

การใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในการป้องกันการเกิดสติงของมาม่อนเค้ก

USE OF HYDROCOLLOIDS IN PREVENTION OF STALING IN  
MAMON CAKE

ณัฐพร สุบรรณณี

NATTHAPORN SUBANMANEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจั่นและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMUTL-2009-AI-M-055-044

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในการป้องกันการเกิดสติงของมาม่อนเค้ก

USE OF HYDROCOLLOIDS IN PREVENTION OF STALING IN  
MAMON CAKE



T105323

ณัฐพร สุบรรณมณี

NATTHAPORN SUBANMANEE

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 105323  
วัน,เดือน,ปี 18 พ.ย. 2552

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษิตตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-055-044

**USE OF HYDROCOLLOIDS IN PREVENTION OF STALING IN  
MAMON CAKE**

**NATTHAPORN SUBANMANEE**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN FOOD CATERING TECHNOLOGY  
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2009**

**KMITL-2009-AI-M-055-044**

**COPYRIGHT 2009**

**FACULTY OF AGRO-INDUSTRY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

คณะอุตสาหกรรมเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในการป้องกันการเกิดสเตลิงของมาม่อนเค้ก  
USE OF HYDROCOLLOIDS IN PREVENTATION OF STALING IN  
MAMON CAKE

ชื่อนักศึกษา              นางสาวณัฐพร สุบรรณมณี  
รหัสประจำตัว              49068610  
ปริญญา                      วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชา                    เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์      รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม      -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ	 อ.โดง
รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรดม	
ผศ.ดร.พอใจ ถามากร	
ดร.ระจิตร์ สุวพานิช	
รศ.ดร.ประภาศรี เทพรักษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 15 พฤษภาคม 2552 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป  
สถานที่สอบ ณ ห้องสัมมนา D 213 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว



วันที่ ๒๓ เดือน ๑๓๐ พ.ศ. ๒๕๕๒

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในการป้องกันการเกิดสเตลลิงของ  
มาม่อนเค้ก

Use of hydrocolloids in prevention of staling in Mamon cake

นักศึกษา

นางสาวณัฐพร สุบรรณมณี

รหัสประจำตัว

49068610

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

เทคโนโลยีการจัดและการบริการอาหาร

พ.ศ.

2552

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ

### บทคัดย่อ

การเกิดสเตลลิง (staling) ในผลิตภัณฑ์ขนมอบเป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้ขนมมีลักษณะแข็งกระด้างไม่น่ารับประทาน วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์ 4 ชนิด คือ กัวร์กัม แชนแทนกัม คาราจีแนน ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) ในการลดการเกิดสเตลลิงของมาม่อนเค้ก ผลการศึกษาพบว่าสารไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิดที่ศึกษาสามารถลดการเกิดสเตลลิงของมาม่อนเค้กได้ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน โดยสารกัวร์กัมปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ทำให้ค่าความแข็งลดลงจาก 828.9 กรัม - แรง เป็น 720.3 กรัม - แรง แชนแทนกัมปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าความแข็งลดลง จาก 813.5 กรัม - แรง เป็น 641.4 กรัม - แรง คาราจีแนนปริมาณ 0.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ทำให้ค่าความแข็งลดลงจาก 824.9 กรัม - แรง เป็น 629.1 กรัม - แรง และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ HPMC ทำให้ค่าความแข็งลดลงจาก 816.5 กรัม - แรง เป็น 733.3 กรัม - แรง ส่วนค่าความยืดหยุ่น (springiness) การเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) มีค่าเพิ่มขึ้น ไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิดที่ศึกษามีผลทำให้มาม่อนเค้กมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น และการสูญเสียน้ำลดลง ทำให้ค่าความชื้นในขนมเค้กเพิ่มขึ้น คาราจีแนนเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการลดการเกิดสเตลลิงในขนมมาม่อนเค้กได้ดีกว่ากัวร์กัม แชนแทนกัม และ HPMC เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง หรือแช่เย็น (4 องศาเซลเซียส) และแช่เยือกแข็ง (-18 องศาเซลเซียส)

<b>Thesis Title</b>	Use of hydrocolloids in prevention of staling in Mamon cake
<b>Student</b>	Miss Natthaporn Subanmanee
<b>Student ID.</b>	49068610
<b>Degree</b>	Master of Science
<b>Program</b>	Food Catering Technology
<b>Year</b>	2009
<b>Thesis Advisor</b>	Associate Professor Dr. Ratiporn Haruenkit

## **ABSTRACT**

Staling is a phenomenon in bakery products which results in stiffness unlikely for eating. The aim of this research is to study the appropriate amount of 4 hydrocolloids i. e. Guar gum, Xanthan gum, Carrageenan, and HPMC for the reduction of staling in mamom cakes. The results showed that all hydrocolloids evaluated could reduce the staling of mamon cakes after storing at room temperature for 3 days. Guar gum at 0.5% of flour weight reduced the firmness from 828.9 g-f to 720.3g-f, Xanthan gum at 0.5% from 813.5g-f to 641.4g-f, Carrageenan at 0.25% from 824.9g-f to 629.1g-f and HPMC at 0.5% from 816.5g-f to 733.3g-f. The springiness and cohesiveness of mamon cakes increased accordingly. The affect of hydrocolloids also increased the specific volume and reduced water lost resulting in higher moisture content. Carrageenan is the appropriate hydrocolloid could reduce the staling in mamon cake better than Guar gum, Xanthan gum and HPMC when stored at room temperature or at chill temperature (4<sup>0</sup>C) and at freezing temperature (-18<sup>0</sup>C).

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาโทของสาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ระติพร หาเรือนกิจ ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อมูลต่าง ๆ ระหว่างการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ รศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิริโรดม ผศ.ดร. พอใจ ถามากร ดร.ระจิตร์ สุวพานิช และ รศ.ดร. ประภาศรี เทพรักษา อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขรวมทั้งให้คำแนะนำงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร ทุกคน ที่ช่วยเหลือในด้านต่างๆ และทุกๆ คนที่คอยให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการห้องวิทยาศาสตร์ ทุกคนที่ได้ช่วยเหลือ

สุดท้ายขอรำลึกถึงพระคุณของบิดา อรุณมงคล สุบรรณมณี มารดา อุไร ศรีคร่ำ และ พี่ชาย วสันต์ สุบรรณมณี ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา และให้กำลังใจด้วยดีมาตลอด คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ณัฐพร สุบรรณมณี

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 มาม่อนเค้ก (Mamon cake).....	3
2.2 สารไฮโดรคอลลอยด์.....	6
2.3 การเกิดสเตลิง (Staling) ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ .....	8
2.4 งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ.....	9
2.5 ลักษณะของ TPA (Texture Profile Analyzer).....	10
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	13
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	13
3.2 วิธีการทดลอง.....	14
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	19
4.1 ปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก.....	19
4.2 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อ ผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก.....	30

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการเกิดสแตลิงของผลิตภัณฑ์นมาม่อนเค้ก เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	40
4.4 ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการเกิดสแตลิงของผลิตภัณฑ์นมาม่อนเค้ก เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	46
บรรณานุกรม.....	47
ภาคผนวก	
ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ.....	50
ข การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส.....	56
ค แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	61
ประวัติผู้เขียน.....	65

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 สูตรมาตรฐานนมาม่อนเด็ก.....	14
4.1 ปริมาณความชื้นของนมาม่อนเด็กที่เติมกัวร์กัมในระดับที่ต่างกัน.....	28
4.2 ปริมาณความชื้นของนมาม่อนเด็กที่เติมแซนแทนกัมในระดับที่ต่างกัน.....	29
4.3 ปริมาณความชื้นของนมาม่อนเด็กที่เติมคาราจีแนนในระดับที่ต่างกัน.....	29
4.4 ปริมาณความชื้นของนมาม่อนเด็กที่เติม HPMC ในระดับที่ต่างกัน.....	30
4.5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของนมาม่อนเด็กที่เติมกัวร์กัมปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน.....	31
4.6 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของนมาม่อนเด็กที่เติมกัวร์กัมปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน.....	32
4.7 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของนมาม่อนเด็กที่เติมแซนแทนกัมปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน.....	33
4.8 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของนมาม่อนเด็กที่เติมแซนแทนกัมปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน.....	35
4.9 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของนมาม่อนเด็กที่เติมคาราจีแนนปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน.....	36
4.10 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของนมาม่อนเด็กที่เติมคาราจีแนนปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน.....	37
4.11 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของนมาม่อนเด็กที่เติม HPMC ปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน.....	38
4.12 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของนมาม่อนเด็กที่เติม HPMC ปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน.....	39
4.13 การเปรียบเทียบคุณภาพของนมาม่อนเด็กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 0 วัน และ 3 วัน แสดงค่าลักษณะทางเนื้อสัมผัสด้าน Firmness, Springiness, Cohesiveness.....	39
4.14 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของนมาม่อนเด็กเมื่อเติมไฮโดรคอลลอยด์แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 0 วัน และ 3 วัน แสดงค่าลักษณะทางเนื้อสัมผัสด้านปริมาตรจำเพาะความชื้น.....	40

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.15 แสดงผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสของมาม่อนเค้กที่ใส่สารกัวร์กัม แชนแทนกัม คาราจีแนน และ HPMC เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	41
4.16 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของมาม่อนเค้กที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ต่างชนิดกัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	42
4.17 แสดงผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสของมาม่อนเค้กที่ใส่สารคาราจีแนน เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	43
4.18 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของมาม่อนเค้กที่เติมสารคาราจีแนน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	44
ค.1 ปริมาณของกัวร์กัมที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก.....	62
ค.2 ปริมาณความชื้นของมาม่อนเค้กที่เติมกัวร์กัมที่ระดับต่างกัน.....	62
ค.3 ปริมาณของแชนแทนกัมที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก.....	62
ค.4 ปริมาณความชื้นของมาม่อนเค้กที่เติมแชนแทนกัมที่ระดับต่างกัน.....	63
ค.5 ปริมาณของคาราจีแนนที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก.....	63
ค.6 ปริมาณความชื้นของมาม่อนเค้กที่เติมคาราจีแนนที่ระดับต่างกัน.....	63
ค.7 ปริมาณของ HPMC ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก.....	64
ค.8 ปริมาตรจำเพาะและปริมาณความชื้นของมาม่อนเค้กที่เติม HPMC ที่ระดับต่างกัน.....	64

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 กราฟที่ได้จากการทำ Texture Profile Analysis.....	11
3.1 กระบวนการผลิตมาม่อนเค้ก.....	15
4.1 ค่า Firmness ของมาม่อนเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ.....	19
4.2 ค่า Springiness ของมาม่อนเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ.....	22
4.3 ค่า Cohesiveness ของมาม่อนเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ.....	24
4.4 ค่าปริมาตรจำเพาะของมาม่อนเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ.....	26
ก 1 Texture profile analysis.....	54
ก 2 ผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก.....	55
ก 3 ตัวอย่างขนมมาม่อนที่นำมาวัดเนื้อสัมผัส.....	55
ก 4 เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสของมาม่อนเค้ก.....	55

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

นมแม่เป็นนมที่ดีที่สุดสำหรับทารกและนมเหมือนสปันจ์เค้ก นมแม่จัดเป็นเค้กประเภทไข่ ซึ่งขึ้นฟูโดยการขยายตัว และการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในไข่ ทำให้เกิดโครงสร้างของเค้ก นมแม่มีส่วนผสมส่วนใหญ่เป็นไข่ และมีปริมาณของไขมันในส่วนผสมไม่มากนัก จึงทำให้นมแม่มีอายุการเก็บที่สั้นเนื่องจากขาดไขมันเป็นตัวช่วยให้เนื้อสัมผัสของนมนุ่ม เมื่อนมเก็บไว้นาน 2 – 3 วันจึงทำให้น้ำของนมแห้งและเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากการสูญเสียความชื้น ทำให้เปลือกของนมเด็กเหนียว ส่วนเนื้อรวนและแข็งขึ้น จึงทำให้นมแม่มีอายุการเก็บไม่นานนัก ด้วยเหตุนี้เองจึงมีการเล็งเห็นว่า จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและลดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ให้นานและดีที่สุด

การเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ จะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น เนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยด์ช่วยให้เนื้อเรียบเนียน และไฮโดรคอลลอยด์มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของน้ำในอาหาร ที่สำคัญคือ ทำให้โมลของน้ำบางส่วนไม่เคลื่อนที่ ส่วนที่ถูกจับไว้ในไฮโดรคอลลอยด์ก็จะไม่หลุดออกมา และช่วยกักเก็บน้ำได้ดี ลดการสูญเสียน้ำในระหว่างการอบ ทำให้สามารถช่วยยืดอายุการเก็บอันเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำหรือการระเหยของน้ำในผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี ซึ่งช่วยให้เกิดความนุ่มของเนื้อสัมผัส ปรับเปลี่ยนการเกิดผลึกน้ำแข็งในระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาพแช่เยือกแข็ง (สุวรรณ สุภิมารส, 2543) และลดการเกิดริโทกราเครชันในโมเลกุลของแป้ง โดย Maria and Cristina (2005) ศึกษาวิธีการในการยืดอายุการเก็บรักษาขนมปังโดยการใส่สารไฮโดรคอลลอยด์ พบว่าที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส HPMC ปริมาณ 0.50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง สามารถลดความแข็ง และลดการเกิดริโทกราเครชันของแป้งได้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1. ศึกษาปริมาณและชนิดที่เหมาะสมของสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ กัวร์กัม แชนแทนกัม คาราจีแนน ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) ต่อการป้องกันการเกิดสเตลิงของนมแม่
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของนมแม่ที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น และแช่เยือกแข็ง

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ 4 ชนิด คือ กัวร์กัม แซนแทนกัม คาราจีแนน ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพของนมอ่อนเด็ก และผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อคุณภาพของนมอ่อนเด็กเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แช่เย็นและแช่เยือกแข็ง

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมอ่อนเด็กที่ขายในท้องตลาด
2. พัฒนาลักษณะของนมอ่อนเด็กให้มีคุณภาพดีขึ้น
3. สร้างองค์ความรู้ใหม่ในการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผู้ประกอบการและนักวิชาการ

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 มาม่อนเค้ก (Mamon cake)

มาม่อน (Mamon) เป็นขนมอบ ซึ่งกำเนิดในประเทศฟิลิปปินส์ ก่อนจะแพร่ชื่อเสียงความอร่อยจนเป็นที่นิยมรับประทานในหลายประเทศทั่วโลก ความนุ่มของมาม่อนนั้น คล้ายคลึงกับชิฟฟอนหรือสปองจ์ เค้ก มาม่อนจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นสปองจ์เค้กสไตล์ฟิลิปปินส์ (โพสตุเคย์, 2008)

มาม่อนเค้กจัดเป็นเค้กในกลุ่มของสปองจ์เค้ก เป็นเค้กที่ขึ้นฟูได้โดยการขยายตัวและการเปลี่ยนแปลงของ โปรตีนในไข่ เพื่อทำให้เกิด โครงสร้างของเค้ก ดังนั้นขั้นตอนการเกิดฟองของไข่เป็นปัจจัยทำให้เกิดการขึ้นฟูที่ดี ในส่วนผสมจะมีน้ำมันพืชหรือเนยละลายเป็นตัวช่วยเพิ่มความนุ่มนวลให้กับเนื้อเค้ก ลักษณะของมาม่อนเค้กที่ดีนั้นจะต้องมีลักษณะ นุ่ม นุ่ม เนื้อเค้กฟูเบา และเนื้อละเอียด (จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัชวิกุล, 2546)

#### 2.1.1 วัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบในการทำมาม่อนเค้ก

##### 1. ไข่

ไข่มีหน้าที่ให้โครงสร้าง เนื้อสัมผัส และลักษณะอื่นที่มองเห็นได้ เมื่อตีไข่จะเกิดแผ่นบางยึดหยุ่นได้และกักเก็บอากาศไว้ เมื่อได้รับความร้อนจากไอน้ำร้อนจะสามารถขยายตัว ยึดออกแล้วแข็งตัว จึงทำให้เกิดเป็นโครงสร้างขึ้น โดยโปรตีนโอวอลบิวมิน (Ovalbumin) ที่มีมากกว่า 63 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนในไข่ขาวจะทำให้ขนมที่มีไข่เป็นส่วนประกอบคงรูปร่างอยู่ได้ แต่ถ้ามีเฉพาะโปรตีนชนิดนี้จะต้องใช้เวลาในการตีนาน ดังนั้นจึงต้องประกอบด้วยโปรตีนกลอบิวลิน (Globulin) ที่มีประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนในไข่ขาว ทำหน้าที่ในการขึ้นฟูของไข่เพราะมีคุณสมบัติในการแข็งตัวได้ด้วยความร้อน ส่วนในไข่แดงจะมีเลซิธินที่มีคุณสมบัติช่วยให้น้ำมันรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับของเหลวอื่นได้ (ศิริลักษณ์ สนิชวลัย, 2525)

การตีไข่นั้นจะทำให้เกิดฟองอากาศจับตัวอยู่ในเส้นใยโปรตีนของไข่ขาว และช่วยให้ชั้นของโอวอลบิวมินให้แผ่นขยายออก แต่ถ้าตีมากเกินไปจะทำให้ฟองอากาศที่เกิดขึ้นเล็กเกินไปพื้นผิวหน้าของฟองอากาศเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความแข็งแรงของโปรตีนที่ยึดฟองอากาศไว้เล็กน้อยลง เมื่อได้รับความร้อน โปรตีนจะหดตัว สังกัดได้จากขนมที่ตีมากเกินไปเมื่ออบจะยุบตัวลง โดยลักษณะฟองอากาศที่เกิดจากการตีไข่มีหลายระดับ

นอกจากนี้ใน ไข่ยังมีอัลบูมิน (albumin) ซึ่งอัลบูมินนี้จะช่วยทำให้ โครงสร้างของเค้กอยู่ตัว แต่เมื่อมีไขมันในปริมาณมากไปจับกับอัลบูมินในไข่ขณะที่ตี จะทำให้ฟองอากาศของไข่ยุบลงและ

มีฟองอากาศขนาดเล็กมาก มีผลให้โครงร่างของเค้กยุบตัวลง และขาดการยึดหยุ่นหลังจากได้รับความร้อน (จิตรณา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

## 2. แป้งสาลี

แป้งสาลีเป็นแป้งที่ใช้ทำเบเกอรี่ทุกชนิด ทั้งนี้เพราะแป้งสาลีมีโปรตีนสองชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือ กลูเตมินและไกลอะดลิน ซึ่งเมื่อนำแป้งสาลีมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า กลูเตน มีลักษณะเป็นยางเหนียว ยึดหยุ่นได้ กลูเตนนี้จะเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

## 3. น้ำตาล

น้ำตาลเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการทำขนม สำหรับการทำมาบ่อนเค้กจะใช้น้ำตาลทราย และเพื่อให้ขนมขึ้นฟูดีควรใช้น้ำตาลทรายเกล็ดเล็ก (ศิริลักษณ์ สนิชวาลย์, 2525) โดยหน้าที่ของน้ำตาลทรายที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์ ช่วยให้เนื้อขนมมีลักษณะดี เพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้เปลือกของผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองทอง และช่วยให้ดีกรีและดีไซท์มีความคงตัวและขึ้นฟู (จิตรณา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546) การเติมน้ำตาลในไข่ขาวจะชะลอการขึ้นฟูของไข่ขาวหรือทำให้เกิดฟองอากาศช้ากว่าปกติ เพราะน้ำตาลจะไปขัดขวางการเปลี่ยนแปลงธรรมชาติของโปรตีนไข่ขาว ทำให้โปรตีนแข็งตัวช้าลง และต้องใช้เวลาในการตีเพิ่ม แต่น้ำตาลช่วยให้ฟองอากาศที่เกิดขึ้นคงตัวและมีเนื้อสัมผัสที่ละเอียด แม้ว่าจะน้อยกว่าไข่ขาวที่ดีโดยยังไม่ได้เติมน้ำตาลลงไป

นอกจากนี้การมีน้ำตาลอยู่ในส่วนผสมมากเกินไป จะทำให้การดีไซท์ใช้เวลาถึง 2 เท่าของการดีไซท์โดยไม่ใส่น้ำตาลอีกทั้งยังทำให้เนื้อเค้กที่ได้มีเนื้อแน่นและหนักแต่อย่างไรก็ตามน้ำตาลยังช่วยให้เนื้อไข่ที่ขึ้นฟูแล้วเป็นเงาไม่กระด้าง การเติมน้ำตาลจึงควรกระทำหลังจากดีไซท์ไปแล้ว 5 – 10 นาที โดยเติมทีละน้อยระหว่างดีไซท์ และต้องตีส่วนผสมจนกระทั่งตั้งยอดแข็งได้ (ศิริลักษณ์ สนิชวาลย์, 2525)

## 4. ไขมัน

หน้าที่ของไขมันในผลิตภัณฑ์ คือ ให้ความอ่อนนุ่ม และให้กลิ่นรสที่ดี นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟลเลอร์ในผลิตภัณฑ์อีกด้วย (จิตรณา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546) ไขมันที่ใช้ในการทำมาบอบ คือ

ก. เนยสด (butter) ทำจากส่วนที่เป็นไขมันของน้ำนมวัว ประกอบด้วยไขมัน 80 เปอร์เซ็นต์ มีสีเหลือง มีกลิ่นรสหวาน มีลักษณะแข็งที่อุณหภูมิห้อง เนยสดใช้ได้ดีที่สุดในการให้กลิ่นรส แต่มีคุณสมบัติช่วยในการเป็นครีม คือ เนยสดจะตีครีมไม่ตีและขาดการเป็นเนื้อเดียวกัน

ข. น้ำมันพืช เป็นน้ำมันพืชที่ได้จากเมล็ดแห้งของพืชที่ให้น้ำมัน นำมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ขจัดสีและสิ่งแปลกปลอมออกไป แล้วสีของน้ำมันก็จะต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ เช่น น้ำมันที่ได้จากถั่วลิสง และจากเมล็ดฝ้ายจะไม่มีสี ในขณะที่น้ำมันจากข้าวโพดและถั่วเหลือง มีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง และมีไขมันอยู่ 100 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันพืชเป็นตัวทำให้เค้กนุ่ม

ค. เนยขาว (shortening) จะมีสีขาวไม่มีรสชาติ และจะแข็งตัวในอุณหภูมิห้อง มีจุดเกิดควันต่ำ เมื่อนำมาตีจะขึ้นดี

## 5. ผงฟู

ผงฟูเป็นสิ่งที่ทำให้ขนมขึ้นฟูด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ผลิตภัณฑ์เบาโปร่งมีลักษณะเนื้อในเป็นรู โดยปกติแล้วผงฟูจะช่วยให้เค้กมีความเบาขึ้นฟู ลักษณะเนื้อในเค้กเป็นรูโปร่ง และทำให้เค้กมีความน่ารับประทาน ผงฟู (baking powder) ประกอบด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) และสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น ครีมทาร์ทาร์ (cream of tartar) เป็นผลึกผงสีขาวทำมาจากกรดในลูกองุ่น โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต (sodium acid pyrophosphate) และส่วนที่เป็นแป้งข้าวโพดเพื่อป้องกันไม่ให้สารทั้งสองสัมผัสกันโดยตรง เมื่อผงฟูโดนน้ำจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ขนมฟู ซึ่งเป็นแบบกำลังหนึ่ง (single acting หรือ fast action) ส่วนแบบกำลังสอง (double action) จะมีกรด 2 ตัว และจะมีก๊าซเกิดขึ้น 2 ช่วงในช่วงการผสมและการอบ (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

## 6. นำนม

มีผลต่อการอยู่ตัวของไข่ที่ดีขึ้นฟู ขนาดและการกระจายตัวของเม็ดไขมันในนมนมีความสำคัญต่อการขึ้นฟูมากกว่าปริมาณไขมัน สังเกตได้จากการใช้นำนมที่ผ่านการทำให้ไขมันกระจายตัว (ศิริลักษณ์ สินชวลัย, 2525)

นมเป็นสารละลายที่มีอนุภาคเล็กๆ ของไขมัน โปรตีน น้ำตาลและแร่ธาตุปนอยู่โดยไม่แยกออกจากกันเมื่อตั้งทิ้งไว้ หน้าที่ของนมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ คือ ช่วยรวมส่วนผสมอื่นๆ เข้าด้วยกัน ช่วยละลายน้ำตาลซึ่งเป็นตัวทำให้ผลิตภัณฑ์อ่อนนุ่ม และช่วยให้แป้งเกิด โครงสร้างของผลิตภัณฑ์เมื่อรวมกับน้ำ ช่วยทำให้เกิดสีน้ำตาลทองแก่ผลิตภัณฑ์เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) โดยน้ำตาลแลคโตสและเคซีน (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546)

## 7. เกลือ

นอกจากจะช่วยเน้นรสชาติของส่วนผสมอื่นๆ ให้เด่นชัดแล้ว เกลือยังช่วยให้เนื้อเค็มมีความแข็งขึ้น เพราะเกลือมีผลต่อกลูเตนในแป้ง จึงอาจกล่าวได้ว่าเป็นตัวช่วยสร้างโครงสร้างของเค้กอีกด้วย

## 2.2 สารไฮโดรคอลลอยด์

นิธิยา รัตนปนนท์ (2545) ได้ให้ความหมายของไฮโดรคอลลอยด์ไว้ว่า ไฮโดรคอลลอยด์หรือไฮโดรฟิลิคคอลลอยด์ หมายถึง สารประเภทโพลีแซคคาไรด์กัม ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ที่มีสายยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ในโมเลกุลอาจประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์ชนิดเดียวกันทั้งหมดเป็นไฮโมโพลีแซคคาไรด์ เช่น เดกซ์แทรนและฟอสโฟแมนแนน หรือประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์หลายชนิดเป็น เฮเตอร์โพลีแซคคาไรด์ เช่น กัมอะราบิก กัมแกคติ และกัมคารายา เป็นต้น

### 2.2.1 การจำแนกชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์สามารถจำแนกเป็นชนิดต่างๆ ได้ 2 แบบ

#### 2.2.1.1 จำแนกตามแหล่งที่มา ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- ก. ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ยาง เมล็ด ราก หัว สาหร่ายทะเล (sea weed) บางชนิดและได้มาจากสัตว์ เช่น เจลาติน
  - ข. ไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นอนุพันธ์ของสารที่ได้จากธรรมชาติ หรือดัดแปรสารจากธรรมชาติ (modified natural) เช่น อนุพันธ์ของเซลลูโลส และอนุพันธ์ของสตาร์ช
  - ค. ไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นสารสังเคราะห์ (synthetic) เช่น พอลิไวนิลไพโรลิดีน (polyvinylpyrrolidene) และพอลิเอทิลีนออกไซด์พอลิเมอร์ (polyethylene oxide polymers)
- ไฮโดรคอลลอยด์ที่นิยมใช้มากในผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นกลุ่มที่ได้จากธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่

2.2.1.2 จำแนกตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุล และหมู่ฟังก์ชันหรือหมู่ที่ไวต่อปฏิกิริยา (functional or reactive group) ที่อยู่ในโมเลกุลของโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งอาจจะเป็นประจุลบ (anionic) ไม่มีประจุ (nonionic) หรือเป็นกลาง (neutral) สำหรับโพลีแซคคาไรด์กัมชนิดมีประจุลบ คือ พวกที่มีหมู่ซัลเฟต หมู่คาร์บอกซิลิก และหมู่ฟอสเฟต

หน้าที่เบื้องต้นของไฮโดรคอลลอยด์ในระบบอาหารต่างๆ ไป คือ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของน้ำในอาหาร ทำให้โมเลกุลของน้ำบางส่วน ไม่เคลื่อนที่ ส่วนที่ถูกจับไว้ในไฮโดรคอลลอยด์จะไม่หลุดออกมา ส่วนหน้าที่อื่นๆ ที่เด่นชัดคือ ช่วยลดอัตราการระเหยของน้ำ เปลี่ยนแปลงจุดเยือกแข็ง ปรับเปลี่ยนการเกิดผลึกน้ำแข็งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็ง ควบคุมการปรับสมบัติในการไหล พองอนุภาคที่ไม่ละลายน้ำให้แขวนลอย ทำให้โฟมและ

อิมัลชันอยู่ตัว และทำให้หยดน้ำมันกระจายอยู่ในระบบที่มีไฮโดรคอลลอยด์ผสมอยู่ด้วย (สุวรรณาศุภิมารศ, 2543)

## 2.2.2 ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ

### 2.2.2.1 กัวร์กัม

กัวร์กัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีคุณสมบัติในการละลายที่ดี ทำให้มีอัตราการดูดซับน้ำเร็ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีอัตราการคั่งน้ำมากขึ้นด้วย สามารถลดน้ำที่สูญหายไปในการเก็บรักษาได้ และยังเป็นสารเพิ่มความหนืดแต่ไม่ทำให้เกิดเจล (นิธิยา รัตนปนนท์, 2549) ซึ่งเป็นผลดีต่อลักษณะของส่วนผสม (batter) ในอุตสาหกรรมอาหารกัวร์กัมถูกใช้เพื่อทำให้ลักษณะของสารละลายมีความเหนียว ปริมาณกัวร์กัมในอาหารยอมรับให้ใช้ได้ถึงความเข้มข้นไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ต่อน้ำหนัก กัวร์กัมจะใช้เติมในเค้ก มัฟฟิน บิสกิต และพิซซ่า เพื่อทำให้ลดเวลาในการนวดผสม ลดเศษขนมปังที่แตกหัก และลดน้ำที่สูญหายไปในการเก็บรักษา ซึ่งช่วยในเกิดความนุ่มของเนื้อสัมผัส รวมไปถึงอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น (Imeson, 1997)

กัวร์กัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติ สกัดแยกมาจากเมล็ดพืชที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cyanaposis tetragalobus* และ *C.pSORALOIDUS* เป็นพืชตระกูลเดียวกับ *Leguminosae* พืชกัวร์มีเมล็ดเป็นฝักใน 1 ฝักมีเมล็ดอยู่ประมาณ 2-4 มิลลิเมตร (0.8-0.16 นิ้ว) พืชกัวร์มีขนาดความสูงประมาณ 0.9 ถึง 1.2 เมตร หรือ 3 ถึง 4 ฟุต ซึ่งพืชพวกนี้มีเมล็ดบรรจุอยู่ยาวประมาณ 5.1 ถึง 7.6 เซนติเมตร (2-3 นิ้ว)

### 2.2.2.2 แชนแทนกัม

แชนแทนกัม หรือ Polysaccharide B - 1459 เป็นกัมที่ได้โดยการหมักด้วยแบคทีเรียบริสุทธิ์ คือ *Xanthomonas campestris* หลังจากกระบวนการหมักแล้ว จะนำสารละลายที่ได้มาตกตะกอนแยกเอาแชนแทนกัมออกด้วยไอโซโพลฟิลาแอลกอฮอล์ทำให้แห้งแล้วบดเป็นผงละเอียด

แชนแทนกัมนิยมใช้กันมากในอาหาร เพราะมีสมบัติพิเศษที่สำคัญ คือ กระจายตัวและละลายได้ดีในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงถึงแม้ว่าจะมีความเข้มข้นต่ำ และทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและพีเอช โดยเฉพาะความหนืดของสารละลายแชนแทนกัมจะคงที่ ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100 องศาเซลเซียส หรือพีเอชจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-13 ก็ตาม ในการทำผลิตภัณฑ์ประเภทขนมอบ แชนแทนกัมจะช่วยในการนวดโด และขึ้นรูปโดง่ายขึ้น อีกทั้งยังช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของแป้ง โดยช่วยป้องกันการเกิดริโทเกรเคชันและการสูญเสียไอน้ำภายในแป้ง เพราะแชนแทนกัมมีคุณสมบัติกักน้ำได้ดี จึงช่วยในการป้องกันการสูญเสียไอน้ำระหว่างการปรุงอาหาร (Imeson, 1997)

### 2.2.2.3 คาราจีแนน

คาราจีแนนเป็น โพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งที่สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง ประกอบด้วยสายหลักของกาแลกโตสที่เชื่อมด้วยพันธะไกลโคซิดิก คาราจีแนนมีหลายชนิด ซึ่งแตกต่างกันไปตามจำนวนและตำแหน่งของกลุ่มเอสเทอร์ซัลเฟต (ester sulphate group) และจำนวนของ 3,6-anhydro-D-galactose ที่อยู่บนสาย โดยคาราจีแนนจะแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ซึ่งได้แก่ แคปปา(kappa) ไอโอตา (iota) และแลมบ์ดา (lambda) คาราจีแนนชนิดแคปปา และไอโอตาจะเกิดเจลได้เมื่อมีโพแทสเซียมไอออนอยู่ แต่แลมบ์ดานั้นเกิดเจลไม่ได้ คาราจีแนนมีสมบัติละลายน้ำและเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิสูง โดยที่เจลที่ได้สามารถคงอยู่ได้ที่อุณหภูมิห้อง มีความยืดหยุ่นและไม่เกิดซินเนอริซิส (นิธิยา รัตนปนนท์, 2545) โดยมากจะใช้คาราจีแนนเป็นสารเพิ่มความหนืด สารให้ความคงตัว และสารที่ก่อให้เกิดเจลในอาหาร ในขนมปังจากแป้งสาลีที่อบใหม่นั้นคาราจีแนนสามารถลดการสูญเสียความชื้นระหว่างการเก็บรักษาได้ดี (Guarda *et al.*,2004)

### 2.2.2.4 ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC )

เป็น ไฮโดรคอลลอยด์กึ่งสังเคราะห์ ที่มีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นคือ จะเกิดเป็นเจลได้เมื่อได้รับความร้อนและจะกลับเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดเมื่อปล่อยให้เย็นลง ผลิตภัณฑ์ขนมอบใช้ HPMC ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อของส่วนผสมให้มีความชื้นเหนียวและขึ้นฟูขณะตีฟองอากาศแทรกเข้าไป ฟิล์มของของเหลวที่ล้อมรอบฟองอากาศจะมีความแข็งแรง คงตัวดี และช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้นระหว่างการอบ ผลิตภัณฑ์ ขณะเดียวกันจะช่วยป้องกันการระเหยของน้ำออกจากเปลือกนอกของผลิตภัณฑ์ขนมอบ ภายหลังการอบเรียบร้อยแล้วด้วย (นิธิยา รัตนปนนท์, 2549)

## 2.3 การเกิดสเตลิง (Staling) ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

ขนมอบที่ออกจากเตาใหม่ๆ จะมีคุณภาพดีที่สุดในเวลานั้นจะค่อยๆ เย็นตัวลงอย่างช้าๆ จนเมื่ออุณหภูมิลดลงถึง 55 องศาเซลเซียส จะเกิดการคืนตัวของแป้ง และจากนั้นจะเกิดปรากฏที่เรียกว่า การเกิดความไม่สด หรือ staling ในขนมอบขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ลักษณะของขนมอบเปลี่ยนไป เนื้อสัมผัสจะแห้งแข็ง

สเตลิง (Staling) สามารถนิยามได้ในความหมายที่กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงเกือบทั้งหมด ซึ่งเกิดขึ้นกับขนมปังระหว่างการเก็บรักษาทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้อาจจะทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัส (สูญเสียกลิ่นรส ความรู้สึกในปาก) หรือทางกายภาพ (สูญเสียความนุ่มของเนื้อขนมปัง เกิดความร่วน) (ปริศนา สุวรรณภรณ์, 2547)

กล่าวกันว่าขนมปังจะมีคุณภาพดีที่สุดในหลังจากที่นำออกจากเตาอบประมาณ 2-3 ชั่วโมง เนื่องจากยังสดอยู่จะมีลักษณะนุ่ม (จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2546) หลังจากนั้นจะเกิดสเตลลิง (Staling) ภายใน 3 – 4 วัน (Pylar, 1973) หรือ 2-5 วัน (งามทิพย์ ภู่วโรคม, 2538)

สเตลลิงเกี่ยวข้องกับการเสื่อมเสียคุณภาพของขนมปัง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมี ทำให้เปลือกขนมปังเหนียวและไม่กรอบ อาจเกิดจากการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจากเนื้อในไปยังเปลือกนอก (Czuchajowaska and Pomeranz, 1989) และอาจจะมีส่วนมาจากอากาศที่มีความชื้นสูงโดยรอบ (ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์) (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย และกมลวรรณ แจ่มชัด, 2544) ในขณะที่ความเสื่อมเสียจากการเกิดความแห้งจะทำให้เนื้อในของขนมปังมีลักษณะเนื้อแน่น แข็งขึ้น และเนื้อร่วน สีขาวขุ่น กลิ่นเริ่มผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดจากอะไมโลสแยกตัวจากเม็ดสตาρχและเกิดเป็นตะกอนขุ่นขาว และกลูเตนสูญเสีย น้ำ การเสื่อมเสียนี้จะเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ขนมปังออกจากเตาอบและเสื่อมคุณภาพจนกระทั่งไม่เหมาะที่จะบริโภค

ปัญหาการเกิดสเตลลิงในขนมอบแห้งแข็ง เกิดจากเม็ดแป้งหรือสตาρχเกิด การคืนตัวของแป้ง (retrogradation) โดยเมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาคตินในเซชันและได้รับความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก ทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัวโมเลกุลอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติซึ่ง Cauvain (1998) ได้แนะนำให้มีอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมินี้ผลิตภัณฑ์จะมีอัตราการเกิดสเตลลิงสูงสุด

การแช่แข็งทำให้มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น เพราะมีการสูญเสียน้ำบริเวณผิวนอกจากปฏิกิริยาไรโทเกรเดชันของแป้งในผลิตภัณฑ์ และความร่วนเพิ่มขึ้นเนื่องจากเค็กลูกลูติกการเกาะติด เนื้อเค้กจะมีลักษณะอ่อนแอ เนื่องจากการบิดเบี้ยวของโครงสร้างจากรูปแบบของผลิตภัณฑ์น้ำแข็งและการโตของผลิตภัณฑ์น้ำแข็งในการเก็บรักษา

## 2.4 งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

จิราภรณ์ สอดจิตรและคณะ (2546) ศึกษาการพัฒนาสูตรแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปเพื่อผลิตขนมปังโดยใช้กัวร์กัมเป็นสารยึดเกาะ พบว่าปริมาณกัวร์กัมมีผลต่อการลดการสูญเสีย น้ำระหว่างการอบ โดยเมื่อเพิ่มปริมาณกัวร์กัมปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ การสูญเสีย น้ำระหว่างการอบของขนมปังมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากกัวร์กัมมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้ดี และไม่สลายตัวด้วยความร้อน สำหรับปริมาณน้ำที่เติมในสูตร ไม่มีผลต่อการสูญเสีย น้ำในระหว่างการอบ

อดิศักดิ์ เอกโศวรรณและคณะ (2534) ได้ศึกษาผลของแซนแทนกัม ในการปรับปรุงคุณภาพเค้กและคุกกี้ลดไขมันด้วยแป้งบุก พบว่าผลของแซนแทนกัม (ปริมาณ 0.03 – 0.375 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแป้ง) ต่อคุณภาพของเค้กและคุกกี้ลดไขมันด้วยสารละลายแป้งบุกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ คือการเพิ่มปริมาณแซนแทนกัม มีผลทำให้เค้กและคุกกี้มีความหนืดของส่วนผสมหรือแบคเตอร์ (batter) ค่าแรงตัดขาด และความชื้นเพิ่มขึ้น โดยเค้กลดไขมันด้วยแป้งบุกที่เติมแซนแทนกัม 0.375 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่าจะมีลักษณะเนื้อนุ่มฉ่ำและปริมาณรูอากาศไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ส่วนคุกกี้ที่เติมแซนแทนกัมมีค่าความกรอบไม่แตกต่างกันในทุกๆ สูตรแต่มีอัตราการแผ่ตัวลดลง

Manuel *et al.* (2005) ได้ศึกษาสมบัติของสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ อัลจินเนต คาราจีแนน เพคติน HPMC โลกัสทีนกัม กัวร์กัม และแซนแทนกัมในการยืดอายุการเก็บรักษาเค้กชั้น (Yellow layer cakes) พบว่าสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ใส่ในเค้ก มีผลทำให้เค้กมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ความสูงของตัวเค้กเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเค้กชั้นที่ไม่ได้ใส่สาร ผลการศึกษาพบว่า แซนแทนกัมและโลกัสทีนกัมยังทำให้เค้กมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ความเหนียวเพิ่มขึ้น และ แซนแทนกัมช่วยรักษาความสดของเค้กชั้นได้ดีที่สุด

Ward and Andon (2002) ศึกษาเกี่ยวกับกัมที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบและผลิตภัณฑ์จากธัญพืช เพื่อปรับปรุงเรื่องของ film former, adhesive และ gelling agent พบว่า แซนแทนกัมมีความคงตัวที่อุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นข้อดีในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ทำให้เกิดเจลที่มีความยืดหยุ่นดีขึ้น และเพิ่มความคงตัวในกระบวนการ freeze – thaw โดยผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีส่วนผสมของแซนแทนกัม 0.1 – 0.15 เปอร์เซ็นต์ จะมีการยึดติดกับน้ำที่ดี

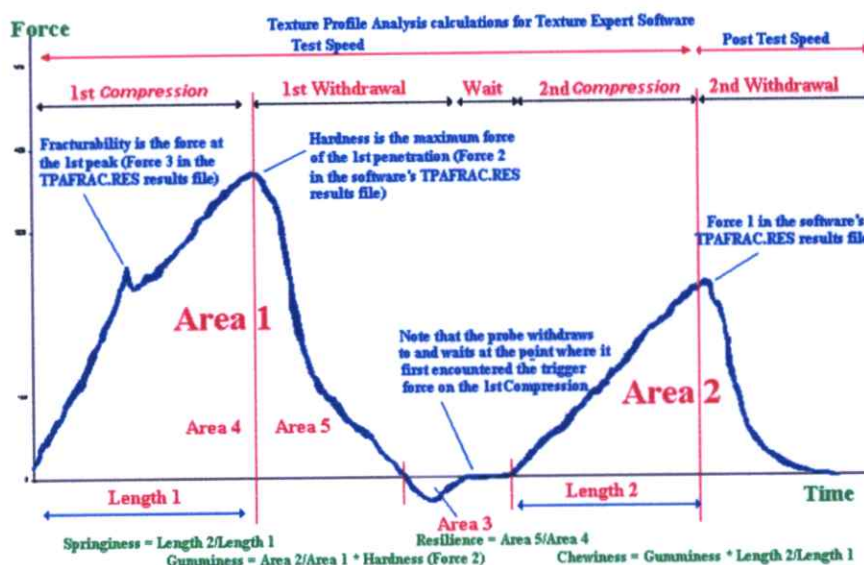
Maria and Cristina (2005) ศึกษาวิธีการในการยืดอายุการเก็บรักษาขนมปังโดยการการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ พบว่าที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส HPMC ปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง สามารถลดความแข็ง และลดการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งได้

Mandala *et al.*, (2007) ศึกษาผลทางกายภาพของขนมปังที่เก็บที่อุณหภูมิ – 18 องศาเซลเซียส โดยเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ 4 ชนิด ได้แก่ แซนแทนกัม HPMC กัวร์กัม และโลกัสทีนกัม พบว่าการเติมแซนแทนกัม 0.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ช่วยทำให้ขนมปังมีความยืดหยุ่นและความนุ่มเพิ่มขึ้น และช่วยลดการสูญเสียน้ำในระหว่างการอบ

## 2.5 ลักษณะของ TPA (Texture Profile Analysis)

Texture Profile คือการอธิบายพรรณาค่าศัพท์เกี่ยวกับเนื้อสัมผัสของอาหาร เครื่องมือในการอธิบาย Texture Profile นั้น โดยการวัดค่า parameter ของเนื้อสัมผัสของอาหารที่สามารถเป็นไปได้

โดยการใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analysis) ซึ่งจะมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่อธิบายลักษณะของ Texture Profile ได้



ภาพที่ 2.1 กราฟที่ได้จากการทำ Texture Profile Analysis

ที่มา : Bourne(1990)

Texture Profile Analysis มีลักษณะทางเนื้อสัมผัสที่วัดได้ดังนี้

ค่า Firmness เป็นค่าแรงที่ใช้ในการกดตัวอย่าง เหมาะที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะอ่อน (soft) และแน่นแข็ง (hard) จากกราฟในภาพที่ 1 เป็นค่าได้จากจุดสูงสุดเมื่อกดแรงกดในครั้งแรก

ค่า Cohesiveness คือ อัตราส่วนของพื้นที่ออกแรงกดในครั้งแรก เป็นการแสดงถึงแรงที่ใช้ในขั้นที่สารจะสลายตัวก่อนที่จะแตกออกจากกัน คือ  $\text{Area 2} / \text{Area 4}$

ค่า Adhesiveness คือลักษณะของตัวอย่างที่มีความเหนียวเหนอะเป็นกาวสามารถเกาะติดผิวอื่นๆ ที่ตัวอย่างไปสัมผัสได้ เช่น คำนีหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟที่เกิดขึ้นหลังจากถอนแรงกดออกจากตัวอย่างออกไปแล้ว คือ Area 3

ค่า Springiness คือ ความสามารถของตัวอย่างเมื่อได้รับแรงกระทำแล้วหลังจากถอนแรงออกไปจากตัวอย่างสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม เมื่ออาหารคืนสภาพในช่วงเวลาจุดสิ้นสุดของการกดครั้งแรกและเริ่มการกดในครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นอัตราที่เสียรูปกลับคืนรูปเดิม คือ  $\text{Length 2} / \text{Length 1}$

ค่า Gumminess คือพลังงานที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งแตกตัวออกจนถึงสภาวะที่กลืนได้ รวมถึงความหนาแน่นที่มีอยู่ตลอดการเคี้ยว ค่า Gumminess จะเท่ากับผลคูณของ Firmness กับ Cohesiveness หรือ  $\text{Area 2} / \text{Area 1} * \text{Hardness}$  (ตามภาพที่ 2.1)

ค่า Chewiness คือคุณลักษณะด้านทานการบดเคี้ยวเพื่อให้ตัวอย่างมีขนาดเล็กลงหรือแยกออกเป็นชิ้นเล็กลง ตัวอย่างที่มีลักษณะนี้จะเป็นตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นของแข็งเท่านั้น คำนีคำนวณ

ได้จากผลคูณของค่า 3 ค่า คือ Firmness, Cohesiveness และค่า Springiness หรือ Gumminess x Length 2 / Length 1(ตามภาพที่ 2.1)

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัสดุและอุปกรณ์

##### 3.1.1 วัสดุดิบ

- 3.1.1.1 ไข่ไก่เบอร์สอง ฟองละ 60 กรัม ตรา CP
- 3.1.1.2 แป้งสาลีสำหรับทำเค้ก ตราพัดโบก
- 3.1.1.3 น้ำตาลทราย ตรามิตรผล
- 3.1.1.4 น้ำมันพืช ตราอรุ่่น
- 3.1.1.5 เกลือ ตราปรุ่่งทิพย์
- 3.1.1.6 ผงฟู ตราเบสท์ฟูคส์
- 3.1.1.7 นมข้นจืด ตราหมี
- 3.1.1.8 ครีมออฟฟาร์ทาร์
- 3.1.1.9 กลิ่นวานิลลา ตราวินเนอร์
- 3.1.1.10 กั๋วร้กั้ม จากบริษัท ไทยฟูค แอนค้ เคมิคอลล จ้ากัค
- 3.1.1.11 แซนแทนกั้ม จาก ไทยฟูค แอนค้ เคมิคอลล จ้ากัค
- 3.1.1.12 คาร้าจีแนน จาก ไทยฟูค แอนค้ เคมิคอลล จ้ากัค
- 3.1.1.13 ไฮครอกซี่โพรพิลเมทิลเซลลูโลส จาก รามา โปรร้คั๊กซััน จ้ากัค

##### 3.1.2 อุปกรณ์ในการเตรียมมาม่อนคั๊ก

- 3.1.2.1 เครื่องผสมไฟฟ้า ยี่ห้อ Kitchen Aid รุ่น K 5 SS
- 3.1.2.2 เตาอบแก๊ส ยี่ห้อ กลั๋วยน้ำไท
- 3.1.2.3 เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง
- 3.1.2.4 อ่างผสม
- 3.1.2.5 ที่ร่อนแป้ง
- 3.1.2.6 ตะกร้อมือ
- 3.1.2.7 พิมพ์พรอยค้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร
- 3.1.2.8 ถุงพลาสติกโพลีเอธิลีน (PE) ขนาด 0.5 มิลลิเมตร
- 3.1.2.9 ตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
- 3.1.2.10 ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส

3.1.2.11 ตู้อบไมโครเวฟ ยี่ห้อ SHARP รุ่น Light – up dial

### 3.1.3 เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

3.1.3.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer, TA-XT2i, England)

3.1.3.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler Toledo AJ100, Switzerland)

3.1.3.3 เครื่องวัดความชื้น (HR-73, Metter Toledo, Switzerland)

## 3.2 วิธีการทดลอง

### 3.2.1 สูตรมาตรฐานของมาม่อนเค้ก

สูตรมาตรฐานของมาม่อนเค้กที่ใช้ในการทดลองจะดัดแปลงจาก นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ (2545) โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรมาตรฐานมาม่อนเค้ก

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์ของไข่ขาว)
<b>ส่วนที่ 1</b>		
ไข่ขาว	250	100
ครีมออฟทาร์ทาร์	1.5	0.6
น้ำตาลทรายป่น	80	32
<b>ส่วนที่ 2</b>		
แป้งเค้ก	200	80
ไข่แดง	110	44
ผงฟู	6.5	2.6
เกลือ	2	0.8
น้ำมันพืช	70	28
น้ำตาลทรายป่น	80	32
นมข้นจืด	30	12
วนิลลา	13.5	5.4

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ (2545)

### 3.2.2 วิธีการทำมาม่อนเค้ก

การทำมาม่อนเค้กจะใช้วิธีของ นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ (2545) โดยแบ่งส่วนผสมเป็น 2 ส่วน ดังรายละเอียดในภาพที่ 3.1

#### ส่วนผสมที่ 1

ตีไข่ขาว ครีมออฟทาร์ทาร์ น้ำตาลทราย ด้วยความเร็วระดับ 8 เป็นเวลา 2 นาที จนไข่ขาวตั้งยอด

#### ส่วนผสมที่ 2

ตีไข่แดงผสมกับน้ำมันพืช นม เกลือ วานิลลา โดยใช้เครื่องผสม ด้วยความเร็วระดับ 4 เป็นเวลา 3

นาที



ค่อยๆเติมแป้ง ผสม 1 นาที ด้วยความเร็วระดับ 1 จนเนื้อเข้ากันดี



นำส่วนผสมที่ 1 ผสมกับส่วนผสมที่ 2 ด้วยระดับความเร็ว 1 เป็นเวลา 30วินาที



ตักใส่พิมพ์ฟรอยด์ 25 กรัม / พิมพ์



อบที่ 170 องศาเซลเซียส 12 นาที ควรควบคุมไฟให้สม่ำเสมอ โดยการติดแก๊สในระดับต่ำเปิดทิ้งไว้ ประมาณ 3 ชั่วโมงเพื่อให้อุณหภูมิคงที่ ทดสอบความสุกโดยการใช้ไม้จิ้มตรงกึ่งกลางของขนม ถ้ามีเศษของขนมติดไม้มาด้วยแสดงว่ายังไม่สุก



มาม่อนเค้ก

ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตมาม่อนเค้ก

ที่มา : นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ (2545)

### 3.2.3 ศึกษาปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์นมอ่อนเค็ม

#### 3.2.3.1 ศึกษาปริมาณของกั้วร์กัมที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์นมอ่อนเค็ม

โดยนำกั้วร์กัมผสมลงในแป้ง ปริมาณ 0 (สูตรมาตรฐานนมอ่อนเค็ม) 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง มาผสมลงในส่วนผสมตามข้อที่ 3.2.1 และทำเป็นนมอ่อนเค็มตามข้อที่ 3.2.2 นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส และนำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติก โพลีเอทิลีน (PE) หนา 0.5 มิลลิเมตรเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส ดังนี้

##### 3.2.3.1.1 องค์ประกอบทางกายภาพ

1. วัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้ Texture analyzer (TA-XT2i, England) หัวทรงกระบอก (P 25) วัดคุณภาพในด้านต่างๆ ดังนี้
  - ค่า firmness ค่าความแข็งในการบดเคี้ยว
  - ค่า cohesiveness การวัดค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน
  - ค่า springiness การวัดค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ
2. วัดปริมาตรจำเพาะ โดยใช้วิธีแทนที่ปริมาตรด้วยเมล็ดงาคั่ว (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2524)
3. วัดค่าความชื้น (AOAC, 2000)

3.2.3.1.2 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการนำผลิตภัณฑ์นมอ่อนเค็มที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทดสอบความชอบด้านความฟู ความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัส การเคี้ยวคืนตัว การเกาะรวมตัวกันของเนื้อสัมผัส ความชื้นและความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบให้คะแนน 7 ระดับ (hedonic scale) ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอกคณะอุตสาหกรรมเกษตรจำนวน 20 คน

วิเคราะห์ผลการทดลองข้อ 3.2.3.1.1 ด้วยแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติแบบ ANOVA (analysis of variance) ส่วนผลการทดลองในข้อ 3.2.3.1.2 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เพื่อคัดเลือกสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดในปริมาณที่เหมาะสม ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

#### 3.2.3.2 ศึกษาปริมาณของแซนแทนกัมที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์นมอ่อนเค็ม

โดยนำแซนแทนกัมผสมลงในแป้ง ปริมาณ 0 (สูตรมาตรฐานนมอ่อนเค็ม) 0.25, 0.5, 0.75, 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง (Manuel *et al.*, 2005) มาผสมลงในส่วนผสมตามข้อที่ 3.2.1 และทำเป็นนมอ่อนเค็มตามข้อที่ 3.2.2 นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส และ

นำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติก โพลีเอทิลีน (PE) หนา 0.5 มิลลิเมตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพตามข้อที่ 3.2.3.1.1 และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสตามข้อที่ 3.2.3.1.2 ทุกประการ

#### 3.2.3.3 ศึกษาปริมาณของคาราจีแนนที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก

โดยนำคาราจีแนนผสมลงในแป้ง ปริมาณ 0 (สูตรมาตรฐานมาม่อนเค้ก) 0.15, 0.25, 0.5, 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง (Manuel *et al.*, 2005) มาผสมลงในส่วนผสมตามข้อที่ 3.2.1 และทำเป็นมาม่อนเค้กตามข้อที่ 3.2.2 นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส และนำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติก โพลีเอทิลีน (PE) หนา 0.5 มิลลิเมตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพตามข้อที่ 3.2.3.1.1 และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสตามข้อที่ 3.2.3.1.2 ทุกประการ

#### 3.2.3.4 ศึกษาปริมาณของ HPMC ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก

โดยนำ HPMC ผสมลงในแป้ง ปริมาณ 0 (สูตรมาตรฐานมาม่อนเค้ก) 0.25, 0.5 (Guarda *et al.*, 2004) 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง มาผสมลงในส่วนผสมตามข้อที่ 3.2.1 และทำเป็นมาม่อนเค้กตามข้อที่ 3.2.2 นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส และนำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติก โพลีเอทิลีน (PE) หนา 0.5 มิลลิเมตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพตามข้อที่ 3.2.3.1.1 และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสตามข้อที่ 3.2.3.1.2 ทุกประการ

### 3.2.4 ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการเกิดสเตลิงของผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้กเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

นำมาม่อนเค้กที่ไม่ได้ใส่สารและใส่สารไฮโดรคอลลอยด์ในระดับที่เหมาะสม มาบรรจุใส่ถุงพลาสติก โพลีเอทิลีน (PE) หนา 0.5 มิลลิเมตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยนำมาม่อนเค้กที่เก็บอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาศึกษาในเรื่องต่างๆ ดังนี้

#### 3.2.4.1 คุณภาพทางกายภาพ

วัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้ Texture analyzer(TA-XT2i,England)

หัวทรงกระบอก(P 25 ) วัดคุณภาพในด้านต่างๆ ดังนี้

- ค่า firmness ค่าความแข็งในการบดเคี้ยว
- ค่า cohesiveness การวัดค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน
- ค่า springiness การวัดค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ

3.2.4.2 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการนำผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทดสอบความชอบด้านความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัส การเคี้ยว ตั้ว การเกาะรวมตัวกันของเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบให้คะแนน 7 ระดับ (hedonic scale) ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอกคณะอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 20 คน

วิเคราะห์ผลการทดลองข้อ 3.2.4.1 ด้วยแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติแบบ ANOVA (analysis of variance) ส่วนผลการทดลองในข้อ 3.2.4.2 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เพื่อคัดเลือกสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสม ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

### 3.2.5 ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการเกิดสเตลิงของผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้กเมื่อเก็บ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

นำมาม่อนเค้กที่ไม่ได้ใส่สารและใส่สารไฮโดรคอลลอยด์ที่เลือกจากข้อ 3.2.4 มาบรรจุใส่ ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE) หนา 0.5 มิลลิเมตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยนำมาคืนรูปด้วยไมโครเวฟ แล้วนำมาศึกษาเช่นเดียวกับข้อ 3.2.4.1 วิเคราะห์ ข้อมูลทางสถิติแบบ Paired Samples T-Test ระหว่างตัวอย่างควบคุมกับสารไฮโดรคอลลอยด์และ ประเมินคุณภาพทางด้านทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 3.2.4.2

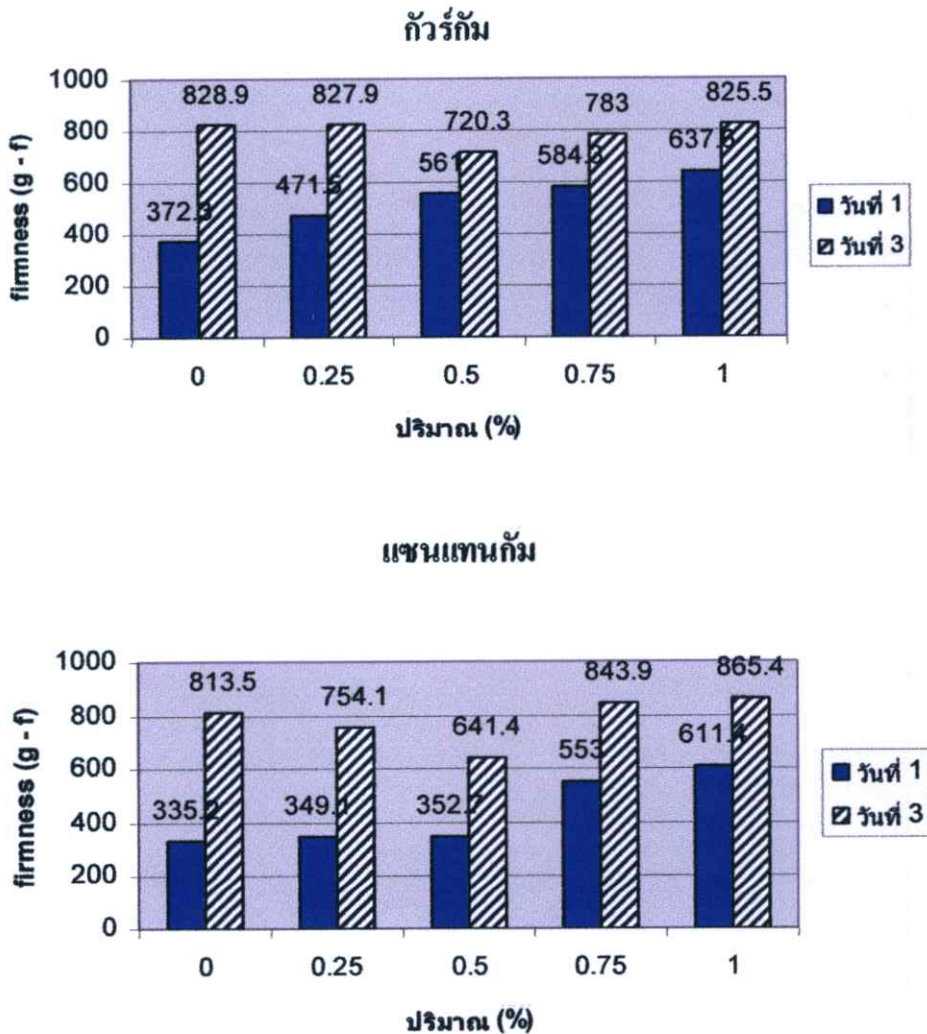
## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

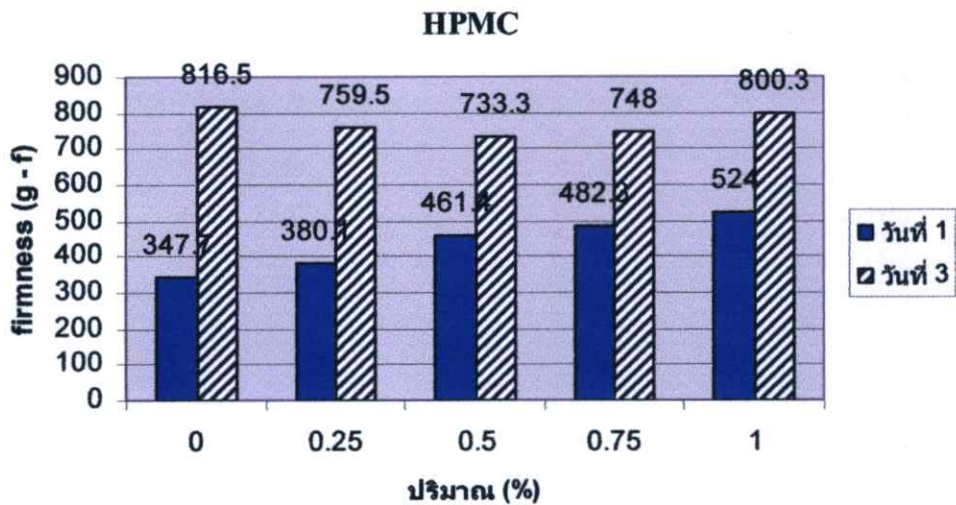
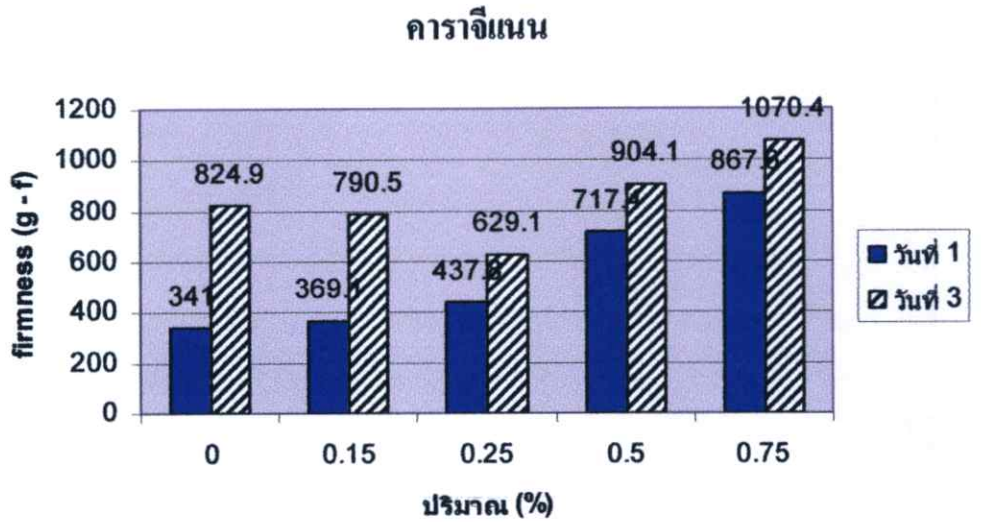
#### 4.1 ปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก

จากการทดลองผสมไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณต่างกันในแป้งสาลีสำหรับเตรียมมาม่อนเค้ก จากนั้นนำตัวอย่างเค้กที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองที่ได้มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 คุณภาพทางกายภาพเมื่อวัดค่าเนื้อสัมผัสโดยการวัดผลแบบ TPA ปริมาตรจำเพาะและความชื้น ของตัวอย่างมาม่อนเค้กที่เติมกัวร์กัมในระดับต่างๆ กัน



ภาพที่ 4.1 ค่า Firmness ของมาม่อนเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ



ภาพที่ 4.1 (ต่อ)

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์มีผลต่อค่า Firmness ของตัวอย่าง มาม่อนเค้ก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่า Firmness เป็นค่าคุณภาพที่สามารถบอกลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านความแข็งในการบดเคี้ยว ถ้ามาม่อนเค้กมีค่า Firmness มาก แสดงว่า มาม่อนเค้กมีความแข็งมากต้องใช้แรงในการบดเคี้ยวมาก จากผลการทดลองพบว่าค่า Firmness ของตัวอย่างควบคุมมีผลต่างจากมาม่อนเค้กที่ใส่กัวร์กัม เมื่อเพิ่มปริมาณกัวร์กัม 0.25 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแป้ง ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นจาก 372.3 กรัม - แรง เป็น 471.5 กรัม - แรง เพิ่มขึ้น 26 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มปริมาณของกัวร์กัมเป็น 0.50 เปอร์เซ็นต์ ค่าความ

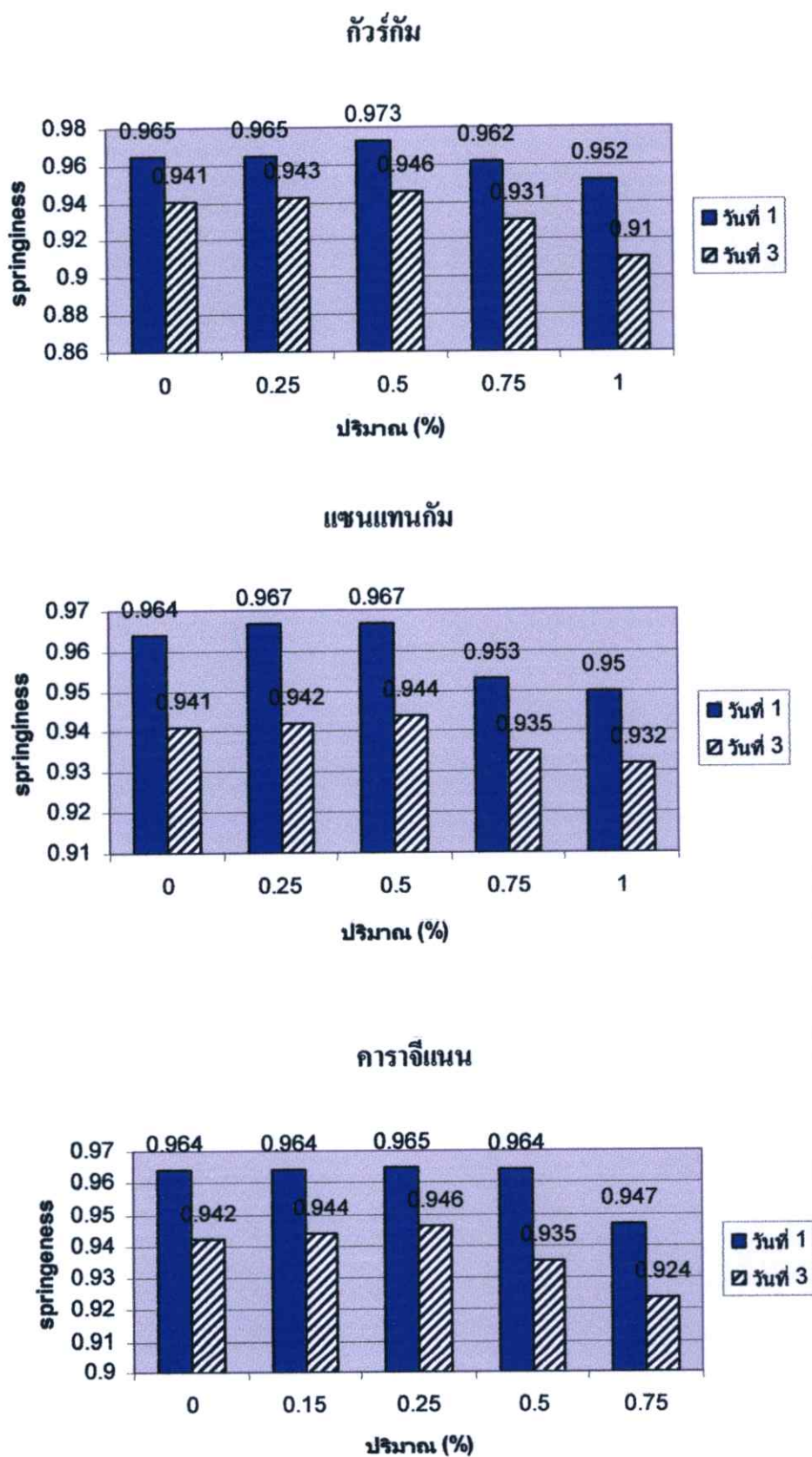
แข็งจะเพิ่มตามปริมาณของกั้วร์กัมที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำเค้กไปเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วันเพื่อให้เกิดสภาพสแตลิง พบว่า ค่า Firmness ของตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีกั้วร์กัมเพิ่มขึ้น 122 เเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่ามาม่อนเค้กที่ใส่กั้วร์กัม 0.5 เเปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเพียง 28 เเปอร์เซ็นต์ จากเริ่มต้น

จะเห็นได้ว่าปริมาณแซนแทนกัมมีผลต่อค่า Firmness ของตัวอย่างมาม่อนเค้ก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่า Firmness ของมาม่อนเค้กที่เติมแซนแทนกัมจะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเติมสารดังกล่าวมากกว่า 0.50 เเปอร์เซ็นต์ เมื่อเค้กเกิดสแตลิง หลังจากเก็บไว้ 3 วัน พบว่าค่า Firmness ของตัวอย่างควบคุมไม่มีแซนแทนกัมเพิ่มขึ้น 142 เเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ใส่แซนแทนกัม 0.50 เเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพิ่มความแข็งเพียง 81 เเปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองพบว่าค่า Firmness ของตัวอย่างควบคุมมีผลต่างจากมาม่อนเค้กที่ใส่คาราจีแนนในทุกระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และเมื่อปริมาณคาราจีแนนมากขึ้น ค่า Firmness ของมาม่อนเค้กมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่า Firmness ของมาม่อนเค้กวันที่ 3 พบว่าค่า Firmness ของมาม่อนเค้กที่ใส่คาราจีแนนปริมาณจนถึง 0.25 เเปอร์เซ็นต์ ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเพียง 31 เเปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่า Firmness ของตัวอย่างควบคุมไม่มีคาราจีแนนมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น 141 เเปอร์เซ็นต์

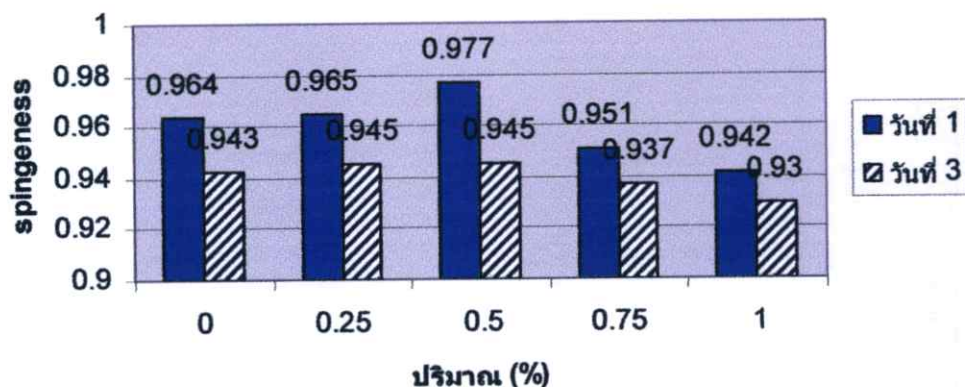
จากผลการทดลองพบว่า ค่า Firmness ของ HPMC มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยเมื่อดูค่า Firmness ในวันที่ 1 จะสังเกตได้ว่าเมื่อปริมาณสารเพิ่มมากขึ้น ค่า Firmness มีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 3 วัน ค่า Firmness มีความแตกต่างและปริมาณสาร HPMC ที่ 0.5 เเปอร์เซ็นต์ มีค่า Firmness น้อยที่สุดโดยเพิ่มความแข็งขึ้นเพียง 58 เเปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ดังนั้นอธิบายได้ว่าสาร ไฮโดรคอลลอยด์จะช่วยชะลอการเกิดสแตลิงเป็นผลจากการยับยั้งการเกิดรีโทรเกรเดชันในโมเลกุลของแป้ง (Shalini and Laxmi, 2007) จึงทำให้มาม่อนเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์เกิดการแข็งตัวน้อยกว่าเมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน แต่การเพิ่มปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ให้สูงขึ้นเป็น 0.75 เเปอร์เซ็นต์และ 1 เเปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ค่า Firmness เพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติในการช่วยให้เกิดความหนืดในส่วนผสม เมื่อปริมาณไฮโดรคอลลอยด์มากขึ้น ความหนืดจะเพิ่มมากขึ้นทำให้มาม่อนเค้กมีลักษณะแข็งขึ้น (Imeson, 1997)



ภาพที่ 4.2 ค่า Springiness ของมาม่อนเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ

### HPMC



ภาพที่ 4.2 (ต่อ)

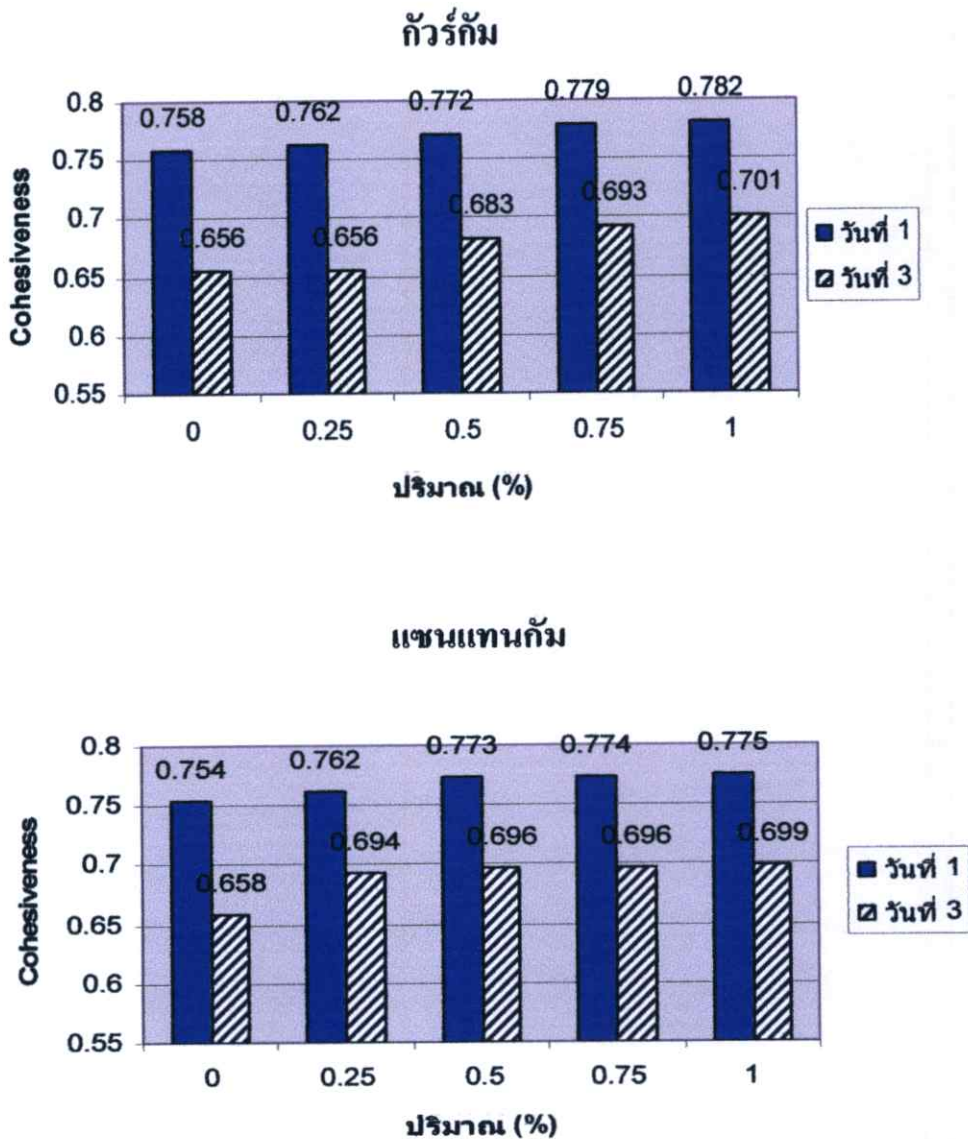
จากภาพที่ 4.2 ค่า Springiness เป็นค่าคุณภาพแสดงถึงความสามารถของเค้กที่สามารถสปริงตัวกลับได้ดีเมื่อมีแรงกด โดยถ้ามีมาม่อนเค้กมีค่า Springiness มาก แสดงว่ามีมาม่อนเค้กมีความยืดหยุ่นมาก จากผลการทดลองพบว่าค่า Springiness ของตัวอย่างควบคุมมีผลต่างจากมาม่อนเค้กที่ใส่สารไฮโดรคอลลอยด์ในทุกความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ค่า Springiness ของกั๊วรั๊กมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงปริมาณที่ 0.50 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อปริมาณกั๊วรั๊กเพิ่มขึ้นมากกว่านี้ ค่า Springiness มีค่าลดลงมากกว่าตัวอย่างควบคุม ค่า Springiness ของทุกตัวอย่างลดลงเมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน หรือหลังจากเกิดสแตลิง

ผลการทดลองพบว่าค่า Springiness ของตัวอย่างควบคุมมีผลต่างจากมาม่อนเค้กที่ใส่แซนแทนกัม ขนนมมาม่อนเค้กที่ใส่แซนแทนกัมที่ได้มีค่า Springiness เพิ่มขึ้นจนถึงปริมาณที่ 0.50 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อปริมาณแซนแทนกัมเพิ่มขึ้นมากกว่านี้ค่า Springiness มีค่าลดลง โดยเมื่อเปรียบเทียบมาม่อนเค้กที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน พบว่าปริมาณแซนแทนกัม 0.50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มาม่อนเค้กมีความยืดหยุ่นมากที่สุด

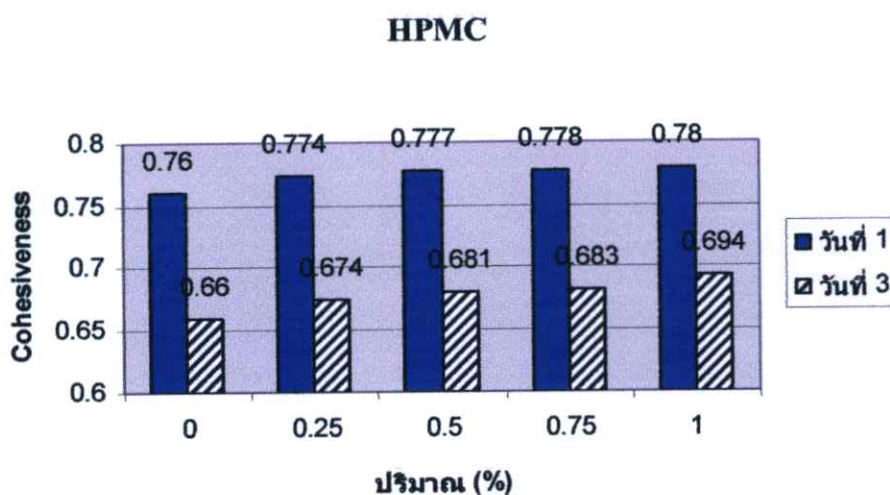
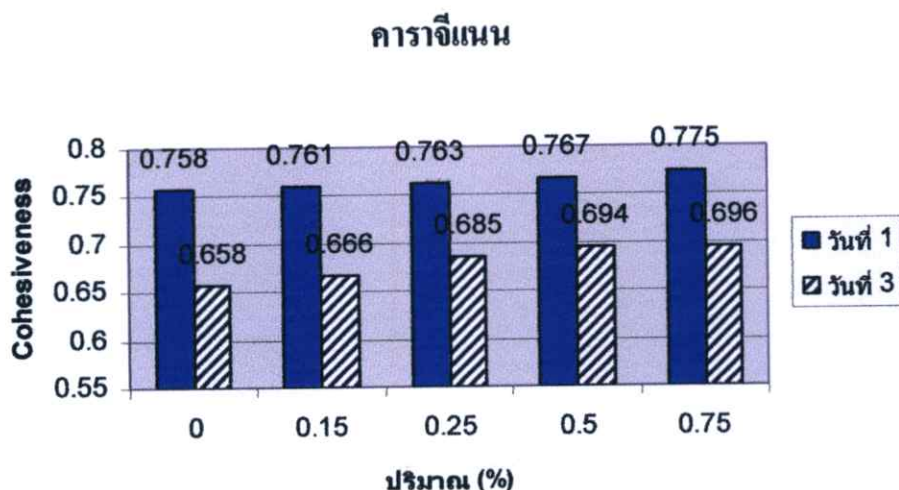
จากผลการทดลองพบว่าค่า Springiness ของมาม่อนเค้กที่เติมคาราจีแนนมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงปริมาณที่ 0.25 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มขึ้นค่า Springiness กลับมีค่าลดลง โดยเมื่อเปรียบเทียบมาม่อนเค้กที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน พบว่าค่า Springiness มีแนวโน้มลดลง แต่ปริมาณคาราจีแนน 0.25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มาม่อนเค้กมีความยืดหยุ่นมากที่สุด

จากผลการทดลองพบว่าค่า Springiness มีความแตกต่าง ซึ่ง HPMC ที่ปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่า Springiness ดีที่สุด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณ HPMC ขึ้น ค่า Springiness มีค่าลดลง

ดังนั้นอธิบายได้ว่าสารไฮโดรคอลลอยด์จะช่วยทำให้โครงสร้างของเนื้อเค้กมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จึงทำให้ขนมที่ได้มีค่า Springiness เพิ่มขึ้น (Steve, 2005) แต่เมื่อปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์เพิ่มขึ้นมากกว่านี้ ค่า Springiness มีค่าลดลงมากกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากส่วนผสมมีความข้นหนืดมากขึ้น เมื่อใส่ไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณที่มาก (Imeson, 1997) มาม่อนเค้กจึงไม่ขึ้นฟู



ภาพที่ 4.3 ค่า Cohesiveness ของมาม่อนเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ



ภาพที่ 4.3 (ต่อ)

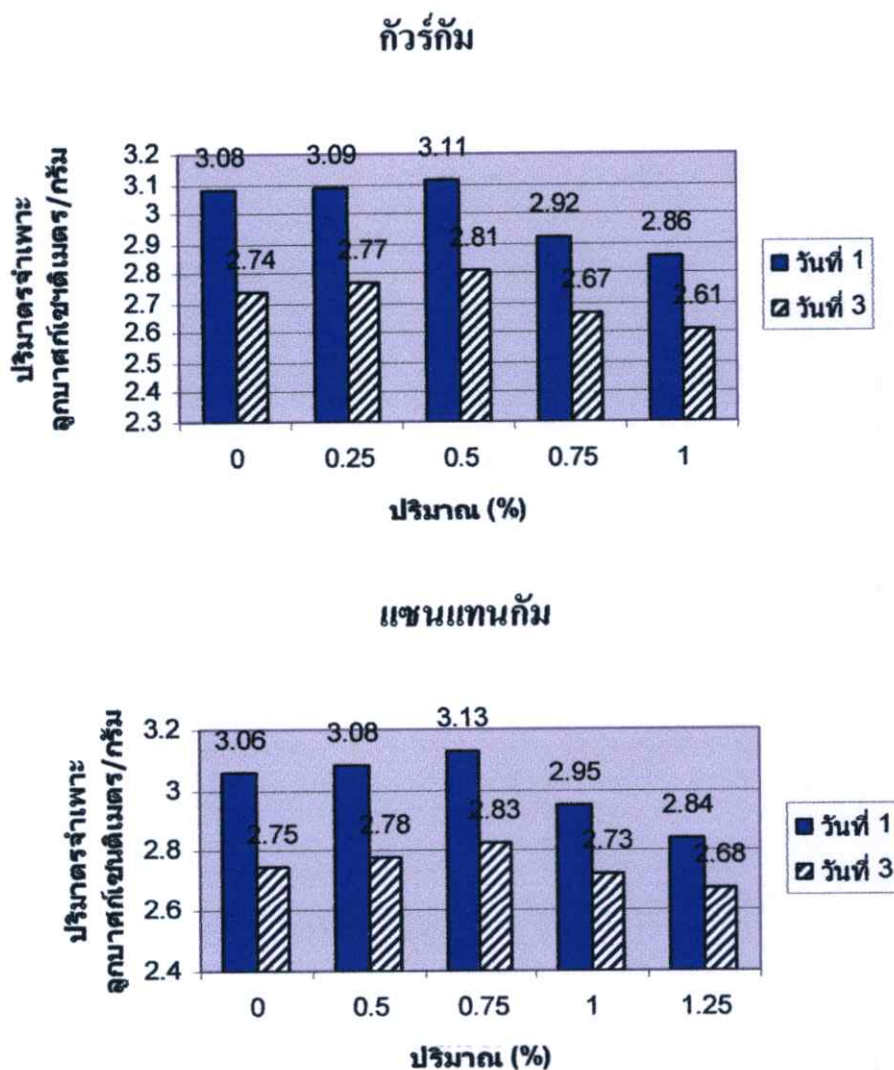
จากภาพที่ 4.3 ค่า Cohesiveness เป็นค่าคุณภาพที่สามารถบอกลักษณะการเกาะรวมตัวกันของเนื้อเค้ก โดยถ้ามีค่า Cohesiveness มาก แสดงว่ามีเนื้อเค้กมีการเกาะรวมตัวกันดี จากผลการทดลองพบว่าค่า Cohesiveness ของตัวอย่างควบคุมมีผลแตกต่างจากมีเนื้อเค้กที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ในทุกความเข้มข้น โดยเมื่อปริมาณกั๊วรัก็้มมากขึ้น ค่า Cohesiveness ของมีเนื้อเค้กมีค่าเพิ่มขึ้น ที่ระดับกั๊วรัก็้ม 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่า Cohesiveness เพิ่มขึ้นจาก 0.758 เป็น 0.772

ค่า Cohesiveness ของตัวอย่างควบคุมมีผลต่างจากมีเนื้อเค้กที่ใส่แซนแทนกั๊ม โดยเมื่อปริมาณแซนแทนกั๊มมากขึ้น ค่า Cohesiveness ของมีเนื้อเค้กมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน ค่า Cohesiveness ลดลง

จากผลการทดลองพบว่าค่า Cohesiveness ของตัวอย่างควบคุมมีผลต่างจากมาม่อนเค้กที่ใส่คาราจีแนน โดยเมื่อปริมาณคาราจีแนนมากขึ้น ค่า Cohesiveness ของมาม่อนเค้กมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน ค่า Cohesiveness ลดลง

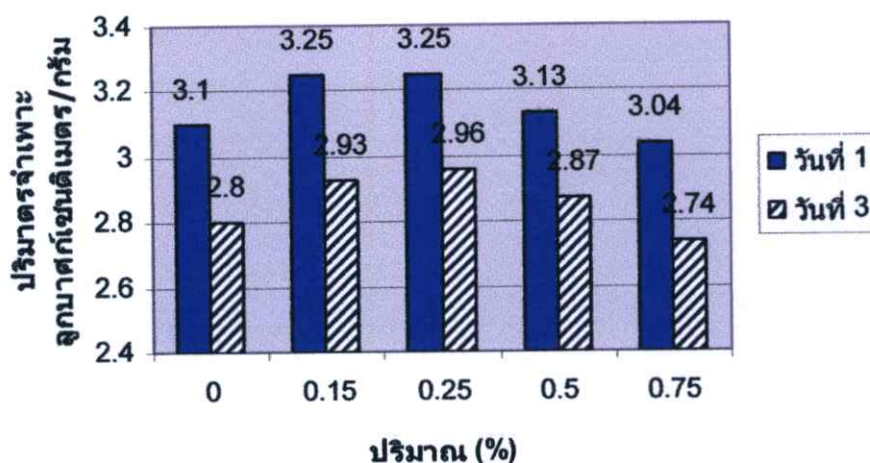
จากผลการทดลองพบว่าค่า Cohesiveness ของตัวอย่างควบคุมมีผลต่างจากมาม่อนเค้กที่ใส่ HPMC โดยเมื่อปริมาณ HPMC มากขึ้น ค่า Cohesiveness ของมาม่อนเค้กมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน ค่า Cohesiveness ลดลง

ดังนั้นอธิบายได้ว่าสารไฮโดรคอลลอยด์ทำให้ส่วนผสมมีความหนืดเพิ่มขึ้น จึงมีการเกาะรวมตัวกันมากขึ้น (วรรณา ตูลยธัญ, 2549) แต่เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน มาม่อนเค้กที่ใส่สารไฮโดรคอลลอยด์สามารถลดการร่วนของเนื้อขนมได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากการร่วนของเนื้อเค้กเป็นผลของการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้ง ซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งของการเกิดสเตลิงในเค้ก (Rosell et al., 2001)

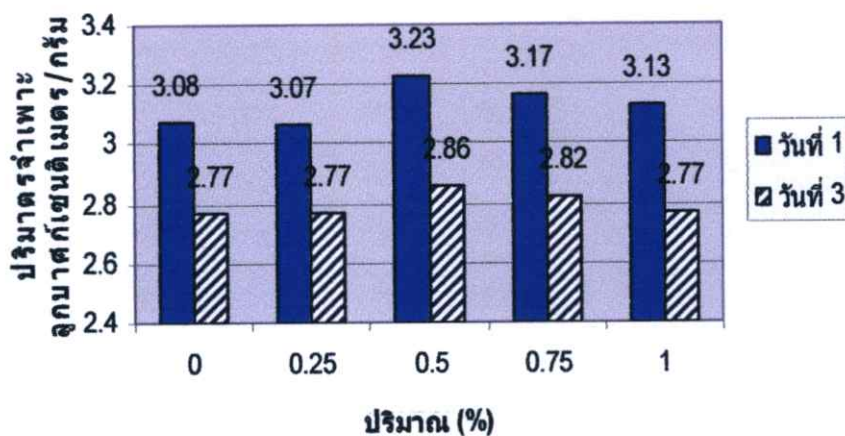


ภาพที่ 4.4 ค่าปริมาตรจำเพาะของมาม่อนเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ

### การจำแนก



### HPMC



ภาพที่ 4.4 (ต่อ)

จากภาพที่ 4.4 ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์มีผลต่อค่าปริมาตรจำเพาะ อย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยค่าปริมาตรจำเพาะเป็นคุณภาพที่สามารถบอการขึ้นฟูของขนมเค้ก เมื่อค่าปริมาตรจำเพาะมาก แสดงว่าเค้กมีการขึ้นฟูดี จากผลการทดลองพบว่าตัวอย่างควบคุมมีค่าปริมาตรจำเพาะต่างจากมาอ่อนเค้กที่ใส่กั๊วร์กัมในทุกระดับความเข้มข้น การเพิ่มกั๊วร์กัมในระดับ 0.50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ทำให้ปริมาตรจำเพาะของมาอ่อนเค้กเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บมาอ่อนเค้กเป็นเวลา 3 วัน พบว่าปริมาตรของเค้กลดลงเล็กน้อยในทุกตัวอย่าง แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของกั๊วร์กัมมากกว่านี้ปริมาตรจำเพาะลดลง

ผลของปริมาณแซนแทนกัมมีผลต่อค่าปริมาตรจำเพาะ จากผลการทดลองพบว่าตัวอย่างควบคุมมีค่าปริมาตรจำเพาะต่างจากมาม่อนเค้กที่ใส่แซนแทนกัม โดยค่าปริมาตรจำเพาะของมาม่อนจะสูงขึ้นเมื่อเติมแซนแทนกัมไม่เกิน 0.50 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากนั้นเมื่อปริมาณแซนแทนกัมสูงขึ้น ค่าปริมาตรจำเพาะจะลดลง

ผลการทดลองพบว่าตัวอย่างควบคุมมีค่าปริมาตรจำเพาะต่างจากมาม่อนเค้กที่ใส่คาราจีแนน โดยค่าปริมาตรจำเพาะของมาม่อนจะสูงขึ้นจากปริมาณคาราจีแนน 0.15 เปอร์เซ็นต์ ถึง 0.25 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นค่าปริมาตรจำเพาะจะลดลง

ผลการทดลองพบว่าปริมาตรจำเพาะต่างจากมาม่อนเค้กที่ใส่ HPMC ในทุกระยะการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่าปริมาตรจำเพาะมีค่าสูงที่สุดเมื่อใส่สาร HPMC ที่ปริมาณ 0.50 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อปริมาณสาร HPMC มากกว่า 0.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรจำเพาะมีค่าลดลง เมื่อดูจากวันที่ 0 และวันที่ 3 ปริมาตรจำเพาะมีค่าลดลง เนื่องจากขนมเกิด สเตลิ่งจึงทำให้ขนมมีปริมาตรลดลง

ดังนั้นอธิบายได้ว่าสารไฮโดรคอลลอยด์ช่วยให้กักเก็บอากาศในขณะตีส่วนผสมได้ดี ฟิล์มของของเหลวที่ล้อมรอบฟองอากาศจะมีความแข็งแรง คงตัวดี ในระหว่างการอบขนมปังจะขยายตัวมากขึ้น (Bell, 1990) มีผลให้เค้กขึ้นฟูและมีความนุ่ม (Shi and Bemiller, 2002) แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำให้ส่วนผสมมีความหนืดมากเกินไปผลจะเกิดตรงข้าม เนื่องจากผสมมีความหนืดมากเกินไป ทำให้การกักเก็บอากาศได้ไม่ดี

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้นของมาม่อนเค้กที่เติมกัวร์กัมในระดับที่ต่างกัน

ปริมาณกัวร์กัม (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	
	วันที่ 0	วันที่ 3
0	36.71 ± 0.32 <sup>c</sup>	31.88 ± 0.47 <sup>d</sup>
0.25	36.82 ± 0.37 <sup>c</sup>	34.12 ± 0.16 <sup>c</sup>
0.50	37.74 ± 0.22 <sup>b</sup>	34.69 ± 0.34 <sup>b</sup>
0.75	38.13 ± 0.07 <sup>a</sup>	34.87 ± 0.10 <sup>b</sup>
1.00	38.38 ± 0.19 <sup>a</sup>	35.27 ± 0.09 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.1 ผลของปริมาณความชื้นพบว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณความชื้นต่ำกว่ามาม่อนเค้กที่ใส่กัวร์กัมในทุกความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งแสดงว่าการสูญเสียน้ำระหว่างการอบและหลังจากการเกิดสเตลิ่งลดลง เมื่อเค้กเกิดสเตลิ่งความชื้นจะลดลงในทุก

ตัวอย่างแต่การเติมกำร้กั้มจะช่วยดูดซับความชื้นได้ดีทำให้การสูญเสียความชื้นน้อยกว่า อาจเป็นผลเนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลของไฮโดรคอลลอยด์จะจับกับน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจนจึงช่วยลดการสูญเสีย (Imeson, 1997)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้นของมาม่อนเด็กที่เติมแซนแทนกั้มในระดับที่ต่างกัน

ปริมาณ แซนแทนกั้ม (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	
	วันที่ 0	วันที่ 3
0	36.64 ± 0.28 <sup>e</sup>	32.16 ± 0.48 <sup>c</sup>
0.25	37.11 ± 0.09 <sup>d</sup>	33.37 ± 0.27 <sup>b</sup>
0.50	37.64 ± 0.20 <sup>c</sup>	33.39 ± 0.21 <sup>b</sup>
0.75	37.97 ± 0.25 <sup>b</sup>	33.72 ± 0.39 <sup>b</sup>
1.00	38.85 ± 0.40 <sup>a</sup>	34.55 ± 0.12 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.2 ผลของปริมาณความชื้นมีความแตกต่าง โดยพบว่าเมื่อใส่แซนแทนกั้มมากขึ้น ปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลของแซนแทนกั้มจะจับกับน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจน จึงลดการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ โดยเมื่อเพิ่มปริมาณแซนแทนกั้ม ร้อยละการสูญเสียน้ำระหว่างการอบจะมีแนวโน้มลดลง (จิราภรณ์ สอดจิตร์ ชีรพร กงบังเกิดและ กนกกานต์ วีระกุล, 2546)

ตารางที่ 4.3 ปริมาณความชื้นของมาม่อนเด็กที่เติมคาราจีแนนในระดับที่ต่างกัน

ปริมาณ คาราจีแนน(เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	
	วันที่ 0	วันที่ 3
0	36.37 ± 0.69 <sup>d</sup>	32.20 ± 0.43 <sup>d</sup>
0.15	36.88 ± 0.07 <sup>c</sup>	32.23 ± 0.17 <sup>cd</sup>
0.25	37.06 ± 0.13 <sup>c</sup>	32.56 ± 0.35 <sup>c</sup>
0.50	38.06 ± 0.38 <sup>b</sup>	33.48 ± 0.16 <sup>b</sup>
0.75	38.64 ± 0.14 <sup>a</sup>	34.02 ± 0.15 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณความชื้นพบว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณความชื้นต่างจากมาม่อนเค้กที่ใส่คาราจีแนน โดยพบว่าเมื่อใส่คาราจีแนนมากขึ้น ปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากคาราจีแนนสามารถลดการสูญเสียความชื้นระหว่างการเก็บรักษาได้ดี (Guarda *et al.*, 2004)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณความชื้นของมาม่อนเค้กที่เติม HPMC ในระดับที่ต่างกัน

ปริมาณ HPMC (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	
	วันที่ 0	วันที่ 3
0	36.39 ± 0.38 <sup>c</sup>	32.17 ± 0.43 <sup>c</sup>
0.25	37.12 ± 0.13 <sup>d</sup>	32.62 ± 0.10 <sup>d</sup>
0.50	37.76 ± 0.17 <sup>c</sup>	33.28 ± 0.08 <sup>c</sup>
0.75	38.05 ± 0.14 <sup>b</sup>	33.67 ± 0.09 <sup>b</sup>
1.00	38.52 ± 0.21 <sup>a</sup>	34.04 ± 0.19 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.4 ผลของปริมาณความชื้น พบว่าค่าความชื้นมีความแตกต่าง เนื่องจากสาร HPMC ช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้นระหว่างการอบ ขณะเดียวกันจะช่วยป้องกันการระเหยของน้ำออกจากเปลือกนอกของผลิตภัณฑ์หลังจากการอบเรียบร้อยแล้ว (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) ดังนั้นค่าความชื้นจึงมีปริมาณสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 0 และวันที่ 3 พบว่า วันที่ 3 ค่าความชื้นมีปริมาณน้อยกว่าวันที่ 0 เนื่องจากการสูญเสียความชื้นจากการเกิดสแตลิงจึงทำให้ความชื้นมีค่าน้อยลง

## 4.2 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก

### 4.2.1 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติมสารกัวร์กัม

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติมกัวร์กัมในระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณกัวร์กัมต่างกันคะแนนด้านความชอบด้านการขึ้นฟู ความนุ่มของเนื้อสัมผัส การเคี้ยวตัวของเนื้อเค้กและการเกาะรวมตัวของเนื้อเค้ก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) มีเพียงความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้กที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จะเห็นได้ว่าการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติมกัวร์กัมปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน ด้านความชอบด้านการขึ้นฟู ความชอบด้านการเคี้ยว ผู้ทดสอบให้คะแนนเพิ่มขึ้นในปริมาณกัวร์กัมที่ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความชอบด้านความนุ่ม ความชอบด้านการเกาะรวมตัว ผู้ทดสอบให้คะแนนตัวอย่างควบคุมมากที่สุด เนื่องจากในวันที่ 0 มาม่อนเค้กยังไม่เกิดสภาพสแตลิง มาม่อนเค้กที่เติมกัวร์กัม 0 เปอร์เซ็นต์หรือตัวอย่างควบคุมจึงยังคงความนุ่ม แต่มาม่อนเค้กที่ใส่สารกัวร์กัมมีค่าความแข็งมากกว่าตัวอย่างควบคุม จึงทำให้ผู้ทดสอบไม่ชอบ ส่วนด้านความชอบด้านความชื้นของเค้ก ผู้ทดสอบให้คะแนนไม่แตกต่างกัน เนื่องจากความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมเค้กไม่มีผลในด้านความรู้สึกหรือความชอบของผู้ทดสอบ ดังนั้นความชอบโดยรวมผู้ทดสอบจึงให้คะแนนตัวอย่างควบคุมมากที่สุดเมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน

ตารางที่ 4.5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของมาม่อนเค้กที่เติมกัวร์กัมปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน

ปริมาณ กัวร์กัม (เปอร์เซ็นต์)	คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส					
	ความชอบ ด้านการ ขึ้นฟู	ความชอบ ด้าน ความนุ่ม	ความชอบ ด้านการเคี้ยว คินตัว	ความชอบ ด้านการเกาะ รวมตัว	ความชอบ ด้าน ความชื้น ของ เนื้อเค้ก <sup>ns</sup>	ความชอบ รวม
0	5.86 ± 0.58 <sup>b</sup>	6.22 ± 0.62 <sup>a</sup>	5.39 ± 0.40 <sup>c</sup>	5.58 ± 0.31 <sup>a</sup>	5.55 ± 0.43	6.24 ± 0.51 <sup>a</sup>
0.25	5.99 ± 0.55 <sup>ab</sup>	5.93 ± 0.63 <sup>b</sup>	5.82 ± 0.40 <sup>b</sup>	5.54 ± 0.57 <sup>a</sup>	5.55 ± 0.36	6.11 ± 0.64 <sup>a</sup>
0.50	6.24 ± 0.41 <sup>a</sup>	5.92 ± 0.77 <sup>b</sup>	6.1 ± 0.49 <sup>a</sup>	5.23 ± 0.70 <sup>b</sup>	5.56 ± 0.39	6.03 ± 0.53 <sup>ab</sup>
0.75	5.15 ± 0.75 <sup>c</sup>	5.53 ± 0.42 <sup>c</sup>	5.75 ± 0.57 <sup>b</sup>	5.21 ± 0.76 <sup>b</sup>	5.58 ± 0.46	5.8 ± 0.65 <sup>b</sup>
1.00	5.00 ± 0.70 <sup>c</sup>	5.46 ± 0.62 <sup>c</sup>	5.28 ± 0.58 <sup>c</sup>	5.21 ± 0.78 <sup>b</sup>	5.57 ± 0.42	5.71 ± 0.54 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติมกัวร์กัมในระดับต่างๆ และนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วันเพื่อให้เกิดสแตลิงแสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณกัวร์กัมในระดับที่ต่างกันคะแนนความชอบด้านการขึ้นฟู ความชอบด้านความนุ่มของเนื้อสัมผัส ความชอบด้านการเคี้ยวคินตัวของเนื้อเค้ก ความชอบด้านการเกาะรวมตัวของเนื้อเค้ก และความชอบรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) มีเพียงความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้ก ที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จะเห็นได้ว่าการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของนมอ่อนเด็กที่เติมกัวร์กัมปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน ความชอบด้านการขึ้นฟู ชอบด้านความนุ่ม ความชอบด้านการเคี้ยวตัว ความชอบด้านการเกาะรวมตัว ผู้ทดสอบให้คะแนนเพิ่มขึ้นในปริมาณกัวร์กัมที่ 0.50 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า การเติมกัวร์กัมมีผลทำให้การขึ้นฟู การเคี้ยวตัวเพิ่มขึ้น ความนุ่มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ส่วนความชอบด้านความชื้นของเนื้อเด็ก ผู้ทดสอบให้คะแนน ไม่มีความแตกต่าง เนื่องจากความชื้นในผลิตภัณฑ์นมเด็ก ไม่มีผลในด้านความรู้สึกหรือความชอบของผู้ทดสอบ และผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความชอบด้านความชื้นของเนื้อเด็กอยู่ในช่วงขอบปานกลาง ดังนั้นความชอบโดยรวมผู้ทดสอบให้คะแนนกัวร์กัมที่ปริมาณ 0.50 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณที่ดีที่สุดเมื่อเก็บนมอ่อนเด็กเป็นเวลา 3 วัน

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ปริมาณกัวร์กัม 0.50 เปอร์เซ็นต์ ให้คะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุด และเมื่อพิจารณาผลต่อลักษณะทางกายภาพ พบว่าปริมาณกัวร์กัมที่ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรจำเพาะ ความความนุ่ม ความยืดหยุ่นให้ค่าที่ดีที่สุด

ตารางที่ 4.6 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของนมอ่อนเด็กที่เติมกัวร์กัมปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน

ปริมาณ กัวร์กัม (เปอร์เซ็นต์)	คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส					
	ความชอบ ด้านการ ขึ้นฟู	ความชอบ ด้าน ความนุ่ม	ความชอบ ด้านการเคี้ยว ตัว	ความชอบ ด้านการ เกาะรวมตัว	ความชอบ ด้าน ความชื้น ของ เนื้อเด็ก <sup>ns</sup>	ความชอบ รวม
0	3.75 ± 0.82 <sup>b</sup>	3.61 ± 0.90 <sup>b</sup>	3.59 ± 0.84 <sup>b</sup>	3.45 ± 0.68 <sup>b</sup>	4.28 ± 0.83	3.95 ± 0.86 <sup>bc</sup>
0.25	3.74 ± 0.63 <sup>b</sup>	3.60 ± 0.74 <sup>b</sup>	3.77 ± 0.84 <sup>ab</sup>	3.45 ± 0.79 <sup>b</sup>	4.45 ± 0.90	4.29 ± 0.77 <sup>ab</sup>
0.50	4.20 ± 0.79 <sup>a</sup>	4.01 ± 0.84 <sup>a</sup>	4.07 ± 0.98 <sup>a</sup>	3.89 ± 0.66 <sup>a</sup>	4.29 ± 0.89	4.48 ± 0.87 <sup>a</sup>
0.75	3.52 ± 0.72 <sup>b</sup>	3.80 ± 0.81 <sup>ab</sup>	3.73 ± 0.64 <sup>ab</sup>	3.78 ± 0.82 <sup>ab</sup>	4.30 ± 0.90	3.87 ± 0.78 <sup>cd</sup>
1.00	3.17 ± 0.69 <sup>c</sup>	3.51 ± 0.77 <sup>b</sup>	3.18 ± 0.55 <sup>c</sup>	3.69 ± 0.73 <sup>ab</sup>	4.41 ± 0.82	3.55 ± 0.95 <sup>d</sup>

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

#### 4.2.2 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติมสารแทนแทนกัน

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่ใส่แทนแทนกันในระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณแทนแทนกันต่างกันคะแนนด้านการขึ้นฟู ความนุ่มของเนื้อสัมผัส การเคี้ยวตัวของเนื้อเค้กและการเกาะรวมตัวของเนื้อเค้ก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) มีเพียงความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้กที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จะเห็นได้ว่าการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติมแทนแทนกันปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน ด้านความชอบด้านการขึ้นฟู ความชอบด้านการเคี้ยวตัว ผู้ทดสอบให้คะแนนเพิ่มขึ้นในปริมาณแทนแทนกันที่ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความชอบด้านความนุ่ม ความชอบด้านการเกาะรวมตัว ผู้ทดสอบให้คะแนนตัวอย่างควบคุมมากที่สุด เนื่องจากในวันที่ 0 มาม่อนเค้กยังไม่เกิดสภาพเสถียร มาม่อนเค้กที่เติมแทนแทนกัน 0 เปอร์เซ็นต์หรือตัวอย่างควบคุมจึงยังคงความนุ่ม แต่มาม่อนเค้กที่ใส่สารแทนแทนกันมีค่าความแข็งมากกว่าตัวอย่างควบคุม จึงทำให้ผู้ทดสอบไม่ชอบ ส่วนด้านความชอบด้านความชื้นของเค้ก ผู้ทดสอบให้คะแนนไม่แตกต่าง เนื่องจากความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก ไม่มีผลในด้านความรู้สึกหรือความชอบของผู้ทดสอบ ดังนั้นความชอบโดยรวมผู้ทดสอบจึงให้คะแนนตัวอย่างควบคุมมากที่สุดเมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน

ตารางที่ 4.7 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของมาม่อนเค้กที่เติมแทนแทนกัน ปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน

ปริมาณ แทน แทนกัน (เปอร์เซ็นต์)	คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส					
	ความชอบ ด้านการ ขึ้น ฟู	ความชอบ ด้าน ความนุ่ม	ความชอบ ด้านการเคี้ยว ตัวของ	ความชอบ ด้านการ เกาะรวมตัว	ความชอบ ด้าน ความชื้น ของ เนื้อเค้ก <sup>ns</sup>	ความชอบ รวม
0	5.61 ± 0.40 <sup>b</sup>	6.31 ± 0.40 <sup>a</sup>	5.44 ± 0.34 <sup>b</sup>	5.61 ± 0.67 <sup>a</sup>	5.53 ± 0.50	6.36 ± 0.48 <sup>a</sup>
0.25	6.19 ± 0.44 <sup>a</sup>	6.16 ± 0.41 <sup>a</sup>	6.05 ± 0.44 <sup>a</sup>	5.57 ± 0.32 <sup>a</sup>	5.52 ± 0.45	6.28 ± 0.48 <sup>a</sup>
0.50	6.26 ± 0.50 <sup>a</sup>	5.58 ± 0.36 <sup>b</sup>	6.25 ± 0.47 <sup>a</sup>	5.39 ± 0.34 <sup>a</sup>	5.55 ± 0.48	5.42 ± 0.54 <sup>b</sup>
0.75	4.61 ± 0.57 <sup>c</sup>	5.21 ± 0.79 <sup>c</sup>	5.07 ± 0.49 <sup>c</sup>	5.00 ± 0.54 <sup>b</sup>	5.52 ± 0.44	5.45 ± 0.44 <sup>b</sup>
1.00	5.58 ± 0.42 <sup>c</sup>	5.02 ± 0.80 <sup>c</sup>	4.65 ± 0.62 <sup>d</sup>	4.82 ± 0.64 <sup>b</sup>	5.52 ± 0.52	5.40 ± 0.40 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติมแซนแทนกัมในระดับต่างๆ และนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วันเพื่อให้เกิดเตลิ่งแสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณแซนแทนกัมในระดับที่ต่างกันจะเนนความชอบด้านการขึ้นฟู ความชอบด้านความนุ่มของเนื้อสัมผัส ความชอบด้านการเคี้ยวตัวของเนื้อเค้ก ความชอบด้านการเกาะรวมตัวของเนื้อเค้ก และความชอบรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) มีเพียงความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้ก ที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จะเห็นได้ว่าการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติมแซนแทนกัมปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน ความชอบด้านการขึ้นฟู ชอบด้านความนุ่ม ความชอบด้านการเคี้ยวตัว ความชอบด้านการเกาะรวมตัว ผู้ทดสอบให้คะแนนเพิ่มขึ้นในปริมาณแซนแทนกัมที่ 0.50 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า การเติมแซนแทนกัมมีผลทำให้การขึ้นฟู การเคี้ยวตัวเพิ่มขึ้น ความนุ่มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ส่วนความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้ก ผู้ทดสอบให้คะแนนไม่มีความแตกต่าง เนื่องจากความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก ไม่มีผลในด้านความรู้สึกหรือความชอบของผู้ทดสอบ และผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้กอยู่ในช่วงขอบปานกลาง ดังนั้นความชอบโดยรวมผู้ทดสอบให้คะแนนแซนแทนกัมที่ปริมาณ 0.50 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณที่ดีที่สุดเมื่อเก็บมาม่อนเค้กเป็นเวลา 3 วัน

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ปริมาณแซนแทนกัม 0.25 เปอร์เซ็นต์ และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ให้คะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุด และเมื่อพิจารณาผลต่อลักษณะทางกายภาพ พบว่าปริมาณแซนแทนกัมที่ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรจำเพาะความความนุ่มความยืดหยุ่นให้ค่าคุณภาพที่ดีที่สุด

ตารางที่ 4.8 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของมาม่อนเค้กที่เติมแซนแทนกัม ปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน

ปริมาณ แซน แทนกัม (เปอร์เซ็นต์)	คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส					
	ความชอบ ด้านการขึ้น ฟู	ความชอบ ด้าน ความนุ่ม	ความชอบ ด้านการเคี้ยว คินตัว	ความชอบ ด้านการ เกาะรวมตัว	ความชอบ ด้าน ความชื้น ของ เนื้อเค้ก <sup>ns</sup>	ความชอบ รวม
0	3.73 ± 0.74 <sup>b</sup>	3.94 ± 0.81 <sup>bc</sup>	3.45 ± 0.76 <sup>c</sup>	3.59 ± 0.80 <sup>ab</sup>	4.25 ± 0.97	4.24 ± 0.81 <sup>a</sup>
0.25	3.86 ± 0.76 <sup>b</sup>	4.14 ± 0.66 <sup>b</sup>	3.71 ± 0.72 <sup>ab</sup>	3.63 ± 0.81 <sup>ab</sup>	4.24 ± 0.88	4.39 ± 0.94 <sup>a</sup>
0.5	4.86 ± 1.01 <sup>a</sup>	4.79 ± 0.92 <sup>a</sup>	3.89 ± 0.60 <sup>a</sup>	3.84 ± 0.77 <sup>a</sup>	4.33 ± 0.85	4.62 ± 0.83 <sup>a</sup>
0.75	3.86 ± 0.74 <sup>b</sup>	3.59 ± 0.70 <sup>c</sup>	3.46 ± 0.53 <sup>b</sup>	3.79 ± 0.51 <sup>ab</sup>	4.31 ± 0.92	3.52 ± 0.67 <sup>b</sup>
1	3.67 ± 0.76 <sup>b</sup>	3.58 ± 0.75 <sup>c</sup>	3.44 ± 0.62 <sup>b</sup>	3.48 ± 0.65 <sup>b</sup>	4.37 ± 0.86	3.49 ± 0.75 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

#### 4.2.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติมสารคาราจีแนน

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่ใส่คาราจีแนนในระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.9 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณคาราจีแนนต่างกัน คะแนนด้านการขึ้นฟู ความนุ่มของเนื้อสัมผัส การเคี้ยวคินตัวของเนื้อเค้กและการเกาะรวมตัวของเนื้อเค้ก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) มีเพียงความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้กที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จะเห็นได้ว่าการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติมคาราจีแนนปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน ด้านความชอบด้านการขึ้นฟู ความชอบด้านการเคี้ยวคินตัว ผู้ทดสอบให้คะแนนเพิ่มขึ้นในปริมาณคาราจีแนนที่ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความชอบด้านความนุ่ม ความชอบด้านการเกาะรวมตัว ผู้ทดสอบให้คะแนนตัวอย่างควบคุมมากที่สุด เนื่องจากในวันที่ 0 มาม่อนเค้กยังไม่เกิดสภาพเสถียร มาม่อนเค้กที่เติมคาราจีแนน 0 เปอร์เซ็นต์หรือตัวอย่างควบคุมจึงยังคงความนุ่ม แต่มาม่อนเค้กที่ใส่สารคาราจีแนนมีค่าความแข็งมากกว่าตัวอย่างควบคุม จึงทำให้ผู้ทดสอบไม่ชอบ ส่วนด้านความชอบด้านความชื้นของเค้ก ผู้ทดสอบให้คะแนนไม่แตกต่าง เนื่องจากความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมเค้กไม่มีผลในด้านความรู้สึกหรือความชอบของผู้ทดสอบ ดังนั้นความชอบโดยรวมผู้ทดสอบจึงให้คะแนนตัวอย่างควบคุมมากที่สุดเมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน

**ตารางที่ 4.9** คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของมาม่อนเค้กที่เติมคาราจีแนน ปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน

ปริมาณ คาราจีแนน (เปอร์เซ็นต์)	คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส					
	ความชอบ ด้านการขึ้นฟู	ความชอบ ด้าน ความนุ่ม	ความชอบ ด้านการเคี้ยว กินตัว	ความชอบ ด้านการ เกาะรวมตัว	ความชอบ ด้าน ความชื้น ของ เนื้อเค้ก <sup>ns</sup>	ความชอบ รวม
0	5.62 ± 0.46 <sup>b</sup>	6.16 ± 0.49 <sup>a</sup>	5.51 ± 0.38 <sup>b</sup>	5.72 ± 0.47 <sup>a</sup>	5.49 ± 0.39	6.39 ± 0.59 <sup>a</sup>
0.15	6.26 ± 0.49 <sup>a</sup>	5.56 ± 0.38 <sup>b</sup>	5.69 ± 0.42 <sup>b</sup>	5.72 ± 0.49 <sup>a</sup>	5.54 ± 0.33	6.22 ± 0.52 <sup>a</sup>
0.25	6.45 ± 0.43 <sup>a</sup>	5.46 ± 0.56 <sup>bc</sup>	6.25 ± 0.52 <sup>a</sup>	5.55 ± 0.47 <sup>a</sup>	5.56 ± 0.47	5.54 ± 0.37 <sup>b</sup>
0.50	5.30 ± 0.42 <sup>c</sup>	5.28 ± 0.70 <sup>cd</sup>	5.53 ± 0.34 <sup>b</sup>	5.16 ± 0.59 <sup>b</sup>	5.50 ± 0.41	5.39 ± 0.50 <sup>b</sup>
0.75	5.18 ± 0.56 <sup>c</sup>	5.15 ± 0.73 <sup>d</sup>	5.03 ± 0.45 <sup>c</sup>	5.07 ± 0.60 <sup>b</sup>	5.48 ± 0.45	5.13 ± 0.70 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่ใส่คาราจีแนนในระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณคาราจีแนนต่างกัน คะแนนด้านการขึ้นฟู ความนุ่มของเนื้อสัมผัส การเคี้ยวกินตัวของเนื้อเค้ก การเกาะรวมตัวของเนื้อเค้ก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนคะแนนด้านความชื้นของเนื้อเค้ก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จะเห็นได้ว่าการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติมคาราจีแนนปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน ความชอบด้านการขึ้นฟู ชอบด้านความนุ่ม ความชอบด้านการเคี้ยวกินตัว ความชอบด้านการเกาะรวมตัว ผู้ทดสอบให้คะแนนเพิ่มขึ้นในปริมาณคาราจีแนนที่ 0.25 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า การเติมคาราจีแนนมีผลทำให้การขึ้นฟู การเคี้ยวกินตัวเพิ่มขึ้น ความนุ่มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ส่วนความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้ก ผู้ทดสอบให้คะแนน ไม่มีความแตกต่าง เนื่องจากความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก ไม่มีผลในด้านความรู้สึกหรือความชอบของผู้ทดสอบ และผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้กอยู่ในช่วงชอบปานกลาง ดังนั้นความชอบโดยรวมผู้ทดสอบให้คะแนนคาราจีแนนที่ปริมาณ 0.25 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณที่ดีที่สุดเมื่อเก็บมาม่อนเค้กเป็นเวลา 3 วัน

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ปริมาณคาราจีแนน 0.25 เปอร์เซ็นต์ ให้คะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุด และเมื่อพิจารณาผล

ต่อลักษณะทางกายภาพ พบว่าปริมาณคาราจีแนนที่ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรจำเพาะ ความความนุ่ม ความยืดหยุ่น ให้ค่าคุณภาพที่ดีที่สุด

**ตารางที่ 4.10** คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของมาม่อนเค้กที่เติมคาราจีแนน ปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน

ปริมาณ คาราจีแนน (เปอร์เซ็นต์)	คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส					
	ความชอบ ด้านการขึ้นฟู	ความชอบ ด้านความนุ่ม	ความชอบ ด้านการเคี้ยว กินตัว	ความชอบ ด้านการเกาะ รวมตัว	ความชอบ ด้าน ความชื้น ของเนื้อเค้ก	ความชอบ รวม
0	5.62 ± 0.46 <sup>c</sup>	5.56 ± 0.38 <sup>c</sup>	5.51 ± 0.38 <sup>b</sup>	5.40 ± 0.36 <sup>ab</sup>	5.23 ± 0.33	4.33 ± 0.90 <sup>a</sup>
0.15	6.26 ± 0.49 <sup>b</sup>	6.16 ± 0.49 <sup>b</sup>	5.53 ± 0.34 <sup>b</sup>	5.55 ± 0.29 <sup>ab</sup>	5.50 ± 0.32	4.32 ± 0.76 <sup>a</sup>
0.25	6.45 ± 0.43 <sup>a</sup>	6.47 ± 0.46 <sup>a</sup>	6.13 ± 0.40 <sup>a</sup>	5.58 ± 0.33 <sup>b</sup>	5.55 ± 0.45	4.67 ± 0.97 <sup>a</sup>
0.50	5.30 ± 0.42 <sup>c</sup>	5.59 ± 0.42 <sup>cd</sup>	5.52 ± 0.27 <sup>bc</sup>	4.54 ± 0.34 <sup>ab</sup>	5.47 ± 0.39	3.60 ± 0.85 <sup>b</sup>
0.75	4.63 ± 0.50 <sup>c</sup>	5.58 ± 0.36 <sup>d</sup>	4.68 ± 0.36 <sup>c</sup>	4.52 ± 0.48 <sup>b</sup>	5.39 ± 0.41	3.33 ± 0.92 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

#### 4.2.4 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติมสาร HPMC

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่ใส่ HPMC ในระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.11 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณ HPMC ต่างกัน คะแนนด้านการขึ้นฟู ความนุ่มของเนื้อสัมผัส การเคี้ยวตัวของเนื้อเค้กและการเกาะรวมตัวของเนื้อเค้ก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) มีเพียงความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้กที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จะเห็นได้ว่าการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติม HPMC ปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน ด้านความชอบด้านการขึ้นฟู ความชอบด้านการเคี้ยวตัว ผู้ทดสอบให้คะแนนเพิ่มขึ้นในปริมาณ HPMC ที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความชอบด้านความนุ่ม ความชอบด้านการเกาะรวมตัว ผู้ทดสอบให้คะแนนตัวอย่างควบคุมมากที่สุด เนื่องจากในวันที่ 0 มาม่อนเค้กยังไม่เกิดสภาพสแตลิง มาม่อนเค้กที่เติม HPMC 0 เปอร์เซ็นต์หรือตัวอย่างควบคุมจึงยังคงความนุ่ม แต่มาม่อนเค้กที่ใส่สาร HPMC มีค่าความแข็งมากกว่าตัวอย่างควบคุม จึงทำให้ผู้ทดสอบไม่ชอบ ด้านความชอบด้านความชื้นของเค้ก ผู้ทดสอบให้คะแนนไม่แตกต่าง เนื่องจากความชื้นใน

ผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก ไม่มีผลในด้านความรู้สึกหรือความชอบของผู้ทดสอบ ดังนั้นความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนตัวอย่างควบคุมมากที่สุดเมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน

ตารางที่ 4.11 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของมาม่อนเค้กที่เติม HPMC ปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน

ปริมาณ HPMC (เปอร์เซ็นต์)	คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส					
	ความชอบ ด้านการ ขึ้นฟู	ความชอบ ด้าน ความนุ่ม	ความชอบ ด้านการเคี้ยว คินตัว	ความชอบ ด้านการ เกาะรวมตัว	ความชอบ ด้านความชื้น ของเนื้อเค้ก <sup>ns</sup>	ความชอบ รวม
0	5.85 ± 0.47 <sup>b</sup>	6.10 ± 0.72 <sup>a</sup>	5.65 ± 0.57 <sup>c</sup>	5.53 ± 0.55 <sup>a</sup>	5.82 ± 0.74	6.23 ± 0.63 <sup>a</sup>
0.25	6.06 ± 0.65 <sup>ab</sup>	6.04 ± 0.60 <sup>a</sup>	6.01 ± 0.68 <sup>b</sup>	5.29 ± 0.67 <sup>ab</sup>	5.81 ± 0.62	6.19 ± 0.66 <sup>a</sup>
0.50	6.30 ± 0.60 <sup>a</sup>	5.99 ± 0.55 <sup>a</sup>	6.27 ± 0.64 <sup>a</sup>	5.26 ± 0.55 <sup>ab</sup>	5.81 ± 0.62	5.96 ± 0.64 <sup>a</sup>
0.75	5.47 ± 0.60 <sup>c</sup>	5.37 ± 0.54 <sup>b</sup>	5.58 ± 0.47 <sup>c</sup>	5.20 ± 0.66 <sup>b</sup>	5.82 ± 0.66	5.62 ± 0.71 <sup>b</sup>
1.00	5.30 ± 0.62 <sup>c</sup>	5.34 ± 0.57 <sup>b</sup>	5.48 ± 0.51 <sup>c</sup>	5.16 ± 0.68 <sup>b</sup>	5.81 ± 0.70	5.54 ± 0.56 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่ใส่ HPMC ในระดับต่างๆ แสดงดัง ตารางที่ 4.12 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณ HPMC ต่างกันคะแนนด้านการขึ้นฟู ความนุ่มของเนื้อสัมผัส การ เคี้ยวคินตัวของเนื้อเค้กและการเกาะรวมตัวของเนื้อเค้ก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) มีเพียงความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้กที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จะเห็นได้ว่าการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่เติม HPMC ปริมาณ ต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 0 วัน ความชอบด้านการขึ้นฟู ชอบด้านความนุ่ม ความชอบด้านการเคี้ยวคิน ตัว ความชอบด้านการเกาะรวมตัว ผู้ทดสอบให้คะแนนเพิ่มขึ้นในปริมาณ HPMC ที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า การเติม HPMC มีผลทำให้การขึ้นฟู การเคี้ยวคินตัวเพิ่มขึ้น ความนุ่มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ส่วนความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้ก ผู้ทดสอบให้คะแนน ไม่มีความแตกต่าง เนื่องจากความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก ไม่มีผลในด้านความรู้สึกหรือความชอบของผู้ ทดสอบ และผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความชอบด้านความชื้นของเนื้อเค้กอยู่ในช่วงชอบปานกลาง ดังนั้นความชอบ โดยรวมผู้ทดสอบให้คะแนนการจิบเนที่ปริมาณ 0.25 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณที่ดี ที่สุดเมื่อเก็บมาม่อนเค้กเป็นเวลา 3 วัน

ความชอบโดยรวม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมในปริมาณ HPMC 0.5 เปอร์เซ็นต์ มากที่สุด เนื่องจากผลของความนุ่ม การขึ้นฟู และการดึงคืนตัวมีอิทธิพลต่อทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ

ตารางที่ 4.12 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของมาม่อนเค้กที่เติม HPMC ปริมาณต่างกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน

ปริมาณ HPMC (เปอร์เซ็นต์)	คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส					
	ความชอบ ด้านการ ขึ้นฟู	ความชอบด้าน ความนุ่ม	ความชอบ ด้านการดึง คืนตัว	ความชอบ ด้านการเกาะ รวมตัว	ความชอบ ด้านความขึ้น ของเนื้อเค้ก <sup>ns</sup>	ความชอบ รวม
0	5.62 ± 0.46 <sup>b</sup>	5.56 ± 0.38 <sup>c</sup>	5.51 ± 0.38 <sup>a</sup>	5.40 ± 0.36 <sup>b</sup>	5.23 ± 0.33	4.01 ± 0.83 <sup>a</sup>
0.25	6.26 ± 0.49 <sup>ab</sup>	6.16 ± 0.49 <sup>b</sup>	5.53 ± 0.34 <sup>a</sup>	5.55 ± 0.29 <sup>b</sup>	5.50 ± 0.32	4.14 ± 0.65 <sup>a</sup>
0.5	6.45 ± 0.43 <sup>a</sup>	6.47 ± 0.46 <sup>a</sup>	6.13 ± 0.40 <sup>a</sup>	5.58 ± 0.33 <sup>a</sup>	5.55 ± 0.45	4.29 ± 0.93 <sup>a</sup>
0.75	5.30 ± 0.42 <sup>c</sup>	5.59 ± 0.42 <sup>ab</sup>	5.52 ± 0.27 <sup>a</sup>	4.54 ± 0.34 <sup>b</sup>	5.47 ± 0.39	3.30 ± 0.59 <sup>b</sup>
1	4.63 ± 0.50 <sup>c</sup>	5.58 ± 0.36 <sup>c</sup>	4.68 ± 0.36 <sup>b</sup>	4.52 ± 0.48 <sup>b</sup>	5.39 ± 0.41	3.29 ± 0.70 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบคุณภาพของมาม่อนเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 0 วัน และ 3 วัน แสดงค่าลักษณะทางเนื้อสัมผัสด้าน Firmness, Springiness, Cohesiveness

ปริมาณ สารไฮโดร คอลลอยด์ (เปอร์เซ็นต์)	Firmness (g - f)		Springiness		Cohesiveness	
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3
กัวร์กัม 0.5	561.069 ± 38.64 <sup>a</sup>	720.359 ± 22.00 <sup>a</sup>	0.9735 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.9461 ± 0.003 <sup>ns</sup>	0.7724 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.6831 ± 0.001 <sup>b</sup>
แซนแทนกัม 0.5	352.736 ± 35.75 <sup>c</sup>	641.466 ± 16.11 <sup>b</sup>	0.9676 ± 0.008 <sup>b</sup>	0.9447 ± 0.003 <sup>ns</sup>	0.7730 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.6966 ± 0.001 <sup>a</sup>
คาราจีแนน 0.25	437.843 ± 20.58 <sup>b</sup>	629.138 ± 15.62 <sup>b</sup>	0.9651 ± 0.003 <sup>b</sup>	0.9461 ± 0.000 <sup>ns</sup>	0.7639 ± 0.001 <sup>c</sup>	0.6859 ± 0.001 <sup>ab</sup>
HPMC 0.5	461.409 ± 25.73 <sup>b</sup>	733.364 ± 33.63 <sup>a</sup>	0.9771 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.9458 ± 0.003 <sup>ns</sup>	0.7774 ± 0.003 <sup>a</sup>	0.6817 ± 0.003 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.13 พบว่าหลังจากเก็บมาม่อนเค้กไว้เป็นเวลา 3 วัน มาม่อนเค้กที่ใส่แซนแทนกัมและคาราจีแนน ให้ค่า firmness น้อยที่สุด และค่า Cohesiveness มีค่ามากกว่าเมื่อ

เปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น นั้นหมายความว่ามาม่อนเค้กที่เก็บไว้เป็นเวลา 3 วันยังคงมีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่นุ่ม และยังมีเกราะรวมตัวกันในระดับดี ซึ่งจากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่ามาม่อนเค้กที่ใส่คาราจีแนน 0.25 เปอร์เซ็นต์ ให้คะแนนความชอบโดยรวมที่ดีที่สุด ดังนั้นคาราจีแนน 0.25 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นชนิดและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการทำมาม่อนเค้ก

**ตารางที่ 4.14** ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของมาม่อนเค้กเมื่อเติมไฮโดรคอลลอยด์แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 0 วัน และ 3 วัน แสดงค่าลักษณะทางเนื้อสัมผัสด้านปริมาตรจำเพาะ ความชื้น

ปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)		ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3
กัวร์กัม 0.5	3.11 ± 0.01 <sup>c</sup>	2.81 ± 0.01 <sup>c</sup>	37.74 ± 0.22 <sup>b</sup>	34.69 ± 0.34 <sup>a</sup>
แซนแทนกัม 0.5	3.13 ± 0.02 <sup>c</sup>	2.83 ± 0.02 <sup>c</sup>	37.64 ± 0.20 <sup>ab</sup>	33.39 ± 0.21 <sup>b</sup>
คาราจีแนน 0.25	3.25 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.96 ± 0.02 <sup>a</sup>	37.06 ± 0.13 <sup>c</sup>	32.56 ± 0.35 <sup>c</sup>
HPMC 0.5	3.23 ± 0.02 <sup>b</sup>	2.86 ± 0.01 <sup>b</sup>	37.76 ± 0.17 <sup>a</sup>	33.28 ± 0.08 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.14 พบว่าหลังจากเก็บมาม่อนเค้กไว้เป็นเวลา 3 วันในด้านปริมาตรจำเพาะ คาราจีแนนสามารถเพิ่มปริมาตรได้มากที่สุด แต่ปริมาณความชื้นน้อยที่สุดและเมื่อเปรียบเทียบกับผลทางด้านประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างทางด้านปริมาณความชื้นได้อาจเนื่องจากปริมาณความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก

### 4.3 ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการเกิดสแตลิงของผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้กเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

จากการทดลองผสมไฮโดรคอลลอยด์ต่างชนิดกันในแป้งสาลีสำหรับเตรียมมาม่อนเค้ก จากนั้นนำตัวอย่างเค้กที่ได้เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองที่ได้มีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 คุณภาพทางกายภาพเมื่อวัดค่าเนื้อสัมผัสโดยการวัดผลแบบ TPA ของตัวอย่างมาม่อนเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ต่างชนิดกัน

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสของมาม่อนเค้กที่ใส่สารกั้วร์กัม แชนแทนกัม คาราจีแนนและ HPMC เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ชนิด ไฮโดรคอลลอยด์	Firmness (g - f)	Springiness	Cohesiveness
ตัวอย่างควบคุม	860.1 ± 48.31 <sup>a</sup>	0.886 ± 0.002 <sup>c</sup>	0.504 ± 0.007 <sup>d</sup>
กั้วร์กัม	781.2 ± 66.00 <sup>b</sup>	0.891 ± 0.003 <sup>bc</sup>	0.523 ± 0.004 <sup>c</sup>
แชนแทนกัม	635.9 ± 26.78 <sup>c</sup>	0.898 ± 0.003 <sup>a</sup>	0.533 ± 0.006 <sup>b</sup>
คาราจีแนน	625.1 ± 49.23 <sup>c</sup>	0.900 ± 0.004 <sup>a</sup>	0.550 ± 0.007 <sup>a</sup>
HPMC	739.4 ± 53.74 <sup>b</sup>	0.896 ± 0.007 <sup>ab</sup>	0.557 ± 0.006 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.19 พบว่าเมื่อเติมสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมได้แก่ กั้วร์กัม 0.5 เปอร์เซ็นต์ แชนแทนกัม 0.5 เปอร์เซ็นต์ คาราจีแนน 0.25 เปอร์เซ็นต์ และ HPMC 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ในผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก เมื่อเก็บมาม่อนเค้กที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่า Firmness Springiness และ Cohesiveness มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งสารไฮโดรคอลลอยด์ช่วยให้ Firmness มีค่าลดลง Springiness และ Cohesiveness มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยมาม่อนเค้กที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์จะมีค่า Firmness ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยกั้วร์กัมมีค่าลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ แชนแทนกัมมีค่าลดลง 35 เปอร์เซ็นต์ คาราจีแนนมีค่าลดลง 37 เปอร์เซ็นต์ และ HPMC มีค่าลดลง 16 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการแช่เย็นจะทำให้เกิดความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น จากการสูญเสียความชื้นไปสู่บรรยากาศ ไฮโดรคอลลอยด์สามารถทำให้เกิดเสถียร ซ้ำลงเมื่อเก็บแบบแช่เย็น (Barcenas *et al.*, 2003) ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าแชนแทนกัมและคาราจีแนนมีค่า Firmness น้อยที่สุดหรือมีความนุ่มมากที่สุด

ค่า Springiness ของมาม่อนเค้กที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยเมื่อเก็บมาม่อนเค้กไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าค่า Springiness มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่า Springiness ที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งในการเกิดรีโทรเกรเดชัน โดยอะไมโลสและอะไมโลเพคตินจะจับตัวกันทำให้เกิดการสูญเสียภายในเลกุล (นิธิยา รัตนปนนท์, 2545) มาม่อนเค้กจึงมีความยืดหยุ่นน้อยลง การเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ทำให้ค่า Springiness มากกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยด์ช่วยกักเก็บอากาศในขณะที่ส่วนผสมและรักษาอากาศไว้ในระหว่างการอบ (Manuel *et al.*, 2005) ทำให้มาม่อนเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีปริมาณเพิ่มขึ้น และยังสามารถชะลอการเกิดรีโทรเกรเดชันได้

ค่า Cohesiveness ของมาม่อนเค้กที่เติมสาร ไฮโดรคอลลอยด์มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยเมื่อเก็บมาม่อนเค้กที่ไม่ได้เติมสาร ไฮโดรคอลลอยด์ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาม่อนเค้กจะมีความร่วนเพิ่มขึ้น เนื่องจากเนื้อเค้กสูญเสียการเกาะติด และเมื่อเติมสาร ไฮโดรคอลลอยด์ค่า Cohesiveness ของมาม่อนเค้กมีค่ามากกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากสาร ไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติเพิ่มความหนืดให้กับส่วนผสม ทำให้เกิดเจลอ่อนๆ ได้ ทำให้เกิดโครงสร้างสามมิติ (Martin, 2000) ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของมาม่อนเค้กที่ได้มีการเกาะรวมตัวกันเพิ่มขึ้น และจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าคาราจีแนนและ HPMC มีค่า Cohesiveness มากที่สุดซึ่งเป็นค่าคุณภาพที่ดีที่สุด

จากผลการทดลองเก็บมาม่อนเค้กที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิดที่ศึกษามีส่วนในการปรับปรุงคุณภาพของเค้กในระดับที่แตกต่างกันจากการทดลองนี้พบว่าคาราจีแนนให้ค่าคุณภาพด้าน Firmness, Springiness และ Cohesiveness ดีที่สุดในด้านการลดการเกิดสเตลิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตารางที่ 4.16 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของมาม่อนเค้กที่เติมสาร ไฮโดรคอลลอยด์ต่างชนิดกัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์	คะแนนทดสอบด้านประสาทสัมผัส			ความชอบรวม
	ความชอบด้านความนุ่ม	ความชอบด้าน การเคี้ยวตัว <sup>ns</sup>	ความชอบด้านการเกาะรวมตัว	
ตัวอย่างควบคุม	4.25 ± 0.91 <sup>b</sup>	4.11 ± 0.85	3.54 ± 0.66 <sup>b</sup>	3.62 ± 0.73 <sup>c</sup>
กัวร์กัม	4.30 ± 0.79 <sup>b</sup>	4.15 ± 0.94	3.94 ± 0.66 <sup>a</sup>	4.29 ± 0.93 <sup>b</sup>
แซนแทนกัม	4.94 ± 0.98 <sup>a</sup>	4.37 ± 0.83	3.94 ± 0.79 <sup>a</sup>	4.67 ± 0.79 <sup>ab</sup>
คาราจีแนน	5.07 ± 0.82 <sup>a</sup>	4.39 ± 0.92	3.96 ± 0.73 <sup>a</sup>	4.72 ± 0.98 <sup>a</sup>
HPMC	4.86 ± 0.84 <sup>a</sup>	4.27 ± 0.66	3.97 ± 0.59 <sup>a</sup>	4.48 ± 0.87 <sup>ab</sup>

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

#### 4.2.2 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ที่เก็บในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.16 พบว่าคะแนนด้านความนุ่มของเนื้อสัมผัส การเคี้ยวตัวของเนื้อเค้กและการเกาะรวมตัวของเนื้อเค้ก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ความชอบด้านความนุ่มของเนื้อสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนแซนแทนกัม คาราจีแนน และ HPMC เพิ่มขึ้น เนื่องจากแซนแทนกัม คาราจีแนน และ HPMC สามารถคงความนุ่มอยู่ได้เมื่อ

แซ่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์สามารถลดการเกิดรีโทรเกรเดชันยับยั้งอะไมโลเพกติน และยังทำให้เกิดสเคล็งได้ช้าลงเมื่อเก็บแบบแซ่เย็น (Barcenas *et al.*, 2003)

ความชอบด้านการเคี้ยว พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนไม่แตกต่าง เมื่อดูจากตารางที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าค่า Springiness มีความแตกต่างไม่มากนัก ทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างได้

ด้านความชอบด้านการเกาะรวมตัว พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนมาอ่อนแ่ก้ที่เดิมสารไฮโดรคอลลอยด์ไม่แตกต่าง เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์สามารถทำให้เนื้อของขนมเกาะรวมตัวกันมากขึ้นกว่าตัวอย่างควบคุม โดยเมื่อแซ่เย็นเนื้อมาอ่อนแ่ก้ของตัวอย่างควบคุมค่อนข้างรวน

ความชอบโดยรวม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมของคาราจีแนนมากที่สุด เนื่องจากผลของความนุ่ม และการเกาะรวมตัวของเนื้อมาอ่อนแ่ก้

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพทางด้านค่าความนุ่ม การเคี้ยวตัวและการเกาะรวมตัวและการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคาราจีแนนเหมาะสมที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์มาอ่อนแ่ก้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในการศึกษาขั้นต่อไปจึงเลือกใช้คาราจีแนนเพียงชนิดเดียว

#### 4.4 ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการเกิดสเคล็งของผลิตภัณฑ์มาอ่อนแ่ก้เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

จากการทดลองผสมคาราจีแนนในแป้งสาลีสำหรับเตรียมมาอ่อนแ่ก้ จากนั้นนำตัวอย่างแ่ก้ที่ได้เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองที่ได้มีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 คุณภาพทางกายภาพเมื่อวัดค่าเนื้อสัมผัสโดยการวัดผลแบบ TPA ของตัวอย่างมาอ่อนแ่ก้ที่เดิมสารคาราจีแนน

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสของมาอ่อนแ่ก้ที่ใส่สารคาราจีแนน เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ชนิด	Firmness (g.f)	Springiness	Cohesiveness
ไฮโดรคอลลอยด์			
ตัวอย่างควบคุม	471.417 ± 67.34 <sup>b</sup>	0.9469 ± 0.007 <sup>b</sup>	0.7691 ± 0.010 <sup>b</sup>
คาราจีแนน	402.827 ± 32.93 <sup>a</sup>	0.9662 ± 0.003 <sup>a</sup>	0.7890 ± 0.004 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.17 พบว่าเมื่อเติมสารคาราจีแนนในผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้กเมื่อเก็บมาม่อนเค้กที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่า Firmness, Springiness และ Cohesiveness มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งสารคาราจีแนนช่วยทำให้ Firmness มีค่าลดลง Springiness และ Cohesiveness มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยมาม่อนเค้กที่เติมสารคาราจีแนนจะมีค่า Firmness ลดลง 17 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เนื่องจากการแช่แข็งจะทำให้เกิดความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น จากการสูญเสียความชื้นไปสู่บรรยากาศ และเกิดโครงสร้างผลึกขนาดใหญ่เนื่องจากการเกิดรีโทรเกรเดชัน คาราจีแนนสามารถคงความนุ่มของเนื้อสัมผัส ลดการเกิดรีโทรเกรเดชัน ช่วยลดการเกิดผลึกในขณะแช่แข็ง (Y.H.Hui, 2006)

ค่า Springiness ของมาม่อนเค้กที่เติมสารคาราจีแนนมีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม โดยเมื่อเก็บมาม่อนเค้กไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่ามาม่อนเค้กที่เติมสารคาราจีแนนมีค่า Springiness มากกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากสารคาราจีแนนช่วยลดการเกิดผลึกในขณะแช่แข็ง (Y.H.Hui, 2006) ซึ่งการเกิดผลึกขนาดใหญ่ทำให้มาม่อนเค้กมีความยืดหยุ่นลดลง

ค่า Cohesiveness ของมาม่อนเค้กที่เติมสารคาราจีแนนมีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม โดยเมื่อเก็บมาม่อนเค้กไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส มาม่อนเค้กจะมีความร่วนเพิ่มขึ้น เนื่องจากเนื้อเค้กสูญเสียการเกาะติด การเติมสารคาราจีแนนทำให้ค่า Cohesiveness มากกว่าตัวอย่างควบคุม

จากผลการทดลองศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการเกิดสเตลิงของผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้กในอุณหภูมิต่างๆ กัน พบว่าคาราจีแนนให้ค่าคุณภาพด้าน Firmness, Springiness และ Cohesiveness ดีที่สุดในด้านการลดการเกิดสเตลิง (staling) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม และคาราจีแนนยังใช้ในปริมาณน้อยทำให้ช่วยลดต้นทุนในการผลิตอย่างมากให้การทำผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้กในเชิงอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.18 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของมาม่อนเค้กที่เติมสารคาราจีแนนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์	คะแนนทดสอบด้านประสาทสัมผัส			
	ความชอบด้านความนุ่ม	ความชอบด้านการเคี้ยวตัว	ความชอบด้านการเกาะรวมตัว	ความชอบรวม
Control	4.78 ± 1.12 <sup>b</sup>	4.76 ± 1.28 <sup>b</sup>	4.77 ± 1.18 <sup>b</sup>	5.38 ± 1.24 <sup>b</sup>
คาราจีแนน	5.62 ± 0.86 <sup>a</sup>	5.78 ± 0.84 <sup>a</sup>	5.79 ± 0.81 <sup>a</sup>	5.95 ± 0.82 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

#### 4.4.2 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ที่เก็บในอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.18 พบว่าคะแนนด้านความนุ่มของเนื้อสัมผัส การเคี้ยวตัวของเนื้อเค้กและการเกาะรวมตัวของเนื้อเค้ก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ความชอบด้านความนุ่มของเนื้อสัมผัส ความชอบด้านการเคี้ยวตัว และความชอบด้านการเกาะรวมตัว พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการจึ้นนมมากกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วนด้านความชอบโดยรวม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมของการจึ้นนมมากที่สุด เนื่องจากผลของความนุ่ม การเคี้ยวตัวและการเกาะรวมตัวของเนื้อมาม่อนเค้ก เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพทางด้านค่าความนุ่ม การเคี้ยวตัว การเกาะรวมตัว พบว่าการจึ้นนมเหมาะสมที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์มาม่อนแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณที่เหมาะสมช่วยให้ลดการเกิดสติงของมาม่อนเค้กได้เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน เนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยด์จะช่วยจับอากาศในขณะที่ตีส่วนผสม ทำให้มีปริมาตรจำเพาะ ความยืดหยุ่น การเกาะรวมตัวกันของผลิตภัณฑ์ และความชุ่มของเนื้อผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ในด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

5.1.2 จากการศึกษาปริมาณกัวร์กัมที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ แซนแทนกัมที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ การจีแนนที่ 0.25 เปอร์เซ็นต์ และ HPMC ที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งมีค่าคุณภาพมากที่สุด เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 วัน

5.1.3 สารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อการลดการเกิดสติงเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ - 18 องศาเซลเซียส พบว่า การจีแนนให้ค่าคุณภาพดีที่สุด

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นในการทำมาม่อนเค้ก ซึ่งยังมีผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นที่ยังสามารถพัฒนาหรือช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ เช่นการทำเค้กเนยใส่ไฮโดรคอลลอยด์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปอาจจะศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ๆ ได้

5.2.2 ควรจะศึกษาการปรับปรุงสูตรซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้กสามารถบริโภคได้ที่อุณหภูมิแช่แข็ง โดยการใช้ไมโครเวฟก่อนการบริโภค

5.2.3 ในงานวิจัยครั้งต่อไปอาจจะมีการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น ในการลดการเกิดสติง เช่น CMC, locust bean gum หรือ modified starch

5.2.4 ควรมีการเพิ่มวิธีการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพที่ระบุไว้ใน AACC method

5.2.5 ควรมีการศึกษการทำแป้งสำเร็จรูปของมาม่อนเค้ก

## บรรณานุกรม

- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. **ก๊าซกับการบรรจุภัณฑ์อาหาร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ลิตรอน โปร โมชั่น.
- จิตรณา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2546. **เบเกอร์เทคโนโลยีเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ :  
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิราภรณ์ สอดจิตร, ชีรพร กงบังเกิด และกนกกานต์ วีระกุล. 2546. “การพัฒนาสูตรแป้งข้าวเจ้า  
สำเร็จรูปเพื่อผลิตขนมปังโดยใช้กัวร์กัมเป็นสารยึดเกาะ.” **วารสารอาหาร**. 33(3)  
:222-231.
- นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ. 2545. **เค้กและการแต่งหน้าเค้ก**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม่บ้าน.
- นิธิยา รัตนปนนท์. 2539. **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ : โอเคียนสโตร์.
- ปริศณา สุวรรณภรณ์. 2547. **เอกสารคำสอน วิชา 052426 เบเกอร์เทคโนโลยี**.  
ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร อุตสาหกรรมเกษตร,  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โพสค์ทูเคย์. 2551. **หมาหมา มามอน เค้กเนื้อนุ่มนวลลิ้น**. เข้าถึงได้จาก  
[http://www.jobjob.co.th/th/Hot\\_Guide/485/](http://www.jobjob.co.th/th/Hot_Guide/485/). (กุมภาพันธ์ 4, 2551)
- วรรณดา ตูลยชัย. 2549. **เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต**. กรุงเทพฯ :  
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริลักษณ์ สีนธวาลัย. 2525. **ทฤษฎีอาหาร เล่ม 1 หลักการประกอบอาหาร**. กรุงเทพฯ:  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริลักษณ์ สีนธวาลัย และกมลวรรณ แจ่มชัด. 2544. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขนมอบ เล่ม 1  
วิทยาศาสตร์การทำขนมอบ**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุวรรณดา สุภิมารส. 2543. **เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต**. กรุงเทพฯ:  
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2524. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งสาลีชนิดทำเค้ก**.  
มอก. 373-2524.
- อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ, จักรกฤษณ์ โสนันทะ, นวพร วุฒิสสมบัติเจริญ และจินตวีร์ ทันเทื่อ. 2534.  
“ผลของแซนแทนกัมและเส้นใยจากแกนสับปะรดที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เค้กและ  
คุกกี้ลดไขมันด้วยแป้งบุก.” **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**. 17(2): 28-41.
- A.O.A.C. 2000. “Official Method of the analysis 32<sup>nd</sup> ed ” **Association of Official  
analytical chemist**. Maryland.
- Barcenas, M.E., Haros, M. and Rosell, C.M. 2003. “An approach to studying the affect of

- Barcenas, M.E., Haros, M. and Rosell, C.M. 2003. "An approach to studying the affect of different bread improvers on the staling of prebaked frozen bread."  
**European Food Research and Technology.** 218 : 56 – 61.
- Bell, D.A. 1990. "Methylcellulose as a structure enhancer in bread baking."  
**Cereal Foods World.** 35(10) : 1001 – 1006.
- Cauvain, S.P., 1997. "Improving the control of staling in frozen bakery product."  
**Journal of Food Science.** 9(2) : 56 – 61.
- Czuchajowaska, Z. and Pomeranz, Y. 1989. "Differential scanning calorimetry, water activity and moisture content in crumb center and near crust zone of bread during storage." **Cereal Chem.** 66 : 305 – 309.
- Davidou, S., Le Meste, M., Debever, E. and Bekaert, D. 1996. "A contribution to the study of staling of white bread : effect of water and hydrocolloid." **Food Hydrocol.** 10 : 375 - 383
- Guarda, A., Rosel, C.M., Benedilob, C. and Galotto , M.J. 2004. "Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents." **Food Hydrocolloids.** 18: 241-247.
- Gurkin, S.2002. "Hydrocolloids – Ingredients that add flexibility to tortilla processing."  
**Cereal Foods World.** 47: 41-43.
- Hui, Y.H. 2006. "**Handbook of Food Science Technology and Engineering**" 3:139.
- Imeson, A. 1997. **Thickening and gelling agent for food.** 2<sup>nd</sup> ed. Spain: an aspen publication.
- Mandala, I., Kapetanakou, A. and Kostaropoulos, A. 2007. "Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature effect of freezing."  
**Journal of Food Science.** 22 : 1443-1451.
- Manuel, G., Felicidad, R., Pedro, A.C, Carlos, A.B. and Cristina, M. R. 2005.  
"Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer Cakes." **Journal of Food Science.** 7(21) : 167-173.
- Maria, E. and Cristina, M.R. 2005. "Different approaches for increasing the shelf life of partially Baked bread : Low temperatures and hydrocolloid addition." **Food Chemistry.** 100 : 1594 - 1601.
- Martin, M.L. and Hosenev, R.C. 1991. "A mechanism of bread firming, II. Role of starch hydrolyzing enzymes" **Cereal Chem.** 68(5) : 503 - 507
- Poulson, K.P. 1977. "The Freezing process under industrial condition." **Freezing, Frozen Storage and Freeze – Drying of Biological Materials and Foodstuffs.** Paris : Anguez.

**Food Hydrocolloids.** 15: 75 -81.

Shalini, K.G. and Laxmi A. 2007. "Influence of additives on rheological characteristics of whole wheat dough and quality of chapatti (Indian unleavened flat bread) Part I-hydrocolloids."

**Food Hydrocolloids.** 21: 110-117.

Shi, X. and BeMiller, J. N. 2002. "Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting." **Carbohydrate Polymers.** 50: 7-18.

Steve, W. 2005. **Food Carbohydrates.** London: Taylor and Francis.

Ward, F. M. And Andon, S. A. 2002. "Hydrocolloids as film formers, adhesives, and gelling agents for bakery and cereal products." **Cereal foods world.** 47: 52-55

**ภาคผนวก ก**  
**การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ**

## วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

### 1. ความชื้น (AOAC. 2000)

ชั่งน้ำหนัก moisture can ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)



ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

ใน moisture can ที่ทราบน้ำหนักแล้ว (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)



นำไปอบในตู้ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ประมาณ 4-6 ชั่วโมง



นำมาใส่เคชเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก

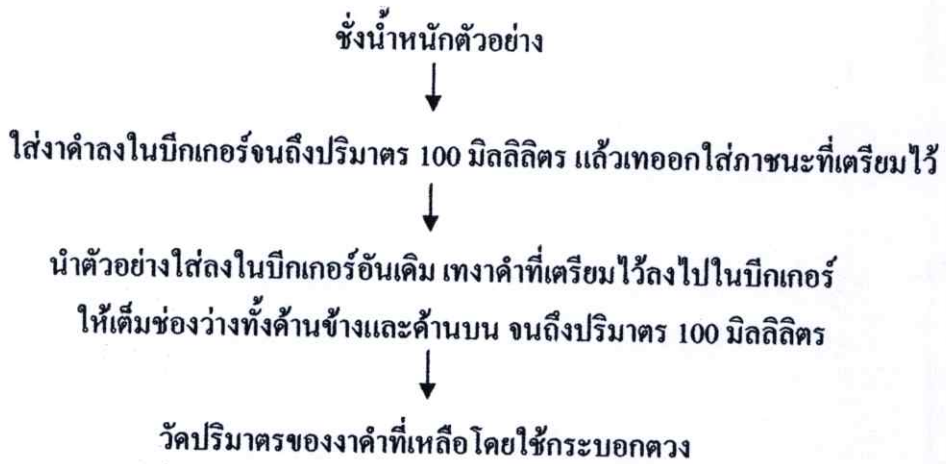


นำไปอบต่อน้ำหนักคงที่

การคำนวณ

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

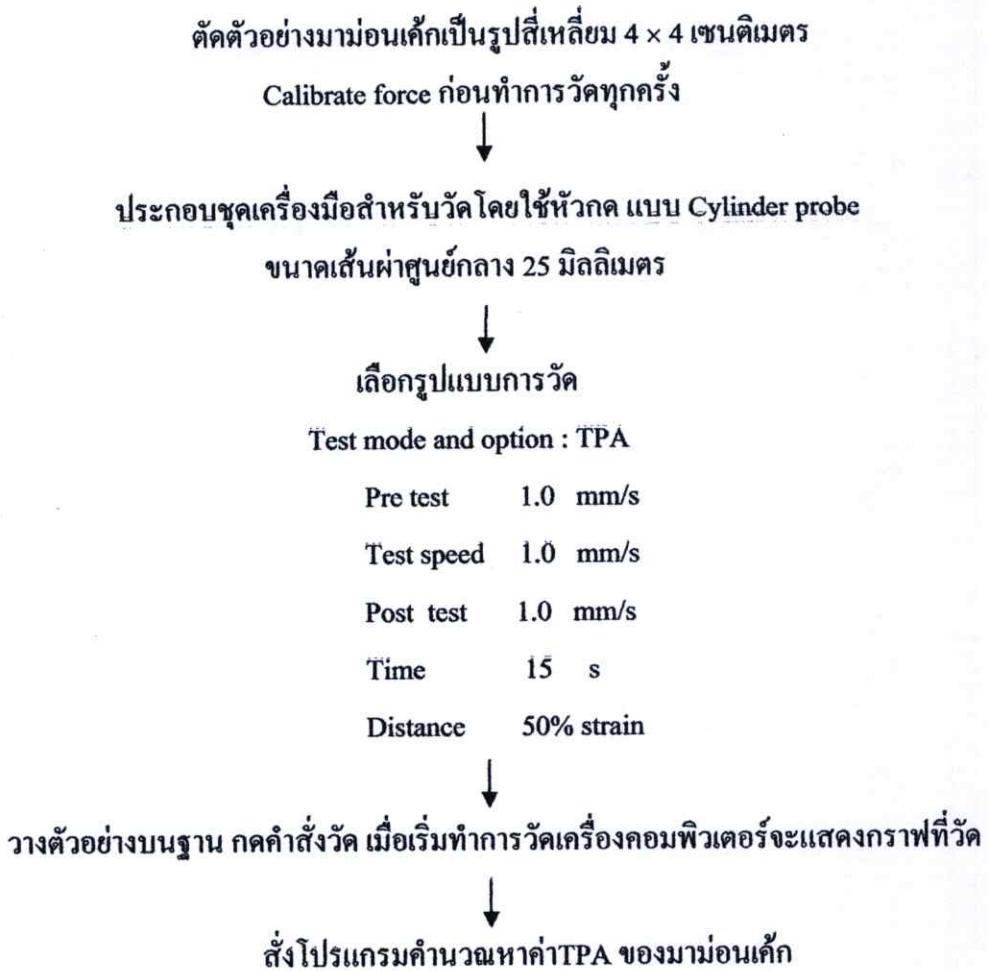
## 2. การวัดปริมาตรจำเพาะ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2524)



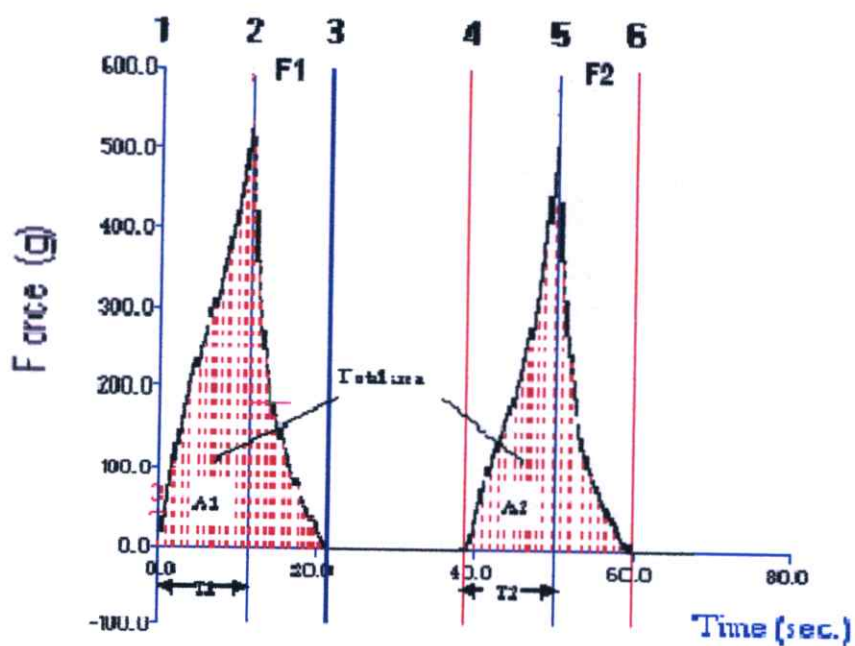
### การคำนวณ

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตร/กรัม)} = \frac{\text{ปริมาตรที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

### 3. การวัดเนื้อสัมผัส แบบ TPA (Manuel.2006) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส



ตัวอย่างการวัด TPA



**Firmness : F2**

**Springiness : T2/T1**

**Cohesiveness : A2/A1**

ภาพที่ ก1 Texture profile analysis



ภาพที่ ก2 ผลิตรักข์มาม่อนเค้ก



ภาพที่ ก3 ตัวอย่างขนมมาม่อนที่นำมาวัดเนื้อสัมผัส



ภาพที่ ก4 เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสของมาม่อนเค้ก

**ภาคผนวก ข**  
**การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส**

## แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาม่อนเล็กที่ใส่สารไฮโดรคอลลอยด์ที่อุณหภูมิห้อง

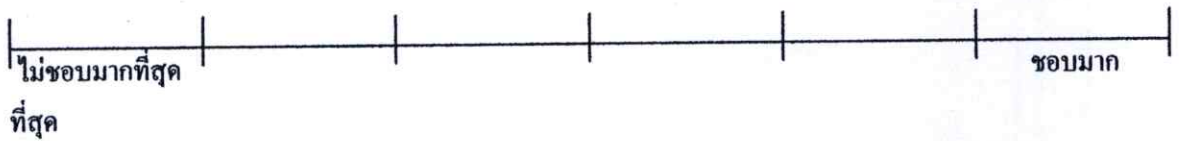
ผลิตภัณฑ์ มาม่อนเล็ก

ชื่อ.....วันที่.....

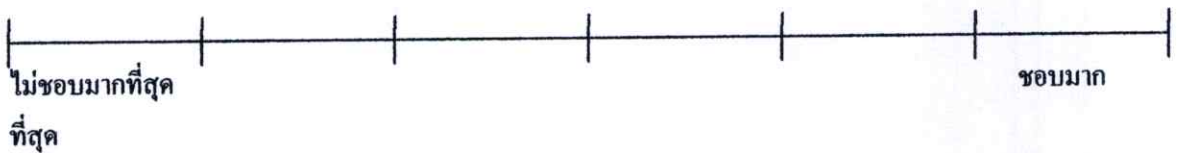
คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอจากทางซ้ายไปขวา แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นคะแนนของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ตามความเข้มที่ตรงตามความรู้สึกของท่าน พร้อมระบุรหัสตัวอย่างเหนือเส้น

รหัสตัวอย่าง \_\_\_\_\_

### 1. ลักษณะการขึ้นฟู



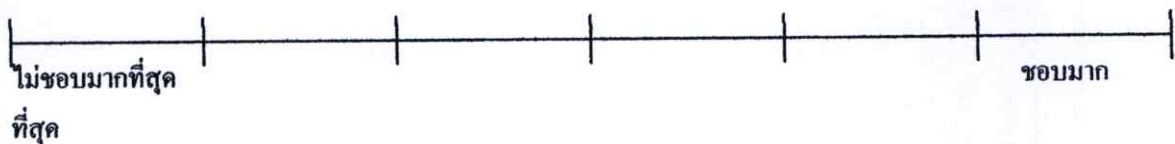
### 2.. ความนุ่ม



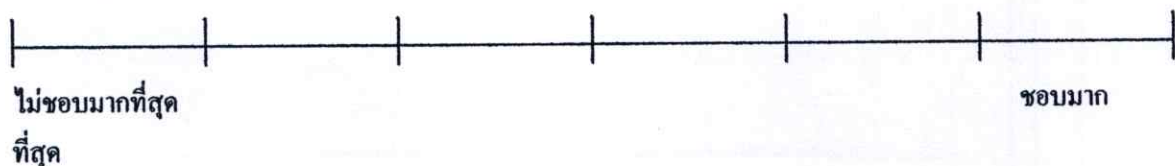
### 3. การแต่งกลิ่นตัวของเนื้อเค้ก

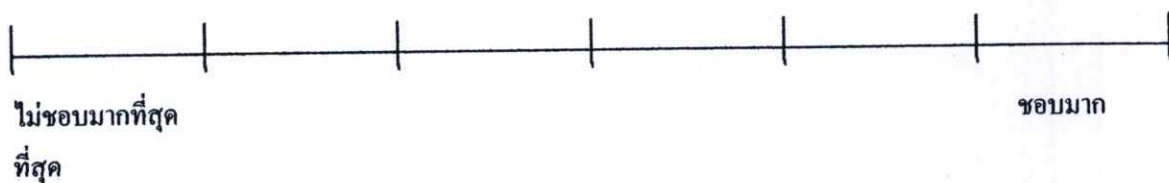


### 4. การเกาะรวมตัว



### 5. ความชุ่ม



**6. ความชอบโดยรวม**

ข้อเสนอแนะ.....  
.....  
.....  
.....

## แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาม่อนเค้กที่ใส่สารไฮโดรคอลลอยด์ที่อุณหภูมิ

4 องศาเซลเซียส และ -18 องศาเซลเซียส

ผลิตภัณฑ์

มาม่อนเค้ก

ชื่อ.....วันที่.....

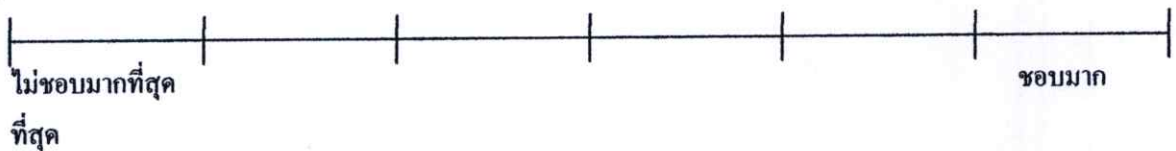
**คำแนะนำ** กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอจากทางซ้ายไปขวา แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นคะแนนของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ตามความเข้มที่ตรงตามความรู้สึกของท่าน พร้อมระบุรหัสตัวอย่างเหนือเส้น

รหัสดังตัวอย่าง \_\_\_\_\_

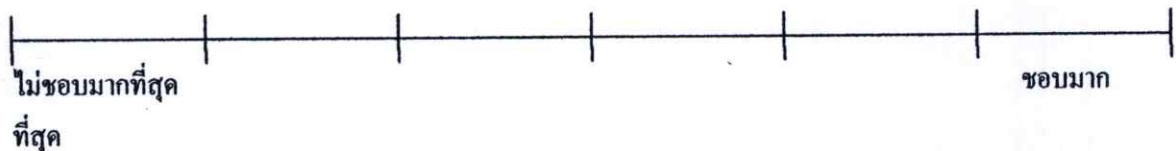
### 1. ลักษณะการขึ้นฟู



### 2. ความนุ่ม



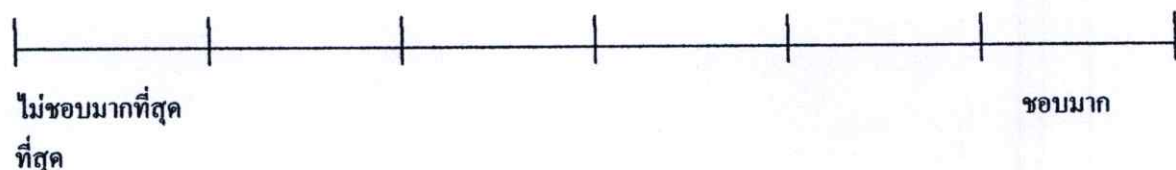
### 3. การเคี้ยวตัวของเนื้อเค้ก



### 4. การเกาะรวมตัว



### 5. ความชอบโดยรวม

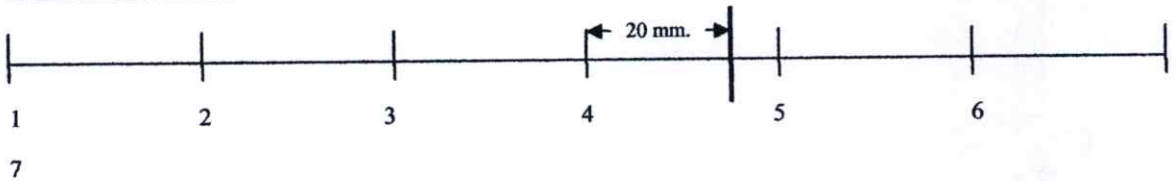


ข้อเสนอแนะ.....  
 .....  
 .....  
 .....

### วิธีคำนวณ

ความยาวเส้นคะแนนเท่ากับ 15 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 7 ช่อง ช่องละ 1 คะแนน โดย 1 ช่องคะแนนมีความยาวช่องละ 25 มิลลิเมตร ดังนั้น 1 มิลลิเมตร จะคิดเป็น  $1 \div 25 = 0.04$  คะแนน

### ตัวอย่างการคำนวณ



ระดับของคะแนนอยู่ในช่อง 4 และ 5

ดังนั้นวัดความที่อยู่ในระหว่างช่อง 4 และ 5 เท่ากับ 20 มิลลิเมตร

พบว่า 1 มิลลิเมตร เท่ากับ	0.04 คะแนน
ดังนั้น 20 มิลลิเมตร เท่ากับ	$0.04 \times 20 = 0.8$ คะแนน
* คะแนนรวมทั้งหมด คือ	$4 + 0.8 = 4.8$ คะแนน

**ภาคผนวก ค**  
**แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ**

ตารางที่ ค.1 ปริมาณของกั้วร้กั้มที่เหมาะสมต่อผลัดกั้มขั้มาม่อนเค็ก

ปริมาณ กั้วร้กั้ม (เปอร์เซ้นต์)	Firmness (g.f)		Springiness		Cohesiveness	
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3
	0	372.347 ± 36.86 <sup>d</sup>	828.931 ± 28.07 <sup>a</sup>	0.9650 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.9413 ± 0.001 <sup>c</sup>	0.7587 ± 0.007 <sup>d</sup>
0.25	471.509 ± 34.84 <sup>c</sup>	827.960 ± 26.31 <sup>a</sup>	0.9652 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.9436 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.7620 ± 0.001 <sup>c</sup>	0.6563 ± 0.008 <sup>d</sup>
0.50	561.096 ± 38.64 <sup>b</sup>	720.359 ± 22.00 <sup>c</sup>	0.9735 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.9461 ± 0.003 <sup>a</sup>	0.7724 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.6831 ± 0.001 <sup>c</sup>
0.75	584.391 ± 28.94 <sup>b</sup>	783.053 ± 17.97 <sup>b</sup>	0.9628 ± 0.001 <sup>c</sup>	0.9318 ± 0.002 <sup>d</sup>	0.7798 ± 0.003 <sup>a</sup>	0.6936 ± 0.002 <sup>b</sup>
1.00	637.663 ± 30.54 <sup>a</sup>	825.593 ± 16.72 <sup>a</sup>	0.9521 ± 0.002 <sup>d</sup>	0.9104 ± 0.001 <sup>c</sup>	0.7823 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.7014 ± 0.001 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ค.2 ปริมาณความขั้มของมาม่อนเค็กที่เติมกั้วร้กั้มที่ระดั้มต่างกั้ม

ปริมาณกั้วร้กั้ม (เปอร์เซ้นต์)	ค่าปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตร/กรัม)	
	วันที่ 0	วันที่ 3
	0	3.08 ± 0.03 <sup>b</sup>
0.25	3.09 ± 0.01 <sup>ab</sup>	2.77 ± 0.03 <sup>b</sup>
0.50	3.11 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.81 ± 0.01 <sup>a</sup>
0.75	2.92 ± 0.02 <sup>c</sup>	2.67 ± 0.03 <sup>c</sup>
1.00	2.86 ± 0.02 <sup>d</sup>	2.61 ± 0.01 <sup>d</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ค.3 ปริมาณของแซนแทนกั้มที่เหมาะสมต่อผลัดกั้มขั้มาม่อนเค็ก

ปริมาณ แซนแทนกั้ม (เปอร์เซ้นต์)	Firmness (g.f)		Springiness		Cohesiveness	
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3
	0	335.280 ± 26.03 <sup>c</sup>	813.576 ± 26.05 <sup>c</sup>	0.9649 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.9413 ± 0.002 <sup>b</sup>	0.7541 ± 0.008 <sup>c</sup>
0.25	349.174 ± 50.37 <sup>c</sup>	754.124 ± 36.73 <sup>d</sup>	0.9671 ± 0.008 <sup>a</sup>	0.9420 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.7623 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.6944 ± 0.007 <sup>b</sup>
0.50	352.736 ± 35.75 <sup>c</sup>	641.446 ± 16.11 <sup>c</sup>	0.9676 ± 0.008 <sup>a</sup>	0.9447 ± 0.003 <sup>a</sup>	0.7730 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.6966 ± 0.001 <sup>ab</sup>
0.75	553.065 ± 25.43 <sup>b</sup>	843.925 ± 18.58 <sup>b</sup>	0.9530 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.9352 ± 0.002 <sup>c</sup>	0.7740 ± 0.002 <sup>a</sup>	0.6969 ± 0.002 <sup>ab</sup>
1.00	611.475 ± 17.04 <sup>a</sup>	865.415 ± 26.53 <sup>a</sup>	0.9501 ± 0.000 <sup>b</sup>	0.9323 ± 0.001 <sup>d</sup>	0.7756 ± 0.004 <sup>a</sup>	0.6994 ± 0.004 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ค.4 ปริมาณความชื้นของมาม่อนเค้กที่เติมแซนแทนแทนกันที่ระดับต่างกัน

ปริมาณ แซนแทนกัน (เปอร์เซ็นต์)	ค่าปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตร/กรัม)	
	วันที่ 0	วันที่ 3
0	$3.06 \pm 0.02^b$	$2.75 \pm 0.02^{bc}$
0.25	$3.08 \pm 0.01^b$	$2.78 \pm 0.01^b$
0.50	$3.13 \pm 0.02^a$	$2.83 \pm 0.02^a$
0.75	$2.95 \pm 0.01^c$	$2.73 \pm 0.03^c$
1.00	$2.84 \pm 0.01^d$	$2.68 \pm 0.00^d$

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ค.5 ปริมาณของคาราจีแนนที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มาม่อนเค้ก

ปริมาณ คาราจีแนน (เปอร์เซ็นต์)	Firmness (g.f)		Springiness		Cohesiveness	
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3
0	$341.021 \pm 24.80^c$	$824.971 \pm 15.49^c$	$0.9642 \pm 0.001^a$	$0.9427 \pm 0.002^b$	$0.7580 \pm 0.004^c$	$0.6588 \pm 0.005^c$
0.15	$369.188 \pm 19.18^d$	$790.540 \pm 32.52^d$	$0.9647 \pm 0.002^a$	$0.9440 \pm 0.002^b$	$0.7614 \pm 0.001^d$	$0.6668 \pm 0.000^c$
0.25	$437.843 \pm 20.58^c$	$629.138 \pm 15.62^c$	$0.9651 \pm 0.003^a$	$0.9461 \pm 0.000^a$	$0.7639 \pm 0.001^c$	$0.6859 \pm 0.026^b$
0.50	$717.453 \pm 57.14^b$	$904.139 \pm 21.70^b$	$0.9647 \pm 0.001^a$	$0.9356 \pm 0.002^c$	$0.7673 \pm 0.000^b$	$0.6943 \pm 0.001^{ab}$
0.75	$867.612 \pm 12.51^a$	$1070.490 \pm 47.78^a$	$0.9470 \pm 0.000^b$	$0.9243 \pm 0.002^d$	$0.7758 \pm 0.003^a$	$0.6967 \pm 0.003^a$

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ค.6 ปริมาณความชื้นของมาม่อนเค้กที่เติมคาราจีแนนที่ระดับต่างกัน

ปริมาณ คาราจีแนน(เปอร์เซ็นต์)	ค่าปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตร/กรัม)	
	วันที่ 0	วันที่ 3
0	$3.10 \pm 0.03^b$	$2.80 \pm 0.03^d$
0.15	$3.25 \pm 0.02^a$	$2.93 \pm 0.01^b$
0.25	$3.25 \pm 0.01^a$	$2.96 \pm 0.02^a$
0.50	$3.13 \pm 0.02^b$	$2.87 \pm 0.00^c$
0.75	$3.04 \pm 0.03^c$	$2.74 \pm 0.01^e$

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ๗.7 ปริมาณของ HPMC ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มาม่อนเด็ก

ปริมาณ HPMC (เปอร์เซ็นต์)	Firmness (g.f)		Springiness		Cohesiveness	
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3
control	347.784 ± 17.65 <sup>c</sup>	816.598 ± 22.84 <sup>a</sup>	0.9648 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.9432 ± 0.002 <sup>b</sup>	0.7604 ± 0.006 <sup>d</sup>	0.6605 ± 0.006 <sup>d</sup>
0.25	380.129 ± 24.58 <sup>d</sup>	759.596 ± 28.41 <sup>c</sup>	0.9654 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.9453 ± 0.003 <sup>a</sup>	0.7743 ± 0.002 <sup>c</sup>	0.6749 ± 0.001 <sup>c</sup>
0.5	461.409 ± 25.73 <sup>c</sup>	733.364 ± 33.63 <sup>d</sup>	0.9771 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.9458 ± 0.003 <sup>a</sup>	0.7774 ± 0.003 <sup>b</sup>	0.6817 ± 0.003 <sup>b</sup>
0.75	482.360 ± 24.83 <sup>b</sup>	748.074 ± 23.58 <sup>cd</sup>	0.9511 ± 0.004 <sup>b</sup>	0.9373 ± 0.005 <sup>c</sup>	0.7787 ± 0.003 <sup>b</sup>	0.6832 ± 0.006 <sup>b</sup>
1	524.061 ± 31.59 <sup>a</sup>	800.347 ± 30.35 <sup>b</sup>	0.9424 ± 0.003 <sup>c</sup>	0.9304 ± 0.003 <sup>d</sup>	0.7809 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.6940 ± 0.001 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ๘.8 ปริมาตรจำเพาะและปริมาณความชื้นของมาม่อนเด็กที่เติม HPMC ที่ระดับต่างกัน

ปริมาณ HPMC (เปอร์เซ็นต์)	ค่าปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)	
	วันที่ 0	วันที่ 3
0	3.08 ± 0.01 <sup>d</sup>	2.77 ± 0.06 <sup>b</sup>
0.25	3.07 ± 0.01 <sup>d</sup>	2.77 ± 0.01 <sup>b</sup>
0.50	3.23 ± 0.02 <sup>a</sup>	2.86 ± 0.01 <sup>a</sup>
0.75	3.17 ± 0.01 <sup>b</sup>	2.82 ± 0.01 <sup>a</sup>
1.00	3.13 ± 0.01 <sup>c</sup>	2.77 ± 0.01 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

## ประวัติผู้เขียน

นางสาวณัฐพร สุบรรณมณี เกิดวันที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดนครนายก สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาตรี คณะคหกรรมศาสตร์ (คศ.บ.) สาขาอาหารและโภชนาการ – ธุรกิจ อาหาร จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ในปีการศึกษา 2548 และ ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ในสาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และจบการศึกษาในปี พ.ศ. 2552