



รายงานการวิจัย  
เรื่อง

การพัฒนาเค้กเนยสดจากเนยสวนดุสิตโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์  
ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์  
DEVELOPMENT OF BUTTER CAKE WITH SUAN DUSIT BUTTER BY  
USING HYDROCOLLOID AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING

นายนราธิป ปุณเกษม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต





รายงานการวิจัย  
เรื่อง

การพัฒนาเค้กเนยสดจากเนยสวนดุสิตโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์  
ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์  
DEVELOPMENT OF BUTTER CAKE WITH SUAN DUSIT BUTTER BY  
USING HYDROCOLLOID AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING

นายนราธิป ปุณเกษม

(หลักสูตรเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ)  
(โรงเรียนการเรือน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ปีงบประมาณ 2556)

หัวข้อวิจัย	การพัฒนาเค้กเนยสดจากเนยสวนดุสิตโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ร่วมกับ การปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์
ผู้ดำเนินการวิจัย	นายนราธิป ปุณเกษม
หน่วยงาน	โรงเรียนการเรือน
ปี พ.ศ.	2557

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาคุณภาพทางกายภาพของเนยสวนดุสิตเปรียบเทียบกับเนยทางการค้า ในด้านคุณภาพทางกายภาพคือ ค่าสี จุดหลอมเหลว อัตราการละลาย และโครงสร้างระดับจุลภาค จากงานวิจัยพบว่า คุณภาพทางกายภาพของเนยสวนดุสิตเทียบกับเนยทางการค้าคือ จุดหลอมเหลวต่ำ และอัตราการละลายเร็ว โครงสร้างระดับจุลภาคยังไม่เกิดเป็นอิมัลชันที่สมบูรณ์ทำให้มีสีอ่อน (2) ศึกษาผลของกระบวนการผลิตเค้กเนยสดที่ผลิตจากเนยสวนดุสิตโดยใช้วิธีคือ วิธีการผสมแบบครีม และวิธีการผสมแบบชั้นตอนเดียว เปรียบเทียบกับเนยทางการค้าในด้านคุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัส จากการทดลองพบว่า การผสมแบบชั้นตอนเดียวทำให้ความแน่นเนื้อของเค้กน้อยลง ค่าสีอ่อนลง รวมถึงปริมาณเพิ่มขึ้น คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าเค้กเนยสดสวนดุสิตที่ใช้กระบวนการผลิตแบบการผสมชั้นตอนเดียวได้รับคะแนนความชอบสูงสุด (คะแนนเฉลี่ย = 7.3/ ความชอบปานกลาง) โดยเฉพาะด้านเนื้อสัมผัสของเค้ก จากนั้นพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาโดย (3) ศึกษาผลของปริมาณการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์คือ ไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลส (HPMC) ที่ระดับร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 ของน้ำหนักแป้งต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส จากการศึกษาพบว่า การใช้ HPMC ในปริมาณร้อยละ 0.5 สามารถช่วยชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อของเค้กเนยสวนดุสิตได้ และมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น แต่การใช้ปริมาณ HPMC มากถึงร้อยละ 1.0 และ 1.5 มีผลให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อของเค้กเพิ่มขึ้น และเมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยในระหว่างการเก็บรักษาทุกสัปดาห์ การใช้ HPMC ในปริมาณร้อยละ 0.5 ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าที่ระดับการเติมอื่น (คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.8 – 7.8/ ความชอบปานกลางถึงมาก) และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ยังไม่มีความแตกต่างกับสูตรควบคุม ( $p > 0.05$ ) และ (4) ศึกษาผลของการใช้ HPMC ร้อยละ 0.5 ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุด้วยสารดูดกลิ่นออกซิเจนต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส จากการทดลองพบว่าสภาวะที่ศึกษาสามารถยืดอายุการเก็บรักษาเค้กเนยสวนดุสิตได้เป็นเวลา 6 สัปดาห์ และยังสามารถชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้ และคะแนนทางประสาทสัมผัสของสภาวะที่ศึกษายังอยู่ในเกณฑ์คะแนนความชอบปานกลางถึงมาก (คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.0-8.1)

<b>Research Title</b>	DEVELOPMENT OF BUTTER CAKE WITH SUAN DUSIT BUTTER BY USING HYDROCOLLOID AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING
<b>Researcher</b>	Mr. NARATIP POONNAKASEM
<b>Organization</b>	School of Culinary Arts
<b>Year</b>	2014

The objectives of this research were to (1) study the physical qualities, including color, melting point, melting rate and microstructure, of Suan Dusit butter (SDB). The results showed that the characteristics of SDB were low melting point and high melting rate, additional it was light color because of incomplete emulsion state. (2) Effect of Suan Dusit butter cake (SDBC) production including creaming method and single-stage method on physicochemical and sensory qualities was studied. The results showed that the single-stage method led to firmness decrease, lightness increase and volume increase. Moreover, sensory qualities using 9-point hedonic scale of the single-stage method cake were the best (average score = 7.3/ like moderately), especially texture property. After that, the shelf-life extension of SDBC was performed by using hydrocolloid and modified atmosphere packaging (MAP). (3) Effect of hydrocolloid (hydroxypropyl methylcellulose: HPMC) addition at 3 levels of 0.5, 1.0 and 1.5% by weight flour on physicochemical, microbiological and sensory qualities was studied. It was showed that 0.5% HPMC could retard the firmness change rate, increase moisture content and increase hedonic scale of SDBC (average score = 6.8 - 7.8/ like moderately – like very much). However, the addition of HPMC up to 1.0 and 1.5% led to increase the firmness change rate. The results of microbiological qualities showed that SDBC could be stored for 3 weeks. The chemical composition at this level of addition was not significant different from control ( $p > 0.05$ ). (4) Effect of 0.5% HPMC addition and MAP (by using oxygen absorber) on physicochemical, microbiological and sensory qualities was studied. The results showed that the SDBC at this condition could be stored for 6 weeks. Finally, the effect of 0.5% HPMC and MAP could retard firmness change rate and increase hedonic scale of SDBC (average score = 7.0 – 8.1/ like moderately – like very much).

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่เล็งเห็นความสำคัญของการวิจัยด้านอาหารที่เป็นอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัยฯ เพื่อนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่จัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุนโครงการวิจัยครั้งนี้ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาในการเสนอแนะให้ข้อคิดเห็น และติดตามให้การทำวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ รวมถึง ศูนย์ปฏิบัติการเนยสวนดุสิต ที่ให้ความอนุเคราะห์ เนยสวนดุสิต และ ศูนย์ปฏิบัติการอาหารนานาชาติ ที่อำนวยความสะดวกเรื่องห้องปฏิบัติการ สำหรับงานวิจัยครั้งนี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นักศึกษา เจ้าหน้าที่ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และหลักสูตรเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ ที่ได้ร่วมแรงร่วมใจในการช่วยงานวิจัยนี้

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จะได้นำไปเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัย หากมีข้อผิดพลาดประการใดในการทำวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอน้อมรับ เพื่อนำมาพัฒนาต่อไป

นราธิป ปุณเกษม  
(2557)

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
ขอบเขตการวิจัย	2
สมมติฐานการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>4</b>
เค้ก	4
ส่วนผสมหลักของเค้กเนยสด	5
กระบวนการผลิตเค้กเนยสด	12
การอบ	13
เจลาตินในเซซัน	16
การใช้ไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลสในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่	17
บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษา	17
สารดูดกลิ่นออกซิเจน	19
การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
กรอบแนวคิดงานวิจัย	22
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	<b>23</b>
การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของเนยสวนดูสิต และเนยทางการค้า	23
การศึกษาผลของกระบวนการผสมต่อคุณภาพของเค้กเนยสด	23
การศึกษาผลของปริมาณการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพเค้กเนยสดสวนดูสิต	25
การศึกษาผลของการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพเค้กเนยสดสวนดูสิต	25

	หน้า
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัย</b>	27
คุณภาพทางกายภาพของเนยสวนดุสิต และเนยทางการค้า	27
ผลของกระบวนการผสมต่อคุณภาพของเค้กเนยสด	29
ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพเค้กเนยสดสวนดุสิต	31
ผลของไฮโดรคอลลอยด์และการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของเค้กเนยสด	37
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ</b>	41
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล	41
ข้อเสนอแนะ	42
<b>บรรณานุกรม</b>	43
บรรณานุกรมภาษาไทย	43
บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ	43
<b>ภาคผนวก</b>	46
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	47
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	49
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์	57
ภาคผนวก ง การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	59
ภาคผนวก จ ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	61
<b>ประวัติผู้วิจัย</b>	68

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับเค้กเนย	5
2.2	การเปรียบเทียบวิธีการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์	19
3.1	สูตรสำหรับการผลิตเค้กเนยสด	23
4.1	คุณภาพทางกายภาพของเนยสวนดูลิต และเนยทางการค้า	28
4.2	คุณภาพทางเคมีกายภาพของเค้กเนยสด	29
4.3	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสด	30
4.4	ความแน่นเนื้อ (N) ของเค้กสดเนยสวนดูลิตที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา	32
4.5	ความชื้น (ร้อยละ) ของเค้กเนยสดสวนดูลิตที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา	33
4.6	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม) ของเค้กเนยสดสวนดูลิตที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา	34
4.7	คุณภาพทางประสาทสัมผัส ของเค้กเนยสวนดูลิตที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา	35
4.8	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์เค้กเนยแช่เย็น	36
4.9	คุณภาพทางเคมีกายภาพของเค้กเนยสวนดูลิตที่เติม HPMC และปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ ในระหว่างการเก็บรักษา	38
4.10	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม) ของเค้กเนยสวนดูลิตที่เติม HPMC และปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ ในระหว่างการเก็บรักษา	38
4.11	คุณภาพทางประสาทสัมผัส ของเค้กเนยสวนดูลิตที่เติม HPMC และปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา	39

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กระบวนการผลิตเนยจากครีมสดและเนยจากครีมเปรี้ยว	6
2.2	เครื่องปั่นเนยแบบไม่ต่อเนือง	7
2.3	กระบวนการผลิตเนยแบบต่อเนือง	8
2.4	กระบวนการผลิตเนยคีนรูป	9
2.5	กระบวนการผลิตมาการีน	10
2.6	การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด	15
4.1	ภาพถ่ายดิจิตอลกำลังขยาย 100 เท่าของเนยสวนดุสิต และเนยทางการค้า	28
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อกับระยะเวลาการเก็บรักษา ของเค้กสอดเนยสวนดุสิตที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ	33
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อกับระยะเวลาการเก็บรักษา ของเค้กสอดเนยสวนดุสิตที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ	37

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญ

ศูนย์ปฏิบัติการเนยมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ก่อตั้งขึ้นเพื่อเป็นแหล่งสร้างองค์ความรู้ และพัฒนาในรูปแบบ การวิจัยอุตสาหกรรมการผลิตเนยคืนรูป (recombined butter) ให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ตามเทคโนโลยีสมัยใหม่ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีเนยคืนรูปเป็นวัตถุดิบ โดยเนยคืนรูป คือเนยที่ได้จากการนำส่วนผสมต่างๆ มารวมกัน แล้วผ่านการปั่นจนได้เป็นเนย โดยส่วนผสมของเนยคืนรูป วัตถุดิบหลักสำหรับการผลิตคือ ไขมันนมปราศจากน้ำ (anhydrous milk fat: AMF) ได้จากนํ้านมหรือครีม หรือเนยที่ผ่านการขจัดเอานํ้าและของแข็งไม่รวมไขมันในนมออกหมด ไขมันนมปราศจากน้ำมีไขมันนมน้อยร้อยละ 99.8 และน้ำไม่เกินร้อยละ 0.1 เนยเป็นวัตถุดิบตั้งต้นของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หลายชนิด แต่การใช้เนยในรูปแบบดังกล่าวของสวนดุสิตอาจต้องมีการปรับการผลิตให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดนั้น

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีความสะดวกรวดเร็วในการรับประทาน ทำให้มูลค่าของธุรกิจเพิ่มสูงตามความต้องการของตลาด แต่เค้กเนยสดก็เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น ซึ่งการเสื่อมเสียอาจแบ่งได้ 2 กรณีคือ การเสื่อมเสียทางกายภาพ และเคมี ได้แก่ ความแน่นเนื้อที่เพิ่มขึ้น และการสูญเสียความชื้น งานวิจัยในปัจจุบันจึงได้มีการปรับปรุงคุณภาพในระหว่างการผลิตเค้กเนยโดยการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์บางชนิดลงไป และพบว่าสารเติมไฮดรอกซิลโพรพิลเมธิลเซลลูโลสที่มีคุณสมบัติที่ดี เป็นสารที่มาจากธรรมชาติ ผลิตโดยการดัดแปรเซลลูโลสทางเคมี มีความสามารถในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมปังได้ ส่วนการเสื่อมเสียอีกประการหนึ่งคือ การเสื่อมเสียเนื่องจากการเจริญของจุลินทรีย์ ในปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคของการบรรจุแบบแอกทิฟมาใช้เพื่อเพิ่มอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารโดยอาศัยหลักการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุบรรจุอากาศภายใน และภายนอก ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นให้มีความคงตัว และคุณภาพดีตลอดการเก็บรักษา นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์อาหารได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งทำให้การบรรจุช่วยรักษาคุณภาพอาหาร และเพิ่มความหลากหลายของอาหารในส่วนของการผลิต การเก็บรักษา การบริโภค และลดการเสื่อมเสียหรือเน่าเสีย

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมา งานวิจัยนี้จึงเน้นที่จะนำเนย จากศูนย์ปฏิบัติการเนย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตที่ผลิตได้มาเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตเค้กเนยสดให้มีคุณภาพดี และสามารถประยุกต์ใช้ได้ในระดับอุตสาหกรรม รวมถึงวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเค้กเนยสดโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ และการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพของเนยสวนดุสิต
2. เพื่อศึกษาผลของกระบวนการผลิตในการตีผสมต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของเค้กเนยสดที่ผลิตจากเนยสวนดุสิต
3. เพื่อศึกษาผลของปริมาณการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของเค้กเนยสดที่ผลิตจากเนยสวนดุสิต
4. เพื่อศึกษาผลของการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศโดยใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของเค้กเนยสดที่ผลิตจากเนยสวนดุสิต

### ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาคุณภาพทางกายภาพของเนยสวนดุสิตเปรียบเทียบกับเนยทางการค้า ในด้านคุณภาพทางกายภาพ ด้านค่าสี จุดหลอมเหลว และอัตราการละลาย และศึกษาผลของกระบวนการผลิตเค้กเนยสดที่ผลิตจากเนยสวนดุสิตโดยใช้วิธีคือ วิธีการผสมแบบครีม (Creaming method) และวิธีการผสมแบบขั้นตอนเดียว (Single-stage method) เปรียบเทียบกับเนยทางการค้าในด้าน คุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัส

จากนั้นพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาโดยแบ่งเป็น การศึกษาผลของปริมาณการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์คือ HPMC ต่อ คุณภาพทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส และการศึกษาผลของการใช้ HPMC ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุด้วยสารดูดกลิ่นออกซิเจนต่อ คุณภาพทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส

### สมมติฐานการวิจัย

การศึกษานี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพทางกายภาพของเนยสวนดุสิต และกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของเค้กเนยสด รวมถึงศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเค้กเนยสวนดุสิตโดยใช้ สารไฮโดรคอลลอยด์ และการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำผลจากงานวิจัยมาเป็นแนวทาง และปรับใช้ในการผลิตเค้กเนยสดให้ได้คุณภาพดี และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการผลิตเค้กเนยสดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดจากเนยสวนดุสิตในอนาคต
2. ทราบถึงผลของการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์คือ HPMC เพื่อปรับปรุงคุณภาพต่ออายุการเก็บเค้กเนยสด ในการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุโดยใช้สารดูดกลืนออกซิเจน (Oxygen absorber)
3. เป็นแนวทางและเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงด้านเนื้อสัมผัส ระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เค้ก และเบเกอรี่ เพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ผลิตที่มีองค์กรขนาดใหญ่ ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีคุณภาพที่สดใหม่ตลอด

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. เค้ก

เค้ก (Cake) เป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดหนึ่ง ที่มีเนื้อละเอียดและเบา คุณภาพของเค้กขึ้นอยู่กับการใช้ส่วนผสมหรือวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มีวิธีการผสมที่ถูกต้อง มีอุณหภูมิของการผสม ระยะเวลาที่อบ และอุณหภูมิที่ใช้ออบที่ถูกต้อง สำหรับส่วนผสมที่ใช้ในการทำเค้กนั้น แบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ พวกที่ทำให้เกิดโครงสร้างของเค้กได้แก่ แป้ง ไข่ และเนย ส่วนพวกที่ทำให้เค้กมีความนุ่มได้แก่ น้ำตาล ไขมัน และผงฟู (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2554)

##### 1.1 ประเภทของเค้ก

เค้กแบ่งตามลักษณะเนื้อเค้กออกเป็น 3 ประเภท (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2554) คือ

**1.1.1 เค้กเนย (Batter-type cakes)** หรือเค้กที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลัก มีแป้ง นม ไข่ เป็นโครงสร้าง โดยปริมาณของเค้กขึ้นฟูด้วยการตีเนยกับน้ำตาลซึ่งทำให้ไขมันเก็บกักอากาศระหว่างตี จนมีลักษณะเป็นครีม ดังนั้นขั้นตอนการผสมแป้งจึงต้องทำอย่างรวดเร็ว เพื่อไม่ให้สูญเสียอากาศภายในส่วนผสม เนื้อเค้กมีความนุ่ม แน่นละเอียด ได้แก่ เค้กเนยสด เยลโลเค้ก ไวต์เค้ก ช็อกโกแลตเค้ก และเค้กผลไม้ เค้กเนยสดมักใช้วิธีการตีครีม โดยนำเอาเนยและน้ำตาลมาตีจนเหนียวเพื่อเก็บอากาศลงไปเนย จากนั้นใส่ไข่ลงไป ตามด้วยการทยอยใส่ส่วนผสมเปียกและแห้งสลับกัน เค้กเนยสดไม่สามารถคงสภาพความแน่นและความชุ่มชื้นได้เมื่ออยู่ในตู้เย็น จึงต้องเพิ่มส่วนผสมเพื่อให้ทนต่อการแช่เย็นได้ เช่น ครีมชีส น้ำตาลไอซิ่ง และ Pastry cream ปัญหาที่พบบ่อยของเค้กเนย คือ เค้กไม่ฟู เนยเหลว เค้กหน้ายุบ เค้กหดตัวจากพิมพ์มากเกินไป และเค้กหน้าแตก ดังแสดงในตารางที่ 2.1

**1.1.2 เค้กไข่ (Foam-type cakes)** เป็นเค้กที่ไม่มีไขมัน หรือ มีไขมันน้อยมากเป็นส่วนผสมเนื้อเค้กและปริมาณของเค้กขึ้นอยู่กับกาขยายตัวของไข่ขาว ที่นำมาตีจนเป็นฟอง ซึ่งจะเก็บอากาศเข้าไปในระหว่างการตีไข่ และทำให้เค้กขยายตัวหรือขึ้นฟูในระหว่างการอบ

**1.1.3 ชิฟฟอนเค้ก (Chiffon-type cakes)** เป็นเค้กที่มีลักษณะรวมของเค้กเนย และเค้กไข่ คือ มีโครงสร้างที่ละเอียดของเค้กไข่ และมีเนื้อเค้กที่มันเงาของเค้กเนย ต่างจากเค้กเนยตรงที่ชิฟฟอนเค้กใช้น้ำมันพืชผสมแทนเนยหรือมาการีนในเค้กเนยและวิธีการผสม

## ตารางที่ 2.1 ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับเค้กเนย

ลักษณะ	สาเหตุ
1. เค้กหน้าแตก	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. น้ำตาลในสูตรน้อยเกินไป</li> <li>2. ของเหลวในสูตรน้อยเกินไป</li> <li>3. คนส่วนผสมนานเกินไป</li> <li>4. ใส่ส่วนผสมมากเกินไป</li> <li>5. อุณหภูมิที่ใช้ในการอบสูงเกินไป</li> </ol>
2. เค้กหน้ายุบ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใส่สารช่วยขึ้นฟูมากเกินไป</li> <li>2. ตีส่วนผสมจนฟูมากเกินไป</li> <li>3. ของเหลวในสูตรมากเกินไป</li> <li>4. อบเค้กไม่สุก</li> <li>5. เคลื่อนย้ายเค้กขณะเค้กไม่อยู่ตัว</li> </ol>
3. เค้กเนื้อแน่น ปริมาตรเล็ก	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผงฟูในสูตรน้อยเกินไป</li> <li>2. ตีเนยกับน้ำตาลน้อยเกินไป</li> <li>3. ตีแป้งนานเกินไป</li> </ol>
4. เค้กหดตัว	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. อุณหภูมิที่ใช้ในการอบต่ำเกินไป</li> <li>2. ใช้เวลาอบนานเกินไป</li> <li>3. นำเค้กออกในขณะที่พิมพ์ร้อน</li> </ol>

ที่มา : จิตรณา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล (2554)

## 2. ส่วนผสมหลักของเค้กเนยสด

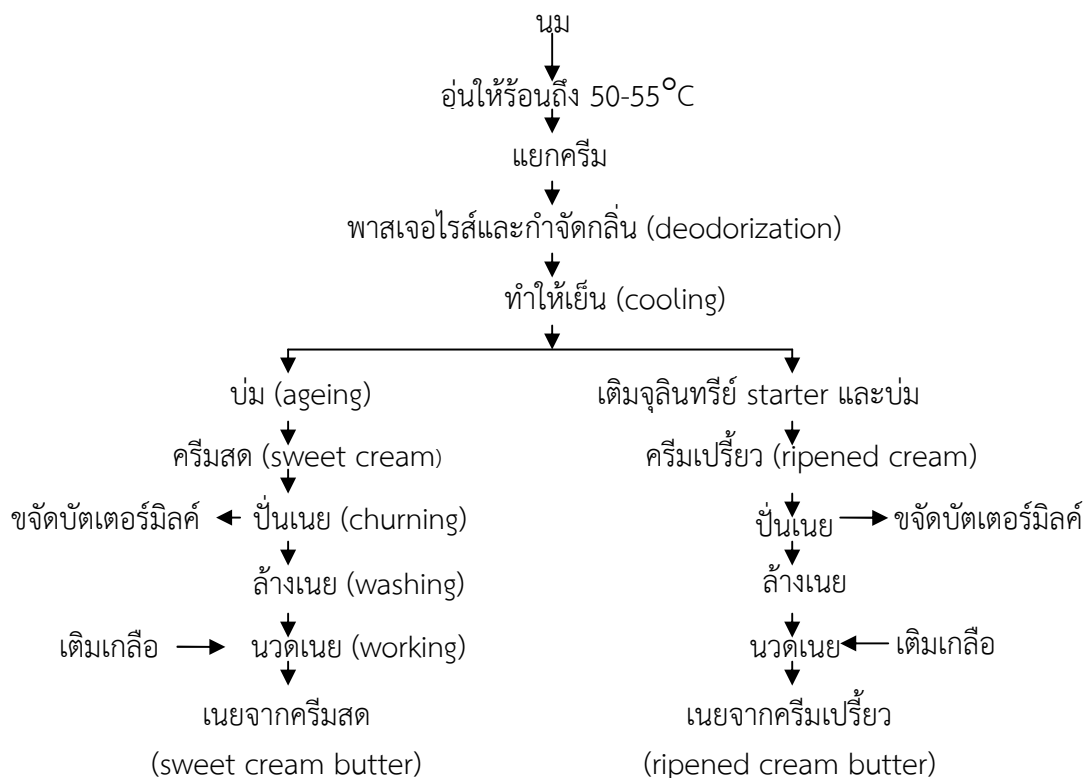
### 2.1 เนย

เนย (butter) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากไขมันนม นอกจากจะประกอบด้วยไขมันนม แล้วยังประกอบด้วยของแข็งในนมไม่รวมไขมัน (Milk solid not fat) และน้ำอีกบางส่วน บางครั้งอาจมีการเติมสารเจือปนอาหารลงไปด้วย มาตรฐานของส่วนผสมประกอบในเนยของไทย ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 30 (พ.ศ.2522) กำหนดให้ เนยต้องมีไขมันนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของน้ำหนัก มีของแข็งในนมได้ไม่เกินร้อยละ 2 มีน้ำได้ไม่เกินร้อยละ 16 และมีเกลือโซเดียมคลอไรด์ได้ไม่เกินร้อยละ 4 ของน้ำหนัก นอกจากนี้จะต้องไม่มีกลิ่นหืน ไม่มีวัตถุกันเสีย ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค รวมทั้งไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (ศิริลักษณ์ สิ้นธวาลัย, 2533) กระบวนการผลิตเนย ดังแสดงในภาพที่ 2.1

#### 2.1.1 ชนิดของเนย

1) เนยจากครีมสด (Sweet cream butter) เป็นเนยที่ผลิตได้จากครีมสด มีการเติมเกลือร้อยละ 1.6 และ ไม่ได้ผ่านการบ่มด้วยเชื้อจุลินทรีย์

2) เนยจากครีมเปรี้ยว (Ripened cream butter) เป็นเนยที่ผลิตได้จากครีมที่ผ่านการบ่มด้วยเชื้อจุลินทรีย์แลคติก และไม่นิยมเติมเกลือ

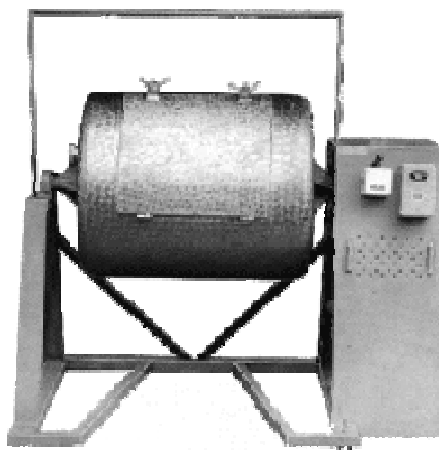


ภาพที่ 2.1 กระบวนการผลิตเนยจากครีมสดและเนยจากครีมเปรี้ยว  
ที่มา : ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. (2533)

### 2.1.2 กระบวนการผลิตเนย

กระบวนการผลิตเนยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) การผลิตเนยแบบไม่ต่อเนื่อง (Conventional process) เป็นวิธีการผลิตเนยแบบเก่าโดยใช้เครื่องปั่นเนยแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch churner) (ภาพที่ 2.2) ชั้นแรกเครื่องจะทำการกววนครีมอย่างรวดเร็วจนเกิดเป็นโฟมของครีม ใบพัดของเครื่องจะตีให้เม็ดไขมันแตกออก ไขมันเหลวที่อยู่ในเม็ดไขมันจะหลุดออกมาทำหน้าที่เป็นสารยึดเกาะให้เม็ดไขมันมารวมกันเกิดเป็นเม็ดเนยขึ้น พร้อมกับมี บัตเตอร์มิลค์แยกออกมา เมื่อปั่นเนยจนได้เม็ดเนยขนาดตามต้องการแล้ว ต้องทำการล้างเนย (Washing) ด้วยน้ำที่สะอาดเพื่อขจัดบัตเตอร์มิลค์ออกให้หมด จากนั้นนำก้อนเนยที่ได้มานวดเพื่อให้เม็ดเนยรวมกันเป็นเนื้อเดียว และขจัดบัตเตอร์มิลค์หรือน้ำที่เหลืออยู่ (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2533)



ภาพที่ 2.2 เครื่องปั่นเนยแบบไม่ต่อเนื่อง  
ที่มา : ศิริลักษณ์ สินธวาลัย (2533)

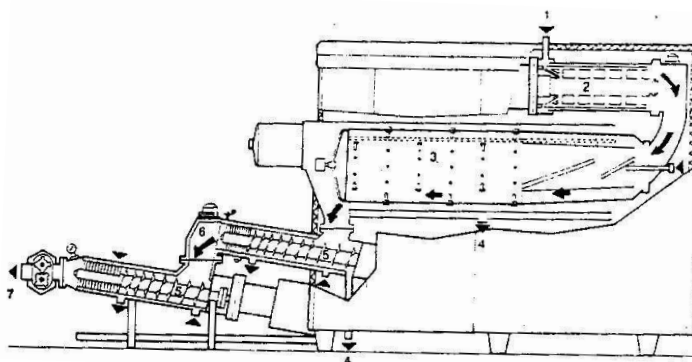
2) การผลิตเนยแบบต่อเนื่อง (Continuous process) เป็นวิธีการผลิตเนยโดยใช้เครื่องผลิตเนยแบบต่อเนื่อง (Continuous churning) (ภาพที่ 2.3) แบ่งได้ เป็น 3 ชนิด คือ

2.1 Fritz process หรือ Accelerated churning เป็นเครื่องผลิตที่ทันสมัยสามารถผลิตได้อย่างรวดเร็ว ระบบนี้มีการใช้ใบพัดสำหรับตีครีมทำให้เกิดเม็ดเนยขึ้น จากนั้นจะระบายมอเตอร์มีลค์ออกแล้วส่งเนยที่ได้ไปล้าง และนวดต่อไป

2.2 Phase inversion ระบบนี้มีการทำให้ครีมที่มีไขมันร้อยละ 30-40 เข้มข้นขึ้นจนได้ครีมที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 80 - 82 จากนั้นครีมที่เข้มข้นขึ้นนี้จะถูกเปลี่ยนสภาพจาก Oil-in-water emulsion เป็น Water-in-oil emulsion

2.3 Emulsification process เป็นระบบที่ใช้ครีมที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 30-40 และมีการทำให้อิมัลชันแตกออกก่อนที่ปรับความเข้มข้นของไขมัน น้ำ และเกลือ จากนั้นทำให้เป็นอิมัลชันอีกครั้ง แล้วทำให้เย็นและนวดต่อไป

ข้อดีของระบบต่อเนื่อง คือ สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ ลดการเกิดออกซิเดชัน และมีประสิทธิภาพการผลิตที่ดีกว่าแบบไม่ต่อเนื่อง ปัจจุบันนิยมใช้ Fritz process กันมาก และมีการผลิตเครื่องปั่นเนยชนิดนี้ออกมาหลายบริษัทโดยมีหลักการทำงานคล้ายกัน (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2533)



ภาพที่ 2.3 กระบวนการผลิตเนยแบบต่อเนื่อง

ที่มา : ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. (2533)

ในการผลิตเริ่มต้นโดยครีมจะถูกส่งเข้ามายังเครื่องผลิตเนยทางด้านบนสุด ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการปั่นชั้นแรกด้วยความเร็วสูงซึ่งจะทำให้เม็ดไขมันแตกภายใน 1-2 วินาที จากนั้นส่วนผสมของเม็ดเนย และ บัตเตอร์มิลค์จะผ่านไปสู่อุปกรณ์ที่ทำการปั่นที่สอง เม็ดเนยจะถูกกวว และ สุกท้ายก็จะผ่านตะแกรงละเอียด ทำให้มีการปรับขนาดของเม็ดเนย และมีการกำจัดบัตเตอร์มิลค์ออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นเม็ดเนยจะถูกส่งไปยังส่วนที่ทำการนวดเนย ทำให้บัตเตอร์มิลค์ที่อยู่ภายในก้อนเนยถูกบีบออกมา และทำให้หยดน้ำเล็กๆ กระจายไปทั่วทำให้เกิดสภาพของ Water-in-oil emulsion ช่วงหลังจะมีการเติมเกลือลงไปในรูปแบบของสารละลาย สำหรับขั้นตอนการล้างอาจไม่จำเป็นต้องทำถ้าในกระบวนการผลิตมีสัญลักษณ์ที่ดีตั้งแต่ต้น

## 2.2 เนยคีนรูป

เนยคีนรูป คือ เนยที่ได้จากการนำส่วนผสมต่างๆ มารวมกัน แล้วผ่านการปั่นจนได้เป็นเนย โดยส่วนผสมของเนยคีนรูป ได้แก่

### 2.2.1 ส่วนผสมของเนยคีนรูป

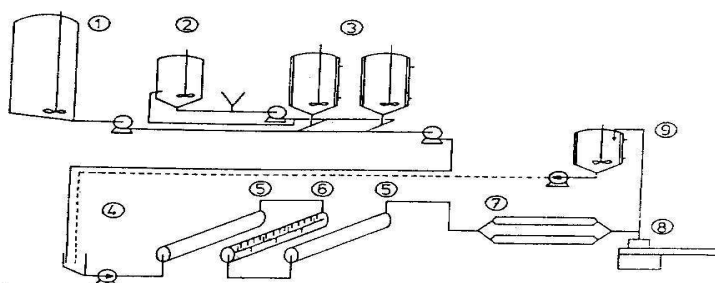
1) Anhydrous milk fat หรือเรียกว่า Anhydrous butter oil เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนํ้านม หรือ ครีม หรือ เนยที่ผ่านการขจัดเอาน้ำและของแข็งไม่รวมไขมันในนมออกหมดจนเกือบสมบูรณ์ตามมาตรฐานของ IDF กำหนดไว้ว่า Anhydrous milk fat จะต้องมีส่วนไขมันนมอย่างน้อยร้อยละ 99.8 น้ำไม่เกินร้อยละ 0.1 กรดไขมันอิสระไม่เกินร้อยละ 0.3 ทองแดงไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม และเหล็กไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม

- 2) หางนมผง ควรเป็นหางนมผงที่มีคุณภาพดีหรือใช้บัตเตอร์มิลค์ผง
- 3) เกลือ ควรเป็นเกลือที่มีคุณภาพดี มีความบริสุทธิ์สูง
- 4) Emulsifier ที่นิยมใช้เติมในเนยคีนรูป ได้แก่ Lecithin
- 5) สารให้กลิ่นรส อาจเติม Diacetyl เพื่อให้กลิ่นรสดีขึ้น

6) น้ำ ควรเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีทั้งด้านเคมี และจุลินทรีย์ ก่อนใช้ควรต้มก่อนเพื่อทำลายเชื้อและตกผลึกเกลือที่ไม่ต้องการ

### 2.2.2 กระบวนการผลิตเนยคีนรูป

การผลิตเริ่มจากการเตรียมส่วนผสมที่เป็นไขมันโดยใช้ Anhydrous milk fat มาหลอมเหลวแล้วเติมอิมัลซิไฟเออร์ลงไป จากนั้นส่งไปยังถังผสมเติมส่วนผสมที่เป็นของเหลวลงในส่วนผสมที่เป็นไขมัน และเข้าสู่ถังกวนเพื่อให้เกิดอิมัลชัน แล้วส่วนผสมทั้งหมดจะถูกปั๊มให้ไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Scraped-surface อย่างช้าๆ ไขมันจะถูกทำให้เย็นและตกผลึก หลังจากนั้นจะส่งไปยังส่วนที่ทำการนวด แล้วผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีกครั้ง สุดท้ายผ่านเข้าท่อพักเพื่อให้ไขมันตกผลึกต่ออย่างสมบูรณ์ ทำให้ได้เนยที่มีความคงตัวพร้อมที่จะบรรจุได้ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 กระบวนการผลิตเนยคีนรูป

ที่มา : ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. (2533)

### 2.3 เนยเทียม

เนยเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นอิมัลชันของน้ำในน้ำมัน (Water-in-oil) เช่นเดียวกับเนย แต่จะประกอบด้วยน้ำมันหรือไขมันชนิดอื่นที่ไม่ใช่ไขมันนมเป็นส่วนใหญ่หรือทั้งหมด แล้วผ่านการผลิต ปรงแต่งสี และกลิ่นรส เนยเทียมต้องมีคุณภาพ หรือมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 37 (พ.ศ.2522) คือ ไม่มีกลีนา หิน มีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 80 ของน้ำหนัก มีวิตามินเอ หรือโปรวิตามินเอหรือทั้งสองอย่างรวมกันไม่น้อยกว่า 25 หน่วยสากล ในเนยเทียม 1 กรัม มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ได้ไม่เกินร้อยละ 4 มีน้ำได้ไม่เกินร้อยละ 16 ของน้ำหนัก ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และไม่มีสารพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ โดยเนยเทียมแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ มาการีน จะมีการแต่งกลิ่นและสีให้ใกล้เคียงกับเนยสด และ เนยขาวไม่มีการแต่งกลิ่น รส และสี

#### 2.3.1 ส่วนผสมของเนยเทียม

- 1) ไขมันและน้ำมัน สามารถเลือกใช้ได้หลายชนิดขึ้นกับชนิดและราคาของไขมันที่หาได้ โดยอาจใช้ไขมันจากสัตว์หรือไขมันพืชก็ได้
- 2) หางนม หรือหางนมผง หรืออาจใช้ผลิตภัณฑ์จากเวย์ก็ได้
- 3) เกลือ เกลือที่ใช้ควรมีคุณภาพดี เม็ดเล็กละเอียด

4) สารอิมัลซิไฟเออร์ ได้แก่ Monoglyceride และ Diglyceride ซึ่งจะใช้ ร้อยละ 0.1-0.3 และมักใช้ร่วมกับ Lecithin ร้อยละ 0.1

5) วิตามินและสี บางประเทศอนุญาตให้เติมวิตามินในมาการีนได้ โดยในประเทศไทยอนุญาตให้เติมวิตามินเอได้ไม่เกิน 25 หน่วยต่อกรัม ส่วนการเติมบีต้าแคโรทีน จะทำได้ ทั้งวิตามินเอ และสี

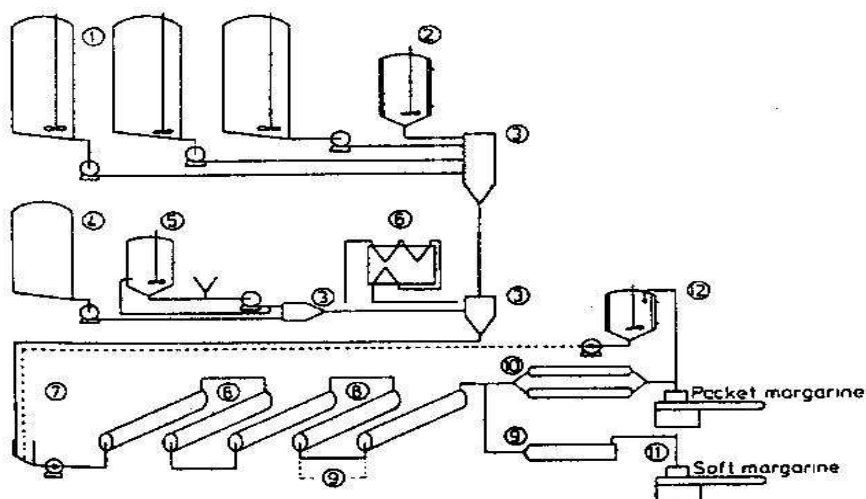
6) สารกันเสีย บางประเทศอนุญาตให้เติมสารกันเสียลงในมาการีนได้

7) สารกันหืน หลายประเทศอนุญาตให้เติมสารกันหืนได้ สารกันหืนที่ใช้กัน มากในปัจจุบัน ได้แก่ Butylated hydroxyanisole, Butylated hydroxytoluene และ Propyl gallate

8) น้ำ น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำที่มีคุณภาพดี

### 2.3.2 กระบวนการผลิตเนยเทียม

การผลิตเริ่มจากเตรียมส่วนผสมที่เป็นไขมันแยกกับส่วนผสมที่เป็นน้ำ โดยในส่วนที่เป็นไขมันจะเตรียมที่ อุณหภูมิ สูงกว่าจุดหลอมเหลวของไขมันที่ใช้ ถ้าจะผลิตมาการีนที่มีการหมัก ด้วยจุลินทรีย์ เมื่อเตรียมส่วนผสมที่เป็นไขมัน และเป็นน้ำเสร็จแล้ว ผสมส่วนผสมทั้งสองเข้าด้วยกันใน ถังผสมซึ่งมีใบกวนหมุนด้วยความเร็วสูงเพื่อให้เกิดสภาพเป็น Water-in-oil emulsion จากนั้นนำไป พาสเจอไรส์ แล้วทำให้เย็นลง จากนั้นทำให้เย็นถึงจุดที่ไขมันตกผลึกโดยใช้เครื่องทำความเย็นแบบ Scraped surface แล้วส่วนผสมทั้งหมดจะถูกส่งไปยังส่วนที่ทำการนวด ท่อพัก และเครื่องบรรจุ ต่อไปหลังพาสเจอไรส์ส่วนผสมแล้วจะทำให้เย็นแล้วจึงเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ลงไป ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 กระบวนการผลิตมาการีน

ที่มา : ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. (2533)

## 2.4 แป้งสาลี

แป้งสาลีมีโปรตีนสองชนิดอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือ กลูเตนิน และไกลอะดิน ซึ่งเมื่อนำแป้งสาลีมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้เกิดโครงสร้างที่เรียกว่า กลูเตน มีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเตนนี้จะเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ทำให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ คุณภาพของแป้งสาลีที่นำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แต่ละชนิดแตกต่างกัน แป้งที่ใช้ทำเค้กควรมีโปรตีนต่ำประมาณร้อยละ 7 - 9 ให้กลูเตนต่ำ เมื่อผสมแล้วจะไม่ให้ความเหนียวและแข็งแก่เนื้อเค้ก แต่ก็ควรมีความคงตัวเป็นโครงร่าง ขึ้นฟู มีรูพรุนและเนื้อนุ่ม ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของแป้ง เพื่อให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี โดยใช้ปริมาณที่เหมาะสม ถ้ามากหรือน้อยเกินไปก็จะมีผลต่อคุณภาพเค้ก (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2554)

## 2.5 ไข่

ไข่ ช่วยในการให้โครงสร้าง สี กลิ่นรส และคุณค่าทางอาหารแก่เบเกอรี่และมีผลต่อการขึ้นฟูของเค้กแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการเก็บฟองอากาศไว้ในโครงสร้างของไข่แต่ละชนิด และเวลาที่ใช้ในการตีไข่นั้น ไข่ขาวจะมีผลต่อการขึ้นฟูให้ลักษณะฟองอากาศเล็กและอยู่ตัวดีกว่าไข่ทั้งฟองและไข่แดง เมื่อตีไข่ขาวจะเกิดฟองซึ่งประกอบด้วยฟองอากาศเล็กๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งแต่ละฟองจะล้อมรอบด้วยแผ่นโปรตีนจากไข่ การตีไข่ด้วยเครื่อง และการสัมผัสของแผ่นโปรตีนบางกับอากาศจะทำให้โปรตีนบางส่วนแข็งตัว และทำให้ฟองนั้นคงตัวในการอบ ฟองอากาศจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน และแผ่นโปรตีนจะยืดหยุ่นเพียงพอที่จะยึดได้เมื่อส่วนผสมหรือไข่ขาวที่ตีแข็ง ได้รับอุณหภูมิสูงถึงจุดโปรตีนจะแข็งตัวอย่างทั่วถึง จะสูญเสียความยืดหยุ่นและจะจับตัวเป็นโครงสร้างที่แข็งของผลิตภัณฑ์ (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2554)

## 2.6 นม

นม เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างของเค้ก เนื่องจากมีโปรตีนในองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังใช้แทนส่วนของน้ำในสูตรได้ เพราะมีน้ำมากถึงร้อยละ 87 ช่วยเสริมคุณค่าทางอาหารและกลิ่นรสแก่เค้ก นอกจากนี้ยังช่วยรวมส่วนผสมอื่น ๆ เข้าด้วยกัน ช่วยละลายน้ำตาลซึ่งเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ เมื่อรวมกับของเหลว ความชื้นของนมนั้นไม่ได้เป็นทั้งตัวทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งหรือนุ่มขึ้น แต่เมื่อรวมกับส่วนผสมอื่น ๆ แล้วอาจช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีทั้งความแข็งและความนุ่มทั้งสองอย่างได้ (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2554)

## 2.7 น้ำตาล

น้ำตาลเป็นส่วนผสมสำคัญของเค้ก เพื่อให้ความนุ่ม ชุ่มฉ่ำ และให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยในการตีครีม และตีไข่ให้มีความคงตัว และขึ้นฟู ช่วยเก็บความชื้นและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มอยู่ได้นาน ทำให้เปลือกนอกของผลิตภัณฑ์มีสีที่ดี และเพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่ผลิตภัณฑ์ (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2554)

## 2.8 สารขึ้นฟู

เบเกอรี่ที่พองตัวขึ้น เนื่องจากสารที่ช่วยให้ขึ้นฟู 3 ชนิดหลัก คือ อากาศที่แทรกตัวอยู่ในส่วนผสมจากการตี หรือผสมส่วนผสมให้เข้ากัน เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีในส่วนผสม โดย

การใส่ยีสต์หรือผงฟูลงไปทำให้เกิดปฏิกิริยาในขณะที่ผสมได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แทรกตัวอยู่ และการขึ้นฟูเนื่องจากไอน้ำที่เกิดขึ้นในขณะที่อบ (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2554)

## 2.9 สารเสริมคุณภาพ

สารเสริมคุณภาพ ช่วยให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น คือทำให้นุ่มเก็บได้นานทำให้ได้ปริมาณมากขึ้น เก็บได้นาน เช่น EC25K เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ช่วยในการเสริมคุณภาพที่ดีของเค้กที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลักทุกชนิด มีลักษณะเป็นครีมสีขาวออกเหลือง ช่วยทำให้เกิดการรวมตัวที่ดีของไขมันและของเหลวในส่วนผสมของเค้ก ไม่เกิดการแยกตัว มีปริมาณมากขึ้น เนื้อฟูเบา ละเอียดและนุ่ม ควรใช้ประมาณร้อยละ 12 - 15 ของน้ำหนักไขมันในสูตรผสมลงในเนย (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2554)

## 3. กระบวนการผลิตเค้กเนยสด

การผสมเค้กเนยสดมีหลายวิธี ซึ่งวิธีที่ใช้จะมุ่งถึงหลักการเกิดเซลล์อากาศและเก็บไว้ในแป้ง ส่วนผสมให้มากที่สุดและนานที่สุดก่อนที่จะนำไปอบ ดังนั้นจะต้องมีการตีเนย หรือ ไขมันให้กระจาย เป็นเนื้อเดียวกันกับแป้งผสม ซึ่งต้องกระทำอย่างรวดเร็วและไม่ให้มีการสูญเสียเซลล์อากาศได้ เนื่องจากจะทำให้ปริมาตรเค้กต่ำ เนื้อเค้กแข็งและฉะตรงกลางได้ในที่สุด (ประติษฐ์ คำหนองไผ่, 2533)

วิธีการที่ใช้กันมากในเค้กเนยสด คือ วิธีตีครีม ซึ่งให้ปริมาตรเค้กดี และวิธีคนผสมจะให้เค้กมีเนื้อนุ่มกว่า หน้าของไขมันในส่วนผสมของเค้ก คือ ช่วยกักเก็บอากาศในขณะที่ตีส่วนผสม ทำให้ขึ้นฟูช่วยในการแทรกตัวระหว่างโปรตีนและสตาร์ช 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 เค้กจะนุ่มและเนื้อสัมผัสนุ่ม รูปร่างพองฟูและยุบง่าย

ชนิดของไขมันที่ใช้ในส่วนผสมเค้ก คือ เนยสด เพราะให้กลิ่นรสดี แต่ให้ลักษณะของเนื้อเค้กไม่ดีเท่าเนยขาวหรือมาร์การีนโดยเฉพาะเนยขาวชนิดพิเศษ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ด้วยจะช่วยให้ขึ้นฟูและให้เนื้อเค้กนุ่มกว่า ดังนั้น การผลิตเค้กในปัจจุบันจึงใช้เนยขาวร่วมกับเนยสด หรือร่วมกับมาร์การีนมากกว่าที่จะใช้เพียงเนยสดอย่างเดียว โดยวิธีผสมเค้กเนยสดมี 4 วิธีคือ (ประติษฐ์ คำหนองไผ่, 2533)

### 3.1 วิธีตีครีม (Creaming method)

ผสมไขมันกับน้ำตาลโดยตีด้วยความเร็วปานกลางของเครื่องเพื่อให้ส่วนผสมอยู่ในสภาพที่อ่อนตัวปานกลางและเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน มีลักษณะเป็นครีม เซลล์อากาศที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซึมไว้ในส่วนผสมทำให้ส่วนผสมเบาและฟูตัวขึ้นจากนั้นเติมไข่ลงไปทีละฟองตจนส่วนผสมเข้ากันอย่างทั่วถึงเมื่อเติมไข่ลงไปหมดแล้วส่วนผสมจะเบาและอ่อนตัวขึ้น ช่วงสุดท้ายเป็นการเติมของเหลว (น้ำหรือนม) และแป้งสลับกันไป ทั้งนี้เพื่อให้แป้งค่อยๆดูดซึมน้ำบางส่วนและป้องกันการจับตัวกันเป็นก้อน ผสมต่อไปจนส่วนผสมเรียบเนียนด้วยความเร็วต่ำสุดของเครื่องเพื่อป้องกันการเกิดกลูเตนในแป้ง ถ้าผสมนานเกินไปจะทำให้ส่วนผสมเหนียวและเค้กที่อบออกมาจะแข็งได้

### 3.2 วิธีคนผสม (Blending method)

วิธีนี้ใช้สำหรับเค้กที่มีส่วนผสมของน้ำตาลและน้ำในเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าแป้ง (High ratio cake) เค้กที่ผสมโดยวิธีนี้จะมีปริมาตรต่ำแต่มีความชุ่ม นุ่มและมีเนื้อเค้กที่ละเอียดและมีคุณภาพในการเก็บได้ดี ขั้นตอนการผสม คือ ผสมแป้งกับไขมันให้เข้ากันจนเม็ดแป้งถูกห่อหุ้มด้วยไขมันอย่างทั่วถึง แล้วจึงเติมส่วนผสมอื่นๆ ลงไป เติมของเหลวลงไปประมาณร้อยละ 25 ของของเหลวที่ใช้รวมทั้งไข่ด้วย ผสมส่วนผสมทั้งหมดไปสักพัก แล้วจึงเติมของเหลวส่วนที่เหลือลงไป ผสมต่อจนกระทั่งส่วนผสมเรียบเนียน

### 3.3 วิธีชุกรวอเตอร์ (Sugar-water method)

วิธีการผสม คือ ใส่น้ำตาลทั้งหมดลงในชามผสม ใส่น้ำที่มีน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำตาลลงไป ในน้ำตาลแล้วคนจนส่วนน้ำตาลเป็นสารละลาย เติมส่วนผสมอื่นๆเช่น แป้ง นมผง เกลือและผงฟูลงไป ผสมด้วยความเร็วปานกลางจนกระทั่งขึ้นฟูแล้วจึงเติมไข่ลงไปอีกจนเรียบเนียน เนื่องจากการผสมด้วยวิธีนี้จะให้การขึ้นฟูที่ดีและไม่จำเป็นต้องปาดส่วนผสมที่ติดอยู่ด้านข้างๆ ชามผสมบ่อยๆ เหมือนวิธีตีครีมและวิธีคนผสม การใช้ผงฟูจะลดลงประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณปกติที่ใช้ แต่ต้องใช้น้ำเพิ่มขึ้น

### 3.4 วิธีผสมครั้งเดียว (Single-stage method)

การผสมส่วนผสมทั้งหมดรวมเข้าด้วยกัน ยกเว้นไข่ แล้วตีด้วยหัวตีตะกร้อด้วยความเร็วของเครื่องสูงประมาณ 1 นาที แล้วจึงเติมไข่ลงไป ตีต่อไปอีกประมาณ 30 วินาที โดยใช้อัตราเร็วของเครื่องต่ำ วิธีการนี้มักใช้กับเค้กสำเร็จรูป

## 4. การอบ

ในการอบอาหารนั้นอาหารจะได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีจากผนังเครื่องอบ การพาความร้อนจากอากาศที่หมุนเวียนและการนำความร้อนผ่านภาชนะที่มีอาหารวางอยู่ ความร้อนส่วนใหญ่จะถ่ายเทไปยังอาหารโดยการนำความร้อน แม้ว่าในขณะนี้จะเกิดการพาความร้อนในช่วงแรกของการให้ความร้อนอาหารจะดูดซับรังสีอินฟราเรดและเปลี่ยนเป็นความร้อนโดยการกระทำของโมเลกุลในอาหาร ส่วนการถ่ายเทความร้อนของอากาศ ก๊าซอื่นๆ และไอน้ำในเครื่องอบเกิดขึ้นโดยการพาความร้อน

ร้อน และเปลี่ยนเป็นการนำความร้อนที่ผิวหน้าของอาหารและที่ผนังเครื่องอบ พิล์มบางๆของอากาศเป็นตัวต้านทานการถ่ายเทความร้อนสู่อาหารและการเคลื่อนที่ของไอน้ำจากอาหาร ความเร็วของอากาศและคุณสมบัติผิวหน้าของอาหารจะเป็นตัวกำหนดความหนาของชั้นฟิล์มนี้ กระแสการพาความร้อนส่งเสริมให้เกิดการกระจายความร้อนอย่างสม่ำเสมอในตู้อบ มีการติดตั้งพัดลมในตู้อบอุตสาหกรรมเพื่อเสริมกระแสการพาความร้อนตามธรรมชาติ ลดความหนาของของฟิล์มฉนวนและเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

ความชื้นที่ผิวหน้าจะระเหยและถูกกำจัดไปโดยความร้อนเมื่ออาหารวางอยู่ในเตาอบ อากาศในตู้อบซึ่งมีความชื้นต่ำจะทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอและทำให้ความชื้นเคลื่อนที่จากใจกลางอาหารออกมาซึ่งที่ผิวของอาหาร คุณสมบัติของอาหารและอัตราการให้ความร้อนจะเป็นตัวกำหนดปริมาณความชื้นที่เสียไป เมื่ออัตราการสูญเสียความร้อนสูงกว่าอัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในจะทำให้แนวของการระเหยเคลื่อนที่เข้าไปภายในอาหาร ทำให้ผิวอาหารแห้งและอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นถึงอุณหภูมิของลมร้อน (110 – 240 องศาเซลเซียส) จึงเกิดเปลือกแข็งด้านนอกขึ้น อุณหภูมิภายในอาหารจะไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส เนื่องจากการอบเกิดขึ้นที่ความดันบรรยากาศและความชื้นจะเคลื่อนที่ออกจากอาหารอย่างอิสระการเปลี่ยนแปลงนี้เหมือนกับกรอบแห้งด้วยลมร้อน แต่การให้ความร้อนอย่างรวดเร็วและอุณหภูมิที่สูงกว่าทำให้องค์ประกอบของอาหารที่ผิวหน้าเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างสลับซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงนี้ช่วยเพิ่มคุณภาพของการบริโภคและรักษาความชื้นภายในก่อนอาหารให้คงอยู่ (วิลโลว์ รังสาตทอง, 2531)

#### 4.1 ผลกระทบต่ออาหาร

วัตถุประสงค์ของการอบนอกจากจะเป็นการเปลี่ยนคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสของอาหารและเพื่อเพิ่มกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารแล้ว การอบยังเป็นการทำลายเอ็นไซม์และเชื้อจุลินทรีย์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื่องจากสามารถลดค่าความชื้นของอาหารได้ในระดับหนึ่ง

##### 4.1.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส

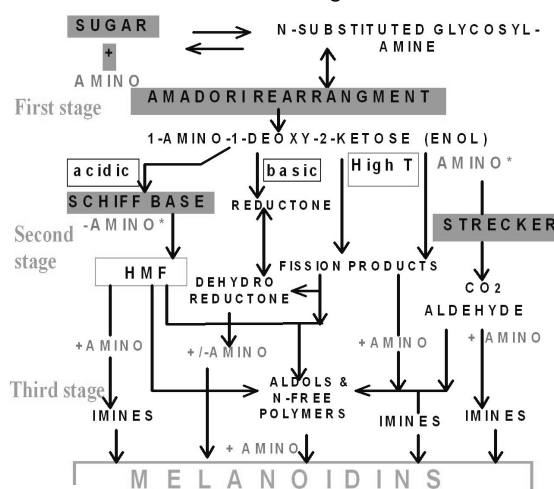
การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ลักษณะของอาหาร (ความชื้น องค์ประกอบของไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง เช่น เซลลูโลส และแป้ง) อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน ลักษณะเฉพาะของอาหารอบ ได้แก่ การเกิดเปลือกแข็งซึ่งจะช่วยรักษาความชื้นภายในอาหารไว้ (เช่น เนื้อ ขนมปัง มันฝรั่ง) อาหารอื่นๆ เช่น บิสกิต จะถูกอบจนมีความชื้นต่ำและเกิดมีลักษณะเหมือนเปลือกแห้งทั่วไปในอาหาร

การให้ความร้อนอย่างรวดเร็วจะทำให้เปลือกอาหารแข็ง ซึ่งจะป้องกันการเสียความชื้นและไขมันพร้อมทั้งป้องกันการเสื่อมสลายของสารอาหารและองค์ประกอบด้านกลิ่นรส ความเข้มข้นของความดันไอกว้างในอากาศจะสูงกว่าความดันไอของอาหารด้านนอกมาก ความชื้นจึงเคลื่อนที่จากด้านในของอาหารออกมาระหว่างการเก็บรักษา ถ้าวิธีเก็บรักษา เช่น การแช่แข็งตรึงความชื้นไม่ได้ ความชื้นจะเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวและทำให้เปลือกอาหารนิ่ม ไม่น่ารับประทานและทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง การให้ความร้อนอย่างช้าๆ จะทำให้ความชื้นหนีออกมาจากผิวหน้าของอาหารได้มากกว่าก่อนที่จะถูกปิดกั้นโดยเปลือกแข็ง วิธีนี้จะทำให้เกิดความแตกต่างของความเข้มข้นของ

ไอน้ำที่ไม่มากนัก และทำให้ด้านในของอาหารแห้งกว่าการใช้ไอน้ำ การให้ความร้อนช่วงต้นของการอบขนมปังจะช่วยลดการสูญเสีย น้ำของผิวโดได้ และทำให้เปลือกแข็งมีสภาพยืดหยุ่นอยู่ได้นานขึ้น นับเป็นการหลีกเลี่ยงการแตกในโดและทำให้โดขยายตัวได้เต็มที่ขึ้น เปลือกที่ได้จะนุ่มนวลและเป็นเงากว่า นอกจากนี้ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในแป้งยังช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ทำให้เปลือกมีสีสวยน่ารับประทานด้วย (วิลโล รังสาทอง, 2531)

#### 4.1.2 สี และ กลิ่น รส

กลิ่นที่ได้จากการอบเป็นลักษณะเฉพาะด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญของอาหารอบ การได้รับความร้อนสูงของผิวอาหารทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาล และกรดอะมิโน ผู้วิจัยหลายท่านได้ศึกษารายละเอียดทางเคมีของปฏิกิริยาเมลลาร์ด และ Streaker degradation พบว่า อุณหภูมิสูง และความชื้นต่ำในชั้นผิวของอาหารทำให้น้ำตาลกลายเป็นคาราเมล กรดไขมันเกิดออกซิเดชัน และเปลี่ยนไปเป็นแอลดีไฮด์ แล็กโตน คีโตน แอลกอฮอล์ และเอสเทอร์ ได้ปฏิกิริยาเมลลาร์ด และ Streaker degradation ทำให้เกิดกลิ่นต่างๆ เนื่องจากการรวมตัวกันของ กรดอะมิโนอิสระ และ น้ำตาลที่อยู่ในอาหารบางชนิด กรดอะมิโนแต่ละชนิดจะผลิตกลิ่นเฉพาะ เมื่อได้รับความร้อนร่วมกับน้ำตาล และเปลี่ยนไปเป็นแอลดีไฮด์เฉพาะอย่างขึ้น กลิ่นที่ได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำตาลและสภาวะการให้ความร้อน เช่น กรดอะมิโนโปรลีน จะให้กลิ่นมันฝรั่ง เห็ดหรือไข่ไหม้ เมื่อได้รับความร้อนกับน้ำตาลต่างชนิดที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อให้ความร้อนต่อไปจะทำให้สารหอมระเหยที่เกิดจากกลไกดังกล่าว เกิดเสื่อมสภาพ และกลายเป็นสารที่ให้กลิ่นใหม่แทน ดังนั้นจึงเกิดสารให้กลิ่นมากมายหลายชนิดในระหว่างการอบ ชนิดของกลิ่นจะขึ้นอยู่กับการรวมตัวกันของไขมัน กรดอะมิโน และน้ำตาล เฉพาะอย่างในชั้นผิวของอาหาร อุณหภูมิและความชื้นของอาหารตลอดระยะเวลาการให้ความร้อน สีน้ำตาลทองที่เกิดขึ้น ในอาหารอบเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด การเกิดคาราเมล ของน้ำตาล และเดกทรินซ์ ซึ่งอยู่ในอาหารหรือเกิดจากการไฮโดรไลซิสแป้งเป็นเฟอร์เฟอร์าล (Furfural) และไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์เฟอร์าล (Hydroxymethyl furfural) การเกิดคาร์บอนในเซชัน (Carbonization) ของน้ำตาล ไขมัน และโปรตีน (Hodge, 1953) ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด

ที่มา : Hodge. (1953)

### 4.1.3 คุณค่าทางโภชนาการ

อาหารอบหลายชนิด เช่น ขนมปัง และเนื้อ เป็นอาหารหลักที่สำคัญรวมถึงเป็นแหล่งโปรตีน วิตามิน และเกลือแร่ที่สำคัญในหลายประเทศ ไลซีนเป็นกรดอะมิโนที่มีน้อยในแป้งสาลี และถูกทำลายได้ง่ายในระหว่างการอบ

การเปลี่ยนแปลงด้านคุณค่าทางโภชนาการเกิดขึ้นมากที่สุดที่ผิวของอาหาร อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดผลกระทบต่อการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการโดยรวมสำหรับขนมปังที่อบบนภาคนั้น ผิวหน้าเท่านั้นที่ได้รับผลกระทบ เพราะภาตจะเป็นตัวป้องกันขนมปังส่วนใหญ่จากการเปลี่ยนแปลงด้านโภชนาการ เกิดการสูญเสียวิตามินอื่น ๆ น้อยมากนอกจากวิตามินซีที่ถูกทำลายทั้งหมดระหว่างการอบจึงมีการเติมวิตามินซีลงในโดขนมปังเพื่อเป็นการเสริมวิตามินซี สำหรับโดขนมปังที่ทำให้ฟูขึ้นโดยปฏิกิริยาทางเคมีนั้น สภาวะที่เป็นต่างจะช่วยให้น้ำมันที่จับอยู่กับแป้งและโพลีเปปไทด์หลุดออกมาและมีความเข้มข้นสูงขึ้น การหมักนานขึ้นจะช่วยเพิ่มปริมาณของวิตามินบี และวิตามินอื่นในขนมปัง นอกจากนี้โทอามีนซึ่งเป็นวิตามินที่ไวต่อความร้อนที่สำคัญที่สุดทั้งในอาหารธัญพืชและเนื้อการสูญเสียโทอามีนในขนมปังอบแบบภาคมีค่าประมาณร้อยละ 15 (Bender, 1978) แต่การสูญเสียโทอามีนของขนมเค้กหรือบิสกิตที่ทำให้ขึ้นฟูด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตอาจสูงถึงร้อยละ 50 – 95

ลักษณะทางกายภาพของโปรตีนและไขมันจะเปลี่ยนไปในระหว่างการอบ คาร์โบไฮเดรตกลายเป็นเจลและถูกย่อยเป็นเดกซทรินและน้ำตาลรีดิวิซ์ แต่ก็ไม่มีผลมากต่อคุณค่าทางโภชนาการทั้งใน 2 กรณี การสูญเสียกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวิซ์ในปฏิกิริยาเมลลาร์ดทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการเพียงเล็กน้อย การสูญเสียไลซีนในปฏิบัติเมลลาร์ดทำให้คุณภาพของโปรตีนลดลงเล็กน้อย อัตราส่วนประสิทธิภาพของโปรตีน (Protein efficiency ratio) ในขนมปังลดลงร้อยละ 23 เทียบกับวัตถุดิบที่เป็นแป้ง (Bender, 1978) การสูญเสียดังกล่าวเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้นหรือเมื่อเวลาในการอบนานขึ้นในสภาพที่มีน้ำตาลรีดิวิซ์สูง นอกจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในแป้ง การเติมน้ำตาลในโด การใช้เอนไซม์อะไมเลสจากเชื้อราและการฉีดไอน้ำเข้าไปในตู้อบเพื่อทำให้แป้งที่ผิวกลายเป็นเจลและเพื่อปรับปรุงสีของเปลือกถั่วแต่มีผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนในระดับหนึ่ง การลดความหนาของโดจาก 4.9 มิลลิเมตร เป็น 3.8 มิลลิเมตร และอบที่ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที สำหรับบิสกิตทำให้เกิดการสูญเสียกรดอะมิโนดังนี้ ทริปโตฟานจากร้อยละ 8 เป็นร้อยละ 44 เมทไอโอนีนจากร้อยละ 15 เป็นร้อยละ 48 ไลซีนจากร้อยละ 27 เป็นร้อยละ 61 ในข้าวโพดจะเกิดการสูญเสียไลซีนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 88 มีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการเติมสารเหล่านี้เสริมลงไปการผลิตอาหารจากธัญพืช (วิลโลว์ รังสาดทอง, 2531)

## 5. เจลาตินในเซชัน

เจลาตินในเซชัน (Gelatinization) เกิดจากโมเลกุลของสตาร์ชประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic)

เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห Micelles ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่สตาร์ชอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์ นี้เรียกว่า การเกิดเจลลิตไนเซชัน อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืด เรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลลิตไนซ์ เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดความหนืด มักจะเรียกจุดนี้ว่าอุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting temperature) หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting time) ซึ่งจะแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด แป้งจากพืชหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง จะมีอุณหภูมิเริ่มเจลลิตไนซ์ต่ำกว่าอุณหภูมิของแป้งจากธัญชาติ (วิลโลว์ รังสาตทอง, 2531)

## 6. การใช้ไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลสในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

ไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลส (Hydroxypropylmethylcellulose; HPMC) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น คือ จะเกิดเป็นเจลได้เมื่อได้รับความร้อนและจะกลับเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดเมื่อปล่อยให้เย็นลง จึงนำไปใช้กับอาหารประเภททอด ซึ่งจะเป็นตัวช่วยป้องกันไม่ให้น้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร ถูกดูดซึมเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์อาหารด้วย

ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดนี้กระจายตัวได้ดีในน้ำที่อุณหภูมิต่ำ และจะกลายเป็นเจลที่อุณหภูมิสูง สมบัตินี้ช่วยทำให้อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ มีความคงตัวดีที่อุณหภูมิต่ำ โดยนำไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลสมาทำให้เกิดการกระจายตัวในน้ำร้อนก่อนโฮมอิจไนซ์อิมัลชัน จะช่วยชะลอการพองตัวและการดูดน้ำของไฮโดรคอลลอยด์ชนิดนี้ เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะทำให้ได้อิมัลชันที่มีความหนืดสูงและอนุภาคน้ำมันมีขนาดเล็ก

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ใช้ไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลส ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อของส่วนผสมให้มีความชื้นเหนียวและขึ้นฟูขณะตีให้ฟองอากาศแทรกตัวเข้าไป พิล์มของของเหลวที่ล้อมรอบฟองอากาศจะมีความแข็งแรง คงตัวดี และช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้นระหว่างการอบผลิตภัณฑ์ ขณะเดียวกันจะช่วยป้องกันการระเหยของน้ำออกจากเปลือกนอกของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ภายหลังจากอบเรียบร้อยแล้วด้วย นอกจากนี้ไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลส ยังใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดให้กับครีม ชุป ซอสชนิดต่างๆ ไส้พาย และเพสตรี ไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลส สามารถทำให้เกิดความหนืดแก่ผลิตภัณฑ์อาหารได้ระดับต่างๆ กันเป็นช่วงกว้าง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2551)

## 7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษา

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ควบคู่กับเทคนิคการปรับสภาพบรรยากาศควรมีสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสม ไม่หดรูปเมื่อกำจัดก๊าซออกซิเจนหรือเติมก๊าซเข้าไปในบรรจุภัณฑ์และควรมีค่าการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำที่ต่ำเพื่อป้องกันอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่มีต่อระบบการปรับก๊าซที่ใช้ในการเก็บรักษา

ปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณา ได้แก่ อัตราการซึมผ่านของออกซิเจน (Oxygen transmission rate, OTR) อัตราการซึมผ่านของคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide transmission rate, COTR) และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapor transmission rate, WVTR) โดยค่า OTR ที่ต่ำจะทำให้มีการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน จากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่บรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ได้น้อยลง ซึ่งการลดปริมาณก๊าซออกซิเจนจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยา Oxidation ในอาหารที่มีไขมันสูง จึงเหมาะต่อการเก็บอาหารประเภทนี้ และค่า WVTR ที่ต่ำจะเหมาะกับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความชื้นต่ำ

Zagory (1994) รายงานว่าฟิล์มชนิดโพลีไวนิลิดีนคลอไรด์ (Polyvinylidene chloride, PVDC) มีสมบัติในการป้องกันการสูญเสียกลิ่นรส และการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ดี มีลักษณะใส ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว PVDC จึงเป็นชนิดของบรรจุภัณฑ์หนึ่งที่ยิยมใช้ในการบรรจุอาหารที่หลากหลาย ได้แก่อาหารประเภทขนมหวาน (Confectionery) อาหารที่มีไขมันสูง ซอส อาหารแช่เย็น และอาหารแช่แข็ง รวมทั้งอาหารที่เก็บรักษาโดยวิธีปรับสภาพบรรยากาศ ซึ่งพลาสติก PVDC สามารถใช้ในภาชนะบรรจุอาหารทั้งในรูปแบบเดี่ยวหรือ รูปแบบการเคลือบประกบกับฟิล์มชนิดอื่น (Lamination) เช่น ไนลอน (Nylon) โพลีโพรพิลีน (Polypropylene) เพื่อช่วยเพิ่มสมบัติอื่น ได้แก่ ความยืดหยุ่น การป้องกันผลิตภัณฑ์จากแสง อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และสมบัติในการปิดผนึก

โพลีไวนิลิดีนคลอไรด์ (Polyvinylidene chloride, PVDC) เกิดจากการเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวของโมเลกุลของ Vinylidene chloride ได้เป็น พลาสติกที่เหนียว กันน้ำได้ดี และถ้าติดไฟจะดับได้ด้วยตัวเอง เนื่องจากการเผาพลาสติกชนิดนี้จะทำให้เกิดแก๊ส Carbon dioxide (CO<sub>2</sub> gas), Carbon monoxide (CO gas) และ Hydrogen chloride (HCl gas) เช่นเดียวกับ PVC พลาสติกชนิดนี้ค้นพบโดยบริษัท Dow Chemical ในประเทศสหรัฐอเมริกา และ เนื่องจากไม่มีการใช้สาร Plasticizer ในพลาสติกชนิดนี้ ทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องการปลดปล่อยสาร Plasticizer ลงสู่อาหาร ทำให้ถูกนำมาใช้เป็น Plastic wrap ชนิดที่ใช้กับอาหาร (Food grade plastic wrap) แทน PVC

คุณสมบัติทางกายภาพ PVDC เป็นพลาสติกที่เหนียว โปร่งใส กันน้ำ ทนกรด และต่างได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของโมเลกุลของสารที่อยู่ในสภาวะก๊าซ โดยเฉพาะโมเลกุลของออกซิเจน สารหอมระเหย และกลิ่นได้ดี จึงสามารถช่วยรักษา กลิ่นรส และยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ได้เช่นเดียวกับ PVC แต่ความสามารถในการยึดติดกัน หรือยึดติดกับขอบภาชนะไม่ดีเท่า PVC แต่เนื่องจากพลาสติกชนิดนี้ค่อนข้างเปราะ ไม่สามารถขึงให้เป็นแผ่นฟิล์มได้ จึงต้องมีการเพิ่มความยืดหยุ่นของพลาสติกโดยการเติมสาร Co-polymer แทนการใช้สาร Plasticizer โดยทั่วไปมักทำในรูปร้อยละ 20 PVC Co-polymer การยึดกันในโครงสร้างของพลาสติกที่เป็น Co-polymer จะแน่นกว่าการแทรกอยู่ในเส้นใยพลาสติกของสาร plasticizer ทำให้พลาสติกชนิดนี้ไม่มีปัญหาเรื่องการปลดปล่อยสาร Plasticizer ประเภท Phthalate ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคลงสู่อาหาร จึงทำให้ PVDC ถูกนำไปใช้เป็น Plastic wrap ชนิดที่ใช้กับอาหาร (Food grade plastic wrap) ข้อด้อยของพลาสติกชนิดนี้คือการเกิดการสูญเสีย Hydrogen chloride จากการให้ความร้อนสูง (มากกว่า 200 องศาเซลเซียส) หรือ การเก็บที่อุณหภูมิสูงกว่า 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน การสูญเสียนี้จะทำให้ Vinylidene chloride ใน PVDC เปลี่ยนไปเป็น Polymer ของ

Polyene และ การเกิด Conjugation ของ Polyene ก็ยาวพอที่จะทำให้เกิดการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นที่ตาสามารถมองเห็นได้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของพลาสติกจากไม่มีสีเป็นสีน้ำตาล

## 8. สารดูดกลืนออกซิเจน

สารดูดกลืนออกซิเจน (Oxygen absorber) เป็นสารที่สามารถดูดซับก๊าซออกซิเจนได้ เช่น Ferric powder , Ascorbic acid ที่บรรจุอยู่ในซองกระดาษเคลือบพลาสติก ทำงานโดย Ferric powder จะทำปฏิกิริยา Oxidation กับก๊าซออกซิเจน ในภาวะที่มีความชื้นให้ Ferric oxide ทำให้ก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศหมดไปอย่างรวดเร็ว รวมถึงสารดูดซับก๊าซออกซิเจน ที่อาจซึมผ่านบรรจุภัณฑ์เข้ามาในระหว่างการเก็บรักษาโดยการเลือกใช้สารดูดกลืนออกซิเจนที่เหมาะสม จะสามารถช่วยกำจัดก๊าซออกซิเจน ออกจากบรรยากาศภายในระยะเวลาอันสั้น ช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อรา และยับยั้งการเจริญของ Aerobic organisms ที่เป็นจุลินทรีย์สำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (Seiler, 1989) สารดูดกลืนออกซิเจน สามารถใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุภายใต้ภาวะ MAP หรือภาวะอากาศปกติก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าสามารถลดปริมาณก๊าซ O<sub>2</sub> ในบรรจุภัณฑ์ให้เหลือน้อยกว่าร้อยละ 0.01 ของความเข้มข้นทั้งหมด ทำให้สามารถยับยั้งปฏิกิริยา Oxidation และการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากการเจริญของยีสต์และราได้ (Smith, 1993) การใช้ O<sub>2</sub> absorber มีข้อดีกว่าวิธีอื่นๆ ดังในแสดงตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบวิธีการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์

วิธีการเก็บรักษา	ผลการใช้	ประโยชน์
Oxygen Absorber	ลดและคงสภาพให้ปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุให้ต่ำกว่าร้อยละ 0.01	กำจัดการเกิดจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และลดการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี oxidation ในภาชนะบรรจุ
Vacuum	ลดปริมาณออกซิเจนลงร้อยละ 0.1	ควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค
Gas Flush	ลดปริมาณออกซิเจนลงร้อยละ 0.5	ควบคุมการเกิดจุลินทรีย์

ที่มา : Smith. (1993)

Ahvenainen and Hurme (1997) รายงานการใช้สารดูดกลืนออกซิเจนในอาหารพร้อมรับประทานชนิดต่างๆ เช่น แยมเบอร์เกอร์ เส้นพาสต้าสด มันฝรั่งแท่ง เค้ก และขนมปัง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมเสียง่ายเนื่องจากการเจริญของเชื้อราโดยพบว่าสามารถยืดอายุการเก็บขนมปัง ได้มากกว่า 60 วัน

## 9. การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

### 9.1 การเสื่อมเสียทางกายภาพ (Physical deterioration)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเบเกอรี่ระหว่างการเก็บรักษาที่สำคัญได้แก่ การได้รับหรือสูญเสียความชื้นภายในอาหารหรือระหว่างอาหารกับสิ่งแวดล้อมในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ การเคลื่อนย้ายของความชื้นภายในส่วนเนื้ออาหารเดียวกัน (Moisture migration) และ Staling คือสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ โดยการ Staling เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เนื่องจากการเกิด Retrogradation โดยการเกาะกันของอะไมโลสในสายที่คู่ขนานกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ลดลงทำให้ส่วนเปลือกขนม (Crust) มีลักษณะแห้ง และเนื้อแป้ง (Crumb) ด้านในเปลี่ยนเป็นร่วนและมีสีขุ่น โดยทั่วไปขนมปังมีการเสื่อมเสียของคุณภาพเริ่มตั้งแต่นำขนมออกจากเตาอบ และการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งไม่เหมาะต่อการบริโภคหลังเก็บรักษาไว้ 2-5 วัน ซึ่งอะไมโลสจะเกิด Retrogradation ได้เร็วกว่าอะไมโลเพกตินมาก ดังนั้นผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ทำจากแป้งสาลีที่มีปริมาณอะไมโลสมากมักเสื่อมเสียและมีอายุการเก็บสั้น อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ขนมปังอีกครั้งหนึ่ง (Reheat) ก่อนรับประทานจะช่วยให้ขนมปังกลับมานุ่มได้อีก (Schiffmann, 1987)

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ส่วนใหญ่มีองค์ประกอบหลายส่วน (Multi-domain food) เช่น เค้ก ผลไม้ ซ็อกโกแลตเค้ก สปองจ์เค้ก แอลเจิ้ลฟูตเค้ก แพนเค้ก เป็นต้น โดยในระหว่างการเก็บรักษาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายในผลิตภัณฑ์จากความแตกต่างของความชื้น และค่า  $a_w$  ในแต่ละส่วนของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของโมเลกุลน้ำจากส่วนที่มีความชื้นและค่า  $a_w$  สูงกว่าไปสู่ที่ต่ำกว่าอย่างต่อเนื่องจนถึงภาวะสมดุล ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่วนที่มีความชื้นมากกว่าเมื่อสูญเสียความชื้นจะเกิดการตกผลึกของน้ำตาลในส่วนผสมในปริมาณมาก และการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Roos, 1995; Labuza and Hyman, 1998)

### 9.2 การเสื่อมเสียทางเคมี (Chemical deterioration)

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มักมีส่วนประกอบที่เป็นไขมันปริมาณสูง ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยาการหืน (Rancidity) นอกจากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสแล้วยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ปฏิกิริยา Rancidity ในผลิตภัณฑ์อาหารเกิดได้ 2 ปฏิกิริยาหลักได้แก่ Hydrolytic rancidity และ Oxidative rancidity (Ho and Hartman, 1993)

Hydrolytic rancidity เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการ Hydrolysis ไขมัน ทำให้ไขมันเกิดการแตกตัวได้ Glycerol และกรดไขมันอิสระ ซึ่งเป็นโมเลกุลสายสั้นและมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ โดยปริมาณความชื้นที่มากและเอนไซม์บางชนิดได้แก่ ไลเปสมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว (Nawar, 1996)

Oxidative rancidity คือการสลายตัวของไขมันเมื่อสัมผัสกับก๊าซออกซิเจนทำให้เกิดกลิ่นหืนอย่างรวดเร็ว (Lipid oxidation) ซึ่งการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ Lipoxygenase สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ Oxidative rancidity จะเกิดได้ง่ายกับไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) อาจเรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่า Autoxidation (Ho and Hartman, 1993) การเกิด

Oxidation ของไขมันจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารสัมผัสกับอากาศ มีผลทำให้กลิ่นรส และสีของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง (Matsushita, 1990) และปัจจัยที่มีผลต่อ Lipid oxidation ของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ระยะเวลา อุณหภูมิในการเก็บรักษา แสงและก๊าซออกซิเจน โดย Labuza and Schmidl (1985) และ Yang (1998) รายงานว่าระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร

### 9.3 การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ (Microbiological deterioration)

จุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญที่สุดของการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ส่วนใหญ่เสื่อมเสียได้แก่ เชื้อรา ซึ่งพบมากในผลิตภัณฑ์ขนมปังและเค้กชนิดต่างๆ โดยการเจริญของจุลินทรีย์แต่ละประเภทในผลิตภัณฑ์อาหารจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับ  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์ หากผลิตภัณฑ์อาหารมีค่า  $a_w$  น้อยกว่า 0.6 จุลินทรีย์จะถูกยับยั้งจนไม่สามารถเจริญเติบโต จากงานวิจัยรายงานการเจริญของเชื้อ Lactic acid bacteria และยีสต์ชนิด *Saccharomyces bacilli var. Osmophilus* ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นเปรี้ยว กลิ่นแอลกอฮอล์ และบรรจุภัณฑ์โป่งพองจากการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการเจริญเติบโตกับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

Blakistone (1999) รายงานการเจริญของจุลินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีค่า  $a_w$  ต่างกันดังแสดงในรูปที่ 1 พบว่าเชื้อแบคทีเรียจะเจริญและทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีค่า  $a_w$  เท่ากับหรือมากกว่า 0.90 เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมปัง และไส้ของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีความชื้นสูง ได้แก่ ไส้คัสตาร์ด ครีมและไส้เนื้อสัตว์ สำหรับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีระดับ  $a_w$  เท่ากับ 0.70-0.90 เช่น เค้ก วัฟเฟิล จะพบการเจริญของเชื้อราและยีสต์ และผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีระดับ  $a_w$  ต่ำกว่า 0.70 จะพบการเจริญของเชื้อราชนิด Xerophile และ ยีสต์ชนิด Osmophile นอกจากการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว จุลินทรีย์บางชนิดที่สร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์จะเจริญและสร้างสารพิษในผลิตภัณฑ์อาหารได้แตกต่างกันตามระดับ  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์เช่นเชื้อ *Clostridium botulinum* สามารถเจริญและสร้างสารพิษได้ในระดับ  $a_w$  เท่ากับ 0.94 และที่ระดับ  $a_w$  เท่ากับ 0.80 จะมีการสร้างสารพิษของเชื้อรา

## 10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผาณิต รุจิรพิสิฐ และคณะ (2553) ได้ทดลองนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้ในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมชั้น ซึ่งเป็นเค้กที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวในรูปของครีมมะพร้าว เนยขาว และมาการีน และเปรียบเทียบผลของการนำไปผลิตเค้กชนิดส่วนผสมชั้น โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพ คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเค้ก วิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid (TBA) number และทางด้านจุลินทรีย์ของเค้ก ผลการทดลอง พบว่า น้ำมันมะพร้าวและเนยขาวเป็นไขมันที่บริสุทธิ์ ในขณะที่ครีมมะพร้าวและมาการีนมีองค์ประกอบอื่นอยู่ด้วยและเมื่อนำไปผลิตเค้ก พบว่า เค้กที่ใช้ น้ำมันมะพร้าว จะมีเนื้อเค้กที่แน่นกว่า โดยปริมาตรของเค้กและการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบชิม น้อยกว่าเค้กที่ใช้ครีมมะพร้าว เนยขาว และมาการีน โดยเค้กที่ผลิตจากครีมมะพร้าวมีลักษณะทาง

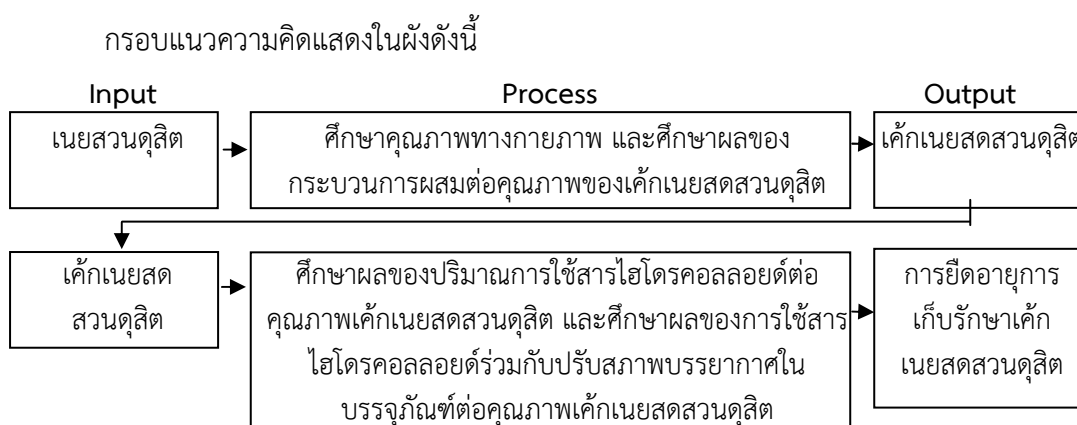
กายภาพและทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับเค้กที่ใช้เนยขาวและมาการีน แต่ค่า TBA Number และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเค้กที่ใช้น้ำมันมะพร้าวมีค่าต่ำที่สุด โดยเค้กที่ใช้ครีมมะพร้าวมีค่า TBA Number สูงกว่าเค้กที่ใช้ไขมันชนิดอื่นแต่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ค่อนข้างต่ำกว่าเค้กที่ใช้เนยขาวและมาการีน และมีปริมาณใกล้เคียงกับเค้กที่ใช้น้ำมันมะพร้าว

พัฒน์นรี สุคำภา และ นลินี นิวงษา (2550) ใช้แป้งข้าวเจ้าแทนแป้งสาลีมาใช้ในการผลิตเค้กเนยสด โดยมีการเติมกลูเตนเพื่อให้เกิดโครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์ โดยการทดลองใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อกลูเตนในอัตราส่วน 90:10, 80:20 และ 70:30 (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าเมื่อนำเค้กเนยสดมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส พบว่า ค่าสีของเค้กเนยสดเมื่อลดปริมาณแป้งข้าวเจ้าและเพิ่มปริมาณกลูเตนมีค่าความสว่างจะลดลง ส่วนค่าสีแดงและค่าสีเหลืองจะเพิ่มขึ้น เซลล์อากาศไม่สม่ำเสมอและมีเนื้อสัมผัสที่ไม่ละเอียด ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่น มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อลดปริมาณแป้งข้าวเจ้าและเพิ่มปริมาณกลูเตนมากขึ้น เมื่อนำมาประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวมที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดคือ เค้กที่ทำจากแป้งสาลี และรองลงมาคือเค้กที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าต่อกลูเตน ที่ระดับอัตราส่วน 90:10, 80:20 และ 70:30 (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ

ศิรินทิพย์ แสงสว่าง (2547) ศึกษาการยืดอายุการเก็บพายไส้เผือกโดยใช้สารคงความชื้นและการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ ยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์พายไส้เผือกสูตรที่บรรจุในถุง PVDC, OPP และ PE ในสภาพบรรยากาศ 5 ภาวะ ได้แก่ อากาศปกติ, อากาศปกติที่กำจัดก๊าซออกซิเจน, CO<sub>2</sub> ร้อยละ 20 ผสมกับ N<sub>2</sub> ร้อยละ 80, CO<sub>2</sub> ร้อยละ 50 ผสมกับ N<sub>2</sub> ร้อยละ 50 และ CO<sub>2</sub> ร้อยละ 80 ผสมกับ N<sub>2</sub> ร้อยละ 20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

Rasmussen and Hansen (2001) ศึกษาการเกิดสเตลิงของขนมปังที่เก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปรโดยศึกษาผลของ MAP ต่ออัตราการเกิดสเตลิงของขนมปังและการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเนื้อขนมปังการเกิดและคุณสมบัติเกี่ยวกับน้ำของขนมปังที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ในสภาพบรรยากาศดัดแปรซึ่งอัตราการเกิดสเตลิงวัดได้จากการเปลี่ยนแปลงของค่าความแน่นเนื้อและการเกิดรีโทรเกรเดชันของอะไมโลเพคติน

## 11. กรอบแนวคิดงานวิจัย



### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของเนยสวนดุสิต

##### 1.1 การตรวจวัดค่าสี

วัดค่าสีเนยทั้ง 2 ตราสินค้า ได้แก่ เนยสวนดุสิต (สูตร AAAA หรือ เนยจาก AMF ร้อยละ 100) และเนยทางการค้า โดยเครื่องวัดสี Handy Colorimeter (Nippon, NR-3000A, Japan) โดยควบคุมอุณหภูมิที่  $4 \pm 1$  องศาเซลเซียส

##### 1.2 การวิเคราะห์การหลอมเหลว

วิเคราะห์ค่าการหลอมเหลวของเนยทั้ง 2 ตราสินค้า โดยวิธีใช้หลอดคาปิลารี (ภาคผนวก ก1)

##### 1.3 การวิเคราะห์อัตราการละลาย

วิเคราะห์อัตราการละลายเนยทั้ง 2 ตราสินค้า โดยวิธีการดัดแปลงจาก Roland et al. (1999) (ภาคผนวก ก2)

##### 1.4 การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค

วิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคเนยทั้ง 2 ตราสินค้า โดยเตรียมเนยหยดลงบนกระจกสไลด์ ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Zeiss, ICS KF2, Germany) กำลังขยาย 100 เท่า ถ่ายภาพโดยใช้กล้องดิจิทัล

#### 2. การศึกษาผลของกระบวนการผสมต่อคุณภาพของเค้กเนยสด

การผลิตเค้กเนยสดในการทดลองนี้ใช้วิธีแตกต่างกัน 2 วิธี ได้แก่ การผสมแบบครีม และการผสมแบบชั้นตอนเดียว ส่วนผสมแสดงในตารางที่ 3.1 (โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต, 2553)

ตารางที่ 3.1 สูตรสำหรับการผลิตเค้กเนยสด

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ปริมาณ (ร้อยละ)
แป้งสาลีทำเค้ก	100	22.1
น้ำตาลทราย	100	22.1
ไข่ไก่	100	22.1
เนยสด	90	19.9
นมข้นจืด	45	10.0
กลิ่นนมเนย	5	1.1
สารเสริมคุณภาพ EC25K	8	1.8
ผงฟู	2	0.4
เกลือ	2	0.4

ที่มา: โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต (2553)

สูตรควบคุมใช้วิธีผสมแบบครีม โดยผสม เนยสด สารเสริมคุณภาพ เกลือ และน้ำตาล ด้วยเครื่องผสม (KitchenAid, KPM5, USA) หัวตีใบพาย (Paddle) ด้วยความเร็ว 5 (ปานกลาง) เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นใส่ไข่ไก่ตีต่ออีก 3 นาที แล้วใส่แป้งสาลีทำเค้กและผงฟูที่ร่อนแล้ว สลับกับนมข้นจืดที่ผสมรวมกับกลิ่นนมเนย ตีต่ออีก 3 นาที เมื่อผสมเสร็จตักใส่พิมพ์ที่ทาเนยขาวขนาด  $9 \times 19 \times 7.5$  เซนติเมตร ปริมาณ 340 กรัม ใช้พายยางปาดให้เรียบ นำไปอบในเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 40 นาที นำออกจากพิมพ์วางบนตะแกรงพักให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีและเนยสวนดุสิตจะใช้ทั้งสองวิธีคือการผสมแบบครีม (วิธีการเช่นเดียวกับสูตรควบคุม) และการผสมแบบชั้นตอนเดียวโดยจะเตรียมส่วนผสมทั้งหมดที่แสดงในตารางที่ 3.1 (โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต, 2553) ยกเว้นไข่ไก่ ผสมรวมกันทั้งหมดด้วยเครื่องผสม โดยใช้หัวตีตะกร้อ (Whisk) ด้วยความเร็ว 5 (ปานกลาง) เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นใส่ไข่ไก่ตีต่อด้วยความเร็ว 5 (ปานกลาง) อีก 3 นาทีเมื่อผสมเสร็จตักใส่พิมพ์ที่ทาเนยขาวขนาด (ความกว้าง  $\times$  ความยาว  $\times$  ความสูง) เท่ากับ  $9 \times 17 \times 7.5$  เซนติเมตร ปริมาณ 340 กรัม ใช้พายยางปาดให้เรียบ นำไปอบในเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 40 นาที นำออกจากพิมพ์วางบนตะแกรงพักให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

### 2.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพ

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพประกอบด้วย ลักษณะปรากฏ คือ สีของเนื้อเค้กเนยสด โดยเครื่องวัดสี Handy Colorimeter (Nippon, NR-3000A, Japan) มิติโดยวัดความกว้าง ความยาว และ ความสูง โดยใช้ เวอร์เนียร์แคลิเปอร์ (Mitutoyo, serie 530, Japan) จากนั้นคำนวณหาปริมาตร จาก ความกว้าง  $\times$  ความยาว  $\times$  ความสูง เนื้อสัมผัสโดยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TA.XT2i, England) ด้านความแน่นเนื้อ (ภาคผนวก ก3) และ ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ข1)

### 2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยการทดสอบแบบ 9- Point Hedonic Scale กำหนดช่วงคะแนนตั้งแต่ 1-9 (9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ภาคผนวก ง)

คัดเลือกวิธีการผสมเค้กเนยสดสวนดุสิตที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาเพื่อใช้ในการทดลองในข้อถัดไป

### 3. การศึกษาผลของปริมาณการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพเค้กเนยสดสวนดุสิต

การผลิตเค้กเนยสดสวนดุสิต ในการทดลองนี้ใช้วิธีได้รับการคัดเลือกตามข้อ 2 ส่วนผสมแสดงในตารางที่ 3.1 (โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต, 2553) แปรปริมาณการเติมไฮโดรคอลลอยด์คือ HPMC 4 ระดับคือ ร้อยละ 0 (ควบคุม), 0.5, 1.0 และ 1.5 ของน้ำหนักแป้ง โดยใส่รวมกับส่วนของแป้งสาลี หลังจากพักให้เย็น ตัดเค้กให้มีความหนา 2 เซนติเมตร เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด PVDC ที่อุณหภูมิตู้เย็น ( $4 \pm 1$  องศาเซลเซียส) ตรวจสอบคุณภาพทุก 1 สัปดาห์เป็นเวลา 3 สัปดาห์ วิเคราะห์คุณภาพดังนี้

#### 3.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพ

วิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TA.XT2i, England) ด้านความแน่นเนื้อ (ภาคผนวก ก3) และ ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ข1)

#### 3.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (BAM, 2001) (ภาคผนวก ค)

#### 3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ในด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยการทดสอบแบบ 9- Point Hedonic Scale ตามวิธีการที่แสดงในข้อ 2.2

คัดเลือกเค้กเนยสดสวนดุสิตที่ระดับการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย (ภาคผนวก ข) และ ใช้ปริมาณที่ได้คัดเลือกในการทดลองในข้อถัดไป

### 4. การศึกษาผลของการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพเค้กเนยสดสวนดุสิต

การผลิตเค้กเนยสดในการทดลองนี้ใช้วิธีตามข้อ 2 ส่วนผสมแสดงในตารางที่ 3.1 (โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต, 2553) ใช้ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์คือ HPMC ที่เหมาะสมตามผลการทดลองในข้อ 3 โดยร้อยละของน้ำหนักแป้ง โดยใส่รวมกับส่วนของแป้งสาลี หลังจากพักให้เย็น ตัดเค้กให้มีความหนา 2 เซนติเมตร เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด PVDC แปรลักษณะการบรรจุโดย ไม่ใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ (สูตรควบคุม) และใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ ที่อุณหภูมิตู้เย็น ( $4 \pm 1$  องศาเซลเซียส) ตรวจสอบคุณภาพทุก 1 สัปดาห์เป็นเวลา 6 สัปดาห์ วิเคราะห์คุณภาพดังนี้

#### 4.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพ

วิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TA.XT2i, England) ด้านความแน่นเนื้อ (ภาคผนวก ก3) และ ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ข1)

#### 4.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (BAM, 2001) (ภาคผนวก ค)

#### 4.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ในด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยการทดสอบแบบ 9- Point Hedonic Scale ตามวิธีการที่แสดงในข้อ 2.2

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

### 1. คุณภาพทางกายภาพของเนยสด

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางกายภาพของเนยสด และเนยทางการค้า ในด้านค่าสี จุดหลอมเหลว และอัตราการละลาย (ตารางที่ 4.1) พบว่า ค่าสีของเนยทั้ง 2 ตัวอย่าง ได้แก่ เนยสด และ เนยทางการค้า ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และ ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ของเนยสดมีค่ามากกว่าเนยทางการค้า ส่วนค่าสีแดง ( $a^*$ ) เนยทางการค้ามีค่ามากกว่าเนยสด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากมีความแตกต่างในด้านกระบวนการผลิต เนย โดยเนยสดมีการปั่นเนยโดยใช้เครื่องปั่นเนย (Churning) เพื่อปั่นเนยให้มีการขึ้นฟูทำให้เนยที่ผลิตได้มีปริมาตรเพิ่มขึ้น และมีสีสว่างขึ้น รวมถึงวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเนยสดจะมีส่วนผสมที่เป็น Anhydrous Milk Fat (AMF) ในส่วนของไขมันปริมาณร้อยละ 100 จึงทำให้เนยสดมีสีเหลืองมากกว่า (Danthine, 2012) ซึ่งแตกต่างจากเนยทางการค้าที่อาจมีการเติมส่วนผสมที่แตกต่าง

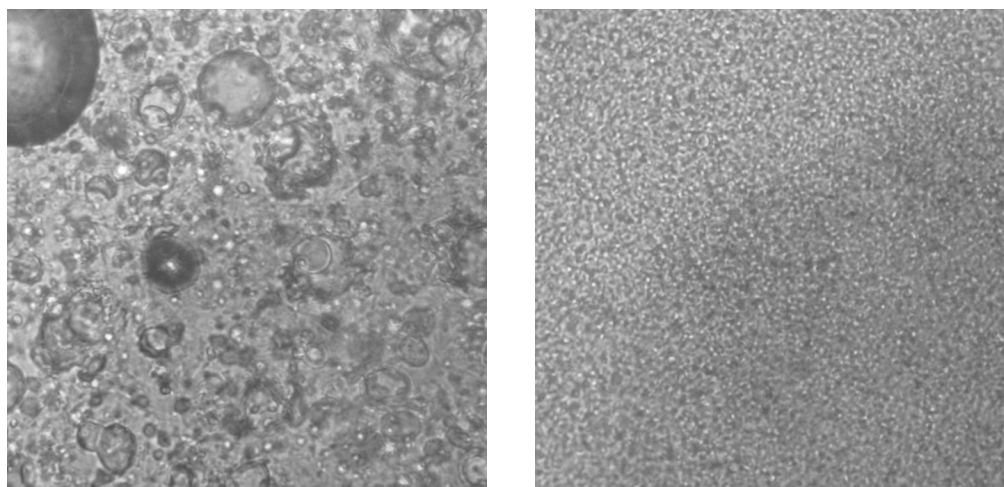
สาเหตุอีกประการหนึ่งอาจเกิดจากกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้างระดับจุลภาค โดยเนยที่ดีจะต้องมีโครงสร้างระดับจุลภาคเป็นอิมัลชันที่สมบูรณ์ หากระบบอิมัลชันเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์จะทำให้แสงส่องผ่านได้มากกว่า ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ส่งผลให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของเนยทางการค้ามีค่าน้อยกว่า เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Bari, Norton and Norton (2014)

จากผลการวิเคราะห์หาจุดหลอมเหลวของเนยทั้ง 2 ตัวอย่างพบว่าช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเนยสดมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าเนยทางการค้า ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันดังเหตุผลข้างต้น ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเนยสดมีความคงตัวของระบบอิมัลชันน้อยกว่า ซึ่งอาจส่งผลต่ออัตราการละลายของเนย 2 ชนิดที่มีความแตกต่างกัน (Boode, Walstra, and de Groot-Monstert, 1993) โดยเนยสดมีอัตราการละลายเร็วกว่าเนยทางการค้า

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางกายภาพของเนยสวนดูลิต และเนยทางการค้า

คุณภาพทางเคมีกายภาพ	เนยสวนดูลิต	เนยทางการค้า
ค่าสี		
L*	52.78 <sup>a</sup> ± 0.54	47.42 <sup>b</sup> ± 0.17
a*	-0.65 <sup>b</sup> ± 0.09	-0.83 <sup>a</sup> ± 0.10
b*	25.15 <sup>a</sup> ± 0.24	17.63 <sup>b</sup> ± 0.42
อัตราการละลายของผลิตภัณฑ์เนย (% min <sup>-1</sup> )	1.39 <sup>a</sup> ± 0.01	0.71 <sup>b</sup> ± 0.01
อุณหภูมิ (°C) ที่เริ่มละลาย	28 <sup>b</sup> ± 1	30 <sup>a</sup> ± 1
อุณหภูมิ (°C) ที่ละลายหมด	36 <sup>b</sup> ± 1	39 <sup>a</sup> ± 1

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแถวแนวนอนเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษร a, b,... แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )



ภาพที่ 4.1 ภาพถ่ายดิจิทัลกำลังขยาย 100 เท่าของเนยสวนดูลิต (ซ้าย) และเนยทางการค้า (ขวา)

## 2. ผลของกระบวนการผสมต่อคุณภาพของเค้กเนยสด

### 2.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพ

จากการศึกษาผลของกระบวนการผลิตเค้กเนยสดสวนดุสิต ด้วยวิธีการผสมที่ต่างกัน 2 แบบ คือ การผสมแบบครีม และการผสมชั้นตอนเดียว โดยเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของเค้กเนยสดสวนดุสิต ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2 จากผลการวิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่าค่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่าความแน่นเนื้อของเค้กเนยสดจากเนยสวนดุสิตผสมแบบครีมมีความแน่นเนื้อมากที่สุด เนื่องจากเนยสวนดุสิตมีอัตราการละลายสูง ในระหว่างการผสมที่เกิดความร้อน จึงทำให้การจับอากาศในระหว่างการผสมทำได้ไม่สมบูรณ์ (Heenan et al., 2010) ส่งผลให้โครงสร้างของเค้กไม่เกิดการขึ้นฟู และเนื้อเค้กมีความแน่นมากกว่าสูตรอื่นๆ ส่วนเค้กเนยสดสวนดุสิตที่ผสมแบบชั้นตอนเดียวมีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม แสดงว่าเนยสวนดุสิตซึ่งมีอัตราการละลายสูง เหมาะสำหรับการผสมแบบชั้นตอนเดียว เพราะใช้เวลาที่สั้นกว่า รวมทั้งในเนยสวนดุสิตมีการใช้สารเสริมคุณภาพ EC25K ซึ่งเป็นสารช่วยในการเกิดอิมัลชัน ทำให้การผสมมีประสิทธิภาพมากขึ้น และส่วนผสมยังสามารถจับเอาอากาศไว้ได้ดี จึงส่งผลต่อความแน่นเนื้อของเค้กที่ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม โดยผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดที่ดีควรมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม ขึ้นฟู และเบา การขึ้นฟูเกิดจากการกักเก็บอากาศไว้และจะขยายตัวในระหว่างการอบ (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2554)

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางเคมีกายภาพของเค้กเนยสด

คุณภาพทางเคมีกายภาพ	สูตรควบคุม	ผสมแบบครีม	ผสมชั้นตอนเดียว
ความแน่นเนื้อ (N)	2.64 <sup>b</sup> ± 0.13	2.95 <sup>a</sup> ± 0.58	2.52 <sup>b</sup> ± 0.56
ค่าสี			
L*	51.77 <sup>c</sup> ± 0.00	56.70 <sup>b</sup> ± 0.08	60.36 <sup>a</sup> ± 0.07
a*	6.83 <sup>b</sup> ± 0.04	8.15 <sup>a</sup> ± 0.02	4.78 <sup>c</sup> ± 0.00
b*	24.68 <sup>c</sup> ± 0.10	27.76 <sup>b</sup> ± 0.00	28.20 <sup>a</sup> ± 0.20
มิติ			
ความกว้าง (cm) <sup>ns</sup>	8.1 ± 0.0	8.0 ± 0.1	7.9 ± 0.0
ความยาว (cm) <sup>ns</sup>	16.3 ± 0.1	16.0 ± 0.0	16.5 ± 0.1
ความสูง (cm)	6.6 <sup>a</sup> ± 0.1	5.6 <sup>b</sup> ± 0.1	6.7 <sup>a</sup> ± 0.0
ปริมาตร* (cm <sup>3</sup> )	871.4 <sup>a</sup> ± 4.1	716.8 <sup>b</sup> ± 4.1	873.4 <sup>a</sup> ± 2.2
ความชื้น	23.16 <sup>b</sup> ± 0.20	25.26 <sup>a</sup> ± 0.48	22.92 <sup>b</sup> ± 0.13

หมายเหตุ: \* ค่าจากการคำนวณ

ค่าเฉลี่ยในแถวแนวนอนเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษร a, b,... แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และ ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ของเค้กเนยสดจากเนยสดรสทุเรียนที่ผสมทั้ง 2 วิธีมีค่ามากกว่าเค้กเนยสดสูตรควบคุม สอดคล้องกับค่าสีของเนยซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบหลักของเค้กเนยสด แต่เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่าง 2 วิธีการผสม พบว่าเค้กเนยสดรสทุเรียนที่ผสมแบบขั้นตอนเดียวมีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองสูงกว่า เค้กเนยสดรสทุเรียนที่ผสมแบบครีม เนื่องจากเค้กเนยสดรสทุเรียนที่ผสมแบบขั้นตอนเดียวมีความแน่นเนื้อที่น้อยกว่า จับเอากากไว้ในรูพรุนของเนื้อเค้กได้มากกว่า จึงมีลักษณะที่โปร่งเบา ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองจึงมากกว่า

จากผลการทดลองวิเคราะห์ขนาดของเค้กหลังอบของเค้กเนยสดทั้ง 3 สูตรพบว่า เค้กเนยสดสูตรควบคุม และ เค้กเนยสดรสทุเรียนที่ผสมแบบขั้นตอนเดียวมีค่าความสูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนเค้กเนยสดที่ผสมแบบครีมมีค่าความสูงน้อยที่สุด ซึ่งสาเหตุดังกล่าวสอดคล้องกับค่าคุณภาพอื่นคือ ความแน่นเนื้อ และค่าสี ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าการผสมที่สมบูรณ์จะทำให้เค้กสามารถจับเอากากไว้ได้ดี และความชื้นฟูและปริมาตรมาก แต่ด้านความกว้าง และความยาวของเค้กเนยสดทั้ง 3 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากถูกจำกัดด้วยขนาดของพิมพ์ขนม เมื่อคำนวณหาปริมาตรพบว่า เค้กเนยสดสูตรควบคุม และ เค้กเนยสดรสทุเรียนที่ผสมแบบขั้นตอนเดียวมีปริมาตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนเค้กเนยสดที่ผสมแบบครีมมีปริมาตรน้อยที่สุด ส่วนค่าความชื้นพบว่า เค้กเนยสดที่ผสมแบบครีมมีความชื้นมากกว่าอีก 2 ตัวอย่าง เนื่องจากการถ่ายเทความชื้นระหว่างการอบจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อการผสมเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เค้กเนยสดรสทุเรียนที่ผสมแบบครีมจึงสูญเสียความชื้นไปน้อยกว่าการผลิตเค้กเนยโดยวิธีอื่น (Gomez et al., 2007)

## 2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อเค้กเนยสดสูตรควบคุม และเค้กเนยสดที่ผลิตจากเนยสดรสทุเรียนที่วิธีการผสมแตกต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสด

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	สูตรควบคุม	ผสมแบบครีม	ผสมขั้นตอนเดียว
ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	7.40 ± 0.95	6.94 ± 0.89	7.28 ± 1.53
กลิ่นรส <sup>ns</sup>	7.18 ± 1.21	7.00 ± 1.21	7.40 ± 0.93
เนื้อสัมผัส	6.78 <sup>ab</sup> ± 1.36	6.42 <sup>b</sup> ± 1.64	7.24 <sup>a</sup> ± 1.10
ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup>	7.12 ± 1.21	6.86 ± 1.37	7.38 ± 0.88

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแถวแนวนอนเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษร a, b,... แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคของเค้กเนยสดทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่า ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และ ความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ด้านเนื้อสัมผัสพบว่า เค้กเนยสดสวนดุสิตผสมแบบครีม และผสมแบบชั้นตอนเดียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลของความแน่นเนื้อ แสดงให้เห็นว่า ผู้ทดสอบมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ที่มีความแน่นเนื้อน้อย โดยคุณลักษณะที่ดีของเค้กเนยสดที่จะต้อง มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2554) โดยเค้กเนยสดสวนดุสิตที่ผสมแบบครีมได้รับความชอบด้านเนื้อสัมผัสต่ำที่สุด

ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ และเคมี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เค้กเนยสดทั้ง 3 ตัวอย่างพบว่า เค้กเนยสดสวนดุสิตที่ผสมแบบชั้นตอนเดียวมีเนื้อสัมผัสที่มีความเหมาะสม ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากกว่าวิธีอื่นโดยมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับ ความชอบปานกลาง จึงคัดเลือกวิธีการดังกล่าวเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

### 3. ผลของปริมาณการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพเค้กเนยสดสวนดุสิต

#### 3.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพ

จากการศึกษาผลของการเติมไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลส (Hydroxypropylmethylcellulose; HPMC) ที่เติมลงไปเค้กเนยสดสวนดุสิตแช่เย็นเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส โดยแปรระดับเป็นร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 ของน้ำหนักแป้ง นำไปทดสอบหาค่าความแน่นเนื้อเค้กเนยสดทุก 1 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4

ผลการวัดค่าความแน่นเนื้อของเค้กเนยสดสวนดุสิตแช่เย็นพบว่าเมื่อเติมสาร HPMC ในปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1.0 ทำให้ค่าความแน่นเนื้อลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเป็นร้อยละ 1.5 พบว่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมในสัปดาห์เริ่มต้น ส่วนสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ความแน่นเนื้อของเค้กเนยสดสวนดุสิตแช่เย็นที่ไฮโดรคอลลอยด์ระดับต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่จะพบความแตกต่างในสัปดาห์ที่ 3 โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับสัปดาห์เริ่มต้น เนื่องจาก HPMC เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ช่วยจับน้ำไว้กับโมเลกุล โดยอาศัยหมู่ไฮดรอกซิลที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ (Guarda et al, 2004) ทำให้โครงสร้างของเนื้อขนมมีความชื้นเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.5) จากในวันเริ่มต้นเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม งานวิจัยของ Bárcenas and Rosell (2004) อธิบายเหตุการณ์ดังกล่าวกับผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ได้แสดงให้เห็นว่าสายของ HPMC เข้าไปกระจายตัวแนบชิดอยู่กับองค์ประกอบในโครงสร้างของขนมปัง ซึ่งทำให้เกิดการอุ้มน้ำของขนมปังดีขึ้น

ในระหว่างการเก็บรักษาความแน่นเนื้อของเค้กเนยสดสวนดุสิตทุกสูตรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งมีความสอดคล้องกับความชื้นที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเค้กเนยสดสวนดุสิตสูตรควบคุม และสูตร 0.5%HPMC ในขณะที่ การใช้ปริมาณ HPMC

ในปริมาณร้อยละ 1.0 และ 1.5 ปริมาณความชื้นไม่แตกต่างจากเริ่มต้น แสดงให้เห็นว่าการใช้ปริมาณ HPMC มากกว่าร้อยละ 1.0 อาจทำให้เนื้อขนมมีความชื้นมากเกินไป และส่งผลให้ความแน่นเนื้อของเค้กเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเค้กเนยสดสวนดุสิต (ภาพที่ 4.2) โดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ กับ เวลา พบว่า การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเค้กเนยสดสวนดุสิตทุกสูตรมีความสัมพันธ์กับเวลาในลักษณะเส้นตรง (ปฏิกิริยาอันดับศูนย์) โดยมีค่า  $R^2$  อยู่ในช่วง 0.90-0.99 จากผลการทดลองพบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเค้กเนยสดสวนดุสิตที่เติม HPMC ร้อยละ 0.5 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด (slope = 0.49 N/week) ในขณะที่สูตรควบคุมมีอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.5814 N/week ส่วนการเติม HPMC ที่ระดับร้อยละ 1.0 และ 1.5 ทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเค้กเนยสดสวนดุสิตเพิ่มขึ้นเป็น 0.6914 และ 0.7543 N/week ตามลำดับ ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับรายงานของ Bárcenas and Rosell (2004) ที่พบว่า การเติม HPMC ปริมาณร้อยละ 0.5 ทำให้ขนมปังมีคุณภาพดีขึ้น และเนื้อขนมปังเกิดการแข็งตัวในอัตราที่ช้าลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ เพ็ญงภา ชันทะ และคณะ (2552) ที่กล่าวว่า การเติมสาร HPMC ในปริมาณที่เหมาะสมสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมปัง ในระหว่างการเก็บรักษาโดยขนมปังมีความแน่นเนื้อน้อยกว่าขนมปังควบคุมที่มีอายุการเก็บรักษาเท่ากัน

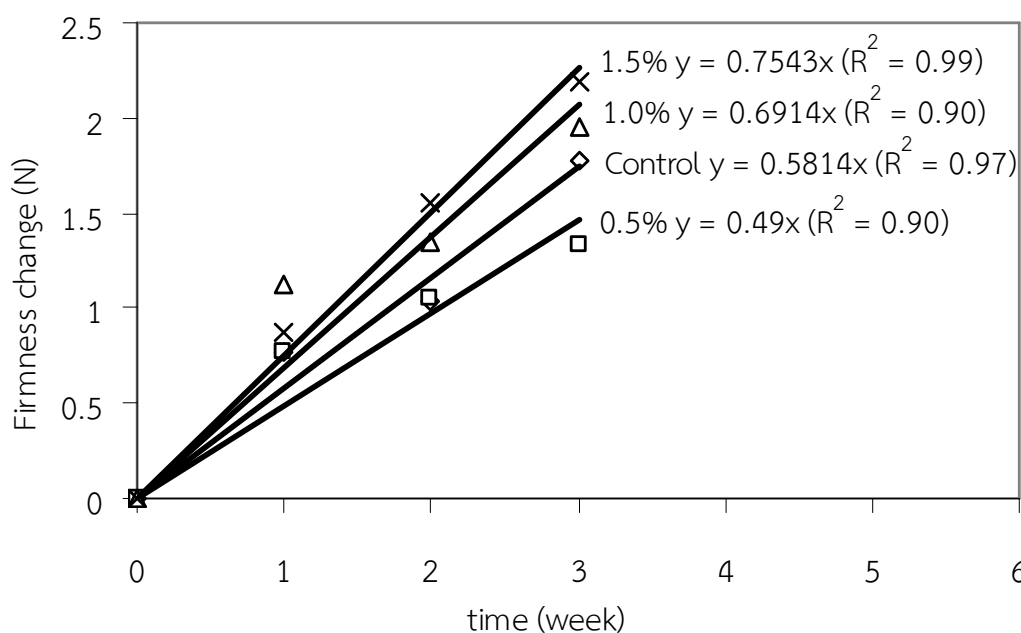
**ตารางที่ 4.4** ความแน่นเนื้อ (N) ของเค้กเนยสดสวนดุสิตที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)			
	0	1 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>	3
Control	1.55 <sup>aC</sup> ±0.50	2.32 <sup>B</sup> ±0.40	2.58 <sup>B</sup> ±0.24	3.32 <sup>aA</sup> ±0.66
0.5%HPMC	1.12 <sup>bB</sup> ±0.25	1.89 <sup>A</sup> ±0.85	2.17 <sup>A</sup> ±0.76	2.45 <sup>bA</sup> ±0.57
1.0%HPMC	1.21 <sup>bC</sup> ±0.78	2.34 <sup>AB</sup> ±1.01	2.56 <sup>B</sup> ±1.19	3.16 <sup>bA</sup> ±0.71
1.5%HPMC	1.67 <sup>aC</sup> ±0.31	2.54 <sup>AB</sup> ±0.41	3.23 <sup>A</sup> ±0.53	3.86 <sup>aA</sup> ±0.82

**หมายเหตุ:** ค่าเฉลี่ยในแถวแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษร a, b,... แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ค่าเฉลี่ยในแถวแนวนอนเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษร A, B,... แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อกับระยะเวลาการเก็บรักษาของ เค้กสตรอเบอรี่ที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ คือ สตรอเบอรี่ (◇), 0.5%HPMC (□), 1.0%HPMC (△), และ 1.5%HPMC (×)

ตารางที่ 4.5 ความชื้น (ร้อยละ) ของเค้กสตรอเบอรี่ที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)			
	0	1	2	3
Control	23.05 <sup>CA</sup> ±0.48	22.18 <sup>CA</sup> ±0.90	22.33 <sup>bA</sup> ±0.49	20.31 <sup>cB</sup> ±0.53
0.5%HPMC	24.26 <sup>CA</sup> ±0.31	24.52 <sup>bA</sup> ±0.41	22.65 <sup>bB</sup> ±0.83	21.96 <sup>cB</sup> ±0.48
1.0%HPMC <sup>ns</sup>	26.74 <sup>b</sup> ±0.78	26.30 <sup>b</sup> ±1.01	27.83 <sup>a</sup> ±1.07	26.96 <sup>b</sup> ±1.25
1.5%HPMC <sup>ns</sup>	29.65 <sup>a</sup> ±0.25	30.01 <sup>a</sup> ±1.35	28.19 <sup>a</sup> ±0.96	29.47 <sup>a</sup> ±0.87

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแถวแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษร a, b,... แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ค่าเฉลี่ยในแถวแนวนอนเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษร A, B,... แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 3.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม) ของเค้กเนยสดสวนดูลิตที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $4\pm 1$  องศาเซลเซียส พบว่า เค้กเนยสดสวนดูลิตทุกสูตรมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ภาคผนวก จ) หรือ น้อยกว่า  $1 \times 10^6$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่าปริมาณการเติม HPMC ไม่มีผลต่อคุณภาพด้าน จุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 4 พบว่าในเค้กเนยแช่เย็นเกิดเชื้อราที่มีลักษณะเป็นจุดสีดำ ทั้งเค้กเนยสดสวนดูลิตแช่เย็นที่มีการเติมและไม่เติม HPMC (เนื่องจากเค้กเนยสดสวนดูลิตมีปริมาณความชื้นอยู่ในระดับที่เสี่ยงต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และไม่มีการเติมวัตถุกันเสีย หรือ กระบวนการในการถนอมอาหารอื่นร่วมด้วย จึงเกิดการเสื่อมเสียที่สัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา)

ตารางที่ 4.6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม) ของเค้กเนยสดสวนดูลิตที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)			
	0	1	2	3
Control	<10	10	<10	10
0.5%HPMC	10	10	<10	10
1.0%HPMC	<10	<10	<10	<10
1.5%HPMC	10	10	10	<10

### 3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสดสวนดูลิตที่มีการเติม HPMC ที่ระดับต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา ในด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (ตารางที่ 4.7) พบว่า ในด้านลักษณะปรากฏในระหว่างการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0-1 การเติม HPMC ที่ระดับร้อยละ 0.5 ทำให้ความชอบเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใส่ในปริมาณมากกว่าร้อยละ 0.5 จะทำให้ความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 2-3 พบว่าความชอบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่ความชอบก็มีแนวโน้มลดลงจากสัปดาห์ที่ 0-1

คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส ในสัปดาห์เริ่มต้นพบว่า การเติม HPMC ในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้ความชอบด้านกลิ่นรสลดลง เนื่องจากการใช้ HPMC ซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ทำให้กลิ่นรส เปลี่ยนแปลงไป โดย HPMC จะมีรสชาติขมเล็กน้อย (Sharma and Chopra, 2010) ในขณะที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และในสัปดาห์ที่ 3 พบว่าการใช้ HPMC ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากกว่าสูตรควบคุม แต่เมื่อ

เปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่าทุกสูตรเค็กเนยสดสวนดุสิตมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสลดลงกว่าสัปดาห์เริ่มต้น

ตารางที่ 4.7 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ของเค็กเนยสดสวนดุสิตที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา

คุณลักษณะ	สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	1	2 <sup>ns</sup>	3 <sup>ns</sup>
ลักษณะปรากฏ	Control	7.29 <sup>b</sup> ±1.01	7.09 <sup>ba</sup> ±0.99	7.04 ±1.14	6.86 ±1.43
	0.5%HPMC	7.75 <sup>a</sup> ±1.07	7.38 <sup>a</sup> ±1.08	7.08 ±0.99	6.99 ±1.25
	1.0%HPMC	7.55 <sup>ab</sup> ±1.21	6.66 <sup>c</sup> ±1.07	7.07 ±1.06	7.19 ±1.06
	1.5%HPMC	6.72 <sup>c</sup> ±1.52	6.97 <sup>b</sup> ±1.14	7.32 ±1.08	7.05 ±1.19
		0	1 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>	3
กลิ่นรส	Control	7.41 <sup>a</sup> ±0.90	6.99 ±0.94	7.17 ±1.11	6.58 <sup>b</sup> ±1.72
	0.5%HPMC	7.32 <sup>a</sup> ±1.11	6.84 ±1.13	7.03 ±0.94	7.01 <sup>a</sup> ±1.05
	1.0%HPMC	7.32 <sup>a</sup> ±1.16	6.73 ±0.96	6.92 ±1.00	6.85 <sup>ab</sup> ±0.94
	1.5%HPMC	6.93 <sup>b</sup> ±1.55	6.81 ±1.07	7.05 ±0.89	6.82 <sup>ab</sup> ±1.30
		0	1 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>	3
เนื้อสัมผัส	Control	7.26 <sup>bc</sup> ±0.89	7.18 ±0.95	7.02 ±1.31	6.66 <sup>b</sup> ±1.24
	0.5%HPMC	7.47 <sup>ab</sup> ±1.14	7.00 ±1.13	7.07 ±1.10	7.22 <sup>a</sup> ±0.95
	1.0%HPMC	7.62 <sup>a</sup> ±1.11	6.97 ±0.94	7.27 ±0.93	6.55 <sup>b</sup> ±1.21
	1.5%HPMC	7.03 <sup>c</sup> ±1.49	6.94 ±1.12	7.29 ±1.02	6.41 <sup>b</sup> ±1.08
		0	1	2 <sup>ns</sup>	3
ความชอบโดยรวม	Control	7.21 <sup>b</sup> ±1.00	7.32 <sup>a</sup> ±0.92	7.18 ±1.03	6.86 <sup>ab</sup> ±1.46
	0.5%HPMC	7.53 <sup>a</sup> ±1.04	7.23 <sup>a</sup> ±0.95	7.14 ±0.97	7.21 <sup>a</sup> ±0.96
	1.0%HPMC	7.59 <sup>a</sup> ±1.15	7.10 <sup>a</sup> ±0.93	7.19 ±0.88	7.15 <sup>ab</sup> ±1.03
	1.5%HPMC	7.03 <sup>b</sup> ±1.31	6.71 <sup>b</sup> ±0.99	7.41 ±0.91	6.83 <sup>b</sup> ±1.16

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแถวแนวตั้งเดียวกันของแต่ละคุณลักษณะที่กำกับด้วยตัวอักษร a, b,... แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )  
 ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

เนื้อสัมผัสของเค็กเนยสดสวนดุสิตเมื่อมีการเติม HPMC ที่ระดับร้อยละ 0.5 และ 1.0 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดในสัปดาห์เริ่มต้น ในขณะที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ ไม่พบความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) เช่นเดียวกับคุณลักษณะด้านกลิ่นรส แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์จะพบความแตกต่างในด้านความชอบต่อเนื้อสัมผัสอย่างชัดเจนคือ เค้กเนยสดสวนดุสิตเมื่อมีการเติม HPMC ที่ระดับร้อยละ 0.5 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพด้านความแน่นเนื้อที่ระดับการเติม HPMC ร้อยละ 0.5 มีความแน่นเนื้อน้อยกว่าที่ระดับอื่น

ในด้านความชอบโดยรวม พบว่า มีแนวโน้มใกล้เคียงกับความชอบด้านเนื้อสัมผัส โดยในสัปดาห์ที่ 0-1 การเติม HPMC ที่ระดับร้อยละ 0.5 และ 1.0 ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าที่ระดับร้อยละ 1.5 และในสัปดาห์ที่ 3 ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของเค้กเนยสด (Gomez et al., 2007) ผลที่ได้จากการศึกษาความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กเนยแช่เย็นโดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสยังสอดคล้องกับรายงานของ Guarda et al. (2004) พบว่าการเติม HPMC สามารถช่วยทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปัง Chilean bread ดีขึ้นได้

จากผลการทดลองของคุณภาพในด้าน กายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ของเค้กเนยสดสวนดุสิตที่มีการเติม HPMC ที่ระดับต่างๆ โดยการใช้ HPMC ที่ระดับร้อยละ 0.5 สามารถช่วยชะลอความแน่นเนื้อในระหว่างการเก็บรักษาได้ดีที่สุด และยังมีคะแนนความชอบสูง ผู้วิจัยจึงคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ การเติม HPMC ที่ระดับร้อยละ 0.5 เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสดสวนดุสิตแช่เย็น (ตารางที่ 4.8) พบว่าเค้กเนยสดสวนดุสิตที่มีการเติม HPMC และไม่มีการเติม HPMC ประกอบด้วย ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เกล็ด และ โยอาหาร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเค้กเนยสดสวนดุสิตที่มีการเติม HPMC และไม่มีการเติม HPMC พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ( $p > 0.05$ ) เนื่องจาก การเติม HPMC ที่เป็นสารประกอบของเซลลูโลส ซึ่งจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ในปริมาณเพียงเล็กน้อยจึงไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสดสวนดุสิต

ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์เค้กเนยแช่เย็น

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรควบคุม	0.5%HPMC
ความชื้น <sup>ns</sup>	22.91 ±0.91	24.80 ±1.26
ไขมัน <sup>ns</sup>	20.28 ±0.98	20.04 ±1.07
โปรตีน <sup>ns</sup>	9.78 ±0.67	9.60 ±0.13
โยอาหาร <sup>ns</sup>	0.89 ±0.05	1.02 ±0.92
เกล็ด <sup>ns</sup>	1.43 ±0.09	1.33 ±0.15
คาร์โบไฮเดรต* <sup>ns</sup>	44.71 ±0.46	43.21 ±1.01

หมายเหตุ: \* ค่าจากการคำนวณ

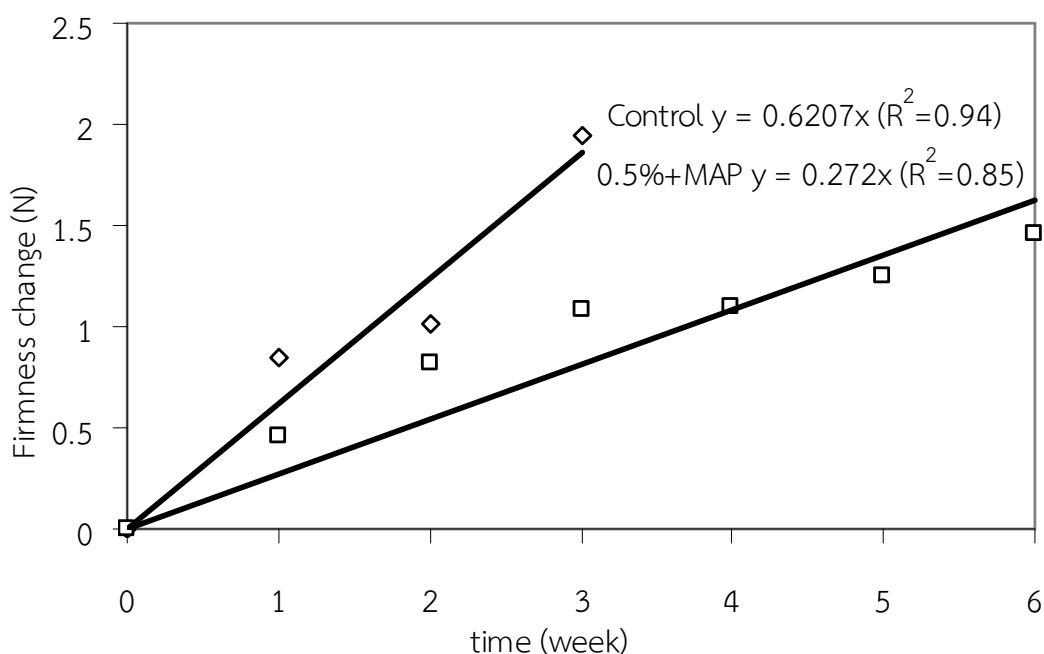
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

#### 4. ผลของไฮโดรคอลลอยด์และการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของเค้กเนยสด

##### 4.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพ

จากการศึกษาผลของการใช้ HPMC ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ (MAP) โดยใช้ สารดูดกลืนออกซิเจน ในเค้กเนยสดสวนดุสิตแช่เย็น โดยเปรียบเทียบกับเค้กเนยสดสวนดุสิตแช่เย็นสูตรควบคุม นำตัวอย่างทดสอบคุณภาพทางเคมีกายภาพทุก 1 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9

จากการทดลองพบว่า ความแน่นเนื้อ และ ความชื้นในสัปดาห์เริ่มต้นถึง สัปดาห์ที่ 2 ของตัวอย่างทั้ง 2 สภาวะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่ในสัปดาห์ที่ 3 เค้กเนยสดสวนดุสิตที่เติม HPMC ในสภาวะปรับบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์มีความแน่นเนื้อต่ำกว่า เช่นเดียวกับความชื้นที่มีแนวโน้มเดียวกัน ซึ่งเกิดจากความสามารถในการชะลอความแน่นเนื้อของไฮโดรคอลลอยด์ตั้งที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตามการใช้สารดูดกลืนออกซิเจนทำให้อายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และสามารถหาแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้นานขึ้น จนกระทั่งถึงในสัปดาห์ที่ 6 (ภาพที่ 4.3) โดยกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อกับระยะเวลาการเก็บรักษา มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง โดย การใช้ HPMC ที่ระดับร้อยละ 0.5 ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ ( $0.272 \text{ N/week}$ ;  $R^2=0.85$ ) น้อยกว่าสูตรควบคุม ( $0.6207 \text{ N/week}$ ;  $R^2=0.94$ )



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อกับระยะเวลาการเก็บรักษาของเค้กเนยสดสวนดุสิตที่เติม HPMC ที่ระดับต่างๆ คือ สูตรควบคุม (◇) และ 0.5%HPMC ร่วมกับ MAP (□)

ตารางที่ 4.9 คุณภาพทางเคมีกายภาพของเค้กเนยสวนடுத்தที่เติม HPMC และปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ ในระหว่างการศึกษา

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0 <sup>ns</sup>	1 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>	3	4	5	6
ความแน่นเนื้อ (N)							
Control	1.57 ± 0.89	2.42 <sup>B</sup> ± 0.53	2.58 <sup>B</sup> ± 0.31	3.51 <sup>aA</sup> ± 0.71	-	-	-
0.5%HPMC+MAP	1.52 <sup>C</sup> ± 0.65	1.98 <sup>BC</sup> ± 0.48	2.34 <sup>BC</sup> ± 0.58	2.60 <sup>bb</sup> ± 0.48	3.08 <sup>B</sup> ± 0.75	3.59 <sup>B</sup> ± 0.49	4.06 <sup>A</sup> ± 0.78
ความชื้น (ร้อยละ)							
Control	23.94 <sup>A</sup> ± 1.89	22.56 <sup>B</sup> ± 0.88	22.84 <sup>B</sup> ± 1.02	22.12 <sup>aC</sup> ± 0.45	-	-	-
0.5%HPMC+MAP	24.80 <sup>A</sup> ± 1.26	24.03 <sup>AB</sup> ± 1.24	23.57 <sup>B</sup> ± 1.33	20.77 <sup>bC</sup> ± 0.87	20.89 <sup>C</sup> ± 1.14	20.54 <sup>C</sup> ± 0.67	20.33 <sup>C</sup> ± 0.24

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแถวแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษร a, b,... แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)

ค่าเฉลี่ยในแถวแนวนอนเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษร A, B,... แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแถวแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05)

ตารางที่ 4.10 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม) ของเค้กเนยสวนடுத்தที่เติม HPMC และปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ ในระหว่างการศึกษา

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
Control	10	20	20	1.0 × 10 <sup>2</sup>	-	-	-
0.5%HPMC+MAP	< 10	< 10	< 10	< 10	1.0 × 10 <sup>2</sup>	2.0 × 10 <sup>2</sup>	2.3 × 10 <sup>2</sup>

ตารางที่ 4.11 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสวนดิสตีที่เติม HPMC และปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ ในระหว่างการเก็บรักษา

คุณลักษณะ	สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
		0 <sup>ns</sup>	1 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>	3 <sup>ns</sup>	4	5	6
ลักษณะปรากฏ	Control	7.64 ±0.83	7.64 ±1.03	7.83 ±1.04	7.42 ±1.04	-	-	-
	0.5%HPMC+MAP	8.04 ±0.74	8.11 ±0.93	7.94 ±0.73	7.72 ±1.17	7.50 ±0.89	7.42 ±0.94	7.48 ±0.91
กลิ่นรส	Control	6.66±1.43	6.78±1.28	7.06±0.71	6.92 <sup>b</sup> ±1.01	-	-	-
	0.5%HPMC+MAP	6.98±1.02	7.18±0.80	7.68±0.84	7.88 <sup>a</sup> ±0.91	7.48±1.04	7.34±0.85	7.68±0.88
เนื้อสัมผัส	Control	7.44±1.13	7.24±1.12	7.32±0.96	7.02 <sup>b</sup> ±1.02	-	-	-
	0.5%HPMC+MAP	7.60±1.11	7.50±0.84	7.56±0.81	7.84 <sup>a</sup> ±1.05	7.66±0.80	7.74±0.69	7.76±0.87
ความชอบโดยรวม	Control	7.87±0.89	7.28±0.72	7.24±1.05	7.04 <sup>b</sup> ±0.84	-	-	-
	0.5%HPMC+MAP	8.14±0.67	7.94±0.96	7.72±1.06	7.98 <sup>a</sup> ±0.77	7.84±0.82	7.82±0.81	7.77±0.97

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแถวแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษร a, b,... แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแถวแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05)

#### 4.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดสวนดุสิตแช่เย็นไปวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (ตารางที่ 4.10) พบว่าเค้กเนยสดสวนดุสิตสูตรควบคุม สามารถเก็บรักษาไว้ได้ 3 สัปดาห์ โดยที่จำนวนจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดคือไม่เกิน  $1 \times 10^6$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 3 พบการเสื่อมเสียโดยมีราสีดำขึ้นบนหน้าผลิตภัณฑ์ ส่วนสภาวะที่ใช้ HPMC ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์สามารถเก็บรักษาไว้ได้อย่างน้อย 6 สัปดาห์ และไม่พบการเสื่อมเสียจากเชื้อรา

สำหรับผลิตภัณฑ์จำพวกเค้กมีความเสี่ยงต่อการเสื่อมเสียของเชื้อราซึ่งเป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการอากาศในการเจริญ (Aerobic microorganism) การใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนสามารถลดปริมาณก๊าซออกซิเจนซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้อากาศ จากสาเหตุดังกล่าวการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนจึงมีความเหมาะสมสำหรับ เค้กเนยสดสวนดุสิต เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Guynot et al. (2004) ที่รายงานว่า การใช้การปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเค้กสปันจ์ได้ โดยเมื่อพิจารณาประกอบกับคุณภาพทางกายภาพ พบว่าการดัดแปลงบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ โดยสารดูดกลิ่นออกซิเจนช่วยยืดอายุการเก็บรักษาต้านจุลินทรีย์ ส่วน HPMC ช่วยชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเค้กเนยสดสวนดุสิตได้

#### 4.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.11 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของเค้กเนยสดสวนดุสิตที่เติม HPMC และปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ จากตารางพบว่า การใช้ HPMC ที่ระดับร้อยละ 0.5 ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ ไม่ส่งผลต่อความชอบในด้านต่างๆ ของผู้บริโภคในสัปดาห์เริ่มต้นถึงสัปดาห์ที่ 2 แต่ในสัปดาห์ที่ 3 พบว่า การใช้ HPMC ที่ระดับร้อยละ 0.5 ร่วมกับการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ มีคะแนนความชอบมากกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับคุณภาพด้านเคมีกายภาพ ที่จะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งอาจสรุปได้ว่าผู้บริโภคมีความชอบในผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดสวนดุสิตที่มีความแน่นเนื้อน้อย เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อต่อเวลาพบว่า คะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลงจากสัปดาห์เริ่มต้นทุกคุณลักษณะซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในเนื้อเค้ก

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### 1. สรุปผลการวิจัย และอภิปรายผล

จากงานวิจัยพบว่า คุณภาพทางกายภาพของเนยสดสุติมีคุณลักษณะที่แตกต่างจากเนยทางการค้าคือ จุดหลอมเหลวต่ำ และอัตราการละลายเร็ว เนื่องจากใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดีคือ ไขมันเนยปราศจากน้ำ (AMF) เหมาะกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้เนยละลายในการผลิต แต่ยังคงมีข้อควรปรับปรุงคือโครงสร้างระดับจุลภาคยังไม่เกิดเป็นอิมัลชันที่สมบูรณ์ทำให้มีสีอ่อน รวมถึงยังอาจทำให้ความคงตัวของเนยต่ำ

การปรับปรุงกระบวนการผลิตเค้กเนยเพื่อให้เหมาะสมกับเนยสดสุติ โดยใช้การผสมแบบขั้นตอนเดียว เป็นกระบวนการผลิตที่เหมาะสมโดยทำให้ความแน่นเนื้อของเค้กน้อยลง มีค่าสีอ่อนลง รวมถึงมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เนื่องจากการผสมขั้นตอนเดียวใช้เวลาที่สั้นกว่า และการผสมเกิดได้สมบูรณ์ ในขณะที่การผสมแบบคริมใช้เวลานานกว่าและอาจเกิดความร้อนในระหว่างการผสมซึ่งอาจทำให้การผสมเกิดได้ไม่สมบูรณ์ รวมถึงคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่สอดคล้องกับคุณภาพด้านเคมีกายภาพ คือ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบของเค้กเนยสดสุติที่ใช้กระบวนการผลิตแบบการผสมขั้นตอนเดียวมากที่สุด โดยเฉพาะในคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส

จากการศึกษาผลของการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในเค้กเนยสดสุติแช่เย็นพบว่า การใช้ HPMC ในปริมาณร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักแป้ง สามารถช่วยชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อของเค้กเนยสดสุติได้ และมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจาก HPMC ช่วยจับน้ำไว้ในโมเลกุลของเนื้อเค้ก และยังส่งผลต่อการจัดเรียงโครงสร้างระดับโมเลกุลของแป้ง แต่การใช้ปริมาณ HPMC มากถึงร้อยละ 1.0 และ 1.5 กลับส่งผลเสียต่อผลิตภัณฑ์คือทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์พบว่า ความแน่นเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนความชื้นมีแนวโน้มลดลง และเมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยในระหว่างการเก็บรักษาทุกสัปดาห์ การใช้ HPMC ในปริมาณร้อยละ 0.5 ได้รับคะแนนความชอบสูงอยู่ในช่วง 6.8 – 7.8 (จากสเกล 9) ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า การใช้ HPMC ในปริมาณร้อยละ 0.5 เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการเติมในเค้กเนยสดสุติเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้ และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ยังไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากการเติม HPMC เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

จากผลการศึกษาผลของการใช้ HPMC ร้อยละ 0.5 ร่วมกับ สารดูดกลิ่นออกซิเจน พบว่า สภาวะที่ศึกษาสามารถยืดอายุการเก็บรักษาเค้กเนยสดสุติได้เป็นเวลา 6 สัปดาห์ เนื่องจาก การลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์เป็นการลดความเสี่ยงต่อการเจริญของเชื้อราได้ และยังช่วยลดอัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้ ในขณะที่ความชื้นมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา อีกทั้งคะแนนทางประสาทสัมผัสของสภาวะที่ศึกษายังอยู่ในเกณฑ์คะแนนความชอบปานกลางถึงชอบมาก ในช่วง 7.0-8.1 (จากสเกล 9)

## 2. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่ได้นำเสนอไปแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าสามารถเพิ่มเติมงานวิจัยเพื่อต่อยอดในอนาคตได้ดังนี้

1. ควรศึกษาในส่วนของโครงสร้างระดับจุลภาคของเนยให้ละเอียดมากขึ้นได้ โดยใช้เทคนิคขั้นสูง เช่น การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อให้เห็นถึงองค์ประกอบต่างๆ ชัดเจนขึ้น และนำไปสู่การพัฒนากระบวนการผลิตเนยสวนดุสิตที่มีคุณภาพ
2. ควรเพิ่มเติมการติดตามคุณภาพด้านอื่นของเนยสวนดุสิต เช่น คุณภาพทางเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้านองค์ประกอบของกรดไขมัน และคุณภาพทางประสาทสัมผัส
3. ควรพัฒนากระบวนการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์อื่นๆ นอกเหนือจากเค้กเนยสด ที่เหมาะสมกับเนยสวนดุสิต เพื่อจำหน่ายทางการค้า
4. ควรเพิ่มชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อให้เห็นถึงผลของการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์หลายชนิด
5. ควรติดตามการเกิดสเตลิงในเค้ก โดยเทคนิคขั้นสูง เช่น การติดตามการเกิดรีโทรเกรดชัน (Retrogradation) โดยใช้ Differential scanning calorimetry (DSC)
6. ควรเพิ่มวิธีการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์นอกเหนือจาก การใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน เพื่อให้เห็นถึงผลของการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์โดยวิธีอื่นๆ

## บรรณานุกรม

### บรรณานุกรมภาษาไทย

- จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. (2554). *เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ผาณิต รุจิรพิสิฐ. (2553). *ผลของการใช้น้ำมันมะพร้าวต่อเค้กชนิดที่ผสมนมข้น*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- นิธิยา รัตนาปนนท์. (2551). *เคมีอาหาร*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ประดิษฐ์ คำหนองไผ่. (2533). *เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ขนมอบ*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.
- พัฒน์นรี สุคำภา และนลินี นิงงษา. (2550). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดจากแป้งข้าวเจ้า*. สกลนคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต. (2553). *เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตรระยะสั้น เค้ก*.
- วีไล รังสาดทอง. (2531). *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิรินทิพย์ แสงสว่าง. (2547). *การยืดอายุการเก็บพายไส้เผือกโดยใช้สารคงความชื้น และการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริลักษณ์ สีนธวาลัย. (2533). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารทางโภชนาการ*. กรุงเทพฯ.

### บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

- Ahvenainen, R. and Hurme, E. (1997). Active and smart packaging for meeting consumer demands for quality and safety. *Food Additives and Contaminants*. 14: 753 – 763.
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis* (17th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
- BAM. (2001). *Bacteriological Analytical Manual* (8<sup>th</sup> ed). Gaithersburg. MD: Association of Official Analytical Chemists.
- Bari, V. D., Norton, J. E., and Norton, I. T. (2014). Effect of processing on the microstructural properties of water-in-cocoa butter emulsions. *Journal of Food Engineering*. 122: 8-14.
- Bender, A. E. (1978). *Food processing and nutrition*. London: Academic press.
- Blakistone, B.A. (1999). *Principles and Application of Modified Atmosphere Packaging of Food*. 2<sup>nd</sup> ed. USA: Aspen.

- Boode, K., Walstra, P., and de Groot-Mostert, A. E. A. (1993). Partial coalescence in oil-in-water emulsions. Influence of the properties of the fat. *Colloids and Surfaces. Physicochemical and Engineering Aspects*. 81: 139-151.
- Danthine, S. (2012). Physicochemical and structural properties of compound dairy fat blends. *Food Research International*. 48: 187-195.
- Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., and Rosell, C. M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*. 21: 167-173.
- Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C. and Galotto, M. J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*. 18: 241-247.
- Guynot, M. E., Marin, S., Sanchis, V., Ramos, A. J. (2004). An attempt to minimize potassium sorbate concentration in sponge cakes by modified atmosphere packaging combination to prevent fungal spoilage. *Food Microbiology*. 21: 449-457.
- Heenan, S.P., Dufour, J.P. Hamid, N. Harvey, W. and Delahunty, C.M. (2010). The influence of ingredients and time from baking on sensory quality and consumer freshness perceptions in a baked model cake system. *LWT - Food Science and Technology*. 43: 1032-1038.
- Ho, C. H., and Hartman, T. G. (1993). Lipids in food flavors : an overview. *Lipids in Food Flavors*. Washington D.C : American chemical Society.
- Hodge, J. E. (1953). Chemistry of browning reactions in model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1: 928-943.
- Labuza, T. P., and Schmidl, M. K. (1985). Accelerated shelf-life testing in foods. *Food Technology*. 39: 57-64.
- Labuza, T. P., and Hyman, C. R. (1998). Moisture migration and control in multidomain food. *Trends in Food Science and Technology*. 9: 45-55.
- Matsushita, S. (1990). *Oxidation of food. Food Packaging*. New York : Academic Press,
- Nawar, W.W. (1996). *Lipids Food chemistry*. (3<sup>rd</sup>ed) New York : Marcel Decker.
- Rasmussen, P. H., and Hansen, A. (2001). Staling of Wheat Bread Stored in Modified Atmosphere. *Department of Dairy and Food Science*. 34: 487-491.
- Roos, Y. H. (1995). Glass transition-related physicochemical changes in foods. *Food Technology*. 48: 97-102.
- Schiffmann, R. F. (1987). Performance testing of products in microwave oven. *Microwave World*. 8: 7-12.

- Seiler, D. A. L. (1989). Modified atmosphere packing of bakery products. *Controlled /Modified Atmosphere /Vacuum Packaging of Food*. Food and Nutrition Press.
- Sharma, V. and Chopra, H. (2010). Role oftasteand taste maskingofbitter drugs inpharmaceutical industries-an overview. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 2: 14-18.
- Smith, J. P. (1993). *Bakery product. Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Food*. New York: Champ& Hall.
- Yang, T. S. (1998). Ambient storage. *Food Storage Stability*. USA : CRC.
- Zagory, D. (1994). Fundamentals of reduced-oxygen packaging. *Modified Atmosphere Food Packaging*. Herndon : Institute of Packaging Professionals.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

### ภาคผนวก ก1 การวิเคราะห์การหลอมเหลว

วิเคราะห์การหลอมเหลวโดยวิธีการใช้หลอดแคปิลารี โดยใส่เนยในหลอดแคปิลารี ปลายเปิด 2 ด้าน ขนาด 80 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1.4 มิลลิเมตร และภายใน 1.0 มิลลิเมตร จากนั้นปิดปลายหลอด และผูกติดกับใส่เทอร์โมมิเตอร์ และนำไปวางไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อัตรา 1 องศาเซลเซียสต่อนาที (เริ่มต้นที่ 10 องศาเซลเซียส) บันทึกอุณหภูมิตั้งแต่เนยเริ่มละลายจนกระทั่งเนยละลายจนหมด

### ภาคผนวก ก2 การวิเคราะห์อัตราการละลาย

วิเคราะห์อัตราการละลายโดยบรรจุเนยลงในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร น้ำหนักตัวอย่างละ  $50 \pm 1$  กรัม วัดอัตราการละลายที่อุณหภูมิห้อง  $30 \pm 1$  องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งน้ำหนักเนยที่ละลายทุก 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง คำนวณน้ำหนักเนยที่ละลายคิดเทียบน้ำหนัก 100 กรัม จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟกับเวลา (นาที) เพื่อหาความชัน รายงานเป็นอัตราการละลายต่อ 100 กรัม

### ภาคผนวก ก3 การวัดเนื้อสัมผัส

วัดเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ซึ่งเป็นการวัดเนื้อสัมผัสในลักษณะเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส และกำหนดสภาวะต่างๆดังนี้

1. ทำการ Calibrate Force
2. ใช้หัววัด P100
3. ทำการ Calibrate Probe ก่อนการวัด
4. ทำการวิเคราะห์โดยเครื่อง TA-XT2i

#### สภาวะที่ใช้ในการวัด

Option	TPA
Pre-Test speed	2.0 mm/s
Test-speed	2.0 mm/s
Post-Test Speed	5.0 mm/s
Distance	10 mm
Trigger Type	Auto-5g
Time	3 s.
Data Acquisition Rate	200 pps.

เตรียมตัวอย่างโดยการตัดตัวอย่างเค็กหนา 2 เซนติเมตร ในการวัดจะทำการกดตัวอย่าง 2 ครั้ง ค่าเนื้อสัมผัสที่ได้จากการวัดโดยวิธี TPA ได้แก่ ความแน่นเนื้อ

ภาคผนวก ข  
การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

## ภาคผนวก ข1 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

### หลักการ

การหาความชื้น ตัวอย่างอาหารจะทำได้โดยการอบแห้งด้วยความร้อน ซึ่งน้ำหนักที่หายไปคือความชื้น อาหารแต่ละชนิดจะใช้ความร้อนและเวลาที่แตกต่างกัน

### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
2. ถ้วยหาความชื้น (Aluminum Can)
3. โถดูดความชื้น (Desiccator)
4. เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง (Analysis Balance)
5. Tongs หรือ Forceps

### วิธีการวิเคราะห์

1. หาน้ำหนักที่คงที่ของถ้วยเปล่า โดยนำเข้าสู่ตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนัก แล้วนำเข้าอบใหม่ดำเนินการเหมือนครั้งแรกจนได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไม่มากกว่า 0.005 กรัม)
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัมใส่ลงในถ้วยที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน
3. เกลี่ยตัวอย่างแผ่ออกอย่างสม่ำเสมอให้มีเนื้อที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
4. นำเข้าสู่ตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักแล้วนำเข้าอบใหม่ดำเนินการเหมือนครั้งแรกจนได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไม่มากกว่า 0.005 กรัม)
5. นำผลที่ได้ไปคำนวณปริมาณความชื้นดังต่อไปนี้

### การคำนวณ

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

## ภาคผนวก ข2 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

### หลักการ

เป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอาหาร (-NH-) ในอาหารได้แก่ protein nitrogen, amino nitrogen และ amide nitrogen ซึ่งจากไนโตรเจน (ร้อยละ) ที่วิเคราะห์ได้ สามารถเปลี่ยนเป็นปริมาณโปรตีน โดยคูณด้วยแฟคเตอร์สำหรับแปลงกลับ (Conversion Factor) ซึ่งได้จาก  $100 / \text{ไนโตรเจน (ร้อยละ) ในอาหาร} (100 / x)$

### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. กระดาษ Whatman กรองเบอร์ 1
2. หลอดย่อยโปรตีน (Kjeldahl Flask) ขนาด 250-300 มิลลิลิตร
3. ชุดกลั่นโปรตีน (Semi-Microdistillations)
4. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 1000 มิลลิลิตร
5. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. บิวเรตต์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
7. Glass Bead

### สารเคมี

1.  $H_2SO_4$  (Sulfuric Acid)
2. NaOH (Sodiumhydroxide)
3.  $H_3OB_3$  (Boric Acid)
4. Mix indicator: Methyl Red and Bromocresol Green
5.  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  (Copper (II) Sulphate)
6.  $K_2SO_4$  (Potassium Sulphate)

### วิธีการวิเคราะห์

1. พับกระดาษกรองเป็นรูปของจดหมายซึ่งตัวอย่างลงในกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ให้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5 - 1.0 กรัม
2. เติมคอปเปอร์ซัลเฟต 0.8 กรัมโปตัสเซียมซัลเฟต 7 กรัม ลงในหลอดย่อย
3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 12 มิลลิลิตร
4. ต่อชุดย่อยเข้ากับชุดจับไอกรด เสียบปลั๊ก เปิดสวิทช์เครื่องย่อย ตั้งอุณหภูมิที่ 420 องศาเซลเซียส
5. ตั้งหลอดย่อยบน Stand ปิด Heat Shield ยก Stand ที่มีหลอดย่อยใส่ลงใน หลุมของเตาย่อย ปิดฝาหลอดย่อย (Exhaust Mainifold) เปิดสวิทช์ชุดจับไอ กรด (Scrubber Unit)

6. ย่อยจนได้สารละลายใสในตู้ควั่น (ใช้เวลาประมาณ 30-60 นาที) ย้าย Stand พร้อมหลอดย่อยมาตั้งไว้ข้างๆเครื่องย่อย โดยยังไม่ถอดฝาหลอดย่อย รอให้อุณหภูมิเย็น
7. นำไปกลั่นโดยเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 32 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
8. รองรับสิ่งที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร หยด Mix Indicator 2-3 หยด นำพลาสติกไปตั้งไว้ที่ตำแหน่งรองรับของเครื่องกลั่น และเลื่อนฐานขึ้นให้ปลายแท่งแก้วจุ่มอยู่ใต้สารละลาย
9. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในพลาสติกรองรับ
10. ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล จนได้สีเทา (จุดยุติ) จดปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้
11. ทำ Blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-10
12. ก่อนการกลั่นตัวอย่างต่อไป ควรล้างระบบโดยใช้น้ำกลั่นใสในหลอดย่อยแล้วทำการกลั่นโดยไม่เติมต่าง ประมาณ 3 นาที
13. เมื่อกลั่นตัวอย่างสุดท้ายเสร็จแล้ว ใส้หลอดเปล่าและพลาสติก ในตำแหน่งที่รองรับปิดสวิทช์ เซ็ดทำความสะอาดเครื่องทั้งหมด

### การคำนวณ

$$\text{Nitrogen (ร้อยละ)} = \frac{(T-B) \times 14.007 \times 100 \times N}{\text{Weight of Sample (mg)}}$$

$$\text{Protein (ร้อยละ)} = \text{Nitrogen}$$

$$T = \text{Sample Titration (ml)}$$

$$B = \text{Blank Titration (ml)}$$

$$N = \text{Normality of Titrant (N)}$$

$$\text{Conversion Factor} = \text{แฟคเตอร์สำหรับแปลงกลับ} = 6.25$$

(น้ำหนักสมมูลของไนโตรเจนเท่ากับ 14.007)

### ภาคผนวก ข3 การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย (AOAC, 2000)

#### หลักการ

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร เป็นวิธีการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตอย่างหนึ่ง ใยอาหารที่อยู่ตามธรรมชาติเป็นสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ในอาหารที่ได้แยกเอาไขมันออก โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตอื่นออกไปแล้ว ในปัจจุบันได้มีการใช้เอนไซม์พวกอะไมเลส และโปรทีเนสช่วยในการละลายแป้งและโปรตีน เพื่อให้กากที่ไม่ละลายที่เหลืออยู่นี้ มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับกากไม่ดูดซับในระบบการย่อยของมนุษย์

#### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ถ้วยแก้ว (Crucible)
2. โถดูดความชื้น (Desicator)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
4. เตาเผา (Furnance)

#### สารเคมี

1.  $H_2SO_4$  (Sulfuric acid)
2. NaOH (Sodiumhydroxide)
3.  $CH_3(CH_2)_7OH$  (Octanol)

#### วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่มีน้ำหนักแน่นอน 1-2 กรัม ลงใน Crucible
2. เติม Cilite 1 กรัม
3. วาง Crucible ในช่องของอุปกรณ์ของ Crude Fiber
4. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร หยด Octanol 2-3 หยด
5. ต้มให้เดือดนาน 30 นาที ดูดสารละลายกรดซัลฟูริกทิ้งโดยการกรอง ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนปริมาณ 30 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง
6. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร หยด Octanol 2-3 หยด ดูดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทิ้งโดยการกรอง ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนปริมาณ 30 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง
7. นำเข้า Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง
8. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก
9. นำ crucible ไปเผาต่อในเตาเผา (Furnance) ที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง
10. ปิดเตาเผา ลดอุณหภูมิใน Hot Air Oven
11. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก

**การคำนวณ**

$$\text{ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ} - \text{น้ำหนักหลังเผา}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$$

#### ภาคผนวก ข4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

##### หลักการ

วิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยการใช้ Organic Solvent ซึ่งสกัดไขมันด้วยวิธีการกลั่นย้อนกลับ สามารถสกัดได้อย่างต่อเนื่อง จากนั้นระเหยแยกตัวทำละลายออกจากไขมัน ตัวอย่างที่ใช้สกัดควรเป็นตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว

##### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ชุดเครื่องมือและอุปกรณ์เครื่อง Soxtec Avanti 2050 Auto System
2. หลอดบรรจุตัวอย่าง (Thimble) พร้อมที่จับ (Thimble Holder)
3. ถ้วยสกัด (Extraction Cup) พร้อมที่จับ (Extraction Cup Holder)
4. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
5. โถดูดความชื้น (Desiccator)

##### สารเคมี

เฮกเซน หรือปิโตรเลียมอีเทอร์

##### วิธีการ

1. เปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Cooling Bath) ควบคุมอุณหภูมิที่ 12-15 องศาเซลเซียส
2. Warm เครื่อง Soxtec โดยเปิดปุ่ม Power ปรับอุณหภูมิและตั้งโปรแกรมทำงานตามชนิดของตัวทำละลายที่ใช้
3. ชั่งตัวอย่างอาหารบดแห้งแล้วบดละเอียด 1 กรัม ใส่ใน Thimble
4. นำ Thimble มาใส่ในตัวเครื่อง Soxtec ด้วย Thimble Holder
5. เติมตัวทำละลายประมาณ 50 มิลลิลิตร ใน Extraction Cup ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน
6. กดปุ่ม Start 1 ครั้งโปรแกรมจะเริ่มทำงานตั้งแต่ขั้นตอน boiling ไปจนถึง Pre-Drying
7. เมื่อครบเวลาการทำงาน นำ Extraction Cup ออบใน Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ  $100 \pm 3$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จนน้ำหนักคงที่
8. ระบายตัวทำละลายออกจากเครื่อง ใส่ในขวดตัวทำละลายที่ใช้แล้ว
9. คำนวณหาปริมาณไขมันที่สกัดได้

##### การคำนวณ

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

$W_1$  คือ น้ำหนักของ Extraction Cup และน้ำหนักไขมันที่สกัดได้หลังการอบแห้งแล้ว (กรัม)

$W_2$  คือ น้ำหนักของ Extraction Cup ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (กรัม)

$W$  คือ น้ำหนักของตัวอย่างอาหารที่อบแห้งแล้ว (กรัม)

## ภาคผนวก ข5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

### หลักการ

ทำลายสารอินทรีย์โดยใช้เปลวไฟ หรือเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 500-550 องศาเซลเซียส จนเหลือแต่สารอนินทรีย์

### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Crucible or Porcelain Dish (ถ้วยกระเบื้องเคลือบ)
2. Desiccator
3. Electric Muffle Furnace
4. Electric Burner
5. Hot Air Oven
6. Tong

### วิธีการ

1. อบ Crucible ที่ อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของ Crucible
2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างประมาณ 4-6 กรัม ใส่ Crucible แล้วนำไปเผาไฟอ่อนๆบน Electric burner จนหมดควัน
3. นำตัวอย่างไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ  $550 \pm 20$  องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทา (ถ้ายังเป็นสีดำให้นำออกมาหยดน้ำกลั่นลงไปให้ท่วมแล้วเผาต่อจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว)
4. นำออกมาลดอุณหภูมิใน Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใส่ใน Desiccator ทิ้งให้เย็นในอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่ง เเผาตัวอย่างซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม

### วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_1 - W)} \times 100$$

เมื่อ  $W$  = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ (กรัม)

$W_1$  = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

$W_2$  = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังเผาจนได้น้ำหนักคงที่ (กรัม)

ภาคผนวก ค  
การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

## ภาคผนวก ค1 การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (BAM, 2001)

### อุปกรณ์

1. ตัวอย่างอาหารเค้กเนย
2. plate count agar (PCA)
3. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.85%
4. ปิเปต
5. หลอดทดลอง
6. เครื่องตีปั่นอาหาร
7. ตู้บ่มเชื้อ
8. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

### วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหาร 50 กรัม ใส่ใน sterile bag เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.85% 250 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่อง stomacher ตีปั่นเป็นเวลา 30 วินาทีจนเป็นของผสมเนื้อเดียวกันจะได้ตัวอย่างที่มีความเข้มข้น  $10^{-1}$  เท่า
2. เจือจางเป็นความเข้มข้น  $10^{-2}$  เท่าโดยปิเปตสารละลายเข้มข้น  $10^{-1}$  เท่า ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ จากนั้นทำเป็นสารละลายเข้มข้น  $10^{-3}$  เท่า
3. ปิเปตตัวอย่างเจือจางแต่ละความเข้มข้นมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว เท PCA เหลวทับผสมให้เข้ากันโดยหมุนจานเพาะเชื้อวนไปทางด้านซ้ายและขวา (pour- plate technique)
4. รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวนำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
5. นับโคโลนีในจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนมากกว่า 30 แต่ไม่เกิน 300 โคโลนี
6. คำนวณค่าเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง

### วิธีการคำนวณ

โคโลนี / กรัม = ค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียที่นับได้  $\times$  ค่าผกผันของระดับการเจือจาง

ภาคผนวก ง  
การประเมินคุณภาพทางประสาธน์สัมพันธ์

ตัวอย่างแบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส  
ผลิตภัณฑ์ ...

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พร้อมให้คะแนนความชอบในแต่ละตัวอย่าง และ  
บ้วนปากก่อนทุกครั้งก่อนที่จะทดสอบตัวอย่างต่อไป

ระดับการให้คะแนนที่ 1 - 9 ดังนี้

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

รหัส	.....	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่นรส	.....	.....	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก จ  
ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

## มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เค้ก

### ๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะเค้กที่อาจแต่งหน้าหรือสอดไส้ บรรจุในภาชนะบรรจุ ไม่ครอบคลุมถึงเค้กตรังที่ได้ประกาศเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแล้ว

### ๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ เค้ก หมายถึง ขนมอบชนิดหนึ่งที่ทำจากแป้งสาลี น้ำตาล ไขมัน และไข่ เป็นส่วนประกอบหลัก ผสมนม กะลือผงฟู และส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม เช่น สารแต่งกลิ่นรส ผลไม้ ผัก ถั่ว เครื่องเทศ ผสมให้เข้ากัน นำไปอบที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม อาจแต่งหน้าหรือสอดไส้ด้วย

### ๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องมีรูปทรงที่สมบรูณ์ ไม่ยุบตัว กรณีมีการแต่งหน้าหรือสอดไส้ ต้องประณีต สวยงาม

๓.๒ สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของเค้ก

๓.๓ กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของเค้ก ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสเหม็น

๓.๔ ลักษณะเนื้อสัมผัส

ต้องมีลักษณะเนื้อที่ดีเป็นไปตามลักษณะเฉพาะของเค้กแต่ละชนิดเมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๘.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า ๓ และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนนจากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

๓.๕ สิ่งแปลกปลอมต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

๓.๖ วัตถุเจือปนอาหาร

๓.๖.๑ ห้ามใช้วัตถุกันเสียทุกชนิด เว้นแต่กรณีที่ดีมากับวัตถุติดบ ให้เป็นไปตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

๓.๖.๒ หากมีการใช้สีผสมอาหาร ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

มผช.๔๕๙/๒๕๕๙

**๓.๗ จุลินทรีย์**

๓.๗.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า  $1 \times 10^6$  โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๗.๒ สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๗.๓ บาซิลลัส ซีเรียส ต้องน้อยกว่า ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๗.๔ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

**๔. สุขลักษณะ**

๔.๑ สุขลักษณะในการทำเค้ก ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

**๕. การบรรจุ**

๕.๑ ให้บรรจุเค้กในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

๕.๒ น้ำหนักสุทธิของเค้กในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

**๖. เครื่องหมายและฉลาก**

๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุเค้กทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็น

ได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น เค้ก เค้กกล้วยหอม เค้กเนยสด เค้กแครอท

(๒) ส่วนประกอบที่สำคัญ

(๓) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

(๔) น้ำหนักสุทธิ

(๕) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

(๖) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา เช่น ควรเก็บในที่เย็น

(๗) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าจดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

**๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน**

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง เค้กที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมาย และฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อ

มผช.๔๕๙/๒๕๔๙

ตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๕ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าเค้กรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๗.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ถึงข้อ ๓.๔ จึงจะถือว่าเค้กรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๖ จึงจะถือว่าเค้กรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๔ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ กรัมกรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๗ จึงจะถือว่าเค้กรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสินตัวอย่างเค้กต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ ข้อ ๗.๒.๓ และข้อ ๗.๒.๔ ทุกข้อ จึงจะถือว่าเค้กรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

#### ๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส

๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบเค้กอย่างน้อย ๕ คนแต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

๘.๑.๒ วางตัวอย่างเค้กลงบนจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

๘.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ ๘.๑.๓)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องมีรูปทรงที่สมบรูณ์ ไม่ยุบตัว กรณีมีการแตงหน้าหรือสอดไส้ ต้องประณีต สวยงาม	๔	๓	๒	๑
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของ เค้ก	๔	๓	๒	๑
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติ ของเค้กปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ ไม่พึงประสงค์เช่น กลิ่นอับ กลิ่น หืน รสเฝื่อน	๔	๓	๒	๑
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องมีลักษณะเนื้อที่ดีเป็นไป ตาม ลักษณะเฉพาะของเค้กแต่ละ ชนิด	๔	๓	๒	๑

๘.๒ การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก  
ให้ตรวจพินิจ

๘.๓ การทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร  
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๔ การทดสอบจุลินทรีย์  
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๕ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ  
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

## ภาคผนวก ก.

## สุขลักษณะ

(ข้อ ๔.๑)

## ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.๑.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.๑.๑.๒ อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.๑.๑.๓ ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.๑.๒ อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาดและสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.๑.๒.๑ พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาดและ

ซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.๑.๒.๒ แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไมใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.๑.๒.๓ พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

## ก.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.๒.๑ ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุที่มีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน

ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

## ก.๓ การควบคุมกระบวนการทำ

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.๓.๒ การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

## ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาด และมีปริมาณเพียงพอ

ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าไปในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

- ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์
- ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้
- ก.๕ บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ  
ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก

## ประวัติผู้วิจัย

### หัวหน้าโครงการวิจัย

นายนราธิป ปุณเกษม เกิดวันอังคารที่ 8 พฤษภาคม พ.ศ. 2527 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร (เกียรตินิยมอันดับสอง) จากภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2548 จากนั้นสำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร จากภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2551

ประสบการณ์ทำงาน ในปี พ.ศ. 2548 – 2552 ปฏิบัติงานเป็น เจ้าหน้าที่ฝ่ายอบรม อาหาร และ เครื่องดื่มโรงเรียนการอาหารนานาชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต จากนั้น ปี พ.ศ. 2552 – 2554 เป็นอาจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต และ ปี พ.ศ. 2555 จนถึงปัจจุบัน เป็นอาจารย์ เทคโนโลยีการประกอบอาหาร และการบริการ โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ในปี พ.ศ. 2553 มีงานวิจัย เรื่อง “โครงการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคถ้วยเตี๋ยแกงไทยของชาวญี่ปุ่น” ทุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และ สถาบันวัฒนธรรมไทยศึกษา (ประเทศญี่ปุ่น) ในปี พ.ศ. 2554 มีงานวิจัย เรื่อง “การศึกษาคุณภาพของเนย และผลิตภัณฑ์จากเนยสวนดุสิต” ทุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต และในปี พ.ศ. 2555 มีงานวิจัย เรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีสมุนไพรรไทยแคลอรีต่ำ: ชิง” ทุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ผลงานตีพิมพ์ใน Journal of Food Process Engineering ในปี ค.ศ. 2011 เรื่อง “Process development of shelf-stable Chinese steamed bun” ตีพิมพ์ใน Procedia Food Science ในปี ค.ศ. 2011 เรื่อง “Process development of ready-to-eat custard cream filled Chinese steamed bun” และตีพิมพ์ในวารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม ในปี 2555 เรื่อง “Effect of hydrocolloids on the bread staling”