รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาผลของชนิดเนยสดสวนดุสิตและปริมาณแซนแทนกัมที่มีต่อคุณภาพของเค้กเนยสดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวหอมมะลิ

Study on the effect of Suan Dusit butter types and xanthan gum levels on qualities of gluten-free butter cake from Hom-mali rice flour

นายวีระพงศ์ วิรุฬห์ธนกฤษณ์

ดร.วราภรณ์ วิทยาภรณ์

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาผลของชนิดเนยสดสวนดุสิตและปริมาณแซนแทนกัมที่มีต่อคุณภาพของเค้กเนยสดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวหอมมะลิ

Study on the effect of Suan Dusit butter types and xanthan gum levels on qualities of gluten-free butter cake from Hom-mali rice flour

นายวีระพงศ์ วิรุฬห์ธนกฤษณ์

ดร.วราภรณ์ วิทยาภรณ์

(โรงเรียนการเรือน)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีงบประมาณ 2557)

หัวข้อวิจัย	การศึกษาผลของชนิดเนยสดสวนดุสิตและปริมาณแซนแทนกัมที่มีต่อคุณภาพของเค้กเนยสดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวหอมมะลิ
ผู้ดำเนินการวิจัย	นายวีระพงศ์ วิรุฬห์ธนกฤษณ์ และ ดร.วราภรณ์ วิทยาภรณ์
หน่วยงาน	หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ปี พ.ศ.	2559

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ที่แพ้กลูเตน องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวหอมมะลิมีปริมาณไขมัน ความชื้น เถ้า ใยอาหาร โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตที่ร้อยละ 1.24±0.05, 8.78±0.05, 0.48±0.05, 0.81±0.05 1.03±0.05 และ 87.66±0.05 มีปริมาณอะมิโลสที่ร้อยละ 9.18 ผลการใช้เนยสดสวนดุสิต 2 ชนิด ได้แก่ เนยสูตร AA และเนยสูตร AAA และใช้แซนแทนกัม 4 ระดับได้แก่ ร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 ที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภายของเค้กเนยจากแป้งข้าวหอมมะลิ พบว่าเค้กเนยที่ใช้เนยสูตร AA และปริมาณแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 มีค่าปริมาตรจำเพาะสูงสุด (3.09±0.01) และมีค่าความแข็ง (227.26±7.72) ใกล้เคียงกับเค้กเนยที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม) มากที่สุด ส่วนผลด้านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเค้กที่ผลิตจากเนยสูตร AA และปริมาณแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 มากที่สุด ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คนที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวหอมมะลิ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และมีผู้บริโภคร้อยละ 97 ยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวหอมมะลิ

Research Title	Study on the effect of Suan Dusit butter types and xanthan gum levels on qualities of gluten-free butter cake from Hom-mali rice flour
Researcher	Mr.Weerapong Wirunthanakrit and Dr.Varaporn Vittayaporn
Organization	Food Processing Technology Curriculum, School of Culinary Arts, Suan Dusit University
Year	2016

The objective of this study was to use Hom-mali rice flour as a substitute to wheat flour in order to alternative for gluten-free products. Effects of Suan Dusit butter types (formula AA and AAA) and xanthan gum levels (0, 0.5, 1.0 and 2.0%) on physical and chemical properties of Hom-mali rice butter cake found that butter cake sample prepared from AA butter and 0.5% xanthan gum had the highest specific volume and the same hardness as butter cake prepared from wheat flour (control). Results of sensory evaluation found butter cake sample prepared from AA butter and 0.5% xanthan gum had the highest liking scores in appearance, color, aroma, bitter, sweet, oiliness and overall liking. For the acceptability test, developed gluten-free butter cake from Hom-mali rice sample was evaluated by 100 consumers. The results showed liking score of butter cake sample was like moderately to like very much and 97% consumer accepted it.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยการได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีงบประมาณ 2557 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิตสำหรับการประสานงานด้านงบประมาณของงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่เคยได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ ขอขอบคุณอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาของหลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน ที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน จนได้มาซึ่งผลข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ให้การสนับสนุน ตลอดจนช่วยเหลือ และให้กำลังใจเสมอมา

คณะผู้วิจัย
2559

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาและความสำคัญ	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
	ขอบเขตการวิจัย	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2	**แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	3
	ผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากกลูเตน	3
	ข้าว	4
	กระบวนการผลิตแป้ง	6
	เค้ก	9
	วัตถุดิบสำคัญในการผลิตเค้กเนยสด	9
	กระบวนการผลิตเค้กเนยสด	11
	เนยสด	12
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	21
	วัตถุดิบ	21
	อุปกรณ์และเครื่องมือ	21
	สารเคมี และอาหารเลี้ยงเชื้อ	23
	วิธีการทดลอง	24
	สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	29

		หน้า
บทที่ 4	**ผลการวิจัย**	30
	ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณอะมิโลสของแป้งข้าวหอมมะลิ	30
	ผลการศึกษาผลของชนิดเนยสดสวนดุสิตและปริมาณแซนแทนกัมต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ	30
	ผลการศึกษาชนิดเนยสดและปริมาณแซนแทนกัมที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิ	35
	ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้	36
	ผลการศึกษาคุณภาพของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม)	39
บทที่ 5	**สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	41
	สรุปผลการวิจัย	41
	อภิปรายผล	41
	ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	42
	ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	42
บรรณานุกรม	บรรณานุกรมภาษาไทย	43
	บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ	44
ภาคผนวก	ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	46
	ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	52
	ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์	63
	ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส	66
ประวัติผู้วิจัย		71

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับเค้กเนย	12
2.2	การแบ่งชนิดของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของเนยเหลว มาการีน และสเปรด	13
3.1	ส่วนผสมของเค้กเนยสด	26
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวหอมมะลิ	30
4.2	ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์เค้กเนยที่ใช้ชนิดของเนยและปริมาณแซนแทนกัมแตกต่างกัน	31
4.3	ค่าสีของผลิตภัณฑ์เค้กเนยที่ใช้ชนิดของเนยและปริมาณแซนแทนกัมแตกต่างกัน	32
4.4	ค่าความแข็งของเค้กเนยที่ใช้ชนิดของเนยและปริมาณแซนแทนกัมแตกต่างกัน	33
4.5	ปริมาตรจำเพาะของผลิตภัณฑ์เค้กเนยที่ใช้ชนิดของเนยและปริมาณแซนแทนกัมแตกต่างกัน	34
4.6	ความชอบด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เค้กเนยที่ใช้ชนิดของเนยและปริมาณแซนแทนกัมแตกต่างกัน	36
4.7	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์จำหน่ายในท้องตลาด	37
4.8	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้ และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม)	38
4.9	ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้	38
4.10	องค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้ และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม)	39
4.11	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม)	40

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กรรมวิธีการผลิตแป้ง	8
2.2	ขั้นตอนการผลิตเนยเหลวแบบไม่ต่อเนื่อง	18
2.3	เครื่องผลิตเนยเหลวแบบต่อเนื่อง	18
3.1	ขั้นตอนการผลิตแป้งข้าวหอมมะลิ	25
3.2	ขั้นตอนการผลิตเค้กเนยสดวิธีตีผสมแบบครีม	27

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

อาหารปราศจากกลูเตน (gluten-free) มีแนวโน้มการตลาดที่เติบโตสูงขึ้น เนื่องจากจำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคแพ้กลูเตน (Coeliac Disease) มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น การพัฒนาอาหารปราศจากกลูเตนจึงยังคงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและสามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายได้ ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดปรับปรุงและพัฒนาอาหารปราศจากกลูเตนจากข้าวหอมมะลิซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีมากในประเทศไทย โดยทั่วไปแล้วข้าวหอมมะลิเป็นพันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกเพื่อส่งออกและบริโภคเป็นอาหารหลักของประชากรในประเทศไทย พบว่าในแต่ละปีมีวัสดุเหลือทิ้งจากโรงสีข้าวเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวหอมมะลิที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ ปลายข้าวและข้าวหัก โดยได้มีการใช้แป้งข้าวหอมมะลิในผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภท เค้กเนย คุกกี้ บราวนี่ โดนัทเค้ก และขนมปัง เพื่อลดปริมาณการใช้แป้งสาลีที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ และการใช้แป้งข้าวหอมมะลิในผลิตภัณฑ์ขนมอบดังกล่าวนี้ยังเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ปราศจากกลูเตน ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มที่แพ้กลูเตนได้ด้วย แต่การใช้แป้งข้าวหอมมะลิในผลิตภัณฑ์ขนมอบยังมีข้อเสีย คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง และร่วนกว่าการใช้แป้งสาลีเพียงชนิดเดียว เนื่องจากกลูเตนในแป้งสาลีจะทำหน้าที่กักเก็บก๊าซในผลิตภัณฑ์ ช่วยให้เกิดลักษณะทางโครงสร้างของขนมที่ดี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ แซนแทนกัม ซึ่งมีรายงานจากงานวิจัย (Kim *et al*., 2012) ว่ามีความเหมาะสมในการใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมอบ เนื่องจากคุณสมบัติของแซนแทนกัมที่ทนต่อแรงเฉือนและความร้อนในระหว่างกระบวนการอบ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาผลของชนิดเนยสดสวนดุสิต ได้แก่ สูตร AA และสูตร AAA ซึ่งมีปริมาณน้ำมันปาล์มที่แตกต่างกันต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และปริมาณอะมิโลสของแป้งข้าวหอมมะลิ ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของงานวิจัย
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ เมื่อใช้เนยสดที่มีสูตรต่างกัน และใช้ปริมาณแซนแทนกัมแตกต่างกัน
3. เพื่อศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ ซึ่งใช้เนยสดต่างชนิดกัน และปริมาณแซนแทนกัมที่แตกต่างกัน
4. เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้

5. เพื่อศึกษาคุณภาพของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้ และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม)

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาผลของเนยสดสวนดุสิต 2 สูตร ได้แก่ สูตร AA และ AAA และผลของปริมาณแซนแทนกัมที่มีต่อคุณภาพด้านเคมีกายภาพ ของผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ ศึกษาความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ใช้เนยสวนดุสิต 2 สูตรและปริมาณแซนแทนกัมที่แตกต่างกัน ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิ และศึกษาคุณภาพของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้และเค้กเนยสดจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณอะมิโลสของแป้งข้าวหอมมะลิซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของงานวิจัย
2. ทราบถึงผลการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ใช้เนยต่างชนิดกัน และมีปริมาณแซนแทนกัมที่แตกต่างกัน
3. ทราบถึงความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ใช้เนยต่างชนิดกัน และมีปริมาณแซนแทนกัมที่แตกต่างกัน
4. ทราบถึงผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้
5. ทราบถึงคุณภาพของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้ และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม)

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากกลูเตน (Gluten free products)

อาหารปลอดโปรตีนกลูเตน (Gluten-free products) มีสัดส่วนของยอดจำหน่ายสูงสุดถึงร้อยละ 51 ซึ่งในส่วนนี้ประกอบด้วยอาหารสำหรับเด็กเกินกว่าครึ่งและเติบโตขึ้นร้อยละ 3 ขณะที่สินค้าปลอดกลูเตนอื่นๆ ก็ขยายตัวได้ถึงร้อยละ 16 เช่น พาสต้าปลอดกลูเตนทีสามารถเพิ่มยอดจำหน่ายได้ร้อยละ 8 ทั้งนี้ เนื่องจากผู้ประกอบการค้าปลีกรายใหญ่ได้มีการขยายสินค้าใหม่ๆ โดยในปัจจุบันนี้คาดว่ามีกลุ่มผู้บริโภคชาวสเปนที่มีอาการแพ้โปรตีนกลูเตนประมาณ 300,000 คน แต่จากจำนวนนี้มีเพียงแค่ร้อยละ 8 ทีเคยผ่านการวินิจฉัยโรค ทั้งนี้ตัวเลขทางสถิติของกระทรวงสาธารณสุขแสดงไว้ว่ามีประชากรของกลุ่มนี้เพียง 132,000 คน

การบริโภคอาหารที่ไม่มีกลูเตนมีคุณประโยชน์หลายประการ เช่น บรรเทาอาการภูมิแพ้ที่ผิวหนัง ปวดข้อ ปัญหาจากระบบย่อยอาหาร ใจสั่น ลืมง่าย การมอง รวมถึงปัญหาเรื่องน้ำหนัก เมื่อขจัดธัญญาหารที่มีกลูเตนเป็นองค์ประกอบอย่าง เช่น ข้าวสาลี ข้าวบาเลย์ นอกจากมื้ออาหาร ควรรับประทานธัญพืชอื่น ๆ เช่น Quinoa และ Amaranth ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูง ชาวเขาแอนดีนใช้บริโภคเพิ่มพลังงานและความกระฉับกระเฉง

กลูเตน (Gluten) เป็นไกลโคโปรตีนที่พบในส่วนที่เป็นเอนโดสเปอร์ของธัญพืช(Cereal grain) บางชนิด เช่น ข้าวสาลี (Wheat) ข้าวบาร์เลย์ และข้าวโพดเกิดจากการรวมตัวของโปรตีน กลูเตนและไกลอะดิน (Gliadin) ในสัดส่วนเท่า ๆ กัน โดยสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bond) ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ไม่ละลายในน้ำ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

1. กลูเตนในอาหาร

โดยทั่วไปกลูเตนสกัดได้จากการนำแป้งข้าวสาลี (Wheat flour) มาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้เกิดโด (Dough) แล้วนำโดที่ได้มาล้างด้วยน้ำ มีส่วนประกอบหลักเป็น โปรตีนในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่กลูเตนสามารถเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นโดยยีสต์หรือผงฟูเอาไว้ได้ ทำให้รักษารูปทรงของผลิตภัณฑ์ เช่น ขนมปัง โดนัท ขนมเค้ก กลูเตนนิยมใช้เป็นส่วนประกอบแทนที่เนื้อสัตว์ในอาหารเจ (Vegan) และอาหารมังสวิรัติ

2. ผลของคุณภาพน้ำต่อความแข็งแรงของกลูเตน

ความกระด้างของน้ำ (Water hardness) มีความสำคัญกับความแข็งแรงของกลูเตนซึ่งมีผลกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์น้ำอ่อนไม่เหมาะสำหรับทำขนมปัง เพราะทำให้กลูเตน ไม่แข็งแรง ทำให้แป้งโดที่ผสมเสร็จแล้วเหนียวและแฉะติดมือ กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ยีสต์ผลิตระหว่างการหมักไม่ได้ ขนมปังจะมีปริมาตรน้อย แบนราบ แต่ถ้าจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำอ่อนในการทำขนมปัง ควรจะเพิ่มเกลือในสูตรประมาณ 2-5 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจจะเพิ่มยีสต์ให้มากขึ้น เพื่อให้ยีสต์ผลิตก๊าซได้ตามปกติและกลูเตนจะเก็บก๊าซได้ดีระหว่างหมัก ทำให้แป้งที่

ผสมแล้วมีลักษณะนุ่มพอดี ไม่เหนียวติดมือหรือแข็งกระด้าง แต่การใช้น้ำกระด้างมากในการผลิตขนมปัง ทำให้ไม่เหมาะกับการเจริญของยีสต์ กลูเตนจับตัวกันแน่น การขึ้นฟูของปริมาตรโดน้อยลง ขนมปังแข็ง

3. การแพ้กลูเตน

ผู้ที่แพ้กลูเตนหรือเป็นโรค Coeliac Disease. ลำไส้เล็กจะไม่สามารถดูดซึมวิตามิน หรือสารอาหารที่จำเป็นสำหรับร่างกายเข้าไปได้ ผลที่ตามมาก็คือ จะก่อให้เกิดโรคต่างๆ ตามมาได้ เช่น การเจริญเติบโตช้าในเด็ก เป็นผื่นคัน ประจำเดือนมาไม่ตรงเวลา ปวดกล้ามเนื้อและข้อต่อ เลือดกำเดา อ่อนแรง มีอาการชาตามมือ แขน เท้า ถ่ายเหลวเป็นน้ำ บางคนถ่ายเป็นมูกมัน แน่นท้องและมีลมในท้องมาก คลื่นไส้อาเจียน ปากเป็นแผล บางคนน้ำหนักลด

วิธีการป้องกันมีอยู่วิธีเดียวคือ หากรู้ตัวว่าแพ้สารชนิดใด ต้องหลีกเฉลี่ยอาหารชนิดนั้นหรืออาหารที่มีส่วนประกอบของสารที่ทำให้เกิดอาการแพ้อย่างเด็ดขาด ในผู้ที่แพ้กลูเตนส่วนมากจะนิยมใช้วิธี Gluten Free Diet คือทานอาหารที่ไม่มีกลูเตน หรือมีในปริมาณน้อยที่ไม่ทำให้เกิดอันตราย ให้หลีกเลี่ยง และงดอาหารที่มีส่วนประกอบของกลูเตนข้าว

ข้าว

ข้าว (*Oryza sativa*) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีลำต้นเป็นปล้อง ซึ่งมีทั้งพันธุ์ชวาที่ปล้องกลวงและตัน ใบมีลักษณะยาวรี ปลายแหลม ดอกมีสีน้ำตาลและออกเป็นช่อ ดอกเป็นประเภทสมบูรณ์เพศเพราะมีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียในดอกเดียวกัน การผสมพันธุ์ส่วนใหญ่จึงเป็นการผสมกันในตัวเองโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยแมลง รากต้นข้าวเป็นรากฝอย และต้นข้าวแต่ละต้นอาจมีหน่อได้ตั้งแต่ 5-15 หน่อ ซึ่งหน่อแต่ละหน่อจะให้รวงข้าวหนึ่งรวงโดยในแต่ละรวงจะมีเมล็ดตั้งแต่ 100-200 เมล็ด ข้าวที่โตเต็มที่จะสูงตั้งแต่ 1-2 เมตร

1. ข้าวหอมมะลิ

ข้าวถือเป็นอาหารหลักของคนไทย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นแหล่งพลังงาน นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยธาตุเหล็ก และวิตามินต่างๆ ข้าวที่นิยมบริโภคมีอยู่ 2 สายพันธุ์ด้วยกัน คือ *Oryza glaberrima* เป็นสายพันธุ์ที่ปลูกได้เฉพาะในเขตร้อนของแอฟริกาเท่านั้น และสายพันธุ์ *Oryza sativa* เป็นสายพันธุ์ที่ปลูกได้ทั่วไป รวมถึงประเทศไทยด้วย

ในข้าวพบว่าอัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทินที่แตกต่างกันในข้าวจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้าวทำให้จุดประสงค์ในการนำข้าวไปใช้ประโยชน์ต่างกัน โดยได้มีการจำแนกข้าวที่ผ่านการขัดสีตามปริมาณของอะมิโลสที่วิเคราะห์ด้วยวิธีการเกิดสีกับไอโอดีน (Juliano, 1985) ดังนี้

1) ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำมาก (Waxy) พบว่ามีปริมาณอะมิโลสที่เป็นองค์ประกอบเท่ากับร้อยละ 0-2 นิยมนำไปใช้ในการทำขนมหวานและน้ำสลัด นอกจากนี้ยังใช้เป็นอาหารหลักของ

ประเทศลาวและทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งเตรียมโดยการนำมาแช่น้ำและนึ่ง

2) ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ พบว่า มีปริมาณอะมิโลสเป็นองค์ประกอบเท่ากับร้อยละ 9-20 ของน้ำหนักแห้ง นิยมนำมาใช้ในอาหารเด็ก อาหารเช้า และขนมปังที่ใช้เชื้อยีสต์เพื่อทำให้ขึ้นฟู

3) ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสปานกลาง พบว่ามีปริมาณอะมิโลสเป็นองค์ประกอบเท่ากับร้อยละ 20-25 ของน้ำหนักแห้ง ในประเทศฟิลิปปินส์จะนำไปใช้ในการทำเค้กที่จะต้องมีการหมัก (ferment rice cake) และซุปกระป๋อง

4) ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูง พบว่ามีปริมาณอะมิโลสเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 25 ของน้ำหนักแห้ง ใช้ในการทำก๋วยเตี๋ยว

ข้าวหอมมะลิ (Hom-mali rice หรือ Jasmine rice) เป็นข้าวเจ้าประเภทข้าวปริมาณอะมิโลสต่ำ (Low amyloserice group) (กัมปนาท มุขดี, 2533) และมีคุณภาพดีเป็นที่นิยมของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากลักษณะเฉพาะตัวของข้าวหอมมะลิ ได้แก่ เมล็ดข้าวใส ยาวเรียว มีกลิ่นหอม รสชาติอร่อย ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกนุ่ม คุณลักษณะเหล่านี้ทำให้ข้าวหอมมะลิได้รับความนิยมจากลูกค้าทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ส่งผลให้มีมูลค่าสูงกว่าข้าวประเภทอื่น ๆ ความหอม รสชาติอร่อย พันธุ์ข้าวหอมมะลิที่นิยมปลูกทั่วไปมี 2 พันธุ์ได้แก่

1) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปลูกได้เฉพาะนาปี เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง ต้นสูง มีลักษณะพิเศษ คือ เมล็ดข้าวใส ยาวเรียว และมีกลิ่นหอม เป็นที่นิยมบริโภคทั่วไป นอกจากนี้มีคุณสมบัติเด่นอีก ได้แก่ ทนดินเปรี้ยว และทนดินเค็ม พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เหมาะที่จะปลูกในนาดอนมากกว่านาลุ่ม

2) ข้าวพันธุ์ กข 15 เป็นข้าวที่ได้จากการนำเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาอาบรังสีแกมม่า ลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์นี้ได้แก่ ทนแล้งได้ดีกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อหุงแล้วจะมีกลิ่นหอม

ในปัจจุบันข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้าที่มีคุณภาพดี เนื่องจากเมื่อหุงแล้วเนื้อข้าวจะบาน อ่อนนุ่ม และมีกลิ่นหอมที่เกิดจากสาร 2-Acetyl-1-Pyrolin ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของข้าวไทยพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เนื่องจากพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำประมาณร้อยละ 10-20 ดังนั้นการนำมาพัฒนาเป็นแป้งข้าวหอมมะลิจะได้แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ จัดเป็นแป้งที่ค่อนข้างนุ่ม มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี มีความสามารถในการบานและพองตัวเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกับแป้งสาลีแต่มีโครงสร้างโปรตีนของแป้งทั้งสองต่างกัน โดยโปรตีนในแป้งข้าวหอมมะลิไม่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ การยืดหยุ่น และไม่เกิดโครงร่างตาข่ายจึงไม่สามารถกักเก็บก๊าซได้ โปรตีนที่มีในแป้งสาลีที่เรียกว่ากลูเตนมีคุณสมบัติช่วยให้เกิดความยืดหยุ่น และสามารถกักเก็บอากาศได้ดี

2. แป้งข้าวสาลี

ข้าวสาลี มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Triticum spp.* ข้าวสาลีที่นิยมปลูก ได้แก่ สายพันธุ์ *T. aestivum* ซึ่งมีปลูกอยู่ทั่วไป คิดเป็นร้อยละ 92 ของผลผลิตทั้งหมด (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) เป็นสายพันธุ์ที่ใช้ผลิตแป้งเพื่อทำขนมปัง สายพันธุ์ *T. durum* เป็นข้าวสาลีที่มีเนื้อในเมล็ดสีเหลือง เมล็ดแข็ง เป็นสายพันธุ์ที่ใช้ผลิตแป้งเพื่อทำมักกะโรนี และสายพันธุ์ *T. compactum* เป็นข้าวสาลีสายพันธุ์ที่มีเนื้อในเมล็ดสีขาว อ่อนนุ่ม เป็นสายพันธุ์ที่ใช้ผลิตแป้งเพื่อทำเค้ก (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550) แป้งสาลีสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น ใช้เป็นสารประกอบในอุตสาหกรรมยา เครื่องสำอาง และในอุตสาหกรรมอาหารมีการนำแป้งสาลีมาใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติการเป็นเจลที่อุณหภูมิเย็น โดยใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น เค้ก เป็นต้น

ข้าวสาลี เป็นข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าธัญพืชชนิดอื่น ๆ โดยมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 12 เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวและข้าวโพด ซึ่งมีโปรตีนประมาณร้อยละ 9 และ 11 ตามลำดับ (ละม้ายมาศ ชาวไชยมหา, 2544)

แป้งสาลีเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เนื่องจากมีโปรตีน 2 ชนิด ได้แก่ ไกลอะดิน (Gliadin) และกลูเตนิน (Glutenin) ในสัดส่วนที่เหมาะสม เมื่อนำแป้งสาลีผสมกับน้ำจะเกิดการรวมตัวกันของน้ำและโปรตีนทั้งสองชนิด เกิดเป็นโปรตีนที่เรียกว่า “กลูเตน” มีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้ดี ซึ่งกลูเตนนี้จะเกิดเป็นโครงร่างของผลิตภัณฑ์เมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ

กระบวนการผลิตแป้ง

กระบวนการแปรรูปข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร จะได้ผลพลอยได้จากการแปรรูปคือ ข้าวหัก ปลายข้าว รำข้าว และแกลบ

ข้าวหัก คือ ส่วนของข้าวที่หักซึ่งคัดแยกได้จากเครื่องคัดขนาด มีขนาดของส่วนข้าว 2.5-4.9 ส่วนจาก 10 ส่วน และปลายข้าวคือ ส่วนของเมล็ดข้าวที่เล็กกว่า 2.5 ส่วน ผลพลอยได้ทั้ง 2 ชนิดนี้นิยมนำไปเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปด้วยการบดให้เป็นแป้งข้าว แล้วจึงนำแป้งข้าวไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

การผลิตแป้งข้าวนั้นมี 3 วิธี แสดงดังภาพที่ 2.1 ได้แก่ การโม่เปียก การโม่ผสม และการโม่แห้ง

1. การโม่เปียก

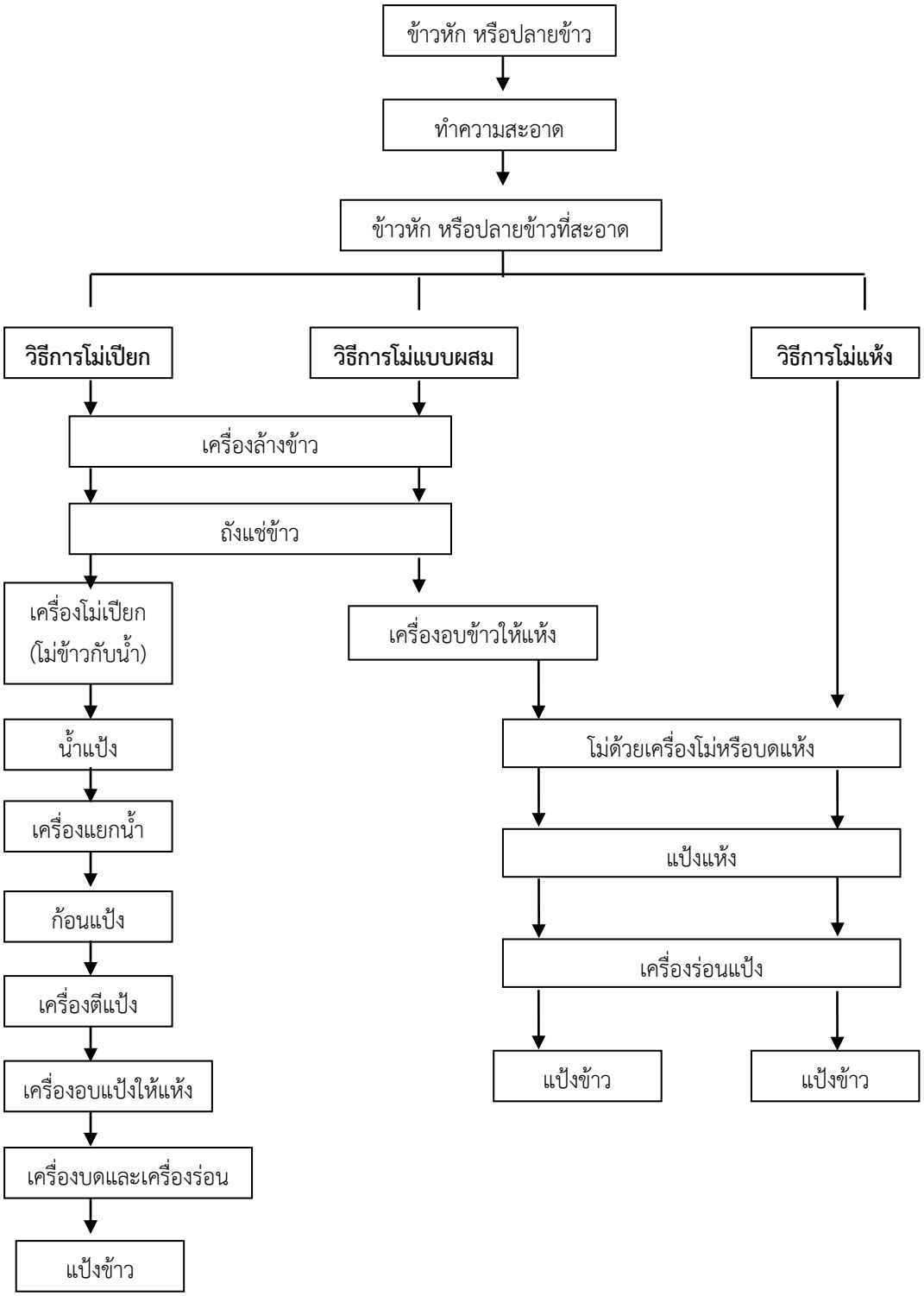
เป็นวิธีการที่ใช้ในการผลิตแป้งข้าวเป็นส่วนใหญ่ เริ่มจากการล้างทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งเจือปน แช่ข้าวหักจนนิ่ม ทำการโม่ด้วยเครื่องโม่แบบหินจาน โม่ข้าวหักพร้อมกับน้ำในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้ได้แป้งที่ละเอียดและสม่ำเสมอ จากนั้นผ่านน้ำแป้งเข้าเครื่องแยกน้ำออกจากแป้ง จะได้ก้อนแป้งที่มีความชื้นประมาณร้อยละ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

2. การโม่แบบผสม

การโม่แบบผสมมีขั้นตอนคล้ายกับการโม่เปียก เริ่มจากการล้างข้าว และแช่ข้าวจนนิ่ม นำข้าวหักขึ้นจากน้ำแช่ ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำข้าวไปอบแห้ง (ความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 15-17) นำข้าวหักไปบดหรือโม่แห้ง นำไปร่อนเพื่อให้ได้แป้งที่มีขนาด 180 ไมโครเมตร (งามชื่น คงเสรี, 2539)

3. การโม่แห้ง

นำข้าวหักที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดแบบแห้งแล้ว เข้าสู่เครื่องบดแห้งเป็นแป้งผง ร่อนผ่านเครื่องร่อนเพื่อให้ได้แป้งที่มีขนาด 180 เมช



ภาพที่ 2.1 กรรมวิธีการผลิตแป้ง 3 วิธี
ที่มา: งามชื่น คงเสรี (2539)

เค้ก

เค้ก (Cake) เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่ง ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อละเอียดและเบา ความสัมพันธ์โดยทั่วๆ ไปของส่วนผสมเหล่านี้ จะต้องนำมาทำให้มีความสมดุลต่างกันไปตามชนิดของเค้กที่จะทำ คุณภาพของเค้กขึ้นอยู่กับการใช้ส่วนผสมหรือวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มีวิธีการผสมที่ถูกต้อง มีอุณหภูมิของการผสม ระยะเวลาที่อบ และอุณหภูมิที่ใช้อบที่ถูกต้อง สำหรับส่วนผสมที่ใช้ในการทำเค้กนั้น แบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ พวกที่ทำให้เกิดโครงสร้างของเค้กได้แก่ แป้ง ไข่ และเนย ส่วนพวกที่ทำให้เค้กมีความนุ่มได้แก่ น้ำตาล ไขมัน และผงฟู (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

เค้กมีหลายประเภทและมีคุณสมบัติต่างกัน แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1. เค้กที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลัก เป็นเค้กที่มีปริมาณไขมันสูง การขึ้นฟูของเค้กเกิดจากการตีเนยที่เอาอากาศเข้าไป อนุภาคของไขมันจะกักอากาศไว้แล้วขยายตัวระหว่างการอบ เค้กประเภทนี้ได้แก่ เค้กเนย เค้กผลไม้ เค้กช็อกโกแลต

2. เค้กที่มีไข่เป็นส่วนผสมหลัก การขึ้นฟูขึ้นอยู่กับการจับอากาศของไข่ในระหว่างการตีไข่ทำให้เค้กขยายตัวในระหว่างการอบ การทำเค้กประเภทนี้ ควรทำด้วยความระมัดระวัง เพราะฟองที่เกิดจากการตีไข่อ่อนตัว เมื่อใส่แป้งลงไปในส่วนผสมควรตะล่อมอย่างเบามือและอย่าคนนาน เค้กประเภทนี้ ได้แก่ แยมโรล ทอฟฟี่เค้ก

3. เค้กที่ทำการแยกไข่แดงและไข่ขาวออกจากกัน เรียกว่า ชิฟฟอนเค้ก เป็นเค้กที่มีลักษณะระหว่างเค้กเนยและเค้กไข่ โดยมีโครงสร้างละเอียดเหมือนเค้กไข่ และมีเนื้อเค้กที่มันเงาเหมือนเค้กเนย แต่ต่างแตกกันเนื่องจากจะใช้น้ำมันพืชแทนเนย ทำให้มีลักษณะเนื้อเบาและนุ่มมากขึ้น

วัตถุดิบสำคัญในการผลิตเค้กเนยสด

1. เนยขาว (Shortenning)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเฉพาะไขมันหรือน้ำมันเท่านั้น โดยมีปริมาณไขมันและหรือน้ำมันร้อยละ 100 เนยขาวบางชนิดอาจมีน้ำไม่เกินร้อยละ 0.2 แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ Plastic shortening, Superglycerinated shortening และ Pumpable shorteningเนยขาวมีหน้าที่จับและกักเ ก็บอากาศ เมื่อตีส่วนผสมเค้กหรือครีมกับน้ำตาล ทำให้เค้กมีโครงสร้างโปร่งเป็นรู และทำเพิ่มปริมาตรของครีมหรือเค้กส่วนขนมอบอื่นๆเนยขาวจะแทรกอยู่ในเนื้อแป้ง โดยไปกีดขวางการรวมตัวของเนื้อแป้ง ทำให้เนื้อแป้งที่แน่นแยกตัวออก ทำให้ขนมอบมีความนุ่มไม่แข็งกระด้าง การผลิตเนยขาวเริ่มจากการผสมไขมันเข้าด้วยกันในแท้งค์และหลอมไขมัน จากนั้นอุณหภูมิ 46-49 องศาเซลเซียส อาจมีการเติมออกซิเจนและไนโตรเจนในขั้นตอนนี้

จากนั้นนำเนยขาวเข้าเครื่องถ่ายเทความร้อน ทำให้อุณหภูมิของเนยขาวลดลงอย่างรวดเร็วถึง 15.5-18 องศาเซลเซียส และเข้าเครื่องตกผลึก ในขั้นตอนนี้ต้องมีการนวดด้วยเพื่อไม่ให้ผลึกเกาะตัวกันจากนั้นนำเนยขาวบรรจุภาชนะต่อไป ในการผลิตเนยขาวจะมีการเติมน้ำมันปาล์มประมาณร้อยละ 15-20 เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการตกผลึกแบบเบต้าซึ่งเป็นผลึกแบบที่ต้องการ เนื่องจากจะทำให้เนยขาวมีลักษณะเนื้อเนียนเรียบและเมื่อนำไปผสมในขนมอบ จะทำให้ขนมอบนั้นมีลักษณะปรากฏที่ดี

2. แป้งสาลี

มีโปรตีนสองชนิดอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ กลูเตนิน และไกลอะดิน ซึ่งเมื่อนำแป้งสาลีมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งเรียกว่า กลูเตน มีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเตนนี้จะเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ทำให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์ขนมอบ คุณภาพของแป้งสาลีที่นำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ขนมอบแต่ละชนิดแตกต่างกัน แป้งที่ใช้ทำเค้กควรมีโปรตีนต่ำประมาณร้อยละ 7-9 ให้กลูเตนนุ่ม เมื่อผสมแล้วจะไม่ให้ความเหนียวและแข็งแก่เนื้อเค้ก แต่ก็ควรมีความคงตัวเป็นโครงร่าง ขึ้นฟู มีรูพรุนและเนื้อนิ่ม ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของแป้ง เพื่อให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี โดยใช้ปริมาณที่เหมาะสมถ้ามากหรือน้อยเกินไปก็จะมีผลต่อคุณภาพเค้ก (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

3. ไข่

ช่วยในการให้โครงร่าง สี กลิ่นรส และคุณค่าทางอาหารแก่ขนมอบและมีผลต่อการขึ้นฟูของเค้กแตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการเก็บฟองอากาศไว้ในโครงร่างของไข่แต่ละชนิด และเวลาที่ใช้ในการตีไข่นั้น ไข่ขาวจะมีผลต่อการขึ้นฟูให้ลักษณะฟองอากาศเล็กและอยู่ตัวดีกว่าไข่ทั้งฟองและไข่แดง เมื่อตีไข่ขาวจะเกิดฟองซึ่งประกอบด้วยฟองอากาศเล็ก ๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งแต่ละฟองจะล้อมรอบด้วยแผ่นโปรตีนจากไข่ การตีไข่ด้วยเครื่อง และการสัมผัสของแผ่นโปรตีนบางๆกับอากาศจะทำให้โปรตีนบางส่วนแข็งตัวและทำให้ฟองนั้นคงตัวในการอบ องอากาศจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน และแผ่นโปรตีนจะยืดหยุ่นเพียงพอที่จะยืดได้เมื่อส่วนผสมหรือไข่ขาวที่ตีแข็ง ได้รับอุณหภูมิสูงถึงจุดโปรตีนจะแข็งตัวอย่างทั่วถึง จะสูญเสียความยืดตัวและจะจับตัวเป็นโครงสร้างที่แข็งของผลิตภัณฑ์

4. นม

เป็นส่วนหนึ่งของโครงร่างของเค้ก เนื่องจากมีโปรตีนในองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังใช้แทนส่วนของน้ำในสูตรได้ เพราะมีน้ำมากถึงร้อยละ 87 ช่วยเสริมคุณค่าทางอาหารและกลิ่นรสแก่เค้กอีกด้วย นอกจากนี้ยังช่วยรวมส่วนผสมอื่น ๆ เข้าด้วยกัน ช่วยละลายน้ำตาลซึ่งเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ เมื่อรวมกับของเหลว ความชื้นของนมนั้นไม่ได้เป็นทั้งตัวทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งหรือนุ่มขึ้น แต่เมื่อรวมกับส่วนผสมอื่น ๆ แล้วอาจช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีทั้งความแข็งและความนุ่มทั้งสองอย่างได้

5. น้ำตาล

เป็นส่วนผสมสำคัญของเค้ก เพื่อให้ความนุ่ม ชุ่มฉ่ำ และให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยในการตีครีม และตีไข่ให้มีความคงตัว และขึ้นฟู ช่วยเก็บความชื้นและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มอยู่ได้นาน ทำให้เปลือกนอกของผลิตภัณฑ์มีสีที่ดี และเพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่ผลิตภัณฑ์

6. สารขึ้นฟู

ขนมอบที่พองฟูตัวขึ้น เนื่องจากสารที่ช่วยให้ขึ้นฟู 3 ชนิดหลัก คือ อากาศที่แทรกตัวอยู่ในส่วนผสมจากการตีหรือผสมส่วนผสมต่าง ๆ ให้เข้ากันเกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีใน

ส่วนผสม โดยการใส่ยีสต์หรือผงฟูลงไปทำให้เกิดปฏิกิริยาในขณะผสมได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แทรกตัวอยู่ และการขึ้นฟูเนื่องจากไอน้ำที่เกิดขึ้นในขณะอบ

7. แซนแทนกัม (Xanthan Gum)

แซนแทนกัมเป็นกัม (gum) ซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloids) ชนิดหนึ่งใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร(food additive) สามารถละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อนซึ่งจะได้เป็นสารละลายที่มีความข้นหนืดสูง แม้จะใช้ที่ความเข้มข้นต่ำโดยความหนืดที่ได้จะทนต่อการแช่แข็งและการละลายน้ำแข็ง เหมาะกับการผสมในซอส น้ำสลัด และอาหารประเภทต่าง ๆ ที่ต้องการให้มีความข้นหนืด แซนแทนกัมสกัดได้จากเมือก (slime) ที่สร้างโดยแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* ซึ่งมักพบในกะหล่ำปลี กระหล่ำดอก

กระบวนการผลิตเค้กเนยสด

การผสมเค้กเนยมีหลายวิธี ซึ่งวิธีที่ใช้จะมุ่งถึงหลักการเกิดเซลล์อากาศและเก็บไว้ในแป้งส่วนผสมให้มากที่สุดและนานที่สุดก่อนที่จะนำไปอบดังนั้นจะต้องมีการตีเนย หรือ ไขมันให้กระจายเป็นเนื้อเดียวกันกับแป้งผสม ซึ่งต้องกระทำอย่างรวดเร็วและไม่ให้มีการสูญเสียเซลล์อากาศได้เนื่องจากจะทำให้ปริมาตรเค้กต่ำ เนื้อเค้กแข็งและแฉะตรงกลางได้ในที่สุด

วิธีการที่ใช้กันมากในเค้กเนย คือ วิธีตีครีม ซึ่งให้ปริมาตรเค้กดี และวิธีคนผสมจะให้เค้กมีเนื้อนุ่มกว่า หน้าที่ของไขมันในส่วนผสมของเค้ก คือ ช่วยกักเก็บอากาศในขณะที่ตีส่วนผสม ทำให้ขึ้นฟู ช่วยในการแทรกตัวระหว่างโปรตีนและสตาร์ช ทำให้เนื้อเค้กเนียน ซึ่งมีผลต่อความนุ่มของเนื้อเค้ก และถ้าไขมันที่ใช้มีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ก็จะช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นของเหลวเข้ากับส่วนผสมอื่นได้ดีจึงทำให้เนื้อเค้กมีความชุ่มฉ่ำและอ่อนนุ่มตัวดีเนื่องจากมีฟองอากาศในเนื้อเค้กขนาดเล็กและสม่ำเสมอ

ลักษณะฟองอากาศและการขึ้นฟูของส่วนผสมมีผลต่อความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของส่วนผสม โดยถ้าใช้ไขมันเหลวจะทำให้ส่วนผสมมีความถ่วงจำเพาะปานกลาง (0.750-0.775) แต่ถ้าใช้ไขมันแข็ง เช่น เนยขาว จะมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.800-0.850 ซึ่งความเหมาะสมของค่าความถ่วงจำเพาะ ของเค้กนั้น จะแตกต่างกันตามประเภทของเค้ก ซึ่งความถ่วงจำเพาะจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาตรความนุ่มของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัสและรูปร่างของเค้กด้วย โดยถ้าความถ่วงจำเพาะต่ำแสดงว่าส่วนผสมเบา ให้ปริมาตรมาก เค้กจะนุ่มและเนื้อสัมผัสนิ่ม รูปร่างพองฟูและยุบง่าย

ชนิดของไขมันที่ใช้ในส่วนผสมเค้ก คือ เนยสด เพราะให้กลิ่นรสดี แต่ให้ลักษณะของเนื้อเค้กไม่ดีเท่าเนยขาวหรือมาร์การีนโดยเฉพาะเนยขาวชนิดพิเศษ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟ-เออร์ด้วยจะช่วยเก็บอากาศและให้เนื้อเค้กนุ่มกว่า ดังนั้นการผลิตเค้กในปัจจุบันจึงใช้เนยขาวร่วมกับเนยสดหรือร่วมกับมาร์การีนมากกว่าที่จะใช้เพียงเนยสดอย่างเดียว

ปัญหาที่พบบ่อยของเค้กเนย คือ เค้กไม่ฟู เนยเหลว เค้กหน้ายุบ เค้กหดตัวจากพิมพ์มากเกินไป และเค้กหน้าแตก ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับเค้กเนย

ลักษณะ	สาเหตุ
เค้กหน้าแตก	1. น้ำตาลในสูตรน้อยเกินไป 2. ของเหลวในสูตรน้อยเกินไป 3. คนส่วนผสมนานเกินไป 4. ใส่ส่วนผสมมากเกินไป 5. อุณหภูมิที่ใช้ในการอบสูงเกินไป
เค้กหน้ายุบ	1. ใส่สารช่วยขึ้นฟูมากเกินไป 2. ตีส่วนผสมจนฟูมากเกินไป 3. ของเหลวในสูตรมากเกินไป 4. อบเค้กไม่สุก 5. เคลื่อนย้ายเค้กขณะเค้กไม่อยู่ตัว
เค้กเนื้อแน่น ปริมาตรเล็ก	1. ผงฟูในสูตรน้อยเกินไป 2. ตีเนยกับน้ำตาลน้อยเกินไป 3. ตีแป้งนานเกินไป
เค้กหดตัว	1. อุณหภูมิที่ใช้ในการอบต่ำเกินไป 2. ใช้เวลาอบนานเกินไป 3. นำเค้กออกในขณะที่พิมพ์ร้อน

ที่มา : จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล (2546)

เนยสด

1. องค์ประกอบของเนยสด

ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของเนยเหลว (butter) มาการีน (margarine) และสเปรด (spreads) สามารถแบ่งตามปริมาณไขมันได้เป็น 4 ระดับ คือ เต็มไขมัน (Full fat) ลดไขมัน (Reduced fat) ไขมันต่ำ (Low fat) และ ไขมันต่ำมาก (Very low fat) (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 การแบ่งชนิดของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของเนยเหลว มาการีน และสเปรด

Fat content (%)	Description
72-80	Full fat
50-60	Reduced fat
39-41	Low fat
< 30	Very low fat

ที่มา : Varnam and Sutherland (1994)

สำหรับเนยเหลวซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากนมนั้น กำหนดให้มีปริมาณไขมันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก และความชื้นไม่เกินร้อยละ 16 ส่วนมาการีนนั้นแตกต่างจากเนยเหลว กล่าวคือ ในส่วนที่เป็นไขมันจะใช้ไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ เช่น ไขมันจากสัตว์ และน้ำมันจากพืช มาการีนจึงมีเป็นผลิตภัณฑ์ที่ราคาต่ำกว่าและสามารถใช้ทดแทนเนยเหลวได้ ส่วนในผลิตภัณฑ์สเปรดมีปริมาณไขมันแตกต่างกันไป ตั้งแต่ร้อยละ 20–78 โดยอาจผลิตจากไขมันนม หรือไขมันชนิดอื่น หรือผสมกันระหว่างไขมันนมและไขมันชนิดอื่น ในปริมาณไขมันนม ตั้งแต่ร้อยละ 15–85 ของไขมันทั้งหมด

2. ประเภทของเนย

เนยเหลว (Butter) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนที่เป็นไขมันนม ประกอบด้วยไขมันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80, MSNF ไม่เกินร้อยละ 2 และความชื้น ไม่เกินร้อยละ 16 ส่วนถ้าเติมเกลือต้องมีโซเดียมคลอไรด์ไม่เกินร้อยละ 4 และอาจเติมสีหรือวิตามินด้วย เนยเหลวแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1) เนยเหลวชนิดสด (fresh butter or sweet butter) เป็นเนยเหลวที่ผลิตจาก fresh cream หรือ sweet cream ซึ่งเป็นครีมที่ไม่มีการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ จึงไม่มีกลิ่นหอม 2) เนยเหลวชนิดหมัก (cultured butter) เป็นเนยเหลวที่ผลิตจากครีมที่ผ่านการหมักหรือมีการเติมส่วนผสมที่ได้จากการหมักซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ดังต่อไปนี้ (1) Ripened cream หรือ sour cream คือครีมที่ผ่านการหมักด้วยแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (lactic acid bacteria) จนมีปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.45-0.6 และมีกลิ่นหอมจาก acetylmethyl carbinol และ diacetyl (2) Neutralized sour cream คือครีมที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์แล้วถูกทำให้เป็นกลางโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (milk of lime) ร่วมกับแม็กนีเซียมออกไซด์หรือแม็กนีเซียมไฮดรอกไซด์ แต่อาจเกิดกลิ่นหืนที่เรียกว่า tallow flavor ได้ถ้าครีมมีความเป็นด่างมากเกินไป (3) Fresh cream คือครีมที่ไม่ได้ผ่านการหมัก แต่มีการเติม concentrate ที่มีสารให้กลิ่นรสและกรดแล็กติก ซึ่ง concentrate นี้ได้จากการนำ dairy ingredients ไปผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์ (culturing) แล้วนำไปผ่านการ ultrafiltration เพื่อให้เข้มข้นขึ้น เรียกว่าวิธีของ Netherlands Dairy Research Institute (NIZO)

3. ลักษณะของเนยเหลว

3.1 สี (Color) และลักษณะปรากฏ (Appearance)

เนยเหลวมีสีเหลืองทอง (golden) หรือสีเหลืองอ่อน (creamy yellow) จาก β - Carotene ซึ่งเป็นรงควัตถุในน้ำนม มีลักษณะเนียน (smooth) ผิวค่อนข้างด้าน (matt) และไม่มันเยิ้ม (greasy) จนเกินไป ซึ่งแตกต่างจากมาการีนซึ่งจะมีลักษณะเป็นเงา (shine) และมันเยิ้ม สมบัตินี้ขึ้นอยู่กับรูปผลึกของไขมัน ขนาดของหยดน้ำ (moisture droplets) และการดูดกลืนแสงหรือสะท้อนแสงที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์

3.2 กลิ่นรส (Flavor)

กลิ่นรสของเนยเหลว ทั้งที่มาจาก sweet cream และ sour cream มาจากองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่

(1) ไขมันนม ได้แก่ short chain fatty acid รวมทั้งพวก lactones, ketones ต่าง ๆ ที่เกิดจากปฏิกิริยาความร้อน หรือ mild oxidation ของไขมันนม

(2) Phospholipids จาก milk fat globule membrane

(3) จากเชื้อ bacterial culture ในการหมักครีม ซึ่งจะได้สารพวก lactic acid และ diacetyl

3.3 เนื้อสัมผัส (Texture) และความรู้สึกเมื่อรับประทาน (Mouthfeel)

เนยเหลวเป็นส่วนผสม (matrix) ของผลึกไขมัน (fat crystal) ซึ่งเป็นของแข็งกับไขมันเหลว (liquid fat) ดังนั้นลักษณะ เนื้อสัมผัสและความรู้สึกเมื่อรับประทานจึงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างผลึกไขมันและไขมันเหลว รวมทั้งขนาดของผลึกไขมันด้วย ถ้าผลึกไขมันมีขนาดใหญ่มากกว่า 20 นาโนเมตร จะทำให้เนยเหลวเกิดลักษณะเนื้อหยาบ (gritty) ได้

3.4 การกระจายตัวของเนย (Spreadability)

เนยเหลวที่ดีควรสามารถทาได้ (spread) ที่ 12–15 องศาเซลเซียส แต่ไม่เป็นมันเยิ้ม (greasy) หรือเป็นของเหลวที่ 20-25 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณและขนาดของผลึกไขมัน

3.5 การเก็บรักษา

เนยเหลวควรสามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นเวลานาน ซึ่งองค์ประกอบที่มีส่วนในสมบัติข้อนี้คือ เกลือที่ละลายอยู่ใน aqueous phase ของเนยเหลวจะช่วยยับยั้งการเจริญของ จุลินทรีย์ได้

4. กระบวนการผลิต

4.1 กระบวนการผลิตเนยเหลว

กระบวนการผลิตเนยเหลว (Butter-making Process) มี 2 วิธี คือ

1) กระบวนการผลิตเนยเหลวแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch churning หรือ Conventional process)

2) กระบวนการผลิตเนยเหลวแบบต่อเนื่อง (Continuous process)

4.2 กระบวนการผลิตเนยเหลวแบบไม่ต่อเนื่อง

ในกระบวนการผลิตเนยเหลวแบบไม่ต่อเนื่องและแบบต่อเนื่องนั้นจะมีขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในช่วงแรกไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ การปั่นแยกครีมออกจากน้ำนม แล้วจึงนำครีมที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 30 – 40 ไปผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า เพื่อทำลายเอนไซม์และจุลินทรีย์ โดยกรณีเนยเหลวชนิดหมักจะนำไปผ่านการหมักหรือเติมผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักก่อนการปั่นแยกเนย การผลิตเนยเหลวแบบไม่ต่อเนื่อง (รูปที่ 5.1) จะใช้เครื่องปั่นแยกเนยที่เรียกว่า Churner ซึ่งอาศัยหลักการการใช้ฟองอากาศช่วย ขั้นตอนการผลิตเนยเหลวแบบไม่ต่อเนื่องเริ่มจากใส่ครีมลงในเครื่องประมาณร้อยละ 40 – 50 ของความจุเครื่อง แล้วเปิดเครื่องให้ใบพัดของเครื่องหมุนด้วยความเร็วประมาณ 20- 100 รอบต่อนาที นาน 30 นาที ใบพัดจะตีครีมผสมกับอากาศจนเกิดฟอง ทำให้เม็ดไขมันในน้ำนมแตกออก แล้วไขมันเนยแยกตัวออกมารวมตัวกันและมีลักษณะเป็นก้อน (grains) เรียกว่า เม็ดเนย (butter granule) ต่อจากนั้นจึงแยกหางเนยเหลว (buttermilk) ซึ่งเป็นส่วนของเหลวที่ประกอบด้วย solid non fat (SNF) และน้ำ ออก แล้วล้างเม็ดเนยที่ได้ด้วย น้ำเย็นเพื่อกำจัดส่วนของหางเนยเหลว เนื่องจากอาจทำให้เกิดกลิ่นไม่ดี และรสเปรี้ยวได้ หลังจากนั้นเป็นการนวด (working) เพื่อกำจัดความชื้นออกจนเหลือเพียงร้อยละ 16 ทั้งนี้สำหรับเนยเหลวชนิดเค็มจะเติมเกลือก่อนการนวด แล้วจึงบรรจุและเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายต่อไป

4.3 กระบวนการผลิตเนยเหลวแบบต่อเนื่อง

กระบวนการผลิตเนยเหลวแบบต่อเนื่อง มี 3 วิธี คือ 1) Fritz process และ Senn process 2) Creamery Package and Cherry Burrell ของประเทศสหรัฐอเมริกา 3) Alfa-Laval, Alfa, New Way และ Meleshin ของประเทศสวีเดน เยอรมัน ออสเตรเลีย และสหพันธรัฐรัสเซีย ตามลำดับ

กระบวนการผลิตเนยเหลวแบบต่อเนื่อง มีขั้นตอนดังนี้ คือ

1) Concentration of the fat phase of milk

เป็นขั้นตอนการแยกครีม (Cream separation) จากน้ำนม โดยใช้อุณหภูมิในการแยกสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส คือ ที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ให้ได้ครีมที่มีไขมันประมาณร้อยละ 40 เพื่อลดการทำงานของเอนไซม์ไลเปส หลังจากนั้นให้ความร้อนเพื่อ Pasteurize โดยใช้ Plate heat exchanger (PHE) ในช่วงอุณหภูมิ 85-112 องศาเซลเซียส (ซึ่งที่นิยมคือ 85-95 องศา

เซลเซียส) เป็นเวลานาน 10-30 sec. เพื่อทำลาย pathogenic bacteria และลดจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งยับยั้งการทำงานของ enzyme lipase แล้วทำให้เย็นลง (cooling)

2) Crystallization of the fat phase

เนื่องจาก milk fat ประกอบด้วย triglyceride ชนิดต่าง ๆ หลายพันชนิด (ซึ่งมาจาก fatty acid มากกว่า 450 ชนิด) จึงมีค่าการหลอมเหลวตั้งแต่ -40 ถึง +40 องศาเซลเซียส โดยสามารถแบ่ง triglyceride ตามค่าการหลอมเหลวได้เป็น 3 กลุ่ม

ขั้นตอนการ Ageing หรือ Ripening มีผลต่อ fat phase ในด้าน
(1) อัตราส่วนระหว่างไขมันแข็งและไขมันเหลว (ratio of solid to liquid fat)
(2) รูปร่างและขนาดของผลึกไขมัน (shape and size of the fat crystals)

การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (rapid cooling) จะทำให้เกิด nuclei ขึ้น โดยการเกิด nucleation นี้จะสมบูรณ์ใน 30-60 นาที ที่ 5-10 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเมื่อใช้อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ไขมันซึ่งเดิมอยู่ในรูป polymorphism จะเกิดเป็นผลึกไขมัน (fat crystallization) เริ่มจากรูป β'-form เปลี่ยนอย่างช้า ๆ ไปเป็น β'หรือ β'-form ซึ่งมีความเสถียรมากกว่ารูป β'-form ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของ triglyceride และส่วนใหญ่มักอยู่ในรูป β'-form โดยรูป β'-form จะไม่มี grittiness

การทำ fat crystallization ต้องการผลึกขนาดเล็กจำนวนมาก เพื่อให้ได้ consistency ตามต้องการ การตกผลึกเร็วจะได้ผลึกผสมที่ไม่บริสุทธิ์ (impure) ของ Middle Melting Glycerides (MMG) และ High Melting Glycerides (HMG) ซึ่งจะทำให้มีอัตราส่วนของ solid fat สูง ซึ่งจะดีสำหรับ soft butterfat แต่จะไม่ดีสำหรับ hard butterfat

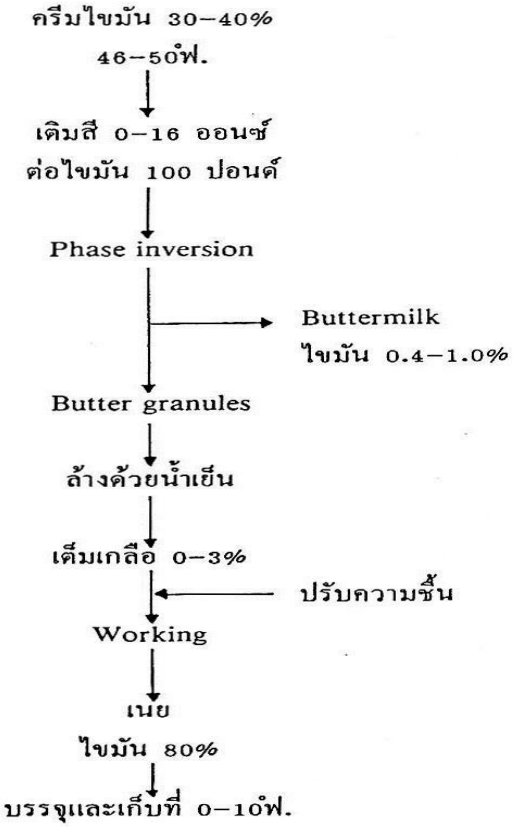
นอกจากนี้การปรับปรุง spreadability และ consistency ของเนยเหลวที่เป็น hard butterfat โดยใช้วิธี cream tempering ของ Alnarp treatment หรือ cold-warm-cold (CWC) ซึ่งทำได้โดยเพิ่มอุณหภูมิของครีมจากที่อุณหภูมิ 6-8 องศาเซลเซียส ทำให้อุ่นขึ้นที่ 14-21 องศาเซลเซียส แล้วทำให้เย็นลงอีกครั้งที่ 8-13 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อุณหภูมิที่เลือกใช้ในแต่ละช่วงขึ้นกับองค์ประกอบของ milk fat triglyceride หลักการของวิธีการนี้จะเป็นการทำให้ผลึกไขมัน (solid fat) บางส่วนเกิดการหลอมละลาย (melt) โดยยังคงผสมอยู่กับผลึกไขมัน ทำให้ได้อัตราส่วนของ liquid fat มากขึ้น ต่อจากนั้นในช่วงที่ทำให้เย็นอีกครั้งจะทำให้เกิดผลึกของไขมันชนิด HMG มากขึ้น

ในกรณีที่ผลิต cultured butter ซึ่งเป็นที่นิยมในยุโรป มากกว่าในประเทศสหรัฐอเมริกา สามารถเตรียมได้โดยนำครีมมาเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (starter) ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ผสม (mixed culture) ของ *Streptococcus lactis, Strep. cremoris, Strep. diacetylactis* และ

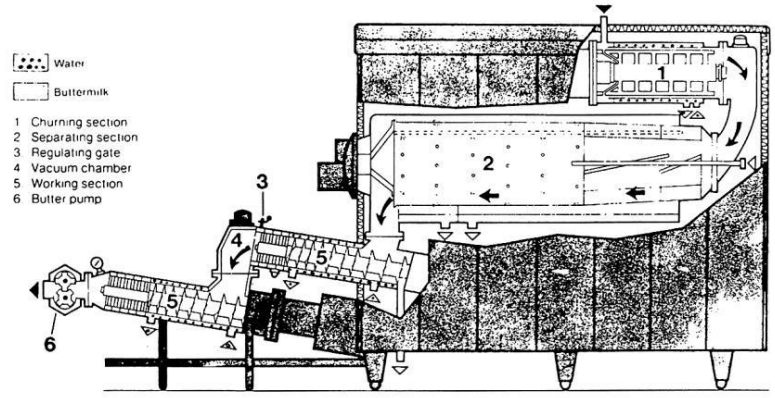
Leuconostoc cremoris ซึ่งจะให้ lactic acid, diacetyl และสารที่ให้กลิ่นรสต่าง ๆ กับเนยเหลว หลังจากเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์แล้วจะค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างช้า ๆ จนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญคือที่ 20 องศาเซลเซียส แล้วจึงบ่ม (incubated) ต่อไป จนได้ pH ต่ำกว่า 5.2 ซึ่งอาจต่ำถึง 4.6 ต่อจากนั้นจึงทำให้ครีมเย็นลงที่ 10 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า (3-7องศาเซลเซียส) เพื่อหยุดการเจริญของ starter และทำให้เกิดผลึกไขมัน ครีมที่ใช้มักจะใช้ครีมที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่า sweet cream เพื่อเป็นการชดเชยกับความหนืดของครีมที่เพิ่มขึ้น

3) Phase separation of the oil in water emulsion

เป็นการทำให้ไขมันตกผลึกอย่างสมบูรณ์ในภาวะที่เหมาะสม โดยต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ pH และปริมาณไขมัน ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ความหนืดและการตกผลึกของไขมัน (fat crystallization) อุณหภูมิของครีม ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 5-7 องศาเซลเซียส การ Churning เป็นการรบกวนระบบ oil in water emulsion ซึ่งเป็นการทำให้ เยื่อหุ้มเม็ดไขมัน (milk fat globule membrane, MFGM) แตกออก และทำให้ไขมันนมแยกออกมา (phase separation) แล้วรวมกันเป็นก้อนหรือเม็ดเนย (butter granule) โดยยังคงมีความชื้นเหลืออยู่ในส่วนของเม็ดเนยประมาณร้อยละ 20-25 ส่วนน้ำที่ถูกแยกออกมาเรียกว่า buttermilk กลไกของการ churning มี 3 ขั้นตอน คือ aeration, foam formation และ collapse โดยเวลาที่ใช้ในการ churning แบบ batch churns (ภาพที่ 2.2) จะใช้เวลาประมาณ 25-45 นาที แต่แบบ continuous butter-maker (ภาพที่ 2.3) จะใช้เวลาน้อยกว่ามาก



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการผลิตเนยเหลวแบบไม่ต่อเนื่อง (Conventional process)
ที่มา: วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลศักดิ์ กาวิละ (2531)



ภาพที่ 2.3 เครื่องผลิตเนยเหลวแบบต่อเนื่อง (continuous butter maker)
ที่มา: วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลศักดิ์ กาวิละ (2531)

4) Formation of a plasticized water in oil emulsion การ working หรือ plasticizing เป็นการนวด (kneading) ให้เม็ดเนยมารวมกัน และเป็นการบีบ (squeezing) เอา buttermilk ออกให้มากที่สุด โดยตามมาตรฐานของเนยเหลวต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 16 ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงต้องการให้เหลือความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 14 ขั้นตอนการนวดที่เรียกว่า working เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย augers และ perforated plates โดยใช้ twin augers เป็นตัวดันให้เนยเหลวผ่านแผ่น perforated plate เพื่อให้ได้หยดน้ำใน oil emulsion ที่สม่ำเสมอ โดยในส่วนของ aqueous phase จะประกอบด้วยน้ำและในส่วน fat phase จะประกอบด้วย intact fat globules, fat globules fragments และผลึกไขมันกระจายตัวอยู่ในไขมันเหลว ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ต้องมีการควบคุมอย่างดี เนื่องจากอาจเกิดความผิดปกติได้ดังนี้

- Course crumbly consistency butter เนื่องจาก underworking ซึ่งจะทำให้มี moisture droplets ขนาดใหญ่เกินไป
- Soft cream butter เนื่องจาก overworking ซึ่งจะทำให้มี moisture droplets ขนาดใหญ่เกินไป
- Leaky texture เนื่องจากมีอากาศมากเกินไป
- Mealy & crumbly texture เนื่องจากมีความชื้นน้อยเกินไปทำให้มีลักษณะร่วน ไม่เกาะกัน ขณะออกจากเครื่องและในระหว่างการบรรจุ เนยเหลวควรมีอุณหภูมิไม่เกิน 15 องศาเซลเซียส แล้วนำไปพักไว้ในห้องเย็นเพื่อให้เกิดผลึกไขมันและมีการจัดเรียงโครงสร้างของผลึกไขมันอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวดี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผาณิต รุจิรพิสิฐ (2553) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้น้ำมันมะพร้าวต่อคุณภาพของเค้กชนิดส่วนผสมข้น เค้กชนิดส่วนผสมข้นเป็นเค้กที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลัก ซึ่งไขมันที่ใช้โดยทั่วไปมักจะเป็นไขมันที่มีไขมันชนิดทรานส์อยู่สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวในรูปครีมมะพร้าว เนยขาว และมาการีน และเปรียบเทียบผลของการนำไปผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้น โดยศึกษาทางกายภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัสของเค้ก วิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid (TBA) number และทางด้านจุลินทรีย์ของเค้ก ผลการทดลองพบว่า น้ำมันมะพร้าวและเนยขาวเป็นไขมันที่บริสุทธ์ ในขณะที่ครีมมะพร้าว และมาการีนมีองค์ประกอบอื่นอยู่ด้วย และเมื่อนำไปผลิตเค้ก พบว่า เค้กที่ใช้น้ำมันมะพร้าว จะมีเนื้อเค้กที่แน่นกว่า โดยปริมาตรของเค้ก และการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบชิมน้อยกว่าเค้กที่ใช้ครีมมะพร้าว เนยขาว และมาการีน โดยเค้กที่ผลิตจากครีมมะพร้าวมีลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับเค้กที่ใช้เนยขาวและมาการีน แต่ค่า TBA Number และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเค้กที่ใช้น้ำมันมะพร้าวมีค่าต่ำที่สุด โดยเค้กที่ใช้ครีมมะพร้าวมีค่า TBA Number สูงกว่าเค้กที่ใช้ไขมันชนิดอื่นแต่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ค่อนข้างต่ำกว่าเค้กที่ใช้เนยขาวและมาการีน และมีปริมาณใกล้เคียงกับเค้กที่ใช้น้ำมันมะพร้าว

พรวีนัส ปั้นหยา (2544) ศึกษาการใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลี ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมปัง มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับปลายข้าวหอมมะลิ เป็นการลดปริมาณการนำเข้าข้าวสาลีจากต่างประเทศ จากการพัฒนาสูตรโดยการศึกษาปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิที่สามารถทดแทนแป้งสาลีในการทำขนมปังได้ ซึ่งทดแทนได้ร้อยละ 30 พบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิเพิ่มขึ้นขนมปังจะมีปริมาตรลดลง และมีค่าความแข็งของเนื้อในเพิ่มขึ้น จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ในระดับปลานกลาง

อุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์ (2552) ได้ทำการศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้แป้งสีนิลทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50-100 ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของบัตเตอร์เค้ก ผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวสีนิลจะทำให้ส่วนผสมเค้กมีค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นค่าร้อยละความคงตัวของอิมัลชันลดลง ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาตรและความชื้นลดลง แต่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) จากการวิเคราะห์เค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis) ด้วยเครื่อง Texture analyzer พบว่าบัตเตอร์เค้กที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50-80 มีค่าความแน่นเนื้อ ความเหนียวคล้ายยาง และความยากในการเคี้ยวต่ำกว่าสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลีล้วน แต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนเป็นร้อยละ 90-100 บัตเตอร์เค้กที่ได้จะมีค่าดังกล่าวใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 100 คน พบว่า เค้กเนยแป้งข้าวสีนิลที่ทุกระดับการทดแทนมีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อ สัมผัส และความชอบโดยรวมน้อยกว่าสูตรควบคุม ($p < 0.05$) โดยระดับการทดแทนสูงสุดที่ผลิตภัณฑ์ยังคงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคคือร้อยละ 70

อุศมา สุนทรนฤรังสี (2545) ศึกษาการนำแป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บัททอร์เค้กเพื่อลดการใช้แป้งสาลีที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลี 3 ระดับคือร้อยละ 80, 90 และ 100 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด นำมาทดสอบเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน พบว่า สามารถใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีได้ร้อยละ 100 โดยมีผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและค่าทางด้านเนื้อสัมผัสทางด้านความแน่นเนื้อ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดสอบผู้บริโภค พบว่าความชอบที่มีต่อบัทเทอร์เค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ อยู่ที่ชอบปานกลาง และยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 94

Nashita *et al.* (1979) ทดลองผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าโดยใช้สารยึดเกาะ (Binding agent) เข้ามาช่วยให้เกิดโครงร่างของขนมปังและช่วยให้เกิดการขึ้นฟู สารยึดเกาะที่ใช้ได้แก่ ไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลส (Hydroxypropyl methyl cellulose, Methocel, HPMC) โลคัส บีน กัม (Locust bean gum) คาราจีแนน (Carrageenan) แซนแทนกัม (Xanthan gum) พบว่า HPMC เท่านั้นที่ให้ผลดี ส่วนสารยึดเกาะตัวอื่นทำให้ปริมาตรขนมปังต่ำ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

1. ปลายข้าวและข้าวหัก จากข้าวหอมมะลิ (ประเทศไทย)
2. เนยสำหรับสูตรควบคุม (ออร์คิด, บริษัท อุตสาหกรรมนมไทย จำกัด)
3. แป้งสาลีสำหรับทำเค้ก (ตราพัดโบก, บริษัท ยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน)
4. ไข่ไก่สดเบอร์ 2 (ตราซีพี, บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด มหาชน)
5. เนยสด (ศูนย์ปฏิบัติการเนย มหาวิทยาลัยสวนดุสิต)
6. น้ำตาลปน (ตราลิน, บริษัทน้ำตาลไทยรุ่งเรือง)
7. เกลือป่น (ตราปรุงทิพย์, บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด)
8. ผงฟู (ตราเบสท์ฟู้ดส์, บริษัท ยูนิลีเวอร์เบสท์ฟูดส์ ประเทศไทย จำกัด)
9. นมข้นจืด (คาร์เนชั่น, บริษัท เอฟแอนด์เอ็น แดรี่ส์ ประเทศไทย จำกัด)
10. แซนแทนกัม (Xanthan Gum) dominin chemmet co., Ltd
11. กลิ่นวนิลา

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับผลิตแป้งข้าวหอมมะลิ

1.1 เครื่องโม่แป้ง
1.2 ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer No.2/ Prodigy Italiana Milano, Germany)
1.3 ตะแกรงร่อนขนาด 180 เมช (Sieve)
1.4 อุปกรณ์เครื่องครัว

2. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับผลิตเค้กเนยสด

2.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance 240-A/Precisa, Switzerland)
2.2 เครื่องตีผสม (Kitchen Aid stand mixer, USA)
2.3 เตาอบไฟฟ้า (Electric Oven)
2.4 นาฬิกาจับเวลา
2.5 ถาดขนาดใหญ่
2.6 พิมพ์ขนมเค้กขนาด 9 x 19 x 7.5 เซนติเมตร
2.7 อ่างผสมขนาดกลาง
2.8 อ่างผสมขนาดเล็ก
2.9 พายยาง

2.10 ถ้วยตวง
2.11 ช้อนตวง
2.12 ถ้วยตวงของเหลว
2.13 ตะแกรงพักขนม
2.14 มีดสไลด์เค้ก
2.15 ตะแกรงร่อนแป้ง
2.16 แปรงทาเนย

3. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ด้านกายภาพ

3.1 เครื่องวัดค่าสี (Portable color difference meter/Model-HP-2131/china)
3.2 เครื่องวัดความชื้น (Water activity รุ่น Sprint novasina, Switzerland)
3.3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT2 Texture Analyzer

4. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ด้านเคมี

4.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance 240-A/ Precisa, Switzerland)
4.2 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Buchi 412, Switzerland)
4.3 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (Soxtec 2050 Auto extraction unit, Switzerland)
4.4 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (Furnace 6000 Thermoyne, USA)
4.5 ชุดวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร (Fibertec system M2, Switzerland)
4.6 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)
4.7 เครื่อง Spectrophotometer (Shimadzu รุ่น UV-1601/Australia)
4.8 โถดูดความชื้น (Desiccator)
4.9 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven รุ่น Memmert 400, Germany)

5. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์

5.1 จานเลี้ยงเชื้อ (Plate)
5.2 ปิเปต (Pipette)
5.3 เครื่องตีปั่นอาหาร (Stomacher: AES Laboratoire / France)
5.4 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator / MEMMERT BE 500 / Japan)
5.5 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave/HICLVETM/ Japan)
5.6 หลอดทดลอง (Tube)
5.7 กระบอกตวง (Cylinder)
5.8 เครื่องตีปั่นผสมอาหาร (stomacher)

6. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ด้านประสาทสัมผัส

6.1 ชุดทดสอบ

6.2 แบบสอบถาม

สารเคมี และอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์โปรตีน

1.1 กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc.H_2SO_4)

1.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 40

1.3 สารละลายบอริกความเข้มข้นร้อยละ 4

1.4 Catalyst (ตัวเร่งปฏิกิริยา) ประกอบด้วยโปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) ความเข้มข้นร้อยละ98 และคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) ความเข้มข้นร้อยละ 2

1.5 สารละลายอินดิเคเตอร์ เมธิลเรด

1.6 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

2. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ไขมัน

2.1 ปิโตรเลียมอีเทอร์ Petroleum ether

3. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์อะไมโลส

3.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3.2 กรดแอซิติก (glacial acetic acid)

3.3 เอทิลแอลกอฮอล์

3.4 ไอโอดีน (I_2)

3.5 โพแทสซียมไอโอไดด์ (KI)

4. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์

4.1 สารผสมระหว่างกรดอะซิติกและคลอโรฟอร์ม (Acetic Acid – Chloroform solution (480ml Acetic Acid and 320 ml Chloroform)

4.2 โพแทสเซียมไอโอได (Saturated Potassium Iodide solution. Storein the dark)

4.3 โซเดียมไทโอซัลเฟต 0.002 นอร์มอล (Sodium thiosulfatesolution, 0.002 N Commercially available)

4.4 น้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 1 (1% Starch solution. Commercially available)

4.5 น้ำกลั่น (Distilled or deionized water)

5. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ Thiobarbituric acid (TBA)

5.1 กรดไทโอบาร์บิทูริก (Thiobarbituric Acid)

5.2 บิวทานอล (Butanol)

6. สารเคมีที่ใช้สำหรับสกัดน้ำมัน

6.1 คลอโรฟอร์ม (Chloroform analytical) (Scharlau)

6.2 เมทานอล (Methanol)

7. อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

7.1 Plate Count Agar (PCA)

8. อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์ยีสต์ และรา

8.1 Potato Dextrose Agar (PDA)

วิธีการทดลอง

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณอะมิโลสของแป้งข้าวหอมมะลิ

นำปลายข้าวและข้าวหักของข้าวหอมมะลิมาบดละเอียดโดยใช้เครื่องโม่ จากนั้นนำมาอบไล่ความชื้นด้วยเตาอบความร้อน ร่อนผ่านตะแกรง และบรรจุในถุงพลาสติก ตามภาพที่ 3.1 จากนั้นนำมาวิเคราะห์ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวหอมมะลิ

1) ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

2) ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

3) ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

4) ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

5) ปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2000)

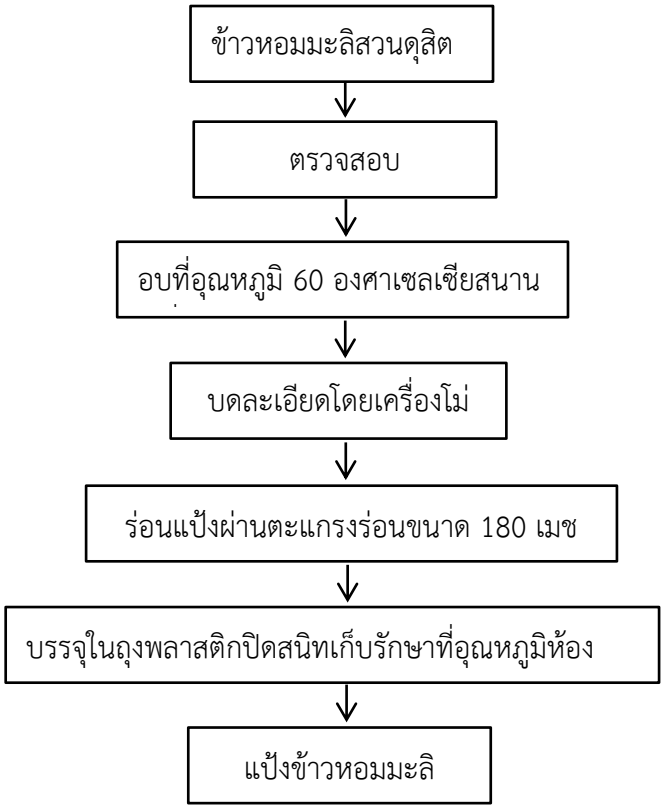
6) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

1.2 การศึกษาปริมาณอะมิโลสของแป้งข้าวหอมมะลิ

ทำตามวิธีการวัดสี (colorimetric assay) ของ Juliano (1971) การดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) โดยใช้อะไมโลสบริสุทธิ์ในการสร้างกราฟมาตราฐานเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูล 1.1-1.2 วิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ขั้นตอนการผลิตแป้งข้าวหอมมะลิ



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตแป้งข้าวหอมมะลิ

2. การศึกษาผลของชนิดเนยสดสวนดุสิตและปริมาณแซนแทนกัมต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ

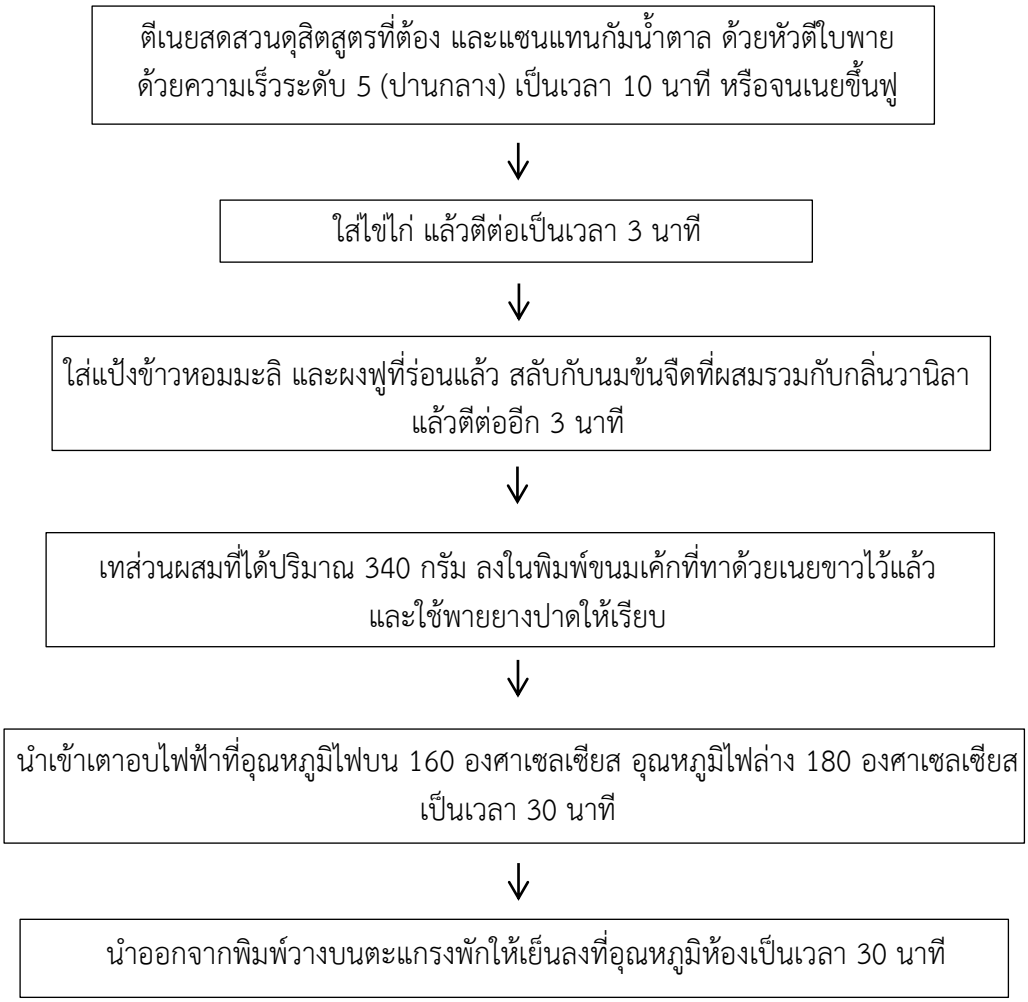
นำแป้งข้าวหอมมะลิที่เตรียมได้จากข้อ 1 มาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตเค้กเนยสดดังตารางที่ 3.1 จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้มาผลิตเค้กเนยสดตามกระบวนการผลิตดังภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของเค้กเนยสด

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม
แป้งข้าวหอมมะลิ	200 กรัม
น้ำตาลป่น	230 กรัม
เกลือป่น	1.6 กรัม
ไข่ไก่ เบอร์ 2	200 กรัม
เนยสดสวนดุสิต สูตร AA หรือ AAA	200 กรัม
ผงฟู	6.6 กรัม
นมข้นจืด	80 กรัม
กลิ่นวานิลา	1.6 กรัม
แซนแทนกัม	ร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 2 ของส่วนผสมทั้งหมด

ที่มา: ดัดแปลงจาก ธีรนุช ฉายศิริโชติ (2554)

<u>กระบวนวิธีการผลิตเค้กเนยสด</u>



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการผลิตเค้กเนยสดวิธีตีผสมแบบครีม
ที่มา : โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต (2553)

นำตัวอย่างเค้กเนยสดที่ผลิตได้มาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ

1) Peroxide Value (PV) ตามวิธีของ AOCS, 2006

2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ

1) ค่าสี (L, a, b) ด้วยเครื่องวัดค่าสี (Portable color difference meter/Model-HP-2131/china)

2) ค่าความแข็ง (hardness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TaXT2-Texture Analyzer

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อ 2.1-2.2 มาวางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial in CBD ปัจจัยที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่

1) ชนิดของเนยสด 2 ชนิด (AA และ AAA)

2) ปริมาณแซนแทนกัม 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0

งานวิจัยใช้ตัวอย่างควบคุม คือ เค้กเนยสดซึ่งผลิตจากเนยสดและแป้งสาลีที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

3. การศึกษาชนิดเนยสดและปริมาณแซนแทนกัมที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิ

นำวัตถุดิบดังตารางที่ 3.1 มาผลิตเค้กเนยสดตามกระบวนการผลิต ดังภาพที่ 3.2 จากนั้นนำเค้กเนยสดที่ได้มา ทดสอบความชอบของเค้กเนยสดที่ได้โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 point hedonic scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9=ชอบมากที่สุด) (Lawless & Heyman, 1998) จำนวนผู้ทดสอบ 50 คน

นำข้อมูลความชอบของผู้บริโภคมาวางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial in RCBD โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่

1) ชนิดของเนยสด 2 ชนิด (AA และ AAA)

2) ปริมาณแซนแทนกัม 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0

เพื่อคัดเลือกชนิดเนยสด และปริมาณแซนแทนกัมที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนยสดสวนดุสิต

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้

ผลิตเค้กเนยจากสูตรที่เหมาะสมจากข้อ 3 มาผลิตเค้กเนยสดตามขั้นตอนดังภาพที่ 3.2 นำไปทดสอบความชอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 Point Hedonic Scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9=ชอบมากที่สุด) และทดสอบการยอมรับด้วย binomial scale (ยอมรับ/ไม่ยอมรับ) โดยใช้แบบสอบถาม จำนวนผู้ทดสอบ 100 คน ใช้สถานที่ทดสอบในศูนย์กลางชุมชน (Central Location Test; CLT) ในบริเวณมหาวิทยาลัยสวนดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

5. การศึกษาคุณภาพของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้ และเค้กเนยที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม)

เตรียมตัวอย่างเค้กเนยจากสูตรที่เหมาะสมจากข้อ 3 มาผลิตเค้กเนยสดตามขั้นตอน ดังภาพที่ 3.2 และตัวอย่างเค้กเนยที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม) วิเคราะห์ค่าคุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

5.1 คุณภาพทางเคมี

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

5.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (AOAC, 2000)
2) การวิเคราะห์ยีสต์และรา (AOAC, 2000)

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการทางเคมีอาหาร ห้องฏิบัติการแปรรูปอาหารห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาทางอาหาร ห้องปฏิบัติการทางประสาทสัมผัส หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ถนนสิรินธร

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณอะมิโลสของแป้งข้าวหอมมะลิ

1. องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวหอมมะลิ

องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวหอมมะลิที่ได้จากกระบวนการโม่แบบแห้งซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเค้กเนยปราศจากกลูเตน มีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ดังนี้ ไขมันร้อยละ 1.24 ± 0.05 ความชื้นร้อยละ 8.78±0.05 เถ้าร้อยละ 0.48±0.05 ใยอาหารร้อยละ 0.81± 0.05 โปรตีนร้อยละ 1.03±0.05 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 87.66±0.05 แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวหอมมะลิ

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
ไขมัน	1.24 ± 0.05
ความชื้น	8.78 ± 0.05
เถ้า	0.48 ± 0.05
ใยอาหาร	0.81 ± 0.05
โปรตีน	1.03 ± 0.05
คาร์โบไฮเดรต	87.66 ± 0.05

2. ปริมาณอะมิโลสในแป้งข้าวหอมมะลิ

ศึกษาปริมาณอะมิโลสด้วยวิธีการวัดสี (Colorimetric assay) ของ Juliano (1971) ซึ่งวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แล้วนำมาสร้างกราฟมาตรฐานแล้วคำนวณสมการอะมิโลสโดยสามารถสร้างเป็นสมการ Y=0.0114 X มีค่าความเชื่อมั่นของสมการเท่ากับร้อยละ 99.97 พบว่าปริมาณอะมิโลสที่ได้มีค่าเท่ากับร้อยละ 9.18

ผลการศึกษาผลของชนิดเนยสดสวนดุสิตและปริมาณแซนแทนกัมต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ

1. ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ

ค่า peroxide value

ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value; PV) ของเค้กเนยที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ใช้เนยสวนดุสิต 2 ชนิด ได้แก่ เนยสูตร AA และ AAA และใช้แซนแทนกัม 4 ระดับ ได้แก่ แซนแทนกัมที่ร้อยละ 0 0.5 1.0 และ 2.0 พบว่าค่า PV ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บอกปริมาณออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมัน และไขมัน ถ้าค่า PV สูง แสดงถึงปริมาณไขมัน หรือน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันมีมาก มีผลทำให้เกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ได้มาก (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) ดังนั้นจากตารางที่ 4.2

เค้กเนยสดที่ใช้ปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 2.0 ทั้งที่ผลิตจากเนยสดสูตร AA และสูตร AAA จึงมีโอกาสที่จะเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาที่ชนิดของเนยที่ใช้ในการผลิตเค้ก พบว่าที่ระดับแซนแทนกัม ร้อยละ 0.5 และ 1.0 เค้กเนยที่ผลิตจากเนยสูตร AAA มีค่า PV สูงกว่าเค้กเนยที่ผลิตจากเนยสูตร AA ทั้งนี้เนื่องจากเนยสูตร AAA มีปริมาณไขมันนมซึ่งเป็นไขมันจากสัตว์สูงกว่าเนยสูตร AA จึงทำให้มีการเกิดออกซิเดชันได้ง่ายกว่า (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์เค้กเนยที่ใช้ชนิดของเนย และปริมาณแซนแทนกัมแตกต่างกัน

แซนแทนกัม (ร้อยละ)	เนยสูตรAA	เนยสูตรAAA
0 ^{ns}	0.37 ± 0.05^{C}	0.38 ± 0.05^{A}
0.5	0.53 ± 0.05^{bBC}	0.73 ± 0.05^{aBC}
1.0	0.67 ± 0.05^{bB}	1.23 ± 0.05^{aB}
2.0^{ns}	1.47 ± 0.05^{A}	1.43 ± 0.05^{A}

หมายเหตุ - ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
- ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่กำกับต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ

ค่าสี

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเค้กเนยที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ใช้เนยสวนดุสิต 2 ชนิด ได้แก่ เนยสูตร AA และ AAA และใช้แซนแทนกัม 4 ระดับ ได้แก่ แซนแทนกัมที่ร้อยละ 0 0.5 1.0 และ 2.0 พบว่าค่าสี L (ความสว่าง) อยู่ในระดับปานกลาง 48.35 – 54.43 โดยทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าสี a ของเค้กเนย พบว่า ค่าสี a ของเค้กเนยที่ใช้เนยสูตร AAA มีค่าสี a ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ในตัวอย่างเค้กเนยที่ใช้เนยสูตร AA มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ตัวอย่างเค้กเนยที่ใช้เนยสูตร AA และมีปริมาณแซนแทนกัมที่ร้อยละ 1.0 มีค่าสี a สูงที่สุด แสดงว่ามีสีไปในโทนสีแดงมากกว่าตัวอย่างอื่น ส่วนค่าสี b พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 16.86 – 19.03 แสดงว่าเค้กเนยอยู่ในโทนสีเหลืองอ่อน และค่าสี b ของทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เค้กเนยที่ใช้ชนิดของเนยและปริมาณแซนแทนกัมแตกต่างกัน

ค่าที่วิเคราะห์	ชนิดของเนยสด	ปริมาณแซนแทนกัม (ร้อยละ)			
		0	0.5	1.0	2.0
L	AA^{ns}	52.55 ± 2.34	50.70 ± 1.38	53.34 ± 3.17	54.43 ± 3.44
	AAA^{ns}	49.53 ± 4.48	48.35 ± 5.10	52.00 ± 5.03	51.43 ± 2.52
a	AA	1.83 ± 1.90^{aAB}	1.52 ± 6.47^{aAB}	2.74 ± 1.85^{aA}	0.80 ± 0.32^{aAB}
	AAA	0.51 ± 0.20^{bB}	0.40 ± 0.32^{bB}	0.40 ± 0.14^{aB}	0.40 ± 0.11^{aB}
b	AA^{ns}	17.14 ± 3.05	18.02 ± 1.43	16.86 ± 2.46	18.87 ± 0.47
	AAA^{ns}	18.22 ± 1.68	19.03 ± 0.55	18.31 ± 1.21	18.83 ± 0.12

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในคุณลักษณะเดียวกันตามแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่กำกับต่างกันตามแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าความแข็ง (hardness)

ผลการวิเคราะห์ค่า hardness ของเค้กเนยที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ใช้เนยสวนดุสิต 2 ชนิด ได้แก่ เนยสูตร AA และ AAA และใช้แซนแทนกัม 4 ระดับ ได้แก่ แซนแทนกัมที่ร้อยละ 0 0.5 1.0 และ 2.0 โดยมีการเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (เค้กเนยสดซึ่งผลิตจากเนยสดและแป้งสาลีที่วางจำหน่ายในท้องตลาด) ผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านชนิดของเนย พบว่า เค้กเนยซึ่งผลิตจากเนยสูตร AA มีค่า hardness สูงกว่าเค้กเนยที่ผลิตจากเนยสูตร AAA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเนยสูตร AA มีสัดส่วนของน้ำมันปาล์มที่เป็นไขมันพืชสูงกว่า ทำให้โครงสร้างของเค้กเนยที่ได้มีความคงตัวมากกว่า และเมื่อพิจารณาจากปัจจัยที่สอง คือ ปริมาณแซนแทนกัม พบว่า เค้กเนยจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ไม่ใช้แซนแทนกัมมีค่า hardness ต่ำที่สุด หรือมีความนุ่มมากที่สุดโดยมีความแตกต่างจากตัวอย่างที่ใช้แซนแทนกัมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากไม่มีแซนแทนกัมซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ช่วยสร้างพันธะภายในโครงสร้างของเค้กเนย จึงทำให้เนื้อสัมผัสของเค้กที่ได้มีความแข็งน้อยกว่าตัวอย่างอื่น (Phillips & Williams, 2000) และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับตัวอย่างเค้กเนยสูตรควบคุมพบว่าตัวอย่างเค้กเนยจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ใช้เนยสูตร AA และปริมาณแซนแทนกัมที่ระดับ 0.5 และ 1.0 มีค่า hardness ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด

ตารางที่ 4.4 ค่าความแข็งของเค้กเนยที่ใช้ชนิดของเนยและปริมาณแซนแทนกัมแตกต่างกัน

ปริมาณแซนแทนกัม (ร้อยละ)	ค่าความแข็ง (hardness) (กรัม)	
	เนยสูตร AA	เนยสูตร AAA
0^{ns}	196.47 ± 17.68^{C}	189.94 ± 11.26^{D}
0.5	227.26 ± 7.72^{aB}	205.69 ± 12.28^{bC}
1.0	227.53 ± 10.58^{aB}	299.32 ± 10.54^{bA}
2.0	568.01 ± 21.61^{aA}	287.16 ± 7.79^{bA}
เค้กเนยสดสูตรควบคุม	223.86 ± 4.34^{B}	223.86 ± 4.34^{B}

หมายเหตุ - ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่กำกับต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
- ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume)

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเค้กเนยที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ใช้เนยสวนดุสิต 2 ชนิด ได้แก่ เนยสูตร AA และ AAA และใช้แซนแทนกัม 4 ระดับ ได้แก่ แซนแทนกัมที่ร้อยละ 0 0.5 1.0 และ 2.0 เมื่อพิจารณาปัจจัยแรก คือ ชนิดของเนย พบว่าเค้กเนยที่ผลิตจากเนยสูตร AA มีปริมาตรจำเพาะสูงกว่าเค้กเนยที่ผลิตจากเนยสูตร AAA ขณะที่ปัจจัยที่สอง คือ ปริมาณแซนแทนกัมที่ใช้ พบว่าในเค้กเนยที่ใช้เนยสูตร AAA มีปริมาตรจำเพาะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ขณะที่เค้กเนยที่ใช้เนยสูตร AA และใช้ปริมาณแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0 และ 0.5 มีปริมาตรจำเพาะสูงกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาตรจำเพาะของผลิตภัณฑ์เค้กเนยที่ใช้ชนิดของเนย และปริมาณแซนแทนกัมแตกต่างกัน

ปริมาณแซนแทนกัม (ร้อยละ)	ปริมาตรจำเพาะ (g/ml)	
	เนยสูตร AA	เนยสูตร AAA^{ns}
0	3.26 ± 0.09 ^{aA}	2.75 ± 0.01 ^{b}
0.5	3.09 ± 0.01 ^{aAB}	2.92 ± 0.77 ^{b}
1.0	2.83 ± 0.54 ^{aB}	2.76 ± 0.37 ^{b}
2.0	3.10 ± 0.23 ^{bAB}	3.13 ± 0.07 ^{a}

หมายเหตุ - ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

- ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่กำกับต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการศึกษาชนิดเนยสดและปริมาณแซนแทนกัมที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิ

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการทดสอบความชอบ (9 point hedonic scale) มีระดับคะแนน 1 – 9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9 = ชอบมากที่สุด) ของเค้กเนยที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ใช้เนยสวนดุสิต 2 ชนิด ได้แก่ เนยสูตร AA และ AAA และใช้แซนแทนกัม 4 ระดับ ได้แก่ แซนแทนกัมที่ร้อยละ 0 0.5 1.0 และ 2.0 ผลวิเคราะห์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.6 เมื่อพิจารณาจากปัจจัยที่ศึกษาพบว่า ปัจจัยแรก คือ ชนิดของเนยสด ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเค้กเนยที่ผลิตจากเนยสูตร AA มากกว่าเค้กเนยที่ผลิตจากเนยสูตร AAA เนื่องจากเค้กเนยที่ผลิตจากเนยสูตร AAA ซึ่งมีสัดส่วนของไขมันนมสูงกว่าเนยสูตร AA ทำให้เนื้อสัมผัสของเค้กที่ได้ไม่คงตัวดีเท่ากับเค้กที่ผลิตจากเนยสูตร AA ในขณะที่ปัจจัยที่สอง คือ ปริมาณของแซนแทนกัม พบว่าปริมาณของแซนแทนกัมที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 0.5 โดยข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้บริโภค พบว่าปริมาณของแซนแทนกัมที่ใช้มากเกินไปมีผลทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าตัวอย่างเค้กเนยที่ใช้เนยสูตร AA และมีปริมาณแซนแทนกัม ที่ร้อยละ 0.5 มีคะแนนความชอบจากผู้บริโภคสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าทางด้านกายภาพ คือ ค่า hardness ทำให้ทราบว่าเมื่อปริมาณของแซนแทนกัมเพิ่มขึ้นจะทำให้เนื้อสัมผัสของเค้กเนยมีความแข็งมากขึ้น โดยที่เค้กเนยที่ผลิตจากเนยสูตร AA ที่มีปริมาณแซนแทนกัมที่ระดับ 0.5 และ 1.0 มีค่าความแข็งใกล้เคียงกับสูตรควบคมที่ผลิตจากแป้งสาลีมากที่สุด ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้เค้กเนยสูตรดังกล่าวเป็นสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาเค้กเนยปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวหอมมะลิต่อไป

ตารางที่ 4.6 ความชอบด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เค้กเนยที่ใช้ชนิดของเนยและปริมาณแซนแทนกัมแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ชนิดของเนยสด	ปริมาณแซนแทนกัม (ร้อยละ)			
		0	0.5	1.0	2.0
สี	AA	7.2 ± 1.0^{B}	7.5 ± 1.0^{aA}	6.7 ± 1.4^{aC}	6.5 ± 1.6^{C}
	AAA	7.0 ± 1.1^{AB}	6.8 ± 1.1^{bB}	7.2 ± 1.1^{bA}	6.4 ± 1.8^{C}
กลิ่น	AA	7.1 ± 1.3^{A}	7.1 ± 1.2^{aA}	6.6 ± 1.4^{B}	6.4 ± 1.7^{B}
	AAA	6.9 ± 1.3^{A}	6.9 ± 1.3^{A}	6.7 ± 1.3^{A}	6.3 ± 1.7^{B}
รสชาติ	AA	7.1 ± 1.4^{aA}	7.3 ± 1.2^{aA}	6.7 ± 1.4^{B}	6.6 ± 1.5^{B}
	AAA	6.4 ± 1.4^{bB}	6.5 ± 1.5^{bB}	6.9 ± 1.3^{A}	6.1 ± 1.9^{C}
ความนุ่ม	AA	7.0 ± 1.3^{aA}	7.3 ± 1.2^{aA}	6.5 ± 1.4^{B}	6.6 ± 1.6^{B}
	AAA	6.2 ± 1.4^{bB}	6.1 ± 1.6^{bB}	6.7 ± 1.3^{A}	6.3 ± 1.6^{B}
ความแน่นเนื้อ	AA	7.0 ± 1.2^{aB}	7.4 ± 1.2^{aA}	6.7 ± 1.4^{B}	6.7 ± 1.4^{B}
	AAA	6.1 ± 1.5^{bB}	6.0 ± 1.3^{bB}	6.6 ± 1.3^{A}	6.6 ± 1.5^{A}
ความชอบโดยรวม	AA	7.2 ± 1.4^{aA}	7.5 ± 1.2^{aA}	6.7 ± 1.3^{B}	6.5 ± 1.4^{B}
	AAA	6.6 ± 1.2^{bB}	6.5 ± 1.3^{bB}	6.9 ± 1.1^{A}	6.4 ± 1.6^{B}

หมายเหตุ - ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในคุณลักษณะเดียวกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่กำกับต่างกันตามแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้

ผลจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน โดยใช้แบบสอบถาม จำนวนผู้ทดสอบ 100 คน ใช้สถานที่ทดสอบในศูนย์กลางชุมชน (Central Location Test; CLT) ในบริเวณมหาวิทยาลัยสวนดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร พบว่าผู้บริโภคที่ทำการทดสอบแบ่งเป็นเพศชาย เท่ากับ ร้อยละ 57 และเพศหญิง เท่ากับ ร้อยละ 43 อายุของผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 21-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 48 รองลงมา ได้แก่ ช่วง 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 32 ระดับการศึกษาของผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 50 อาชีพของผู้บริโภคส่วนใหญ่ คือ นักเรียนและนักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 46 รายได้ของผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 10,001 – 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 39 ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์

ข้อมูลประชากร	ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ	
ชาย	57
หญิง	43
อายุ	
16-20 ปี	16
21-30 ปี	48
31-40 ปี	32
41-50 ปี	2
มากกว่า 50 ปี	2
ระดับการศึกษา	
ประถมศึกษา	6
มัธยมศึกษา/ปวช.	27
อนุปริญญาตรี/ปวส.	15
ปริญญาตรี	50
สูงกว่าปริญญาตรี	2
อาชีพ	
นักเรียน/นักศึกษา	46
พนักงานบริษัทเอกชน	17
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	4
ธุรกิจส่วนตัว	3
รับจ้าง	25
พ่อค้า-แม่ค้า	4
แม่บ้าน	1
รายได้ต่อเดือน	
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000	18
5,001-10,000	28
10,001-15,000	39
15,001-20,000	14
มากกว่า 20,000	1

1. ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้

ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้ และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (ตัวอย่างควบคุม) พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้มากกว่าเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของทุกคุณลักษณะอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (7.2 – 7.6) ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้ และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม)

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบเฉลี่ย สูตรแป้งข้าวหอมมะลิ	คะแนนความชอบเฉลี่ย สูตรแป้งข้าวสาลี (สูตรควบคุม)
สี	7.3 ± 0.8^{a}	6.9 ± 0.9^{b}
กลิ่น	7.2 ± 1.1^{a}	6.9 ± 0.9^{b}
รสชาติ	7.4 ± 0.8^{a}	6.8 ± 0.9^{b}
ความนุ่ม	7.5 ± 0.8^{a}	6.9 ± 0.9^{b}
ความแน่นเนื้อ	7.5 ± 1.1^{a}	6.8 ± 1.0^{b}
ความชอบโดยรวม	7.6 ± 0.9^{a}	7.1 ± 0.8^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้

ผลการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้แบบสอบถามด้วยวิธี binomial scale (ยอมรับ/ไม่ยอมรับ) จากการสอบถามผู้บริโภคจำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 97 ยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้ ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้

ผลการยอมรับของผู้บริโภค	ความถี่ (ร้อยละ)
ยอมรับ	97
ไม่ยอมรับ	3

ผลการศึกษาคุณภาพของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม)

1. คุณภาพทางเคมี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม) พบว่า ปริมาณความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรตของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิมีปริมาณมากกว่าเค้กเนยสดจากแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณไขมัน และโปรตีนมีทิศทางตรงกันข้าม คือมีปริมาณน้อยกว่าเค้กเนยสดจากแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 องค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้ และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม)

องค์ประกอบทางเคมี	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ (ร้อยละ)	
	สูตรแป้งข้าวหอมมะลิ	สูตรแป้งข้าวสาลี (สูตรควบคุม)
ความชื้น	23.16 ± 0.20 [a]	22.92 ± 0.13 [b]
ไขมัน	21.98 ± 3.01 [b]	22.31 ± 0.11 [a]
โปรตีน	1.54 ± 0.40 [b]	0.88 ± 0.38 [a]
เถ้า	0.89 ± 0.17 [a]	0.76 ± 1.20 [b]
ใยอาหาร[ns]	3.05 ± 0.59	3.10 ± 1.01
คาร์โบไฮเดรต	49.38 ± 0.50 [a]	47.54 ± 0.54 [b]

หมายเหตุ: - ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) และยีสต์และรา (Yeast & Mold) ตามวิธีการของ AOAC (2000) ของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้ และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม) ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราในผลิตภัณฑ์เค้กเนยทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.11 ซึ่งจากผลดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเค้ก (มผช.459/2549) ปริมาณยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัมพบว่าไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และไม่พบยีสต์และรา

ตารางที่ 4.11 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม)

การทดสอบ	เค้กเนยสด สูตรแป้งข้าวหอมมะลิ	เค้กเนยสด สูตรแป้งสาลี (สูตรควบคุม)
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด	<10	<10
ยีสต์และรา	<10	<10

หมายเหตุ <10 = ไม่พบโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ
<3 = ไม่พบเชื้อ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวหอมมะลิ ประกอบด้วย ไขมัน ความชื้น เถ้า ใยอาหาร โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตที่ร้อยละ 1.24 ± 0.05, 8.78 ± 0.05, 0.48 ± 0.05, 0.81 ± 0.05, 1.03 ± 0.05 และ 87.66 ± 0.05 ตามลำดับ และมีปริมาณอะมิโลสที่ร้อยละ 9.18

2. ผลการศึกษาผลของชนิดเนยสดสวนดุสิตและปริมาณแซนแทนกัมต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ พบว่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าเปอร์ออกไซด์ของเค้กที่ผลิตจากเนยสดสูตร AAA มีค่าสูงกว่าเค้กที่ผลิตจากเนยสดสูตร AA คุณภาพทางกายภาพด้านสี พบว่าเค้กเนยทุกสูตรมีค่าสีอยู่ในโทนสีเหลืองอ่อน และมีความสว่างปานกลาง ด้านความแข็ง (hardness) พบว่าเค้กเนยที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิซึ่งใช้เนยสดสูตร AA ปริมาณแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0 และ 0.5 มีค่าความแข็งใกล้เคียงเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม) มากที่สุด ค่าปริมาตรจำเพาะ (specific volume) ของเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิซึ่งใช้เนยสดสูตร AA ปริมาณแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.5 มีค่าปริมาตรจำเพาะสูงสุด

3. ผลการศึกษาชนิดเนยสดและปริมาณแซนแทนกัมที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิซึ่งใช้เนยสดสูตร AA และมีปริมาณแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.5 มากที่สุด

4. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของทุกคุณลักษณะ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และมีผู้บริโภคร้อยละ 97 ยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้

5. ผลการศึกษาคุณภาพของเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้และเค้กเนยสดที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม) พบว่าเค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ไขมัน และโปรตีนน้อยกว่าเค้กเนยสดจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม) และคุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเค้ก (มผช.459/2549)

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กเนยปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวหอมมะลิเป็นวัตถุดิบหลักทดแทนแป้งสาลี และได้ใช้แซนแทนกัมซึ่งเป็นไฮโดรคอลลอยด์ชนิดหนึ่งเป็นสารช่วยทำให้เกิดโครงสร้างในเค้กเนยทดแทนกลูเตน ในงานวิจัยได้ใช้เนยสวนดุสิตสูตร AA และสูตร AAA ซึ่งมีปริมาณของน้ำมันปาล์มที่แตกต่างกัน โดยที่สูตร AA มีปริมาณน้ำมันปาล์มสูงกว่า พบว่าจากการศึกษาด้านสมบัติทางเคมีกายภาพ และความชอบของผู้บริโภค เนยสูตร AA มีความเหมาะสมในการเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเค้กเนยมากกว่าเนยสูตร AAA อาจเนื่องมาจากมีความคงตัวของเนยดีกว่า ไม่ละลายเร็วเพราะมีส่วนผสมของไขมันพืชสูงกว่าทำให้โครงสร้างคงตัวดีกว่าเนยสูตร AAA ผู้บริโภคจึงชอบเค้กที่ผลิตจากเนยสูตร AA มากกว่า และการใช้ปริมาณแซนแทนกัม พบว่า การใช้ปริมาณแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.5 สามารถผลิตเค้กเนยที่ผู้บริโภคชอบมากกว่าสูตรอื่น เนื่องจากการ

ใส่แซนแทนกัมที่มากเกินไป ส่งผลกระทบด้านกลิ่นไม่พึงประสงค์แก่ผู้บริโภค จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 100 พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ (ร้อยละ 97) ยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กเนยปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางจนถึงชอบมาก

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ข้อมูลงานวิจัยทำให้ทราบถึงสูตรที่เหมาะสมของเค้กเนยสดปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิ และเนยสดสวนดุสิต

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การทำวิจัยในครั้งต่อไป ควรศึกษาถึงผลของส่วนผสมอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเค้กเนยสด หรืออาจทำการศึกษาในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อื่น เพื่อให้เป็นทางเลือกของผู้บริโภคที่แพ้กลูเตน นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติให้ความคงตัวแก่ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

กรมการข้าว. (2550). *ข้าวเหนียว: อนาคต การผลิต และการค้า.* กรุงเทพฯ: สำนักงานผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กัมปนาท มุขดี. (2533). *การวิจัยและพัฒนาข้าวในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี.* กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2550). *เทคโนโลยีของแป้ง.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

งามชื่น คงเสรี. (2539). คุณภาพข้าวและผลิตภัณฑ์. ใน *การสัมมนาทางวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี.* กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. (2546). *เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรนุช ฉายศิริโชติ. (2554). หลักการผลิตเบเกอรี่. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2545). *เคมีอาหาร.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2548). *วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ผาณิต รุจิรพิสิฐ. (2553). ผลของการใช้น้ำมันมะพร้าวต่อคุณภาพของเค้กชนิดส่วนผสมข้น. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย* 30(2), เม.ย.–มิ.ย.

พรวีนัส ปั้นหยา. (2544). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร.

โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต. (2553). *เอกสารประกอบการสอนหลักสูตรเค้กและคุกกี้.* กรุงเทพฯ : ศูนย์ฝึกปฏิบัติการอาหารนานาชาติ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ละม้ายมาศ ชาวไชยมหา. (2544). *ตำรับอาหารข้าวสาลีไทย.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์การศาสนา.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. (2531). นมและผลิตภัณฑ์นม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2555). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เค้ก มผช. 459/2555.* กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2547). *ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์. (2552). *การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลในผลิตภัณฑ์เค้ก.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.

อุศมา สุนทรนฤรังสี. (2545). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กจากข้าวหอมมะลิ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร.

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

AOAC. (2000). *Official Method of Analysis.* 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Arilington, Virginia.

AOAC. (2005). *Official Method of Analysis.* 18th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Arilington, Virginia.

AOAC. (2001). *Official Methods of Analysis of AOAC International,* 17th ed., 1st rev. Method 2001.10. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.

AOCS. (2006). *Official methods and recommended practices of American Oil Chemists, Society*. Official method Cd 8b-90 peroxide value acetic-isooctane method., Champaign, Illinois.

Juliano, B.O. (1971). A Simplified Assay for Milled-Rice Amylose. *Cereal Science Today.* 16, 334-338, 340, 360.

Juliano, B.O. (1985). *Rice: Chemistry and Technology 2nd ed.* Minnesota : The American Assocoation Cereal Chemist, Inc.

Kim, J. H., H. J. Lee, H. S. Lee, E. J. Lim, J. Y. Imm and H. J. Suh. (2012). Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa. LWT-Food Science and Technology* 47, 478-484.

Lawless, T. H. and Heyman, H. (1998). *Sensory Evaluation of Food - Principles and Practices.* New York: International Thomson Publishing.

Nishita, K.D. and Bean, M.M. (1979). Physicochemical properties of rice in relation to rice bread. *Cereal Chem.* 56, 185-189.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ภาคผนวก ก 1

1. การวิเคราะห์ค่าสี

1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

เครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab) ระบบสีของ C.I.E. Lab จะประกอบด้วยตัวแปรของสี 3 ตัว คือ L a b ซึ่งมีความหมายดังนี้

L คือ ค่าความแตกต่างของสี ซึ่งมีค่าจาก 0 คือ ดา ถึง 100 คือสีขาว

a คือ คือค่าที่บกบอกถึงความเป็นสีเขียว และสีแดงที่อยู่ในตัวอย่างโดยค่า a + แสดงถึงค่าความเป็นสีแดง ค่า a – แสดงถึงค่าความเป็นสีเขียว

b คือ ค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นสีเหลืองและสีน้าเงินที่อยู่ในตัวอย่าง โดยค่า b + แสดงถึงค่าความเป็นสีเหลือง ค่า b – แสดงถึงค่าความเป็นสีน้าเงิน

ภาพผนวก ก 1 เครื่องวัดสี Portable colorimeter Instruction Manual

1.2 วิธีการวิเคราะห์

1.2.1 เสียบปลั๊กที่ตัวเครื่อง

1.2.2 นาตัวอย่างใส่บีกเกอร์ใส

1.2.3 จับตัวเครื่องทาบกับบีกเกอร์แล้วกดปุ่ม “ดวงไฟ” จนกว่าไฟสีน้าเงินจะดับ

1.2.4 จะปรากฏตัวเลขขึ้น ถ้าค่าขึ้นไม่ตรงกับที่ต้องการ ปรับขึ้น-ลง จนได้ค่าตามต้องการ

1.2.5 เมื่อใช้เสร็จกดปุ่ม OFF

ภาคผนวก ก 2

2. การวิเคราะห์ด้านเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)

ภาพผนวก ก 2 เครื่องวิเคราะห์ด้านเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)

2.1 อุปกรณ์

2.1.1เครื่อง Texture analyzer รุ่น Stable Micro Systems TA-XT2i / England

2.1.2 ใบมีดคัดเตอร์

2.1.3 ไม้บรรทัด

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

โดยขนมที่ใช้วัดค่าจะต้องตัดให้มีขนาดเท่ากันทั้งสี่ด้านเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กำหนดตัวอย่าง 1.5×1.5×1.5เซนติเมตร (ความกว้าง×ความยาว×ความสูง) (ดัดแปลงจากสุมนาฉัตรจรัลชัยศรี, 2547)โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยเครื่อง Texture analyzer รุ่น Stable Micro Systems TA-XT2 โดยใช้หัววัด 100 mm. DIA CYLINDER STAINLESS (P/100S)

2.3. วิธีการทดลอง

นำตัวอย่างที่ตัดแล้วใส่แท่นวาง ตั้งค่าการวัด ดังนี้

MODE	:	T.P.A
PRE-TEST SPEED	:	2.0 MM./S
TEST SPEED	:	5.0 MM./S
RUPTURE TEST DIST	:	1.0 MM
DISTANCE	:	7.0 MM
TIME	:	5 SEC.
TRIGGER FORCE	:	AUTO - 20 G
DATA ACQUISTION RATE	:	100 PPS.

2.4 วิธีการใช้เครื่อง TA-Xt2 Texture Analyzer

2.4.1 เสียบปลั๊กเครื่องสำรองไฟ เปิดสวิทย์เครื่องมาที่ตำแหน่ง ON อุปกรณ์เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ซึ่งประกอบด้วย ฐานทดสอบ (Test base) และคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานต่อพวงเข้ากับเครื่องสำรองไฟนี้

2.4.2 เปิดคอมพิวเตอร์และเปิดสวิทย์ชฐานทดสอบซึ่งอยู่ด้านหลังเครื่อง

2.4.3 เข้าสู่โปรแกรมการทำงานของเครื่องโดย

2.4.3.1 คลิกเมาส์ที่ Program

2.4.3.2 เลือก Textureexpert ซึ่งจะปรากฏโปรแกรมย่อย คลิกเมาส์ที่ Textureexpert English

2.4.4 หน้าต่างใหม่ที่ปรากฏขึ้นจะถามชื่อผู้ใช้ เลือกชื่อแล้วตอบ OK

2.4.5 เริ่มการทำงานเข้าสู่โปรแกรมการทำงานภายใต้โปรแกรม Project คลิกเมาส์ที่ Restart

2.4.6 หน้าต่างใหม่ประกอบด้วยแถบคำสั่งต่างๆ คลิกเมาส์ที่แถบคำสั่ง T.A.

2.4.7 ทดสอบการทำงานของเครื่อง 2 ครั้ง

2.4.7.1 Force calibration

เลือก T.A. บนแถบคำสั่ง แล้วเลือก Calibrate force หน้าต่างใหม่จะเตือนให้ผู้ใช้ตรวจสอบว่ามีวัตถุใดๆ กีดขวางหัววัดหรือไม่ถ้าไม่มีสิ่งกีดขวางตอบตกลง หน้าต่างใหม่ที่ปรากฏขึ้นจะแจ้งให้ผู้ใช้ยกตุ้มหน้ำหนักลงบนคานวัดจากนั้นตอบตกลงเมื่อหน้าจอปรกฏข้อความ Calibration successful ตอบตกลงแล้วเอาตุ้มน้ำหนักลง

2.4.7.2 Probe calibration (การทำขั้นตอนนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการเผอเรอที่เกิดจากการใช้หัววัดที่แตกต่างไปจากหัววัดก่อนหน้านี้) เลือก T. A. –Calibrate probe กำหนดระยะทางให้มีความสูงกว่าชิ้นตัวอย่างเล็กน้อย สวมหัวจับ จากนั้นตอบตกลง หัววัดจะเคลื่อนที่ลงมาแตะกับฐานแล้วกลับไปยังตำแหน่งที่กำหนดซึ่ง Texture expert จะอ่านตำแหน่งดังกล่าวเป็นศูนย์

2.4.8 เลือก T.A. –Setting จากแถบคำสั่ง T.A. เพื่อกำหนดค่าปัจจัยต่างๆ ซึ่งค่าเหล่านี้ได้มาจาก เอกสารอ้างอิงของผู้ใช้ หรือดูจากเอกสารแนะนำจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือ กำหนดค่า แล้วคลิกที่ Update

2.4.9 เลือก Run a test เพื่อทำการวัดตัวอย่าง หลังจากวางตัวอย่างบนฐานวัดเรียบร้อยแล้วทำการตั้งชื่อ File directory: Text_exp เพื่อบันทึกข้อมูล จากนั้นตอบตกลงหัววัดจะเคลื่อนลงมาเพื่อวัดตัวอย่าง

2.4.10 ข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปกราฟ การหาค่าจากกราฟที่ได้สามารถทำได้โดยการใช้คำสั่งในProcess data

2.4.11 การกำหนดค่าใน Process data หรือการเขียน Macro ซึ่งจะใช้ในการหาค่าจากกราฟออกมาเป็นตัวเลข

2.4.11.1 เลือกคำสั่ง Process data หรือการเขียน Macro เลือก Edit

2.4.11.2 เลือกคำสั่งย่อยที่ต้องการ จากคำสั่งต่างๆที่แสดง

2.4.11.3 บันทึกแฟ้มไว้เพื่อเรียกใช้งาน

2.4.12 เมื่อหาข้อมูลจากกราฟได้แล้ว ผลที่ได้จะอยู่ในภาพตารางข้อมูล สามารถพิมพ์ได้โดยใช้คำสั่ง File ได้

Chewiness คือ พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร ค่าที่คำนวณได้จากสูตรเท่ากับ gumminess x springiness หรือเท่ากับhardness x cohesiveness x springiness

Fracturability คือ แรงที่จุดยอดแรก ซึ่งทำให้ตัวอย่างหรืออาหารแตกในช่วงการกดหรือการเคี้ยวครั้งที่ 1 (เดิมเรียกว่า Brittleness)

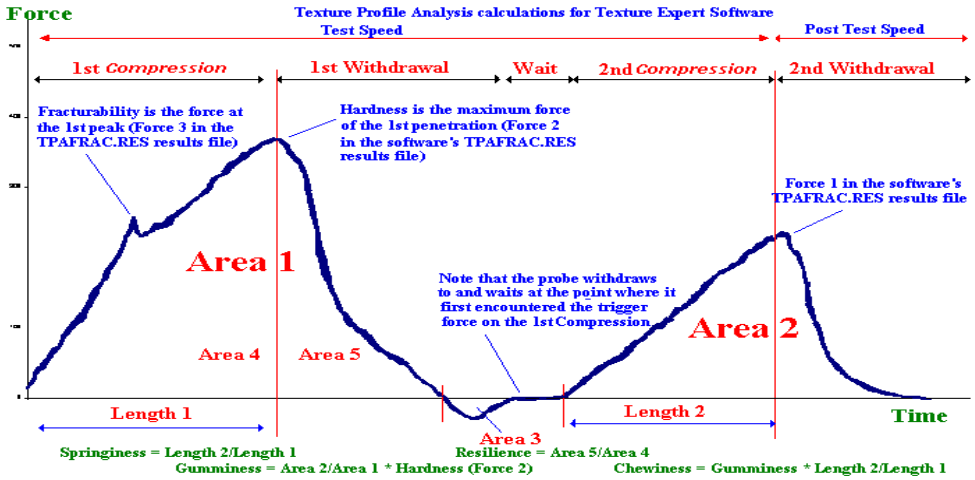
Hardness แรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดหรือเทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก มีหน่วยเป็นหน่วยของแรง เช่น นิวตัน(N)

Springiness คือ เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการคืนตัวของตัวอย่างหลังการเสียรูปจากการกดครั้งแรก (เดิมเรียกว่า Elasticity) ค่านี้สามารถอธิบายได้หลายแบบ ที่นิยมคืออธิบายในรูปของอัตราส่วนของระยะเวลาหรือระยะทางที่วัสดุเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างที่วัดได้จากการกดถึงแรงสูงสุดครั้งที่สองต่อค่าดังกล่าวของตัวอย่างที่วัดได้จากการกดครั้งแรก สำหรับการอธิบายแบบดั้งเดิมค่านี้จะหมายถึงระยะเวลาหรือระยะทางที่วัสดุเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างที่วัดได้จากการกดถึงแรงสูงสุดครั้งที่สองเท่านั้น แต่การอธิบายในลักษณะนี้จะทำให้การเปรียบเทียบสามารถทำได้กับตัวอย่างที่มีความสูงเริ่มต้นเท่ากัน

Gumminess คือ พลังงานที่ทำให้อาหารกึ่งของแข็งซึ่งมีค่าความแข็งน้อย (Hardness) แต่พลังงานยึดเกาะกันภายใน (Cohesiveness) สูง แตกออกจนสามารถกลืนได้ คำนวณได้จาก hardness x cohesiveness

Cohesiveness เป็นอัตราส่วนของพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่เป็นค่าบวกของการกดหรือการเคี้ยวครั้งที่2 และครั้งที่ 1 (Area 2/Area 1)

Adhesiveness คือ งานที่จำเป็นในการดึงหัววัด หรือหัวกด หรือฟันออกจากตัวอย่าง หรืออาหาร ในกราฟ TPA คือพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่มีค่าเป็นลบของช่วงการกด หรือการเคี้ยวที่ 1 (Area 3) มีหน่วยเป็นแรงคูณด้วยเวลา เช่น N.s บางทีเรียก stickiness



ภาคผนวก ก 3

3. การหาปริมาตรจำเพาะ(ดัดแปลงจากวิธีของ Park, 1976)

3.1 อุปกรณ์

1.1 ภาชนะปากกว้าง

1.2 กระบอกตวง

1.3 งาสีดำ

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

2.1 ตัดตัวอย่างขนาดสี่เหลี่ยมที่สามารถใส่ภาชนะปากกว้างได้

2.2 นำตัวอย่างไปชั่ง จดน้ำหนักที่แน่นอน

3.3 วิธีการวิเคราะห์

3.3.1 เทงาลงในภาชนะปากกว้างให้เต็ม ใช้ไม้บรรทัดเกลี่ยให้เสมอ

3.3.2 เทงาจากภาชนะลงในกระบอกตวง เพื่อวัดปริมาตร

3.3.3 นำตัวอย่างใส่ภาชนะ จากนั้นเทงาจากกระบอกตวงที่ทราบปริมาตรแล้วใส่ในภาชนะที่มีตัวอย่าง ใช้ไม้บรรทัดเกลี่ยให้เสมอ

3.3.4 นำตัวอย่างออกจากภาชนะ แล้วเทงาใส่กระบอกตวง เพื่อวัดปริมาตร

3.4 วิธีคำนวณ

$$\frac{\text{ปริมาตรก่อนใส่ตัวอย่าง} - \text{ปริมาตรหลังใส่ตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ภาคผนวก ข 1

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

ภาพผนวก ข 1 อุปกรณ์วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น Hot Air Oven และ Desiccator

1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.1.1 ถ้วยอะลูมิเนียม (Moisture Can) จานโลหะหรือจานกระเบื้องเคลือบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร

1.1.2 ตู้อบลมร้อน

1.1.3 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

1.1.4 โถดูดความชื้น

1.1.5 Tong หรือ Forceps

1.2 วิธีการวิเคราะห์

1.2.1 หาน้ำหนักที่คงที่ของถ้วยเปล่า โดยนำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วนำเข้าอบใหม่ ดำเนินการเหมือนครั้งแรก จนได้น้ำหนักคงที่และบันทึกค่า (น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม)

1.2.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอนจำนวน2.xxxx กรัม (บันทึกค่า) ใส่ลงในถ้วยที่ทราบน้ำหนักทีแน่นอนแล้วเกลี่ยตัวอย่างออกอย่างสม่ำเสมอให้มีเนื้อที่ที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

1.2.3 อบตัวอย่างในถ้วยหาความชื้นให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ105 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก แล้วนำตัวอย่างเข้าอบใหม่อีกครั้งๆ ละ 30 นาทีจนได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม) บันทึกน้ำหนักหลังอบที่แน่นอน

1.2.4 นำผลทีได้ไปคำนวณปริมาณความชื้น

1.3 วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{\{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อน(กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลัง(กรัม)}\}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

ภาคผนวก ข 2

2. การหาปริมาณไขมัน (AOAC, 1995)

ภาพผนวก ข 2 อุปกรณ์วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (Soxtec Extraction Unit)

2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

2.1.1 ชุดเครื่องมือและอุปกรณ์เครื่อง SoxtecAventi 2050 Auto System

2.1.2 หลอดบรรจุตัวอย่าง (Thimble) พร้อมที่จับ (Thimble holder)

2.1.3 ถ้วยสกัด (Extraction cup) พร้อมที่จับ (Extraction cup holder)

2.1.4 โกร่ง (Motar and pestle) สำหรับที่บดตัวอย่าง

2.1.5 ตู้อบลมร้อน

2.1.6 โถดูดความชื้น

2.2 สารเคมี

2.2.1 เฮกเซน

2.3 วิธีการวิเคราะห์

2.3.1 เปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Cooling bath) ควบคุมอุณหภูมิที่ 12-15 องศาเซลเซียส

2.3.2 Warmเครื่อง soxtec โดยเปิดปุ่ม Power ปรับอุณหภูมิและตั้งโปรแกรมการทำงานตามชนิดของตัวทำละลายที่ใช้

2.3.3 กดปุ่ม Pre heat plate จากนั้น ชั่งตัวอย่างอาหาร (ชั้นเคลือบที่เป็นชั้นแป้ง) ที่อบแห้งแล้ว และบดละเอียดแล้ว 1.xxxx กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ลงใน Thimble (ตัวอย่างที่มีความชื้น นำไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน ที่ 110 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที)

2.3.4 นำThimble มาใส่ในตัวเครื่อง Soxtec ด้วย Thimble holder

2.3.5 เติมตัวทำละลายประมาณ 50 มิลลิลิตร ใน Extraction cup ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง) นำไปต่อเข้ากับ Condensor

2.3.6 กดปุ่มStart 1 ครั้ง โปรแกรมจะเริ่มทำงานตั้งแต่ขั้นตอน Boling จนถึงขั้นตอน Pre-drying

2.3.7 เมื่อครบเวลาการทำงาน นำ Extraction cupเข้าอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จนมีน้ำหนักคงที่

2.3.8 ระบายตัวทำละลายออกจากเครื่อง ใส่ในขวดตัวทำละลายที่ใช้แล้ว

2.3.9 คำนวณหาปริมาณไขมันที่สกัดได้

2.4 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมันของตัวอย่าง (ร้อยละ)} = \frac{100\,(W_1 - W_2)}{W}$$

W_1 คือ น้ำหนักของ Extraction cup และน้ำหนักไขมันที่สกัดได้ภายหลังการอบแล้ว (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของ Extraction cup ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (กรัม)

W_3 คือ น้ำหนักของตัวอย่างอาหารที่อบแห้งแล้ว (กรัม)

ภาคผนวก ข 3

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2005)

ภาพผนวก ข 3 อุปกรณ์วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 หลอดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มล.

3.1.2 ชุดกลั่นโปรตีน (Semi-microdistillation apparatus)

3.1.3 ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 1000 มล.

3.1.4 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มล.

3.1.5 บิวเรตต์ ขนาด 50 มล.

3.1.6 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.1.7 กระดาษชั่งสาร

3.2 สารเคมี

3.2.1 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น

3.2.2 สารเร่งปฏิกิริยา: คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และโปแตสเซียม (K_2SO_4)

3.2.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 40

3.2.4 สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มขัน 0.1 นอร์มัล

3.2.5 สารละลายกรดบอริกร้อยละ 4: เตรียมโดยใช้น้ำร้อน

3.2.6 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Commercial grade สำหรับ Scrubber)

3.3 วิธีการวิเคราะห์

3.3.1 ชั่งตัวอย่างลงในกระดาษชั่งสารให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ1.xxxxกรัม

3.3.2 เติมคอปเปอร์ซัลเฟต 0.8 กรัม โปตัสเซียม 7 กรัม

หมายเหตุ ถ้าตัวอย่างเป็นของเหลวต้องใส่สารละลาย Hydrogen peroxide 5 ml ถ้าตัวอย่างเป็นของแข็งต้องใส่สารละลาย Octanol 5 หยด (เพื่อป้องกันการเดือด)

3.3.3 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 12 มิลลิลิตร และเขย่าเบาๆ เพื่อให้ท่วมตัวอย่าง (ตัวอย่างที่มี่ ไขมันสูง (มากกว่าร้อยละไขมัน) หรือ คาร์โบไฮเดรตสูง ใช้ 15 มิลลิลิตร)

3.3.4 ใส่หลอดย่อยใน Rack ปิดฝาหลอดย่อยด้วย Exhaust system เปิดสวิทช์ชุดจับไอกรด (Scrubber unit) ให้แสดงปุ่ม ○ เปิดสวิทช์เครื่องย่อย (Digestor) ตั้งอุณหภูมิที่ 420 องศา-เซลเซียส

3.3.5 ย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใส ในตู้ควัน (ใช้เวลาประมาณ 30-60 นาที) ยก Rack หลอดย่อย ขึ้นพักไว้บน Stand (ยังไม่ต้องปิดฝาหลอดย่อย) ทิ้งไว้ให้เย็น

3.3.6 นำขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มล. ไปตั้งไว้ที่ตำแหน่งรองรับของเครื่องกลั่น และเลื่อนฐานขึ้นให้ปลายแท่งแก้วจุ่มอยู่ใต้สารละลาย รองรับสิ่งที่กลั่นได้สารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 25-30 มล.

3.3.7 นำหลอดกลั่นใส่ให้ตรงหัวกลั่น เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 80 มล. และสารละลายโซเดียมไฮโดรไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาตร 50 มล. ปิด Safety door เครื่องจะทำงานทันที

หมายเหตุ ก่อนกลั่นจะต้องเปิด Cooling bath ตั้ง อุณหภูมิที่ 10-15 องศาเซลเซียส ทำการWarm เครื่องกลั่นด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง โดยไม่ต้องเติม NaOHและ Boric acid และทำเช่นเดียวกันเมื่อเสร็จสิ้นการทดลองทุกครั้ง

3.3.8 กลั่นประมาณ 4 นาที (สารละลายใน Flask รองรับจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว) ล้างปลาย อุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรูปชมพู่รองรับ

3.3.9 ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอล จนได้ สีชมพู (จุดยุติ) จดปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

3.3.10 ทำblank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 3.3.2-3.3.9

3.4 การคำนวณ

ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ) = $\frac{(T-B) \times 14.007 \times 100 \times N}{D}$

ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ) = ร้อยละไนโตรเจน x แฟคเตอร์แปลงกลับ

T = ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่างเปรียบเทียบ (blank)

B = ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรต

D = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ภาคผนวก ข 4

4. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2005)

ภาพผนวก ข 4 อุปกรณ์วิเคราะห์หาปริมาณใยอาหาร

4.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

4.1.1 Crucibleสำหรับกรอง ทำจาก Borosilicate glass

4.1.2 Fiber extraction unit (Hot extraction, Cold extraction)

4.1.3 ตู้อบลมร้อน

4.1.4 Furnace

4.1.5 โถดูดความชื้น

4.2 สารเคมี

4.2.1 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4) ร้อยละ 1.25

4.2.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้นร้อยละ 1.25

4.2.3 Acetone

4.2.4 น้ำกลั่นร้อน

4.2.5 Celite

4.3 วิธีการ

4.3.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ1 กรัม โดยชั่งใน Crucible เติม Celite 1 กรัม เพื่อช่วยในการกรองแล้วนำไปเข้าเครื่อง Fiber extraction unit ในส่วน hot extraction

4.3.1.1 Hot extraction step 1: วาง Crucible ในช่องกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 ที่ร้อนประมาณ 150 มิลลิลิตร และหยด Octanol 2-4 หยด เพื่อป้องกันการ Foaming ต้มน้ำให้เดือดและเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่ร้อน 30 มิลลิลิตร 3 ครั้ง แต่ละครั้งต้องระบายน้ำออกทุกครั้ง

4.3.1.2 extraction step 2 : เติม โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25 ที่ร้อน 150 มิลลิลิตรและหยด Octanol 2-3 หยด เพื่อป้องกันการ Foaming ต้มน้ำให้เดือดและจำเวลา 30 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่ร้อน 30 มิลลิลิตร 3 ครั้ง แต่ละครั้งต้องระบายน้ำออกด้วย

4.3.2 นำCrucible เข้า Cold extraction เติม Acetone 25 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที กรองและทำซ้ำอีกครั้ง

4.3.3 นำ Crucible เข้าตู้อบลมร้อน ระเหย Solvent และ Dry crucible ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง จากนั้นนำ Crucible มาเข้า Furnace ที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาลดอุณหภูมิให้ได้ประมาณ 250 องศาเซลเซียส เข้าตู้อบลม จากนั้นนำมาอบในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก

4.4 การคำนวณ

ปริมาณใยอาหาร(ร้อยละ) = $\frac{W_1 - W_3}{W_1} \times 100$

W_1 = น้ำหนักตัวอย่าง

W_2 = น้ำหนัก Crucible + น้ำหนักตัวอย่างก่อนเข้าเครื่อง Fiber extraction unit

W_3= น้ำหนัก Crucible + น้ำหนักตัวอย่างหลังเข้าเข้าเครื่อง Fiber extraction unit

ภาคผนวก ข 5

5. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2005)

ภาพผนวก ข 5 อุปกรณ์วิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

5.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

5.1.1 ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)

5.1.2 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

5.1.3 Electric burner

5.1.4 เตาเผาอุณหภูมิสูง (Electric muffle Furnace)

5.1.5 โถดูดความชื้น (Desiccator)

5.1.6 Hot air oven

5.1.7 Tong

5.2 วิธีการวิเคราะห์

5.2.1 อบCrucible ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของ Crucible

5.2.2 ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างประมาณ4-6 กรัม ใส่ใน Crucible นำไปเผาไฟอ่อน ๆ บน Electric burner จนหมดควัน

5.2.3 นำตัวอย่างไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550±20 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือเทา

5.2.4 นำออกมาลดอุณหภูมิในHot air oven อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใส่ Desiccator ทิ้งไว้ให้เย็นในอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่ง เผาตัวอย่างซ้ำครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม

5.3 วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าร้อยละของตัวอย่าง} = \frac{(W2 - W)}{(W1 - W)} \times 100$$

W = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ (กรัม)
W1 = น้ำหนักของถ้วยกะเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)
W2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังจากเผาจนได้น้ำหนักคงที่ (กรัม)

ภาคผนวก ข 6

6.การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดโดยการคำนวณ (AOAC, 2005)

6.1 วิธีวิเคราะห์

นำผลวิเคราะห์ความชื้น โปรตีนไขมัน เถ้า และใยอาหารในตัวอย่างมาคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

6.2 วิธีคำนวณ

ร้อยละคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด = 100 - (ร้อยละของความชื้น+ร้อยละของโปรตีน+ร้อยละของไขมัน+ร้อยละของเถ้า+ร้อยละของใยอาหาร)

ภาคผนวก ข 7

7 การวิเคราะห์หา Thiobarbituric acid (TBA) (AOCS, 1987)

7.1 อุปกรณ์

7.1.1 ขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร
7.1.2 หลอดทดลองขนาดเล็ก
7.1.3 Test Tube Rack
7.1.4 บีกเกอร์
7.1.5 Water bath
7.1.6 Cell ขนาด 10 มิลลิลิตร (สำหรับเครื่อง Spectronic)
7.1.7 Spectronic
7.1.8 ขวดสีชา

7.2 สารเคมี

7.2.1 2-Thiobarbituric Acid
7.2.2 l-Butanol

7.3 การเตรียมตัวอย่าง

7.3.1 ชั่งตัวอย่าง 200-50 มิลลิกรัม ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร เติม l-Butanol ลงไปเล็กน้อย เพื่อละลายตัวอย่างจากนั้นปรับปริมาตรที่เหลือ โดยเติม l-Butanol ลงไป

7.3.2 ปิเปตตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในหลอดทดลองที่มีจุกแก้วที่แห้ง จากนั้นปิเปตสารละลาย TBA 5 มิลลิลิตร ใส่ลงไป ปิดจุกแก้ว ผสมให้เข้ากันดี

7.3.3 นำหลอดทดลองที่เตรียมไว้ใส่ Water bath ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง

7.3.4 นำหลอดทดลองออก และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

7.3.5 นำสารละลายที่ได้ใส่ใน cell ขนาด 10 มิลลิลิตร วัดค่าความดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Reference Cell

7.3.6 เตรียม Blank พร้อมกับตัวอย่าง โดยค่าของ Blank ไม่ควรเกิน 0.1

7.4 การคำนวณ

TBA value = 50 (A-B) / M

A = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง (absorbance)

B = blank (absorbance)

M = น้ำหนักตัวอย่าง

ภาคผนวก ข 8

8. การวิเคราะห์หา Peroxide Value (P.V.) – (AOCS Method, 1999)

8.1 เครื่องมือ/ อุปกรณ์

8.1.1 ชุดเครื่องแก้ว

8.2 สารเคมี

8.2.1 Acetic Acid

8.2.2 Chloroform

8.2.3 KI

8.2.4 $Na_2S_2O_3$

8.2.5 สารละลายน้ำแป้งความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

8.2.6 น้ำกลั่น

8.3 วิธีการวิเคราะห์

8.3.1 ชั่งน้ำมันตัวอย่าง + 1 กรัมใส่ลงในหลอกแก้วทา blank ไปพร้อมกันโดยไม่ต้องใส่น้ำมันตัวอย่างเติม KI 0.5 มิลลิลิตร

8.3.2 เติมตัวทำละลายผสมลงไป (20 มิลลิลิตร) Acetic Acid + chloroform solution ในอัตราส่วน 3:2

8.3.3 นำหลอดแก้วไปต้มในน้ำเดือดปล่อยให้เดือดนานไม่เกิน 30 วินาที

8.3.4 จากนั้นนำไปเทใส่ในฟลาส์คที่มี KI ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์จานวน 20 มิลลิลิตรล้างหลอดแก้วที่นำสารไปต้มด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้งครั้งละ 15 และ 10 มิลลิลิตรตามลาดับเทน้ำกลั่นที่ล้างทั้งสองครั้งลงในฟาส์ค

8.3.5 ไตเตรทด้วย $Na_2S_2O_3$ ความเข้มข้น 0.002 นอร์มัลจนมีสีเหลืองอ่อนเติมน้าแป้ง 1 มิลลิลิตรจะได้สีม่วงหรือน้าเงินแล้วไตเตรทต่อจนไม่มีสีบันทึกค่า $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไป

8.4 การคำนวณ

PV = 2× (A-B) /น้ำหนักของน้ามันตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

A = ปริมาณของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้กับน้ำมันตัวอย่าง (ml)

B = ปริมาณของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้กับ blank (ml)

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย

ภาคผนวก ค 1

1. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด Total plate count (AOAC, 2002)

1.1 อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1.1.1 บีกเกอร์ (Beaker)

1.1.2 Plate count agar (PCA)

1.1.3 จานเพาะเชื้อ (Plate)

1.1.4 ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Bunsen)

1.1.5 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask)

1.1.6 ปิเปต (Pipette) ที่อบฆ่าเชื้อแล้ว

1.1.7 Water blank บรรจุขวดละ 225 มิลลิลิตร และบรรจุหลอดละ 9 มิลลิลิตร

1.1.8 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator/ Memmert Model 600)

1.1.9 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave/ Kokusan Model H88LLD)

1.2 วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.2.1 ชั่ง plate count 23.5 กรัม ละลายในน้ากลั่นร้อน 1 ลิตร บรรจุใน flask ปิดปากด้วยจุกสาลี

1.2.2 หลังจากนั้นนาไปฆ่าเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121องศาเซลเซียส ความดัน 11 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

1.3 วิธีวิเคราะห์

1.3.1 เตรียมสารละลายเจือจางโดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ซึ่งใช้ช้อนสแตนเลทฆ่าเชื้อแล้วตักใส่ถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วสาหรับใช้ stomacher เติม diluent (0.85% normal saline) ลงไปประมาณ 100 มิลลิลิตรตี ป่นนาน 1 นาที แล้วเติม normal saline ที่เหลืออีก 125 มิลลิลิตร ตีป่นต่ออีก 30 วินาที จะได้ dilution 1 : 10 แล้ว ทา dilution ต่อเป็น10^{-1}, 10^{-2},และ 10^{-3}

1.3.2 ปิเปตสารละลายเจือจางของผลิตภัณฑ์ที่ dilution 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} อย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ dilution ละ 3 จาน เท Plate count agar (ที่ 40 – 45 องงาเซลเซียส) ลงในจานเลี้ยงเชื้อประมาณจานละ 15 – 20 มิลลิลิตร pour plate แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กลับด้านจานเลี้ยงเชื้อ

1.3.3 นำจานเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่ 35 ± 0.5 องงาเซลเซียส นาน 2 – 3 วัน ตรวจนับจานวนจุลินทรีย์แล้วรายงานผลเป็นจานวนโคโลนีต่อผลิตภัณฑ์ 1 กรัม

ภาคผนวก ค 2

2. การวิเคราะห์ยีสต์และรา (Yeast &Mould) (AOAC, 2000)

2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

2.1.1 หม้อนึ่งความดัน (autoclave)

2.1.2 เครื่องตีปั่นผสมอาหาร (stomacher)

2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ / สารเคมี

2.2.1 Potato dextrose agar (PDA)

2.2.2 เปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1

2.2.3 กรดทาทาริกความเข้มข้นร้อยละ 10

2.3 วิธีการ

2.3.1 นำตัวอย่างอาหาร 25 กรัมใส่ในถุงพลาสติกปราศจากเชื้อเทสารละลายเปปโตนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จำนวน 225 มิลลิลิตรลงไปเพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1:10

2.3.2 นำไปตีป่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง Stomacher

2.3.3 ปิเปตตัวอย่างอาหารมาเจือจาง 1 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองที่มีเปปโตนร้อยละ 0.1 ปริมาณ 9 มิลลิลิตรเพื่อทำการเจือจางที่ $1:10^{-1}$, $1:10^{-2}$, และ$1:10^{-3}$

2.3.4 ดูดเชื้อที่มีความเจือจางที่ $1:10^{-1}$, $1:10^{-2}$, และ$1:10^{-3}$

2.3.5 ปิเปตสารละลายเจือจางของผลิตภัณฑ์ที่ dilution 10-1 10- 2 10- 3 อย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อที่ระดับความเจือจางละ 3 จาน เท Potato dextrose agar (ที่ 40 – 45 องศาเซลเซียส) ลงในจานเลี้ยงเชื้อประมาณจานละ 15 – 20 มิลลิลิตร pour plate แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2.3.6 รอให้อาหารแข็งตัวกลับด้านจานเลี้ยงเชื้อ

2.3.7 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3-5 วัน

2.3.8 นำมาตรวจนับปริมาณยีสต์และรา

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ง 1

1. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ใบรายงานผลการทดสอบผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิ
โดยวิธี 9-Point Hedonic Scale

ตัวอย่าง เค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิ (เนยชนิดAA)
ชื่อผู้ทดสอบ ..... วันที่.....

คำแนะนำ: กรุณาทดสอบตัวอย่างและดื่มน้ำทุกครั้งก่อนทาการทดสอบตัวอย่างต่อไปแล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะตามคาอธิบายควาชอบข้างล่างนี้

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

รหัสตัวอย่าง	_____	_____	_____	_____
สี	_____	_____	_____	_____
กลิ่น	_____	_____	_____	_____
รสชาติ	_____	_____	_____	_____
ความนุ่ม	_____	_____	_____	_____
ความแน่นของเนื้อเค้ก	_____	_____	_____	_____
ความชอบรวม	_____	_____	_____	_____

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

ขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ง 2

2. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ใบรายงานผลการทดสอบผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิ
โดยวิธี 9-Point Hedonic Scale

ตัวอย่าง เค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิ (เนยชนิดAAA)
ชื่อผู้ทดสอบ ..... วันที่.....

คำแนะนำ: กรุณาทดสอบตัวอย่างและดื่มน้ำทุกครั้งก่อนทาการทดสอบตัวอย่างต่อไปแล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะตามคาอธิบายควาชอบข้างล่างนี้

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

รหัสตัวอย่าง	_____	_____	_____	_____
สี	_____	_____	_____	_____
กลิ่น	_____	_____	_____	_____
รสชาติ	_____	_____	_____	_____
ความนุ่ม	_____	_____	_____	_____
ความแน่นของเนื้อเค้ก	_____	_____	_____	_____
ความชอบรวม	_____	_____	_____	_____

ข้อเสนอแนะ

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

ขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ง 3

3. แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

แบบสอบถาม

คำแนะนำ: กรุณาใส่เครื่องหมายถูกลงในวงเล็บ ( ) หน้าข้อความที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

( ) 16 – 20 ปี ( ) 21 – 30 ปี ( ) 31 – 40 ปี

( ) 41 – 50 ปี ( ) มากกว่า 50 ปี

3. ระดับการศึกษา

( ) ประถมศึกษา ( ) มัธยมศึกษา/ปวช.

( ) อนุปริญญาตรี/ปวส. ( ) ปริญญาตรี

( ) สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

( ) นักเรียน/นักศึกษา ( ) พนักงานบริษัทเอกชน

( ) ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ( ) ธุรกิจส่วนตัว

( ) รับจ้าง ( ) พ่อค้า - แม่ค้า

( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือน

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

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

( ) มากกว่า 20,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กเนยสด โดยมีการทดสอบชิมตัวอย่าง

คำแนะนำ: กรุณาให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดจากแป้งข้าวหอมมะลิ ตามคำอธิบายคะแนนความชอบข้างล่างนี้ กรุณาบ้วนปากก่อนชิม

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

รหัสตัวอย่าง	_____	_____
สี	_____	_____
กลิ่น	_____	_____
รสชาติ	_____	_____
ความนุ่ม	_____	_____

ความแน่นของเนื้อเค้ก _____ _____
ความชอบรวม _____ _____

ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดหรือไม่

☐ ยอมรับ ☐ ไม่ยอมรับ เนื่องจาก.....

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายวีระพงศ์ วิรุฬห์ธนกฤษณ์
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
สถานที่ติดต่อ	หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 204/3 ถนนสิรินธร เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700 เบอร์โทรศัพท์ 02-4239435 โทรสาร 02- 4239438
E-mail address	weerapong_wi@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	วท.ม. (วิทยาศาสตร์การอาหาร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (พ.ศ. 2554) วท.บ. (อุตสาหกรรมเกษตร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (พ.ศ. 2549)

งานวิจัย

1. Wirunthanakrit, W. and K. Hongrak. (2010). Effect of Inlet Air Temperature and Maltodextrin content on Spray Drying Sweet Smoky Flavor Powder. 48th Annual Kasetsart University Academic and Technical Conference.

2. Wirunthanakrit, W. (2011). Production of *Tien Op* smoke flavor powder by encapsulation method. .King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

3. Wirunthanakrit, W. (2007). Study on survival of lyophilized bacterial cultures after lyophilization process and keeping periods. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

4. วราภรณ์ วิทยาภรณ์ และวีระพงศ์ วิรุฬห์ธนกฤษณ์. (2557). ผลของชนิดสารเสริมใยอาหารที่มีต่อการพัฒนาเครื่องดื่มสมุนไพร. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

5. วราภรณ์ วิทยาภรณ์ และวีระพงศ์ วิรุฬห์ธนกฤษณ์. (2558). ผังความชอบของเครื่องดื่มกาแฟผสมสำเร็จรูปที่วางจำหน่ายในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

บทความ

1. Vittayaporn, V. and Wirunthanakrit, W. (2016). Preference Mapping of Commercial Instant Coffee Mix in Thailand. *SDU Research Journal (Sciences and Technology).* 9(2): 177 – 191.

ชื่อ ดร. วราภรณ์ วิทยาภรณ์
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
สถานที่ติดต่อ หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน
มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 204/3 ถนนสิรินธร เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700 เบอร์โทรศัพท์ 02-4239483
โทรสาร 02- 4239487
E-mail address veevaraporn@hotmail.com
ประวัติการศึกษา ปร.ด. (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) ม.เกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2555)
วท.ม. (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) ม.เกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2543)
วท.บ. (อุตสาหกรรมเกษตร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (พ.ศ. 2540)

งานวิจัย

1. Vittayaporn, V., P. Chompreeda, V. Haruthaithanasan, and H. Rimkeeree. (2009). Preference Mapping of Commercial Green Tea with Roasted Brown Rice for Thai Consumers. Proceeding of The Summer Program in Sensory Evaluation (SPISE). August 7-9, University of Technology, Ho Chi Minh City, Vietnam.

2. Vittayaporn, V., P. Chompreeda, V. Haruthaithanasan, and H. Rimkeeree. (2010). Aroma and flavor characteristics of green tea combined with roasted brown rice: correlating data from a descriptive trained panel and an electronic nose. Proceeding of Institute of Food Technologists (IFT) Annual Meeting Scientific Program 10th. July 16 - 20, Chicago, IL, USA

3. Vittayaporn, V., P. Chompreeda, V. Haruthaithanasan, and H. Rimkeeree. (2010). Preference Mapping of Thai Consumers for Commercial Green Tea with Roasted Brown Rice. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 44(4): 652 – 663.

4. วราภรณ์ วิทยาภรณ์ และวีระพงศ์ วิรุฬห์ธนกฤษณ์. (2557). ผลของชนิดสารเสริมใยอาหารที่มีต่อการพัฒนาเครื่องดื่มสมุนไพร. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

5. วราภรณ์ วิทยาภรณ์ และวีระพงศ์ วิรุฬห์ธนกฤษณ์. (2558). ผังความชอบของเครื่องดื่มกาแฟผสมสำเร็จรูปที่วางจำหน่ายในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

บทความ

1. Vittayaporn, V., P. Chompreeda, V. Haruthaithanasan, and H. Rimkeeree. (2010). Preference Mapping of Thai Consumers for Commercial Green Tea with Roasted Brown Rice. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 44(4): 652 – 663.

2. Vittayaporn, V. and Wirunthanakrit, W. (2016). Preference Mapping of Commercial Instant Coffee Mix in Thailand. *SDU Research Journal (Sciences and Technology).* 9(2): 177 – 191.