สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัจจัยที่มีผลในกระบวนการผลิตแป้งขนมโก๋

FACTORS AFFECTING PRODUCTION OF *KANOM KOH* (CHINESE SWEETMEAT) FLOUR

T110597

ปวีณา อภิพันธ์

PAVEENA APHIPHAN

วพ.
ป 496 ป
2553
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....110597
วัน,เดือน,ปี.....- 9 พ.ย. 2553

b.....12252722
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2553

KMITL-2010-AI-M-055-081

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACTORS AFFECTING PRODUCTION OF *KANOM KOH* (CHINESE SWEETMEAT) FLOUR

PAVEENA APHIPHAN

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

2010

KMITL-2010-AI-M-055-081

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2010

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ปัจจัยที่มีผลในกระบวนการผลิตแป้งขนมโก๋

Factors Affecting Production of *Kanom Koh* (Chinese Sweetmeat) Flour

ชื่อนักศึกษา นางสาวปวีณา อภิพันธ์

รหัสประจำตัว 50068604

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์	
ผศ.ดร.พอใจ ถามากร	
ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ	
รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 25 พฤษภาคม 2553 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 7 **เดือน** มิ.ย. **พ.ศ.** 53

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
วันที่ 7 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2553
ถึงชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า การเก็บรักษาแป้งในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ในสภาวะสุญญากาศ มีการเปลี่ยนแปลงด้านค่าสี ความชื้น และค่า TBA น้อยที่สุด และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Factors affecting Production of *Kanom Koh* (Chinese Sweetmeat) Flour
Student	Miss Paveena Aphiphan
Student ID.	50068604
Degree	Master of Science
Program	Food Catering Technology
Year	2010
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kittiphong Huangrak

ABSTRACT

The objective of this research was to study on the production process of *Kanom Koh* flour and its optimum storage conditions. From the study on effect of soaking time of glutinous rice (RD 6) for 1 3 and 5 hours before processing, it was found that increasing of time, the moisture content of flour, the degree of gelatinization and yellow value of flour increased. After using these flour sample to produce *Kanom Koh*, the result showed that samples from the flour that had longer soaking time gave higher value of hardness, fracturability, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness from texture analyzer. From sensory evaluation, the highest overall liking score was obtained from *Kanom Koh* produced from the flour that the rice was soaked for 1 hour. From the study on effect of particle size of flour by grinding grain to 3 different ranges, i.e. 80-100 mesh, 100-120 mesh and over 120 mesh, it was found that decreasing of particle size, the lightness of flour increased, the value of hardness, fracturability, adhesiveness, cohesiveness, gumminess and chewiness from the texture analyzer increased while the springiness gave no significantly different. From sensory evaluation, *Kanom Koh* made of 100-120 mesh flour got the highest overall acceptance score. From studying on the effect of substitution of glutinous rice (RD 6) by jasmine rice (KDML 105) at 0 5 10 and 15 percent by weight, it was found that increasing of jasmine rice (KDML 105) content, the amylase content increased, the moisture content decreased, the lightness of flour increased, the value of hardness, fracturability, adhesiveness, cohesiveness, gumminess and chewiness from the texture analyzer decreased while the springiness gave no significantly different. From sensory evaluation, *Kanom Koh* made from flour that contained 12.14 percent amylose by substituting 10 percent of jasmine rice (KDML 105) got the highest overall liking score. Then optimum storage condition was studied. Four conditions were studied, i.e., packing in aluminum foil and nylon pouch, under

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

vacuum and atmospheric condition. The samples were kept at room temperature for 6 months. The result showed that packing in aluminum foil pouch under vacuum got less changes in color, moisture content and TBA value and also got highest overall liking score.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งความรู้ และคำแนะนำที่มีประโยชน์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. พอใจ ถามากร ดร. กัลยาณี เต็งพงศธร ดร. ธงชัย พุฒทองศิริ และ รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ อดีตคณบดี คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำเพิ่มเติมช่วยแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร ทุก ๆ คนและนักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ที่ช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ ตลอดจนเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกคน

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของข้าพเจ้า และนายอรรถวิชช์ รินทรวิฑูรย์ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในทุกด้านตลอดมา ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ปวีณา อภิพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ขนมโก๋	3
2.1.1 ลักษณะทั่วไปของแป้งขนมโก๋	4
2.1.2 วิธีการดัดแปรทางกายภาพ	4
2.1.3 การเกิดเจลาทิไนเซชัน (gelatinization)	4
2.2 วัตถุดิบ	5
2.2.1 ข้าว	5
2.2.2 ข้าวเหนียว	5
2.2.3 ข้าวขาวดอกมะลิ 105	10
2.2.4 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว	10
2.2.5 วิธีการผลิตแป้งข้าวเหนียว	13
2.2.6 น้ำตาลทราย	17
2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิผลต่ออายุการเก็บรักษาอาหารแห้ง	18
2.3.1 สภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาอาหารแห้ง	19
2.3.2 การยืดอายุการเก็บรักษาอาหารแห้ง	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 22
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ 22
3.2 สถานที่ดำเนินการทดลอง 23
3.3 วิธีการทดลอง 24

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 27
4.1 ผลการศึกษาการดูดซับน้ำของข้าวเมื่อใช้ระยะเวลาการแช่ต่างกัน 27
4.2 ผลการศึกษาระยะเวลาที่ใช้แช่ข้าวเหนียว กข 6 ในกระบวนการผลิตแป้งขนมโก๋... 28
4.3 ผลการศึกษาขนาดของแป้งขนมโก๋ที่เหมาะสม 35
4.4 ผลการศึกษาการใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6
ในการผลิตแป้งขนมโก๋ 39
4.5 ผลการศึกษาสภาวะในการเก็บรักษาแป้งขนมโก๋ 47

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 63

บรรณานุกรม 65

ภาคผนวก 69
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ 70
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี 77
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ 85
ภาคผนวก ง แบบประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส 87
ภาคผนวก จ รูปภาพ 91

ประวัติผู้เขียน 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส	6
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสาร	10
2.3 สมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน	13
2.4 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล	18
4.1 ค่าความชื้นของข้าวเหนียว กข 6 และข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อแช่น้ำในระยะเวลาที่ต่างกัน	27
4.2 ค่าความชื้นของเมล็ดข้าวก่อนให้ความร้อน ความชื้นของแป้ง ระดับการเกิดเจลาทิไนซ์ และค่าสีของแป้งขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 เมื่อแช่น้ำในระยะเวลาต่างกัน	28
4.3 ค่าสีของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่ได้จากข้าวเหนียว กข 6 เมื่อแช่น้ำในระยะเวลาต่างกัน	29
4.4 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของขนมโก๋ ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่ได้จากข้าวเหนียว กข 6 เมื่อแช่น้ำในระยะเวลาต่างกัน	30
4.5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋ ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่ได้จาก ข้าวเหนียว กข 6 ซึ่งแช่น้ำในระยะเวลาต่างกัน	32
4.6 ค่าความชื้น ค่าสีของแป้งขนมโก๋ และค่าสีของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ ที่มีขนาดต่างกัน	35
4.7 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่มีขนาดต่างกัน	36
4.8 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่มีขนาด ต่างกัน	37
4.9 ปริมาณอะไมโลส ความชื้นของเมล็ดข้าวก่อนให้ความร้อน ความชื้นของแป้ง และค่าสีของ แป้งขนมโก๋เมื่อใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน	40
4.10 ค่าสีของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ใน ปริมาณต่างกัน	41
4.11 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน	42
4.12 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.13 ค่า p-value ที่ได้ศึกษาชนิดของภาชนะกับสภาวะบรรจุ และระยะเวลารวมทั้งอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อค่าสีค่าความชื้น และค่า TBA ของแป้งขนมโก๋เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 6 เดือน 47

4.14 ผลของภาชนะและสภาวะบรรจุต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) ค่าความชื้น และค่า TBA ของแป้งขนมโก๋เมื่อเก็บรักษานาน 6 เดือน 48

4.15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะเวลาเก็บต่อค่าสี ค่าความชื้น และค่า TBA ของแป้งขนมโก๋ 49

4.16 ผลของอิทธิพลร่วมของการใช้ภาชนะและสภาวะบรรจุ กับระยะเวลาเก็บต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) ค่าความชื้น และค่า TBA 51

4.17 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแป้งขนมโก๋เมื่อเก็บในภาชนะและสภาวะต่างกันเป็นเวลา 6 เดือน 57

4.18 คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ต่อภาชนะกับสภาวะบรรจุต่าง ๆ และระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน 59

ภาคผนวก ก.1 ความหมายของลักษณะทางกลแบบต่างๆ 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าว	7
2.2 โครงสร้างเชิงเส้นของอะไมโลส	11
2.3 ลักษณะเกลียวของอะไมโลส	12
2.4 โครงสร้างเชิงกิ่งของอะไมโลเพกติน	12
2.5 แผนภูมิแสดงกรรมวิธีผลิตแป้ง	15
4.1 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บต่อค่าความสว่าง (L) ระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน	52
4.2 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บต่อค่าสีแดง (a) ระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน	53
4.3 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บต่อค่าสีเหลือง (b) ระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน	54
4.4 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บต่อค่าความชื้นระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน	55
4.5 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บต่อค่า TBA ระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน	56
4.6 ผลของการใช้ภาชนะและสภาวะบรรจุกับระยะเวลาเก็บต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแป้งขนมโก๋	57
ภาคผนวก ก.1 กราฟแสดงผลการวัดค่าโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA)	75
ภาคผนวก ข.1 ระดับการเกิดเจลาทิไนซ์และค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน	80
ภาคผนวก ข.2 ปริมาณอะไมโลสและค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน	83
ภาคผนวก จ.1 กรรมวิธีการผลิตแป้งขนมโก๋	92
ภาคผนวก จ.2 กรรมวิธีการผลิตขนมโก๋	93
ภาคผนวก จ.3 ขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ระยะเวลาต่างกัน	93
ภาคผนวก จ.4 ขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่ขนาดต่างกัน	94
ภาคผนวก จ.5 ขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสต่างกันซึ่งใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนมโก๋ทำจากแป้งข้าวเหนียวหรือแป้งสาลีที่คั่วแห้ง แล้วนำมาผสมกับน้ำและน้ำตาลที่เคี่ยวจนตกทราย อาจมีส่วนประกอบอื่น เช่น ถั่วเขียวบด งาบด สารแต่งกลิ่น นวดผสมให้เข้ากัน อัดใส่พิมพ์ที่มีรูปร่างต่างกัน เช่น แท่งสี่เหลี่ยม แผ่นกลม วงรี อาจมีไส้หรือไม่ก็ได้ ลักษณะทั่วไปส่วนที่เป็นแป้งต้องแห้ง ร่วน คงรูปตามแบบพิมพ์ที่ใช้ เป็นเนื้อเดียวกัน มีความหนืดเล็กน้อย ต้องมี สี กลิ่น รสชาติ ตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546)

แป้งขนมโก๋ มีลักษณะเป็นแป้งพรีเจลาทิไนซ์ (pregelatinized flour) ทางการค้าเรียกว่าอัลฟาสตาร์ช (alpha starch) กระบวนการผลิตเป็นการดัดแปรทางกายภาพ เหมาะสำหรับใช้กับอาหารที่ไม่ต้องให้ความร้อนอีก (กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550) ขนมโก๋มีการบริโภคมากในช่วงเทศกาลไหว้พระจันทร์ เทศกาลตรุษจีน สารทจีน และเป็นขนมที่นิยมรับประทานคู่กับน้ำชา (สมบัติ พลายน้อย, 2542) เนื่องจากแป้งขนมโก๋มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมเพียงไม่กี่รายเท่านั้น ทำให้ขั้นตอนการผลิตแป้งขนมโก๋ไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

การทำวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาปัจจัยในกระบวนการผลิตและการใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียวของแป้งที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋ รวมทั้งสภาวะการเก็บแป้งที่ได้ ซึ่งจะทำให้แป้งขนมโก๋มีคุณภาพดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1.2.1 ศึกษาปัจจัยในกระบวนการผลิตแป้งขนมโก๋ในด้านระยะเวลาในการแช่ข้าวและขนาดของแป้งขนมโก๋ที่เหมาะสม

1.2.2 ศึกษาผลของการใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกันผลิตแป้งขนมโก๋ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋

1.2.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแป้งขนมโก๋

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตแป้งขนมโก๋ ตัวอย่างข้าวที่ใช้เป็นข้าวเหนียว กข 6 ศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์ โดยศึกษาระยะเวลาการแช่ข้าวเหนียว 1 3 และ 5 ชั่วโมง ศึกษาขนาดของแป้งขนมโก๋ที่เหมาะสมโดยใช้ขนาดตะแกรงร่อนที่ต่างกัน คือ 80-100 100-120 และ >120 เมช ศึกษาผลการใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน คือ 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวเหนียว และนำแป้งขนมโก๋ที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด มาศึกษาสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน 4 สภาวะคือ บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 11x13 นิ้ว และบรรจุในถุงพลาสติกไนลอน ขนาด 11x13 นิ้ว ในสภาวะบรรยากาศและสุญญากาศเช่นเดียวกัน โดยบรรจุถุงละ 250 กรัม เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ติดตามผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแป้งขนมโก๋ทุกเดือน นำมาวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ทั้งหมด และทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกเดือนโดยเทียบกับตัวอย่างควบคุม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับจากการวิจัย

1.4.1 เข้าใจขั้นตอนกระบวนการ คือระยะเวลาในการแช่ข้าวและขนาดของเม็ดแป้งที่มีผลต่อการผลิตแป้งขนมโก๋

1.4.2 ทราบผลของการใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในวัตถุดิบต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋เพื่อใช้ในการเลือกวัตถุดิบ

1.4.3 ทราบอายุการเก็บของแป้งขนมโก๋ในสภาวะที่ทดลอง เพื่อใช้ในการเก็บรักษาแป้งขนมโก๋

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมโก๋

ประวัติของขนมโก๋ไม่มีหลักฐานทางประวัติศาสตร์ที่แน่นอน ขนมโก๋เป็นขนมที่ได้รับอิทธิพลจากประเทศจีนซึ่งมีการติดต่อค้าขายกับประเทศไทยเป็นเวลานาน ในสมัยต้นรัตนโกสินทร์มีชาวจีนเข้ามาค้าขายและตั้งรกรากในประเทศไทย จึงทำให้ขนมโก๋เป็นขนมไทยประยุกต์ที่มีส่วนผสมของข้าวและน้ำตาลเป็นหลัก โดยสมัยโบราณได้นำข้าวเหนียวมาโม่เป็นแป้งก่อนผสมกับน้ำตาลอ้อยหรือน้ำตาลมะพร้าวที่มีมากในไทยจนกลายเป็นขนมโก๋ และมีการพัฒนาส่วนผสมของขนมโก๋ให้ตรงความต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น (ศรีวัฒนา พงศ์วรินทร์, 2547)

มาตรฐานของขนมโก๋ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) มีดังนี้

1. ลักษณะทั่วไป

ขนมโก๋ ส่วนที่เป็นแป้งต้องแห้ง ร่วน คงรูปตามแบบพิมพ์ที่ใช้ เป็นเนื้อเดียวกัน มีความหนืดเล็กน้อย

2. สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้

3. กลิ่นและรส

ต้องมีกลิ่นหอม รสชาติกลมกล่อมตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน

4. สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ เช่น แมลง หนู นก

5. วัตถุเจือปนอาหาร

5.1 ห้ามใช้วัตถุกันเสีย

5.2 หากมีการใช้สีผสมอาหาร ให้ใช้สีได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

6. จุลินทรีย์

6.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

6.2 *Staphylococcus aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

6.3 ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของแป้งขนมโก๋

มีลักษณะเป็นแป้งพรีเจลาทิไนซ์หรือแป้งพรีเจล ทางการค้าเรียกว่าอัลฟาสตาร์ช (alpha starch) เป็นแป้งดัดแปรทางกายภาพที่ทำโดยการแช่น้ำและให้ความร้อนแก่แป้งจนแป้งสุกเกิดการเจลาทิไนซ์ เหมาะสำหรับใช้กับอาหารที่ไม่ต้องให้ความร้อนอีก (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550)

2.1.2 วิธีการดัดแปรทางกายภาพ

2.1.2.1 วิธีพรีเจลาทิไนซ์

การแปรรูปแป้งโดยวิธีนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างน้ำหนักโมเลกุลของแป้ง หรือมีการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลด้วยสารเคมีแต่อย่างใด มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพเท่านั้น เป็นการดัดแปรทางกายภาพที่ทำโดยให้ความร้อนแก่แป้ง ทำให้แป้งสุกหรือเกิดเจลาทิไนซ์ แล้วทำให้แห้งโดยเครื่องทำแห้ง และบดให้ละเอียด ได้แป้งดัดแปรที่สามารถละลายกระจายตัวได้ในน้ำเย็น ให้ความหนืดได้ทันที เหมาะสำหรับอาหารที่ไม่ต้องการให้ความร้อน

2.1.2.2 วิธีการแปรรูปด้วยความร้อนชื้น

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งภายใต้ความร้อนมีปัจจัยที่สำคัญคือ อุณหภูมิ ความชื้น (ปริมาณน้ำ) และลักษณะของเม็ดแป้ง การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง โดยมีการจำกัดเรื่องของปริมาณน้ำ ทำให้ลักษณะและคุณสมบัติของแป้งเปลี่ยนไปได้ เมื่อแป้งมีปริมาณน้ำน้อย จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปหรือหลอมละลาย (T_m) ที่อุณหภูมิ 166-180 องศาเซลเซียส แต่เมื่อมีความชื้นสูง (มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์) จะมีการเจลาทิไนซ์ที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นต้น การแปรรูปโดยความร้อนชื้นปกติคือการให้ความร้อนแป้งมากกว่า 100 องศาเซลเซียส โดยที่แป้งมีความชื้นมากกว่าปกติเล็กน้อย (เนื่องจากส่วนใหญ่ใช้ไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อน) คือ ประมาณ 18-27 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลานาน ซึ่งเวลาจะแปรผันกับอุณหภูมิที่ใช้ (Sair, 1964)

2.1.3 การเกิดเจลาทิไนเซชัน (gelatinization)

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) จำนวนมากยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห micelle การจัดเรียงตัวลักษณะนี้ทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก เมื่ออยู่ในน้ำเย็น เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย การเกิดเจลาทิไนเซชัน (gelatinization) เป็นกระบวนการที่ใช้บอกลักษณะเฉพาะของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อเม็ดแป้งและน้ำได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิระดับหนึ่งที่แน่นอน เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวและมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใน มีการสูญเสียโครงสร้างแบบ birefringence การเกิดเจลาทิไนเซชันของเม็ดแป้งมี 3 ระยะ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่างแหระหว่าง micelle ยืดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เม็ดแป้งยังคงรูปร่างและโครงสร้างแบบ birefringence

ระยะที่สอง เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่าง micelle ภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลงเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามากและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่า การเกิดเจลาทิไนเซชัน เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและโครงสร้าง birefringence ความหนืดของสารแขวนลอยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ระยะที่สาม เมื่อให้ความร้อนต่อไปอีก รูปร่างของเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของเม็ดแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล

เมื่อเกิดเจลาทิไนเซชัน เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ และอะไมโลสจะไหลออกจากโครงสร้างร่างแหสามมิติ เมื่อการพองตัวของเม็ดแป้งเกิดขึ้น ลักษณะของเพสต์ (paste) จะปรากฏเมื่อมีการสูญเสียร่างแห ซึ่งรูปร่างของเจลหรือเพสต์เป็นปัจจัยเบื้องต้นที่จะต้องควบคุม เพราะส่งผลกระทบถึงคุณภาพและเนื้อสัมผัสของอาหารได้ (กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2542)

2.2 วัตถุดิบ

2.2.1 ข้าว

ข้าวเป็นพืชที่ปลูกกันมากที่สุดในโลกเพราะสามารถปลูกได้ทุกหนทุกแห่ง ทำให้มนุษย์ใช้ข้าวเป็นอาหารมานานนับพันปีนับตั้งแต่มนุษย์ยังไม่รู้จักวิธีการเพาะปลูก

ข้าวเป็นพืชในตระกูลหญ้า (Gramineae) สกุลโอไรซี่ (Oryzae) จำแนกตามถิ่นและความนิยมในการบริโภคได้ 2 ชนิด คือ *Oryza glaberrima* Steudel. ซึ่งมีถิ่นกำเนิดและใช้บริโภคในบางประเทศในทวีปแอฟริกา และ *Oryza sativa* Linn. ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียและปลูกทั่วไปในทวีปเอเชีย แถบตะวันออกกลางของยุโรป อเมริกา และออสเตรเลีย ข้าวที่มีการปลูกและใช้เป็นอาหารกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบันคือ *Oryza sativa* Linn. ซึ่งแบ่งออกเป็นชนิดย่อยได้ 3 กลุ่ม คือ ข้าวอินดิก้า (indica) มีเมล็ดยาวเรียว ข้าวจาปอนิก้า (japonica) มีเมล็ดป้อมสั้น และข้าวจาวานิก้า (javanica) มีลักษณะอยู่ระหว่างข้าวอินดิก้ากับข้าวจาปอนิก้า สำหรับพันธุ์ข้าวในประเทศไทยที่ทางราชการได้รับรองและส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกกันอย่างกว้างขวางอยู่ในกลุ่มข้าวอินดิก้า (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

2.2.2 ข้าวเหนียว

ประวัติข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ได้มาจากการปรับปรุงพันธุ์ โดยการใช้รังสีชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ โดยใช้รังสีแกมมาปริมาณ 20 กิโลแรด อาบเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แล้วนำมาปลูก คัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวบางเขนและสถานีทดลองข้าวพิมาย จากการคัดเลือกได้ข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาปลูก คัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวบางเขนและสถานีทดลองข้าวพิมาย จากการคัดเลือกได้ข้าวเหนียวหลายสายพันธุ์ในข้าวช่วงที่ 2 นำไปปลูกคัดเลือกจนอยู่ตัวได้สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดคือ สายพันธุ์ KDML 105'65-G_2U-68-254 นับว่าเป็นข้าวพันธุ์ดีพันธุ์แรกของประเทศไทยที่ค้นคว้าได้ โดยใช้วิธีชักนำพันธุ์พืชให้เปลี่ยนกรรมพันธุ์โดยใช้รังสี โดยได้การรับรองพันธุ์จากคณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตร มีมติให้เป็นพันธุ์รับรอง เมื่อ วันที่ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2520 (กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2537)

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเหนียวที่มีลำต้นสูงประมาณ 154 เซนติเมตร ลำต้นมีลักษณะแข็งปานกลาง มีความไวต่อช่วงแสง ทรงกอมีลักษณะกระจายเล็กน้อย ใบยาวสีเขียวเข้ม ใบทรงตั้ง เมล็ดยาวเรียว เมล็ดข้าวเปลือกมีสีน้ำตาล ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 5 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้องมีความกว้าง x ยาว x หนา = 2.2 x 7.2 x1.7 มิลลิเมตร คุณภาพของข้าวเหนียวเมื่อสุก มีลักษณะเหนียวนุ่ม มีกลิ่นหอม และให้ผลผลิตสูงประมาณ 666 กิโลกรัมต่อไร่ และทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์เหนียวสันป่าตอง มีความต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล แต่ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง โรคใบไหม้ และไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

ลักษณะเด่น เมล็ดข้าวมีสีขุ่น เมื่อผ่านการนึ่งจะได้ข้าวที่มีลักษณะที่เหนียวและมีอะไมโลสต่ำ ข้าวเหนียวเป็นผลิตผลหลักทางการเกษตรที่ประเทศไทยสามารถผลิตได้ และยังนำมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวเหนียวเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเหนียวได้อีกด้วย โดยปกติข้าวเหนียวจะมีองค์ประกอบของอะไมโลสต่ำกว่าข้าวเจ้า หรืออาจจะกล่าวได้ว่ามีอะไมโลเพคตินเป็นองค์ประกอบเกือบทั้งหมด ทำให้แป้งข้าวเหนียวที่แปรรูปจากข้าวเหนียวมีคุณสมบัติในการดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าแป้งข้าวเจ้า จึงส่งผลให้เนื้อสัมผัสแป้งสุกของแป้งข้าวเหนียวเหนียวกว่าแป้งข้าวเจ้า (งามชื่น คงเสรี, 2546) ได้มีการแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสและลักษณะของข้าวสุก ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอะไมโลส (เปอร์เซ็นต์)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำมาก	3-9	เหนียว นุ่ม
ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ	10-20	เหนียว นุ่ม
ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง	21-25	นุ่ม ค่อนข้าวเหนียว
ข้าวเจ้าอะไมโลสสูง	26-33	ร่วน แข็ง

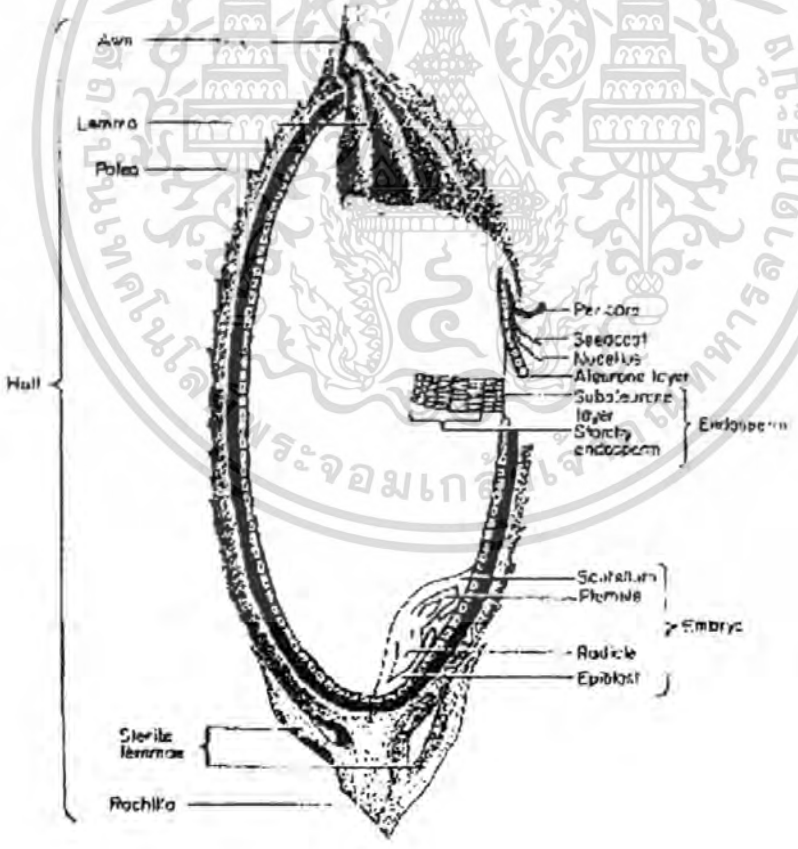
ที่มา : งามชื่น คงเสรี (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ข้าวเป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียก เมล็ดข้าว (rice fruit, rice grain, หรือ rice seed) ซึ่งทางพฤกษศาสตร์จะหมายถึง ผล (fruit) ที่มีลักษณะเป็นผลเดี่ยว (single fruit) เกิดจากรังไข่อันเดียวชนิดลอยตัว (superior ovary) ของดอกเดี่ยวในแต่ละดอกย่อยที่เกิดรวมกันอยู่เป็นช่อดอก ผลเดี่ยวนี้จะติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่หรือเยื่อหุ้มผล (pericarp) ซึ่งเมื่อผลสุกหรือแก่จะเป็นผลแห้ง (dry fruit) ที่ไม่แตก (indehiscent fruit) เรียกว่า เมล็ด (caryopsis grain) ที่มีเยื่อหุ้มผลและเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat หรือ testa) เชื่อมรวมกันอย่างแนบแน่นโดยตลอด ผลหรือเมล็ดข้าวจะมีลักษณะแตกต่างตามพันธุ์ในด้านขนาด รูปร่าง สี การมีหาง (awn) หรือไม่มีหาง และขน (pubescence) หรือไม่มีขนบนเปลือกแข็ง (hull หรือ husk)

เมล็ดข้าวประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว (หรือผล) เรียกว่า แกลบ (hull หรือ husk) และส่วนเนื้อผลหรือผลแท้ (true fruit หรือ caryopsis grain) หรือข้าวกล้อง (caryopsis หรือ brown rice) โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วน ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าว

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 แกลบ

ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palea) ขน หาง ขั้วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmas) ซึ่งเชื่อมต่อกับก้าน (pedicel)

- เปลือกใหญ่ เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านท้อง (dorsal side) มีขนาดใหญ่อาจมีหางหรือไม่มีก็ได้ ลักษณะของเปลือกใหญ่จะเป็นรอยเส้น (nerves) ตามความยาวของเปลือกประมาณ 5 เส้น เปลือกใหญ่จะห่อหุ้มเปลือกเล็กไว้ทั้ง 2 ด้านในลักษณะขบอยู่ข้างบนอย่างแน่นสนิท ประมาณ 2/3 ของเปลือกทั้งหมดตามแนวยาวของเมล็ด

- เปลือกเล็ก เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านหลัง (ventral side) ที่มีขนาดเล็กกว่าเปลือกใหญ่ประมาณ 1/3 ของเปลือกทั้งหมด จะขบอยู่ใต้เปลือกใหญ่ตามแนวยาว ทำให้เปลือกทั้งสองติดกันสนิท บนผิวเปลือกเล็กจะเป็นรอยเส้นตามความยาวของเปลือกประมาณ 3 เส้น รอยเส้นบนเปลือกใหญ่และเปลือกเล็กอาจทำให้ข้าวกล้องเป็นรอยเส้นตามไปด้วย ในข้าวบางพันธุ์ถึงแม้จะผ่านกระบวนการขัดขาว (polishing) แล้วยังอาจมีรอยเส้นค้างอยู่บนข้าวสาร (milled rice) เรียกว่าสาแหรกข้าว

- ขน จะขึ้นบนเปลือกใหญ่และเปลือกเล็กเป็นส่วนใหญ่ อาจมีบางพันธุ์ที่ไม่มีขน แต่เป็นส่วนน้อย ขนนี้คือ ส่วนของเซลล์ผิวนอก (epidermal cell) ที่เจริญกลายเป็นขน เพื่อทำหน้าที่ลดการระเหยของน้ำ ป้องกันอันตรายต่อเมล็ดจากสภาวะภายนอกเมล็ด และเพื่อการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ โดยช่วยให้เมล็ดติดไปกับคน สัตว์ หรือสิ่งของต่าง ๆ ที่มีโอกาสสัมผัสเมล็ดจนทำให้เมล็ดหลุดติดไปด้วย

- หาง เป็นส่วนปลายของเปลือกใหญ่ที่ยาวออกมาเกินตำแหน่งยอดดอก (apiculus) ในบางพันธุ์อาจสั้น หรือยาว หรือไม่มี ทำหน้าที่ในการกระจายพันธุ์คล้ายขน

- ขั้วเมล็ด เป็นก้านสั้น อยู่ระหว่างกลีบรองเมล็ดกับเปลือกใหญ่ และยังติดอยู่กับเมล็ดข้าวเปลือก

- กลีบรองเมล็ด เป็นกลีบรองเมล็ดหรือกลีบเล็ก 2 กลีบ อยู่ตรงข้ามกัน ใต้สุดของเมล็ด

2.2.2.3 ข้าวกล้องหรือเนื้อผล

ประกอบด้วยเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด นิวเซลลัส (nucellus) เยื่อชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) คัพภะ และเนื้อเมล็ด

1. เยื่อหุ้มผล เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอก มีความหนาประมาณ 10 ไมครอน ห่อหุ้มผลอยู่ภายใน มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์เส้นใย 6 ชั้น มีสารสีหรือรงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่าง ๆ เช่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ น้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง หรือน้ำตาลจนเกือบดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส เป็นองค์ประกอบสำคัญ ในเยื่อหุ้มผลนี้แบ่งย่อยได้เป็น 3 ชั้นคือ

- เอพิคาร์พ หรือ เอกโซคาร์พ (epicarp หรือ exocarp) เป็นผิวหรือผนังเปลือกที่อยู่นอกสุด มีลักษณะเรียบ เหนียว และเป็นมัน ประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียว

- เมโซคาร์พ หรือ ไฮพอเดิร์ม (mesocarp หรือ hypoderm) เป็นผนังผลชั้นกลาง

- เอนโดคาร์พ (endocarp) เป็นเยื่อชั้นใน

2. เยื่อหุ้มเมล็ด อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้ามา ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชั้นรูปยาว เรียงตามขวาง และมีผนังบางกั้น (หนาประมาณ 0.5 ไมครอน) ภายในเซลล์มีไขมันและสารสีเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มผล ทำให้ข้าวกล้องมีสี

3. นิวเซลลัส (nucellus) เป็นเซลล์ชั้นที่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ด แต่พันธะระหว่างนิวเซลลัสกับเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ติดแน่น จึงแยกจากกันได้ง่าย มีความหนาประมาณ 0.8-2.5 ไมครอน

4. เยื่อชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) เป็นเยื่อชั้นถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด ประกอบด้วยเซลล์ 1-7 ชั้น และมีลักษณะของเยื่อหุ้มด้านหลังของเมล็ดจะหนากว่าเยื่อหุ้มเมล็ดด้านท้อง ซึ่งความหนานี้จะแตกต่างไปตามพันธุ์ข้าว เช่น ข้าวเมล็ดป้อมสั้นจะมีชั้นเยื่อแอลิวโรนหนากว่าข้าวเมล็ดยาว เป็นต้น เซลล์แอลิวโรนจะไม่เชื่อมติดกับคัพภะในส่วนของใบเลี้ยงด้านท้องของเมล็ดลงมาถึงจุดเชื่อมระหว่างใบเลี้ยงกับเยื่อหุ้มรากอ่อนซึ่งอยู่ด้านในของเมล็ด จึงแบ่งลักษณะของเซลล์แอลิวโรน เป็น 2 ลักษณะ คือ เซลล์ส่วนที่ห่อหุ้มรอบเนื้อของเมล็ดจะมีรูปร่างเป็นลูกบาศก์ และมีไซโทพลาซึม (cytoplasm) อยู่หนาแน่น ในเซลล์ยังมีกลุ่มโปรตีน (protein bodies) กลุ่มไขมัน (lipid bodies) และสารอื่น ๆ เช่น นิวเคลียส (nucleus) ไมโครบอดี (microbodies) ไมโทคอนเดรีย (mitochomdria) เอนโดพลาสมิก เรทิคิวลัม (endoplasmic reticulum) เวสิเคิล (vesicles) และ พลาสทิด (plastids) เป็นต้น ส่วนเซลล์แอลิวโรนที่ห่อหุ้มคัพภะจะบาง มีไซโทพลาสซึมน้อย รูปร่างยาว มีกลุ่มไขมันและกลุ่มโปรตีนน้อย มีเวสิเคิลมาก เป็นต้น ส่วนผสมผนังเซลล์จะมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสประกอบอยู่

5. คัพภะหรือเชื้อชีวิต จะอยู่ในโคนเมล็ดด้านนอกเปลือกใหญ่ ส่วนท้องของเมล็ดมีส่วนประกอบเป็นรากอ่อน (radical) ต้นอ่อน (plumule) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptiles) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) ซึ่งเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว คัพภะเป็นแหล่งสะสมอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของต้นอ่อน จึงอุดมด้วยโปรตีนและไขมันในส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เนื้อเมล็ด หรือเนื้อข้าว มีมากที่สุดในเมล็ดข้าว (ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด) แบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนชั้นซับแอลิวโรน (subaleurone layer) เป็นเซลล์ 2 ชั้น อยู่ถัดจากชั้นแอลิวโรน และส่วนที่เป็นสตาร์ชในเนื้อของเมล็ด (starchy endosperm) ในชั้นซับแอลิวโรนจะมีกลุ่มโปรตีนอยู่ภายใน 3 ลักษณะ คือ ลักษณะกลมใหญ่ (ขนาด 1-2 ไมครอน) กลมเล็ก (ขนาด 0.5-0.75 ไมครอน) และเป็นผลึกติดกันขนาด 2-3.5 ไมครอน แต่ในส่วนเนื้อของเมล็ดจะมีกลุ่มที่มีอยู่มากอัดแน่นรวมเป็นกลุ่มเม็ดสตาร์ช (compound granules) อยู่ภายในเซลล์พาเรนไคมา (parenchyma cells) ที่มีผนังเซลล์บาง มีรูปร่างรี หรือสี่เหลี่ยมเข้าสู่ใจกลางเมล็ด โดยด้านนอกของเมล็ดจะรียาวมากกว่าด้านในของเมล็ด (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

2.2.3 ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) เป็นข้าวหอมมะลิที่มีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศไทยและภายนอกประเทศเพราะมีความหอม รสชาติอร่อย ลักษณะข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมือง ต้นสูง มีลักษณะพิเศษ คือ เมล็ดข้าวใส ยาวเรียว และมีกลิ่นหอม เป็นที่นิยมบริโภคทั่วไป ในปัจจุบันข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้าคุณภาพดี เนื่องจากเมื่อหุงจะบาน อ่อนนุ่ม และมีกลิ่นหอมที่เกิดจากสาร 2-acetyl-1-pyrollin ซึ่งเป็นคุณภาพของข้าวไทย ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541)

2.2.4 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

องค์ประกอบหลักทางเคมีที่สำคัญในเมล็ดข้าวสาร ได้แก่ แป้งและโปรตีน แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีปริมาณมากที่สุดในเมล็ดข้าว รองลงมาเป็นโปรตีน นอกจากนี้ในเมล็ดข้าวยังประกอบด้วยไขมัน วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ อีกด้วย องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสารทั่วไปแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสาร

องค์ประกอบทางเคมี	ข้าวสารขัดขาว (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง)
แป้ง (คาร์โบไฮเดรต)	91
โปรตีน	7.6
ไขมัน	0.5
เถ้า	0.6
เส้นใยอาหาร	0.3

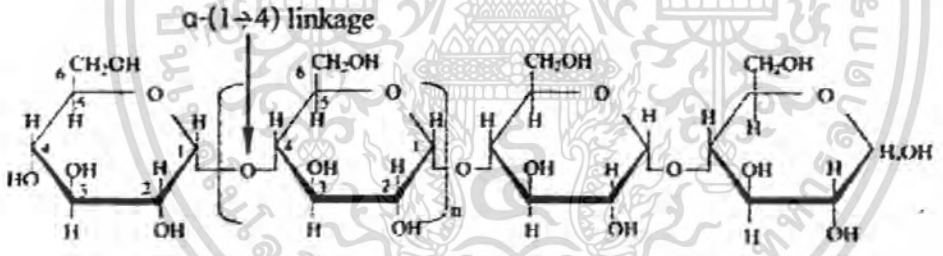
ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.1 แป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส มีหน่วยของแอนไฮโดรกลูโคส (anhydroglucose unit) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคสิดิก (glucosidic linkage) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่หนึ่ง ทางด้านปลายของสายพอลิเมอร์มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดีไฮด์ (aldehyde group) เรียกว่าหมู่รีดิวซิง (reducing end group) แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิดคือ พอลิเมอร์เชิงเส้น คือ อะไมโลส (amylose) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง คือ อะไมโลเพกติน (amylopectin)

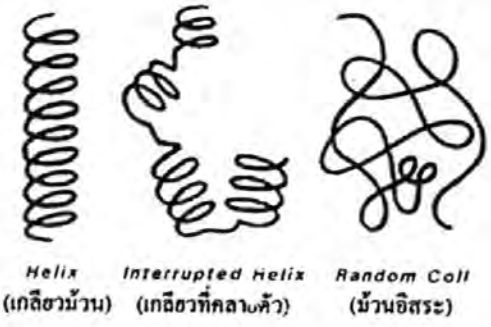
- อะไมโลส เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นของกลูโคส ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 6,000 หน่วยมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4-กลูโคสิดิก (α-1,4-glucosidic linkage) (Swinkels, 1985) โครงสร้างของอะไมโลส เมื่ออยู่ในสารละลายจะมีหลายรูปแบบคือมีลักษณะเป็นเกลียวม้วน (helix) เกลียวที่คลายตัว (interrupted helix) และม้วนอิสระ (random coil) โครงสร้างของอะไมโลสในสารละลายที่อุณหภูมิห้องอยู่ในลักษณะเป็นเกลียวม้วนหรือเกลียวที่คลายตัว เมื่อย้อมสี อะไมโลสด้วยสารละลายไอโอดีนจะได้สีน้ำเงิน ซึ่งใช้เป็นลักษณะเฉพาะที่บ่งชี้ถึงแป้งที่มีองค์ประกอบของอะไมโลส เมื่อทำให้สุกในน้ำเดือดและทำให้เย็นจะเกิดการคืนตัวเป็นของแข็งขึ้น ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำลดลง และมีผลให้ข้าวสุกร่วนและแข็งกระด้างมากขึ้น



รูปที่ 2.2 โครงสร้างเชิงเส้นของอะไมโลส

ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2550)

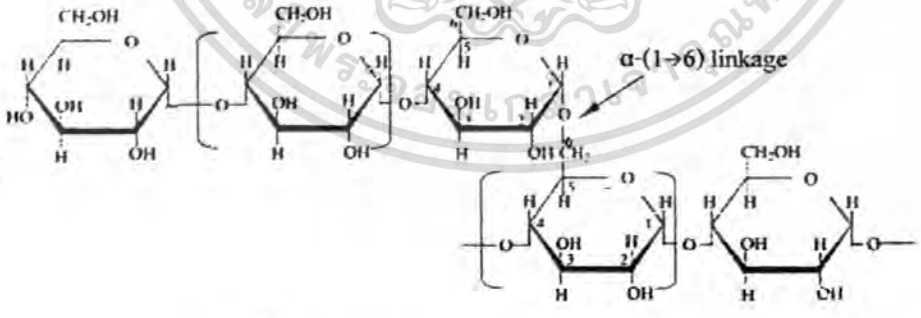
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ลักษณะเกลียวของอะไมโลส

ที่มา : Whistler and Daninl (1984)

- อะไมโลเพกติน เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4-กลูโคสิดิก และส่วนที่เป็นกิ่งก้านสาขาของพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้นมีระดับของพอลิเมอร์ไรเซชัน (degree of polymerization) อยู่ในช่วง 10-60 หน่วย โดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 20 หน่วยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,6-กลูโคสิดิก หน่วยกลูโคสที่มีพันธะแอลฟา-1,6-กลูโคสิดิก มีอยู่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอะไมโลเพกตินทั้งหมด เมื่อย้อมสีอะไมโลเพกตินด้วยสารละลายไอโอดีนจะได้สีน้ำตาลแดง ซึ่งใช้เป็นลักษณะเฉพาะที่บ่งชี้ถึงแป้งที่มีองค์ประกอบของอะไมโลเพกติน เมื่อทำให้สุกในน้ำเดือดจะค่อนข้างคงสภาพเดิมได้นานและเป็นส่วนที่ทำให้ข้าวสุกเหนียวติดกัน (งามชื่น คงเสรี, 2545)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างเชิงกิ่งของอะไมโลเพกติน

ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สมบัติที่สำคัญของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

คุณสมบัติ	อะไมโลส	อะไมโลเพกติน
1. ลักษณะโครงสร้าง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคส เกาะกันเป็นเส้นตรง	สารประกอบของน้ำตาล กลูโคสเกาะกันเป็นกิ่งก้าน
2. พันธะที่จับ	α-1,4	α-1,4 และ α-1,6
3. ขนาด	200-2,000 หน่วยกลูโคส	มากกว่า 10,000 หน่วย กลูโคส
4. การละลาย	ละลายน้ำได้น้อยกว่า	ละลายน้ำได้มากกว่า
5. การทำปฏิกิริยากับไอโอดีน	สีน้ำเงิน	สีแดงม่วง
6. การจับตัว	เมื่อให้ความร้อนและทิ้งไว้จะ จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง	ไม่จับตัวเป็นแผ่นแข็ง
7. ความคงตัวในสารละลาย	เกิด retrogradation	คงตัว

ที่มา : นิธิยา รัตปานนท์ (2539)

2.2.4.2 โปรตีน

โปรตีนเป็นสารประกอบที่มีมากเป็นอันดับสองในเมล็ดข้าว โปรตีนในเมล็ดข้าวจะอยู่เป็นกลุ่ม แทรกตัวอยู่ระหว่างองค์ประกอบของแป้ง โปรตีนในข้าวประกอบด้วยอัลบูมิน (albumin) โกลบูลิน (globulin) โพรลามีน (prolamin) และกลูทีลิน (glutelin) ข้าวมีกลูทีลินอยู่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด โกลบูบินประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ อัลบูมินประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และโพรลามีนไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ Stenvert และ Kingswood (1977) พบว่าโปรตีนดังกล่าวจะเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เมล็ดข้าว โดยการยึดเหนี่ยวองค์ประกอบภายในไว้

2.2.5 วิธีการผลิตแป้งข้าวเหนียว

ข้าวเหนียว จัดเป็นธัญชาติชนิดหนึ่ง ปัจจุบันการผลิตข้าวเหนียวเป็นแป้งเพื่อจำหน่ายในปริมาณมากจนจัดได้ว่าเป็นการกระทำในระดับอุตสาหกรรม ทางสำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2548) ได้กำหนดมาตรฐานของแป้งข้าวเหนียว ไว้ดังนี้ คือ

1. สีและกลิ่น แป้งข้าวเหนียวต้องมีสีขาวหรือขาวนวล มีกลิ่นตามธรรมชาติของแป้งข้าวเหนียว ไม่มีกลิ่นอับ ไม่เหม็นเปรี้ยว หรือไม่มีกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่น ๆ

2. สิ่งแปลกปลอม ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม อนินทรีย์ เช่น ดิน ทราย หิน หรือเศษโลหะ และสิ่งแปลกปลอมอินทรีย์ เช่น แมลง ชิ้นส่วนของแมลง ขนสัตว์ ส่วนของพืชที่ไม่ใช่แป้ง ซึ่งต้องตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ลักษณะเม็ดแป้ง เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ต้องไม่พบเห็นแป้งอื่นนอกจากแป้งข้าวเหนียวที่ประกอบด้วยเม็ดแป้งที่จับกันเป็นกลุ่มอิสระ แต่ละเม็ดแป้งมีขนาด 2-9 ไมโครเมตร และมีลักษณะรูปร่างหลายเหลี่ยม

4. ความละเอียด แป้งข้าวเหนียวต้องเป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน เมื่อเขย่าด้วยเครื่อง 3 ทิศทางเป็นเวลา 3 นาทีส่วนที่ค้างบนแร่ง 180 ไมโครเมตร ต้องไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก

5. คุณลักษณะอื่น ๆ ที่ต้องการนั้น มีทั้งความชื้น ของแป้งต้องไม่เกิน 13.1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก อบแห้งต้องไม่เกิน 85 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ระหว่าง 4.0-7.0 เถ้าต้องไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และเถ้าที่ไม่ละลายน้ำต้องไม่เกิน 0.03 เปอร์เซ็นต์ และวัตถุเจือปนอาหาร จะมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของแป้ง ทางด้านสุขลักษณะจะมีจุลินทรีย์ ทั้งหมด ไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อกรัม และเชื้อรา ไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม

กรรมวิธีการผลิตแป้ง กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2544) กล่าวว่าวัตถุดิบที่ใช้ผลิตเป็นแป้งส่วนใหญ่ คือ ข้าวหัก หรือปลายข้าว ซึ่งกรรมวิธีผลิตมี 3 วิธีดังต่อไปนี้

1. การผลิตแป้งด้วยวิธีการโม่แห้ง แป้งที่ได้จะมีคุณภาพต่ำ เพราะเมล็ดแป้งค่อนข้างหยาบและมีความละเอียดน้อย เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้คือปลายข้าวที่เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวสาร ดังนั้น จึงมีสิ่งเจือปนมาก และเนื่องจากปลายข้าวมีขนาดเล็ก ทำให้มีความลำบากในการโม่ เพราะเมล็ดข้าวยังคงความแกร่งอยู่ แป้งที่ได้จึงมีลักษณะหยาบ นอกจากนี้ แป้งข้าวที่โม่ด้วยวิธีนี้ ยังมีอายุการเก็บรักษาสั้น เพราะเกิดกลิ่นหืน และถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย ในประเทศไทยจึงไม่ค่อยนิยมโม่ด้วยวิธีดังกล่าว ซึ่งได้แสดงกรรมวิธีการผลิตดัง รูปที่ 2.5

2. การผลิตแป้งด้วยวิธีการโม่น้ำ (โม่เปียก) เป็นวิธีการที่แพร่หลายในการผลิตแป้งในปัจจุบัน แป้งข้าวที่ได้มีคุณภาพดี ละเอียด สิ่งเจือปนน้อย เนื่องจากเทคโนโลยีการผลิตแป้งโดยใช้วิธีการโม่ด้วยน้ำได้รับการพัฒนามานาน โดยการผลิตแป้งในปัจจุบันนิยมใช้ข้าวชนิดที่มีอะไมโลสสูงในการผลิตแป้ง ซึ่งได้แสดงกรรมวิธีการผลิตดัง รูปที่ 2.5

3. การผลิตแป้งด้วยวิธีการโม่ผสม แป้งที่ได้จะมีความละเอียดน้อยกว่าแป้งชนิดโม่น้ำ เพราะเมล็ดข้าวที่สุก แป้งที่ได้จะมีความแข็งมาก แต่การนึ่งข้าวที่มีความร้อนสูงจะช่วยทำลายเอนไซม์ที่ย่อยไขมันที่จะทำให้เกิดกรดไขมันอิสระที่เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืนได้ ดังนั้นแป้งที่ได้จึงเป็นแป้งที่มีคุณภาพสูง และใช้ทำขนมเฉพาะอย่าง ซึ่งได้แสดงกรรมวิธีการผลิตดังรูปที่ 2.5

4. การผลิตแป้งขนมโก๋ คล้ายคลึงกับการผลิตแป้งด้วยวิธีการโม่ผสม แต่แป้งที่ได้จะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวและสามารถละลายในน้ำเย็นได้ ซึ่งได้แสดงกรรมวิธีการผลิตดัง รูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 แผนภูมิแสดงกรรมวิธีผลิตแป้ง

ที่มา : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2.6 น้ำตาลทราย

น้ำตาล หมายถึง สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน และให้พลังงานแก่ร่างกาย ซึ่งสามารถแบ่งจำแนกคาร์โบไฮเดรตตามโครงสร้างได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ monosaccharide เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเดี่ยว เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุคโตส เป็นต้น disaccharides เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยโมโนแซคคาร์ไรด์ 2 โมเลกุลคู่ เช่น น้ำตาลซูโครส น้ำตาลมอลโตส และน้ำตาลแลคโตส เป็นต้น oligosaccharides เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยโมโนแซคคาร์ไรด์ 3 โมเลกุล ถึง 10 โมเลกุล เช่น แรฟฟีโนส และ สตาคีโอส เป็นต้น และ polysaccharide ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์มากกว่า 10 โมเลกุลขึ้นไป เช่น สตาร์ช เด็กซ์ตริน และไกลโคลเจน เป็นต้น (กมลวรรณ แจ้งชัด, 2543) น้ำตาลที่รู้จักกันดี คือ น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน รวมอยู่ในโมเลกุล มีสูตรเคมี $C_{12}H_{22}O_{11}$ จัดเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่เพราะประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตส (จันทร ทสานนท์, 2535)

คุณสมบัติของน้ำตาล มีดังนี้

1. ความหวานน้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารให้รสหวานตามธรรมชาติ โดยเปรียบเทียบความหวานของกลูโคสซึ่งถือว่าเท่ากับ 100 ฟรุกโตสเป็นน้ำตาลที่หวานที่สุด รองลงมาได้แก่ ซูโครส และกลูโคส ตามลำดับ โดยทั่วไปในการปรุงอาหารนิยมใช้น้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทราย ในอาหารและขนมไทยนั้นมักนิยมใช้น้ำตาลมะพร้าวในการปรุงรส

2. การละลายของน้ำตาล

น้ำตาลทั่วไปละลายน้ำได้ 30-80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณที่ละลายขึ้นกับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของน้ำตาลเพิ่มขึ้นโดยน้ำตาลฟรุคโตสเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาคือซูโครส กลูโคส มอลโทส และแล็กโทส ตามลำดับ

3. การเกิดสีน้ำตาล

เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี ได้แก่ ปฏิกิริยาการเกิดสารเคี่ยวไหม้ (caramelization) ระยะแรกการเกิดสารน้ำตาลเคี่ยวไหม้ น้ำตาลจะสูญเสียน้ำไปหนึ่งโมเลกุล เกิดน้ำตาล ที่เรียกว่า น้ำตาลแอนไฮโดร (anhydro sugar) กรณีของซูโครสเมื่อถูกความร้อนประมาณ 200 องศาเซลเซียส ผลึกของซูโครสจะละลายพร้อมทั้งเดือดเป็นฟอง และจะหยุดเมื่อเวลาผ่านไป 35 นาที สารเคมีที่เกิดขึ้นในระยะนี้จะไม่หวานแต่จะมีรสขม หลังจากที่เดือดเป็นฟองในระยะเวลาผ่านไป 55 นาที จะเกิดสารคาราเมลาน (caramelan) ซึ่งมีรสขม สารสีน้ำตาลเคี่ยวไหม้ ถูกนำมาใช้ในการแต่งสีซีอิ๊วดำ ซีอิ๊วหวาน แต่งสีน้ำอัดลมประเภทโคล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
110597

4. ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction)

การเกิดสารสีน้ำตาลในอาหารจะเร็ว ขึ้น หากอาหารมีไนโตรเจน โดยเฉพาะสารประเภทเอมีน ปฏิกิริยาเริ่มต้นเป็นปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มคาร์บอนิลของน้ำตาล (-CO) และกลุ่มอะมีน ($-NH_2$) เกิดอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 112 องศาเซลเซียส หรือที่ค่า pH สูงกว่า 7 ของกรดอะมิโนมักจะเกิดขึ้นในอาหารแห้ง หรือเข้มข้นมีปริมาณน้ำน้อย

5. การดูดความชื้นและการเก็บรักษาความชื้น

โดยน้ำตาลมีผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหาร น้ำตาลแต่ละประเภทมีความสามารถในการดูดความชื้นต่างกัน โดยฟรุกโตสดูดความชื้นได้ดีมาก รองลงมาคือ กลูโคส ซูโครส มอลโทส และแล็กโทส ตามลำดับ ซึ่งมีผลต่อความนุ่ม และความชุ่มชื้นของอาหาร การเก็บรักษาความชื้นเกี่ยวข้องกับการดูดความชื้น การเก็บรักษาความชื้นหมายถึงการที่น้ำตาลสามารถยึดความชื้นไว้ไม่คายออกสู่บรรยากาศ มีประโยชน์ในการช่วยให้ขนมอบไม่แห้งแข็ง

คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล

น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน เนื่องจากน้ำตาลทรายขาวมีความบริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถคำนวณพลังงานของน้ำตาลทรายได้ โดยคิดว่าน้ำตาลทราย 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี นอกเหนือจากพลังงานแล้ว น้ำตาลทรายขาวไม่ให้สารอาหารอื่นเลย น้ำตาลสีรำ จะให้แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก สำหรับน้ำตาลมะพร้าวนอกจากให้แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก แล้วยังให้วิตามินเอ และไนอะซีน (อบเชย วงศ์ทอง และ ขนิษฐา พูนผลกุล, 2550)

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล

ชนิดของน้ำตาล	พลังงาน (กิโล-แคลอรี)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	คาร์โบไฮ-เดรต (กรัม)	แคลเซียม (มิลลิกรัม)	ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	เหล็ก (มิลลิ - กรัม)	วิตามินเอ (ไมโครกรัม)
น้ำตาลทราย	385	0	0	99.5	-	-	-	0
น้ำตาลสีรำ	370	0	0	99.5	76	37	2.6	0
น้ำตาลมะพร้าว	383	0.4	0.1	95	80	40	11.4	84

ที่มา : อบเชย วงศ์ทอง และ ขนิษฐา พูนผลกุล (2550)

2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิผลต่ออายุการเก็บรักษาอาหารแห้ง

อาหารแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติแตกต่างกัน อาหารแห้งที่มีไขมันสูง โดยเฉพาะไขมันไม่อิ่มตัวจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ง่ายเมื่อเก็บไว้ในสภาวะแวดล้อมที่มีออกซิเจนเพียงพอและมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แสง ความร้อน ทำให้อาหารนั้นเกิดกลิ่นรสที่ไม่ดี

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เกิดผลเสียในด้านอื่น เช่น ทำให้สีจางลง ทำลายวิตามิน และยังสามารถทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งมีผลต่อความผิดปกติของร่างกาย ผลิตสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง นอกจากนั้นอาหารที่ประกอบด้วยน้ำตาลและกรดอะมิโนสูงจะมีโอกาสเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาล

นอกจากนี้อาหารแห้งยังมีสมบัติในการดูดน้ำ (hygroscopic property) ซึ่งสมบัติดังกล่าวจะแตกต่างไปตามชนิดของอาหารแห้งและสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นของอาหาร องค์ประกอบทางเคมี เป็นต้น

2.3.1 สภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาอาหารแห้ง

อาหารที่ได้จากการทำแห้งจะมีปริมาณความชื้นต่ำ ถ้าเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศปกติหรือในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง อาหารแห้งดูดความชื้นจากบรรยากาศโดยรอบ มีผลทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ

นอกจากนั้น การเก็บอาหารแห้งไว้ในที่อุณหภูมิสูง จะทำให้คุณภาพของอาหารเสื่อมเสียได้ง่ายทำให้อายุการเก็บสั้นลง

2.3.2 การยืดอายุการเก็บรักษาอาหารแห้ง

ภาชนะบรรจุอาหารแห้งมีความสำคัญต่อการทำให้อายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น เนื่องจากภาชนะบรรจุจะทำหน้าที่ป้องกันสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเสื่อมเสียและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา ภาชนะบรรจุอาหารแห้งควรจะมีความสามารถในการป้องกัน ความชื้น ออกซิเจน แสง สัตว์ จุลินทรีย์ และสิ่งปนเปื้อน ควรมีความคงทน ไม่มีพิษ และมีราคาเหมาะสม (โชคชัย ธีรกุล, 2539)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิณทิพย์ รัมภกาภรณ์ (2547) ศึกษาสภาวะในการดัดแปรแป้งโดยใช้ความร้อนร่วมกับความชื้นแบบ heat moisture treatment (HMT) กับแป้งข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 แป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ แป้งข้าวขาวพันธุ์ปทุมธานี 60 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการดัดแปรแป้ง คือปริมาณอะไมโลส ระดับความชื้นของสตาร์ชหรือแป้ง อุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อน การใช้ระดับความชื้น 25 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 60 นาที ทำให้สมบัติบางประการของแป้งข้าวมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันทั้งสามพันธุ์ ได้แก่ ลักษณะของเม็ดแป้งเกิดการหลอมเชื่อมติดกันที่ผิวหน้าของเม็ดแป้งและบางส่วนแสดงให้เห็นว่ามีการเกิดเจลาทิไนเซชัน ระดับความเป็นผลึกลดลง การพองตัวของแป้งข้าวลดลง ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งมีความแข็งเพิ่มขึ้น ความขาวและความสว่างของแป้งลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Anderson และคณะ (2001) ทดลองใช้ไมโครเวฟความถี่ 2450 MHz เพื่อให้ความร้อนแก่ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว พบว่าข้าวเหนียวมีอัตราการเกิดความร้อนสูงกว่าข้าวเจ้า เนื่องจากข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลเพคตินมากกว่าข้าวเจ้า จึงใช้เวลาให้ความร้อนในการย่อยสลายข้าวเหนียวน้อยกว่าข้าวเจ้า ส่วนสมบัติด้านความหนืดเมื่อวัดด้วย Rapid Visco Analyzer (RVA) พบว่าค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) และค่าการคืนตัว (setback viscosity) ลดลง

Gallard (1987) พบว่าการดัดแปรโดยทำพรีเจลาทิไนซ์ทำให้อุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนซ์ของแป้งเปลี่ยนไป เกิดการเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในส่วนของผลึกจากชนิดบี (B-type) เป็นเม็ดแป้งที่มีลักษณะผสมของชนิดเอ (A-type) และชนิดบี (B-type) หรือที่เรียกว่าชนิดซี (C-type) แป้งดัดแปรจะมีความสามารถในการพองตัวลงลด เพิ่มความสามารถในการละลายโดยเฉพาะสตาร์ชจากธัญพืช แต่ลดความสามารถในการละลายของสตาร์ชจากพืชหัวและราก นิยมใช้พรีเจลาทิไนซ์สตาร์ชในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ในการเติมใส่ไส้พาย ผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค และเคลือบผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากแป้งชนิดนี้สามารถละลายในน้ำเย็น

คำรบ สมะวรรธนะ (2546) ศึกษาผลของการเกิดเจลาทิไนเซชันต่อการพองตัวของขนมขบเคี้ยวจากข้าว โดยทดลองใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียว กข 6 พบว่าสภาวะในการแช่ข้าวทั้งสองชนิดที่เหมาะสม คือ สัดส่วนน้ำต่อข้าวที่ 1 : 1 แช่เป็นเวลา 6 และ 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวเหนียวที่ผ่านการแช่น้ำเป็น 37 และ 39 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดข้าวเจ้าที่แช่น้ำจะมีความชื้น 33 และ 35 เปอร์เซ็นต์ เพราะโมเลกุลของอะไมโลเพคตินที่มีลักษณะเป็นกิ่งก้านในข้าวเหนียวทำให้ดูดซับน้ำได้มาก โดยขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวมีความพองตัวมากกว่าขนมขบเคี้ยวจากข้าวเจ้า เนื่องจากปริมาณอะไมโลเพกตินที่สูงกว่าทำให้เกิดเจลาทิไนเซชันได้เร็วและสมบูรณ์มากกว่า รวมทั้งรีโทรกราเดชันของข้าวเหนียวเกิดขึ้นได้ต่ำกว่า

ญาณิศา รัตอาภา (2536) ศึกษาอายุการเก็บรักษาแป้งกล้วย ภายในเวลา 1 ปี โดยใช้กล้วยน้ำว้าดิบและกล้วยหักมุกดิบเป็นวัตถุดิบ ทำการบรรจุแป้งกล้วยในถุงพลาสติกที่ต่างกัน 3 ชนิด คือ ถุงโพลีเอทธีลีนเคลือบอะลูมิเนียมฟอยล์ (AL/PE) หนา 65 ไมโครเมตร ถุงโพลีเอทธีลีนความหนาแน่นต่ำผสมสีขาว (LDPE-white) หนา 85 ไมโครเมตร และถุงโพลีเอทธีลีนความหนาแน่นสูง (High density, HDPE) หนา 125 ไมโครเมตร เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32 องศาเซลเซียส) พบว่า ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของแป้งกล้วยทั้งสองชนิดที่เก็บในถุงพลาสติกทั้งสามชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาค่าสีของแป้งกล้วย พบว่า แป้งกล้วยทั้งสองชนิดที่เก็บในถุง PE เคลือบอะลูมิเนียมฟอยล์ (AL/PE) ดีที่สุด โดยสีจะเปลี่ยนแปลงหลังจากเก็บไว้นาน 6 เดือน ในขณะที่แป้งกล้วยที่เก็บในถุง LDPE-white และถุง HDPE สีจะเปลี่ยนหลังจากเก็บไว้เพียง 3 เดือน แต่อย่างไรก็ตามสีจะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้นและยังคงใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธงชัย สุวรรณสิชณน์ (2535) ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาของอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำ และอาหารขบเคี้ยวจากแป้งมันสำปะหลังชนิดพรีเจลาทิไนซ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บได้นานกว่า 2 เดือน ซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32 องศาเซลเซียส) โดยที่ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี และค่าเพอร์ออกไซด์ มีค่าสูงขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนไป จากการตรวจสอบด้านประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนมากขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บ และพบว่าตัวอย่างที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์มีคุณภาพดีกว่าที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน กล่าวคือตัวอย่างที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์มีค่าความชื้น 2.92-3.52 เปอร์เซ็นต์ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.26-0.30 และค่าเพอร์ออกไซด์ 20.17-10.21 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าตัวอย่างที่เก็บในถุงพอลิ โพรพิลีน ที่มีค่าความชื้น 3.92-4.05 เปอร์เซ็นต์ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.26-0.42 และค่าเพอร์ออกไซด์ 2.17-18.92 มิลลิสมมูล/กิโลกรัม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์

3.1.1.2 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

3.1.1.3 น้ำตาลทราย ตรามิตรผลของบริษัทน้ำตาลมิตรผล

3.1.2 อุปกรณ์ในการเตรียมและเก็บรักษาแป้งขนมโก๋

3.1.2.1 พิมพ์ขนมโก๋ทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร

3.1.2.2 เตาอบแก๊ส

3.1.2.3 เทอร์โมมิเตอร์

3.1.2.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก Metter AJ100, Switzerland

3.1.2.5 เครื่องปั่นแห้งอาหาร Moulinex 645, Thai

3.1.2.6 เครื่องบดละเอียด ZM-200, Retsh, Germany

3.1.2.7 ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ชนิด PET12/ALU7/PE40

3.1.2.8 ถุงพลาสติกไนลอน ความหนา 15 ไมครอน

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

3.1.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.1.3.1.1 เครื่องวัดค่าสี Minolta CR-400, Japan

3.1.3.1.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) TA-XT2i, England

3.1.3.1.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก Metter AJ100, Switzerland

3.1.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.1.3.2.1 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) Memmert, USA

3.1.3.2.2 เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ G10VIS 1-CELL

3.1.3.2.3 ชุดเครื่องกลั่น (distillation unit)

3.1.3.2.4 อ่างควบคุมความร้อน (water bath)

3.1.3.2.5 กระป๋องอะลูมิเนียม (aluminium can)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.1.3.3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อแสตนดาร์ดเพลทเคานท์อาการ์ (PCA)

3.1.3.3.2 ชุดเครื่องแก้ว

3.1.3.3.3 เครื่องตีป่นอาหาร Stomacher

3.1.3.3.4 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave)

3.1.4 สารเคมี

3.1.4.1 สารเคมีในการวิเคราะห์หาอะไมโลส

3.1.4.1.1 เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol)

3.1.4.1.2 เมทานอล (methanol)

3.1.4.1.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)

3.1.4.1.4 กรดอะซิติก (acetic aicd)

3.1.4.1.5 แป้งมันฝรั่งบริสุทธิ์ (pure potato starch)

3.1.4.1.6 ไอโอดีน (iodine)

3.1.4.1.7 โพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide)

3.1.4.2 สารเคมีในการวิเคราะห์การเกิดเจลาทิไนซ์

3.1.4.2.1 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide)

3.1.4.2.2 กรดไฮโดรคลอริก (hydrocloric acid)

3.1.4.2.3 ไอโอดีน (iodine)

3.1.4.2.4 โพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide)

3.1.4.3 สารเคมีในการวิเคราะห์ปริมาณ Malonaldehyde (TBA-Test)

3.1.4.3.1 กรดไทโอบาร์บิทูริก (thiobarbituric acid)

3.1.4.3.2 กรดไฮโดรคลอริก (hydrocloric acid)

3.2 สถานที่ดำเนินการทดลอง

ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 กระบวนการผลิตแป้งขนมโก๋

การผลิตแป้งขนมโก๋เริ่มจากนำเมล็ดข้าวเหนียว 250 กรัมมาแช่น้ำ 1 ลิตรที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32 องศาเซลเซียส) ตามระยะเวลาที่กำหนด ผึ่งบนตะแกรงอะลูมิเนียม 8x17 นิ้ว ขนาดตะแกรง 10 เมช ให้สะเด็ดน้ำนาน 1 ชั่วโมง ใส่ถาดอะลูมิเนียมขนาด 8x17 นิ้ว นำไปอบในเตาอบแก๊สควบคุมอุณหภูมิที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที โดยนำถาดออกมาคนให้เมล็ดข้าวได้รับความร้อนทั่วถึงทุก 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำเมล็ดข้าวมาบดด้วยเครื่องบดแห้งแบบหยาบให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียดที่มีตะแกรงร่อนขนาด 60 เมช จะได้แป้งซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตขนมโก๋

3.3.2 ศึกษาการดูดซับน้ำของข้าวเมื่อใช้ระยะเวลาการแช่ต่างกัน

นำเมล็ดข้าวเหนียว กข 6 และเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลาที่ต่างกันคือ 1 3 5 7 และ 9 ชั่วโมง ผึ่งบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ 1 ชั่วโมง วิเคราะห์ความชื้นของตัวอย่าง (AOAC, 2000) ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ค่าเฉลี่ยทางสถิติ

3.3.3 ศึกษาระยะเวลาที่ใช้แช่ข้าวเหนียว กข 6 ในกระบวนการผลิตแป้งขนมโก๋

ทดลองทำแป้งขนมโก๋ด้วยกระบวนการผลิตตามข้อ 3.3.1 โดยศึกษาระยะเวลาการแช่ข้าวเหนียว 1 3 และ 5 ชั่วโมง วิเคราะห์ตัวอย่างในด้านต่าง ๆ ดังนี้

3.3.3.1 ค่าความชื้นของเมล็ดข้าวก่อนให้ความร้อนและของแป้งขนมโก๋ (AOAC, 2000)

3.3.3.2 ค่าสีของแป้งขนมโก๋ โดยใช้เครื่อง Chroma meter

3.3.3.3 ระดับการเกิดเจลาทิไนซ์ของแป้งขนมโก๋ (Guraya and Toledo, 1993)

จากนั้นนำแป้งขนมโก๋ที่ได้มาขึ้นรูปเป็นขนมโก๋ โดยใช้แป้งขนมโก๋ 100 กรัมผสมกับน้ำตาลทรายป่น 100 กรัมและน้ำ 20 กรัม (ศรีวัฒนา พงศ์วรินทร์, 2547) คลุกรวมกัน ชั่งแป้งที่ได้ 6.5 กรัม ใส่พิมพ์ขนมโก๋พลาสติกทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร ปิดด้วยฝาพิมพ์และใช้ตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัมกดทับเป็นเวลา 10 วินาที ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างขนมโก๋ที่ได้ ดังนี้

3.3.3.4 วัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Chroma meter

3.3.3.5 วัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยแรงกดแบบ Texture Profile Analyzer (TPA) เพื่อหาค่าความแข็ง การแตกเปราะ การเกาะติดพื้นผิว ความหยุ่น ความสามารถเกาะรวมตัวกัน ความเหนียว และความทนต่อการเคี้ยว ด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT2i โดยใช้หัวกดสแตนเลสทรงกระบอก (Probe) เบอร์ P/0.5R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.6 วิเคราะห์คุณภาพทางด้านทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบแบบ Hedonic test และ Descriptive test ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนน 7 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติข้อ 3.3.3.1-3.3.3.5 ด้วยแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) สำหรับการประเมินคุณภาพทางด้านทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เพื่อเลือกระยะเวลาแช่ข้าวที่เหมาะสมในการผลิตแป้งขนมโก๋ต่อไป

3.3.4 ศึกษาขนาดของแป้งขนมโก๋ที่เหมาะสม

ทดลองผลิตแป้งขนมโก๋โดยใช้เวลาแช่ข้าวที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.3 ศึกษาผลของขนาดของเม็ดแป้งขนมโก๋ โดยบดแป้งและร่อนผ่านตะแกรงให้มีขนาดต่างกัน 80-100 100-120 และ >120 เมช ทดลอง 2 ซ้ำ นำตัวอย่างเม็ดแป้งขนมโก๋ที่มีขนาดต่างกันมาวิเคราะห์ในด้านค่าสีและค่าความชื้นของแป้งขนมโก๋ เช่นเดียวกับข้อ 3.3.3.1 และ 3.3.3.2 จากนั้นนำแป้งขนมโก๋ที่ได้มาขึ้นรูปเป็นขนมโก๋โดยใช้กระบวนการในข้อ 3.3.3 และนำขนมโก๋ที่ได้มาวิเคราะห์ในด้านค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส วิเคราะห์คุณภาพทางด้านทางประสาทสัมผัสตามลำดับ เช่นเดียวกับข้อ 3.3.3.4-3.3.3.6

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เพื่อเลือกขนาดของแป้งขนมโก๋ที่เหมาะสม

3.3.5 ศึกษาการใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในการผลิตแป้งขนมโก๋

เนื่องจากในข้าวเหนียวมักจะมีข้าวเจ้าปนมาอยู่เสมอ ทำให้ปริมาณอะไมโลสสูงขึ้น การทดลองในหัวข้อนี้ต้องการศึกษาการใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน คือ 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวเหนียว นำมาผลิตเป็นแป้งขนมโก๋โดยใช้กระบวนการผลิตเช่นเดียวกับข้อ 3.3.4 นำตัวอย่างแป้งขนมโก๋ที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส (Juliano *et al.*, 1981) ทดสอบและวิเคราะห์แป้งขนมโก๋และขนมโก๋ที่ได้เช่นเดียวกับข้อ 3.3.3.1-3.3.3.2 และ 3.3.3.4-3.3.3.6

3.3.6 ศึกษาสภาวะในการเก็บรักษาแป้งขนมโก๋

นำแป้งขนมโก๋ที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุดจากข้อ 3.3.5 มาศึกษาสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน 4 สภาวะคือ บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ขนาด 11x13 นิ้ว ในสภาวะสุญญากาศ และบรรยากาศปกติ และบรรจุในถุงพลาสติกไนลอนขนาด 11x13 นิ้ว ในสภาวะสุญญากาศและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรยากาศปกติเช่นเดียวกัน โดยบรรจุถุงละ 250 กรัม เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ติดตามผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแป้งขนมโก๋ทุกเดือน โดยวิเคราะห์ตัวอย่าง ดังนี้

3.3.6.1 ค่าสีของแป้งขนมโก๋ โดยใช้เครื่องวัดสี Chroma meter

3.3.6.2 ความชื้นของแป้งขนมโก๋ (AOAC, 2000)

3.3.6.3 ค่า TBA (Kirk and Sawyer, 1991)

3.3.6.4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของแป้งขนมโก๋ (AOAC, 2000)

3.3.6.5 นำแป้งขนมโก๋ที่เก็บไว้เป็นเวลาต่างกันมาทำเป็นขนมโก๋แล้ว วิเคราะห์คุณภาพทางด้านทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองจากข้อ 3.3.6.1-3.3.6.4 ด้วยแผนการทดลองแบบ split-plot design โดย main plot เป็นเวลาการเก็บ และ sub plot เป็นบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บ สำหรับผลการประเมินคุณภาพทางด้านทางประสาทสัมผัสในข้อ 3.3.6.5 วิเคราะห์การทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3.6 เพื่อศึกษาอายุการเก็บของแป้งขนมโก๋

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาการดูดซับน้ำของข้าวเมื่อใช้ระยะเวลาการแช่ต่างกัน

ค่าความชื้นของเมล็ดข้าวเหนียว กข 6 และเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อแช่น้ำในระยะเวลาที่ต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความชื้นของเมล็ดข้าวเหนียว กข 6 และเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อแช่น้ำในระยะเวลาที่ต่างกัน

ระยะเวลาแช่ (ชั่วโมง)	ข้าวเหนียว กข 6 (เปอร์เซ็นต์)	ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (เปอร์เซ็นต์)
0	11.06±0.21	12.37±0.11
1	35.26±0.58	31.09±0.09
3	37.41±0.44	33.14±0.08
5	38.36±0.33	34.24±0.10
7	38.51±0.08	34.43±0.11
9	38.77±0.14	34.74±0.12

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยผลจากการวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่าง

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ความชื้นของเมล็ดข้าวทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาแช่นานขึ้น ความชื้นของเมล็ดข้าวมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความชื้นของเมล็ดข้าวเหนียว กข 6 จะเพิ่มจาก 11.06 เปอร์เซ็นต์ เป็น 38.77 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะเพิ่มจาก 12.37 เปอร์เซ็นต์ เป็น 34.74 เปอร์เซ็นต์ หลังจากแช่ 9 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาอัตราการเพิ่มของความชื้น จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มเวลาแช่จาก 3 ชั่วโมงเป็น 5 ชั่วโมง ความชื้นของข้าวเหนียว กข 6 และข้าวดอกมะลิ 105 จะเพิ่มขึ้นประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และหลังจากแช่ 5 ชั่วโมงความชื้นของข้าวจะเพิ่มขึ้นไม่มากนัก นอกจากนั้นจะเห็นว่าข้าวเหนียว กข 6 จะดูดซับน้ำได้มากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งอาจเนื่องจากข้าวเหนียวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นอะไมโลเพคตินซึ่งมีโครงสร้างที่เป็นกิ่งก้านและจับตัวกันอย่างหลวม ๆ มากกว่าข้าวเจ้า จึงดูดซับน้ำได้ในปริมาณมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ คำรบ สมะวรรธนะ (2546) ที่ศึกษาการดูดซับน้ำของเมล็ดข้าวเหนียว กข 6 และเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลาที่ต่างกันตั้งแต่ 0-10 ชั่วโมง พบว่าข้าวเหนียวดูดซับน้ำได้ดีกว่าข้าวเจ้า และปริมาณการดูดซับน้ำของข้าวทั้งสองชนิดจะไม่ต่างกันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักหลังแช่ข้าวเป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยความชื้นของข้าวเหนียวจะเพิ่มจาก 11.65 เปอร์เซ็นต์ เป็น 37.48 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวเจ้าจะเพิ่มจาก 12.25 เปอร์เซ็นต์ เป็น 33.34 เปอร์เซ็นต์

4.2 ผลการศึกษาระยะเวลาที่ใช้แช่ข้าวเหนียว กข 6 ในกระบวนการผลิตแป้งขนมโก๋

เมื่อทดลองนำเมล็ดข้าวเหนียว กข 6 แช่น้ำในระยะเวลาที่ต่างกันคือ 1 3 และ 5 ชั่วโมง มาให้ความร้อนเพื่อผลิตแป้งขนมโก๋ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความชื้นของเมล็ดข้าวก่อนให้ความร้อน ความชื้นของแป้ง ระดับการเกิดเจลาทิไนซ์ และค่าสีของแป้งขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 เมื่อแช่น้ำในระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลาแช่ (ชั่วโมง)	ความชื้นของเมล็ดข้าวก่อนให้ความร้อน (เปอร์เซ็นต์)	ความชื้นของแป้งขนมโก๋ (เปอร์เซ็นต์)	ระดับการเกิดเจลา-ทิไนซ์ของแป้ง (เปอร์เซ็นต์)	ค่าสี		
				L	a	b
1	35.28±0.38^{c}	7.39±0.14^{c}	72.30±0.15^{c}	94.42±0.12^{a}	-0.53±0.01^{c}	7.87±0.05^{c}
3	37.39±0.23^{b}	8.24±0.12^{b}	77.07±0.18^{b}	93.84±0.09^{b}	-0.56±0.01^{b}	8.96±0.25^{b}
5	38.36±0.17^{a}	8.65±0.17^{a}	81.17±0.12^{a}	92.31±0.10^{c}	-0.60±0.01^{a}	9.99±0.12^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า เมื่อใช้เวลาแช่ข้าวนานขึ้น ความชื้นของเมล็ดข้าวจะเพิ่มขึ้นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในตารางที่ 4.1 นอกจากนั้นยังพบว่า ระยะเวลาแช่ที่ต่างกันจะทำให้ความชื้นของแป้งขนมโก๋ที่ได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ด้วย แต่ความชื้นของแป้งจะอยู่ในช่วง 7.39-8.65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่ต่างกันมากนัก

เมื่อวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลาทิไนซ์ของแป้งขนมโก๋ พบว่าการใช้เวลาแช่เพิ่มขึ้น จะทำให้ระดับการเกิดเจลาทิไนซ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยระดับการเกิดเจลาทิไนซ์จะเพิ่มจาก 72.30 เปอร์เซ็นต์ เป็น 81.17 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำที่เมล็ดข้าวดูดซับไว้จะมีผลต่อระดับการเกิดเจลาทิไนซ์ของแป้ง เมื่อปริมาณน้ำที่เม็ดแป้งดูดซับเพิ่มขึ้นจะทำให้ระดับการเกิดเจลาทิไนซ์เพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ สายฝน โมราถบ (2546) ซึ่งปรับความชื้นแป้งกล้วยให้เป็น 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ และให้ความร้อนโดยผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟความถี่ 2450 MHz. เป็นเวลา 3 นาที พบว่าระดับการเกิดเจลาทิไนซ์เป็น 69.42 76.32 และ 83.89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพิ่มขึ้นตามปริมาณความชื้นเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านค่าสีของแป้งขนมโก๋ พบว่าเมื่อใช้เวลาแช่ข้าวเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L) ของแป้งจะลดลงจาก 94.42 เป็น 92.31 ส่วนค่าสีแดง (a) ซึ่งติดลบ และค่าสีเหลือง (b) จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือเพิ่มขึ้นจาก -0.53 เป็น -0.60 และจาก 7.87 เป็น 9.99 ตามลำดับ จากการสังเกต พบว่าแป้งขนมโก๋จะมีสีเหลืองเข้มขึ้น คาดว่าเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์แบบเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างน้ำตาลและโปรตีนในแป้ง โดยแป้งจะเกิดจากการไฮโดรไลซ์ได้น้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับหมู่เอมีนที่อยู่ในโมเลกุลของกรดอะมิโนหรือโปรตีนทำให้เกิดเป็นสารประกอบสีน้ำตาลขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ พิณทิพย์ รัมภกาภรณ์ (2547) ซึ่งดัดแปรแป้งข้าวด้วยความร้อนร่วมกับความชื้น โดยให้ความชื้นแก่แป้งข้าวเหนียว กข 6 ในระดับ 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ และให้ความร้อนที่ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที พบว่าเมื่อความชื้นของแป้งเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L) ลดลงจาก 93.07 เป็น 90.82 ส่วนค่าสีแดง (a) ซึ่งติดลบ เพิ่มขึ้นจาก -48.12 เป็น -54.56 และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มจาก 5.41 เป็น 7.89

เมื่อนำแป้งขนมโก๋ที่ได้มาผลิตขนมโก๋ แล้วนำขนมโก๋มาวิเคราะห์ค่าสี ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าสีของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่ได้จากข้าวเหนียว กข 6 เมื่อแช่น้ำในระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลาแช่ข้าว (ชั่วโมง)	ค่าสี		
	L	a	b
1	92.37±0.51[a]	-0.31±0.01[c]	12.21±0.27[c]
3	89.73±0.27[b]	-0.36±0.01[b]	13.53±0.30[b]
5	88.14±0.69[c]	-0.43±0.01[a]	14.58±0.30[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ระยะเวลาแช่ข้าวเหนียว กข 6 ที่แตกต่างกันมีผลทำให้สีของขนมโก๋แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับกรณีสีของแป้ง กล่าวคือค่าความสว่าง (L) ของขนมโก๋ที่ได้มีค่าลดลง ส่วนค่าสีแดง (a) ซึ่งติดลบ และค่าสีเหลือง (b) จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงของสีขนมโก๋นี้น่าจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสีของแป้งที่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำขนมโก๋มาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสแบบ TPA (Texture Profile Analyse) ซึ่งเป็นการวัดเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่ได้จากข้าวเหนียว กข 6 เมื่อแช่น้ำในระยะเวลาต่างกัน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาแช่ (ชั่วโมง)		
	1	3	5
ความแข็ง (hardness) (นิวตัน)	9.39±0.23^{c}	10.02±0.40^{b}	11.92±0.41^{a}
การแตกเปราะ (fracturability) (นิวตัน)	9.60±0.66^{c}	11.23±1.27^{b}	12.53±1.53^{a}
การเกาะติดพื้นผิว (adhesiveness) (นิวตัน*วินาที)	-5.11±1.57^{b}	-6.34±1.86^{b}	-7.70±2.58^{a}
ความหยุ่น (springiness) (มิลลิเมตร)	0.54±0.06^{c}	0.65±0.07^{b}	0.73±0.08^{a}
ความสามารถเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness)	0.18±0.03^{c}	0.31±0.06^{b}	0.47±1.00^{a}
ความเหนียว (gumminess) (นิวตัน)	1.68±0.31^{c}	3.12±0.64^{b}	5.57±1.26^{a}
ความทนต่อการเคี้ยว (chewiness)(นิวตัน*มิลลิเมตร)	1.60±0.45^{c}	2.66±0.36^{b}	3.23±0.60^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเวลาที่ใช้แช่ข้าวเหนียว กข 6 ที่ต่างกันจะมีผลทำให้ค่าวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสทุกด้านของขนมโก๋ที่ได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาแช่ข้าวที่เพิ่มขึ้น

จากผลการทดลองที่ผ่านมา (ตารางที่ 4.2) จะเห็นว่าปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคือ ระยะเวลาแช่ข้าว เมื่อระยะเวลาในการแช่ข้าวเพิ่มขึ้น เมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากขึ้น เมื่อนำไปให้ความร้อนจะทำให้มีระดับการเกิดเจลาทิไนซ์มากขึ้น การเกิดเจลาทิไนซ์ที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อค่าวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมโก๋ กล่าวคือ

ด้านค่าความแข็ง ซึ่งหมายถึงแรงที่ทำให้อาหารแตกหรือแยกออกจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งที่มีระดับการเกิดเจลาทิไนซ์มากกว่าจะเกาะกันแน่นกว่า (กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550)

ด้านค่าการแตกเปราะ ซึ่งหมายถึงแรงที่ทำให้อาหารเกิดการแตกหักออกเป็นชิ้น เป็นลักษณะรวมของความแข็งและความสามารถเกาะรวมกันจะเพิ่มขึ้น หมายถึงเนื้อสัมผัสของขนมโก๋เกาะรวมกันแน่นขึ้นและต้องใช้แรงเคี้ยวเพิ่มขึ้น

ด้านค่าการเกาะติดพื้นผิว หมายถึงแรงที่ใช้ในการแกะอาหารออกจากเพดานปากระหว่างรับประทาน บอกถึงความเหนอะหนะและการติดฟันของตัวอย่าง จะเพิ่มขึ้น หมายถึงเนื้อสัมผัสของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนมโก๋มีความเหนอะหนะและการติดฟันเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งที่เกิดเจลาทิไนซ์มากขึ้นจะเหนียวติดภาชนะมากขึ้น จึงทำให้มีลักษณะเหนียวติดฟันมากขึ้น

ด้านค่าความหยุ่น ซึ่งเป็นค่าที่บอกลักษณะความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์หรือความสามารถในการคืนตัวกลับมาเหมือนเดิมของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการถอนแรงออกไป จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งที่เกิดเจลาทิไนซ์มากขึ้น จะดูดซับน้ำและเกิดเป็นเจลได้มากกว่า

ด้านค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน ซึ่งหมายถึงการวัดความแข็งแรงภายในอาหารที่ทนต่อการเปลี่ยนรูปก่อนที่จะขาดออกจากกัน บอกถึงความเหนียวและความเละของตัวอย่าง จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งที่เกิดเจลาทิไนซ์มากขึ้นจะเกาะกันแน่นขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปียะจอมขวัญ, 2550)

ด้านค่าความเหนียว ซึ่งหมายถึงพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารที่เป็นกึ่งของแข็งจนกระทั่งกลืนได้ เป็นลักษณะรวมของความสามารถเกาะรวมตัวกันและความหยุ่น เป็นค่าที่ได้จากค่าความแข็งคูณด้วยค่าความสามารถในการเกาะตัวกัน พบว่าค่าที่ได้เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งและค่าความเกาะตัวกันที่เพิ่มขึ้น

ค่าความทนต่อการเคี้ยว หมายถึงพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารที่เป็นของแข็งจนกระทั่งกลืนได้ เป็นลักษณะรวมของความแข็ง ความสามารถเกาะรวมตัวกัน และความหยุ่น บ่งบอกถึงความเปื่อย ร่วน เหนียวนุ่ม เหนียวแข็งของตัวอย่าง ซึ่งจะวัดค่าได้มากขึ้น เนื่องจากขนมโก๋เกาะตัวกันแน่นและเหนียวขึ้น โดยค่าที่ได้สอดคล้องกับค่าความแข็งและค่าการเกาะรวมตัวที่เพิ่มขึ้น

เมื่อนำขนมโก๋มาทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนที่ได้แสดงในตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ซึ่งแช่น้ำในระยะเวลาต่างกัน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาแช่ (ชั่วโมง)		
	1	3	5
ความเรียบของพื้นผิว	5.82±0.07^{a}	5.77±0.10^{b}	5.00±0.17^{c}
ความชอบลักษณะปรากฏ	5.81±0.16^{a}	5.04±0.12^{b}	4.06±0.11^{c}
สีขาวของเนื้อขนม	5.90±0.13^{a}	4.13±0.10^{b}	3.05±0.10^{c}
ความชอบสี	5.92±0.17^{a}	5.03±0.12^{b}	4.24±0.09^{c}
กลิ่นข้าว	5.90±0.13^{a}	4.13±0.10^{b}	2.92±0.12^{c}
ความชอบกลิ่นข้าว	6.13±0.11^{a}	5.13±0.11^{b}	4.16±0.12^{c}
ความแตกต่างของรสหวาน^{ns}	5.61±0.11	5.62±0.12	5.64±0.11
ความชอบรสชาติ^{ns}	5.85±0.43	5.84±0.43	5.79±0.12
ลักษณะเหนียวติดฟัน	3.01±0.15^{c}	5.03±0.12^{b}	5.81±0.19^{a}
ความชอบเนื้อสัมผัสด้านความเหนียว	6.06±0.09^{a}	5.13±0.11^{b}	4.16±0.12^{c}
ลักษณะแห้งฝืดคอ	5.82±0.15^{a}	5.13±0.11^{b}	2.92±0.12^{c}
ความชอบเนื้อสัมผัสด้านความแห้ง	6.04±0.11^{a}	5.09±0.14^{b}	3.70±0.40^{c}
ความชอบโดยรวม	6.10±0.09^{a}	5.03±0.11^{b}	3.00±0.14^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p\leq0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

จากตาราง 4.5 พบว่าระยะเวลาที่ใช้แช่ข้าวที่ต่างกันจะมีผลทำให้คะแนนทางประสาทสัมผัสทุกด้านของขนมโก๋ที่ทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ยกเว้นคะแนนด้านรสหวานและความชอบรสชาติซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ด้านความเรียบของพื้นผิวและความชอบลักษณะปรากฏ พบว่าขนมโก๋ทุกตัวอย่างได้คะแนนความเรียบของพื้นผิวต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยตัวอย่างที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ 1 ชั่วโมงได้คะแนนมากที่สุด หมายถึงมีพื้นผิวเรียบมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ 3 และ 5 ชั่วโมงจะได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากแป้งที่ผลิตจากข้าวที่แช่นานขึ้นจะมีความชื้นมากกว่าและมีระดับการเกิดเจลาทิไนซ์มากกว่า (ตารางที่ 4.2) แป้งที่เกิดเจลาทิไนซ์มากขึ้นจะเหนียวติดภาชนะมากกว่า ทำให้ติดพิมพ์ พื้นผิวจึงไม่เรียบ ส่วนด้านความชอบลักษณะปรากฏ พบว่าขนมโก๋ทุกตัวอย่างได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกัน โดยขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวที่แช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมงได้คะแนนมากกว่าตัวอย่างอื่น ทั้งนี้น่าจะเนื่องจากมีความเรียบของพื้นผิวมากกว่าตัวอย่างอื่น

สีขาวของเนื้อขนมและความชอบสี พบว่าขนมโก๋ทุกตัวอย่างได้คะแนนสีขาวของเนื้อขนมต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ 1 ชั่วโมงจะได้คะแนนมากที่สุด คือมีสีขาวมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ 3 และ 5 ชั่วโมงจะได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ ในที่นี้เนื่องจากแป้งที่ได้จากการแช่โดยใช้ระยะเวลามากขึ้นจะมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.2) จึงทำให้ขนมโก๋ที่ได้มีสีเหลืองเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนด้านความชอบสี พบว่าขนมโก๋ทุกตัวอย่างได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวที่แช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมงได้คะแนนมากกว่าตัวอย่างอื่น คือมีสีขาวมากที่สุด สอดคล้องกับค่าสีของแป้งที่ผลิตได้ (ตารางที่ 4.2)

กลิ่นข้าวและความชอบกลิ่นข้าว พบว่าขนมโก๋ที่ได้ทั้งหมดได้คะแนนด้านกลิ่นข้าวต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ 1 ชั่วโมง จะได้คะแนนมากที่สุด หมายถึงมีกลิ่นมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ 3 และ 5 ชั่วโมงจะได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ พบว่าขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียวที่แช่ 1 ชั่วโมงจะได้คะแนนทั้งสองด้านนี้มากที่สุด คือจะมีกลิ่นมากที่สุด เนื่องจากเมื่อใช้เวลาแช่น้อย เมล็ดข้าวจะมีความชื้นน้อย (ตารางที่ 4.2) เมื่อถูกให้ความร้อนในช่วงการอบจะเกิดกลิ่นหอมข้าวมากกว่า ทำให้ได้คะแนนความชอบมากกว่าด้วย

ความแตกต่างของรสหวานและความชอบรสชาติ พบว่าขนมโก๋ทุกตัวอย่างได้คะแนนไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) หมายถึงผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างของรสหวานของตัวอย่างได้ โดยตัวอย่างจะได้รับคะแนนอยู่ที่รสชาติค่อนข้างหวาน ส่วนด้านความชอบรสชาติ พบว่าขนมโก๋ทุกตัวอย่างได้คะแนนไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาแช่ข้าวเหนียว กข 6 ที่ต่างกันของแป้งขนมโก๋ไม่มีผลต่อการรับรสชาติของผู้ทดสอบ และขนมโก๋มีรสหวานที่มากใกล้เคียงกัน

ลักษณะเหนียวติดฟันและความชอบเนื้อสัมผัสด้านความเหนียว พบว่าขนมโก๋ทุกตัวอย่างได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ 5 ชั่วโมงได้คะแนนมากที่สุด หมายถึงจะเหนียวติดฟันมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ 3 และ 1 ชั่วโมง จะได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากผลของการแช่เป็นระยะเวลาต่างกันทำให้ระดับการเกิดเจลาทิไนซ์ของแป้งต่างกันดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แป้งที่เกิดเจลาทิไนซ์มากขึ้นจะเหนียวติดภาชนะมากกว่าจึงทำให้มีลักษณะเหนียวติดฟันมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ทางสถิติของเนื้อสัมผัสขนมโก๋ด้านการเกาะติดพื้นผิว (ตารางที่ 4.4) ส่วนด้านความชอบเนื้อสัมผัสด้านความเหนียว พบว่าขนมโก๋ทุกตัวอย่างได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวที่แช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมงได้คะแนนมากกว่าตัวอย่างอื่น ทั้งนี้น่าจะเนื่องจากมีลักษณะเหนียวติดฟันน้อยกว่าตัวอย่างอื่น

ลักษณะแห้งฝืดคอและความชอบเนื้อสัมผัสด้านความแห้ง พบว่าขนมโก๋ทุกตัวอย่างได้คะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ผลิตจากการแช่ข้าว 1 ชั่วโมง จะได้คะแนนมากที่สุด หมายถึงมีลักษณะแห้งฝืดคอมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ 3 และ 5 ชั่วโมงจะได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ ซึ่งน่าจะเป็นผลจากความชื้นและการเกิดเจลาทิไนซ์ของแป้ง กล่าวคือแป้งที่ได้จากข้าวที่แช่ในระยะเวลาสั้นกว่าจะมีความชื้นน้อยและเกิดเจลาทิไนซ์น้อยกว่า ทำให้ขนมที่ได้มีลักษณะแห้งกว่า ส่วนด้านความชอบเนื้อสัมผัสด้านความแห้ง พบว่าขนมโก๋ทุกตัวอย่างได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมโก๋ที่ได้จากข้าวที่แช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมงได้คะแนนมากกว่าตัวอย่างอื่น เนื่องจากมีเนื้อขนมแห้งตรงกับลักษณะเด่นของขนมโก๋ต้องที่ต้องร่วนและแห้ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546)

ความชอบโดยรวม พบว่าคะแนนที่ได้ของขนมโก๋ทุกตัวอย่างต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ 1 ชั่วโมงจะได้คะแนนมากที่สุด เพราะมีความเรียบของพื้นผิวมากที่สุด มีสีขาวของเนื้อขนมมากกว่า มีกลิ่นหอมของข้าวที่มาก มีลักษณะเหนียวติดฟันน้อย และมีลักษณะแห้งร่วนเป็นลักษณะเด่นของขนมโก๋ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) ส่วนขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ 3 และ 5 ชั่วโมงจะได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองพบว่าระยะเวลาแช่ข้าวที่เหมาะสม คือ 1 ชั่วโมง เนื่องจากแป้งที่ได้มีความชื้นและมีระดับการเกิดเจลาทิไนซ์ต่ำ (ตารางที่ 4.2) เมื่อนำมาผลิตขนมโก๋ ตัวอย่างที่ได้จะได้รับคะแนนด้านต่าง ๆ รวมทั้งคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด (ตารางที่ 4.5) จึงเลือกระยะเวลาแช่ข้าวที่ 1 ชั่วโมง ในการผลิตแป้งขนมโก๋ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาขนาดของแป้งขนมโก๋ที่เหมาะสม

ทดลองผลิตแป้งขนมโก๋โดยใช้เวลาแช่ข้าวเหนียวที่เหมาะสมคือ 1 ชั่วโมง นำข้าวมาอบแล้วบด โดยใช้ขนาดตะแกรงร่อนที่ต่างกัน คือ 80-100 100-120 และ >120 เมช ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าความชื้น ค่าสีของแป้งขนมโก๋ และค่าสีของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่มีขนาดต่างกัน

ขนาดแป้ง (เมช)	ความชื้นของแป้งขนมโก๋ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าสีแป้งขนมโก๋			ค่าสีขนมโก๋		
		L	a	b	L	a	b
80-100	7.46±0.05^{c}	93.33±0.25^{c}	-0.41±0.07^{a}	8.85±0.28^{a}	88.33±0.18^{c}	-0.42±0.01^{a}	12.22±0.17^{a}
100-120	7.64±0.04^{b}	94.33±0.22^{b}	-0.37±0.01^{b}	8.27±0.13^{b}	88.81±0.27^{b}	-0.36±0.01^{b}	11.15±0.17^{b}
>120	7.79±0.05^{a}	94.77±0.06^{a}	-0.31±0.01^{c}	7.90±0.06^{c}	89.79±0.42^{a}	-0.31±0.01^{c}	10.07±0.19^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p\leq0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่อความละเอียดของตะแกรงเพิ่มขึ้น ค่าความชื้นของแป้งที่ได้จะเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากเม็ดแป้งเมื่อถูกบดจะเกิดการแตกในแนวเส้นรัศมีพันธะโคเวเลนต์จะถูกทำลายในระหว่างกระบวนการบดทำให้กลุ่มไฮโดรฟิลิกซึ่งเป็นกลุ่มที่สามารถจับโมเลกุลของน้ำได้ในโมเลกุลแป้งมีมากขึ้น จึงทำให้แป้งที่มีขนาดเล็กจะมีความชื้นสูงกว่าแป้งที่มีขนาดใหญ่เมื่อเก็บที่บรรยากาศเหมือนกัน (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2539)

สำหรับด้านสี พบว่าเมื่อความละเอียดของแป้งเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดง (a) ซึ่งติดลบ และค่าสีเหลือง (b) ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากแป้งที่ละเอียดขึ้นเม็ดแป้งมีขนาดเล็กทำให้แป้งมีค่าการสะท้อนแสงมากขึ้น

เมื่อนำแป้งที่ได้มาผลิตขนมโก๋ แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าสี พบว่าขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีความละเอียดมากขึ้นจะมีค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้น ค่าสีแดง (a) ซึ่งติดลบและ ค่าสีเหลือง (b) ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าสีของแป้งขนมโก๋

เมื่อนำขนมโก๋มาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสแบบ TPA (Texture Profile Analyze) ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่มีขนาดต่างกัน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ขนาดแป้ง (เมช)		
	80-100	100-120	>120
ความแข็ง (hardness) (นิวตัน)	9.27±0.09[c]	9.44±0.07[b]	9.64±0.07[a]
การแตกเปราะ (fracturability) (นิวตัน)	9.57±0.57[c]	10.69±0.67[b]	12.67±1.45[a]
การเกาะติดพื้นผิว (adhesiveness) (นิวตัน*วินาที)	-2.61±0.58[c]	-3.67±0.62[b]	-5.14±0.32[a]
ความหยุ่น (springiness)[ns] (มิลลิเมตร)	0.64±0.10	0.62±0.07	0.61±0.08
ความสามารถเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness)	0.14±0.01[c]	0.16±0.01[b]	0.18±0.01[a]
ความเหนียว (gumminess) (นิวตัน)	1.25±0.12[c]	1.53±0.10[b]	1.71±0.12[a]
ความทนต่อการเคี้ยว(chewiness)(นิวตัน*มิลลิเมตร)	0.87±0.33[c]	1.51±0.37[b]	1.74±0.38[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 พบว่าขนาดแป้งที่ต่างกันจะมีผลทำให้ค่าวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสทุกด้านของขนมโก๋ที่ได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นค่าความหยุ่นซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยค่าที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มตามความละเอียดของแป้งที่เพิ่มขึ้น

ด้านค่าความแข็ง พบว่าเมื่อความละเอียดของแป้งเพิ่มขึ้นจะทำให้เนื้อสัมผัสของขนมโก๋ที่ได้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งที่ละเอียดจะเรียงตัวกันชิด เมื่อถูกกดอัดในขั้นตอนการขึ้นรูปขนมโก๋ ทำให้เนื้อขนมโก๋แน่นและแข็งขึ้น

ด้านค่าการแตกเปราะ พบว่าเมื่อความละเอียดของแป้งเพิ่มขึ้นจะทำให้วัดค่าการแตกเปราะได้มากขึ้น หมายถึงเนื้อสัมผัสของขนมโก๋เกาะรวมกันแน่นขึ้นและต้องใช้แรงเคี้ยวเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากเมื่อแป้งมีความละเอียดมากทำให้ดูดซับน้ำได้ดี การเกาะตัวกันจึงแน่นขึ้น จึงทำให้ทนต่อการแตกเปราะสูงขึ้น

ด้านค่าการเกาะติดพื้นผิว พบว่าเมื่อความละเอียดของแป้งเพิ่มขึ้น ค่าที่วัดได้จะเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากแป้งที่มีขนาดเล็กลงจะส่งผลให้หมู่ไฮดรอกซิล (OH-group) ในแป้งปรากฏอยู่บนพื้นผิวของเม็ดแป้งมากขึ้น จึงส่งผลให้สัมผัสกับโมเลกุลน้ำได้ดี (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2541) ในขั้นตอนการขึ้นรูปขนมโก๋จะมีส่วนผสมที่เป็นน้ำ ทำให้แป้งที่ละเอียดกว่าดูดน้ำได้ดีกว่า ทำให้เนื้อสัมผัสของขนมโก๋มีความเหนอะหนะและการติดฟันเพิ่มขึ้น

ด้านค่าความหยุ่น พบว่าความละเอียดของแป้งที่เพิ่มขึ้น ไม่ทำให้ค่าความหยุ่นของขนมโก๋มีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน พบว่าเมื่อความละเอียดของแป้งเพิ่มขึ้น จะทำให้ขนมโก๋มีความสามารถเกาะรวมตัวกันเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งที่มีความละเอียดสูงจะมีพื้นที่ผิวมาก จะสามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น ทำให้เกาะรวมตัวกันได้ดีขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550)

ด้านค่าความเหนียว พบว่าเมื่อความละเอียดของแป้งเพิ่มขึ้น จะทำให้ขนมโก๋มีความเหนียวเพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าตัวอย่างมีค่าความแข็งมาก ค่าความเกาะตัวกันมาก จะมีค่าความเหนียวมากด้วย

ด้านค่าความทนต่อการเคี้ยว พบว่าเมื่อใช้แป้งที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้น จะวัดค่าได้มากขึ้น หมายถึงขนมโก๋มีการเกาะตัวกันแน่นและเหนียวขึ้น จะเห็นว่าค่าที่วัดได้สอดคล้องกับค่าความแข็งและค่าการเกาะรวมตัว เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งและการเกาะรวมตัวกันสูงกว่า จะเคี้ยวยากกว่า (Jones, 1977)

เมื่อนำขนมโก๋มาทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนที่ได้แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่มีขนาดต่างกัน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ขนาดแป้ง (เมช)		
	80-100	100-120	>120
ความเรียบของพื้นผิว	5.00±0.17^{c}	5.77±0.10^{b}	5.82±0.07^{a}
ความชอบลักษณะปรากฏ	5.12±0.08^{c}	5.85±0.06^{a}	5.49±0.06^{b}
สีขาวของเนื้อขนม	3.29±0.14^{c}	4.22±0.08^{b}	4.97±0.09^{a}
ความชอบสี	4.95±0.09^{b}	5.48±0.11^{a}	5.48±0.09^{a}
กลิ่นข้าว^{ns}	5.57±0.11	5.61±0.11	5.60±0.11
ความชอบกลิ่นข้าว^{ns}	5.52±0.15	5.56±0.11	5.57±0.15
ความแตกต่างของรสหวาน^{ns}	5.57±0.10	5.58±0.12	5.59±0.10
ความชอบรสชาติ^{ns}	5.60±0.11	5.61±0.13	5.59±0.11
ลักษณะเหนียวติดฟัน	4.14±0.08^{c}	4.53±0.25^{b}	4.82±0.07^{a}
ความชอบเนื้อสัมผัสด้านความเหนียว	4.64±0.18^{b}	5.00±0.11^{a}	4.35±0.08^{c}
ลักษณะแห้งฝืดคอ	6.04±0.22^{a}	5.54±0.28^{b}	4.95±0.27^{c}
ความชอบเนื้อสัมผัสด้านความแห้ง	5.80±0.09^{a}	5.79±0.10^{a}	5.36±0.07^{b}
ความชอบโดยรวม	4.36±0.12^{c}	5.66±0.15^{a}	4.95±0.26^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง 4.8 พบว่าความละเอียดของแป้งที่ต่างกันจะมีผลทำให้คะแนนทางประสาทสัมผัสทุกด้านของขนมโก๋ที่ทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นคะแนนกลิ่นข้าว ความชอบกลิ่นข้าว ความแตกต่างของรสหวาน และความชอบรสชาติที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ด้านความเรียบของพื้นผิวและความชอบลักษณะปรากฏ พบว่าเมื่อใช้แป้งที่มีความละเอียดมากกว่า 120 เมช จะทำให้ขนมโก๋ได้คะแนนความเรียบของพื้นผิวมากที่สุด หมายถึงมีผิวเรียบมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีความละเอียด 100-120 เมช และ 80-100 เมชจะได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากแป้งที่มีความละเอียดมากขึ้นเม็ดแป้งจะมีพื้นผิวที่มากทำให้มีการเรียงตัวชิดกันมาก ส่งผลให้ขนมโก๋มีความเรียบของพื้นผิวหน้ามากขึ้น ส่วนด้านความชอบลักษณะปรากฏ พบว่าทุกตัวอย่างได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีความละเอียด 100-120 เมชได้คะแนนมากกว่าตัวอย่างอื่น ทั้งนี้น่าจะเนื่องจากมีความเรียบของพื้นผิวที่เรียบต่อนข้างมากใกล้เคียงกับขนมโก๋ที่ใช้แป้งที่มีความละเอียดมากกว่า 120 เมช

สีขาวของเนื้อขนมและความชอบสี พบว่าเมื่อใช้แป้งที่มีความละเอียดมากกว่า 120 เมช จะทำให้ขนมโก๋ได้คะแนนด้านสีขาวของเนื้อขนมมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีความละเอียด 100-120 และ 80-100 เมชจะได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจาก แป้งจะมีความละเอียดมากขึ้น ส่งผลทำให้ความสว่างมากขึ้น ด้านความชอบสีพบว่าขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีความละเอียด 100-120 และมากกว่า 120 เมชนั้นได้คะแนนความชอบสีมากที่สุดไม่ต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากมีสีขาวมากที่ใกล้เคียงกัน

กลิ่นข้าวและความชอบกลิ่นข้าว พบว่าความละเอียดของแป้งที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ขนมโก๋ได้คะแนนความแรงของกลิ่นข้าวและความชอบกลิ่นข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากความละเอียดของแป้งไม่มีผลต่อการรับกลิ่นข้าวของผู้ทดสอบ และมีกลิ่นข้าวที่มากใกล้เคียงกัน

ความแตกต่างของรสหวานและความชอบรสชาติ พบว่าความละเอียดของแป้งที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ขนมโก๋ได้คะแนนความแตกต่างของรสหวานและความชอบรสชาติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากความละเอียดของแป้งไม่มีผลต่อการรับรสชาติของผู้ทดสอบ และขนมโก๋มีรสหวานที่มากใกล้เคียงกัน

ลักษณะเหนียวติดฟันและความชอบเนื้อสัมผัสด้านความเหนียว พบว่าเมื่อใช้แป้งที่มีความละเอียดมากกว่า 120 เมช มีผลทำให้ขนมโก๋ได้คะแนนด้านลักษณะเหนียวติดฟันมากที่สุด หมายถึงมีลักษณะเหนียวติดฟันมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งมีความละเอียด 100-120 และ 80-100 เมชจะได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากแป้งที่มีความละเอียดมากขึ้นมีพื้นผิวที่มากทำให้มีการดูดน้ำได้ดี ทำให้ขนมโก๋มีเนื้อที่แน่นขึ้น สอดคล้องกับค่าการเกาะติดพื้นผิว (ตาราง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 4.8) ส่วนด้านความชอบเนื้อสัมผัสด้านความเหนียว พบว่าขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีความละเอียด 100-120 เมช นั้นได้คะแนนมากกว่าตัวอย่างอื่น เนื่องจากมีลักษณะเหนียวติดฟันปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อใช้แป้งที่มีขนาดใหญ่ แม้ว่าจะมีลักษณะเหนียวติดฟันน้อย แต่การเกาะติดของเนื้อขนมจะน้อยเกินไป ทำให้ก้อนขนมแตกหลุดออกจากกันได้ง่าย แต่ถ้าใช้แป้งที่มีขนาดเล็กเกินไป จะมีลักษณะเหนียวติดฟันมากเกินไปจนผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

ลักษณะแห้งฝืดคอและความชอบเนื้อสัมผัสด้านความแห้ง พบว่าเมื่อใช้แป้งที่มีความละเอียด 80-100 เมช มีผลทำให้ขนมโก๋ได้คะแนนลักษณะแห้งฝืดคอมากที่สุด หมายถึงขนมโก๋มีลักษณะแห้งฝืดคอมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีความละเอียด 100-120 และมากกว่า 120 เมชจะได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากแป้งที่มีความละเอียดน้อย ส่งผลทำให้ความแห้งฝืดคอมากขึ้น ส่วนด้านความชอบเนื้อสัมผัสด้านความแห้ง พบว่าขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีความละเอียด 80-100 และ 100-120 เมชนั้น ได้รับความชอบมากที่สุด ทั้งนี้น่าจะเนื่องจากมีความแห้งของเนื้อขนมมากใกล้เคียงกัน ซึ่งเนื้อขนมแห้งร่วนเป็นลักษณะเด่นของขนมโก๋ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546)

ความชอบโดยรวม พบว่าขนมโก๋ทุกตัวอย่างต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีความละเอียด 100-120 เมช ได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด เพราะขนมมีความเรียบของพื้นผิวมากปานกลาง มีสีขาวของเนื้อขนมที่มาก มีกลิ่นหอมของข้าว มีลักษณะเหนียวติดฟันที่ปานกลาง มีลักษณะแห้งฝืดคอที่ปานกลาง ตรงตามลักษณะที่ดีของขนมโก๋มากที่สุด ส่วนขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีความละเอียดมากกว่า 120 และ 80-100 เมช ได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ

จากผลการทดลองพบว่าแป้งที่มีความละเอียดปานกลาง คืออยู่ในช่วง 100-120 เมช นำมาผลิตขนมโก๋จะได้รับคะแนนด้านความชอบลักษณะปรากฏ ความชอบสี ความชอบเนื้อสัมผัสด้านความเหนียว ความชอบเนื้อสัมผัสด้านความแห้ง และความชอบโดยรวมสูงสุด (ตารางที่ 4.8) จึงเลือกใช้แป้งที่มีความละเอียดดังกล่าวในการทดลองต่อไป

4.4 ผลการศึกษาการใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในการผลิตแป้งขนมโก๋

ทดลองผลิตแป้งขนมโก๋โดยใช้เวลาแช่ข้าว 1 ชั่วโมง นำมาอบให้ความร้อน บด และร่อนผ่านตะแกรงเพื่อให้มีขนาดของแป้ง 100-120 เมช และศึกษาผลของปริมาณการใช้ข้าวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว โดยใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน คือ 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวเหนียว ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ปริมาณอะไมโลส ค่าความชื้นของเมล็ดข้าวก่อนให้ความร้อน ความชื้นของแป้ง และค่าสีของแป้งขนมโก๋เมื่อใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน

ปริมาณข้าวขาวดอกมะลิ 105 (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณอะไมโลสของแป้ง (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเปียก)	ความชื้นเมล็ดข้าวก่อนให้ความร้อน (เปอร์เซ็นต์)	ความชื้นของแป้งขนมโก๋[ns] (เปอร์เซ็นต์)	ค่าสีของแป้ง		
				L	a	b
0	2.01±0.02[d]	35.27±0.53[a]	7.63±0.11	94.08±0.23[c]	-0.30±0.03[c]	9.03±0.14[a]
5	9.45±0.04[c]	35.11±0.46[a]	7.58±0.10	94.21±0.16[c]	-0.34±0.03[b]	8.74±0.07[b]
10	12.14±0.06[b]	34.70±0.77[b]	7.54±0.11	94.39±0.15[b]	-0.35±0.03[b]	8.55±0.12[c]
15	15.21±0.06[a]	34.55±0.75[b]	7.50±0.11	94.54±0.28[a]	-0.37±0.02[a]	8.57±0.22[c]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 พบว่า การใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นจาก 2.01 เปอร์เซ็นต์เป็น 15.21 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวก่อนให้ความร้อนมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จะอยู่ในช่วง 34.55 - 35.27 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่ต่างกันมากนัก เนื่องจากข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรง จึงทำให้มีความสามารถในการดูดซับน้ำน้อย (กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปียะจอมขวัญ, 2550) ส่วนความชื้นของแป้งขนมโก๋ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ด้านค่าสีของแป้งขนมโก๋ พบว่าเมื่อปริมาณข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) ซึ่งติดลบเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง (b) จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสมากขึ้นจะทำให้มีความขาวเพิ่มขึ้น

เมื่อนำแป้งขนมโก๋ที่ได้มาทำขนมโก๋ แล้วนำขนมโก๋มาวิเคราะห์ค่าสี ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ค่าสีของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน

ปริมาณข้าวขาวดอกมะลิ 105 (เปอร์เซ็นต์)	ค่าสีของขนมโก๋		
	L	a	b
0	87.56±0.34[d]	-0.19±0.02[d]	12.32±0.20[a]
5	88.20±0.26[c]	-0.25±0.02[c]	11.89±0.23[b]
10	88.60±0.28[b]	-0.28±0.02[b]	11.60±0.18[c]
15	88.83±0.26[a]	-0.35±0.03[a]	11.24±0.20[d]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.10 พบว่า การใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.9) ส่งผลทำให้สีของขนมโก๋แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับกรณีสีของแป้ง กล่าวคือ ค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) ซึ่งติดลบเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง (b) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คาดว่าการเปลี่ยนแปลงของสีขนมโก๋นี้น่าจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสีของแป้งที่นำมาใช้

เมื่อนำขนมโก๋มาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสแบบ TPA (Texture Profile Analyze) ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณข้าวขาวดอกมะลิ 105 (เปอร์เซ็นต์)			
	0	5	10	15
ความแข็ง (นิวตัน)	9.66±0.08[a]	9.57±0.05[b]	9.47±0.06[c]	9.28±0.05[d]
การแตกเปราะ (นิวตัน)	9.83±0.28[a]	9.44±0.22[b]	9.00±0.16[c]	8.60±0.33[d]
การเกาะติดพื้นผิว (นิวตัน*วินาที)	-5.22±0.22[a]	-4.77±0.29[b]	-3.71±0.30[c]	-2.55±0.44[d]
ความหยุ่น[ns] (มิลลิเมตร)	0.61±0.06	0.60±0.07	0.63±0.10	0.63±0.08
ความสามารถเกาะรวมตัวกัน	0.17±0.01[a]	0.16±0.01[a]	0.14±0.01[b]	0.13±0.02[c]
ความเหนียว (นิวตัน)	1.61±0.09[a]	1.60±0.08[a]	1.30±0.10[b]	1.18±0.15[c]
การทนต่อการเคี้ยว(นิวตัน*มิลลิเมตร)	1.63±0.25[a]	1.51±0.17[b]	0.83±0.19[c]	0.55±0.23[c]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.11 พบว่า การใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณที่ต่างกัน ทำให้มีปริมาณอะไมโลสที่ต่างกัน มีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสทุกด้านของขนมโก๋ที่ผลิตได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นค่าความหยุ่นที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยค่าที่ได้มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.9)

ด้านค่าความแข็ง พบว่าเมื่อใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เนื้อสัมผัสของขนมโก๋ที่ผลิตได้มีค่าความแข็งลดลง เนื่องจากแป้งมีอะไมโลสสูงขึ้นนั้นทำให้ดูดซับน้ำได้ต่ำ ทำให้ขนมโก๋นั้นเกาะตัวกันน้อยและทำให้แตกง่ายขึ้น ทำให้เนื้อขนมโก๋ไม่แน่นและค่าความแข็งลดลง

ด้านค่าการแตกเปราะ พบว่าเมื่อใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะวัดค่าการแตกเปราะได้ลดลง เพราะขนมโก๋เกาะตัวกันน้อยและทำให้แตกเปราะง่ายขึ้น

ด้านค่าการเกาะติดพื้นผิว พบว่าเมื่อใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้วัดค่าการเกาะติดพื้นผิวได้ลดลง เนื่องจากแป้งจะมีอะไมโลสสูงขึ้นนั้นทำให้ดูดซับน้ำได้น้อย ทำให้ขนมโก๋มีความหยืดหยุ่นได้น้อยกว่าขนมโก๋ที่มีอะไมโลสต่ำ ส่งผลให้เมื่อใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณเพิ่มขึ้นในการผลิตแป้งจะทำให้ขนมโก๋มีการเกาะติดพื้นผิวได้ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านค่าความหยุ่น พบว่าเมื่อใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ค่าความหยุ่นของขนมโก๋มีการเปลี่ยนแปลง

ด้านค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน พบว่าเมื่อใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข6 ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้เนื้อสัมผัสของขนมโก๋มีความสามารถเกาะรวมตัวกันลดลง เนื่องจากอะไมโลสจะมีโครงสร้างที่จับตัวกันแน่นเป็นเส้นตรงจึงดูดซับน้ำได้ในปริมาณน้อยกว่า

ด้านค่าความเหนียว พบว่าเมื่อใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะทำให้เนื้อสัมผัสของขนมโก๋มีความเหนียวลดลง เนื่องจากค่าความเหนียวเป็นค่าที่ได้จากค่าความแข็งคูณด้วยค่าความสามารถในการเกาะตัวกัน ดังนั้นถ้าตัวอย่างมีค่าความแข็งน้อย ค่าความเกาะตัวกันน้อย จะมีค่าความเหนียวน้อยด้วย และข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงขึ้นมีผลทำให้คุณภาพการหุงต้มและการรับประทานเปลี่ยนแปลงไปคือความเหนียวจะลดลง (งามชื่น ดงเสรี และคณะ, 2545)

ด้านค่าความทนต่อการเคี้ยว พบว่า เมื่อใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ต้องใช้พลังงานในการเคี้ยวขนมโก๋ลดลง ทำให้ขนมโก๋เคี้ยวง่ายขึ้นและแตกเปราะง่ายขึ้น

เมื่อนำขนมโก๋มาทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนที่ได้แสดงในตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณข้าวขาวดอกมะลิ 105 (เปอร์เซ็นต์)			
	0	5	10	15
ความเรียบของพื้นผิว	5.46±0.26^{a}	5.41±0.27^{a}	5.38±0.37^{a}	5.17±0.23^{b}
ความชอบลักษณะปรากฏ	5.68±0.21^{a}	5.50±0.24^{b}	5.56±0.29^{b}	5.50±0.11^{b}
สีขาวของเนื้อขนม	3.68±0.57^{d}	4.28±0.33^{c}	4.90±0.26^{b}	5.33±0.30^{a}
ความชอบสี	5.13±0.21^{b}	5.59±0.27^{a}	5.52±0.32^{a}	5.47±0.30^{a}
กลิ่นข้าว	5.68±0.21^{a}	5.58±0.23^{b}	5.56±0.29^{b}	5.43±0.25^{c}
ความชอบกลิ่นข้าว	5.63±0.32^{a}	5.59±0.27^{a}	5.52±0.31^{ab}	5.47±0.30^{b}
ความแตกต่างของรสหวาน^{ns}	5.47±0.33	5.52±0.25	5.52±0.24	5.52±0.21
ความชอบรสชาติ^{ns}	5.33±0.37	5.38±0.35	5.37±0.32	5.26±0.28
ลักษณะเหนียวติดฟัน	4.75±0.14^{a}	4.37±0.16^{b}	4.34±0.13^{b}	4.15±0.10^{c}
ความชอบเนื้อสัมผัสด้านความเหนียว	4.35±0.13^{b}	4.54±0.16^{a}	4.54±0.17^{a}	4.35±0.13^{b}
ลักษณะแห้งฝืดคอ	5.00±0.27^{d}	5.28±0.17^{c}	5.59±0.18^{b}	5.72±0.16^{a}
ความชอบเนื้อสัมผัสด้านความแห้ง	4.53±0.17^{b}	4.54±0.16^{b}	5.36±0.07^{a}	3.71±0.49^{c}
ความชอบโดยรวม	4.52±0.18^{b}	4.58±0.20^{b}	5.37±0.15^{a}	3.68±0.48^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p\leq0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

จากตาราง 4.12 พบว่าการใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณที่ต่างกัน ทำให้มีปริมาณอะไมโลสที่ต่างกัน จะมีผลทำให้คะแนนทางประสาทสัมผัสทุกด้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ยกเว้นคะแนนความแตกต่างของรสหวานและความชอบด้านรสชาติ ที่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ด้านความเรียบของพื้นผิวและความชอบลักษณะปรากฏ พบว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 0 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนนมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนต่ำกว่า ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากปริมาณอะไมโลสที่สูงขึ้นมากทำให้การดูดน้ำของเม็ดแป้งไม่สม่ำเสมอทำให้พื้นผิวมีความเรียบที่ไม่สม่ำเสมอ ส่วนด้านความชอบลักษณะปรากฏ พบว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนมากกว่าตัวอย่างอื่น ทั้งนี้น่าจะเนื่องจากมีความเรียบของพื้นผิวมากกว่าตัวอย่างอื่น

สีขาวของเนื้อขนมและความชอบสี พบว่าขนมโก๋ทุกตัวอย่างได้คะแนนสีขาวของเนื้อขนมต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมโก๋ขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์จะได้คะแนนมากที่สุด คือมีสีขาวมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 10 5 และ 0 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ ในที่นี้เนื่องจากปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นทำให้แป้งมีความสว่างเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.9) ส่วนด้านความชอบสี พบว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 5 10 และ15 เปอร์เซ็นต์จะได้คะแนนมากที่สุด ทั้งนี้น่าจะเนื่องจากมีสีขาวมากใกล้เคียงกัน

กลิ่นข้าวและความชอบกลิ่นข้าว พบว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 0 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนมากที่สุด หมายถึงขนมมีกลิ่นข้าวมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนน้อยลงไม่ต่างกัน และขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนน้อยที่สุด ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากปริมาณข้าวเหนียวที่มากส่งผลให้มีกลิ่นข้าวที่มาก ส่วนด้านความชอบกลิ่นข้าว พบว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 0 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนนมากไม่ต่างกัน ทั้งนี้น่าจะเนื่องปริมาณอะไมโลสที่ไม่ต่างกันมาก ทำให้ยังมีกลิ่นข้าวที่มากใกล้เคียงกัน

ความแตกต่างของรสหวานและความชอบรสชาติ พบว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณเพิ่มขึ้นความแตกต่างของรสหวานและความชอบรสชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่ได้มีผลต่อรสชาติหวาน

ลักษณะเหนียวติดฟันและความชอบเนื้อสัมผัสด้านความเหนียว พบว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 0 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนความลักษณะเหนียวติดฟันมากที่สุด หมายถึงขนมมีลักษณะเหนียวติดฟันมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนความชอบไม่ต่างกัน ส่วนขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนน้อยที่สุด ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากปริมาณอะมิโลสสูงจะมีเนื้อสัมผัสที่แห้งและร่วน ส่วนข้าวเหนียวจะมีปริมาณอะมิโลสต่ำจะมีเนื้อสัมผัสที่ชุ่มชื้นและเหนียว (งามชื่น คงเสรี, 2541) ส่วนด้านความชอบเนื้อสัมผัสด้านความเหนียว พบว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ต่างกัน หมายถึงขนมโก๋มีความเหนียวปานกลางใกล้เคียงกัน เนื่องจากปริมาณอะไมโลสที่ไม่สูงมาก ส่งผลให้ขนมโก๋มีความเหนียวปานกลาง

ลักษณะแห้งฝืดคอและความชอบเนื้อสัมผัสด้านความแห้ง พบว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนลักษณะแห้งฝืดคอมากที่สุด หมายถึงขนมมีลักษณะแห้งฝืดคอมากที่สุด ส่วนขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 10 5 และ 0 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากปริมาณอะไมโลสที่สูง ทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรง จึงทำให้มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อย (กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปียะจอมขวัญ, 2550) ส่วนด้านความชอบเนื้อสัมผัสด้านความแห้ง พบว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียวในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนนมากตัวอย่างอื่น ทั้งนี้น่าจะเนื่องจากมีความแห้งของเนื้อขนมมากปานกลาง

ความชอบโดยรวม พบว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ได้ความชอบโดยรวมมากที่สุด เพราะขนมมีความเรียบของพื้นผิวมาก มีสีขาวของเนื้อขนม มีกลิ่นหอมของข้าว มีลักษณะเหนียวติดฟันที่น้อย และมีลักษณะแห้งฝืดคอเล็กน้อย ส่วนขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์คะแนนน้อยลงไม่ต่างกัน และขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลอง พบว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ตารางที่ 4.9) ส่งผลให้ได้รับคะแนนด้านความเรียบของพื้นผิว ความชอบสี ความชอบกลิ่นข้าว ความชอบเนื้อสัมผัสด้านความเหนียว ความชอบเนื้อสัมผัสด้านความแห้ง และความชอบโดยรวมสูงสุด (ตารางที่ 4.12) จึงเลือกแป้งที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ในการผลิตแป้งขนมโก๋

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการศึกษาสภาวะในการเก็บรักษาแป้งขนมโก๋

เมื่อเก็บแป้งขนมโก๋ในสภาวะที่แตกต่างกัน 4 สภาวะคือ บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และบรรจุในถุงพลาสติกไนลอนโดยใช้สภาวะสุญญากาศและในบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32 องศาเซลเซียส) นำมาทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสทุกเดือน เป็นเวลา 6 เดือน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่า p-value ที่ได้จากการศึกษาชนิดของภาชนะกับสภาวะบรรจุ และระยะเวลารวมทั้งอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อค่าสี ค่าความชื้น และค่า TBA ของแป้งขนมโก๋เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 6 เดือน

SOV	p-value				
	L	a	b	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	TBA (มก. มาโลนัลดีไฮด์/กก.)
ระยะเวลา	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
ภาชนะและสภาวะบรรจุ	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
ระยะเวลาxภาชนะและสภาวะบรรจุ	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*

หมายเหตุ * หมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.13 พบว่าปัจจัยหลักที่ศึกษา คือ ระยะเวลาเก็บกับภาชนะและสภาวะบรรจุ รวมทั้งอิทธิพลร่วมของปัจจัยหลักมีผลทำให้ค่าสี ค่าความชื้น และค่า TBA แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลของภาชนะและสภาวะบรรจุต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) ค่าความชื้น และค่า TBA ของแป้งขนมโก๋ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32 องศาเซลเซียส) แสดงในตารางที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลของภาชนะและสภาวะบรรจุต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) ค่าความชื้น และค่า TBA ของแป้งขนมโก๋เมื่อเก็บรักษานาน 6 เดือน

ลักษณะที่วิเคราะห์	ถุงพลาสติกไนลอน		ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	
	บรรยากาศ	สุญญากาศ	บรรยากาศ	สุญญากาศ
L	92.99±1.27^{c}	93.46±0.02^{b}	93.91±0.02^{a}	94.06±0.01^{a}
a	-0.58±0.01^{a}	-0.51±0.01^{b}	-0.47±0.01^{c}	-0.45±0.01^{c}
b	10.02±0.01^{a}	9.18±0.01^{b}	8.95±0.01^{bc}	8.80±0.02^{c}
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	7.89±0.26^{a}	7.71±0.21^{b}	7.77±0.16^{b}	7.57±0.03^{c}
TBA (มก.มาโลนัลดีไฮด์/กก.)	1.10±0.01^{a}	1.03±0.01^{b}	0.99±0.01^{b}	0.90±0.01^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.14 พบว่าแป้งขนมโก๋ที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์จะมีค่าความสว่างมากกว่าแป้งที่บรรจุถุงพลาสติกไนลอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อใช้ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ การบรรจุในสภาวะสุญญากาศหรือบรรยากาศไม่มีผลทำให้ค่าความสว่างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากแสงซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไม่สามารถผ่านเข้าไปได้ แต่เมื่อใช้ถุงพลาสติกไนลอน ในสภาวะสุญญากาศทำให้แป้งมีค่าความสว่างสูงกว่าเมื่อบรรจุในบรรยากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากถุงพลาสติกไนลอนมีลักษณะใสแสงสามารถผ่านเข้าไปได้ โดยแป้งที่บรรจุในบรรยากาศจะมีออกซิเจนหลงเหลืออยู่เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550) จึงทำให้มีค่าความสว่างน้อยกว่า อย่างไรก็ตามความแตกต่างนั้นไม่มากนัก

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a) ซึ่งติดลบ และค่าสีเหลือง (b) ของแป้งขนมโก๋จะมีลักษณะคล้ายกัน คือตัวอย่างที่บรรจุถุงพลาสติกไนลอนจะมีค่าเหล่านี้ต่างจากแป้งที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อใช้ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ การบรรจุในสภาวะสุญญากาศหรือบรรยากาศทำให้ค่าสีแดง (a) ซึ่งติดลบ และค่าสีเหลือง (b) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อใช้ถุงพลาสติกไนลอน การใช้สภาวะสุญญากาศทำให้แป้งมีค่าสีแดง (a) ซึ่งติดลบ และค่าสีเหลือง (b) ต่ำกว่าเมื่อบรรจุในบรรยากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) อย่างไรก็ตามความแตกต่างนั้นไม่มากนัก

ด้านค่าความชื้นของแป้งขนมโก๋ที่บรรจุถุงพลาสติกไนลอนมีค่ามากกว่าแป้งที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ใช้เป็นชนิด PET12/ALU7/PE40 ไมครอน มีอัตราการซึมผ่านของอากาศและไอน้ำน้อยมากและสามารถป้องกันแสงได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับถุงพลาสติกไนลอนที่มีลักษณะใส ไม่สามารถป้องกันแสงและป้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันการซึมผ่านของไอน้ำได้ปานกลาง (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550) เมื่อใช้ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ การบรรจุในสภาวะสุญญากาศทำให้ค่าความชื้นต่ำกว่าเมื่อบรรจุในบรรยากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อใช้ถุงพลาสติกไนลอน การใช้สภาวะสุญญากาศทำให้แป้งมีค่าความชื้นต่ำกว่าเมื่อบรรจุในบรรยากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เช่นเดียวกัน

ด้านค่า TBA ของแป้งขนมโก๋ที่บรรจุในถุงไนลอนมีค่ามากกว่าแป้งที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทั้ง 2 กรณี การบรรจุในสภาวะสุญญากาศทำให้ค่า TBA ต่ำกว่าเมื่อบรรจุในบรรยากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากแสงเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันกับอากาศที่ผ่านเข้าไป เกิดสารประกอบคาร์โบนิล ทำให้เกิดกลิ่นหืน (โชคชัย ธีรกุล, 2539) อย่างไรก็ตามความแตกต่างนั้นไม่มากนัก

ผลของระยะเวลาเก็บต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) ค่าความชื้น และค่า TBA ของแป้งขนมโก๋แสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลของระยะเวลาเก็บต่อค่าสี ค่าความชื้น และค่า TBA ของแป้งขนมโก๋

ระยะเวลา (เดือน)	L	a	b	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	TBA (มก.มาโลนัลดีไฮด์/กก.)
0	94.38±0.01^{a}	-0.35±0.01^{e}	8.55±0.01^{c}	7.54±0.01^{f}	0.82±0.01^{e}
1	94.29±0.09^{a}	-0.37±0.18^{e}	8.62±0.08^{c}	7.56±0.02^{ef}	0.84±0.01^{e}
2	94.12±0.19^{ab}	-0.42±0.03^{d}	8.75±0.15^{c}	7.64±0.08^{de}	0.90±0.04^{d}
3	93.83±0.40^{b}	-0.49±0.04^{c}	8.97±0.25^{c}	7.77±0.13^{d}	0.97±0.06^{c}
4	93.42±0.46^{c}	-0.59±0.09^{b}	9.53±0.66^{b}	7.80±0.18^{c}	1.09±0.12^{b}
5	92.79±0.85^{d}	-0.64±0.10^{a}	10.03±1.12^{a}	7.89±0.21^{b}	1.18±0.14^{a}
6	92.42±1.09^{e}	-0.66±0.12^{a}	10.21±1.23^{a}	7.99±0.25^{a}	1.23±0.17^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.15 พบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น แป้งขนมโก๋จะมีค่าความสว่าง (L) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) หลังจากเก็บตัวอย่างไว้ 2 เดือนจะไม่พบความแตกต่างจากค่าความสว่างของแป้งเมื่อเริ่มเก็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่หลังจากนั้นจะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ทำให้แสงและอากาศผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุมากขึ้น และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ส่วนค่าสีแดง (a) ซึ่งติดลบ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) หลังจากเก็บตัวอย่างไว้ 1 เดือนยังไม่พบความแตกต่างจากค่าของแป้งเมื่อเริ่มเก็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น แสงและอากาศจะผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุมากขึ้น และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ด้านค่าสีเหลือง (b) จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากเก็บตัวอย่างไว้ 3 เดือนยังไม่พบความแตกต่างจากค่าของแป้งเมื่อเริ่มเก็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่หลังจากนั้นจะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ทำให้แสงและอากาศผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุมากขึ้น และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยแสงและอากาศเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้สีผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเปลี่ยนแปลงได้ (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

ด้านค่าความชื้น จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากเก็บตัวอย่างไว้ 1 เดือนยังไม่พบความแตกต่างจากค่าความชื้นของแป้งเมื่อเริ่มเก็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่หลังจากนั้นจะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากตลอดระยะเวลาเก็บความชื้นจากอากาศภายนอกยังสามารถผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุได้และถูกดูดซับไว้ในผลิตภัณฑ์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) เพราะถุงพลาสติกทุกชนิดจะมีค่ารูเข็ม (pin hole) ที่บ่งบอกอัตราการซึมผ่านของอากาศและความชื้น ดังนั้นเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ระยะเวลานานความชื้นซึมผ่านเข้ามาได้

ด้านค่า TBA หลังจากเก็บตัวอย่างไว้ 1 เดือนจะไม่พบความแตกต่างจากค่า TBA ของแป้งเมื่อเริ่มเก็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่จะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแสงและอากาศเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และค่า TBA จะแสดงถึงระดับของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้น (โชคชัย ธีรกุล, 2539) จึงทำให้เกิดกลิ่นหืนมากขึ้น

ผลของอิทธิพลร่วมของการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) ค่าความชื้น และค่า TBA แสดงในตารางที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

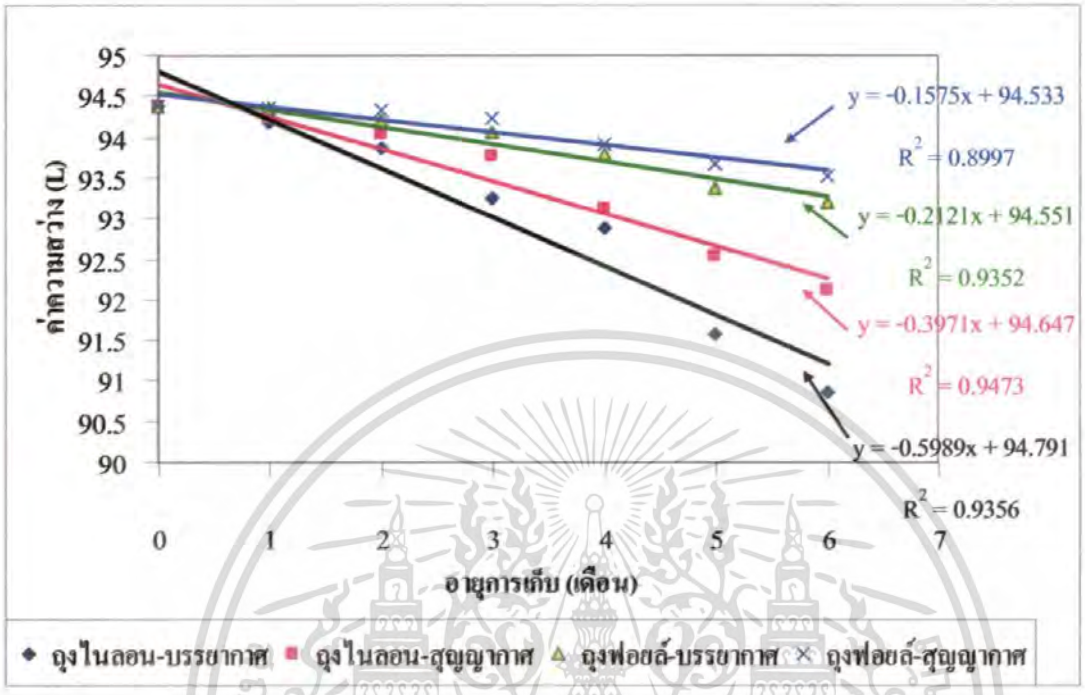
ตารางที่ 4.16 ผลของอิทธิพลร่วมของการใช้ภาชนะและสภาวะบรรจุกับระยะเวลาเก็บต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) ค่าความชื้น และค่า TBA

ลักษณะที่วิเคราะห์	ภาชนะ	สภาวะบรรจุ	ระยะเวลา (เดือน)						
			0^{ns}	1	2	3	4	5	6
ค่าความสว่าง (L)	ถุงพลาสติกไนลอน	บรรยากาศ	94.38±0.02	94.18±0.05^{b}	93.86±0.02^{d}	93.24±0.02^{d}	92.87±0.03^{d}	91.57±0.02^{d}	90.86±0.08^{d}
		สุญญากาศ	94.38±0.02	94.23±0.02^{b}	94.05±0.01^{c}	93.76±0.02^{c}	93.12±0.02^{c}	92.54±0.04^{c}	92.11±0.02^{c}
	ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	บรรยากาศ	94.38±0.02	94.37±0.02^{a}	94.21±0.03^{b}	94.07±0.02^{b}	93.79±0.02^{b}	93.38±0.02^{b}	93.20±0.02^{b}
		สุญญากาศ	94.38±0.02	94.37±0.01^{a}	94.34±0.01^{a}	94.23±0.01^{a}	93.91±0.02^{a}	93.67±0.02^{a}	93.52±0.02^{a}
ค่าสีแดง (a)	ถุงพลาสติกไนลอน	บรรยากาศ	-0.35±0.02	-0.39±0.01^{a}	-0.45±0.02^{a}	-0.54±0.02^{a}	-0.73±0.01^{a}	-0.78±0.01^{a}	-0.83±0.02^{a}
		สุญญากาศ	-0.35±0.02	-0.38±0.01^{ab}	-0.42±0.02^{b}	-0.46±0.02^{c}	-0.57±0.02^{b}	-0.67±0.02^{b}	-0.72±0.02^{b}
	ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	บรรยากาศ	-0.35±0.02	-0.35±0.02^{c}	-0.42±0.02^{b}	-0.50±0.02^{b}	-0.55±0.02^{b}	-0.56±0.01^{c}	-0.57±0.01^{c}
		สุญญากาศ	-0.35±0.02	-0.36±0.01^{bc}	-0.38±0.02^{c}	-0.46±0.02^{c}	-0.52±0.02^{c}	-0.54±0.01^{d}	-0.55±0.01^{c}
ค่าสีเหลือง (b)	ถุงพลาสติกไนลอน	บรรยากาศ	8.55±0.02	8.74±0.02^{a}	8.97±0.02^{a}	9.36±0.02^{a}	10.58±0.04^{a}	11.81±0.02^{a}	12.16±0.07^{a}
		สุญญากาศ	8.55±0.02	8.62±0.02^{b}	8.79±0.02^{b}	8.97±0.02^{b}	9.44±0.03^{b}	9.86±0.03^{b}	10.03±0.03^{b}
	ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	บรรยากาศ	8.55±0.02	8.57±0.01^{c}	8.62±0.02^{c}	8.79±0.02^{c}	9.15±0.03^{c}	9.43±0.02^{c}	9.52±0.02^{c}
		สุญญากาศ	8.55±0.02	8.55±0.01^{c}	8.64±0.03^{c}	8.76±0.03^{d}	8.95±0.02^{d}	9.01±0.03^{d}	9.11±0.02^{d}
ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ถุงพลาสติกไนลอน	บรรยากาศ	7.54±0.01	7.59±0.02^{a}	7.74±0.08^{a}	7.90±0.04^{a}	8.05±0.06^{a}	8.14±0.03^{a}	8.24±0.04^{a}
		สุญญากาศ	7.54±0.01	7.55±0.01^{b}	7.61±0.02^{bc}	7.69±0.09^{b}	7.76±0.03^{b}	7.86±0.03^{c}	7.97±0.04^{c}
	ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	บรรยากาศ	7.54±0.01	7.57±0.02^{ab}	7.65±0.02^{b}	7.68±0.03^{b}	7.82±0.03^{b}	7.97±0.05^{b}	8.13±0.06^{b}
		สุญญากาศ	7.54±0.01	7.55±0.01^{b}	7.55±0.01^{c}	7.56±0.01^{c}	7.57±0.02^{c}	7.60±0.01^{d}	7.61±0.02^{d}
ค่า TBA (มก.มาโลนัลดี-ไฮด์/กก.)	ถุงพลาสติกไนลอน	บรรยากาศ	0.82±0.01	0.85±0.01^{a}	0.93±0.02^{a}	1.04±0.04^{a}	1.24±0.02^{a}	1.36±0.02^{a}	1.45±0.02^{a}
		สุญญากาศ	0.82±0.01	0.85±0.02^{ab}	0.93±0.02^{a}	1.01±0.02^{a}	1.16±0.02^{b}	1.21±0.01^{b}	1.24±0.01^{b}
	ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	บรรยากาศ	0.82±0.01	0.83±0.01^{ab}	0.89±0.02^{b}	0.95±0.02^{b}	1.04±0.02^{c}	1.18±0.02^{c}	1.23±0.01^{b}
		สุญญากาศ	0.82±0.01	0.83±0.01^{b}	0.85±0.01^{c}	0.89±0.01^{c}	0.93±0.02^{d}	0.98±0.01^{d}	1.01±0.02^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันของแต่ละลักษณะที่วิเคราะห์หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

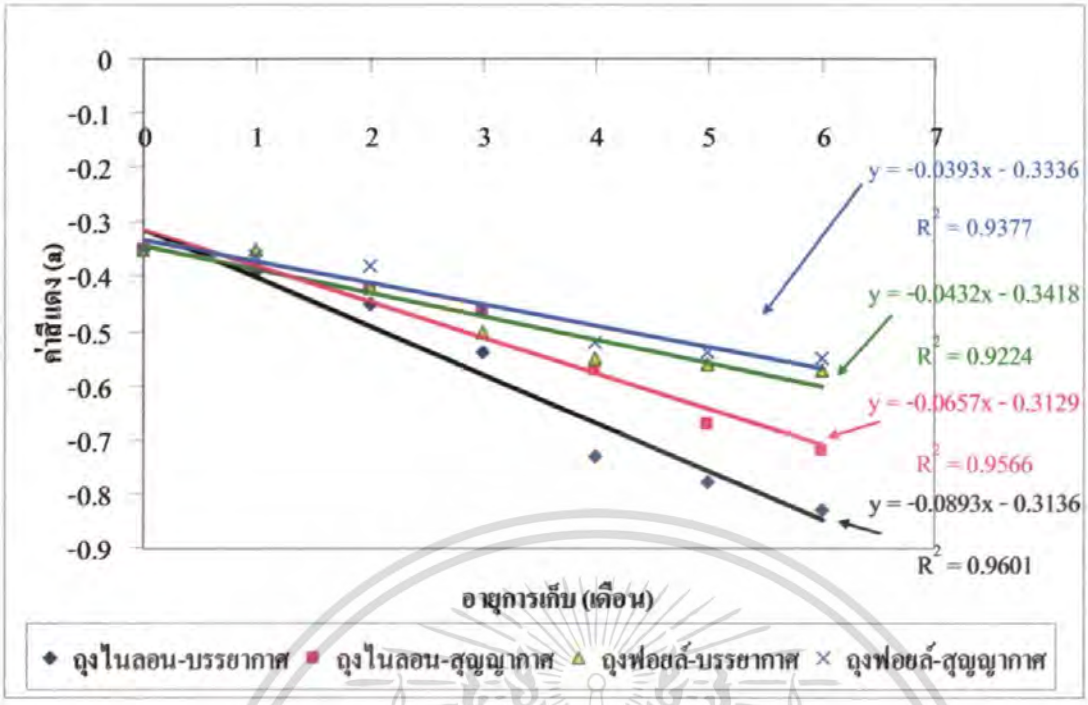
ผลของอิทธิพลร่วมของการใช้ภาชนะและสภาวะบรรจุกับระยะเวลาเก็บต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) ค่าความชื้น และค่า TBA แสดงในรูปที่ 4.1-4.5



รูปที่ 4.1 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บต่อค่าความสว่าง (L) ระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน

จากรูปที่ 4.1 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บมีผลทำให้ค่าความสว่าง (L) ของแป้งขนมโก๋มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราเร็วต่ำกว่าการเก็บในถุงพลาสติกไนลอน เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการเก็บในภาชนะบรรจุชนิดเดียวกัน การเก็บในสภาวะสุญญากาศมีแนวโน้มทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าเก็บในบรรยากาศ

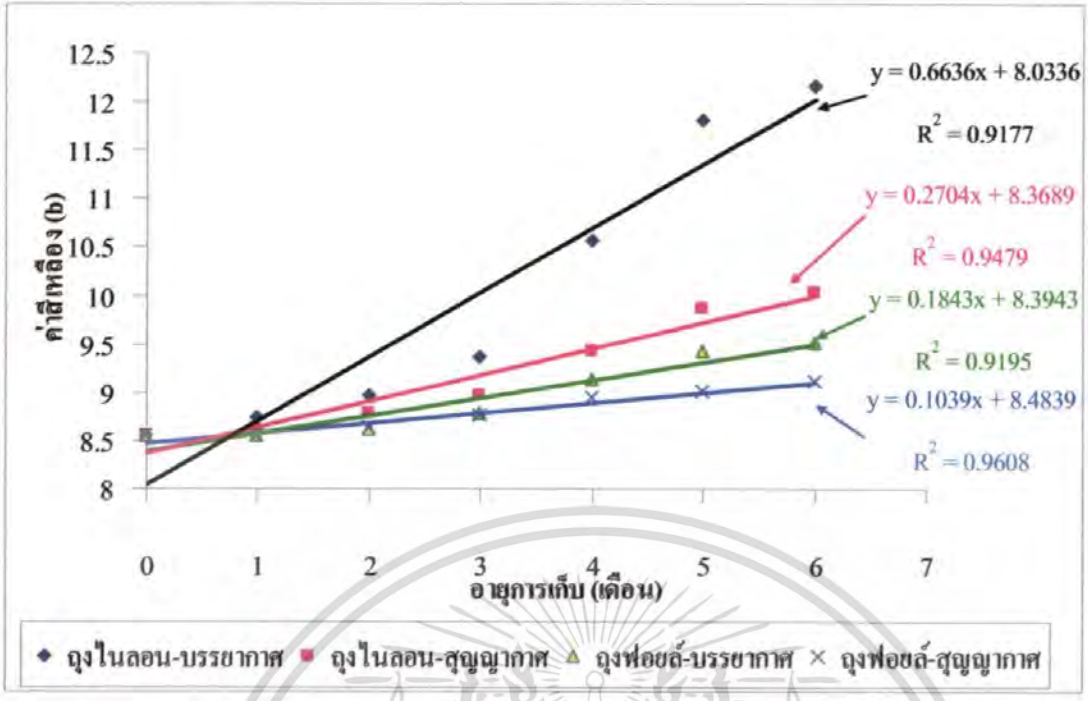
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บต่อค่าสีแดง(a) ระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน

จากรูปที่ 4.2 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บมีผลทำให้ค่าสีแดง (a) ซึ่งติดลบของแป้งขนมโก๋มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราเร็วต่ำกว่าการเก็บในถุงพลาสติกไนลอน เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการเก็บในภาชนะบรรจุชนิดเดียวกัน การเก็บในสภาวะสุญญากาศมีแนวโน้มทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าเก็บในบรรยากาศ

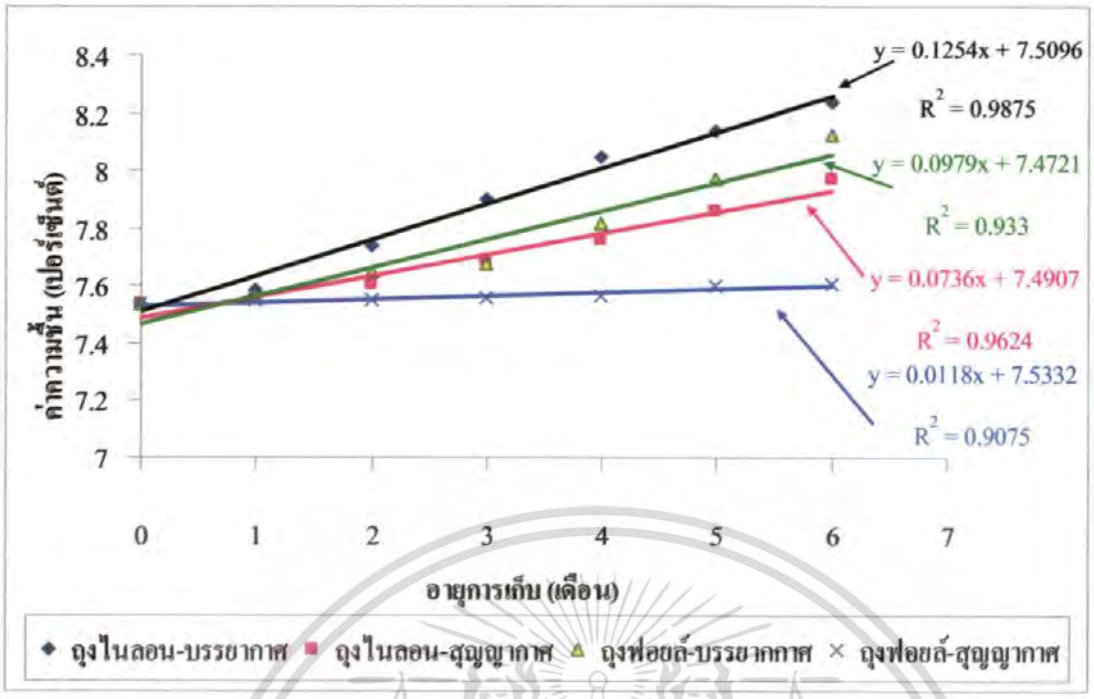
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บต่อค่าสีเหลือง (b) ระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน

จากรูปที่ 4.3 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บมีผลทำให้ค่าสีเหลือง (b) ของแป้งขนมโก๋มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราเร็วต่ำกว่าการเก็บในถุงพลาสติกไนลอน เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการเก็บในภาชนะบรรจุชนิดเดียวกัน การเก็บในสภาวะสุญญากาศมีแนวโน้มทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าเก็บในบรรยากาศ

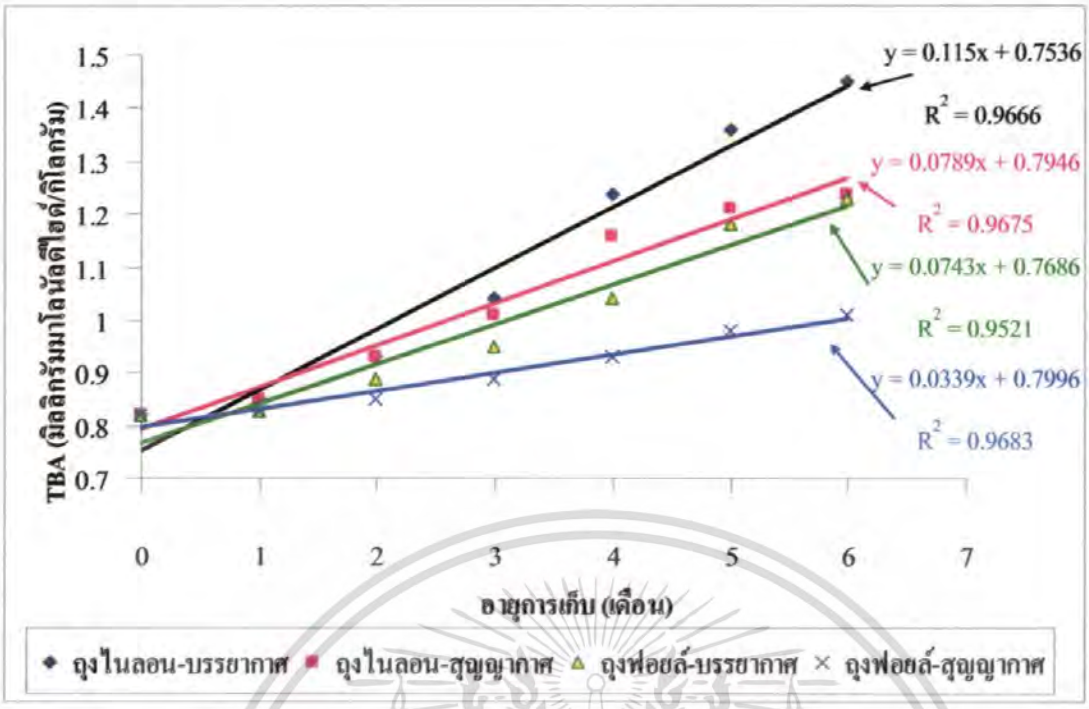
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บต่อค่าความชื้นระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน

จากรูปที่ 4.4 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บมีผลทำให้ค่าความชื้นของแป้งขนมโก๋มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราเร็วต่ำกว่าการเก็บในถุงพลาสติกไนลอน เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการเก็บในภาชนะบรรจุชนิดเดียวกัน การเก็บในสภาวะสุญญากาศมีแนวโน้มทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าเก็บในบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บต่อค่า TBA ระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน

จากรูปที่ 4.5 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาเก็บมีผลทำให้ค่า TBA ของแป้งขนมโก๋มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราเร็วต่ำกว่าการเก็บในถุงพลาสติกไนลอน เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการเก็บในภาชนะบรรจุชนิดเดียวกัน การเก็บในสภาวะสุญญากาศมีแนวโน้มทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าเก็บในบรรยากาศ

4.5.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

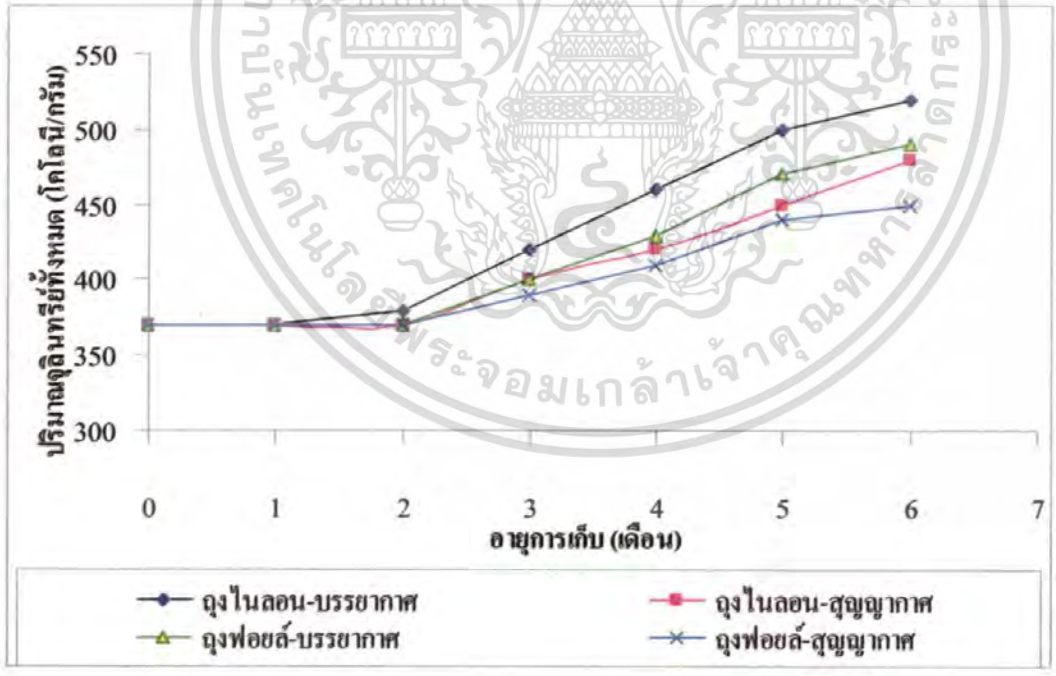
เมื่อเก็บแป้งขนมโก๋ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และบรรจุในถุงพลาสติกไนลอนโดยใช้สภาวะสุญญากาศและในบรรยากาศปกติไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6 เดือน ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แสดงในตารางที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแป้งขนมโก๋เมื่อเก็บในภาชนะและสภาวะต่างกันเป็นเวลา 6 เดือน

ระยะเวลา (เดือน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)			
	ถุงพลาสติกไนลอน		ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	
	บรรยากาศ	สุญญากาศ	บรรยากาศ	สุญญากาศ
0	$3.7x10^2$	$3.7x10^2$	$3.7x10^2$	$3.7x10^2$
1	$3.7x10^2$	$3.7x10^2$	$3.7x10^2$	$3.7x10^2$
2	$3.8x10^2$	$3.7x10^2$	$3.7x10^2$	$3.7x10^2$
3	$4.2x10^2$	$4.0x10^2$	$4.0x10^2$	$3.9x10^2$
4	$4.6x10^2$	$4.2x10^2$	$4.3x10^2$	$4.1x10^2$
5	$5.0x10^2$	$4.5x10^2$	$4.7x10^2$	$4.4x10^2$
6	$5.2x10^2$	$4.8x10^2$	$4.9x10^2$	$4.5x10^2$

เมื่อนำค่าจากตารางที่ 4.17 มาเขียนกราฟ จะได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ผลของการใช้ภาชนะและสภาวะบรรจุกับระยะเวลาเก็บต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแป้งขนมโก๋

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.6 พบว่าการใช้ภาชนะกับสภาวะบรรจุและระยะเวลาการเก็บแป้งขนมโก๋มีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของแป้งขนมโก๋มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเริ่มตั้งแต่เดือนที่ 2 โดยการเก็บในบรรยากาศจะมีอัตราการเพิ่มของจุลินทรีย์สูงกว่าเมื่อเก็บในสุญญากาศ และการใช้ถุงพลาสติกไนลอนจะมีอัตราการเพิ่มของจุลินทรีย์สูงกว่าเมื่อเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ แป้งที่เก็บในถุงพลาสติกไนลอนในบรรยากาศจะมีอัตราการเพิ่มของปริมาณจุลินทรีย์สูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากอาจยังมีอากาศเหลืออยู่ ทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนสามารถเจริญเติบโตได้ ส่วนแป้งขนมโก๋ที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ในสภาวะสุญญากาศมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการซึมผ่านของอากาศได้ดี ในสภาวะสุญญากาศมีออกซิเจนต่ำทำให้ไม่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ส่วนมาก (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2545)

4.5.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของการเก็บแป้งขนมโก๋ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และบรรจุในถุงพลาสติกไนลอนโดยใช้สภาวะสุญญากาศและในบรรยากาศปกติไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 32 องศาเซลเซียส) โดยนำมาผลิตเป็นขนมโก๋และทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับขนมโก๋จากแป้งผลิตใหม่ทุกเดือน เป็นเวลา 6 เดือน ได้ผลดังตารางที่ 4.18

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งขนมโก๋ต่อภาชนะกับสภาวะบรรจุต่าง ๆ และระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	คะแนนทางประสาทสัมผัส				
		ขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่	ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงไนลอนบรรยากาศ	ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงไนลอนสุญญากาศ	ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์บรรยากาศ	ผลิตจากแป้งเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ
ความเรียบของพื้นผิว	1[ns]	5.40±0.25	5.40±0.23	5.40±0.23	5.40±0.22	5.40±0.24
	2[ns]	5.28±0.20	5.26±0.20	5.27±0.20	5.27±0.21	5.27±0.19
	3[ns]	5.26±0.28	5.19±0.28	5.22±0.27	5.21±0.26	5.24±0.25
	4	5.33±0.28[a]	5.09±0.30[c]	5.17±0.28[b]	5.16±0.28[b]	5.21±0.27[b]
	5	5.29±0.25[a]	5.01±0.27[d]	5.14±0.24[bc]	5.09±0.25[c]	5.19±0.26[b]
	6	5.34±0.22[a]	4.93±0.32[d]	5.14±0.27[b]	5.02±0.28[c]	5.16±0.26[b]
สีขาวของเนื้อขนม	1[ns]	5.22±0.27	5.20±0.30	5.21±0.29	5.21±0.31	5.22±0.27
	2[ns]	5.21±0.29	5.15±0.31	5.17±0.30	5.17±0.32	5.18±0.29
	3	5.24±0.30[a]	5.10±0.31[c]	5.11±0.30[c]	5.15±0.31[bc]	5.18±0.32[b]
	4	5.21±0.30[a]	5.02±0.32[c]	5.05±0.32[c]	5.12±0.31[b]	5.14±0.32[b]
	5	5.22±0.27[a]	4.88±0.30[c]	4.93±0.29[c]	5.11±0.28[b]	5.12±0.29[b]
	6	5.22±0.31[a]	4.73±0.28[c]	4.79±0.29[c]	5.02±0.29[b]	5.09±0.30[b]
กลิ่นข้าว	1[ns]	5.59±0.35	5.57±0.30	5.58±0.31	5.58±0.31	5.59±0.34
	2[ns]	5.50±0.28	5.45±0.23	5.46±0.24	5.46±0.25	5.46±0.26
	3	5.54±0.28[a]	5.32±0.24[c]	5.40±0.25[b]	5.37±0.24[bc]	5.42±0.26[b]
	4	5.47±0.23[a]	5.20±0.23[d]	5.36±0.23[bc]	5.33±0.23[c]	5.40±0.24[b]
	5	5.52±0.25[a]	5.14±0.20[e]	5.32±0.20[c]	5.22±0.20[d]	5.37±0.22[b]
	6	5.49±0.28[a]	4.86±0.21[e]	5.11±0.18[c]	4.96±0.19[d]	5.33±0.26[b]
กลิ่นหืน	1[ns]	1.20±0.18	1.25±0.21	1.23±0.19	1.23±0.20	1.23±0.16
	2[ns]	1.25±0.17	1.30±0.18	1.28±0.17	1.28±0.18	1.25±0.15
	3	1.26±0.17[b]	1.33±0.19[a]	1.31±0.18[a]	1.31±0.19[a]	1.27±0.16[b]
	4	1.29±0.18[c]	1.61±0.34[a]	1.45±0.24[b]	1.52±0.30[b]	1.35±0.21[c]
	5	1.27±0.16[d]	1.75±0.41[a]	1.57±0.33[b]	1.64±0.37[b]	1.42±0.30[c]
	6	1.29±0.17[d]	1.95±0.41[a]	1.71±0.32[b]	1.79±0.33[b]	1.55±0.32[c]

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บ(เดือน)	คะแนนทางประสาทสัมผัส				
		ขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่	ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงไนลอนบรรยากาศ	ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงไนลอนสุญญากาศ	ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์บรรยากาศ	ผลิตจากแป้งเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ
ลักษณะเหนียวติดฟัน	1[ns]	4.83±0.33	4.86±0.35	4.85±0.33	4.85±0.33	4.84±0.32
	2[ns]	4.85±0.34	4.87±0.34	4.86±0.33	4.87±0.34	4.85±0.33
	3[ns]	4.81±0.47	4.95±0.44	4.87±0.45	4.88±0.44	4.86±0.47
	4[ns]	4.90±0.37	5.03±0.41	4.98±0.39	4.98±0.39	4.94±0.38
	5	4.87±0.37[d]	5.24±0.34[a]	5.10±0.35[b]	5.11±0.34[b]	4.99±0.34[c]
	6	4.88±0.40[d]	5.37±0.25[a]	5.20±0.28[b]	5.21±0.26[b]	5.11±0.31[c]
ลักษณะแห้งฝืดคอ	1[ns]	5.81±0.32	5.75±0.32	5.78±0.31	5.77±0.31	5.80±0.32
	2[ns]	5.77±0.29	5.71±0.30	5.75±0.28	5.74±0.28	5.77±0.29
	3[ns]	5.71±0.30	5.66±0.30	5.69±0.29	5.69±0.29	5.70±0.31
	4	5.80±0.31[a]	5.53±0.28[d]	5.67±0.28[bc]	5.62±0.28[c]	5.72±0.30[b]
	5	5.75±0.26[a]	5.35±0.35[d]	5.53±0.29[bc]	5.47±0.33[c]	5.57±0.30[b]
	6	5.77±0.29[a]	5.13±0.30[d]	5.29±0.31[bc]	5.24±0.31[c]	5.38±0.30[b]
ความชอบโดยรวม	1[ns]	5.69±0.34	5.65±0.35	5.65±0.33	5.65±0.31	5.67±0.33
	2[ns]	5.62±0.34	5.57±0.33	5.58±0.31	5.58±0.31	5.59±0.34
	3[ns]	5.59±0.31	5.53±0.31	5.54±0.29	5.54±0.30	5.55±0.32
	4	5.62±0.23[a]	5.35±0.21[e]	5.41±0.21[d]	5.49±0.22[c]	5.54±0.22[b]
	5	5.48±0.26[a]	4.99±0.36[e]	5.16±0.35[d]	5.25±0.32[c]	5.34±0.31[b]
	6	5.55±0.23[a]	4.78±0.41[e]	4.94±0.39[d]	5.11±0.38[c]	5.22±0.39[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.18 **ด้านความเรียบของพื้นผิว** พบว่า เมื่อเก็บแป้งไว้ 3 เดือน คะแนนที่ได้ของตัวอย่างขนมโก๋ทุกตัวอย่างที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ในภาชนะบรรจุและสภาวะบรรจุต่างกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่ แต่เมื่อเวลาเก็บเพิ่มเป็น 4 เดือนขึ้นไป คะแนนของตัวอย่างขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ทุกตัวอย่างจะต่างจากคะแนนของขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแป้งที่เก็บในภาชนะบรรจุและสภาวะที่ต่างกัน จะเห็นว่าขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์จะได้คะแนนมากกว่าที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงพลาสติกไนลอน นอกจากนั้น การเก็บในสภาวะสุญญากาศก็จะทำให้ขนมโก๋ได้คะแนนสูงกว่าเมื่อเก็บในบรรยากาศ

สีขาวของเนื้อขนม พบว่า เมื่อเก็บแป้งไว้ 2 เดือน คะแนนที่ได้ของตัวอย่างขนมโก๋ทุกตัวอย่างที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ในภาชนะบรรจุและสภาวะบรรจุต่างกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่ แต่เมื่อเวลาเก็บเพิ่มเป็น 3 เดือนขึ้นไป คะแนนของตัวอย่างขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ทุกตัวอย่างจะต่างจากคะแนนของขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแป้งที่เก็บในภาชนะบรรจุและสภาวะที่ต่างกัน จะเห็นว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์จะได้คะแนนมากกว่าที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงพลาสติกไนลอน แต่การเก็บในสภาวะที่ต่างกันไม่ทำให้ได้รับคะแนนต่างกัน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากขนมโก๋มีสีขาวของเนื้อขนมแตกต่างกับขนมโก๋จากแป้งผลิตใหม่น้อยกว่า

กลิ่นข้าว พบว่า เมื่อเก็บแป้งไว้ 2 เดือน คะแนนที่ได้ของตัวอย่างขนมโก๋ทุกตัวอย่างที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ในภาชนะบรรจุและสภาวะบรรจุต่างกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่ แต่เมื่อเวลาเก็บเพิ่มเป็น 3 เดือนขึ้นไป คะแนนของตัวอย่างขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ทุกตัวอย่างจะต่างจากคะแนนกับขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแป้งที่เก็บในภาชนะบรรจุและสภาวะที่ต่างกัน จะเห็นว่าขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ได้คะแนนมากกว่าที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงพลาสติกไนลอน การเก็บในสภาวะสุญญากาศจะทำให้ขนมโก๋ได้คะแนนสูงกว่าเมื่อเก็บในบรรยากาศ

กลิ่นหืน พบว่า เมื่อเก็บแป้งไว้ 2 เดือน คะแนนที่ได้ของตัวอย่างขนมโก๋ทุกตัวอย่างที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ในภาชนะบรรจุและสภาวะบรรจุต่างกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่ แต่เมื่อเวลาเก็บเพิ่มเป็น 3 เดือนขึ้นไป คะแนนของตัวอย่างขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ทุกตัวอย่างจะต่างจากคะแนนของขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแป้งที่เก็บในภาชนะบรรจุและสภาวะที่ต่างกัน จะเห็นว่าขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงพลาสติกไนลอนมีกลิ่นหืนมากกว่าที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในอะลูมิเนียมฟอยล์ และการเก็บในสภาวะบรรยากาศจะทำให้ขนมโก๋มีกลิ่นหืนมากกว่าเมื่อเก็บใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุญญากาศ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก แป้งขนมโก๋ที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สภาวะสุญญากาศมีค่า TBA น้อย (ตารางที่ 4.16)

ลักษณะเหนียวติดฟัน พบว่า เมื่อเก็บแป้งไว้ 4 เดือน คะแนนที่ได้ของตัวอย่างขนมโก๋ทุกตัวอย่างที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ในภาชนะบรรจุและสภาวะบรรจุต่างกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่ แต่หลังจากเก็บเป็นเวลา 5 เดือนขึ้นไป คะแนนของตัวอย่างที่ทำจากแป้งที่เก็บไว้ทุกตัวอย่างจะต่างจากคะแนนของขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแป้งที่เก็บในภาชนะบรรจุและสภาวะที่ต่างกัน จะเห็นว่าขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงพลาสติกไนลอนได้คะแนนมากกว่าที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ นอกจากนั้น การเก็บในสภาวะบรรยากาศก็จะทำให้ขนมโก๋ได้คะแนนสูงกว่าเมื่อเก็บในสุญญากาศ

ลักษณะแห้งฝืดคอ พบว่า เมื่อเก็บแป้งไว้ 3 เดือน คะแนนที่ได้ของตัวอย่างขนมโก๋ทุกตัวอย่างที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ในภาชนะบรรจุและสภาวะบรรจุต่างกันไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่ แต่เมื่อเวลาเก็บเพิ่มเป็น 4 เดือนขึ้นไป คะแนนของตัวอย่างขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ทุกตัวอย่างจะต่างจากคะแนนของขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแป้งที่เก็บในภาชนะบรรจุและสภาวะที่ต่างกัน จะเห็นว่าขนมโก๋ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์จะได้คะแนนมากกว่าที่ทำจากแป้งที่เก็บในถุงพลาสติกไนลอน นอกจากนั้น การเก็บในสภาวะสุญญากาศก็จะทำให้ขนมโก๋ได้คะแนนสูงกว่าเมื่อเก็บในบรรยากาศ

ความชอบโดยรวม พบว่า เมื่อเก็บแป้งไว้ 3 เดือน คะแนนที่ได้ของตัวอย่างขนมโก๋ทุกตัวอย่างที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ในภาชนะบรรจุและสภาวะบรรจุต่างกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่ แต่เมื่อเวลาเก็บเพิ่มเป็น 4 เดือนขึ้นไป คะแนนของตัวอย่างขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ทุกตัวอย่างจะต่างจากคะแนนของขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแป้งที่เก็บในภาชนะบรรจุและสภาวะที่ต่างกัน จะเห็นว่าขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์จะได้คะแนนมากกว่าที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงพลาสติกไนลอน นอกจากนั้น การเก็บในสภาวะสุญญากาศก็จะผลิตให้ขนมโก๋ได้คะแนนสูงกว่าเมื่อเก็บในบรรยากาศ

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลอง พบว่าเมื่อเก็บรักษาแป้งในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สภาวะสุญญากาศ มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี ความชื้น และค่า TBA น้อยที่สุด (ตารางที่ 4.16) ส่งผลให้มีความเรียบของพื้นผิว สีขาว กลิ่นข้าว กลิ่นหืน ลักษณะเหนียวติดฟัน ลักษณะแห้งฝืดคอ และความชอบโดยรวม (ตารางที่ 4.18) ใกล้เคียงกับขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่มากที่สุด จึงควรเลือกเก็บรักษาแป้งขนมโก๋ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สภาวะสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. ลักษณะที่ดีของขนมโก๋นั้นจะต้องมีสีและกลิ่นหอมที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ แป้งต้องแห้ง ร่วน คงรูปตามแบบพิมพ์ที่ใช้ เป็นเนื้อเดียวกัน มีความหนืดเล็กน้อย

2. การศึกษาผลของเวลาแช่เมล็ดข้าวเหนียว กข 6 ก่อนผลิตแป้งขนมโก๋โดยใช้เวลา 1 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่าระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวก่อนให้ความร้อน ความชื้นของแป้ง ระดับการเกิดเจลาทิไนซ์ และค่าสีเหลืองของแป้งเพิ่มขึ้น เมื่อนำแป้งที่ได้ไปผลิตขนมโก๋ พบว่า ค่าความแข็ง การแตกเปราะ การเกาะติดพื้นผิว ความหยุ่น ความสามารถเกาะรวมตัวกัน ความเหนียว และความทนต่อการเคี้ยวซึ่งวัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัสจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาแช่ข้าวเพิ่มขึ้น แป้งที่ได้จากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ 1 ชั่วโมงจะเกิดเจลาทิไนซ์ 72.30 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋ที่ทำจากแป้งนี้จะได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เนื่องจากมีความเรียบของพื้นผิวมากที่สุด มีสีขาวของเนื้อขนมมากกว่า มีกลิ่นหอมของข้าวที่มาก มีลักษณะเหนียวติดฟันน้อย และมีลักษณะแห้งร่วนเป็นลักษณะเด่นของขนมโก๋

3. การศึกษาผลของขนาดของแป้ง โดยบดข้าวให้มีขนาดต่างกัน คือ 80-100 100-120 และมากกว่า 120 เมช พบว่าเมื่อแป้งมีขนาดเล็กลงจะมีความสว่างขึ้น และค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัสคือ ค่าความแข็ง การแตกเปราะ การเกาะติดพื้นผิว ความสามารถเกาะรวมตัวกัน ความเหนียว และความทนต่อการเคี้ยวจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ยกเว้นค่าความหยุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ขนาด 100-120 เมชเป็นขนาดที่เหมาะสม เมื่อนำไปทำขนมโก๋จะได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เนื่องจากมีความเรียบของพื้นผิวมากปานกลาง มีสีขาวของเนื้อขนมที่มาก มีกลิ่นหอมของข้าว มีลักษณะเหนียวติดฟันที่ปานกลาง มีลักษณะแห้งฝืดคอที่ปานกลาง

4. การศึกษาผลการใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน คือ 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวเหนียว พบว่าการทดแทนด้วยข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ความชื้นของแป้งลดลง แป้งมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น และค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของขนมโก๋ คือ ค่าความแข็ง การแตกเปราะ การเกาะติดพื้นผิว ความสามารถเกาะรวมตัวกัน ความเหนียว และความทนต่อการเคี้ยวลดลง ยกเว้นค่าความหยุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) การใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักจะมีปริมาณอะไมโลส 12.14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาทำขนมโก๋แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าได้รับคะแนนความชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยรวมมากที่สุด เนื่องจากปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยนั้นทำให้ขนมโก๋มีลักษณะเหนียวติดฟันลดลง ทำให้ขนมโก๋เคี้ยวง่ายขึ้น

5. การศึกษาสภาวะการเก็บรักษาแป้งขนมโก๋โดยเก็บในสภาวะต่างกัน 4 สภาวะคือ บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และถุงพลาสติกไนลอน โดยใช้สภาวะสุญญากาศและในบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า การเก็บรักษาแป้งในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ในสภาวะสุญญากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านค่าสี ความชื้น และค่า TBA น้อยที่สุด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโก๋ระหว่างเก็บ พบว่า หลังจากเก็บแป้งไว้ 3 เดือน คะแนนที่ได้ของขนมโก๋ทุกตัวอย่างที่ผลิตจากแป้งที่เก็บไว้ในภาชนะบรรจุและสภาวะบรรจุต่างกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่ แต่เมื่อเวลาเก็บเพิ่มเป็น 4 เดือนขึ้นไป คะแนนจะเริ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแป้งที่เก็บในภาชนะบรรจุและสภาวะที่ต่างกัน จะเห็นว่าขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์จะได้คะแนนมากกว่าที่ผลิตจากแป้งที่เก็บในถุงพลาสติกไนลอน นอกจากนั้นการเก็บในสภาวะสุญญากาศจะทำให้ขนมโก๋ได้คะแนนสูงกว่าเมื่อเก็บในบรรยากาศ เนื่องจากมีความเรียบของพื้นผิว สีขาว กลิ่นข้าว กลิ่นหืน ลักษณะเหนียวติดฟัน และลักษณะแห้งผิดคอ ใกล้เคียงกับขนมโก๋จากแป้งที่ผลิตใหม่มากกว่าสภาวะอื่นที่สุด

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้เน้นการศึกษาปัจจัยของกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาที่มีผลต่อขนมโก๋ ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจจะมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมโก๋โดยเพิ่มผงผลไม้แห้งในแป้งขนมโก๋ หรือในขั้นตอนการแช่ข้าวเหนียวอาจทดลองใช้น้ำผลไม้แทนน้ำเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของขนมโก๋

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กมลวรรณ แจ้งชัด. 2543. **เอกสารประกอบการสอนวิชาการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร I: การประเมินคุณภาพทางเคมี.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553. **ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม.** กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2541. **การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105.** โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2544. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีการเพาะปลูก 2535-2544.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2544. **กรรมวิธีการผลิตแป้ง.** กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. **เอกสารคำสอนเทคโนโลยีแป้ง.** ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน, กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน, กรุงเทพฯ.

กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2537. **การผลิตและการตลาดข้าว.** เอกสารเศรษฐกิจการเกษตร เลขที่ 52/2537. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คำรบ สมะวรรธนะ. 2546. "ผลของการเจลาทิไนเซชันและรีโทรกราเดชันต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวจากข้าว". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

งามชื่น คงเสรี. 2541. **ผลิตภัณฑ์อาหาร.** เอกสารการสอนชุดวิชาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

งามชื่น คงเสรี. 2545. **คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี, กิติยา กิจควรดี, ละม้ายมาศ ยังสุข, สุนันทา วงศ์ปิยชน และ อนุวัฒน์ รัตนชัย. 2545. **คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย.** จิรวัฒน์เอ็กซ์เพรส, กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี. 2546. **ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. **การบรรจุอาหาร.** เอส.พี.เอ็ม, กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จันทร ทศานนท์. 2535. **อาหารไทย.** ภาควิชาอาหารและโภชนาการ คณะคหกรรมศาสตร์วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา, กรุงเทพฯ.

โชคชัย ธีรกุล. 2539. **การถนอมอาหารและการแปรรูปอาหารด้วยวิธีการทำแห้ง.** เอกสารการสอนชุด วิชาการถนอมอาหารและการแปรรูปอาหาร หน่วยที่ 8. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ญาณิศา รัตอาภา. 2536. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งกล้วย." **วารสารอาหาร.** 3(3) : 197-208.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2537. **การชิมอาหาร : ทฤษฎีและวิธีการปฏิบัติ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย สุวรรณสิชฌน์. 2535. "การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำผสมแป้งมันสำปะหลังชนิดพรีเจลาทิไนซ์." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตปานนท์. 2539. **เคมีอาหาร.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร.** โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตปานนท์. 2549. **เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2.** โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ประกาศกระทรวงพาณิชย์. 2540. **มาตรฐานสินค้าข้าว.** กระทรวงพาณิชย์, กรุงเทพฯ.

พิณทิพย์ รัมภกาภรณ์ . 2547. " การดัดแปรแป้งข้าวโดยการใช้ความร้อนร่วมกับความชื้น." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2539. **คาร์โบไฮเดรต.** เอกสารการสอนชุดวิชา เคมีและจุลชีววิทยาของอาหาร หน่วยที่ 1-5. คณะคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2541. **วิศวกรรมอาหาร หน่วยปฏิบัติการในอุตสาหกรรม.** เอกสารการสอนชุด วิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศรีวัฒนา พงศ์วรินทร์. 2547. **อาหารจีน.** วิทยาลัยสารพัดช่างสี่พระยา สาขาเอี่ยมละออ, กรุงเทพฯ.

สมบัติ พลายน้อย. 2542. **ประเพณีจีนรวมขนบธรรมเนียมวัฒนธรรม.** เยลโล่การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สายฝน โมราถบ. 2546. "การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแป้งกล้วยพรีเจลลาทิไนซ์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สิริรัตน์ จำปาเงิน บัณฑิตวิทยาลัย. 2547. "การประยุกต์วิธีวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและความหนืดเพื่อทำนายการปลอมปนในข้าวขาวดอกมะลิ 105 การจัดกลุ่มอะไมโลสและอายุการเก็บรักษาของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าว." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมโก๋.** มผช.116/2546. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2548. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวเหนียว.** มอก.639/2548. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล. 2550. **หลักการประกอบอาหาร.** ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลับเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538. **เคมีทางธัญญาหาร.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว : วิทยาสาสตร์และเทคโนโลยี.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Anderson, A.K. , Guraya, H. S. and Chapange, E.T. 2001 . Digestibility and pasting properties of microwave heat – moisture treated rice starch. **J. Food Chem.** . 97(2) : 318-323.

AOAC. 2000. **Official method of analysis of association of official analytical chemists.** 17th ed. Gaithersburg. Maryland.

Bourne, M.C. 1982. **Food Texture and Viscosity.** Academic Press. New York. 330 p.

Gallard, T. 1987 . **Starch : Properties and potential** . John Wiley and Sons . New York. 150 p.

Guraya , H.S. and Toledo, R.T. 1993 . Determine gelatinized starch in a dry starchy product . **J. Food Sci** . 58(4) : 888-889 , 898.

Jones, N.R. 1977. Uses of gelatin in edible products, pp. 365-394. In Courts A. and Ward A.G., eds. **The Science and Technology of Gelatin.** Academic Press. London.

Juliano, B.O., Perez, C.M., Blankenny, A.B., Castillo, T., Konkseree, N., Laignelet, B., Lapis, E.T., Murty, V.S., Paule, CM. and Webb, B.D. 1981. International Cooperative Testing on the Amylose Content of Milled Rice. **Starch/stärke.** 33(5) : 157-162.

Kirk, R.S. and Sawyer, R. 1991. **Person's composition and analysis of food.** Long man Scientific and Technical. Middlesex.

Lyon, B.G., Champagne, E.T., Vinyard, B.T. and Windham, W.R. 2000. Sensory and instrumental relationships of cooked rice from selected cultivars and postharvest handling practices. **Cereal Chem.** 77(1): 64-69.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sair, L. 1964. **Heat-moisture treatment of starches.** In R.L. Whistler, R.J. Smith, and J.N. BeMiller (Eds.). Methods in Carbohydrate Chemistry Vol.4. Starch. Academic Press Inc. New York. pp. 283-285.

Stenvert, N.L. and Kingswood, K. 1977. The influence of the physical structure of the protein matrix on wheat hardness. **J. Sci. Food Agric.** 28: 11-19.

Swinkels, J.M. 1985. Sources of starch, its chemistry and physics. **Starch Conversion Technology.** Marcel Dekker Inc. New York . pp. 15-45.

Whistler, R.L. and Daniel, J.R. 1984. **Molecular structure of starch.** In R.L. Whistler, R.J. Smith, and J.N. BeMiller (Eds.). Starch : Chemistry and Technology. Florida : Academic Press Inc. pp. 153-178.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Monita chroma meter

เครื่องมือ

Monita chroma meter, CR 400 series

วิธีการ

วัดสีของผลิตภัณฑ์โดยใส่ตัวอย่างในภาชนะ ทำการวัด ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือคือ ค่า L a และ b โดยที่

ค่า L แทนค่าความสว่าง มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงสีดำ และค่าเท่า 100 หมายถึงสีขาว

ค่า a แทนค่าสีแดง คือ (+) แทนค่าสีแดง (-) แทนค่าสีเขียว

ค่า b แทนค่าสีเหลือง คือ (+) แทนค่าสีเหลือง (-) แทนค่าสีน้ำเงิน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

เครื่องมือ

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, รุ่น TA-XT2i)

วิธีการทดลอง

1. ทำการ Calibrate Force ก่อนการวัดทุกครั้ง
2. ประกอบชุดเครื่องมือกด ใช้หัว Probe ทรงกระบอก P/0.5R
3. ทำการCalibrate Probe ก่อนการวัด
4. เลือกรูปแบบการวัดดังนี้

Test Mode and Option	:	TPA
Pre Test Speed	:	3.0 mm/s
Test Speed	:	10.0 mm/s
Post Test Speed	:	5.0 mm/s
Distance	:	60 %
Time	:	5 Second
Type	:	Auto
Force	:	10 g
Detect	:	Off
Unit	:	Distance = %Strain

5. วางชิ้นขนมบนฐานเรียบ เมื่อเริ่มการวัดเครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงกราฟที่วัด จากนั้นตั้งคำสั่งให้โปรแกรมทำการคำนวณหาค่า TPA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ texture analyser วัดค่าเนื้อสัมผัสแบบ TPA (Texture Profile Analysis)

1. เปิดเครื่อง เข้าไปที่ไอคอน Texture Expert กดปุ่ม OK

2. เข้าหน้าจอโปรแกรมเลือก T.A. และเลือก calibration force

3. เข้าหน้าจอ Force calibration กดปุ่ม OK เครื่องจะเตือนให้นำตุ้มน้ำหนักขนาด 5 กิโลกรัม มาวางบนตำแหน่ง calibration plateform กดปุ่ม OK เครื่องจะทำการ calibrate เมื่อ calibrate เรียบร้อย กดปุ่ม OK

4. นำ probe ที่ต้องการใช้ใส่ที่ตำแหน่งใส่ probe ของเครื่องให้เรียบร้อย (โดยการจะเลือก probe นั้นต้องให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ซึ่งดูได้จากคู่มือการใช้เครื่องหรือในหน้าจอโปรแกรมไปที่ Help ดูที่ Application guide เข้าไปอ่านรายละเอียดในผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่กำลังต้องการวัดเนื้อสัมผัส) ทำการ calibration probe โดยเลือก T.A. เลือก calibrate probe มาที่หน้าต่าง probe height calibration ตั้งค่าความสูงของ probe เช่นถ้าความหนาของผลิตภัณฑ์หนาประมาณ 5 เซนติเมตร ควรตั้งค่าความสูงเป็น 55 มิลลิเมตร มีข้อแม้ว่าถ้าตัวอย่างอยู่ในภาชนะ เช่น บีกเกอร์ ก็ต้องใช้บีกเกอร์ขนาดนั้น ๆ ทำการ calibrate probe เพราะไม่เช่นนั้นอาจทำให้ระยะทางในการวัดผิดพลาดได้ แต่ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องใส่ภาชนะให้ calibrate กับฐานเครื่องได้ทันที เครื่องจะทำการ calibrate และยก probe ขึ้นตามระยะทางที่ set ไว้ นำตัวอย่างที่ต้องการวัดเนื้อสัมผัสวางไว้บริเวณฐานที่ probe

5. เข้ามาที่ T.A. setting ข้ามาหน้าต่าง Texture Analyser Setting จะมีช่องต่าง ๆ โดยเลือกตามดังนี้

- ตรง Test option ให้เลือก Texture Profile Analysis (Compression)

- ตรง Pre Test Speed, Test Speed และ Post test speed นั้นควรใช้ความเร็วเท่ากัน เช่น 5 mm/s

- ตรง Distance เลือกเป็น % ของความสูงของตัวอย่างที่เตรียมไว้ เช่น 50% ของความสูง สมมติว่าตัวอย่างสูง 5 เซนติเมตร เครื่องจะกดลึกลงไปในตัวอย่าง 2.5 เซนติเมตร (แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของความสูงของตัวอย่าง และความยาวของ probe นั้น ๆ) เช่น probe ชนิด P20 จะมีความยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร เจาะลึกตัวอย่างมากกว่า 2.5 เซนติเมตร probe จะจมลงไปในตัวอย่าง ทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดพลาด

- ตรง Break Detect ให้เลือกเป็น Off

- ตรง Settings -ตรง Distance ให้เลือกเป็น %Strain

เมื่อ Set ทุกอย่างเรียบร้อย กดปุ่ม Update

6. เลือกหน้าจอ Project 1 โดยการขยายขึ้นมาแล้วกด Restart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เข้าหน้าจอ Texture expert แล้วเลือกตรงข้อมูลเป็น Fracture TPA (อยู่บริเวณ control panel) แล้วไปเลือก File -> Open -> Tu_uk -> Samples -> เลือกตรง List file of type เป็น results (*.RES) แล้วเลือกตรงไฟล์ tpafrac.res กด OK

8. ไปที่ Window เลือก Graph1 เลือกตรง T.A. เลือก Run a Test จะมีช่องต่างๆโดยเลือกตามดังนี้

- ตรง Archive as -ให้กดตรง Auto Save X
- ตรง File Id ให้พิมพ์ TPA
- File No ให้พิมพ์ 1
- ตรง Post-test -ให้กดตรง Run Macro X
- ตรง Probe and Product Data

-เลือก probe ตามที่ใช้งาน เช่น P20 คือ 2 mm Dia Cylinder aluminium เข้าไปที่ Configure กดตรง Contact Area และ Product Height แล้วเลือก OKแล้วกดตรง Auto Height X

***หมายเหตุ ตรง Contact Area นั้นเครื่องจะใส่ตัวเลขให้ตามพื้นที่ของ probe ที่ใช้ แต่สามารถกรอกตัวเลขเองได้ เช่น ถ้าใช้ probe ขนาดใหญ่กว่าพื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง จะเป็นหน้าพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของตัวอย่าง เช่น พื้นที่หมูยอวงกลมคือ °r2 แต่สำหรับ probe มีพื้นที่น้อยกว่าตัวอย่างก็ใช้พื้นที่ของ probe นั้น ๆ เช่น probe ชนิด P20 วัด TPA ของเจลลี่ในบีกเกอร์ 250 มล.

9. เมื่อ set ทุกอย่างในข้อ 8 แล้วกด OK เครื่องจะวัดตัวอย่าง และกดตรง Run macro click X ตรง Run Macro ผลจะออกมาให้อัตโนมัติ

10. เลือก TPA Fract.res ตรง window (ตรง control panel) ได้ค่าต่าง ๆ ตามต้องการ เช่น ค่า hardness, fracturability, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness และถ้าทำซ้ำ เครื่องจะหาค่า mean และ standard deviation ให้ด้วย

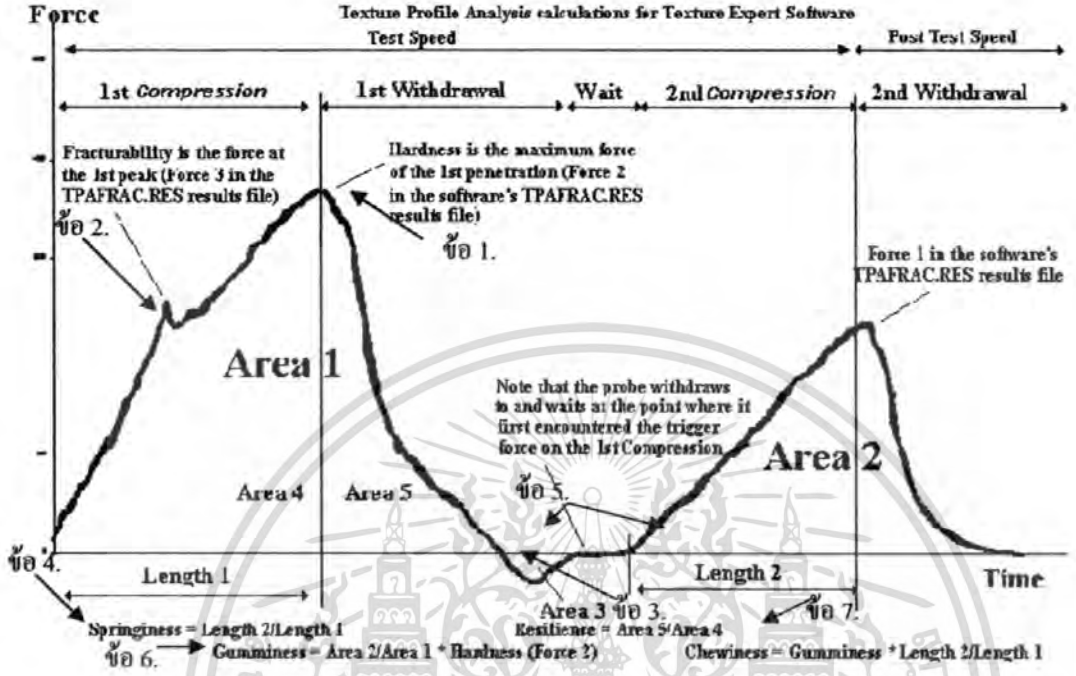
11. การวัดตัวอย่างซ้ำต่อไป เลือกตรง Window เลือกC:\TE_UK\Samples\TPA001.ARC เพื่อวัดตัวอย่างต่อไป โดยก่อนวัดตัวอย่างต่อไปต้อง clear ข้อมูลเก่าก่อน โดยเลือกที่ Process data -> Clear results -> all graphs แล้วเลือกตรง T.A. -> Run a Test หรือ Quick Run Test.

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

เครื่องมือที่ใช้วัดค่าทางด้านประสาทสัมผัสมีอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับการเลือกให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ และการวัดค่าโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) จัดเป็นการวัดค่าเนื้อสัมผัสที่ต้องใช้เครื่องมือวัด โดยหลักการทำงานของเครื่องมือจะเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ คือ มีการกดตัวอย่างจนถึงระดับหนึ่ง จึงถอนแรงขึ้นมาจนถึงจุดเริ่มต้นก่อนกดแล้วทำการกดซ้ำและถอนแรงอีกครั้งหนึ่ง การกดและการถอนแรงดังกล่าวเปรียบเสมือนการเคี้ยวตัวอย่าง ลักษณะของผลการทดลองที่ได้จะออกมาในรูปกราฟ ดังแสดงในรูปที่ ก.1 ซึ่งความสูงของระยะทางตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวแกน X (แรง) และแกน Y (เวลา) พื้นที่และความชันจะนำมาใช้ในการกำหนดค่าคุณลักษณะเนื้อสัมผัส



รูปที่ ก.1 กราฟแสดงผลการวัดค่าโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA)

ที่มา : Bourne (1982)

คำอธิบายกราฟแสดงผลการวัดค่าโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) รูปที่ ก.1 (Lyon *et al.*, 2000)

ข้อ 1. ความแข็ง (hardness) เป็นความสูงของพีคจากเส้นโค้งแรก เป็นแรงสูงสุดของการกดครั้งแรก

ข้อ 2. การแตกเปราะ (fracturability) เป็นแรงกดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เริ่มแตก หรือแยกออกจากกัน

ข้อ 3. การเกาะติดพื้นผิว (adhesiveness) เป็นอัตราส่วนของพื้นที่ระหว่างเส้นโค้งที่สองกับเส้นโค้งแรก ซึ่งเป็นงานที่ต้องใช้ในการดึงหัวออกจากผิวหน้าของตัวอย่าง (Area 3)

ข้อ 4. ความหยุ่น (springiness) เป็นอัตราส่วนของเส้นทางระหว่างเส้นทางการกดของหัวกดเส้นโค้งที่สอง และเส้นโค้งแรก เท่ากับ Length 2 / Length 1

ข้อ 5. ความสามารถเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) คือ Area 2 / Area 3 เป็นแรงยึดเกาะภายในเนื้อของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 6. ความเหนียว (gumminess) เป็นแรงค่าลบที่เกิดจากแรงดึงขึ้นของหัวกดขึ้นมาจากตัวอย่าง [(Area 2 / Area 1) x hardness]

ข้อ 7. ความทนต่อการเคี้ยว (chewiness) เป็นผลจากการคูณค่าความเหนียวยึดติด กับความยืดหยุ่น

ตารางที่ ก.1 ความหมายของลักษณะทางกลแบบต่าง ๆ

ลักษณะทางกล	ความหมายทางประสาทสัมผัส	ตัวชี้
ลักษณะเดี่ยว		
ความแข็ง (Hardness)	แรงที่ทำให้อาหารแตกหรือแยกออก	นุ่ม แข็ง กระด้าง
ความสามารถเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness)	ความแข็งแรงภายในอาหารที่ทนต่อการเปลี่ยนรูปก่อนที่จะขาดออกจากกัน	เหนียว เละ
ความหนืด (Viscosity)	แรงที่ใช้ดึงช้อนออกจากอาหารที่อยู่บนลิ้น	ใส เป็นเมือก เป็นน้ำหนืด
ความหยุ่น (Springiness)	แรงคืนตัวหลังจากที่เอาแรงกดออกจากอาหารที่ทำการทดสอบ	หยุ่น
การเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveeness)	แรงที่ใช่ในการแกะอาหารออกจากเพดานปากระหว่างรับประทาน	เหนอะหนะ ติดฟัน
ลักษณะผสม		
การแตกเปราะ (Fracturability)	แรงที่ทำให้อาหารเกิดการแตกหักออกเป็นชิ้น เป็นลักษณะรวมของความแข็ง และความสามารถเกาะรวมกัน	กรอบนุ่ม กรอบแข็ง
ความทนต่อการเคี้ยว (Chewiness)	พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารที่เป็นของแข็งจนกระทั่งกลืนได้ เป็นลักษณะรวมของความแข็ง ความสามารถเกาะรวมตัวกันและความหยุ่น	เปื่อย ร่วน เหนียวนุ่ม เหนียวแข็ง
ความเหนียว (Gumminess)	พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารที่เป็นกึ่งของแข็งจนกระทั่งกลืนได้ เป็นลักษณะรวมของความสามารถเกาะรวมตัวกันและความหยุ่น	เป็นแป้ง เหมือนยาง เหมือนกาว

ที่มา : ณรงค์ นิยมวิทย์ (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคุณภาพวิเคราะห์ทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความชื้น (AOAC, 2000)

1. ชั่งน้ำหนัก moisture can ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใน moisture can ที่ทราบน้ำหนักแล้ว (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
3. นำไปอบในตู้ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 ชั่วโมง
4. นำมาใส่เดซิเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก
5. นำไปอบต่อจนน้ำหนักคงที่

การคำนวณ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลลาทิไนซ์

Degree of Gelatinization (Guraya *et al.*,1993)

สารเคมี

1. 10 นอร์มอล โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)
2. 0.5 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
3. สารละลายไอโอดีน (Iodine reagent) เตรียมโดยใช้ไอโอดีน (I_2) 1 กรัม ผสมกับโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 4 กรัม ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

วิธีการเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. ผสมแป้งกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 2
2. นำของผสมใส่ลงในหม้อนึ่งความดัน (autoclave) ที่ความดัน 15 psi อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส 15 นาที
3. นำของผสมที่ได้มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียสและบดผ่าน sieveขนาด0.12
4. ผสมแป้งที่ผ่านการนึ่งภายใต้ความดันกับแป้งดิบที่ไม่ผ่านการนึ่งภายใต้ความดันในอัตราส่วนตามระดับการเจลลาทิไนซ์ โดยที่ระดับการเจลลาทิไนซ์

- 10 เปอร์เซ็นต์ ใช้แป้งผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 10 ส่วน กับแป้งไม่ผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 90 ส่วน
- 20 เปอร์เซ็นต์ ใช้แป้งผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 20 ส่วน กับแป้งไม่ผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 80 ส่วน
- 30 เปอร์เซ็นต์ ใช้แป้งผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 30 ส่วน กับแป้งไม่ผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 70 ส่วน
- 40 เปอร์เซ็นต์ ใช้แป้งผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 40 ส่วน กับแป้งไม่ผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 60 ส่วน
- 50 เปอร์เซ็นต์ ใช้แป้งผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 50 ส่วน กับแป้งไม่ผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 50 ส่วน
- 60 เปอร์เซ็นต์ ใช้แป้งผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 60 ส่วน กับแป้งไม่ผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 40 ส่วน
- 70 เปอร์เซ็นต์ ใช้แป้งผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 70 ส่วน กับแป้งไม่ผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 30 ส่วน
- 80 เปอร์เซ็นต์ ใช้แป้งผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 80 ส่วน กับแป้งไม่ผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 20 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 90 เปอร์เซ็นต์ ใช้แป้งผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 90 ส่วน กับแป้งไม่ผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 10 ส่วน

- 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้แป้งผ่านการนึ่งภายใต้ความดัน 100 ส่วน

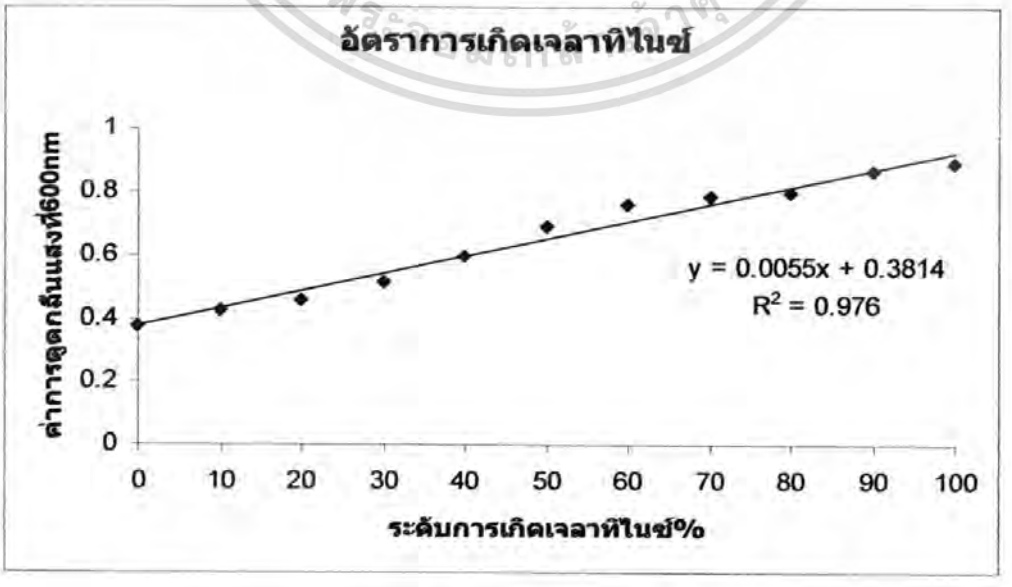
การเตรียม Blank

ผสมน้ำกลั่น 95 มิลลิลิตร กับ 10 นอร์มอล โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 5 มิลลิลิตร และ 0.5 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก 1 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 0.2 กรัม
2. เติมน้ำกลั่น 98 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลาย 10 นอร์มอล โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 2 มิลลิลิตร
4. คนด้วย magnetic stirrer นาน 5 นาที
5. นำไปหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที
6. ดูดส่วนใสมา 1 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร
7. เติม 0.5 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก 0.4 มิลลิลิตร
8. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 10 มิลลิลิตร
9. เทสารละลายใส่ในหลอดทดลอง
10. เติมสารละลายไอโอดีน 0.1 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากันด้วย vortex mixer
11. นำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

ข้อแนะนำ : ต้องวัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีที่เติมสารละลายไอโอดีน



รูปที่ ข.1 ระดับการเกิดเจลาทิไนซ์และค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส (Juliano *et al.*, 1981)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดกำหนดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
2. สเปกโทรโฟโตมิเตอร์
3. เครื่องชั่งละเอียด
4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

สารเคมี

1. เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) 95 เปอร์เซนต์
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 นอร์มัล เตรียมโดยชั่ง NaOH หนัก 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 800 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร
3. กรดอะซีติก (acetic acid) ความเข้มข้น 1 นอร์มัล เตรียมโดยตวงกรดแอซีติกเข้มข้นปริมาตร 60 มิลลิลิตร ใส่ลงในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร
4. อะไมโลสบริสุทธิ์จากมันฝรั่ง (pure potato amylose) ยี่ห้อ sigma, USA
5. สารละลายไอโอดีน เตรียมโดยชั่งไอโอดีน (I2) 0.2 กรัม และโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2.0 กรัม ผสมสารทั้งสองให้เข้ากันแล้วละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ควรเก็บสารละลายไว้ในขวดสีชา

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.1000 กรัม ใส่ในขวด (flask) ขนาด 50 มิลลิลิตรที่แห้งสนิท
2. เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 1 มิลลิลิตร เขย่าเบา ๆ เพื่อเกลี่ยแป้งให้กระจายออก ระวังอย่าให้แป้งขึ้นมาเกาะตามผนังขวด
3. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล จำนวน 9 มิลลิลิตร พร้อมทั้งล้างแป้งที่เกาะอยู่ตามผนังขวด
4. นำแป้งไปให้ความร้อนในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น
5. ถ่ายแป้งลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำล้าง 2-3 ครั้งเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน
6. ดูดน้ำแป้งปริมาณ 5 มิลลิลิตร ลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
7. เติมกรดอะซีติกความเข้มข้น 1 นอร์มัล จำนวน 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน จำนวน 2 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที

9. ทำแบลงค์ (blank) โดยนำขวดกำหนดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร มาเติมกรดอะซีติกความเข้มข้น 1 นอร์มัล 2 มิลลิลิตร และเติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร

10. วัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร (nm) โดยปรับค่าของแบลงค์เป็น 0

11. นำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณหาค่าปริมาณอะไมโลสโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

การเขียนกราฟมาตรฐาน (standard curve)

1. ชั่งอะไมโลสบริสุทธิ์จากมันฝรั่งจำนวน 0.0400 กรัม ใส่ในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 2.3.2-2.3.4 แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน

2. ปีเปตสารละลายมาตรฐาน 1 2 3 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดกำหนดปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมกรดอะซีติกความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาณ 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วที่มีสารละลายมาตรฐานตามลำดับ เติมสารละลายไอโอดีน 2.0 มิลลิลิตรและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยการเติมน้ำกลั่น เขย่าและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที

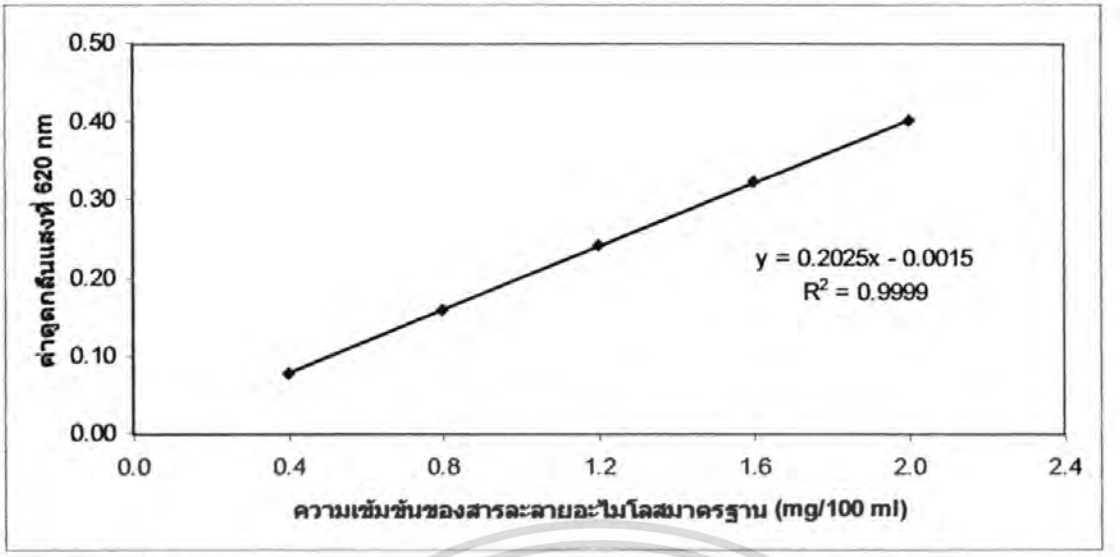
3. วัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร (nm)

4. เขียนกราฟระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายอะไมโลสมาตรฐาน (แกน X) และค่าการดูดกลืนแสง (แกนY)

วิธีการคำนวณ

$$\text{ร้อยละของปริมาณอะไมโลส} = \frac{\text{ความเข้มข้นที่อ่านได้จากสารละลายอะไมโลสมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร)} \times 10}{5 \times \text{น้ำหนักของแป้ง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 ปริมาณอะไมโลสและค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid number (Kirk and Sawyer, 1991)

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักละเอียด 10 กรัม ปั่นให้ละเอียดกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นาน 2 นาที
2. นำตัวอย่างที่ปั่นแล้วใส่ในขวดกลั่นของชุดเครื่องกลั่นล้างโถปั่นด้วยน้ำกลั่น47.5มิลลิลิตร เทลงในขวดกลั่น
3. เติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4N ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร
4. เติม glass bead 2-3 เม็ด และ dilution Antiforming agent 0.5 มิลลิลิตร นำไปต่อเข้ากับชุดเครื่องกลั่น กลั่นให้ได้ distillate ประมาณ30 มิลลิลิตร
5. ปีเปตของเหลวที่กลั่นได้มา 5 มิลลิลิตรในหลอดทดลองที่มีฝาปิด
6. เติมสารละลาย TBA reagent จำนวน 5 มิลลิลิตรเขย่าผสมให้เข้ากันนำไปต้มในน้ำเดือด นาน 35 นาที ทำให้เย็นโดยการแช่ในอ่างน้ำประมาณ 10 นาที
7. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร เทียบกับ Blank (ใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร)

การคำนวณ

TBA number = $7.8 \times A_{538}$

มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อตัวอย่าง 100 กรัม

เมื่อ A= absorbance ของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธี Total Plate Count (AOAC, 2000)

1. ชั่งตัวอย่างจำนวน 25 กรัม ใส่ลงในถุงปลอดเชื้อโดยวิธีปราศจากเชื้อ (aseptic technique) แล้วเติม peptone water ลงไป 225 มิลลิลิตร ผสมตัวอย่างโดยใช้เครื่องตีป่นอาหาร ให้เป็นเนื้อเดียวกัน ได้ dilution 10^{-1}

2. ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร ใส่ใน peptone water 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมได้ dilution 10^{-2} ทำการเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม

3. ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างที่มีความเจือจางต่าง ๆ กันปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อโดยแต่ละระดับความเจือจางละทำ 3 จาน

4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar ที่หลอมละลายและมีอุณหภูมิประมาณ 45°C ลงในจานเพาะเชื้อจานละประมาณ 15 มิลลิลิตร เขย่าจานเพาะเชื้อ เพื่อให้ตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อผสมกัน ระวังอย่าให้อาหารเลี้ยงเชื้อหกออกจากจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว กลับจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 48 ชั่วโมง

5. การอ่านผล คัดเลือกจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี มานับจำนวนโคโลนีแล้วบันทึกผล

6. หาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีที่นับได้ แล้วคูณด้วยค่า dilution factor ของความเจือจางที่นับจำนวนได้ คำนวณเป็นจำนวนโคโลนี (colony forming unit หรือ CFU) ที่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
แบบประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

ผลิตภัณฑ์.....**ขนมโก๋**.....

คำชี้แจง: ให้ทดสอบขนมโก๋จากซ้ายไปขวา และให้ขีดเส้น (|) ที่ตำแหน่งตรงตามความรู้สึกของท่าน และเขียนรหัสของตัวอย่างกำกับ โดยประเมินผลคุณสมบัติต่าง ๆ ของตัวอย่างดังนี้

1.ลักษณะพื้นผิวหน้า

ไม่เรียบมากที่สุด — เรียบมากที่สุด

ไม่ชอบมากที่สุด — ชอบมากที่สุด

2.สีของเนื้อขนม

สีไม่สว่างที่สุด — สีสว่างที่สุด

ไม่ชอบมากที่สุด — ชอบมากที่สุด

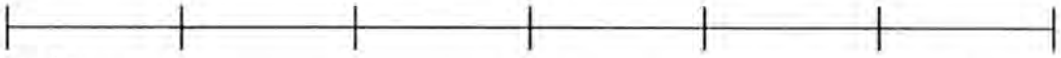
3.กลิ่นข้าว

ไม่มีกลิ่น — มีกลิ่นมากที่สุด

ไม่ชอบมากที่สุด — ชอบมากที่สุด

4.รสหวาน

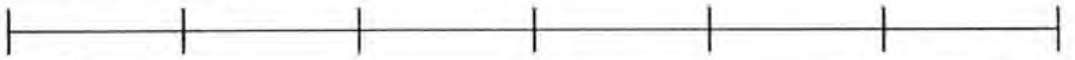
หวานน้อยที่สุด — หวานมากที่สุด



ไม่ชอบมากที่สุด — ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.เนื้อสัมผัสของเนื้อขนม



เหนียวติดฟันน้อยที่สุด เหนียวติดฟันมากที่สุด

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

แห้งฝืดคอน้อยที่สุด แห้งฝืดคอมากที่สุด

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

6.ความชอบรวม

ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

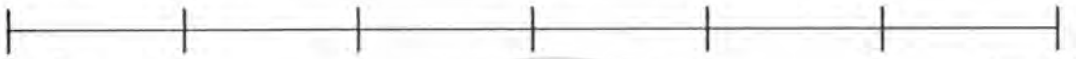
แบบประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสระหว่างเก็บรักษา

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

ผลิตภัณฑ์.....**ขนมโก๋**.....

คำชี้แจง: ให้ทดสอบขนมโก๋จากซ้ายไปขวา และให้ขีดเส้น (|) ที่ตำแหน่งตรงตามความรู้สึกของท่าน และเขียนรหัสของตัวอย่างกำกับ โดยประเมินผลคุณสมบัติต่าง ๆ ของตัวอย่างดังนี้

1.ลักษณะพื้นผิวหน้า



ไม่เรียบมากที่สุด เรียบมากที่สุด

2.สีของเนื้อขนม

สีไม่สว่างที่สุด สีสว่างที่สุด

3.กลิ่นข้าว

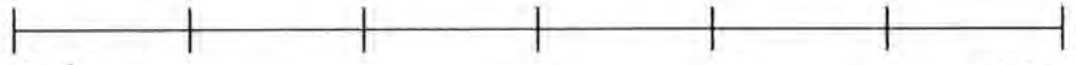
ไม่มีกลิ่น มีกลิ่นมากที่สุด

4. กลิ่นหืน

ไม่มีกลิ่นหืน มีกลิ่นหืนมากที่สุด

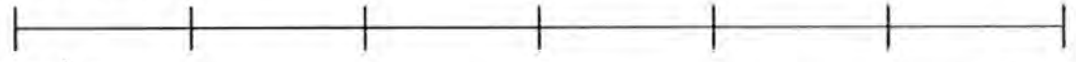
5.เนื้อสัมผัสของเนื้อขนม

เหนียวติดฟันน้อยที่สุด เหนียวติดฟันมากที่สุด



แห้งฝืดคอน้อยที่สุด แห้งฝืดคอมากที่สุด

6.ความชอบรวม



ไม่ชอบมากที่สุด ชอบมากที่สุด

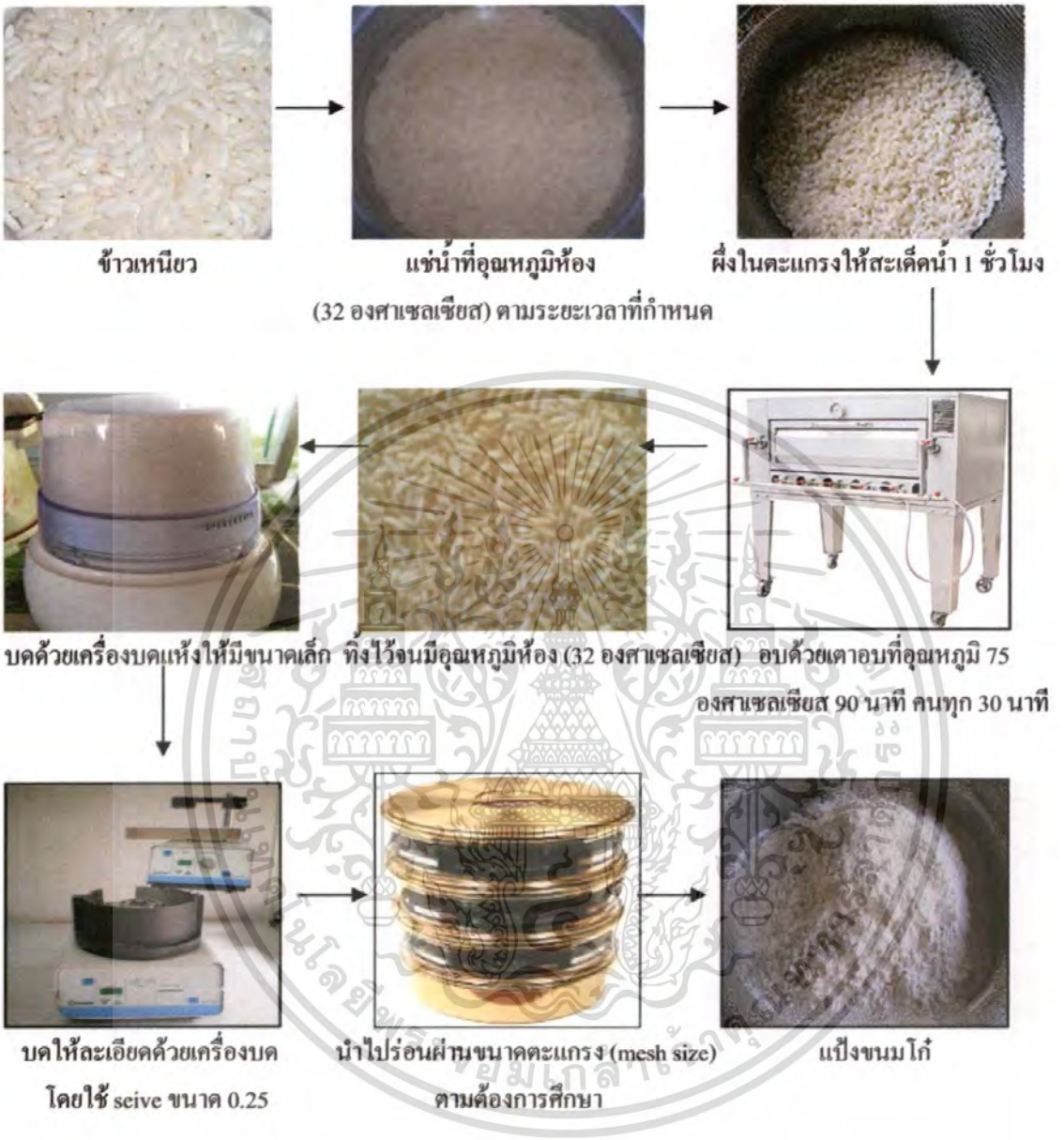
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

รูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

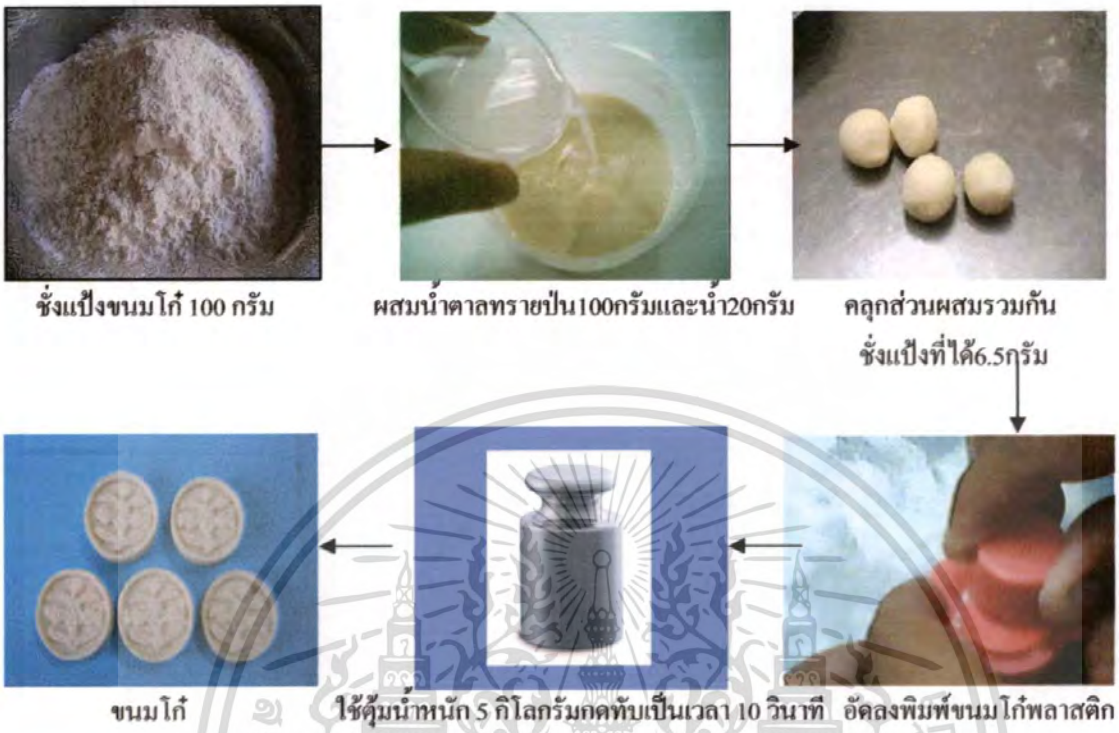
1. กรรมวิธีการผลิตแป้งขนมโก๋



รูปที่ จ.1 กรรมวิธีการผลิตแป้งขนมโก๋

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรรมวิธีการผลิตขนมโก๋



รูปที่ จ.2 กรรมวิธีการผลิตขนมโก๋

3. ขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ระยะเวลาต่างกัน

รูปที่ จ.3 ขนมโก๋ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ที่แช่ระยะเวลาต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่ขนาดต่างกัน

รูปที่ จ.4 ขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่ขนาดต่างกัน

5. ขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสต่างกัน ซึ่งใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน

รูปที่ จ.5 ขนมโก๋ที่ผลิตจากแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสต่างกัน ซึ่งใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนข้าวเหนียว กข 6 ในปริมาณต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวปวีณา อภิพันธ์
วัน/เดือน/ปีเกิด	16 มิถุนายน พ.ศ. 2528 เกิดที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะคหกรรมศาสตร์ (คศ.บ.) สาขาอาหารและโภชนาการ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตโชติเวช จังหวัดกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2550 ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง และจบการศึกษาในปี พ.ศ. 2552

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้