70 โดยมีส่วนไส้ถั่วกวนประกอบด้วย ถั่วเขียวเลาะเปลือกร้อยละ 55.60 น้ำมันรำข้าวร้อยละ 25.0 และน้ำตาลทรายร้อยละ 19.40 และเมื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ขนมเปี๊ยะกุหลาบที่พัฒนานี้ 100 กรัม ประกอบด้วย ความชื้น 16.37 กรัม โปรตีน 7.09 กรัม ไขมัน 26.30 กรัม เถ้า 0.62 กรัม คาร์โบไฮเดรต 49.62 กรัม และพลังงานทั้งหมด 463.54 กิโลแคลอรี และยังมีใยอาหาร 2.27 กรัม แอนโธไซยานิน 0.0065 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งปริมาณเถ้า ใยอาหาร และแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นจากขนมเปี๊ยะ-กุหลาบตำรับพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 120 คนที่มีต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความชอบทั้งด้านลักษณะปรากฏ ความเป็นชั้น สีของเปลือก สีของไส้ กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ทั้งนี้หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบนี้ ผู้บริโภคมีความสนใจร้อยละ 98 และมีการตัดสินใจซื้อร้อยละ 96.7

การศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลที่ โดยนำขนม-เปี๊ยะบรรจุใส่ถาดพลาสติกแบบ 8 หลุม ต่อ 1 ถาด บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด Oriented Nylon Coated with Polyvinylidene Chloride/Low Density Polyethylene ปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($32 \pm 2^{\circ}C$) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 ± 5 จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างทุก 1 สัปดาห์ เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ค่า a_w ของส่วนเปลือกที่รวมกับส่วนไส้และเฉพาะส่วนเปลือกจะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a_w ของไส้ขนมเปี๊ยะมีค่าลดลง ด้านค่าสีของส่วนเปลือกจะมีค่าความสว่างลดลงหรือมีสีคล้ำ มีแนวโน้มของสีค่อนไปทางสีน้ำเงิน ด้านค่าสีของไส้ พบว่า ค่าความสว่างเพิ่มขึ้น สีค่อนไปทางสีแดงเล็กน้อย ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าพลังงานในการเคี้ยว (Chewiness) มีค่าลดลง แต่ค่าความสามารถในการเกาะตัว (Cohesiveness) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความสามารถในการคืนตัว (Springiness) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ด้านคุณภาพ

ทางเคมี พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บขนมเปี๊ยะนี้เพิ่มขึ้น ความชื้นของส่วนเปลือกที่รวมกับส่วนไส้และเฉพาะส่วนเปลือกจะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนความชื้นของส่วนไส้มีค่าลดลง ค่าความหืนโดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไธโอบาบิทูริก (Thiobarbituric acid) หรือค่า TBA พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ด้านคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า ปริมาณของ *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* ในระยะเวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 3 นั้น จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2555) และทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า ความเข้มในส่วนของเปลือก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความนุ่ม และความร่วน ความเข้มในส่วนของไส้ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นถั่วและกลิ่นควันเทียนอบ ความนุ่ม ความร่วน และรสชาติของแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และการยอมรับคุณภาพโดยรวมได้รับคะแนนลดลง ทั้งนี้เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้มากกว่า 2 สัปดาห์ ขนมเปี๊ยะจะมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราสูงกว่าจำนวนที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนด ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้จึงมีอายุการเก็บ 2 สัปดาห์ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง ($32 \pm 2^{\circ}C$)

อภิปรายผล

แป้งข้าวสีนิลมีปริมาณไขมัน เถ้า และใยอาหารสูงกว่าแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแป้งสาลีอเนกประสงค์จะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งเค้กและแป้งข้าวสีนิลตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของภัทร์ภณ ภู่เพ็ชร์ และคณะ. (2552) ที่รายงานว่าแป้งข้าวสีนิลมีปริมาณไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตมากกว่า แต่มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแป้งสาลี ($p \leq 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) ของแป้งทั้ง 3 ชนิด พบว่า แป้งข้าวสีนิลยังมีปริมาณแอนโธไซยานินสูงกว่าแป้งสาลีทั้งแป้งเค้ก และแป้งสาลีอเนกประสงค์ ทำให้แป้งข้าวสีนิลมีสีม่วงเข้มซึ่งสารนี้อยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) (Ujjawal, 2016) ส่วนแป้งสาลีมีการผลิตโดยผ่านการขัดสีส่วนของรำ (Bran) ชั้นของแอลูโลน (Aleulone layer) และจมูกข้าว (Germ) ออกไป นอกจากนี้ยังมีการใช้สารฟอกสีและสารปรับสภาพแป้งจึงส่งผลให้แป้งมีความขาว แต่ปริมาณสารให้สีต่าง ๆ รวมถึงแอนโธไซยานินลดลง (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2556)

การศึกษาตำรับของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสีนิลมีผลต่อความแข็ง การเกิดชั้น และสีของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความร่วน และเมื่อทิ้งให้เย็นจะเกิดความขุ่นคืนตัว (Retrogradation) เพราะแป้งข้าวสีนิลมีปริมาณ

อะไมโลสสูงกว่าแป้งสาลี การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลเป็นการเขือจางโปรตีนกลูเตนซึ่งมีผลให้ความยืดหยุ่นและขยายตัวของผลิตภัณฑ์ลดลง และการสุกของแป้งรวมถึงโปรตีนในแป้งข้าวทั้งกลูเตลินและแอลบูมินที่ช่วยให้เกิดเจลนั้นเป็นการเพิ่มโอกาสในการจับน้ำภายในโครงสร้างทำให้ขนมปี๊ยะมีค่า a_w เพิ่มขึ้นได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Widjajaseputra (2012) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ของการกระจายความชื้นกับเนื้อสัมผัสของอาหารที่มีข้าวเป็นส่วนผสม ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณอะไมโลสจะมีผลให้ความชื้นเพิ่มขึ้น และงานวิจัยของอุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์และสุนทรี สุวรรณสิชฌน์ (2553) ที่พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลในบัตเตอร์เค้กมีผลให้ค่า a_w มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าการเกาะตัวและค่าการเกาะตัวกันลดลง และพลังงานในการเคี้ยวเพิ่มขึ้น และงานวิจัยของธิดารัตน์ เปรมประสพโชค ปภาวรินท์ คิงวิ และปณัฐชา ชื่นจิต (2557) ที่ศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสีนิลในเค้กแครอทงาดำ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องสีนิลจะทำให้ค่าการคืนตัวและค่าการเกาะตัวกันมีแนวโน้มลดลง และแป้งข้าวสีนิลมีสารให้สี คือ แอนโธไซยานินที่ให้สีม่วง และการให้ความร้อนในระหว่างการอบทำให้ขนมเปี๊ยะมีสีม่วงเข้ม (Gisslen, 2013) รวมถึงการถ่ายเทความชื้นระหว่างส่วนของเปลือกและไส้ซึ่งมีผลต่อความแน่นเนื้อและสีของขนมเปี๊ยะ (อุสาห์ เจริญวัฒนา. 2537)

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล แสดงให้เห็นว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลในขนมเปี๊ยะมีผลต่อการลดลงของปริมาณโปรตีนและปริมาณน้ำในโครงสร้างของส่วนผสม ทั้งนี้ขนมเปี๊ยะกุหลาบที่พัฒนานี้มีปริมาณเถ้าใยอาหาร และแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นจากตำรับพื้นฐาน สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลี อย่างไรก็ตามปริมาณแอนโธไซยานินนั้นมีการลดลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เพราะสารให้สีในกลุ่มนี้ไม่ทนต่อปฏิกิริยาและความร้อนที่ได้รับขณะอบ และจากงานวิจัยของ Sui, Yap และ Zhou (2015) พบว่า ปริมาณแอนโธไซยานินและสารต้านอนุมูลอิสระในขนมปังจะลดลงหลังจากอบ โดยบริเวณส่วนเปลือกจะมีปริมาณแอนโธไซยานินสูงกว่าส่วนเนื้อขนมปัง

จากการศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล แสดงให้เห็นว่า ในระหว่างการเก็บมีการระเหยของไอน้ำจากขนมเปี๊ยะสู่ภายนอก และมีไอน้ำส่วนหนึ่งควบแน่นกลับสู่ขนมเปี๊ยะ ทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และมีการเคลื่อนย้ายความชื้นจนอยู่ในภาวะสมดุลภายในบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นถ้าเก็บขนมเปี๊ยะนานขึ้น ขนมเปี๊ยะจะมีความชื้นลดลงหรือมีความแห้งเพิ่มขึ้น (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550) และยังมีผลต่อค่า a_w สอดคล้องกับงานวิจัยของธีรนุช ฉายศิริโชติ (2554) ที่ศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานโดยการใช้สารทดแทนไขมัน

และสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลซึ่งพบว่า ในช่วง 2 สัปดาห์แรกนั้น ค่า a_w ของส่วนเปลือกรวมกับส่วนไส้ และค่า a_w ของส่วนเปลือกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a_w ของไส้ในผลิตภัณฑ์นั้นมีแนวโน้มลดลง และงานวิจัยของปิยะนุช คันโธ และ สุคนธ์ ชื่นศรีงาม (2546) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการยืดอายุการเก็บรักษาของขนมเปี๊ยะไส้ถั่วกวนโดยการใช้สารลดค่า a_w ของส่วนไส้ พบว่า ค่า a_w ของส่วนเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 2 วันแรก และมีค่าสูงสุดในช่วง 10-15 วัน แล้วจะลดลงอย่างช้า ๆ ขณะที่ค่า a_w ของส่วนไส้จะลดลงทุกช่วงเวลาการเก็บ ทั้งนี้ความชื้นยังมีผลต่อเนื้อสัมผัสด้านต่าง ๆ การสะท้อนแสง และสีของส่วนเปลือก อย่างไรก็ตามไส้ถั่วกวนมีส่วนผสมของน้ำตาลและโปรตีนจากถั่วเขียว ในระหว่างการเก็บจึงสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกรดอะมิโนของโปรตีนกับน้ำตาลที่ให้สีน้ำตาล (รังสินี โสธรวิทย์, 2550; Czernohorsky and Hooker, n.d.) นอกจากนี้ค่า TBA ที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บ แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทั้งนี้ขนมเปี๊ยะจัดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีไขมันสูง และมีปริมาณน้ำในส่วนผสม จึงมีโอกาสเกิดปฏิกิริยานี้และเกิดกลิ่นหืน สอดคล้องกับงานวิจัยของผาณิต รุจิรพิสิฐ (2558) ซึ่งศึกษาผลของการใช้ไขมันมะพร้าวทดแทนไขมันที่ผ่านการเติมไฮโดรเจนบางส่วนในเปลือกพาย พบว่าเปลือกพายที่ใช้ไขมันมะพร้าวซึ่งมีปริมาณน้ำสูงกว่าไขมันอื่นทั้งเนยและมาร์การีน จะมีค่า TBA สูงกว่าเปลือกพายที่ใช้ไขมันชนิดอื่นเป็นส่วนผสม และจากการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ แสดงให้เห็นว่า บริเวณเปลือกของขนมเปี๊ยะกุหลาบมีค่า a_w และปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเชื้อรา รวมถึงพิษที่เชื้อราสร้างขึ้นด้วย (รังสินี โสธรวิทย์, 2550)

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรร่อนผสมแป้งสาลีกับแป้งข้าวสีนิลให้กระจายเข้ากันก่อนนำไปผสมกับส่วนผสมอื่น
2. ในการขึ้นรูปและการห่อไส้ขนมเปี๊ยะควรเก็บริมหรือตะเข็บให้สนิทเพื่อป้องกันไส้แตกหรือไหลออกมาขณะอบ
3. การอบขนมเปี๊ยะควรใช้ระดับความร้อนด้านบนเท่ากับความร้อนด้านล่าง
4. การตรวจสอบการสุกของขนมเปี๊ยะพิจารณาจากความขุ่นของแป้งและการอยู่ตัวของผลิตภัณฑ์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. อาจนำแป้งข้าวสีนิลมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งต่าง ๆ ที่ทำให้สุกด้วยความร้อนไม่สูงนัก เช่น การนึ่ง และการต้ม เป็นต้น เพื่อเป็นการเสริมคุณค่าทางอาหาร เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ และเพิ่มความหลากหลายในการใช้แป้งข้าวสีนิล

2. อาจมีการปรับเปลี่ยนไส้สำหรับขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลเพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

จริยา เดชกุญชร. (2555). *ขนมเปี๊ยะ รวมสูตรและวิธีทำอย่างละเอียด.* กรุงเทพฯ: สถาพรบุ๊คส์.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2556). *เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. (2550). *การบรรจุอาหาร*. กรุงเทพมหานคร : เอส.พี.เอ็ม.การพิมพ์.

ณรงค์ นิยมวิทย์ และ อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. (2535). *วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนีย์ โรจนไพบูลย์ และอโณทัย โรจนไพบูลย์. (2551). *เบเกอรี* ใน เอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีอาหารและเครื่องดื่ม. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ทิพาวรรณ เฟื่องเรือง. (2548). *ขนมเปี๊ยะ*. สืบค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2558, จาก http://www.tipfood.com/2012GM/Bakery+[33]+ขนมเปี๊ยะกุหลาบ.html

ธิดารัตน์ เปรมประสพโชค ปภาวรินท์ คิงวิ และปณัฐชา ชื่นจิต. (2557). *ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสีนิลต่อคุณภาพด้านกายภาพและประสาทสัมผัสของเค้กแครอทงาดำ*. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52, 4-7 กุมภาพันธ์ 2557. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรนุช ฉายศิริโชติ. (2554). *การพัฒนาขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานโดยการใช้สารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล*. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์. (ม.ป.ป.). *ขนมเปี๊ยะและขนมไหว้พระจันทร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม่บ้าน.

นัยนา บุญทวีนุวัฒน์ และ เรวดี จงสุวัฒน์. (2545). *น้ำมันรำข้าว ทางเลือกเพื่อสุขภาพของคนไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

บริษัทสีนิลไรซ์. (ม.ป.ป.). *ข้าวสีนิล*. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2558, จาก http://www.sininrice.com/about/html

ปิยะนุช คันโธ และ สุคนธ์ ชื่นศรีงาม. (2546). *การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะไส้ถั่วกวนโดยการใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของส่วนไส้ การใช้ฟิล์มพลาสติก และสารดูดความชื้น*. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41, 3-7 กุมภาพันธ์ 2546. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ผาณิต รุจิรพิสิฐ. (2558). ผลของการใช้ไขมันมะพร้าวทดแทนไขมันที่ผ่านการเติมไฮโดรเจนบางส่วนในเปลือกพาย. *วิทยาศาสตร์เกษตร*. 46(3) (พิเศษ): 253-256.

พลีชีพ. (ม.ป.ป.). *สวยจากภายในด้วยงาดำและข้าวสีนิล*. สืบค้นเมื่อ 29 พฤษภาคม 2559, จาก http://board.postjung.com/683951.html

ภัทร์ภณ ภู่เพ็ชร์, สุนทรี สุวรรณสิชณน์ และ บุศราภา ลิมานนท์. (2552). *สมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งข้าวสีนิลและคุณภาพของโดขนมปังที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีบางส่วน*. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, 17-20 มีนาคม 2552. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยศพร พลายโถ. (2557). *องค์ประกอบของอาหาร น้ำ วิตามินและแร่ธาตุ* ใน *เอกสารการสอนชุด วิชาเคมีวิเคราะห์อาหาร*. กรุงเทพมหานคร: โครงการสวนดุสิตกราฟฟิคไซท์.

รังสินี โสธรวิทย์. (2550). *เคมีและจุลชีววิทยาเบื้องต้นของอาหาร*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โรงเรียนสอนทำอาหารครัววันดี. (ม.ป.ป.). *เอกสารอบรมหลักสูตรช่างฝีมืออาหารไทยขั้นสูง*. กรุงเทพฯ: โรงเรียนสอนอาหารครัววันดี.

วราวรรณ วิเศษวงศ์. (ม.ป.ป.). *เทคนิคการบรรจุภัณฑ์*. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2559, จาก http://www.crnfe.ac.th/packaging/index_packaging.html

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. (ม.ป.ป.). *กลุ่มผลิตภัณฑ์แป้งข้าว*. สืบค้นเมื่อ 17 มิถุนายน 2559, จาก http://www.arda.or.th/kasetinfo/rice/rice_product/rice-product1_1.html

เสริมพร สารทพันธ์. (2542). *อาหาร-ขนม*. กรุงเทพฯ: พรานนกการพิมพ์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2555). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมเปี๊ยะ: มผช. 115/2555*.

อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล. (2554). *หลักการประกอบอาหาร*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมราภรณ์ วงศ์ฟัก. (2555). *ขนมหวานจีน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม่บ้าน.

อุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์ และ สุนทรี สุวรรณสิชณน์. (2553). *ผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก*. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48, 3-5 กุมภาพันธ์ 2553. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุสาห์ เจริญวัฒนา. (2537). *เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เบเกอรี*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

Association of Official Analytical Chemists. (1997). *Official Methods of Analysis of Association of Official*. (16th ed). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD.

Association of Official Analytical Chemists. (2000). *Official Methods of Analysis of Association of Official*. (17th ed). Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.

Association of Official Analytical Chemists. (2003). *Official Methods of Analysis of Association of Official*. (17th ed). Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.

Czernohorsky, J. H. and Hooker, R. (n.d.). *The Chemistry of Baking*. Retrieved November 11, 2016, from http://nzic.org.nz/ChemProcesses/food/6D.pdf.

EUBAAN. (2013). *Chinese Puff & Pastry-White Roses*. Retrieved August 30, 2014, from http://eubaan.blogspot.com/2013/05/Chinese-puff-pastry-white-roses.html?m=1.

Gisslen, W. (2013). *Professional Baking*. (6th ed.). U.S.A.: John Willey & Sons.

Islam, M. Z., Taneya, M. L. J., Shams-Ud-Din, M., Syduzzaman, M., & Hoque M.M. (2012). Physicochemical and Functional Properties of Brown Rice (*Oryza sativa*) and Wheat (*Triticum aestivum*) Flour and Quality of Composite Biscuit Made Thereof. *The Agriculturists*, 10(2): 20-28.

Khoshgozaran-Abras, S., Azizi, M. H., Bagheripoor-Fallah, N., and Khodamoradi, A. (2012). *Effect of Brown Rice Flour Fortification on the Quality of Wheat-Based Dough and Flat Bread*. Retrieved December 22, 2014, from http://www.researchgate.net/publication/257798085.

Kilcast D., and Subramaniam P. (2 0 0 0). *The Stability and Shelf-life of Food*. Cambridge: Wood Head Publishing.

Lee, C.C., Hoseney, R.C. and Varriano-Marston, E. (1982). Development of a Laboratory Scale Single Stage Cake Mix. *Cereal Chemistry*, 59(2): 389-392.

Sui, X., Yap, P. Y. and Zhou, W. (2015). Anthocyanins During Baking: Their Degradation Kinetics and Impacts on Color and Antioxidant Capacity of Bread. *Food Bioprocess Technology,* 8(5): 983-994.

Ujjawal, K. (2016). *Black Rice*. Retrieved October 1, 2016, from http:// www.springer.com/cda/content/.../cda.../9783319301525-c2.pdf.

U.S. Food and Drug Administration. (2001). Bacteriological Analytical Manual Online Edition 2001 (US-FDA). Retrieved February 25, 2015, from http://www.911emg.com/Ref%20Library%20ERG/FDA%20Bacteriological%20Analysis.pdf.

Widjajaseputra, W.I. (2012). Relation of Moisture Distribution and Texture of Rice-Based Foods-a Perspective. *International Food Research Journal*, 19(3): 1275-1278.

Wrolstad, R. E. (2000). Anthocyanins, In *Natural Food Colorants*, Francis, F. J. and Lauro, G. J. (Eds.). New York: Dekker.

Žilić, S., Kocadağlı, T., Vančetović, J. and Gökmen, V. (2016). Effects of Baking Conditions and Dough Formulations on Phenolic Compound Stability, Antioxidant Capacity and Color of Cookies Made from Anthocyanin-Rich Corn Flour. *LWT-Food Science and Technology*. 65: 597-603

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ภาคผนวก ก1 การวัดปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) โดยการแทนที่ด้วยงา (Lee, Hoseney and Varriano-Marston, 1982)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์
2. เติมเมล็ดงาลงในภาชนะโลหะที่มีขนาดใหญ่กว่าผลิตภัณฑ์จนเต็ม และปาดให้เมล็ดงาเสมอกับขอบภาชนะ อ่านปริมาตรของเมล็ดงาที่เติมนั้นโดยใช้กระบอกตวง
3. วางผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะ เติมเมล็ดงาลงไปจนเต็ม อ่านปริมาตรของเมล็ดงาที่ใช้เติมนั้นโดยใช้กระบอกตวง

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ} = \frac{\text{ปริมาตรของผลิตภัณฑ์}}{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์}}$$

หมายเหตุ ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ = ปริมาตรของเมล็ดงาในข้อ 2 – ปริมาตรของเมล็ดงาในข้อ 3

ภาคผนวก ก2 การวัดระดับวอเตอร์แอคติวิตี้

ทำการวัดระดับวอเตอร์แอคติวิตี้ของส่วนเปลือก ไส้ถั่วกวนและรวม (เปลือกรวมกับไส้ถั่วกวน) ของผลิตภัณฑ์ของขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล โดยใช้เครื่องมือวัดระดับวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w Sprint Novasina รุ่น TH-500)

วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างทำให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ในถ้วยพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 1.5 เซนติเมตร บรรจุตัวอย่างประมาณ 2 ใน 3 ของความจุถ้วย

2. นำไปวัดระดับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ โดยวางถ้วยลงใน chamber ของเครื่องวัดทิ้งไว้สภาพใน Chamber สมดุลที่อุณหภูมิ 25°C จึงอ่านค่าที่แสดงบนเครื่องวัด

ภาคผนวก ก3 การวิเคราะห์คุณภาพด้านสี

ทำการวัดค่าสี ของส่วนเปลือก และส่วนไส้ของผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล ด้วยเครื่องวัดค่าสี Handy colorimeter

วิธีการทดลอง

1. ทำการ Calibrate เครื่องด้วย Black and white standard plate

2. วัดสีของส่วนเปลือก โดยนำตัวอย่างวางบนแผ่นพลาสติก วัดค่าสีโดยวัดที่จุดกึ่งกลางด้านบนขนมด้านข้างทั้ง 2 ข้าง

3. วัดสีของส่วนไส้ โดยใช้มีดแบ่งกึ่งกลางด้านแนวนอนของชิ้นขนมเปี๊ยะ หงายส่วนด้านไส้ขึ้น วัดค่าสีโดยวัดที่จุดกึ่งกลางของไส้ทั้ง 2 ชิ้น

ภาคผนวก ก4 การวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัส

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบทนแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล โดยใช้เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture Analyser)

การวัดค่าคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล โดยใช้หัววัดแรงกด (Compression) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร (P/100) ความเร็วในการทดสอบ (Test speed) เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อนาที โดยระยะทางที่กดตัวอย่าง 50% Strain

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ภาคผนวก ข1 การวิเคราะห์หาความชื้น (AOAC, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 ตู้อบ (Hot air oven)

1.2 ขวดชั่งหาความชื้น (Weighing bottle)

1.3 โถดูดความชื้น (Desiccator)

1.4 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2. วิธีการ

2.1 หาน้ำหนักที่คงที่ของขวดชั่งหาความชื้น โดยนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105^{O}C นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วนำเข้าตู้อบใหม่ ดำเนินการเหมือนครั้งแรกจนได้น้ำหนักคงที่

2.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในขวดชั่งที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว

2.3 เกลี่ยตัวอย่างแผ่ออกอย่างสม่ำเสมอให้มีเนื้อที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.4 นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105^{O}C นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วนำเข้าตู้อบใหม่ดำเนินการเหมือนครั้งแรกจนได้น้ำหนักคงที่

2.5 นำผลที่ได้ไปคำนวณปริมาณความชื้นดังนี้

3. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ - น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ภาคผนวก ข2 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 ตู้อบ (Hot air oven)
1.2 เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace)
1.3 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)
1.4 โถดูดความชื้น (Dessicator)
1.5 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2. วิธีการ

2.1 เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550^{O}C เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิตซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-40 นาทีเพื่อให้อุณหภูมิภายในเผาลดลงก่อน นำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้นปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก

2.2 เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที โดยทำเหมือนวิธีข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

2.3 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัมใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควันแล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 550^{O}C และทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ1-2

3. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา}} \times 100$$

ภาคผนวก ข3 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลห์ดาล (Kjeldahl flask) (AOAC, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มิลลิลิตร

1.2 ชุดกลั่นโปรตีน (Semi-microdistillationn apparatus)

1.3 ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร

1.4 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร

1.5 ปิเปตต์ (Pipette) ขนาด 25 มิลลิลิตร

1.6 บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 25 มิลลิลิตร

1.7 ลูกแก้ว

1.8 กระดาษกรอง (Filter paper)

2. สารเคมี

2.1 กรดซัลฟุริกเข้มข้น

2.2 สารเร่งปฏิกิริยาใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 1 ส่วนต่อโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 9 ส่วน

2.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32% ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 กรัมละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.4 สารละลายกรดบอริกเข้มข้น 2% ละลายกรดบอริก 20 กรัมด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

2.5 สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

2.6 อินดิเคเตอร์ใช้ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution ชั่งเมทิลีนบลู 0.2 กรัม ละลายในเอทานอล 200 มิลลิลิตรและชั่งเมธิลเรด 0.05 กรัม ละลายในเอธานอล 50 มิลลิลิตร โดยนำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วน: เอทานอล 1 ส่วน: น้ำกลั่น 2 ส่วน

3. วิธีการ

3.1 ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิด ใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

3.2 เติมสารเร่งปฏิกิริยา 1 กรัมและกรดซัลฟุริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

3.3 นำไปกลั่นโดยเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตรและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.4 รองรับสิ่งที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดบอริกเข้มข้น 2% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

3.5 เติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

3.6 กลั่นโดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดบอริก

3.7 กลั่นจนได้สารละลายในขวดจับแก๊สประมาณ 250 มิลลิลิตร

3.8 กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

3.9 ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน

3.10 ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 3.2-3.9

4. การคำนวณ

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

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือ (นอร์มัล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม = 6.25

(น้ำหนักกรัมสมบูรณ์ของไนโตรเจนเท่ากับ 14.007)

ภาคผนวก ข4 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วยบีกเกอร์สำหรับใส่ตัวทำละลายซ็อกเล็ต (Soxhlet) เครื่องควบแน่น (Condenser) และเตาให้ความร้อน

1.2 หลอดใส่ตัวอย่าง (Extraction thimble)

1.3 สำลี

1.4 ตู้อบ (Hot air oven)

1.5 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.6 โถดูดความชื้น (Dessicator)

2. วิธีการ

2.1 อบบีกเกอร์สำหรับหาไขมันซึ่งมีขนาดความจุ 150 มิลลิลิตรในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2.2 ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิด ใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่างคลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

2.3 นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซ็อกเล็ต (Soxhlet)

2.4 เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 50 มิลลิลิตร วางบนเตาให้ความร้อน

2.5 ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 45 นาทีโดยปรับความร้อนให้หยดของสารที่ละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

2.6 ระเหยจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวที่ละลาย

2.7 นำขวดไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 80-90°C จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

2.8 ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาทีจนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

ภาคผนวก ข5 การวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 ตู้อบ (Hot air oven)

1.2 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.3 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)

1.4 เครื่อง Hot Extraction Unit 1020

1.5 Column

1.6 โถดูดความชื้น (Dessicator)

2. วิธีการ

2.1 อบถ้วย Crucible ในตู้อบอุณหภูมิ 100°C ระยะเวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก (W1)

2.2 ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้ว บันทึกน้ำหนัก (W2)

2.3 นำถ้วย Crucible ที่มีตัวอย่างเข้าเครื่อง Hot Extraction Unit 1020

2.4 ใส่สารละลายกรดซัลฟูริคความเข้มข้น 1.25% ลงใน Column ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการย่อยตัวอย่าง 30 นาที

2.5 เมื่อครบระยะเวลาย่อย ให้ล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อนจนหมดฟอง (เช็ค pH เป็นกลาง)

2.6 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25% ลงใน Column ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการย่อยตัวอย่าง 30 นาที

2.7 เมื่อครบระยะเวลาย่อย ให้ล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อนจนหมดฟอง (เช็ค pH เป็นกลาง)

2.8 นำถ้วย Crucible ที่มีตัวอย่าง ล้างด้วย Acetone ประมาณ 3 ครั้ง ครั้งละ 25 มิลลิลิตร

2.9 อบตัวอย่างที่ผ่านการย่อยในตู้อบอุณหภูมิ 100°C ระยะเวลา 5 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก (W3)

2.10 เผาตัวอย่างที่ผ่านการอบในเครื่องเผาอุณหภูมิ 550°C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก (W4)

3. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณใยอาหาร (\%)} = \frac{\text{น.น.ถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังเผา (W4)} - \text{น.น.ถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังอบ (W3)}}{\text{น.น.ตัวอย่าง (W2)}} \times 100$$

ภาคผนวก ข6 การวิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานิน (Wrolstad, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 UV-Vis spectrophotometer
1.2 pH meter
1.3 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
1.4 ตู้แช่เย็น
1.5 เครื่องปั่น (Blender)
1.6 ปิเปต
1.7 ขวดปริมาตร
1.8 กระดาษกรองเบอร์ 1

2. วิธีการ

กำหนดอัตราส่วนในการเจือจางตัวอย่างให้เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับ buffer pH 1.0 โดยค่า absorbance ต้องไม่เกิน 1.2 และตัวอย่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต้องไม่เกิน 20 % ของปริมาตรทั้งหมด ซึ่งอัตราส่วนในการเจืองจางใช้เป็นตัวกำหนดค่า DF (Dilution factor) ที่ใช้ในการคำนวณ

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

2.1.1 นำตัวอย่างสับละเอียด 50 กรัม ผสมกับเอธานอล 80% 50 ml.
2.1.2 Centrifuge แยกส่วนน้ำที่ 5000 rpm 20 นาที 4°C
2.1.3 แยกส่วนใสกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1ใส่ขวดปริมาตร100 ml.
2.1.4 ตะกอนที่ได้ปั่นผสมกับน้ำอีกครั้ง และทำซ้ำกับขั้นตอนด้านบน
2.1.5 ปรับปริมาตร 100 ml. ด้วยน้ำกลั่น
2.1.6 เก็บสารสกัดแช่เย็นรอการวิเคราะห์

2.2 การทำปฏิกิริยากับ buffer

2.2.1 สารสกัดจากตัวอย่าง 0.5 ml (3 ซ้ำ) 2 ชุดสำหรับ 2 buffer
2.2.2 เติม buffer pH 1.0 และ buffer pH 4.5 ในแต่ละชุด 4.5 ml
2.2.3 ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที (ไม่ควรเกิน 1ชั่วโมง)

2.2.4 วัดค่า Absorbance ที่ 510 และ 700 nm. โดยใช้เอธานอล 80% เป็น blank

2.2.5 คำนวณค่า Absorbance (A)

$$A = (A_{520} - A_{700})_{pH\ 1} - (A_{520} - A_{700})_{pH\ 4.5}$$

2.2.6 คำนวณค่า Total anthocyanin (mg/L)

$$TA = \frac{A\ XMW\ X\ DF\ X1000}{\varepsilon\ X\ 1}$$

ภาคผนวก ข7 การวิเคราะห์หาค่า Thiobarbituric analysis (TBA) (AOAC, 1997)

สารเคมี

1. 1-butanol บริสุทธิ์ มีน้ำไม่เกินร้อยละ 5
2. 2-Thiobarbituric acid (AR grade)

การเตรียม Thiobarbituric acid reagent

เตรียมโดยการละลาย 2-Thiobarbituric acid ปริมาณ 20 มิลลิกรัมใน 1-butanol ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ค้างคืน หรือใช้เครื่องอัลทราโซนิกช่วยในการละลาย จากนั้นกรองหรือเข้าเครื่องเหวี่ยงขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรโดยใช้ 1-butanol ซึ่งสารนี้ต้องเก็บในตู้เย็นและต้องใช้ภายใน 1 สัปดาห์

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 50-200 มิลลิกรัม ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เติม 1-butanol ลงไปเล็กน้อย เพื่อละลายตัวอย่าง จากนั้นปรับปริมาตรที่เหลือโดยเติม 1-butanol ลงไป

2. ปิเปตตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีจุกแก้วที่แห้ง จากนั้นปิเปต Thiobarbituric acid reagent 5 มิลลิตร ใส่ลงไป ปิดจุกแก้วแล้วผสมให้เข้ากันดี จากนั้นใส่ลงในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 95$\pm$0.5 ^{O}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3. ทำ blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

4. เมื่อครบเวลา นำหลอดตัวอย่างขึ้นมาทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิห้องโดยการให้น้ำไหลผ่านเพื่อลดความร้อน

5. นำสารละลายที่ได้ใส่ลงใน Glass cell ขนาด 10 มิลลิเมตร วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร

การคำนวณ

$$TBA = \frac{50*(A-B)}{m}$$

A = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

B = ค่าการดูดกลืนแสงของ blank

m = มวลเป็นมิลลิกรัมของตัวอย่าง

50 = ค่าตัวแปรที่ใช้เมื่อเตรียมตัวอย่าง โดยใช้ Volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร และใช้ Glass cell ขนาด 10 มิลลิเมตร

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และแบบสอบถามผู้บริโภค

ภาคผนวก ค1

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกตำรับพื้นฐานของขนมเปี๊ยะกุหลาบ

ชื่อผู้ทดสอบ _____. วันที่_____.

ตัวอย่าง ขนมเปี๊ยะกุหลาบ

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะตามความรู้สึกของท่านโดยกำหนดให้

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

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง.....	รหัสตัวอย่าง.....	รหัสตัวอย่าง.....
ลักษณะปรากฏ			
ความเป็นชั้น			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
ความนุ่ม			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

หมายเหตุ กรุณาดื่มน้ำระหว่างทำการทดสอบชิมแต่ละตัวอย่าง

ภาคผนวก ค2

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส
เพื่อคัดเลือกขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

ชื่อผู้ทดสอบ _____. วันที่_____.

ตัวอย่าง ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะตามความรู้สึกของท่านโดยกำหนดให้

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

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง.....	รหัสตัวอย่าง.....	รหัสตัวอย่าง.....
ลักษณะปรากฏ			
ความเป็นชั้น			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
ความนุ่ม			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

หมายเหตุ กรุณาดื่มน้ำระหว่างทำการทดสอบชิมแต่ละตัวอย่าง

ภาคผนวก ค3

แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำแนะนำ กรุณาทำเครื่องหมาย √ ลงใน ( ) ให้ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด และหากมีข้อมูลเพิ่มเติมกรุณากรอกรายละเอียดลงในช่องว่าง

1. เพศ
   ( ) ชาย ( ) หญิง
2. อายุ
   ( ) น้อยกว่า 20 ปี ( ) 20 – 30 ปี
   ( ) 31 – 40 ปี ( ) มากกว่า 40 ปี
3. การศึกษาสูงสุด
   ( ) มัธยมศึกษา ( ) อนุปริญญา (ปวช./ปวส.)
   ( ) ปริญญาตรี ( ) สูงกว่าปริญญาตรี
4. อาชีพ
   ( ) นักเรียน / นักศึกษา ( ) ข้าราชการ
   ( ) บริษัทเอกชน ( ) ธุรกิจส่วนตัว
   ( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....
5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน
   ( ) ต่ำกว่า 10,000 บาท ( ) 10,001 – 15,000 บาท
   ( ) 15,001 – 20,000 บาท ( ) มากกว่า 20,001 บาท

<u>ส่วนที่ 2</u> การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ หลังจากรับประทานผลิตภัณฑ์

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่าง และทำการประเมินคุณภาพทางประสารทสัมผัสในด้านต่าง ๆ โดยการทำเครื่องหมาย √ ในช่องที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความชอบของท่านมากที่สุด

คุณลักษณะ	ระดับความชอบ								
	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด
ลักษณะปรากฏ									
ความเป็นชั้น									
สีของเปลือก									
สีของไส้									
กลิ่น									
รสชาติ									
ความนุ่ม									
ความชอบโดยรวม									

<u>ส่วนที่ 3</u> ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบ

1. ท่านรู้จักผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบหรือไม่

   ( ) รู้จัก ( ) ไม่รู้จัก

2. ท่านเคยรับประทานขนมเปี๊ยะกุหลาบหรือไม่

   ( ) เคย ( ) ไม่เคย

3. ท่านรับประทานขนมเปี๊ยะกุหลาบบ่อยแค่ไหน

   ( ) ทุกวัน ( ) 1 – 2 ครั้ง/ สัปดาห์

   ( ) 3 – 4 ครั้ง/ สัปดาห์ ( ) 1 – 2 ครั้ง/ เดือน

   ( ) น้อยกว่า 1 ครั้ง/ เดือน ( ) ไม่เคยรับประทานเลย

4. สถานที่ที่ท่านใช้ในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

   ( ) ร้านเบเกอรี่ทั่วไป ( ) ร้านเครื่องดื่มและเบเกอรี่

   ( ) ห้างสรรพสินค้า ( ) ร้านค้าตามท้องตลาด

   ( ) อื่น ๆ โปรดระบุ.....

5. หากมีผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล ท่านสนใจหรือไม่

   ( ) สนใจ เพราะ .....

   ( ) ไม่สนใจ เพราะ .....

6. หากมีผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลวางจำหน่าย ท่านจะซื้อหรือไม่

   ( ) ซื้อ เพราะ.....

   ( ) ไม่ซื้อ เพราะ.....

ภาคผนวก ค4

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อการศึกษาอายุการเก็บของ
ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

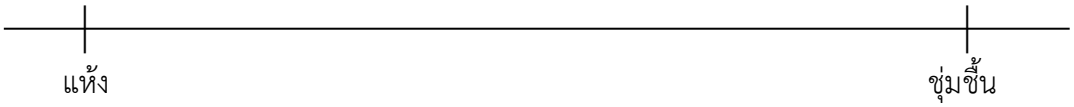
ชื่อผู้ทดสอบ _____ วันที่ _____

ผลิตภัณฑ์ ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล

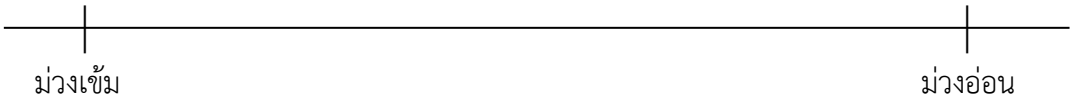
<u>คำแนะนำ</u> กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ที่จัดไว้ให้ และทำเครื่องหมาย " | " ลงบนเส้นให้ตรงกับความรู้สึกที่กำหนดให้ แต่ละลักษณะ

<u>หมายเหตุ</u> รสชาติของผลิตภัณฑ์ในที่นี้ หมายถึง ความรู้สึกขณะที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในปาก รวมถึงความรู้สึกหลังจากกลืนผลิตภัณฑ์ไปแล้ว (Aftertaste)

ลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก



สีของเปลือก

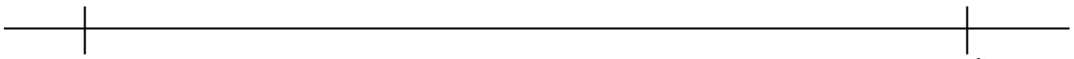


กลิ่นของเปลือก (เทียนอบ)

ความนุ่มของส่วนเปลือก

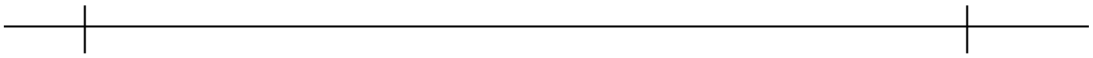
ความร่วนของเปลือก

ลักษณะปรากฏของส่วนไส้



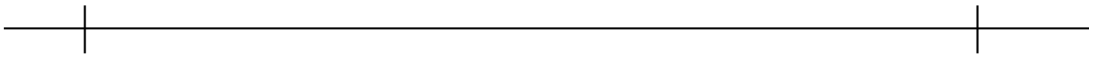
แห้ง ชุ่มชื้น

สีของไส้



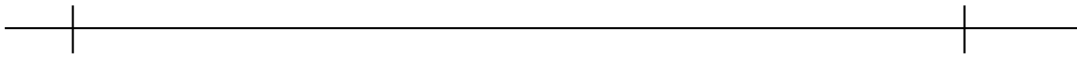
เหลืองอ่อน เหลืองเข้ม

กลิ่นของไส้ (กลิ่นถั่ว)



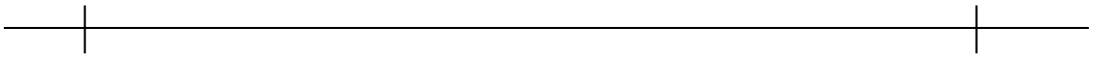
ไม่มีกลิ่น มีกลิ่นแรงมาก

กลิ่นของไส้ (กลิ่นเทียนอบ)



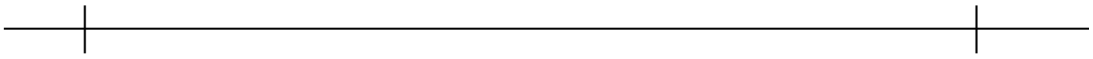
ไม่มีกลิ่น มีกลิ่นแรงมาก

ความนุ่มของส่วนไส้



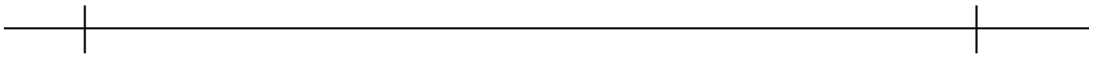
นุ่มน้อย นุ่มมาก

ความร่วนของไส้



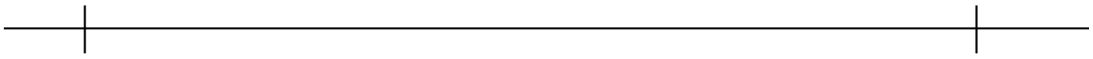
ร่วนน้อย ร่วนมาก

รสชาติของไส้



หวานน้อย หวานมาก

การยอมรับคุณภาพโดยรวม



น้อยที่สุด มากที่สุด

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวธีรนุช ฉายศิริโชติ
ประวัติการศึกษา	ศศ.บ. (ศึกษาศาสตร์-คหกรรมศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2538)
	คศ.บ. (โภชนาการชุมชน) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2542)
	คศ.บ. (ธุรกิจอาหาร) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2551)
	คศ.ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2543)
	ปร.ด. (เกษตรเขตร้อน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2554)
ประสบการณ์การทำงาน	วิทยากรอบรมหลักสูตรขนมอบ ศูนย์ฝึกปฏิบัติการอาหารนานาชาติ สวนดุสิต โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
	อนุกรรมการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาผู้ประกอบอาหารไทย ระดับ 1 และระดับ 2
	อาจารย์ประจำโรงเรียนสอนทำอาหารและขนมอบมาตรฐานยูเอฟเอ็ม (UFM Baking & Cooking School) บริษัท ยูเอฟเอ็มฟูดเซนเตอร์ (มหาชน) จำกัด (2538–2539)
ผลงานวิชาการที่ตีพิมพ์	1. กรรมวิธีการผลิตขนมทับทิมกึ่งสำเร็จรูป (2548)
	2. ผลการลดน้ำมันและการใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารทดแทนน้ำตาลในไส้ถั่วกวนของขนมเปี๊ยะเล็ก (2555)
	3. การพัฒนามัฟฟินเนื้อตาลสุก (2556)
	4. การพัฒนามัฟฟินเนื้อตาลสุกผสมลูกตาล (2557)
	5. หนังสือ เรื่อง สาระน่ารู้เรื่องเค้ก (2558)
	6. อนุสิทธิบัตร “ขนมโมจิไส้ถั่วกวนเสริมลูกจาก” กับหน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต (2558)
	7. Effect of Reducing Fat and Using Fat Replacers in the Crust of Flaky Chinese Pastry (2011)
	8. Caloric Reduction in Mungbean Conserve Filling of Flaky Chinese Pastry (2011)
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	หลักสูตรเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวณัจยา เมฆราวี
ประวัติการศึกษา	คศ.บ. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี (2545) วท.ม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2553)
ประสบการณ์การทำงาน	อาจารย์แลกเปลี่ยนกับ AUT University ประเทศนิวซีแลนด์ (2558) อนุกรรมการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาผู้ประกอบอาหารไทย ระดับ 1 ผู้สาธิตและเผยแพร่การประกอบอาหารไทย ในฐานะผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญทางด้านการประกอบอาหารไทย ณ สถานกงสุลเมืองฮานอย ประเทศเวียดนาม (2551 และ 2552) สถานกงสุลเมืองโอซาก้า ประเทศญี่ปุ่น (2555) สถานกงสุลเมืองปักกิ่ง ประเทศจีน (2555 และ 2556) สถานกงสุลเมืองมุมไบ ประเทศอินเดีย (2558) และแสดงนิทรรศการในงาน THAIFEX-World of Food Asia ประจำปี 2558 และ 2559 ณ ศูนย์แสดงสินค้า เมืองทองธานี ผู้ร่วมถ่ายทำรายการ กระจกหกด้าน ตอน “แกงผักรักษ์ไทย”(ออกอากาศวันที่ 27 สิงหาคม 2557) และ ตอน “ขมเป็นยา”(ออกอากาศวันที่ 22 มิถุนายน 2559) ทางสถานีโทรทัศน์สีกองทัพบกช่อง 7
ผลงานวิจัย	อนุสิทธิบัตร “ขนมเปี๊ยะลูกเต๋าไส้ถั่วกวนผสมลูกจาก” กับหน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต (2558)
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	หลักสูตรเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต