# การใช้แป้งดัดแปรไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อเพิ่มเสถียรภาพการแช่แข็งและการละลายของแผ่นเกี๊ยว

# USING OF DISTARCH PHOSPHATE MODIFIED STARCH AND TRANSGLUTAMINASE TO INCREASE FREEZE-THAW STABILITY OF WONTON SHEET


พงษ์วราศร ทองศิลา

NONGWARASORN THONGSILA


วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555


KMITL-2012-AI-M-055-144

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การใช้แป้งดัดแปรไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อเพิ่มเสถียรภาพการแช่แข็งและการละลายของแผ่นเกี๊ยว

# USING OF DISTARCH PHOSPHATE MODIFIED STARCH AND TRANSGLUTAMINASE TO INCREASE FREEZE-THAW STABILITY OF WONTON SHEET

T122973

นงนภสร ทองศิลา

NONGNAPASORN THONGSILA

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 122973
วัน,เดือน,ปี 10 ต.ค. 2555

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

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555

KMITL-2012-AI-M-055-144

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Using of Distarch Phosphate Modified Starch and Transglutaminase to Increase Freeze-Thaw Stability of Wonton Sheet

NONGNAPASORN THONGSILA

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

2012

KMITL-2012-AI-M-055-144

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**COPYRIGHT 2012**

**FACULTY OF AGRO-INDUSTRY**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | การใช้แป้งดัดแปรไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อเพิ่มเสถียรภาพการแช่แข็งและการละลายของแผ่นเกี๊ยว |
| **นักศึกษา** | นงนภสร ทองศิลา |
| **รหัสประจำตัว** | 50068610 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร |
| **พ.ศ.** | 2555 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** | รศ.ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ |

## บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้แป้งดัดแปรไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อเพิ่มความคงตัวในการคืนรูปจากการแช่แข็งของแผ่นเกี๊ยว โดยใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตที่ปริมาณร้อยละ 0 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี พบว่าการใช้ปริมาณไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 7 ของปริมาณแป้งสาลี ทำให้ค่าการดูดซับน้ำลดลงมากที่สุด และทำให้ค่าด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงทั้งจากแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งสูงสุด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านระดับความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ระดับความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น ระดับการกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวม พบว่าการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้คะแนนในด้านเหล่านี้เพิ่มขึ้นด้วย ผลการวิเคราะห์โครงสร้างก่อนและหลังแช่แข็งของแผ่นเกี๊ยวที่มีปริมาณการทดแทนด้วย(เติมเข้ามาใหม่)ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 ของปริมาณแป้งสาลี พบว่ามีโครงสร้างไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างเห็นได้ชัด เมื่อนำไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยว พบว่าเมื่อปริมาณไดสตาร์ชฟอสเฟตมากขึ้น ส่งผลให้ค่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพผลึกน้ำแข็ง ($\Delta H_{fw}$) เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิเริ่มต้น ($T_{onset}$) ลดลง สำหรับการใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี พบว่าเมื่อใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 2 ของปริมาณแป้งสาลี ทำให้ค่าการดูดซับน้ำลดลง และทำให้ค่าแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และแรงดึงสูงสุดทั้งจากแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านระดับความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด พบว่าเมื่อปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้คะแนนด้านเหล่านี้เพิ่มขึ้น และพบว่าการใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 ของปริมาณแป้งสาลี ทำให้คะแนนในด้านความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมมีคะแนนสูงที่สุด ผลการวิเคราะห์โครงสร้างก่อนและหลังแช่แข็งของแผ่นเกี๊ยวที่มีปริมาณการทดแทนด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 ของปริมาณแป้งสาลี โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด พบว่าเห็นความแตกต่างอย่างไม่ชัดเจน เมื่อนำไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยว พบว่าเมื่อปริมาณเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานส์กลูตามิเนสมากขึ้น ส่งผลให้ค่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็ง ($\Delta H_{fw}$) เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิเริ่มต้น ($T_{onset}$) ลดลง สำหรับการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส พบว่าเมื่อใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 95.5:3:1 และ 91:7:2 ตัวอย่างมีการดูดซับน้ำน้อยที่สุด เมื่อนำไปวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่าที่อัตราส่วน 98:0:2 ทำให้ค่าด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงของแผ่นเกี๊ยวทั้งก่อนและหลังแช่แข็งมีค่าสูงสุด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น และการกัดขาด พบว่าการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสทำให้ค่าในด้านเหล่านี้เพิ่มสูงขึ้นจากตัวอย่างควบคุมทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง ส่วนในด้านความชอบด้านความแข็ง ความชอบด้านความยืดหยุ่น ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวม พบว่าอัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 95.5:3.5:1 ทำให้คะแนนในด้านเหล่านี้สูงที่สุด เมื่อนำตัวอย่างนี้ ไปวิเคราะห์โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยว พบว่ามีโครงสร้างไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยว ตัวอย่างดังกล่าวมีค่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็ง ($\Delta H_{fw}$) เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิเริ่มต้น ($T_{onset}$) ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Using of Distarch Phosphate Modified Starch and Transglutaminase to Increase Freeze-Thaw Stability of Wonton Sheet |
| **Student** | Miss Nongnapasorn Thongsila |
| **Student ID.** | 50068610 |
| **Degree** | Master of Science |
| **Program** | Food Catering Technology |
| **Year** | 2012 |
| **Thesis Advisor** | Assoc. Prof. Dr. Kittiphong Huangrak |


## ABSTRACT

From the study on using of distarch phosphate and transglutaminase to increase freeze-thaw stability of wonton sheet. By using distarch phosphate at 0 3 5 and 7% of wheat flour, water absorbtion decreased to the lowest level when using 7% of wheat flour, while using 5 and 7% of wheat flour gave highest value of cutting force, work of shear and tensile strength of wonton sheet both before and after freezing. Sensory evaluation tests on hardness, liking of hardness, elasticity, liking of elasticity, ease of biting, liking of bitting and overall liking showed that using distarch phosphate at higher amount resulted in higher score of the tests after freezing were highest. Analyzing on internal structure of wonton sheet, before and after freezing, Which containing of 3% of wheat flour and more of distarch phosphate could not observed significant different in structure from controlled sample. Inspection on changing of ice crystal state process of the wonton sheet found that using more of distarch phosphate would result in more energy required for changing of ice crystal state and decreasing of beginning temperature before and after freezing. Using 2% of wheat flour of enzyme transglutaminase, water absorpion decreased. Sensory evaluation tests on hardness, liking of hardness, elasticity, liking of elasticity and ease of biting showed that using more of enzyme transglutaminase give higher level of satisfaction score. And also found that using 1.5% of wheat flour giving the highest score on liking of biting and overall liking as well. Analyzing structure before and after freezing of wonton sheet with 1.5% of wheat flour degree of substitution of enzyme transglutaminase by using scanning electron microscope photograph, there were only unclear different observed. Considering on changing of ice crystal state of wonton sheet found that using more of enzyme transglutaminase resulting in more energy required level for changing of ice crystal state compared with controlled sample and beginning temperature tend to decrease from sample both before


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and after freezing. For using distarch phosphate together with enzyme transglutaminase at 98:0:2 ratio, using at 98:0:2, 95.5:3.5:1 and 91:7:2 ratio gave lowest level of water absorption. Tested on texture, highest score of cutting force, work of shear and tensile strength resulted when use at 98 : 0 : 2. Resulted of testing on hardness, elasticity and ease of biting found that using distarch phosphate together with enzyme trasglutaminase giving higher scores compared to sample both before and after freezing. And overall liking were resulted from using at 95.5:3.5:1 ratio. When analyzed on internal structure of wonton sheet found that internal structure were no unclear different from the controlled sample. Analyzed on changing of ice crystal state found that degree of substitution at 95.5:3.5:0 gave more energy required level for changing of ice crystal state compared with controlled sample and beginning temperature tend to decrease from controlled sample.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

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

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

ขอขอบคุณบริษัท อะยิโนะโมะโต๊ะ ประเทศไทย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อใช้ในการทำการทดลอง และขอขอบคุณศูนย์นาโนเทคโนโลยีที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์การวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร ทุก ๆ คนและนักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ที่ช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ ตลอดจนเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกคน และนางศิริพร แท่นแก้ว ที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์นี้ลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัวของข้าพเจ้าทุกคน และนายกิตติศักดิ์ ศรีสัตยากุลที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในทุกด้านตลอดมา ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นงนภสร ทองศิลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | III |
| กิตติกรรมประกาศ | V |
| สารบัญ | VI |
| สารบัญตาราง | IX |
| สารบัญรูป | XI |
| 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 ประวัติและความเป็นมาของเกี๊ยว | 3 |
| 2.2 ส่วนประกอบ | 3 |
| 2.2.1 ข้าวสาลี | 3 |
| 2.2.2 แป้งสาลี | 5 |
| 2.2.3 ไข่ | 10 |
| 2.2.4 น้ำ | 10 |
| 2.2.5 เกลือ | 10 |
| 2.2.6 สารละลายด่าง | 11 |
| 2.3 สารที่ใช้เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยว | 11 |
| 2.3.1 สตาร์ชดัดแปร | 11 |
| 2.3.2 เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส | 12 |
| 2.4 การผลิตแผ่นเกี๊ยว | 14 |
| 2.5 การแช่แข็ง | 14 |
| 2.5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอาหารแช่แข็ง | 14 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


2.5.2 การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน อะมิโลสและอะมิโลเพกตินในอาหารแช่แข็ง ..... 15

2.5.3 การละลาย ..... 16

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 16

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ ..... 18

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ ..... 18

3.1.1 วัตถุดิบ ..... 18

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแผ่นเกี๊ยวแช่แข็ง ..... 18

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ ..... 18

3.2 สถานที่ดำเนินการทดลอง ..... 18

3.3 วิธีการทดลอง ..... 19

3.3.1 กระบวนการผลิตแผ่นเกี๊ยว ..... 19

3.3.2 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต ..... 19

3.3.3 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ..... 20

3.3.4 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ..... 20

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ ..... 22

4.1 ผลการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตลงในแผ่นเกี๊ยวแช่แข็ง ..... 22

4.1.1 การดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็ง ..... 22

4.1.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง ..... 22

4.1.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง ..... 24

4.1.4 การวิเคราะห์โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง ..... 28

4.1.5 การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยว ..... 29

4.2 ผลการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสลงในแผ่นเกี๊ยวแช่แข็ง ..... 30



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


4.2.1 การดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็ง..... 30
4.2.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง..... 30
4.2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง..... 32
4.2.4 การวิเคราะห์โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง..... 35
4.2.5 การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยว..... 36
4.3 ผลการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยไคสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับ
เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสลงในแผ่นเกี๊ยวแช่แข็ง..... 37
4.1.1 การดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็ง..... 37
4.1.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง..... 38
4.1.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง..... 41
4.1.4 การวิเคราะห์โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง..... 46
4.1.5 การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยว..... 47

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 49

บรรณานุกรม..... 51

ภาคผนวก..... 55
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ..... 62
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส..... 58
ภาคผนวก ค รูปภาพ..... 65
ภาคผนวก ง ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ..... 67
ภาคผนวก จ การออกแบบแบบผสม(Mixture Design)..... 102

ประวัติผู้เขียน..... 104


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


ตารางที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของธัญพืชชนิดต่างๆ ..... 4

2.2 พันธะที่สำคัญในโปรตีนของโด ..... 8

2.3 สารแทรอทีนอยด์ในข้าวสาลีและแป้งสาลี ..... 10

3.1 ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตแผ่นเกี๊ยวในการทดลอง ..... 19

3.2 อัตราส่วนของแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ได้จากการออกแบบการทดลองแบบผสม (mixture design) ..... 21

4.1 ค่าการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวสุกหลังแช่แข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตที่ระดับ 0 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี ..... 22

4.2 ค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงของแผ่นเกี๊ยวสุกทั้งก่อนและหลังแช่แข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตที่ระดับร้อยละ 0 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี ..... 23

4.3 คะแนนการทดสอบทางประสามสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกด้านความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง เมื่อทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตที่ระดับร้อยละ 0 3 5 และ7 ของปริมาณแป้งสาลี ..... 25

4.4 ค่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยว (fusion enthalphy, $\Delta$Hfw) และอุณหภูมิที่เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะ (onset temperature, $T_{onset}$) ของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตก่อนและหลังแช่แข็งที่ร้อยละ 0 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี ..... 29

4.5 ค่าการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวสุกหลังแช่แข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ระดับ 0 0.5 1 1.5 และ2 ของปริมาณแป้งสาลี ..... 30

4.6 ค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงของแผ่นเกี๊ยวสุกทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ระดับร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี ..... 31



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ . หน้า

4.7 คะแนนการทดสอบทางประสามสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกด้านความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง เมื่อทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ระดับร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี..... 33

4.8 ค่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยว (fusion enthalphy, $\Delta$Hfw) และอุณหภูมิที่เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะ (onset temperature, $T_{onset}$) ของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสก่อนและหลังแช่เยือกแข็งที่ร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2..... 37

4.9 ค่าการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวสุกหลังแช่แข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานสกลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ร้อยละ 100:0:0, 98:0:2, 93:7:0, 95.5:3.5:1, 91:7:2..... 38

4.10 ค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงของแผ่นเกี๊ยวสุกทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง เมื่อทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานสกลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ร้อยละ 100:0:0, 98:0:2, 93:7:0, 95.5:3.5:1, 91:7:2..... 39

4.11 คะแนนการทดสอบทางประสามสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกด้านความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง เมื่อทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ร้อยละ100:0:0, 98:0:2, 93:7:0, 95.5:3.5:1, 91:7:2..... 42

4.12 ค่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยว (fusion enthalphy, $\Delta$Hfw) และอุณหภูมิที่เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะ (onset temperature, $T_{onset}$) ของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานสกลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ร้อยละ 100:0:0, 98:0:2, 93:7:0, 95.5:3.5:1, 91:7:2..... 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | องค์ประกอบในแป้งสาลีเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา | 5 |
| 2.2 | ขนาดและรูปร่างของเม็ดสตาร์ชข้าวสาลีเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ | 7 |
| 2.3 | การอุ้มน้ำของสตาร์ชที่เสียหายจะพองตัวมากติดสีคล้ำในภาพ มีขนาดใหญ่กว่าเม็ดสตาร์ชปกติที่ไม่มีสีและมีขนาดเล็ก | 7 |
| 2.4 | ปฏิกิริยาของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (crosslinking ระหว่างอนุมูลกลูตามีนและเอมีนของไลซีน | 13 |
| 2.5 | รูปตัดขวางของเส้นบะหมี่เมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส | 13 |
| 2.6 | การเกิดผลึกน้ำแข็งภายในเซลล์โดยการแช่แข็งแบบช้าและการแช่แข็งแบบเร็ว | 15 |
| 4.1 | โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างควบคุมและที่ระดับการทดแทนไดสตาร์ชฟอสเฟตที่ร้อยละ 3 ของปริมาณแป้งสาลี | 28 |
| 4.2 | โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างควบคุมและที่ระดับการทดแทนเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ร้อยละ 1.5 ของปริมาณแป้งสาลี | 36 |
| 4.3 | โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างควบคุมและที่ระดับการทดแทนไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ร้อยละ 95.5:3:1 | 46 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากการดำรงชีวิตในปัจจุบันที่มีความเร่งรีบ มีผู้ประกอบการผลิตเกี๊ยวแช่แข็งขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เกี๊ยวแช่แข็งสามารถรับประทานได้ง่าย เพียงนำเข้าอุ่นในไมโครเวฟเท่านั้น แต่กระบวนการแช่แข็งเป็นสาเหตุทำให้แผ่นเกี๊ยวที่ได้เปื่อย เละ ไม่เหนียว เป็นสาเหตุทำให้ผู้บริโภคไม่ซื้อมาบริโภค การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวให้ทนต่อการแช่แข็งจึงมีความจำเป็น การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารประเภทนี้สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทดแทนด้วยแป้งชนิดอื่น การใช้เอนไซม์ การใช้สตาร์ชดัดแปร เป็นต้น ปัจจุบันสามารถใช้สตาร์ชดัดแปรเพื่อปรับปรุงคุณภาพอาหารต่าง ๆ มากมาย เนื่องจากสตาร์ชดัดแปรเป็นแป้งที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการทางกายภาพและเคมีให้มีสมบัติที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ สำหรับผลิตภัณฑ์โดจากแป้งสาลีแช่แข็ง มีการทดลองพบว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจะช่วยลดการเสียหายของโครงสร้างกลูเต็น โดยจะช่วยป้องกันและซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากผลึกน้ำแข็งในช่วงการเก็บ (Huang *et al.*, 2008)

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาคุณภาพของแผ่นเกี๊ยวเพื่อนำไปแช่แข็ง โดยจะศึกษาปริมาณการใช้สตาร์ชดัดแปรชนิดไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสรวมถึงการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งให้ทนต่อสภาวะแช่แข็งและมีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับแผ่นเกี๊ยวที่ทำใหม่

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตเพื่อเพิ่มความคงตัวในการคืนรูปจากการแช่แข็งของแผ่นเกี๊ยว

1.2.2 เพื่อศึกษาการใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อเพิ่มความคงตัวในการคืนรูปจากการแช่แข็งของแผ่นเกี๊ยว

1.2.3 เพื่อศึกษาการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อเพิ่มความคงตัวในการคืนรูปจากการแช่แข็งของแผ่นเกี๊ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแผ่นเกี๊ยวแช่เยือกแข็งให้ทนต่อการคืนรูปหลังแช่แข็ง โดยใช้สตาร์ชดัดแปรประเภทไดสตาร์ชฟอสเฟต ปริมาณที่ใช้คือร้อยละ 0 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี และใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ในปริมาณร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี รวมทั้งการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ออกแบบการทดลองแบบผสม (mixture design) นำแผ่นเกี๊ยวสุกที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส รวมทั้งการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำออกมาจากตู้แช่แข็งแล้วทำให้ละลายที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 นาที จึงนำแผ่นเกี๊ยวไปวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับน้ำหลังแช่แข็ง จากนั้นนำแผ่นเกี๊ยวทั้งที่แช่แข็งและไม่ได้แช่แข็งไปวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึง และทดสอบทางประสาทสัมผัส รวมทั้งนำแผ่นเกี๊ยวทั้งแช่แข็งและยังไม่แช่แข็งไปวิเคราะห์โครงสร้างภายในด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และศึกษาการเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวโดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (differencial scanning calorymetry)

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับจากการวิจัย

1.4.1 เข้าใจกระบวนการในการผลิตแผ่นเกี๊ยวแช่แข็ง

1.4.2 ทราบผลของไดสตาร์ชฟอสเฟต เอนไซม์ทราส์กลูตามิเนส และไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในการผลิตแผ่นเกี๊ยวแช่แข็ง

1.4.3 ทราบปริมาณที่เหมาะสมของไดสตาร์ชฟอสเฟต เอนไซม์ทราส์กลูตามิเนส และไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อใช้ในการผลิตแผ่นเกี๊ยวแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 เกี๊ยว

เกี๊ยว จัดเป็นบะหมี่ชนิดหนึ่งซึ่งมีส่วนผสมและขั้นตอนในการทำเช่นเดียวกับการทำบะหมี่ จะต่างกันตรงที่ไม่มีการนำมาตัดให้เป็นเส้น แต่จะนำมาตัดให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยม หรือตัดเป็นแผ่นวงกลมแทน การนำไปบริโภคนั้นทำโดยการนำไปห่อหมู หรือเนื้อสัตว์ชนิดอื่นก่อนนำไปลวกหรือต้มด้วยน้ำร้อน แล้วรับประทานกับเครื่องปรุง เช่นเดียวกับบะหมี่น้ำ ถ้านำไปห่อหมูหรือกุ้งที่มีการปรุงรส แล้วนำไปนึ่งให้สุก เรียกว่าขนมจีบ ใช้รับประทานเป็นอาหารว่าง (กล้าณรงค์ ศรีรอด ; เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

## 2.2 ส่วนประกอบ

### 2.2.1 ข้าวสาลี

ข้าวสาลี (wheat) ชื่อพฤกษศาสตร์ *Triticum aestivum* L. มนุษย์เริ่มนำข้าวสาลีมาบริโภคเป็นอาหารมามากกว่า 15,000 ปีก่อนคริสตกาล โดยมีหลักฐานการค้นคว้าของนักโบราณคดีจากมหาวิทยาลัยชิคาโก ซึ่งค้นพบหมู่บ้านโบราณในประเทศอิรัก เมื่อปี ค.ศ.1948 และบันทึกไว้ว่าหมู่บ้านนี้อาจจะมีอายุมากกว่า 6,700 ปี ก่อนคริสตกาล และในซากปรักหักพังของหมู่บ้าน ได้พบร่องรอยของข้าวสาลี 2 พันธุ์ที่มีลักษณะคล้ายข้าวสาลีที่ปลูกในปัจจุบัน ปัจจุบันนิยมนำข้าวสาลีไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ขนมปัง คุกกี้ บะหมี่ มักกะโรนี สปาเกตตี้ ขนมปังกรอบ ปาท่องโก๋ และอาหารเช้า เป็นต้น

ประเทศไทยเริ่มรู้จักและบริโภคข้าวสาลีมานานพอสมควร ตั้งแต่ พ.ศ.2230 (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540) โดยมีหลักฐานเป็นจดหมายเหตุของนักบวชชาวฝรั่งเศสว่ามีการซื้อแป้งสาลีมาทำขนมปังในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช และเมื่อ พ.ศ. 2399 มีการนำแป้งสาลีจากฮ่องกงมาทำขนมปังในราชสำนักสมัยพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว และเริ่มมีการแปรรูปข้าวสาลีในประเทศตั้งแต่พ.ศ. 2504

ชาวไทยรู้จักบริโภคผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีและแป้งสาลีมากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มคนในเมืองหลวงและตามแหล่งท่องเที่ยวของชาวต่างชาติ โดยมีจุดประสงค์เพื่อขายให้ชาวต่างชาติ ส่งผลให้คนไทยที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นซื้อมาบริโภคจนเป็นที่นิยม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มวัยรุ่น ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่นิยมได้แก่ ผลิตภัณฑ์แฮมเบอร์เกอร์ ฮอตดอก โดนัท พิซซ่า พาย เค้ก คุกกี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากซื้อหาง่าย สะดวกในการบริโภค และให้คุณค่าทางอาหาร สำหรับตามต่างจังหวัดอาจจะรู้จักผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีประเภทบะหมี่ เกี๊ยว ซาลาเปา ปาท่องโก๋ โรตี และขนมอบประเภทขนมปัง เค้ก คุกกี้ อยู่แล้วและมีขายมากขึ้นในปัจจุบัน (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540)

ข้าวสาลีเป็นธัญพืชเมืองหนาว ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี ปลูกได้ในสภาพไร่ที่อาศัยน้ำฝนหรือในเขตชลประทานที่ดินมีการระบายน้ำได้ดี ประเทศไทยมีการปลูกบ้างแถบจังหวัดทางภาคเหนือ (ไพบูลย์ พงษ์สกุล และคณะ, 2547) ข้าวสาลีแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ข้าวสาลีชนิดหนักหรือแข็งและข้าวสาลีชนิดอ่อนหรือเบา ข้าวสาลีและผลิตภัณฑ์ เป็นแหล่งพลังงานและสารอาหารที่สำคัญของมนุษย์ดังแสดงในตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** องค์ประกอบทางเคมีของธัญพืชชนิดต่าง ๆ (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

| ธัญพืช | โปรตีน | ไขมัน | แป้ง | เยื่อใย | เถ้า |
|---|---|---|---|---|---|
| ข้าวสาลี | 12.2 | 1.9 | 71.9 | 1.9 | 1.7 |
| ข้าวไรย์ | 11.6 | 1.7 | 71.9 | 1.9 | 2.0 |
| ข้าวบาร์เลย์ | 10.9 | 2.3 | 73.5 | 4.3 | 2.4 |
| ข้าวโอ๊ต | 11.3 | 5.8 | 55.5 | 10.9 | 3.2 |
| ข้าวโพด | 10.2 | 4.6 | 79.5 | 2.3 | 1.3 |
| ข้าวมิลเลท | 10.3 | 4.5 | 58.9 | 8.7 | 4.7 |
| ข้างฟ่าง | 11.0 | 3.5 | 65.0 | 4.9 | 2.6 |
| ข้าว | 8.1 | 1.2 | 75.8 | 0.5 | 1.4 |

**ที่มา :** Lasztity (1996)

2.2.1.1 ข้าวสาลีชนิดหนักหรือแข็ง (hard or strong wheat) เป็นข้าวสาลีที่มีโปรตีนสูง เมื่อนำไปโม่จะได้แป้งสาลีชนิดหนัก ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ทำขนมอบ เช่น ขนมปัง มักกะโรนี เป็นต้น แป้งสาลีชนิดนี้มีโปรตีนสูง ลักษณะค่อนข้างหยาบ ไม่เกาะกัน สีคล้ำ สามารถนวดผสมให้ได้ก้อนแป้งที่มีความยืดหยุ่นและแข็งแรง ทนต่อสภาพการผสม การหมัก อุณหภูมิของห้อง และเครื่องผสม มีสมบัติในการอุ้มแก๊สที่ดี เป็นผลให้ขนมอบมีปริมาตรดี มีความสามารถดูดซึมน้ำ ได้แก่ ข้าวสาลีที่ปลูกในฤดูใบไม้ผลิ เช่นข้าวสาลีสายพันธุ์ *Triticum aestivum* และ *Triticum durum* เป็นต้น

2.2.1.2 ข้าวสาลีชนิดอ่อนหรือเบา (soft wheat) เมื่อนำมาโม่จะได้แป้งสาลีชนิดเบาซึ่งมีโปรตีนต่ำ แป้งที่ได้จะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ต่ำกว่าแป้งชนิดแข็ง ได้แป้งละเอียด สีขาว มีความทนทานต่อการผสมและการหมักที่ต่ำ จึงเหมาะสำหรับนำมาทำเค้ก คุกกี้ ได้แก่ ข้าวสาลีสีแดงที่ปลูกในฤดูหนาว (red winner wheat) และข้าวสาลีสีขาว (soft white wheat) เช่น ข้าวสาลีสายพันธุ์ *Triticum compactum* (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540) ข้าวสาลีเป็นธัญพืชที่มีปริมาณโปรตีนสูงเมื่อ

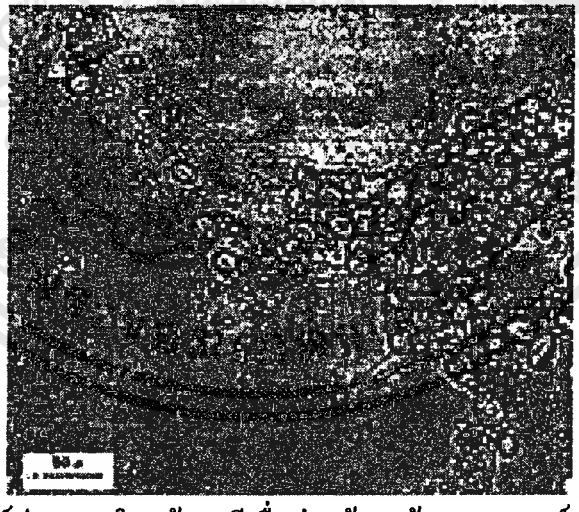
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบกับธัญพืชอื่น เช่น ข้าว ข้าวโพด เป็นต้น (ตารางที่ 2.1) ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน (2543) พบว่าข้าวสาลี รำข้าวสาลี และผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ มักกะโรนี 100 กรัม ให้พลังงาน 369 กิโลแคลอรี และรำข้าวสาลีเป็นแหล่งใยอาหาร โดยรำข้าวสาลี 100 กรัม มีใยอาหารสูงถึง 36.8 กรัม

### 2.2.2 แป้งสาลี

แป้งสาลีเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้าวสาลี นำมาผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการโม่ เมื่อนำข้าวสาลีมาโม่ให้เป็นแป้ง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมีไปพร้อมกัน กระบวนการโม่แป้งเป็นการสกัดส่วนของเนื้อในเมล็ดออกมาและบดให้เป็นแป้งละเอียด แป้งที่ได้นี้จะประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีสำคัญคือ คาร์โบไฮเดรต (สตาร์ชเป็นส่วนใหญ่) ไขมัน โปรตีน เอนไซม์ แร่ธาตุ วิตามิน และสี โดยปริมาณองค์ประกอบจะแตกต่างไปขึ้นอยู่กับปริมาณการสกัดแป้งออกจากเมล็ดข้าวสาลี หากสกัดให้ได้ปริมาณแป้งมาก องค์ประกอบทางเคมีทุกชนิดจะเพิ่มขึ้น ยกเว้นคาร์โบไฮเดรตในรูปสตาร์ชจะลดลง เช่น ปริมาณแป้งที่สกัดได้ร้อยละ 42-46 มีสตาร์ชร้อยละ 72 แต่ถ้าสกัดแป้งทั้งเมล็ด จะมีสตาร์ชร้อยละ 63.7

เมื่อนำแป้งสาลีมามองผ่านกล้องจุลทรรศน์ จะเห็นเม็ดสตาร์ชขนาดเล็กและขนาดใหญ่ต่างกันมาก โดยระหว่างเม็ดสตาร์ชจะมีเส้นใยโปรตีนเชื่อมระหว่างเม็ดสตาร์ช ดังรูปที่ 2.1



**รูปที่ 2.1** องค์ประกอบในแป้งสาลีเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา

**ที่มา :** Charley (1982)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2.2.1. ชนิดของแป้งสาลี**

แป้งสาลีแบ่งตามสมบัติองค์ประกอบทางเคมีในด้านปริมาณโปรตีนเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. แป้งสาลีชนิดหนักหรือแป้งขนมปัง (bread flour) มีโปรตีนสูงประมาณร้อยละ 12-14 หนักประมาณหนึ่งถ้วยตวงถ้วย เหมาะสำหรับการทำขนมปังหรือผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ แป้งสาลีชนิดนี้โม่จากข้าวสาลีชนิดแข็ง ลักษณะของแป้งจะหยาบ

2. แป้งสาลีชนิดปานกลางหรือแป้งอเนกประสงค์ (all purpose flour) ซึ่งแป้งชนิดนี้มีโปรตีนปานกลางประมาณร้อยละ 10-12 หนักประมาณ 110 กรัมต่อถ้วย เหมาะสำหรับการทำคุกกี้ เพสตรี ปาท่องโก๋ บะหมี่ หรือผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ และผงฟู แป้งสาลีชนิดนี้โม่จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งกับข้าวสาลีชนิดอ่อนเข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เหมาะสม จึงมีลักษณะของแป้งขนมปังและแป้งเค้กรวมกัน

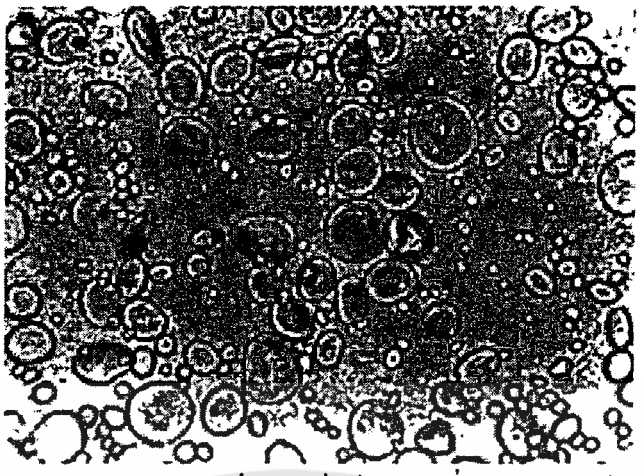
3. แป้งสาลีชนิดเบาหรือแป้งเค้ก (cake flour) มีโปรตีนต่ำประมาณร้อยละ 7-9 หนักประมาณ 96 กรัมต่อถ้วย เหมาะสำหรับการทำเค้ก แป้งสาลีชนิดนี้มีลักษณะเนื้อละเอียดสีขาว ทำให้ขึ้นฟูด้วยสารเคมี ได้แก่ ผงฟู และเบคกิ้งโซดา เท่านั้น

แป้งสาลีเป็นองค์ประกอบหลักของบะหมี่ โดยมีปริมาณถึงร้อยละ 90-95 ดังนั้น ลักษณะของเส้นบะหมี่ทั้งทางกายภาพและทางเคมี จึงมีผลมาจากแป้งเป็นส่วนใหญ่ องค์ประกอบสำคัญในแป้งซึ่งมีผลต่อลักษณะเส้นของบะหมี่ ได้แก่ สตาร์ช โปรตีน เอนไซม์ และสี

**2.2.2.2 สตาร์ช**

สตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลักในแป้งสาลี เนื่องจากเป็นอาหารสะสมของเมล็ดข้าวสาลีมีสูตรโครงสร้างประกอบด้วยอะมิโลสและอะมิโลเพกติน ซึ่งมีผลกับคุณภาพของแป้ง โดยแป้งที่มีอะมิโลเพกตินสูงเมื่อผ่านความร้อนจะเหนียวและเกาะตัวมากกว่าแป้งที่มีอะมิโลเพกตินต่ำ (ชลลดา ปรีชา, 2539) และเนื่องจากทั้งอะมิโลสและอะมิโลเพกตินเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ ทำให้สตาร์ชมีโมเลกุลที่ใหญ่มากและตรวจสอบได้ไม่แน่นอน เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูสตาร์ชในแป้งสาลี จะเห็นเม็ดสตาร์ช (starch granule) รูปร่างกลมและรี มีขนาดใหญ่และขนาดเล็กปนกัน (รูปที่ 2.2)

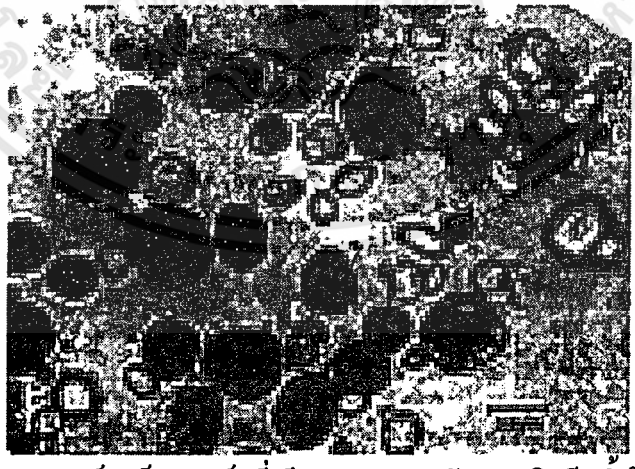
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 2.2** ขนาดและรูปร่างของเม็ดสตาร์ชข้าวสาลีเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์

**ที่มา :** Nolan และคณะ (1986)

การโม่แป้งเป็นส่วนสำคัญ เพื่อให้ได้แป้งสาลีที่มีคุณภาพดี ตรงตามความต้องการ ในระหว่างการโม่ แรงบดของเครื่องมีผลทำให้เม็ดสตาร์ชเสียหาย (demaged starch) ไม่คงรูปร่าง ความเสียหายของเม็ดสตาร์ชนี้มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ การโม่แป้งที่เหมาะสมจะได้สตาร์ชที่เสียหายน้อย อนุภาคแป้งสม่ำเสมอ ช่วยให้การดูดซึมน้ำดี โดมีความยืดหยุ่นที่พอเหมาะ แต่หากการโม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อเม็ดสตาร์ชมาก ขนาดอนุภาคของแป้งมีขนาดเล็กเกินไป จะมีผลให้แป้งมีการดูดซึมน้ำมาก (รูปที่ 2.3) เอนไซม์สามารถเข้าทำลายสตาร์ชได้ง่าย โครงร่างโค ไม่แข็งแรง ยืดหยุ่นไม่ดี ไม่เหนียว (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540)



**รูปที่ 2.3** การอุ้มน้ำของสตาร์ช เม็ดสตาร์ชที่เสียหายจะพองตัวมาก ติดสีคล้ำในภาพ มีขนาดใหญ่กว่าเม็ดสตาร์ชปกติ ที่ไม่ติดสีและมีขนาดเล็ก.

**ที่มา :** อรอนงค์ นัยวิกุล (2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2.2.3 โปรตีน**

โปรตีนในแป้งสาลีชนิดต่างๆมีปริมาณไม่เท่ากัน โดยจะอยู่ในเกณฑ์ร้อยละ 8-13 โดยทั่วไปแป้งสาลีชนิดทำขนมปังจะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 12-13 สูงกว่าแป้งเอนกประสงค์ที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10-11 และแป้งเค้กมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 8-9

โปรตีนมีความสำคัญต่อการยืดหยุ่นซึ่งมีผลมาจากปริมาณโปรตีนและคุณภาพของกลูเต็นที่ดีจะทำให้บะหมี่และแผ่นเกี๊ยวมีความคงตัว มีลักษณะในการเคี้ยวที่ดี ปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมของบะหมี่นั้นแตกต่างกัน คือ บะหมี่จีนต้องการโปรตีนร้อยละ10-12 บะหมี่ญี่ปุ่นหรืออุด้งต้องการโปรตีนร้อยละ 9-10 โดยกลูเต็นจะส่งผลต่อการให้ความยืดหยุ่นในบะหมี่ และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเฉพาะความแข็ง (hardness) (Toyokawa *et al.*, 1989)

กลูเต็นเกิดจากการรวมตัวกันของไกลอะดิน (gliadin) และกลูเตนิน (glutennin) เมื่อนวดแป้งกับน้ำ น้ำจะมีหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโปรตีนไกลอะดินและกลูเตนิน กลายเป็นโครงสร้างร่างแหของกลูเต็น ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวของพันธะทางเคมีระหว่างกรดอะมิโนหลายรูปแบบ ได้แก่ พันธะโควาเลนต์ (covalent) พันธะไอออนิก (ionic) พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen) และพันธะแวน เดอร์ วอว์ล (Van Der Waals) ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแป้งสาลีที่แตกต่างจากแป้งชนิดอื่น

**ตารางที่ 2.2** พันธะที่สำคัญในโปรตีนของโด

| ชนิดของพันธะ | ลักษณะการเกิด | พลังงาน กิโลแคลอรี่/โมล |
|---|---|---|
| โควาเลนต์ | พันธะระหว่างอะตอมด้วยคู่อิเล็กตรอน | 30-100 |
| อิออนิก | พันธะระหว่างประจุตรงกันข้าม | 10-100 |
| ไฮโดรเจน | พันธะในลักษณะอิเล็กโทรเนกะทิฟของอะตอม ระหว่างไฮโดรเจน (กับออกซิเจน) | 2-5 |
| แวน เดอร์ วอว์ล | พันธะที่เกิดระหว่างกลุ่มที่ไม่มีประจุ | มากถึง 0.5 |

**ที่มา :** Pyler (1973)

**2.2.2.4 เอนไซม์**

ในแป้งสาลีมีเอนไซม์หลายชนิด เอนไซม์ที่สำคัญคือ เอนไซม์อะมิเลส และโปรติเอส นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์อื่นๆอีก ได้แก่ ลิเพส ไฟเทส ลิพอสิเดส แคตาเลส กรดแอสคอร์บิกออกซิเดส และดีไฮโดรจิเนส เป็นต้น

เอนไซม์อะมิเลส มีคุณสมบัติในการย่อยสลายสตาร์ชโมเลกุล โดยจะทำการย่อยสตาร์ชที่เสียหายอย่างช้าๆ แต่ไม่สามารถย่อยเม็ดสตาร์ชปกติได้ และจะย่อยได้ดีเมื่อสตาร์ชอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสมของน้ำ และกลายเป็นเจลเนื่องจากความร้อนจะทำให้การย่อยเกิดได้เร็วขึ้น โดยมีผลทำให้ความหนืดของสตาร์ชลดลง ถ้าในแป้งมีเอนไซม์แอลฟา-อะมิเลสมาก จะทำให้คุณสมบัติของสตาร์ชเสื่อมเสียไป มีความหนืดลดลง มีโครงร่างและความยืดหยุ่นน้อย บะหมี่ที่ได้จึงไม่เหนียวและเปื่อยง่าย เส้นแฉะ ไม่คงตัวเป็นเส้นที่ดี

เอนไซม์โปรตีเอส ทำหน้าที่ย่อยสลายโปรตีน ถ้ามีในปริมาณมากจะทำให้สมบัติของกลูเต็นเสียไป ถ้าในแป้งมีเอนไซม์โปรติเอสมาก จะทำให้บะหมี่ขาดความคงตัว และยังสูญเสียลักษณะในการกัดเคี้ยวที่ดี

เอนไซม์ยังมีผลต่อสีของเส้นบะหมี่ โดยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ในแป้งจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับไทโรซีน (tyrosine) หรือสารฟีนอลอื่นในแป้ง กลายเป็นสารสีน้ำตาลซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540)

ดังนั้นแป้งที่เหมาะในการทำบะหมี่ต้องเป็นแป้งที่โม่จากข้าวสาลีที่ยังไม่งอก ไม่มีรำและคัพภะปน เพราะจะทำให้แป้งมีเอนไซม์เพิ่มขึ้น เนื่องจากเอนไซม์อยู่ในส่วนรำและคัพพะมาก

2.2.2.5 สี

สารให้สีในแป้งสาลีเกิดเนื่องจากสารแคโรทีนอยด์ (carotinoid) ได้แก่ แซนโทฟิลล์ (xanthophylls) แซนโทฟิลล์ เอสเทอร์ (xanthophylls ester) แครอทีน (carotene) และสารฟลาโวน (flavones) โดยปริมาณสารแคโรทีนอยด์ที่มีนั้น ปรากฏว่ามีแซนโทฟิลล์มากที่สุด และมีแครอทีนน้อยที่สุด

เส้นบะหมี่ที่มีสีเหลืองเกิดจากสารให้สีประเภทฟลาโวน (flavones) ในแป้งทำปฏิกิริยากับเบสที่เติมในส่วนผสม สีของแผ่นเกี๊ยวจากสารให้สีประเภทฟลาโวนนี้อาจเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลหรือสีเขียว แป้งที่มีสารให้สีมากเกินไป จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มง่าย

นอกจากปริมาณสารสีเหลืองที่มีในแป้งแล้ว สีของแป้งยังมีผลมาจากการผสมข้าวสาลีก่อนการโม่ สิ่งเจือปนในข้าวสาลี เมล็ดข้าวสาลีที่เสียหาย การปนมาของรำ เอนไซม์ (โดยเฉพาะเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส โดยจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับไทโรซีน (tyrosine) หรือสารฟีนอลอื่นในแป้ง กลายเป็นสารสีน้ำตาล ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค) ยังรวมถึงขนาดของเม็ดแป้งที่บดได้ ซึ่งโดยทั่วไปแป้งสาลีชนิดพาเทนต์ชั้นหนึ่ง จะมีสีขาวนวล สดใส ถ้าแป้งนั้นเกิดจากข้าวสาลี HRS (Hard Red Spring) ผสมกับ HRW (Hard Red Winter) จะมีสีเหลืองนวลกว่าแป้งที่โม่จากข้าวสาลี HRS ล้วน ดังตารางที่ 2.3 ถ้าข้าวสาลีคุณภาพต่ำซึ่งมีเมล็ดเล็ก ลีบ มีรอยแมลงทำลาย จะให้แป้งสีคล้ำกว่าปกติ ถ้าสกัดแป้งจากเมล็ดในอัตราสูงทำให้มีรำปนในแป้งมาก แป้งก็จะมีสีคล้ำขึ้น และถ้าขนาดของเม็ดแป้งเล็ก จะมีผลทำให้สีของแป้งสดใสและขาวขึ้นกว่าเม็ดแป้งขนาดใหญ่ (กมลรัตน์ รักกิจศิริ, 2549 ; อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.3** สารแคโรทีนอยด์ในข้าวสาลีและแป้งสาลี

| ชนิดของตัวอย่าง | ปริมาณแครอทีนอยด์ ส่วนในล้านส่วน (ppm.) |
|---|---|
| ข้าวสาลี HRS | 5.65 |
| แป้งสาลี HRS | 2.95 |
| ข้าวสาลี HRW | 5.81 |
| แป้งสาลี HRW | 4.11 |
| ข้าวสาลีพันธุ์ดูรัม | 7.27 |

ที่มา : Geddes (1944)

**2.2.3 ไข่**

ไข่มีหน้าที่ทำให้เกิดสีในบะหมี่ ช่วยให้โดแข็งแรง ยืดหยุ่นได้ดี และยังช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของบะหมี่ โดยเฉพาะลักษณะที่เกิดขึ้นในการกัดครั้งแรก (first chew) เช่น ความแข็ง (hardness) การเกาะตัวรวมกัน (cohesiveness) และความแน่นแข็ง (denseness) (Janto *et al.*, 1998) เนื่องจากไข่ขาวช่วยทำให้เกิดโครงสร้างในโดเพราะมีโปรตีนสูง

**2.2.4 น้ำ**

น้ำทำหน้าที่ละลายส่วนผสมต่าง ๆ ทำให้ส่วนผสมกระจายตัวได้ดีในโด และยังทำให้แป้งจับตัวกันดีเป็นก้อนโดที่มีความยืดหยุ่น จึงจำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อให้เกิดการผสมขึ้นเป็นโด ถ้าปริมาณน้ำน้อยไป โครงร่างของเส้นบะหมี่จะไม่แข็งแรง จะร่วนและโปร่ง เส้นบะหมี่จะแข็งและขาดง่าย แต่ถ้าปริมาณน้ำมากเกินไป โดจะแฉะ เหนียวติดมือ รีดเป็นแผ่นไม่ได้ เมื่อตัดเป็นเส้นจะติดกัน ดังนั้นน้ำที่เติมลงไปควรเหมาะสมต่อชนิดของบะหมี่ ซึ่งโดยทั่วไปจะเติมประมาณร้อยละ 30-40 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด นอกจากนั้น น้ำอ่อนซึ่งมีแร่ธาตุน้อยเหมาะสำหรับทำเส้นบะหมี่ เพราะน้ำที่มีแคลเซียม เหล็ก และแมกนีเซียมจะทำให้การดูดซึมน้ำของแป้งไม่สม่ำเสมอ โครงสร้างของโดไม่เรียบเนียน จึงได้เส้นบะหมี่ที่มีคุณภาพไม่ดี นอกจากนี้น้ำที่มีเกลือของเหล็กและทองแดงจะทำให้เส้นบะหมี่มีสีน้ำตาลหรือเขียว และมีกลิ่นเหม็นหืน เมื่อเก็บรักษาบะหมี่ไว้นาน แต่น้ำที่อ่อนไป ไม่มีแร่ธาตุเจือปนอยู่เลย ก็ไม่ดี เพราะทำให้โดแฉะ มีความยืดหยุ่นน้อยกว่าน้ำอ่อนที่มีแร่ธาตุในปริมาณที่เหมาะสม

**2.2.5 เกลือ**

การใส่เกลือในส่วนผสมของบะหมี่ ก็เพื่อปรับสภาพน้ำให้เหมาะสมกับชนิดของบะหมี่ที่ต้องการ การผลิตบะหมี่ใช้ปริมาณเกลือร้อยละ 0-2 (หรือไม่ใส่ก็ได้) เกลือมีผลโดยตรงต่อลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลูเต็นในโด โดยช่วยเพิ่มความแข็งแรงและแรงต้านการยืดตัวของโด ช่วยให้โดไม่แฉะ เมื่อนำมาขึ้นรูปจะไม่ติดกัน นอกจากนี้เกลือจะช่วยยับยั้งเอนไซม์โปรติเอส ซึ่งเป็นเอนไซม์ประเภทย่อยโปรตีน จึงช่วยให้โดคงความเหนียวและยืดหยุ่นได้นาน และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย รา และยีสต์ จึงทำให้สามารถเก็บรักษาบะหมี่ได้นาน (จิตธนา แจ่มเมฆ ; อรอนงค์ นัยวิกุล, 2544)

### 2.2.6 สารละลายด่าง

ในการทำบะหมี่แบบจีน นิยมเติมสารละลายด่าง อาจเป็นสารละลายที่มีส่วนผสมของด่างหลายชนิด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมคาร์บอเนต ผสมกับไดโซเดียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต ในปริมาณที่เหมาะสมร้อยละ 0.3 ด่างที่เติมในเส้นบะหมี่จะใช้ในปริมาณร้อยละ 0.5-2.0 (Shiau ; Yeh, 1999) สารละลายด่างทำให้โดเปลี่ยนแปลงลักษณะทั้งทางกายภาพและเคมี ในทางกายภาพ สารละลายด่างจะทำให้โดมีอัตราการอุ้มน้ำของโด และการดูดซึมน้ำของแป้งเพิ่มขึ้น ทำให้สตาร์ชในโดมีความหนืดเพิ่มขึ้น ช่วยให้โดมีความแข็งแรงทนต่อการผสมและยืดตัวได้มากกว่าเดิม ส่วนทางเคมี สารละลายด่างทำให้ความเป็นเบสของโดเพิ่มมากขึ้น (pH 9-10) ทำให้สีของเส้นบะหมี่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองจากปฏิกิริยาของด่างกับฟลาโวนในแป้ง นอกจากนี้สารละลายด่างยังมีผลต่อการต้มหรือลวกบะหมี่ โดยช่วยให้มีเนื้อสัมผัสดี เส้นเหนียว ยืดหยุ่น และทนต่อการต้มนานโดยไม่เปื่อยง่าย (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540)

## 2.3 สารที่ใช้ปรับปรุงเนื้อสัมผัสแผ่นเกี๊ยว

### 2.3.1 สตาร์ชดัดแปร

สตาร์ชดัดแปร (modified starch) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำสตาร์ชจากแหล่งต่าง ๆ เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี มาเปลี่ยนสมบัติทางเคมีและ/หรือทางฟิสิกส์จากเดิมด้วยความร้อน และ/หรือเอนไซม์ และ/หรือสารเคมีชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งลักษณะ เกณฑ์ชี้บ่งต่าง ๆ ของแป้งดัดแปรแต่ละประเภทจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1073 (2535) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2535)

โดยทั่วไปได้จากการนำแป้งดิบ (native starch) มาผ่านกรรมวิธีเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโดยที่สตาร์ชทั่วไปอาจมีสมบัติบางประการไม่เหมาะสมกับการผลิตในอุตสาหกรรม จึงมีการดัดแปรสมบัติบางประการเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน เช่น ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้นคงทนต่อสภาวะในการผลิตได้ดี ลดการเกิดการคืนตัว (retrogradation) ลดการสูญเสียน้ำของเจล มีความคงตัวในการคืนรูปจากการแช่เยือกแข็ง (freeze–thaw stability) เพิ่มขึ้น ลักษณะของเจลดีขึ้น มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเป็นกาวเพิ่มขึ้น มีสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) หรือความสามารถในการผสมกับตัวทำละลายอื่นเพิ่มขึ้น (BeMiller, 1997)

การดัดแปรโดยวิธีครอสลิงค์ (cross-linking) เป็นการดัดแปรโดยใช้สารที่เป็น ได- หรือ โพลีฟังก์ชัน (di- or polyfunction) สามารถทำปฏิกิริยากับกลุ่มไฮดรอกซิลของสตาร์ชได้มากกว่า 1 กลุ่มและสร้างพันธะเชื่อมต่อ (cross-bonding) ระหว่างสตาร์ช 2 โมเลกุล (อภิญญา มาระโพธิ์, 2536) เกณฑ์กำหนดและลักษณะบ่งชี้ของสตาร์ชดัดแปรประเภทไดสตาร์ชฟอสเฟต ได้แก่ ปริมาณฟอสเฟต (คำนวณเป็นฟอสฟอรัส) ไม่เกินร้อยละ 0.14 ไดสตาร์ชฟอสเฟตใช้ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง หรือในอาหารที่ต้องใช้ความร้อนเป็นเวลานาน รวมทั้งในอาหารแช่เย็นหรือแช่แข็ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2535)

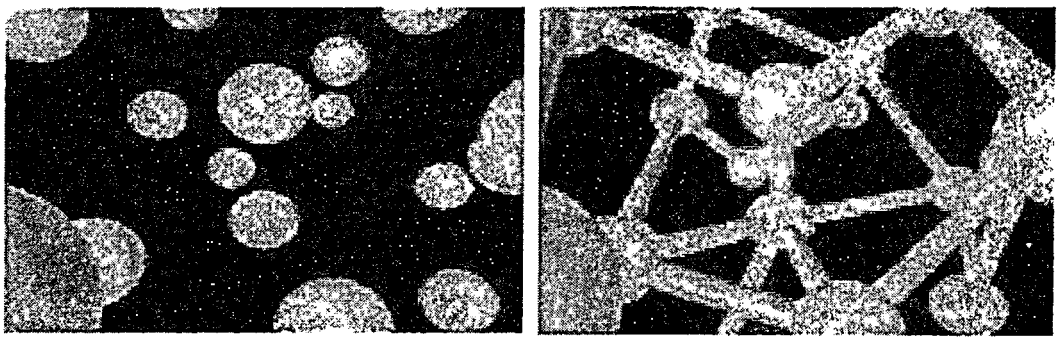
การดัดแปรสตาร์ชจะทำให้โมเลกุลของสตาร์ชมาเกาะเกี่ยวกันด้วยพันธะที่แข็งแรงขึ้น เช่น เดิมสตาร์ชเชื่อมกันด้วยพันธะไฮโดรเจน แต่จะมีการใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ ทำให้โมเกลุของสตาร์ชเชื่อมกันด้วยพันธะโควาเลนต์แทน สตาร์ชดัดแปรที่เกิดจากปฏิกิริยาครอสลิงค์มีหลายชนิด เช่น ไดสตาร์ชอะดิเพท ได้จากการใช้กรดอะดิเพท ไดสตาร์ชฟอสเฟต ได้จากการใช้ฟอสฟอรัสออกซิคลอไรด์หรือโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต และไดสตาร์ชกลีเซอรอล ได้จากการใช้อีพิคลอโรไฮดริน การที่โมเลกุลของสตาร์ชเชื่อมกันด้วยพันธะที่แข็งแรงขึ้นทำให้เม็ดสตาร์ชมีความแข็งแรงมากขึ้น จึงมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันสูงขึ้น แป้งสุกมีความต้านทานต่อกรดและแรงเฉือนเพิ่มขึ้น จึงเหมาะกับการใช้ในอาหารที่มีสภาพเป็นกรดและใช้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน

ตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2547) เรื่องข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนในอาหาร ได้กำหนดหน้าที่ของแป้งดัดแปรประเภทไดสตาร์ชฟอสเฟต คือ ช่วยทำให้ข้น ช่วยทำให้คงตัว และช่วยประสานเนื้อ การใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตในอาหารจะทำให้เนื้อสัมผัสเนียนเรียบและนุ่มขึ้นเมื่อมีการปรุงประกอบอาหารนั้น มักใช้แป้งชนิดนี้กับอาหารที่มีค่าความเป็นกรดต่ำ เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และไส้ขนมต่าง ๆ โดยจะทำให้เนื้อสัมผัสเนียนละเอียดเป็นครีมตามที่ต้องการ

### 2.3.2 เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

ได้จากจุลินทรีย์ซึ่งมีสมบัติในการเชื่อมประสานโครงสร้างโปรตีนให้รวมกันเป็นโพลิเมอร์ คล้ายสารอิมัลซิฟายเออร์ (emulsifier) (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2555) เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเป็นเอนไซม์ในกลุ่มทรานส์เฟอเรส ซึ่งมีลักษณะปฏิกิริยาเป็นการสร้างพอลิเมอร์ของสารตัวรับกลุ่มสาร (acyl acceptor) จากกลูตามีน (acyl donor) (รูปที่ 2.4) เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสทำให้เกิดการเชื่อมต่อเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงด้วยพันธะแอลกลูตามิล-ไลซีน (Kovacs *et al.*, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

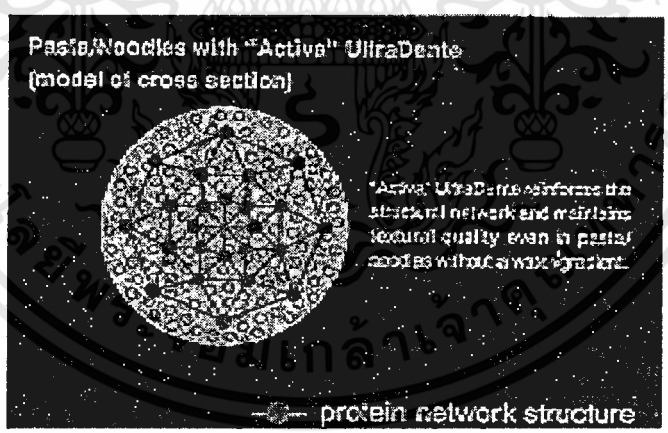


กลูตามีน ไลซีน พอลิเมอร์กลูตามีน-ไลซีน

**รูปที่ 2.4** ปฏิกิริยาของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสทำให้เกิดครอสลิงค์ระหว่างกลูตามีนและเอมีนของไลซีน)

**ที่มา :** บริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศ) จำกัด (2544)

การใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อเสริมโครงสร้างของบะหมี่ให้แข็งแรงจะส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคทั้งในด้านความคงตัวและความยืดหยุ่น หากโครงสร้างของเส้นบะหมี่ไม่แข็งแรงจะทำให้การดูดซึมน้ำที่มากเกินไป โครงสร้างจะไม่เกาะตัวกัน ส่งผลให้เนื้อสัมผัสที่ได้นิ่ม




**รูปที่ 2.5** ภาพตัดขวางจำลองของเส้นบะหมี่เมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

**ที่มา :**บริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด (2554)

ในผลิตภัณฑ์โดจากแป้งสาลีแช่เยือกแข็ง เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจะช่วยลดการเสียหายของโครงสร้างกลูเต็น โดยจะช่วยป้องกันและซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากผลึกน้ำแข็งในช่วงการเก็บอาหารแช่เยือกแข็ง (Huang *et al.*, 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 การผลิตแผ่นเกี๊ยว

การผลิตบะหมี่เริ่มจากการผสมแป้งกับน้ำและส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ สารละลายเบส ไข่ เกลือ และอาจผสมสีเหลือง เพื่อให้มีสีที่สวยขึ้น จากนั้นผสมจนโดเรียบเนียน มีความชื้นประมาณร้อยละ 35 แล้วพักโด 10-20 นาที นำมารีดให้มีความหนาประมาณ 1.5-2.0 มิลลิเมตร แล้วตัดให้เป็นเส้น หรืออาจทำเป็นแผ่นบาง ๆ เรียกว่า แผ่นเกี๊ยว นิยมทำเพื่อบริโภคทันที หรือภายใน 1-2 วัน โดยก่อนบริโภคต้องนำมาลวกหรือต้มให้สุกและปรุงรสตามความนิยมของคนในท้องถิ่นนั้น

## 2.5 การแช่แข็ง

การแช่แข็งเป็นกระบวนการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและป้องกันการเสื่อมเสียได้ เนื่องจากทำให้อุณหภูมิของอาหารหรือผลิตภัณฑ์ลดต่ำลงกว่าจุดเยือกแข็งของอาหารและเปลี่ยนสถานะของน้ำไปเป็นผลึกน้ำแข็ง ผลจากการเพิ่มความเข้มข้นของตัวทำละลายในน้ำที่ยังไม่แข็งตัวจะทำให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของอาหารลดลง อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ การแช่เยือกแข็งมีผลช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ดี นอกจากนี้ยังช่วยลดกระบวนการเมตาบอลิซึม ปฏิกิริยาของเอนไซม์ และปฏิกิริยาทางเคมีที่ไม่ต้องการ หลักการสำคัญคือการเปลี่ยนสภาวะของน้ำในอาหารให้เป็นผลึกน้ำแข็งจะป้องกันมิให้น้ำสามารถทำหน้าที่ต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมีและไม่เป็นสับสเตรตให้กับจุลินทรีย์ที่ปะปนมากับอาหารได้

การแช่แข็งมีหลายปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพสุดท้ายของอาหารแช่แข็ง ได้แก่ ความสดของอาหาร อัตราการแช่แข็ง อุณหภูมิ ความคงที่ของอุณหภูมิ ระยะเวลาเก็บรักษา และสภาวะการทำละลาย (Le Bail *et al.*, 1999)

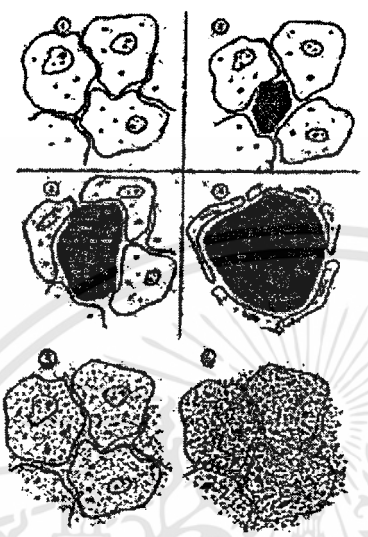
### 2.5.1. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอาหารระหว่างแช่แข็ง

การเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งมีผลต่อ สี กลิ่น รส หรือคุณค่าทางโภชนาการน้อยมาก แต่สิ่งเหล่านี้อาจเกิดการสูญเสียในขั้นตอนการเตรียมหรือในระหว่างการแช่แข็ง การเติบโตของผลึกน้ำแข็งมีผลให้เกิดความเสียหายของเซลล์ ผลึกน้ำแข็งจะเกิดที่ส่วนใดของโดขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการแช่แข็ง โดยปกติการแช่แข็งอย่างช้าจะทำลายโครงสร้างของโดมากกว่าการแช่แข็งอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความแตกต่างของการเกิดผลึกน้ำแข็ง (Inoue ; Bushuk, 1991) การแช่แข็งอย่างช้าจะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ และเกิดบริเวณภายนอกเซลล์ (extracellular) น้ำภายในเซลล์จะถูกดึงมาเพิ่มขนาดของผลึกภายนอกเซลล์ (Hsu *et al.*, 1979)

เนื่องจากผลึกน้ำแข็งจะมีความดันไอน้ำต่ำกว่าบริเวณภายในเซลล์ น้ำจากเซลล์จึงเคลื่อนที่ไปยังผลึกที่เติบโตเป็นผลให้เซลล์หดตัว ลดขนาดลง และได้รับความเสียหายต่อไป เนื่องจากความเข้มข้นของตัวถูกละลายสูงขึ้น การทำละลายน้ำแข็งในอาหาร เซลล์ของอาหารจะไม่กลับมามีรูปร่างและความแข็งแรงเหมือนเดิม อาหารจะนิ่มมากขึ้นและสารต่าง ๆ ภายในเซลล์จะไหลออกสู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเซลล์ ส่วนการแช่แข็งแบบเร็ว ผลึกน้ำแข็งจะเกิดขึ้นทั้งภายในและนอกเซลล์ได้พร้อมกันผลึกน้ำแข็งจึงมีขนาดเล็กและกระจายไปทั่วทั้งเซลล์ (รูปที่ 2.7) ทำให้เกิดการเสียหายน้อยกว่าการแช่แข็งแบบช้า




**รูปที่ 2.7** การเกิดผลึกน้ำแข็งภายในเซลล์โดยการแช่แข็งแบบช้า และการแช่แข็งแบบเร็ว
**ที่มา :** สายสนม ประดิษฐดวง (2546)

### 2.5.2 การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน อะมิโลสและอะมิโลเพกตินในอาหารแช่แข็ง

#### 2.5.2.1 โปรตีน

การแช่แข็งมีผลให้โปรตีนเสียสภาพและการละลายลดลง (Zayas, 1997) การเสียสภาพของโปรตีนเกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นและผลของเมตาบอไลท์จากเซลล์ การสูญเสียความชื้นเนื่องจากผลิตภัณฑ์ไม่ได้ห่อหุ้มด้วยบรรจุภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ไม่มีคุณภาพส่งผลให้เกิดลักษณะไหม้เกรียม (freeze-burn) และมีผลให้ความเข้มข้นของตัวถูกละลายเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม โปรตีนที่ละลายได้และคุณค่าทางอาหารอื่น ๆ ยังคงอยู่ (Paine ; Paine, 1992) ในขณะที่การสลายตัวของไขมันรวมทั้งมาลอนอัลดีไฮด์ (malonaldehyde) ก่อให้เกิดพันธะเชื่อมระหว่างโพลิเปปไทด์ จึงทำให้โปรตีนมีความสามารถในการละลายลดลง Berglund และคณะ (1991) ศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของโดแช่แข็ง พบว่า หลังการเก็บรักษาโดในสภาวะแช่แข็งเป็นเวลา 24 สัปดาห์ โครงข่ายกลูเต็นมีความต่อเนื่องน้อย และแยกออกจากเม็ดสตาร์ช เนื่องจากถูกผลึกน้ำแข็งทำลาย ขณะที่โดสดโครงข่ายของกลูเต็นจะสามารถตรึงเม็ดสตาร์ชไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.2.2 อะมิโลสและอะมิโลเพกติน**

การแช่แข็งมีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน โดยสตาร์ชจะประกอบไปด้วยโมเลกุลของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน เมื่อนำไปทำให้เย็น โมเลกุลของอะมิโลสจะรวมตัวกันแน่นและก่อตัวเป็นผลึก ในขณะที่อะมิโลเพกตินมีความคงตัวสูงกว่าเพราะโครงสร้างเป็นกิ่งก้าน จึงเคลื่อนตัวอย่างช้า ๆ ขัดขวางการมารวมตัวกันของโมเลกุลอะมิโลส ทำให้เกิดผลึกขึ้นอย่างช้า ๆ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า รีโทรเกรเดชัน ซึ่งจะเกิดหลังจากที่สตาร์ชเกิดเจลแล้ว การเกิดรีโทรเกรเดชั่นทำให้เจลมีความหนาแน่นขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะแห้ง และกระด้าง (Mua ; Jackson, 1998)

**2.5.3. การละลาย (thawing)**

อาหารแช่แข็งส่วนใหญ่เมื่อจะนำมาบริโภคจะต้องนำมาละลายเสียก่อน หากละลายไม่ดีอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ การละลายเป็นการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ เมื่อผลิตภัณฑ์ละลายแล้วควรวางไว้ในที่อุณหภูมิต่ำหากยังไม่มีการนำไปใช้ การวางผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ผลิตภัณฑ์อาจเสื่อมเสีย วิธีการละลายมีหลายวิธี เช่น อาศัยโลหะ อากาศหรือน้ำ เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน ในการละลายจะใช้ตัวกลางที่มีอุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส วิธีการที่กล่าวมาเป็นการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าไปสู่ภายในผลิตภัณฑ์ และยังมีการใช้ไฟฟ้าหรือใช้คลื่นแม่เหล็กในการละลายซึ่งวิธีการเหล่านี้ผลิตภัณฑ์จะละลายทั่วทั้งชิ้น (สมโภชน์ โกมลมณี, 2542)

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sungtong และคณะ (2006) ศึกษาผลของเกลือฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในการป้องกันการแตกร้าวของอกไก่กระทงรูปลูกเต๋าแช่เยือกแข็ง พบว่าการกลิ้ง (tumbling) เนื้ออกไก่ดิบกับสารละลายโซเดียมไตรฟอสเฟตร้อยละ 1 เมื่อทำให้สุกและนำไปแช่แข็งที่ -70 องศาเซลเซียสจะช่วยลดจำนวนชิ้นเนื้อที่แตกร้าวจากร้อยละ 47.50 เหลือร้อยละ 24.17 และเมื่อกลิ้งเนื้ออกไก่ดิบกับสารละลายทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.5 สามารถลดจำนวนชิ้นเนื้อที่แตกร้าวเหลือร้อยละ 25.84 การเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์จะช่วยเพิ่มความชื้นและลดจำนวนชิ้นที่แตกร้าวลง พบว่าการใช้สารละลายทรานส์กลูตามิเนสสามารถลดขนาดของรอยแตกร้าวลงมากกว่าในตัวอย่างที่ใส่เกลือฟอสเฟตอีกด้วย

กมลวรรณ อิศราคาร (2548) ศึกษาการเติมสตาร์ชดัดแปรด้วยวิธีไฮดรอกซีโพรพิลเลชันและการเติมไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด คือ แซนแทนกัมและคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นจันท์ก่อนและหลังการแช่แข็ง พบว่าการเติมสตาร์ชดัดแปรและไฮโดรคอลลอยด์ช่วยปรับปรุงคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นจันท์แช่แข็งได้เล็กน้อยโดยคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดการตกผลึกใหม่ของน้ำแข็ง ทำให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น ขณะที่แซนแทนกัมช่วยลดการคืนตัวของอะไมโลส ทำให้มีความข่นน้อยลง ส่วนสตาร์ชดัดแปรนั้น หมู่ไฮดรอกซีโพรพิลจะช่วยขัดขวางการรวมกลุ่มของสายโซ่สตาร์ช ทำให้สตาร์ชมีคุณภาพดีขึ้น และคงทนต่อการคืนสภาพจากการแช่แข็งมากขึ้น

กัลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และคณะ (2554) ศึกษาการใช้ทรานส์กลูตามิเนสจากจุลินทรีย์ (MTGase) เพื่อปรับปรุงสมบัติของเจลซูริมิจากปลาแป้น พบว่าค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้น โดยมีค่าสูงสุดที่ร้อยละ 0.06 โดยน้ำหนักของเนื้อปลาบด และเมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่าซูริมิที่เติมเอนไซม์จะมีโครงสร้างละเอียดคล้ายร่างแหและมีระเบียบมากกว่าตัวอย่างควบคุม ผลการศึกษาประสิทธิภาพของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในซูริมิแช่แข็งที่ระยะเวลา 0 30 60 และ 90 วัน พบว่าค่าความแข็งแรงของเจลมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

Huang และคณะ (2008) ศึกษาผลของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่อวิทยากระแส โครงสร้างระดับจุลภาค และสมบัติของโดแช่แข็ง โดยใช้ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.5 1 และ 1.5 และแช่แข็ง 3 ช่วงเวลา คือ 1 3 และ 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ทรานส์กลูตามิเนสช่วยให้โครงสร้างกลูเต็นของโดที่ไม่ได้แช่แข็งมีความสดเหมือนโดที่ผสมเสร็จใหม่ สำหรับโดที่แช่แข็ง 5 สัปดาห์ พบว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.5 ช่วยลดความเสียหายของโครงสร้างกลูเต็นได้

โสภิดา สืบวงษ์ และ อนุกูล วัฒนสุข (2550) ศึกษาผลของสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรทางเคมีโดยวิธีครอสลิงค์ต่อคุณภาพก๋วยเตี๋ยวอบแห้งและก๋วยเตี๋ยวบรรจุกระป๋อง โดยใช้แป้งข้าวเจ้าผสมสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรทางเคมีโดยวิธีครอสลิงค์ร้อยละ 3 และ 6 พบว่าหลังจากนำไปสเตอริไลซ์ เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ใช้แป้งข้าวเจ้าผสมสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรทางเคมีโดยวิธีครอสลิงค์ร้อยละ 3 มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ใช้แป้งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# บทที่ 3
# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

## 3.1 วัสดุและอุปกรณ์

### 3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 แป้งสาลีเอนกประสงค์ ตราว่าว จากบริษัท ยูเอฟเอ็ม จำกัด

3.1.1.2 ไดสตาร์ชฟอสเฟต จากบริษัท เนชั่นแนลสตาร์ช จำกัด

3.1.1.3 เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส จากบริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด

3.1.1.4 เกลือ ตราปรุงทิพย์ จากบริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด

3.1.1.5 โซเดียมคาร์บอเนต ตรามาร์การ์เรต จากบริษัท เจอาร์ เอฟ แอนด์ บี จำกัด

3.1.1.6 ไข่ไก่เบอร์ 0 ตราซีพี จากบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)

### 3.1.2 อุปกรณ์ในการผลิตแผ่นเกี๊ยว

3.1.2.1 อุปกรณ์เครื่องครัว

| | |
|---|---|
| 3.1.2.2 เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง | Labconco 7755501, เยอรมนี |
| 3.1.2.3 ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -60 องศาเซลเซียส | Fenwal CTL821, ไทย |
| 3.1.2.4 เครื่องชั่งไฟฟ้าระบบดิจิตอล | Ohaus ARC 120, อเมริกา |
| 3.1.2.5 เครื่องผสมอาหาร | Kitchen Aid 5SS, อเมริกา |
| 3.1.2.6 เครื่องไมโครเวฟ | Sharp R-311, ไทย |
| 3.1.2.7 เครื่องรีดพาสต้า | Marcato Ampia 150, อิตาลี |

### 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

| | |
|---|---|
| 3.1.3.1 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส | TA-XT2i, อังกฤษ |
| 3.1.3.2 เครื่องมือวัดความหนา (Vernier Caliper) | MAUf, โปร์แลนด์ |
| 3.1.3.3 เครื่อง (Differential Scanning Calorimetry) | Mettler 8230/700, เยอรมนี |
| 3.1.3.4 เครื่อง (Scanning Electron Microscope) | Hitachi 3400N, ญี่ปุ่น |

## 3.2 สถานที่ดำเนินการทดลอง

ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

122973

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 วิธีการทดลอง

### 3.3.1 กระบวนการผลิตแผ่นเกี๊ยว

ปริมาณส่วนผสมที่ใช้ทำแผ่นเกี๊ยวแสดงในตารางที่ 3.1

**ตารางที่ 3.1** ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตแผ่นเกี๊ยวในการทดลอง

| ส่วนผสม | ปริมาณ (กรัม) |
|---|---|
| แป้งสาลี | 100 |
| น้ำ | 35 |
| ไข่ไก่ | 10 |
| เกลือ | 0.22 |
| โซเดียมไบคาร์บอเนต | 0.67 |

การผลิตแผ่นเกี๊ยวเริ่มจากนำเกลือและโซเดียมไบคาร์บอเนตละลายในน้ำสะอาด เติมไข่ไก่ที่ตีจนไข่ขาวและไข่แดงเข้ากันดีแล้ว จากนั้นพักไว้ นำแป้งสาลีใส่ในเครื่องผสม เปิดเครื่องผสมความเร็วระดับ 2 เป็นเวลา 1 นาที เติมส่วนผสมของเหลวที่ผสมไว้แล้วลงไปจนหมด ตีต่อไปอีก 3 นาที ปิดเครื่อง คนส่วนผสม แล้วเปิดเครื่องผสมต่ออีก 4 นาที นำโดที่ได้ออกมาพักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที โดยหุ้มด้วยแผ่นฟิล์มถนอมอาหารไม่ให้สัมผัสอากาศ เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว นำโดที่ได้คลึงด้วยไม้คลึงแป้งให้เป็นแผ่นหนาประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร แล้วนำไปรีดด้วยเครื่องรีดแป้งอีกครั้งให้มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร ตัดแป้งให้มีขนาด 3×3 นิ้ว ได้แผ่นเกี๊ยวดิบ

ต้มแผ่นเกี๊ยวดิบในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 นาที ตักขึ้นจากน้ำร้อนให้สะเด็ดเป็นเวลา 5 วินาที นำแผ่นเกี๊ยวที่ต้มแล้วใส่ในอ่างน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที ตักแผ่นเกี๊ยวที่แช่น้ำเย็นแล้วให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 วินาที ได้แผ่นเกี๊ยวสุก

นำแผ่นเกี๊ยวสุกวางลงบนแผ่นพลาสติกแล้วนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำออกมาทำให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที นำไปลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 นาที ได้แผ่นเกี๊ยวที่ผ่านการแช่แข็ง

### 3.3.2 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต

ผลิตแผ่นเกี๊ยวตามกระบวนการในข้อ 3.3.1 โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งดัดแปรชนิดไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี จากนั้นนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ดังนี้

3.3.2.1 การดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็ง (กมลรัตน์ รักกิจศิริ, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i) ใช้หัว A/LKB-F สภาวะที่ใช้ทดสอบคือ ความเร็วก่อนทดสอบ (pre-test speed): 0.5 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วขณะทดสอบ(test speed): 0.2 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วหลังทดสอบ (post-test speed): 10 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทาง(distance): 4.8 มิลลิเมตร ประเภทของการทดสอบ (trigger type): Button เพื่อวัดค่าแรงตัดและงานที่ใช้เฉือน และใช้หัว A/SPR โดยใช้สภาวะคือ ความเร็วก่อนทดสอบ: 3.0 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วขณะทดสอบ: 3.0 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วหลังทดสอบ: 5.0 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทาง: 80 มิลลิเมตร ประเภทของการทดสอบ: อัตโนมัติ-5 กรัม (auto-5g) เพื่อวัดค่าความต้านทานแรงดึง

3.3.2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังการแช่แข็งด้านความแข็ง ความเหนียว การกัดขาด และการยอมรับโดยรวม ใช้แบบทดสอบแบบ 5-point Hedonic scale และการทดสอบเชิงพรรณนาโดยใช้สเกล 15 ซม. ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3.2.4 การวิเคราะห์โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังการแช่แข็งโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) รุ่น 3400N (Maache-Rezzoug and Allaf, 2005)

3.3.2.5 การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวโดยใช้เครื่อง differencial scanning calorymetry

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของผลการทดลองที่ได้ในข้อ 3.3.2.1 และ 3.3.2.2 ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ส่วนผลการทดลองในข้อ 3.3.2.3 ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

**3.3.3 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งด้วยเอนไซม์ทรานสกลูตามิเนส**

ผลิตแผ่นเกี๊ยวตามข้อ 3.3.1 โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี นำตัวอย่างแผ่นเกี๊ยวที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลเช่นเดียวกับข้อ 3.3.2

**3.3.4 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส**

ผลิตแผ่นเกี๊ยวตามข้อ 3.3.1 ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทราส์กลูตามิเนส ออกแบบการทดลองแบบผสม (mixture design) โดยใช้ปริมาณแป้งสาลีร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

90-100 ปริมาณไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0-7 ปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0-2 ได้อัตราส่วนของแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ดังตารางที่ 3.2

**ตารางที่ 3.2** อัตราส่วนของแป้งสาลี ไดสตาร์ชฟอสเฟต และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ได้จากการออกแบบการทดลองแบบผสม (mixture design)

| สูตรที่ | แป้งสาลี | ไดสตาร์ชฟอสเฟต | เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส |
|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 0 | 0 |
| 2 | 98 | 0 | 2 |
| 3 | 93 | 7 | 0 |
| 4 | 95.5 | 3.5 | 1 |
| 5 | 91 | 7 | 2 |

ใช้ปริมาณส่วนผสมในตารางที่ 3.2. เพื่อผลิตแผ่นเกี๊ยวโดยใช้กระบวนการตามข้อ 3.3.1 นำตัวอย่างแผ่นเกี๊ยวที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลเช่นเดียวกับข้อ 3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# ผลการทดลองและวิจารณ์

## 4.1 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต

### 4.1.1 การดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็ง

ปริมาณการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวสุกที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตแสดงในตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ปริมาณการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวสุกหลังแช่แข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี

| ปริมาณการทดแทน (ร้อยละ) | ปริมาณการดูดซับน้ำ (ร้อยละ) |
|---|---|
| 0 | 43.34±2.61[a] |
| 3 | 43.62±3.70[a] |
| 5 | 42.06±0.86[b] |
| 7 | 41.82±1.89[b] |

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณไดสตาร์ชฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวสุกหลังแช่แข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.01$) โดยปริมาณไดสตาร์ชฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซับน้ำลดลง การใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตในปริมาณร้อยละ 3 ของปริมาณแป้งสาลี ไม่ทำให้การดูดซับน้ำต่างจากตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ใช้ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเป็นร้อยละ 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี ค่าการดูดซับน้ำจะลดลง ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Srijesdark (1989) ซึ่งพบว่า เมื่อดัดแปรสตาร์ชด้วยโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต การพองตัวของสตาร์ชจะลดลง สตาร์ชจะมีอุณหภูมิที่เกิดเจลสูงขึ้นและดูดซับน้ำได้ลดลง ดังนั้นเมื่อใช้ปริมาณไดสตาร์ชฟอสเฟตมากขึ้นจึงทำให้แผ่นเกี๊ยวมีค่าการดูดซับน้ำลดลง

### 4.1.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง

ค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่แข็งในด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือนและความต้านทานแรงดึงแสดงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.2** ค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงของแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่แข็งเมื่อทดแทนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี

| | | 0 | 3 | 5 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนแช่แข็ง | แรงตัด (กรัม) | 112.12±8.56$^{c}$ | 117.93±9.74$^{b}$ | 125.53±4.16$^{a}$ | 122.01±5.21$^{a}$ |
| | งานที่ใช้เฉือน (กรัม/เซนติเมตร) | 1828.14±227.80$^{b}$ | 1875.42±358.87$^{b}$ | 2057.45±179.68$^{a}$ | 1972.65±293.57$^{ab}$ |
| | ความต้านทานแรงดึง (กรัม) | 15.79±1.61$^{b}$ | 16.41±1.65$^{b}$ | 17.19±0.95$^{a}$ | 17.26±1.65$^{a}$ |
| หลังแช่แข็ง | แรงตัด (กรัม) | 51.77±3.73$^{c}$ | 53.31±7.13$^{bc}$ | 56.69±4.32$^{a}$ | 54.72±5.99$^{ab}$ |
| | งานที่ใช้เฉือน (กรัม/เซนติเมตร) | 936.05±86.13$^{b}$ | 978.72±137.95$^{b}$ | 1043.21±99.57$^{a}$ | 967.41±96.11$^{b}$ |
| | ความต้านทานแรงดึง (กรัม) | 11.01±1.04$^{c}$ | 11.43±1.34$^{bc}$ | 12.10±1.24$^{a}$ | 12.04±1.26$^{ab}$ |

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 เมื่อนำแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนแช่แข็งไปวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึง พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าทั้ง 3 ด้านข้างต้นมีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากไดสตาร์ชฟอสเฟตเป็นสตาร์ชดัดแปรโดยวิธีครอสลิงค์ พันธะเชื่อมข้ามที่เกิดจากการดัดแปรเป็นพันธะโควาเลนต์ซึ่งมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมในโมเลกุลสูง (วรรณา ตุลยธัญ, 2549) จึงทำให้โมเลกุลของสตาร์ชแข็งแรงมากขึ้น ทำให้แผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตมีค่าแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านทานแรงดึงสูงขึ้น โดยด้านแรงตัด พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต ร้อยละ 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) ด้านงานที่ใช้เฉือน พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี มีค่างานที่ใช้เฉือนสูงสุด และแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.01) ด้านแรงดึง พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต ร้อยละ 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00)

เมื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกหลังแช่แข็ง ด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และแรงดึง พบว่าค่าที่ได้จะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าจากแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนแช่แข็ง เนื่องจากผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นทำให้โครงสร้างภายในถูกทำลาย อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลของการเติมไดสตาร์ชฟอสเฟตหลังแช่แข็ง ด้านแรงตัด พบว่า แผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 และ 7 ต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.01)

ด้านงานที่ใช้เฉือน พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00)

ด้านความต้านทานแรงดึง พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) Thamjedsada (2010) พบว่าสตาร์ชดัดแปรโดยวิธีครอสลิงค์สามารถขัดขวางการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในอาหาร ดังนั้นโครงสร้างของแผ่นเกี๊ยวที่เติมไดสตาร์ชฟอสเฟตในปริมาณเพิ่มขึ้นจึงถูกทำลายจากผลึกน้ำแข็งน้อยลง ทำให้ค่าที่วัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

4.1.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่แข็งด้านความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกด้านความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมก่อนและหลังแช่เมื่อทดแทนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี

| | | 0 | 3 | 5 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนแช่แข็ง | ความแข็ง | 2.49±0.85$^{b}$ | 2.63±0.89$^{b}$ | 3.05±1.01$^{a}$ | 3.08±0.92$^{a}$ |
| | ความชอบด้านความแข็ง | 3.16±0.52$^{b}$ | 3.37±0.68$^{a}$ | 3.33±0.53$^{a}$ | 3.35±0.56$^{a}$ |
| | ความยืดหยุ่น | 2.60±0.88$^{b}$ | 2.70±1.13$^{b}$ | 2.85±1.09$^{b}$ | 3.15±0.74$^{a}$ |
| | ความชอบด้านความยืดหยุ่น | 3.23±0.59$^{b}$ | 3.45±0.84$^{a}$ | 3.52±0.75$^{a}$ | 3.43±0.68$^{a}$ |
| | การกัดขาด | 1.63±0.82$^{c}$ | 1.82±1.21$^{bc}$ | 1.94±0.87$^{b}$ | 2.33±0.90$^{a}$ |
| | ความชอบด้านการกัดขาด | 3.11±0.65$^{b}$ | 3.20±0.80$^{b}$ | 3.19±0.68$^{b}$ | 3.44±0.79$^{a}$ |
| | ความชอบโดยรวม | 3.24±0.79$^{b}$ | 3.40±0.92$^{b}$ | 3.44±0.67$^{ab}$ | 3.62±0.72$^{a}$ |
| หลังแช่แข็ง | ความแข็ง | 1.85±0.90$^{c}$ | 2.27±0.92$^{b}$ | 2.65±1.14$^{a}$ | 2.41±0.70$^{ab}$ |
| | ความชอบด้านความแข็ง | 3.00±0.70$^{b}$ | 3.26±0.60$^{a}$ | 3.16±0.93$^{ab}$ | 3.00±0.57$^{b}$ |
| | ความยืดหยุ่น | 2.41±1.08$^{c}$ | 2.55±0.94$^{bc}$ | 2.84±0.94$^{a}$ | 2.70±0.80$^{ab}$ |
| | ความชอบด้านความยืดหยุ่น | 2.96±0.92$^{b}$ | 3.12±0.65$^{ab}$ | 3.22±0.49$^{a}$ | 3.31±0.75$^{a}$ |
| | การกัดขาด | 1.46±0.95$^{b}$ | 1.57±1.13$^{b}$ | 1.76±1.24$^{ab}$ | 1.92±1.03$^{a}$ |
| | ความชอบด้านการกัดขาด | 3.08±0.61$^{c}$ | 3.16±0.67$^{bc}$ | 3.46±0.75$^{a}$ | 3.33±0.67$^{ab}$ |
| | ความชอบโดยรวม | 3.19±0.51$^{b}$ | 3.40±0.64$^{ab}$ | 3.49±0.87$^{a}$ | 3.29±0.85$^{ab}$ |

**ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)**

จากตารางที่ 4.3 พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตมีผลทำให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมของแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่แข็งแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าปริมาณไดสตาร์ชฟอสเฟตที่มากขึ้นทำให้คะแนนการทดสอบทุกด้านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่แข็ง ด้านความแข็งซึ่งหมายถึงความสามารถในการทนแรงตัดหรือการทำให้อาหารแตกแยกออกจากกัน พบว่าการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 และ 7 ทำให้ตัวอย่างก่อนแช่แข็งมีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ซึ่งพบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตก่อนแช่แข็งที่ร้อยละ 5 และ 7 มีค่าแรงตัดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ด้านคะแนนความชอบด้านความแข็งก่อนแช่แข็งของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 7 พบว่ามีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.04) โดยตัวอย่างควบคุมมีคะแนนความชอบน้อยที่สุด

ด้านความยืดหยุ่นซึ่งหมายถึงความสามารถในการยืดและหดตัวกลับของอาหาร พบว่าแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 7 ได้คะแนนต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.01) และเป็นคะแนนสูงสุด ซึ่งเมื่อปริมาณไดสตาร์ชฟอสเฟตเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความยืดหยุ่นเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในด้านแรงดึงซึ่งพบว่าเมื่อปริมาณไดสตาร์ชฟอสเฟตเพิ่มขึ้น ค่าแรงดึงจะเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่น พบว่าแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่เยือกแข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.01) จะเห็นได้ว่าเมื่อไดสตาร์ชฟอสเฟตมากขึ้นจะทำให้ความยืดหยุ่นมากขึ้น และความชอบด้านความยืดหยุ่นเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย

ด้านการกัดขาดซึ่งหมายถึงความสามารถในการใช้ฟันกัดอาหารจนแยกออกจากกัน พบว่าแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 7 ของปริมาณแป้งสาลีแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.01) และเป็นคะแนนสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในด้านงานที่ใช้เฉือน ซึ่งพบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี มีค่างานที่ใช้เฉือนสูงกว่าตัวอย่างควบคุม แสดงว่าความสามารถที่จะกัดแผ่นเกี๊ยวให้ขาดจากกัน ทำได้ยากกว่าแผ่นเกี๊ยวที่ไม่ได้ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต รองลงมาคือแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 3 ของปริมาณแป้งสาลี และตัวอย่างควบคุมตามลำดับ สำหรับคะแนนความชอบด้านการกัดขาด พบว่าแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 7 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.01) โดยตัวอย่างควบคุมมีคะแนนน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตจะทำให้แผ่นเกี๊ยวที่ได้มีลักษณะที่คงตัวกว่าแผ่นเกี๊ยวปกติ

ด้านความชอบโดยรวมของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลีมีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.04) ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นผลมาจากไดสตาร์ชฟอสเฟตทำให้โมเลกุลของสตาร์ชแข็งแรงมากขึ้น แผ่นเกี๊ยวที่มีปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตที่มากขึ้น จึงมีความแข็งแรงขึ้นและไม่เละง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม จึงทำให้คะแนนความชอบโดยรวมเพิ่มสูงขึ้น

เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตหลังแช่แข็งในด้านความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวม พบว่าคะแนนในแต่ละด้านที่กล่าวมามีคะแนนน้อยกว่าก่อนแช่แข็ง โดยในด้านความแข็ง แผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 ของปริมาณแป้งสาลีมีคะแนนสูงที่สุด ทั้งนี้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับน้ำ ซึ่งพบว่าเมื่อไดสตาร์ชฟอสเฟตมากขึ้น จะทำให้ปริมาณการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวลดลง ทั้งนี้ในกระบวนการแช่แข็ง น้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็งระหว่างการแช่แข็ง หากในผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำมากก็จะทำให้โครงสร้างได้รับความเสียหายจากผลึกน้ำแข็งได้ ดังนั้นแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 ของปริมาณแป้งสาลี จึงมีโครงสร้างที่แข็งแรง ทำให้ค่าแรงตัดที่ได้สูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.02$) โดยตัวอย่างควบคุมมีคะแนนน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาคะแนนด้านความชอบด้านความแข็งของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตในทุกระดับไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p=0.08$)

ด้านความยืดหยุ่น พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนสูงสุด และแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.02$) โดยที่ตัวอย่างควบคุมมีคะแนนความยืดหยุ่นน้อยที่สุด สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในด้านความต้านทานแรงดึงหลังแช่แข็ง ซึ่งพบว่าปริมาณไดสตาร์ชฟอสเฟตที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มสูงขึ้น ส่วนคะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.01$) เนื่องจากหลังแช่แข็งตัวอย่างควบคุม ซึ่งมีปริมาณการดูดน้ำสูงสุด โครงสร้างจะได้รับความเสียหายจากผลึกน้ำแข็งสูงกว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต จึงทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงจากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสหลังแช่แข็งลดลง แผ่นเกี๊ยวจึงไม่ยืดหยุ่นดังเดิม ทำให้คะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นลดลง

ด้านการกัดขาด พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 และ 7 แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.03$) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในด้านงานที่ใช้เฉือน ซึ่งพบว่า หลังแช่เยือกแข็งแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 ของปริมาณแป้งสาลี มีค่างานที่ใช้เฉือนสูงที่สุด เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านการกัดขาด พบว่า แผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.01$) เนื่องจากแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี มีความคง

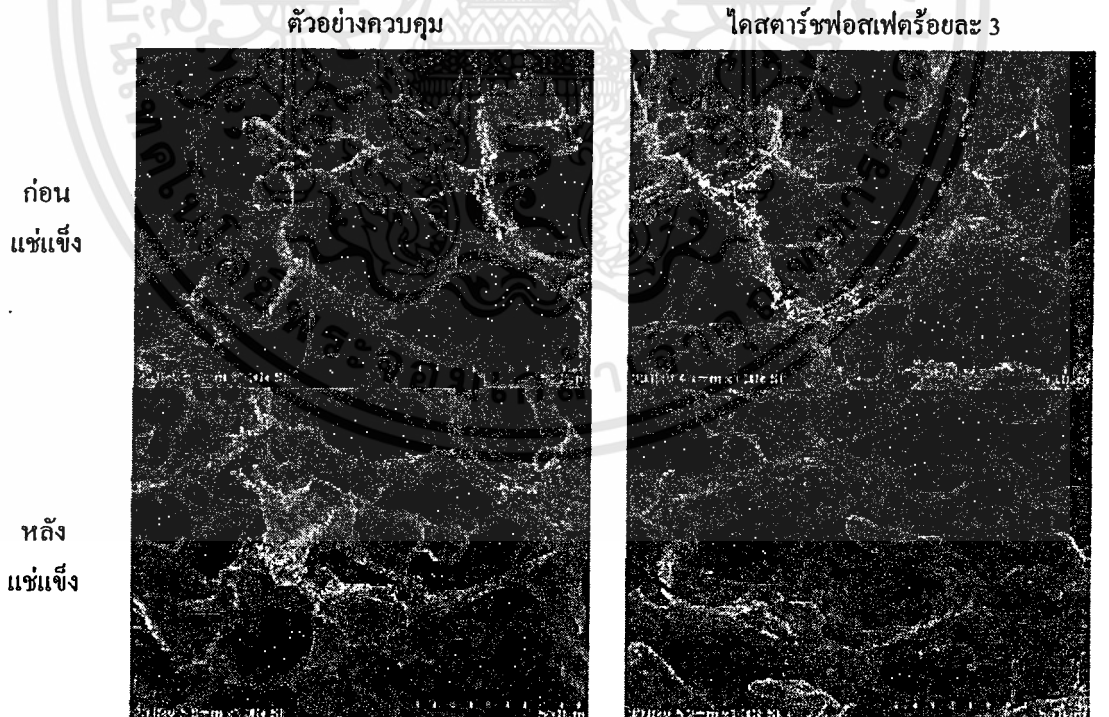
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวมากกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งได้รับความเสียหายจากการแช่แข็งมากกว่า ทำให้โครงสร้างแผ่นเกี๊ยวไม่แข็งแรง แผ่นเกี๊ยวที่ได้จะกัดขาดได้ง่าย ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสทั้งในด้านงานที่ใช้เฉือน ซึ่งพบว่า การใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตที่มากขึ้นจะทำให้ค่างานที่ใช้เฉือนสูงขึ้นด้วย

ด้านความชอบโดยรวมของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี พบว่าแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.03$) โดยที่ตัวอย่างควบคุมมีคะแนนต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการแช่แข็งจะทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างของแผ่นเกี๊ยว ดังนั้นแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต ซึ่งมีพันธะที่ยึดเหนี่ยวกันอย่างแข็งแรง จึงทำให้ผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่เกิดได้ยากขึ้น (Thamjedsada, 2010) ดังนั้นจึงทำให้โครงสร้างของแผ่นเกี๊ยวยังคงแข็งแรง และยังส่งผลต่อความชอบในด้านความยืดหยุ่น และการกัดขาดหลังแช่แข็งสูงอีกด้วย

4.1.4 การวิเคราะห์โครงสร้างภายในแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างภายในแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่แข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 ของปริมาณแป้งสาลี เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมแสดงในรูปที่ 4.1




**รูปที่ 4.1** โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (X1000) เปรียบเทียบระหว่างการทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 ของปริมาณแป้งสาลีกับตัวอย่างควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 เมื่อพิจารณาภาพถ่ายของโครงสร้างแผ่นเกี๊ยว พบว่าโครงสร้างภายในของตัวอย่างควบคุมเปรียบเทียบกับแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 ของปริมาณแป้งสาลี มีความหนาแน่นขึ้นเมื่อมองด้วยตาเปล่า ซึ่งในที่นี้พิจารณาจากขนาดโดยประมาณของรูเปิดภายในโครงสร้าง และความหนาของผนังเซลล์ในแต่ละเซลล์

4.1.5 การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวโดยใช้เครื่อง differencial scanning calorymetry

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสถานะของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะของผลึกน้ำแข็งและอุณหภูมิที่เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี ก่อนและหลังแช่แข็ง

| | ปริมาณการทดแทน (ร้อยละ) | $\Delta H_{fw}$ (J/g) | $T_{onset}$ (°c) |
|---|---|---|---|
| ก่อนแช่แข็ง | 0 | -212.83 | -1.24 |
| | 3 | -217.95 | -1.37 |
| | 5 | -218.02 | -1.34 |
| | 7 | -219.20 | -1.44 |
| หลังแช่แข็ง | 0 | -216.33 | -1.30 |
| | 3 | -231.61 | -1.39 |
| | 5 | -222.60 | -1.44 |
| | 7 | -221.23 | -1.51 |

จากตารางที่ 4.4 พบว่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็ง ($\Delta H_{fw}$) ของตัวอย่างควบคุมเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณไดสตาร์ชฟอสเฟตเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างควบคุมโมเลกุลของเม็ดสตาร์ชของตัวอย่างควบคุมยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งมีการยึดจับกันอย่างหลวมๆ ในโครงสร้างของอะมิโลเพกตินที่บริเวณโครงสร้างผลึก ทำให้แป้งดูดซับน้ำได้ดี เกิดการพองตัวและละลายได้ง่าย ส่งผลให้มีการใช้พลังงานเพื่อเปลี่ยนสถานะของผลึกน้ำแข็งน้อย และแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต มีการยึดเหนี่ยวกันของพันธะอย่างแข็งแรง ส่งผลให้ต้องใช้พลังงานสูงขึ้น เพื่อเปลี่ยนสถานะผลึกน้ำแข็งภายในแผ่นเกี๊ยว ดังนั้นพลังงานที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเปลี่ยนสถานะผลึกน้ำแข็งของตัวอย่างควบคุมจึงน้อยกว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตในทุกตัวอย่าง

## 4.2 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

### 4.2.1 การดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็ง

ปริมาณการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวสุกหลังแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวสุกหลังแช่แข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี

| ปริมาณการทดแทน (ร้อยละ) | ปริมาณการดูดซับน้ำ (ร้อยละ) |
|---|---|
| 0 | 43.78± 3.43[a] |
| 0.5 | 40.62± 1.69[b] |
| 1 | 39.01±2.13[c] |
| 1.5 | 37.48±1.35[d] |
| 2 | 37.42±2.94[d] |

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้แผ่นเกี๊ยวมีปริมาณการดูดซับน้ำลดลงตามลำดับ และเริ่มคงที่เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี โดยแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) โดยผลการทดลองที่ได้แตกต่างจากการทดลองของ กัลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ (2554) ซึ่งได้ศึกษาผลของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่อคุณภาพของบะหมี่เสริมใบมะรุมผง พบว่ามีน้ำหนักหลังต้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0-0.3 ของปริมาณแป้งสาลี และลดลงเมื่อปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมากกว่าร้อยละ 0.3 ของปริมาณแป้งสาลี เนื่องมาจากการเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณที่มากกว่าปริมาณที่เหมาะสมในการเชื่อมสายโปรตีน โดยจะส่งผลให้มีค่าความต้านทานต่อการดึงและความแน่นเนื้อลดลงด้วย

### 4.2.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง

ค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่แข็งด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือนและความต้านทานแรงดึงแสดงในตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.6** ค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงของแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่แข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ปริมาณแป้งสาลี

| | | 0 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนแช่แข็ง | แรงตัด (กรัม) | 113.39 ±10.48$^{d}$ | 326.39 ±14.49$^{c}$ | 343.33 ±19.61$^{b}$ | 370.04 ±24.81$^{a}$ | 361.43 ±14.82$^{a}$ |
| | งานที่ใช้เฉือน (กรัม/เซนติเมตร) | 1899.36 ±261.85$^{d}$ | 2787.11 ±218.66$^{c}$ | 3416.45 ±353.43$^{b}$ | 3691.44 ±477.30$^{a}$ | 3663.75 ±341.09$^{a}$ |
| | ความต้านทานแรงดึง (กรัม) | 15.87 ±1.81$^{d}$ | 25.02 ±2.56$^{c}$ | 25.22 ±2.17$^{c}$ | 34.74 ±4.00$^{b}$ | 39.44 ±2.77$^{a}$ |
| หลังแช่แข็ง | แรงตัด (กรัม) | 52.33 ±3.29$^{d}$ | 162.45 ±14.58$^{c}$ | 189.23 ±22.12$^{b}$ | 217.45 ±14.87$^{a}$ | 223.45 ±16.10$^{a}$ |
| | งานที่ใช้เฉือน (กรัม/เซนติเมตร) | 951.57 ±89.48$^{d}$ | 2269.50 ±240.01$^{c}$ | 2571.33 ±285.00$^{ab}$ | 2474.87 ±311.37$^{b}$ | 2682.40 ±319.72$^{a}$ |
| | ความต้านทานแรงดึง (กรัม) | 11.09 ±0.97$^{e}$ | 22.99 ±2.55$^{d}$ | 29.25 ±2.95$^{c}$ | 32.70 ±3.22$^{b}$ | 40.10 ±2.34$^{a}$ |

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.6 พบว่าปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสช่วยเชื่อมประสานโปรตีนโดยพันธะ ε-(γ-glutamyl) lysine ทั้งในและนอกโมเลกุล ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น (เปรมวดี เทพวงศ์และคณะ, 2547) โดยผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในด้านแรงตัด พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี มีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.00$) รองลงมาคือ แผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.5 และ 1 ของปริมาณแป้งสาลี และตัวอย่างควบคุมตามลำดับ โดยตัวอย่างควบคุมมีค่าต่ำที่สุด

ด้านงานที่ใช้เฉือน พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.00$) รองลงมาคือ แผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0.5 และ 1 ของปริมาณแป้งสาลี และตัวอย่างควบคุมตามลำดับ โดยตัวอย่างควบคุมมีค่างานที่ใช้เฉือนต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านความต้านทานแรงดึง พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 2 มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด และยังสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) ซึ่งเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสทำให้เกิดโปรตีนสายใหม่ที่มีลักษณะยืดหยุ่นมากขึ้น (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2533) โดยตัวอย่างควบคุมมีคะแนนต่ำที่สุด

หลังแช่แข็ง แผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีค่าด้านแรงตัดงานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยด้านแรงตัดพบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี มีค่าแรงตัดสูงสุด และแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) สอดคล้องกับผลการวิจัยของเปรมวดี เทพวงศ์และคณะ (2547) ซึ่งตรวจสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในเจลซูริมิแล้วนำไปแช่แข็ง พบว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพของเจลซูริมิได้ดี

ด้านงานที่ใช้เฉือน พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ซึ่งมีค่างานที่ใช้เฉือนต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) โดยตัวอย่างควบคุมมีค่างานที่ใช้เฉือนต่ำที่สุด

ด้านความต้านทานแรงดึง พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 2 มีค่าสูงที่สุด และแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) แผ่นเกี๊ยวที่มีปริมาณการทดแทนรองลงมาคือ แผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 1 0.5 ของปริมาณแป้งสาลี และตัวอย่างควบคุมตามลำดับ และจากการทดลองพบว่าค่าในด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงหลังแช่แข็ง มีค่าน้อยกว่าก่อนแช่แข็ง ทั้งนี้เนื่องมาจากการได้รับความเสียหายของโครงสร้างในกระบวนการแช่แข็ง แต่เนื่องจากเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสช่วยลดความเสียหายของโครงสร้างกลูเต็น โดยจะช่วยป้องกันและซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากผลึกน้ำแข็งในช่วงการเก็บอาหารแช่แข็ง (Huang *et al.*, 2008) จึงทำให้แผ่นเกี๊ยวแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีค่าแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น

4.2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านความแข็ง ความชอบด้านความยืดหยุ่น ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวม แสดงในตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.7** คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกด้านความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมก่อนและหลังแช่แข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี

| | | 0 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนแช่แข็ง | ความแข็ง | 2.46±0.77$^{cd}$ | 2.22±0.69$^{d}$ | 2.67±0.91$^{bc}$ | 2.83±1.29$^{ab}$ | 3.00±1.13$^{a}$ |
| | ความชอบด้านความแข็ง | 3.00±0.34$^{b}$ | 2.98±0.64$^{b}$ | 3.05±0.74$^{ab}$ | 3.23±0.96$^{a}$ | 3.08±0.48$^{ab}$ |
| | ความยืดหยุ่น | 2.53±0.92$^{d}$ | 2.67±0.79$^{cd}$ | 2.86±0.63$^{bc}$ | 3.03±0.94$^{b}$ | 3.28±0.69$^{a}$ |
| | ความชอบด้านความยืดหยุ่น | 3.17±0.37$^{d}$ | 3.27±0.54$^{cd}$ | 3.35±0.29$^{bc}$ | 3.47±0.68$^{ab}$ | 3.55±0.40$^{a}$ |
| | การกัดขาด | 1.84±0.96$^{c}$ | 1.97±0.88$^{c}$ | 2.43±1.24$^{b}$ | 2.57±1.45$^{ab}$ | 2.83±0.83$^{a}$ |
| | ความชอบด้านการกัดขาด | 2.92±0.51$^{c}$ | 3.01±0.69$^{bc}$ | 3.16±0.61$^{ab}$ | 3.25±1.03$^{a}$ | 3.04±0.57$^{bc}$ |
| | ความชอบโดยรวม | 2.96±0.66$^{b}$ | 3.18±0.70$^{ab}$ | 3.17±0.61$^{ab}$ | 3.27±0.98$^{a}$ | 3.00±0.53$^{b}$ |
| หลังแช่แข็ง | ความแข็ง$^{ns}$ | 1.84±0.91 | 1.85±1.07 | 1.98±0.97 | 2.08±1.31 | 2.18±0.97 |
| | ความชอบด้านความแข็ง$^{ns}$ | 2.71±0.55 | 2.80±0.90 | 2.82±0.67 | 2.82±0.58 | 2.98±0.85 |
| | ความยืดหยุ่น | 2.41±1.08$^{c}$ | 2.59±0.80$^{bc}$ | 2.68±0.79$^{b}$ | 2.75±0.82$^{ab}$ | 3.01±0.87$^{a}$ |
| | ความชอบด้านความยืดหยุ่น | 3.13±0.27$^{c}$ | 3.20±0.56$^{bc}$ | 3.29±0.47$^{b}$ | 3.48±0.41$^{a}$ | 3.48±0.44$^{a}$ |
| | การกัดขาด | 2.25±1.02$^{c}$ | 2.36±0.77$^{bc}$ | 2.34±0.77$^{bc}$ | 2.61±1.09$^{ab}$ | 2.65±0.96$^{a}$ |
| | ความชอบด้านการกัดขาด$^{ns}$ | 2.66±0.54 | 2.67±0.71 | 2.73±0.70 | 2.89±0.64 | 2.82±0.61 |
| | ความชอบโดยรวม$^{ns}$ | 2.78±0.35 | 2.83±1.07 | 2.83±0.75 | 3.06±0.69 | 2.88±0.66 |

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.7) พบว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส มีผลทำให้คะแนนทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนแช่เข็งแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่เพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนทั้งในด้านความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างควบคุม โดยในด้านความแข็ง พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.00$) ซึ่งตัวอย่างควบคุมมีคะแนนต่ำที่สุด ซึ่งเป็นผลจากการที่เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสช่วยในการเชื่อมประสานโปรตีนในส่วนผสม และส่งผลให้โครงสร้างมีความแข็งแรงมากขึ้น (เปรมวดี เทพวงศ์และคณะ, 2547) โดยคะแนนความชอบในด้านความแข็ง พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในทุกระดับการทดแทนไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.09$)

ด้านความยืดหยุ่น พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 2 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนความยืดหยุ่นต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.00$) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวในด้านความต้านทานแรงดึง ซึ่งพบว่าปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นด้วย ด้านคะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 และ 2 มีคะแนนสูงตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.00$)

ด้านการกัดขาด พบว่าปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความสามารถในการกัดขาดของแผ่นเกี๊ยว โดยแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.01$) ซึ่งสอดคล้องกับค่างานที่ใช้เฉือนมีค่าสูงขึ้น เมื่อเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มมากขึ้น ด้านความชอบด้านการกัดขาดของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1 และ 1.5 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.02$) ซึ่งแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 2 กัดขาดยากเกินไป

ด้านความชอบโดยรวมของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.5 1 และ 1.5 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.02$) ทั้งนี้จากการที่เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสช่วยเชื่อมประสานโครงสร้างโปรตีนในแผ่นเกี๊ยวให้มีความแข็งแรง และยืดหยุ่นขึ้น แผ่นเกี๊ยวที่ได้จึงมีความแข็งแรง ยืดหยุ่น ไม่เละ หรือขาดง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสหลังแช่แข็ง พบว่าคะแนนในด้านความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมมีแนวโน้มลดลงจากก่อนแช่แข็ง โดยในด้านความแข็ง และความชอบด้านความแข็ง พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในทุกระดับการทดแทนมีคะแนนความแข็ง และความชอบด้านความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้านความยืดหยุ่น พบว่าปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้แผ่นเกี๊ยวมีคะแนนความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 และ2 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.00$) โดยที่ตัวอย่างควบคุมมีคะแนนต่ำที่สุด สอดคล้องกับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านความต้านทานแรงดึง ซึ่งพบว่า ค่าความต้านทานแรงดึงจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นสูงกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.00$) ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างควบคุมมีปริมาณการดูดซับน้ำที่มากที่สุด (ตาราง 4.5) จึงส่งผลให้โครงสร้างได้รับความเสียหายระหว่างแช่แข็ง จึงทำให้มีความยืดหยุ่นลดลงด้วย

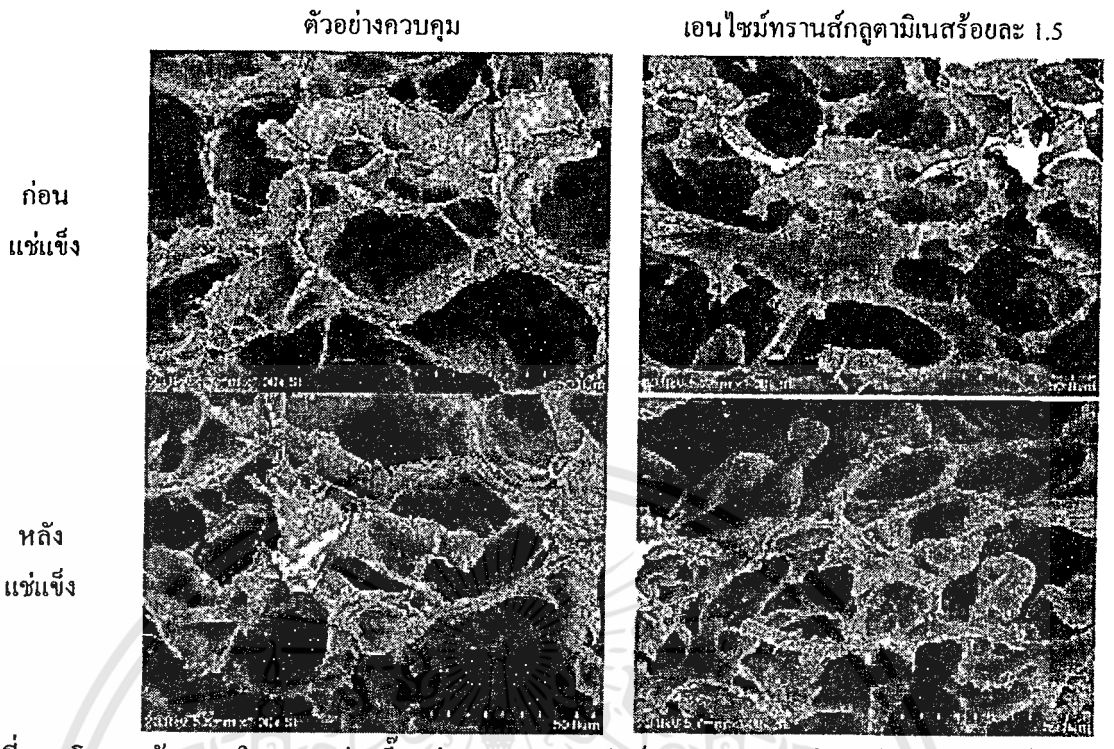
ด้านการกัดขาด พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.01$) สอดคล้องกับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านงานที่ใช้เฉือน ซึ่งพบว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่างานที่ใช้เฉือนสูงขึ้น ส่วนความชอบด้านการกัดขาด พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในทุกตัวอย่างมีคะแนนความชอบด้านการกัดขาดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p=0.06$)

ด้านความชอบโดยรวม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในทุกระดับไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p=0.10$) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความชอบด้านความแข็ง และความชอบด้านการกัดขาดที่ไม่แตกต่างกัน

4.2.4 การวิเคราะห์โครงสร้างภายในแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างภายในแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 ของปริมาณแป้งสาลี เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม แสดงในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.2** โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (X1000) เปรียบเทียบระหว่างการทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 ของปริมาณแป้งสาลี กับตัวอย่างควบคุม

จากรูปที่ 4.2 ภาพถ่ายของโครงสร้างภายในแผ่นเกี๊ยวจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 ของปริมาณแป้งสาลี เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมไม่แสดงความแตกต่างที่สังเกตได้อย่างชัดเจน ซึ่งพิจารณาจากขนาดของรูเปิด ความหนาของผนังเซลล์ในแต่ละเซลล์ และการฉีกขาดของเซลล์

4.2.5 การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวโดยใช้เครื่อง differencial scanning calorymetry

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสถานะของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี ดังแสดงในตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.8** ค่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะของผลึกน้ำแข็งและอุณหภูมิที่เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ของปริมาณแป้งสาลี ก่อนและหลังแช่แข็ง

| | ปริมาณการทดแทน (ร้อยละ) | $\Delta H_{fw}$ (J/g) | $T_{onset}$ (°c) |
|---|---|---|---|
| ก่อนแช่แข็ง | 0 | -213.88 | -1.37 |
| | 0.5 | -215.08 | -1.36 |
| | 1 | -213.82 | -1.40 |
| | 1.5 | -216.40 | -1.43 |
| | 2 | -216.00 | -1.48 |
| หลังแช่แข็ง | 0 | -220.29 | -1.30 |
| | 0.5 | -224.71 | -1.33 |
| | 1 | -224.58 | -1.32 |
| | 1.5 | -220.50 | -1.40 |
| | 2 | -225.45 | -1.50 |

จากตารางที่ 4.8 พบว่าค่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ซึ่งทั้งนี้เป็นผลมาจากโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรงของกลูเต็น ซึ่งเกิดจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในแผ่นเกี๊ยว ส่งผลให้ต้องใช้พลังงานในการหลอมเหลวผลึกน้ำแข็งในแผ่นเกี๊ยวมากกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วนอุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงสถานะ พบว่ามีอุณหภูมิลดลง

## 4.3 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

### 4.3.1 การดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็ง

ปริมาณการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 100:0:0, 98:0:2, 93:7:0, 95.5:3.5:1, 91:7:2 แสดงในตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.9** ปริมาณการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 100:0:0, 98:0:2, 93:7:0, 95.5:3.5:1, 91:7:2

| อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส | ปริมาณการดูดซับน้ำ (ร้อยละ) |
|---|---|
| 100:0:0 | 43.75±3.93[a] |
| 98:0:2 | 38.62±2.54[c] |
| 93:7:0 | 41.74±2.49[b] |
| 95.5:3.5:1 | 39.55±1.94[c] |
| 91:7:2 | 38.62±2.31[c] |

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีปริมาณการดูดซับน้ำหลังแช่แข็งน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม โดยพบว่าแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสทุกตัวอย่างแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.00$) และที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 93:7:0, 95.5:3.5:1 และ 91:7:2 มีปริมาณการดูดซับน้ำน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม จะเห็นได้ว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณการดูดซับน้ำสูงที่สุด ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองที่ 4.1 และ 4.2 โดยแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่างมีผลการดูดซับน้ำน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมเช่นเดียวกัน

4.3.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง

ค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่แข็งด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือนและความต้านทานแรงดึงแสดงในตารางที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.10** ค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงของแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่แข็งที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 100:0:0, 98:0:2, 93:7:0, 95.5:3.5:1, 91:7:2 แสดงในตารางที่ 4.10

| | | 100:0:0 | 98:0:2 | 93:7:0 | 95.5:3.5:1 | 91:7:2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนแช่แข็ง | แรงตัด (กรัม) | 112.84±8.64$^{e}$ | 355.56±18.13$^{a}$ | 123.08±12.46$^{d}$ | 133.38±11.94$^{c}$ | 143.90±13.53$^{b}$ |
| | งานที่ใช้เฉือน (กรัม/เซนติเมตร) | 1829±240.72$^{c}$ | 3613±382.97$^{a}$ | 1947±226.89$^{c}$ | 1910±230.78$^{c}$ | 2265±316.16$^{b}$ |
| | ความต้านทานแรงดึง (กรัม) | 15.47±2.06$^{e}$ | 39.44±2.77$^{a}$ | 17.19±1.65$^{d}$ | 29.01±3.12$^{c}$ | 32.95±4.22$^{b}$ |
| หลังแช่แข็ง | แรงตัด (กรัม) | 51.39±8.33$^{d}$ | 226.23±14.54$^{a}$ | 56.68±5.77$^{d}$ | 102.50±10.60$^{c}$ | 125.91±14.62$^{b}$ |
| | งานที่ใช้เฉือน (กรัม/เซนติเมตร) | 933.85±105.04$^{d}$ | 2724.29±341.65$^{a}$ | 1105.56±128.07$^{c}$ | 1179.39±167.61$^{c}$ | 1499.17±209.69$^{b}$ |
| | ความต้านทานแรงดึง (กรัม) | 10.84±0.88$^{d}$ | 39.36±2.65$^{a}$ | 12.31±1.21$^{d}$ | 23.50±3.57$^{c}$ | 26.80±8.01$^{b}$ |

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึง (ตารางที่ 4.10) พบว่าด้านแรงตัด แผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 93:7:0, 95.5:3.5:1 และ 91:7:2 มีค่าแรงตัดแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ซึ่งมีค่าแรงตัดต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) ทั้งนี้สอดคล้องกับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในด้านแรงตัดของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (ข้อ 4.1 และ 4.2) ซึ่งพบว่าการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้ค่าแรงตัดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม และเมื่อใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับการใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส พบว่าค่าแรงตัดที่ได้สูงกว่าตัวอย่างควบคุมเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากทั้งไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่างมีส่วนช่วยในเรื่องของความแข็งแรงของโครงสร้างของแผ่นเกี๊ยว จึงทำให้แผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส มีโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น และยังส่งผลให้ค่าแรงตัดสูงขึ้น

ด้านงานที่ใช้เฉือน พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2 และ 91:7:2 แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) จะเห็นได้ว่าการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ทำให้ค่างานที่ใช้เฉือนสูงขึ้นเช่นกัน

ด้านความต้านทานแรงดึง พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 98:0:2 มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด โดยอัตราส่วนดังกล่าวและที่อัตราส่วน 91:7:2, 95.5:3.5:1 และ 93:7:0 แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) ซึ่งสอดคล้องกับค่าแรงตัด และค่างานที่ใช้เฉือน โดยพบว่าการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสทำให้แผ่นเกี๊ยวมีโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น จึงทำให้ค่าแรงตัด งานที่ใช้เฉือน รวมทั้งความต้านทานแรงดึงเพิ่มสูงขึ้น

ส่วนหลังแช่แข็ง พบว่าในด้านแรงตัด แผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 91:7:2 และ 95.5:3.5:1 มีค่าแรงตัดแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ซึ่งมีค่าแรงตัดต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) ซึ่งเมื่อพิจารณาปริมาณการดูดซับน้ำพบว่าที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 91:7:2 และ 95.5:3.5:1 มีปริมาณการดูดซับน้ำต่ำที่สุด จึงส่งผลให้โครงสร้างของแผ่นเกี๊ยวได้รับความเสียหายน้อยลงในระหว่างการแช่แข็ง ทำให้ค่าแรงตัดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม

ด้านงานที่ใช้เฉือน พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2 มีค่างานที่ใช้เฉือนสูงสุด และที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 93:7:0, 95.5:3.5:1 และ 91:7:2 มีค่างานที่ใช้เฉือนแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีค่างานที่ใช้เฉือนต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) สอดคล้องกับปริมาณการดูดซับน้ำ ซึ่งตัวอย่างควบคุมมีปริมาณการดูดซับน้ำสูงที่สุด จึงทำให้ผลึกน้ำแข็งเข้าทำลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างได้มากกว่าแผ่นเกี๊ยวที่ปริมาณการทดแทนอื่นๆ ซึ่งมีค่าการดูดซับน้ำน้อยกว่า จึงทำให้ค่างานที่ใช้เฉือนต่ำที่สุด

ด้านความต้านทานแรงดึง พบว่าที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 95.5:3.5:1 และ 91:7:2 มีค่าความต้านทานแรงดึงแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) สอดคล้องกับปริมาณการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยว ซึ่งพบว่าอัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 95.5:3.5:1 และ 91:7:2 มีปริมาณการดูดซับน้ำต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม จึงทำให้โครงสร้างของแผ่นเกี๊ยวถูกทำลายจากผลึกน้ำแข็งระหว่างการแช่แข็งน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงกว่าตัวอย่างควบคุม

4.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสด้านความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมแสดงในตารางที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.11** คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกด้านความแข็ง ความชอบด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น ความชอบด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมก่อนและหลังแช่แข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่อัตราส่วน 100:0:0, 98:0:2, 93:7:0, 95.5:3.5:1 และ 91:7:2

| | | 100:0:0 | 98:0:2 | 93:7:0 | 95.5:3.5:1 | 91:7:2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนแช่แข็ง | ความแข็ง | 2.57±0.91$^{c}$ | 3.01±1.13$^{ab}$ | 2.93±0.86$^{ab}$ | 2.71±0.68$^{bc}$ | 3.19±1.35$^{a}$ |
| | ความชอบด้านความแข็ง | 2.91±0.44$^{c}$ | 3.31±0.42$^{a}$ | 3.31±0.59$^{a}$ | 3.23±0.77$^{ab}$ | 3.05±1.07$^{bc}$ |
| | ความยืดหยุ่น | 2.52±0.93$^{c}$ | 3.15±0.70$^{a}$ | 3.07±0.79$^{b}$ | 2.82±0.87$^{b}$ | 2.90±1.35$^{ab}$ |
| | ความชอบด้านความยืดหยุ่น | 3.18±0.57$^{b}$ | 3.32±0.46$^{ab}$ | 3.44±0.65$^{a}$ | 3.54±0.75$^{a}$ | 2.94±1.04$^{c}$ |
| | การกัดขาด | 1.74±0.90$^{c}$ | 2.71±1.12$^{a}$ | 2.20±0.90$^{b}$ | 2.25±1.15$^{b}$ | 2.83±1.49$^{a}$ |
| | ความชอบด้านการกัดขาด | 2.96±0.63$^{b}$ | 2.92±0.99$^{b}$ | 3.44±0.79$^{a}$ | 3.42±0.87$^{a}$ | 3.25±1.10$^{a}$ |
| | ความชอบโดยรวม | 2.76±0.59$^{c}$ | 2.88±0.85$^{c}$ | 3.62±0.72$^{a}$ | 3.38±0.87$^{b}$ | 2.98±1.04$^{c}$ |
| หลังแช่แข็ง | ความแข็ง | 1.82±0.53$^{c}$ | 2.07±1.31$^{bc}$ | 2.36±0.71$^{a}$ | 2.17±0.84$^{ab}$ | 2.24±0.85$^{ab}$ |
| | ความชอบด้านความแข็ง | 2.81±0.63$^{c}$ | 2.93±0.90$^{bc}$ | 3.00±0.57$^{bc}$ | 3.39±0.77$^{a}$ | 3.12±0.76$^{b}$ |
| | ความยืดหยุ่น | 2.44±0.72$^{c}$ | 2.92±1.0$^{a}$ | 2.87±0.72$^{ab}$ | 2.65±0.96$^{bc}$ | 2.81±0.70$^{ab}$ |
| | ความชอบด้านความยืดหยุ่น | 2.90±0.52$^{c}$ | 3.00±0.64$^{bc}$ | 3.39±0.70$^{a}$ | 3.18±1.09$^{ab}$ | 3.02±0.89$^{bc}$ |
| | การกัดขาด | 1.42±0.98$^{d}$ | 2.62±0.91$^{a}$ | 2.03±1.15$^{c}$ | 2.26±0.85$^{bc}$ | 2.46±0.71$^{ab}$ |
| | ความชอบด้านการกัดขาด | 2.83±0.49$^{bc}$ | 2.67±0.92$^{c}$ | 3.01±0.85$^{ab}$ | 3.14±0.84$^{a}$ | 2.97±0.71$^{ab}$ |
| | ความชอบโดยรวม | 2.80±0.40$^{b}$ | 2.87±0.60$^{b}$ | 3.27±0.89$^{a}$ | 3.29±0.97$^{a}$ | 3.23±0.82$^{b}$ |

**ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)**

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากตารางที่ 4.11 พบว่าการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีผลทำให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนแช่แข็งแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในด้านความแข็ง พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 93:7:0 และ 91:7:2 มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนความแข็งต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) สอดคล้องกับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในด้านแรงตัด พบว่าการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ทำให้ค่าแรงตัดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ด้านความชอบด้านความแข็ง พบว่าอัตราส่วนที่มีคะแนนความชอบด้านความแข็งสูง คืออัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 93:7:0 และ 95.5:3.5:1 ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนความชอบด้านความแข็งต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) ซึ่งจากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านแรงตัด พบว่าการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตหรือเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพียงอย่างเดียว รวมทั้งการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ทำให้มีค่าแรงตัดสูงขึ้น แผ่นเกี๊ยวที่ได้จึงมีความแข็งแรงกว่าตัวอย่างควบคุม ทำให้คะแนนความชอบในด้านความแข็งสูงกว่าตัวอย่างควบคุม

ด้านความยืดหยุ่น พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2 และ 91:7:2 มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) สอดคล้องกับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านความต้านทานแรงดึง ซึ่งพบว่าตัวอย่างควบคุมมีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำที่สุด และที่อัตราส่วน 98:0:2 และ 91:7:0 มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมและรองลงมาตามลำดับ ส่วนคะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นสูงสุดที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 93:7:0 และ 95.5:3.5:1 แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) และยังพบว่าอัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่มีคะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นต่ำที่สุดคืออัตราส่วน 91:7:2 ซึ่งการที่มีความชอบด้านความยืดหยุ่นต่ำ อาจเป็นเพราะแผ่นเกี๊ยวมีความยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นเกี๊ยวทั่วไปมาก ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนความชอบน้อยที่สุด

ด้านการกัดขาด พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2 และ 91:7:2 มีคะแนนด้านการกัดขาดสูงสุด รองลงมาคือแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วน 93:7:0 และ 95.5:3.5:1 ซึ่งแผ่นเกี๊ยวในทุกอัตราส่วนแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) สอดคล้องกับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ซึ่งพบว่าตัวอย่างควบคุมมีค่างานที่ใช้เฉือนต่ำที่สุด และที่อัตราส่วน 98:0:2 และ 91:7:2 มีค่าแรงเฉือนสูงที่สุด ส่วนคะแนนความชอบด้านการกัดขาด พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 93:7:0, 95.5:3.5:1 และ 91:7:2 มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนความชอบด้านการกัดขาดต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) อาจเนื่องมาจากที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต: เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 93:7:0, 95.5:3.5:1 และ 91:7:2 มีคะแนนการกัดขาดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งมีคะแนนต่ำที่สุด และมีการกัดขาดง่ายที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบโดยรวม พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 93:7:0 มีคะแนนสูงสุดและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่ไดสตาร์ชฟอสเฟตมีพันธะเชื่อมข้ามที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมในโมเลกุลสูง แผ่นเกี๊ยวที่ได้จึงแข็งแรงกว่าตัวอย่างควบคุม ส่งผลให้คะแนนความชอบสูงขึ้นด้วย

ส่วนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสหลังแช่แข็ง พบว่ามีคะแนนน้อยกว่าตัวอย่างก่อนแช่แข็ง โดยในด้านความแข็ง พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 93:7:0, 95.5:3.5:1 และ 91:7:2 มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.01) ผลการดูดซับน้ำของตัวอย่างควบคุมมีปริมาณสูงที่สุด ทำให้เมื่อนำไปแช่แข็ง โครงสร้างจึงเสียหายและไม่แข็งแรงเหมือนแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่แข็ง โดยแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 95.5:3.5:1 ได้คะแนนความชอบด้านความแข็งสูงสุด และแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนความชอบด้านความแข็งต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากค่าความแข็งที่สูงกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งมีลักษณะค่อนข้างเละ เนื่องจากการถูกทำลายโครงสร้างหลังแช่แข็ง จึงทำให้แผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วน 95.5:3.5:1 มีคะแนนความชอบสูงสุด

ด้านความยืดหยุ่น พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่มีอัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 93:7:0 และ 91:7:2 มีคะแนนความยืดหยุ่นสูงกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนความยืดหยุ่นต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.01) เนื่องจากที่อัตราส่วน 98:0:2, 93:7:0 และ 91:7:2 มีปริมาณการดูดซับน้ำต่ำ ทำให้โครงสร้างหลังแช่แข็งได้รับความเสียหายน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่นสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ในด้านความชอบด้านความยืดหยุ่น พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่มีอัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 93:7:0 และ 95.5:3.5:1 มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 93:7:0 และ 95.5:3.5:1 พบว่ามีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำ แผ่นเกี๊ยวที่ได้จึงมีลักษณะไม่ยืดหยุ่นมาก หรือเละเกินไป

ด้านการกัดขาด พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่มีอัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2 และ 91:7:2 มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนการกัดขาดต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) สอดคล้องกับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่า ที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่อัตราส่วน 98:0:2 และ 91:7:2 มีค่างานที่ใช้เฉือนสูงกว่าตัวอย่างควบคุม และรองลงมาตามลำดับ จึงมีผลให้คะแนนด้านการกัดขาดสูงกว่าอัตราส่วนอื่นและตัวอย่างควบคุม ด้านความชอบด้านการกัดขาด พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่มีอัตราส่วนแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต: เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 93:7:0, 95.5:3.5:1 และ 91:7:2 มีคะแนนแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) สอดคล้องกับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ด้านค่างานที่ใช้เฉือน ซึ่งพบว่าที่อัตราส่วนเหล่านี้มีค่าแรงเฉือนปานกลาง (ไม่ใช้อัตราส่วนที่ต่ำที่สุด และ สูงที่สุด) จึงมีคะแนนความชอบด้านการกัดขาดสูงกว่าอัตราส่วนอื่นและตัวอย่างควบคุม ซึ่งอาจเป็นเพราะสามารถกัดขาดได้ปานกลาง โดยพบว่าอัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2 ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นเพราะที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2 มีค่างานที่ใช้เฉือนสูง จึงทำให้กัดขาดยาก และตัวอย่างควบคุมมีลักษณะที่กัดขาดได้ง่ายเกินไปจากค่าแรงเฉือนที่ต่ำ จึงทำให้คะแนนในทั้งสองอัตราส่วนนี้ไม่แตกต่างกัน

ความชอบโดยรวม พบว่าแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 93:7:0 และ 95.5:3.5:1 มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00) เนื่องจากทั้งไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่างมีส่วนช่วยให้โครงสร้างของแผ่นเกี๊ยวแข็งแรงขึ้น แต่แผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนด้วเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 2 มีความแข็งและการกัดขาดสูงเกินไป ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ การใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณที่เหมาะสม จึงจะทำให้ได้แผ่นเกี๊ยวที่มีเนื้อสัมผัสที่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

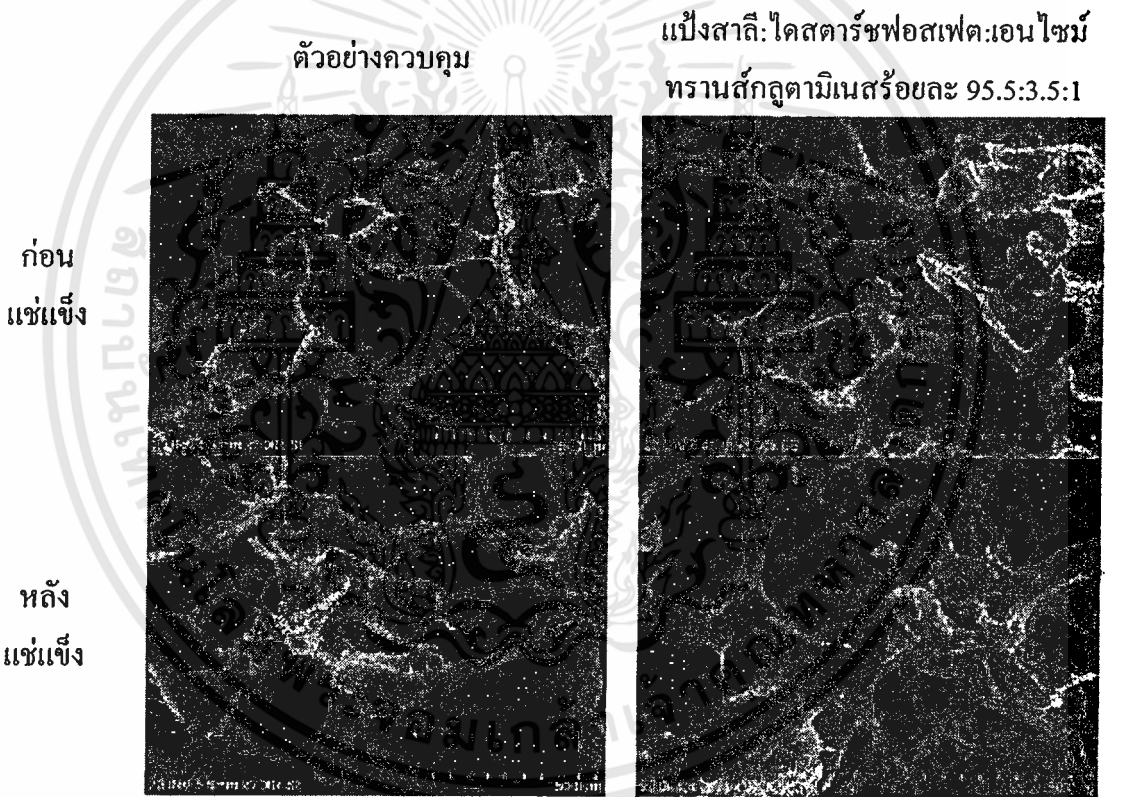
เมื่อพิจารณาผลการทดลองการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ในด้านการดูดซับน้ำ พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส มีปริมาณการดูดซับน้ำน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม (ตารางที่4.9) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสหลังแช่แข็งด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึง พบว่าที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 91:7:2 และ 95.5:3.5:1 มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมทั้งในด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึง (ตารางที่ 4.10) การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแข็ง พบว่าอัตราส่วน 93:7:0 มีคะแนนความแข็งมากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างจากอัตราส่วน 95.5:3.5:1 และ 91:7:2 ด้านความชอบด้านความแข็ง พบว่าอัตราส่วน 95.5:3.5:1 มีคะแนนความชอบด้านความแข็งสูงที่สุด ด้านความยืดหยุ่น พบว่าอัตราส่วน 98:0:2 ไม่แตกต่างจากอัตราส่วน 93:7:0 คะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่น พบว่าอัตราส่วน 93:7:0 มีคะแนนสูงที่สุดไม่แตกต่างจากอัตราส่วน 95.5:3.5:1 ด้านการกัดขาด พบว่าอัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2 และ 91:7:2 มีคะแนนไม่แตกต่างกัน ส่วนในด้านความชอบด้านการกัดขาด พบว่าอัตราส่วน 95.5:3.5:1 มีคะแนนสูงสุด ไม่แตกต่างจากอัตราส่วน 93:7:0 และ 91:7:2 ในด้านความชอบโดยรวม พบว่าอัตราส่วน 95.5:3.5:1 มีคะแนนสูงที่สุดไม่แตกต่างจากอัตราส่วน 93:7:0 ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วน 95.5:3.5:1 เป็นปริมาณที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้างภายในต่อไป เนื่องจากอัตราส่วน 95.5:3.5:1 มีปริมาณการดูดซับน้ำต่ำ การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสหลังแช่แข็งด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงสูงกว่าตัวอย่างควบคุม มีคะแนนความชอบหลังแช่แข็งด้านความแข็ง ด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวมสูงที่สุด

4.3.4 การวิเคราะห์โครงสร้างภายในแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็ง

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างภายในแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ 95.5:3.5:1 เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม แสดงในรูปที่ 4.3




**รูปที่ 4.3** โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (X1000) เปรียบเทียบระหว่างการทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 95.5:3.5:1 กับตัวอย่างควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 ภาพถ่ายของโครงสร้างภายในแผ่นเกี๊ยวจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ที่อัตราส่วน 95.5:3.5:1 เปรียบเทียบกับแผ่นแป้งปกติ โดยพิจารณาจาก ช่องรูเปิด ขนาดโพรง และความหนาของผนังเซลล์ ทั้งนี้พบว่าที่อัตราส่วน 95.5:3.5:1 และตัวอย่างควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

4.3.5 การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวโดยใช้เครื่อง differencial scanning calorymetry

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสถานะของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสก่อนและหลังแช่แข็งที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ 100:0:0, 98:0:2, 93:7:0, 95.5:3.5:1 และ 91:7:2 ดังแสดงในตารางที่ 4.12

**ตารางที่ 4.12** ค่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะของผลึกน้ำแข็งและอุณหภูมิที่เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสก่อนและหลังแช่แข็งที่ อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 100:0:0, 98:0:2 93:7:0, 95.5:3.5:1 และ 91:7:2 ก่อนและหลังแช่แข็ง

| | อัตราส่วน (ร้อยละ) | $\Delta H_{fw}$ | $T_{onset}$ (°c) |
|---|---|---|---|
| ก่อนแช่แข็ง | 100:0:0 | -208.80 | -1.21 |
| | 98:0:2 | -210.44 | -1.40 |
| | 93:7:0 | -217.34 | -1.45 |
| | 95.5:3.5:1 | -214.37 | -1.24 |
| | 91:7:2 | -207.28 | -1.37 |
| หลังแช่แข็ง | 100:0:0 | -221.42 | -1.23 |
| | 98:0:2 | -216.82 | -1.41 |
| | 93:7:0 | -220.96 | -1.48 |
| | 95.5:3.5:1 | -220.97 | -1.38 |
| | 91:7:2 | -215.15 | -1.46 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.12 พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 98:0:2, 93:7:0 และ 95.5:3.5:1 ใช้พลังงานเพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้สอดคล้องกับตารางที่ 4.4 และ 4.8 ซึ่งพบว่าการใช้ไดสตาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในแผ่นเกี๊ยวแช่แข็ง ส่งผลให้โครงสร้างของแผ่นเกี๊ยวมีการเกาะตัวกันอย่างแข็งแรงกว่าตัวอย่างควบคุม ทำให้ต้องใช้พลังงานเพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะของผลึกน้ำแข็งสูงขึ้น และอุณหภูมิเริ่มต้น ($T_{onset}$)ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต จากการวิเคราะห์การดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็ง พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ปริมาณการดูดซับน้ำมีแนวโน้มลดลง เมื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านค่าแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึง ซึ่งวัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัสจะเพิ่มขึ้นทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง พบว่าแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 7 ได้คะแนนด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด ไม่แตกต่างจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 หลังแช่เยือกแข็ง พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 5 และ 7 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p=0.03$) เนื่องจากแผ่นเกี๊ยวมีคะแนนความแข็ง ความยืดหยุ่น และความชอบด้านการกัดขาดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม จึงเลือกแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 ไปทำการวิเคราะห์โครงสร้างภายในและจากการวิเคราะห์โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าไม่สามารถบอกความแตกต่างได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวด้วยเครื่อง Differencial Scanning Calorimeter พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตในปริมาณที่มากขึ้น ใช้พลังงานเพื่อเปลี่ยนสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวสูงขึ้น

ผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส จากการวิเคราะห์การดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็ง พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ปริมาณการดูดซับน้ำลดลง เมื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านค่าแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึง ซึ่งวัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัสจะเพิ่มขึ้นทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง พบว่า แผ่นเกี๊ยวก่อนแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เนื่องจากแผ่นเกี๊ยวมีคะแนนความชอบด้านความแข็ง และความชอบด้านการกัดขาดสูงที่สุด และแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ร้อยละ 1.5 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เนื่องจากแผ่นเกี๊ยวมีคะแนนความยืดหยุ่น และความชอบด้านความยืดหยุ่นไม่แตกต่างจากแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 2 ส่วนคะแนนความชอบในด้านอื่นๆ มีคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกันในทุกปริมาณการทดแทน จึงเลือกแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 เพื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวต่อไป และจากการวิเคราะห์โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งด้วยกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าไม่สามารถบอกความแตกต่างของโครงสร้างได้อย่างชัดเจน เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวด้วยเครื่อง Differencial Scanning Calorimeter พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณที่มากขึ้น ต้องใช้พลังงานเพื่อเปลี่ยนสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวสูงขึ้น

ผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส จากการวิเคราะห์การดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่แข็ง พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ทำให้ปริมาณการดูดซับน้ำลดลง เมื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านค่าแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึง ซึ่งวัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัสมีค่าสูงขึ้นทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง พบว่า แผ่นเกี๊ยวก่อนแช่แข็งที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 93:7:0 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและหลังแช่เยือกแข็ง พบว่าอัตราส่วน 95.5:3.5:1 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดไม่แตกต่างจากอัตราส่วน 93:7:0 แต่เนื่องจากอัตราส่วน 95.5:3.5:1 มีคะแนนความชอบด้านความแข็งและการกัดขาดสูงกว่าอัตราส่วนอื่น จึงเลือกแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วนแป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 95.5:3.5:1 เพื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวต่อไป และผลการวิเคราะห์โครงสร้างภายในของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่แข็งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าโครงสร้างของแผ่นเกี๊ยวที่อัตราส่วน 95.5:3.5:1 ไม่แตกต่างกันจากตัวอย่างควบคุมอย่างชัดเจน เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวด้วยเครื่อง Differencial Scanning Calorimeter พบว่าแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ต้องใช้พลังงานเพื่อเปลี่ยนสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวสูงกว่าตัวอย่างควบคุม

**ข้อเสนอแนะ**

ในการเลือกตัวอย่างเพื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในทางการค้า ควรพิจารณาถึงต้นทุนของวัตถุดิบเพิ่มเติม ซึ่งในการทดลอง ยึดถือผลทางวิชาการเป็นหลัก ดังนั้นตัวอย่างที่เลือกมาทำการวิเคราะห์จึงอาจจะมีต้นทุนในการผลิตสูงกว่าตัวอย่างอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


กมลรัตน์ รักกิจศิริ. 2549. **การศึกษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาบะหมี่สดไทย.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

กมลวรรณ อิศราคาร. 2548. **ผลของการเติมสตาร์ชดัดแปรและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2535. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์แป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร** เอกสารมอก.ที่ 1073, 2535.

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, นภาลัย ประสิทธิ์เขตร์กิจ และอโนชา สุขสมบูรณ์. 2554. **ผลของเอนไซม์กลูตามิเนสของคุณภาพของบะหมี่เสริมใบมะรุมผง.** วิทยาศาสตร์เกษตร 42(2)(พิเศษ) : 497-500.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2544. **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น.** พิมเณศการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ชลลดา ปรีชา. 2539. **ชีวเคมีของอาหารจากพืช.** เอกสารการสอนชุดวิชาเคมีและจุลชีววิทยาของอาหาร. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน. 2543. **การใช้ประโยชน์จากข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์.** รายงานการสัมมนาวิชาการธัญพืชเมืองหนาวแห่งชาติ ครั้งที่ 20, เชียงราย

บริษัท อะยิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด. 2553. **เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส.** เอกสารประกอบผลิตภัณฑ์แอคทิวา ทีจี. กรุงเทพฯ.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2533. **เอนไซม์ทางอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เปรมวดี เทพวงศ์, วันชัย วรวัฒนเมธีกุล และนงนุช รักสกุลไทย. 2548. **การปรับปรุงคุณสมบัติของเจลซูริมิที่ผลิตจากปลาแป้น(Leiognathus spp.)โดยใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจากจุลินทรีย์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาผลิตภัณฑ์ประมง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ พงษ์สกุล, ทรรศนะ ลาภรวย และนคร แสงปลั่ง. 2535. **ธัญพืชเมืองหนาวพืชอาหารที่สำคัญของโลก.** วารสารส่งเสริมการเกษตร 22(54) : 13-17.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วรรณา ตุลยธัญ. 2549. **เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2549. เอนไซม์ กับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร, วารสารเอเชียแปซิฟิกฟู้ดอินดัสตรีไทยแลนด์. หน้า 27-30. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร, ปทุมธานี. เข้าถึงได้จาก www.tistr-foodprocess.net/download/article/Enzyme_fooo_th_htm. (17 มิถุนายน 2554)

สายสนม ประดิษฐดวง. 2540. **กระบวนการแช่เยือกแข็งอาหาร:วิทยาศาตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2547. **ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร.**

โสภิดา สืบวงษ์ และ อนุกูล วัฒนสุข. 2550. **ผลของสตาร์ชดัดแปรแบบพันธะเชื่อมขวางต่อคุณภาพก๋วยเตี๋ยวอบแห้งและก๋วยเตี๋ยวบรรจุกระป๋อง.** การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2550.

สมโภชน์ โกมลมณี. 2542. **การแช่เย็นและการแช่เยือกแข็งผลผลิตทางการเกษตร,** เอกสารประกอบการสอน. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

อภิญญา มาระโพธิ์. 2536. **การใช้แป้งดัดแปรเป็นสารให้ความคงตัวในซอสมะเขือเทศ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2540. **ข้าวสาลี:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

BeMiller, J. N. 1997. **Starch modification : challenges and prospects.** Starch/Stärke. 49(4)

Berglund, P.T., Shelton, D.R., and Freeman, T.P. 1999. **Frozen bread dough ultrastructure as affected by duration of frozen storage and freeze-thaw cycles.** Journal of Cereal Chemistry. 68:105.

Charley, H. 1982. **Food Science**. John Wiley and Sons, New York.

Geddes,W.E. 1994. **Report in constituents of wheat and wheat products.** Reinhold, New York.

Huang, W. N., Yuan, Y. L., Kim, Y. S., & Chung, O. K. 2008. **Effects of transglutaminase on rheology, microstructure, and baking properties of frozen dough.** Journal of Cereal Chemistry. 85(3):301-306.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hsu, K.H., Hoseney, R.C. and Seib, P.A. 1979. **Frozen dough. II. Effect of freezing and storing condition on the stability of yeas doughs.** Journal of Cereal Chemistry. 56:424-426.

Inoue, Y. and Bushuk, W. 1991. **Studies on frozen doughs. Effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking and rheological properties.** Journal of Cereal Chem. 56:424-426.

Janto, M., S. Pipatsattayanuwong, M.W. Kruk, G.Hou, and M.R. McDaniel. 1998. **Developing noodles from US wheat varieties for the far east market : sensory perspective.** Journal of Food Qualities and Preference. 9(6):403-412.

Kovacs, M. I. P., Fu, B. X., Woods, S. M. and Khan, K. 2004. **Thermal stability of wheat gluten protein: its effect on dough properties and noodle texture.** Journal of Cereal Science. 39:9-19.

Lasztity, R. 1996. **The Chemistry of Cereal Proteins,** 2nd Edition, CRC Press:Boca Raton, Florida.

Le Bail, A., Grinand, C., Cleach, S.L., Martinez, S. and Quilin, E. 1999. **Influence of storage condition on frozen French bread dough.** Journal of Food Eng. 39:289-291.

Maache-Rezzoug, Z. and Allaf, K. 2005. **Study of the effect of hydrothermal process conditions on pasta quality.** Journal of Cereal Science. 41(3):267-275.

Mua, J.P., and Jackson. D.S. 1998. **Retrogradation and gel textural attributes of corn starch amylase and amylopectin fractions.** Journal of Cereal Science. 27:157-166.

Thamjedsada Nuttawee. 2010. **New Stabilizer for Water Ice.** Journal of Asia Food Beverage Thailand. July-August: 38-39.

Nolan, N.L., R.C. Hoseney and J.M. Faubion. 1986. **The effect of fatty acid spin labels upon starch.** Cereal Chem. 63(4):291-294.

Pain, F.A. and Pain, H.Y. 1992. **Frozen Food.** Handbook of Food Packaging. Blakie Academic and Professional, New York.

Pyler, E.J. 1973. **Baking science and technology.** Vol 1. Siebel publishing Company, Chicago. Ilinois.

Shiau, S.Y. and A.T. Yeh. 1999. **Effect of alkali and acid on dough rheological properties and characteristics of extruded noodles.** Journal of Cereal Chemistry. 33:27-37.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Srijesdark, V., Tulyathan, V and Thunpithayakul, C. 1989. **Modification of Potato (Solanum Tuberosum Var Spunta) Starch for partian substitution of Mung Bean Starch in vermicelli.** Journal of Science Soc. 15:39-47.

Sungtong, P., Chaiwanichsiri, S., Ruangtrakool, B., Suzuki, T., Takai, R. and Tantratian, S. 2006. **Effect of phosphate salts and transglutaminase in prevention of freeze cracking in frozen diced broiler breast.** Journal of Food Process Engineering. 29:174-187.

Toyogawa, H., Rubenthaler, G.L., Powers, J.R., Schanus, E.G. 1989. **Japanese noodle qualities II, Starch components.** Journal of Cereal Chemistry. 66:387-391.

Zayas, J.F. 1997. **Solubility of Protein.** Functionality of Proteins in Food. Springer-Verlag, Heidelberg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก
# การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. การวัดปริมาณการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยว

**สูตรที่ใช้คำนวณหาปริมาณการดูดซับน้ำ**

$$\text{ปริมาณการดูดซับน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังต้ม (กรัม)} - \text{น้ำหนักก่อนต้ม (กรัม)}}{\text{น้ำหนักก่อนต้ม (กรัม)}}$$

## 2. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

**เครื่องมือ**

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, รุ่น TA-XT2i)

**วิธีการทดลอง**

**การวัดค่าแรงตัด และงานที่ใช้เฉือน**

1. ทำการ Calibrate Force ก่อนการวัดทุกครั้ง
2. ประกอบชุดเครื่องมือกด ใช้หัว A/LKB-F
3. ทำการCalibrate Probe ก่อนการวัด
4. เลือกรูปแบบการวัดดังนี้

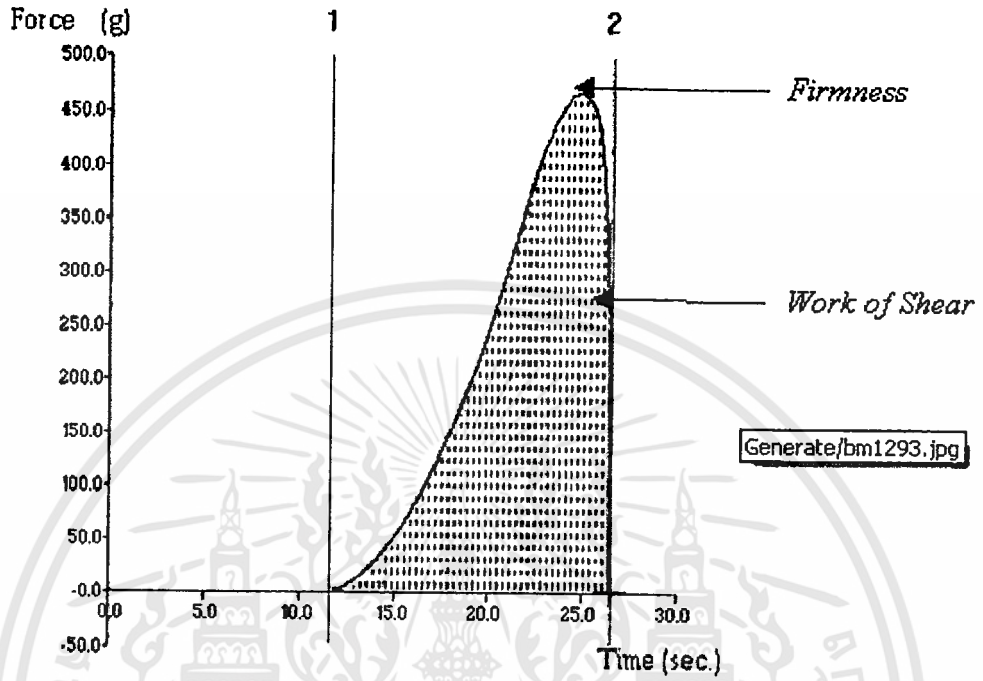
| | | |
|---|---|---|
| Test Mode and Option | : | compression |
| Pre Test Speed | : | 0.5 mm/s |
| Test Speed | : | 0.2 mm/s |
| Post Test Speed | : | 10 mm/s |
| Distance | : | 4.8 mm |
| Type | : | Button |
| Detect | : | Off |

5. นำชิ้นตัวอย่างวางบริเวณฐานของชุดหัววัด เมื่อเริ่มการวัดเครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงกราฟที่วัด จากนั้นตั้งคำสั่งให้โปรแกรมคำนวณหาค่า Max Force and Distance (แรงดึงสูงสุดและงานที่ใช้เฉือน)

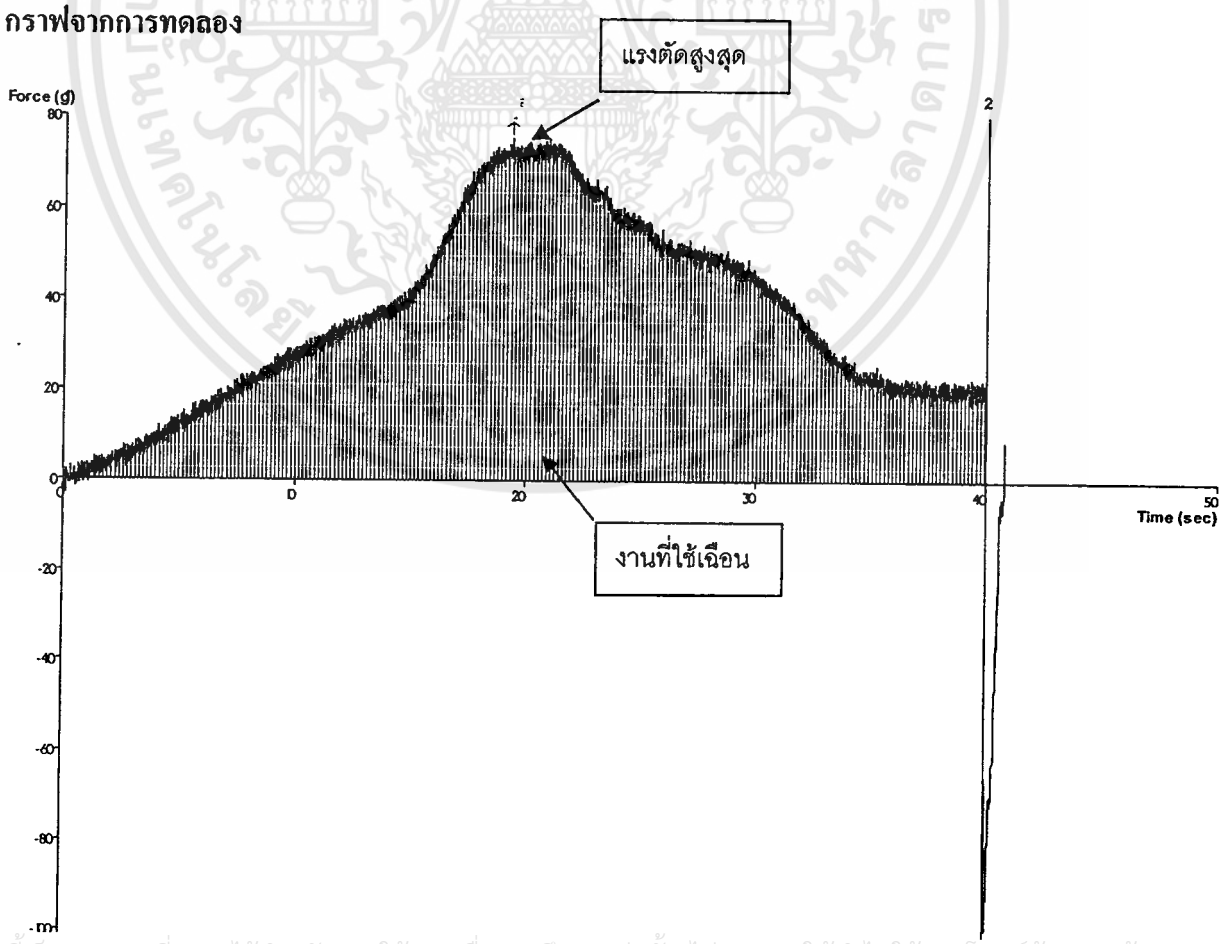
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กราฟพื้นฐาน**

**Typical plot:**




**กราฟจากการทดลอง**




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

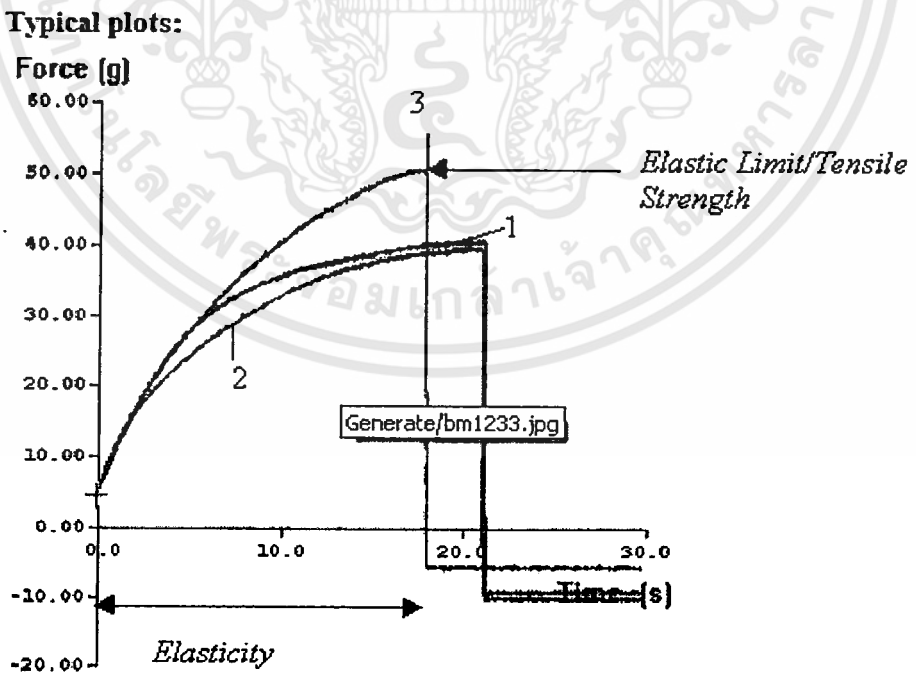
**การวัดค่าความต้านทานแรงดึง**

1. ทำการ Calibrate Force ก่อนการวัดทุกครั้ง
2. ประกอบชุดเครื่องมือกด ใช้หัว A/SPR
3. ทำการ Calibrate Probe ก่อนการวัด
4. เลือกรูปแบบการวัดดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| Test Mode and Option | : | tension |
| Pre Test Speed | : | 3.0 mm/s |
| Test Speed | : | 3.0 mm/s |
| Post Test Speed | : | 5.0 mm/s |
| Distance | : | 80 mm |
| Type | : | Auto |
| Force | : | 5 g |
| Detect | : | Off |

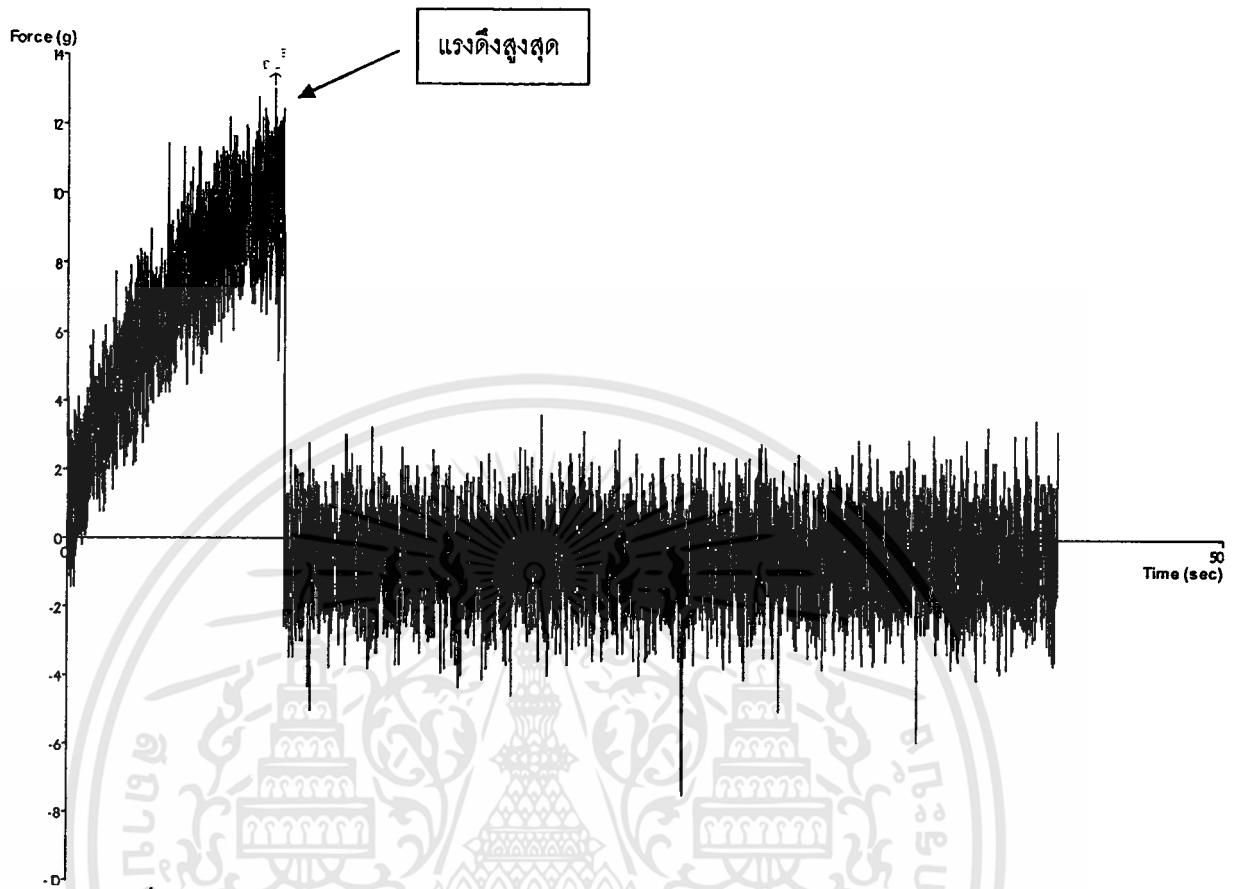
5. นำชิ้นตัวอย่างพันบริเวณหัววัด เมื่อเริ่มการวัดเครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงกราฟที่วัด จากนั้นตั้งคำสั่งให้โปรแกรมคำนวณหาค่า Max Force (แรงดึงสูงสุด)

**กราฟพื้นฐาน**



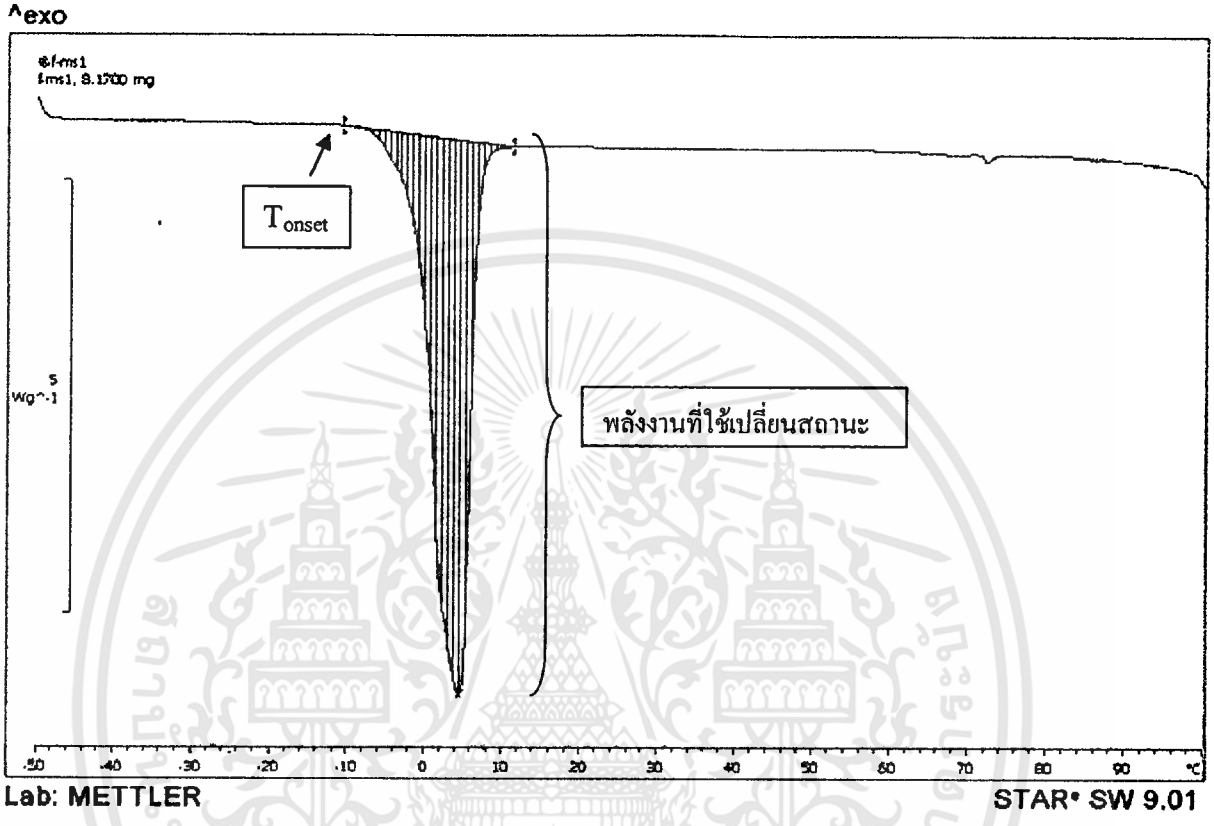

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กราฟจากการทดลอง**




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1. กราฟการเปลี่ยนแปลงสถานะผลึกน้ำแข็งของแผ่นเกี๊ยวโดยใช้เครื่อง Differencial Scaning Calorimeter**




ช่วงอุณหภูมิ -50-100 องศาเซลเซียส

อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส/นาที

การลดอุณหภูมิ ใช้ $N_2$ จำนวน 20 มิลลิลิตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

# การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อ.....วันที่.....

**ตัวอย่าง : แผ่นเกี๊ยว**

**คำแนะนำ :** ชิมแผ่นเกี๊ยวที่เตรียมไว้ให้โดยทำเครื่องหมาย / ลงบนเส้นตรงที่กำหนดตามความรู้สึกและระบุรหัสของตัวอย่างกำกับ โดยประเมินสมบัติต่างๆของตัวอย่างดังนี้

**ความแข็ง**

เละ — แข็งปานกลาง — แข็งมาก

ไม่ชอบมากที่สุด — เฉยๆ — ชอบมากที่สุด

**ความยืดหยุ่น**

น้อยที่สุด — ปานกลาง — มากที่สุด

ไม่ชอบมากที่สุด — เฉยๆ — ชอบมากที่สุด

**ความสามารถในการกัดขาด**

กัดขาดง่าย — กัดขาดได้ปานกลาง — กัดขาดยาก

ไม่ชอบมากที่สุด — เฉยๆ — ชอบมากที่สุด

**ความชอบโดยรวม**

ไม่ชอบมากที่สุด — เฉยๆ — ชอบมากที่สุด

**ข้อเสนอแนะ**

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การเตรียมตัวอย่างสำหรับทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส**

1. เตรียมกล่องพลาสติกที่มีฝาปิด
2. นำแผ่นเกี๊ยวดิบต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 1 นาที
3. ตักแผ่นเกี๊ยวสุก ขึ้นจากน้ำเดือด เพื่อให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 วินาที
4. นำแผ่นเกี๊ยวที่สะเด็ดน้ำแล้วแช่ในอ่างน้ำเย็น อุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที
5. ตักแผ่นเกี๊ยวที่เย็นแล้ว ให้สะเด็ดน้ำ เป็นเวลา 5 วินาที
6. ได้แผ่นเกี๊ยวสุก
7. นำแผ่นเกี๊ยวสุกที่ได้จัดในกล่องพลาสติก โดยแยกเป็นช่องๆ
8. ปิดฝากล่องพลาสติกไว้เพื่อไม่ให้อากาศเข้า เพื่อป้องกันแผ่นเกี๊ยวแห้ง
9. เมื่อต้มแผ่นเกี๊ยวจนครบทุกตัวอย่าง จึงนำไปทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

ภาพกล่องสี่เหลี่ยม 6 ช่อง

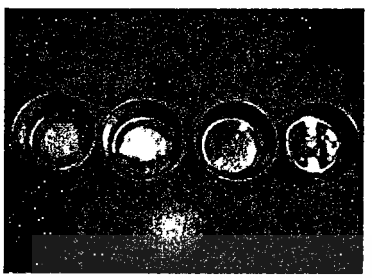
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

# รูปภาพ

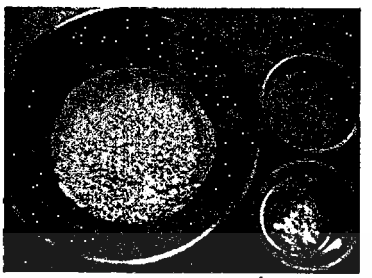
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. กรรมวิธีการผลิตแผ่นเกี๊ยว



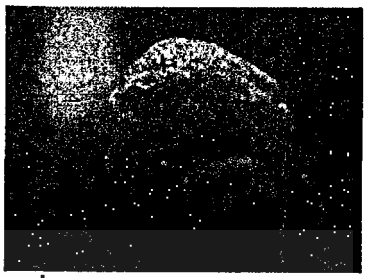
ผสมเกลือ, โซเดียมไบคาร์บอเนตและน้ำเข้าด้วยกัน แล้วจึงเติมไข่ไก่ที่ตีแล้วลงไป

1



นำส่วนผสมของเหลวที่ได้ไปตีผสมกับแป้ง

2

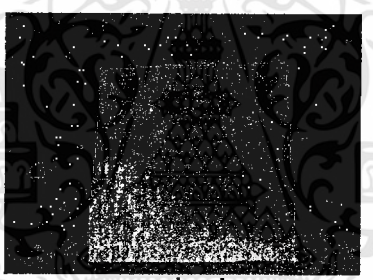


โดที่ได้จากการผสมแป้งและส่วนผสมของเหลว

3

รีดโดให้มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร

4



ตัดให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมกว้าง 3×3นิ้ว ได้แผ่นเกี๊ยวดิบ

5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง

# ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่เยือกแข็งด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต

### 1.1 ตารางการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่เยือกแข็ง

**ANOVA**

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cutting | Between Groups | 2987.927 | 3 | 995.976 | 18.738 | .000 |
| | Within Groups | 6165.720 | 116 | 53.153 | | |
| | Total | 9153.647 | 119 | | | |
| Workof shear | Between Groups | 941093.034 | 3 | 313697.678 | 4.195 | .007 |
| | Within Groups | 8675295.681 | 116 | 74787.032 | | |
| | Total | 9616388.715 | 119 | | | |
| Tensile | Between Groups | 43.811 | 3 | 14.604 | 6.527 | .000 |
| | Within Groups | 259.540 | 116 | 2.237 | | |
| | Total | 303.351 | 119 | | | |

### 1.2 ตารางการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่เยือกแข็ง

**ANOVA**

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cutting | Between Groups | 393.889 | 3 | 131.296 | 4.405 | .006 |
| | Within Groups | 3457.325 | 116 | 29.805 | | |
| | Total | 3851.215 | 119 | | | |
| Workof shear | Between Groups | 182397.983 | 3 | 60799.328 | 5.331 | .002 |
| | Within Groups | 1322865.796 | 116 | 11404.015 | | |
| | Total | 1505263.779 | 119 | | | |
| Tensile | Between Groups | 24.371 | 3 | 8.124 | 5.409 | .002 |
| | Within Groups | 174.224 | 116 | 1.502 | | |
| | Total | 198.595 | 119 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (t-test) ของค่าเนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่างควบคุม (ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0 ของน้ำหนักแป้งสาลี)

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | 39.628 | .000 | 62.030 | 178 | .000 | 60.34653 | .97287 | 58.42669 | 62.26637 |
| | Equal variances not assumed | | | 62.030 | 121.545 | .000 | 60.34653 | .97287 | 58.42057 | 62.27249 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | 43.099 | .000 | 35.143 | 178 | .000 | 892.08847 | 25.38427 | 841.99563 | 942.18131 |
| | Equal variances not assumed | | | 35.143 | 113.984 | .000 | 892.08847 | 25.38427 | 841.80234 | 942.37459 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | 16.350 | .000 | 23.898 | 178 | .000 | 4.77493 | .19981 | 4.38064 | 5.16923 |
| | Equal variances not assumed | | | 23.898 | 151.775 | .000 | 4.77493 | .19981 | 4.38017 | 5.16970 |

ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | 15.990 | .000 | 51.350 | 178 | .000 | 64.61287 | 1.25827 | 62.12981 | 67.09592 |
| | Equal variances not assumed | | | 51.350 | 163.055 | .000 | 64.61287 | 1.25827 | 62.12825 | 67.09748 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | 30.487 | .000 | 22.379 | 178 | .000 | 896.69710 | 40.06870 | 817.62630 | 975.76790 |
| | Equal variances not assumed | | | 22.379 | 114.742 | .000 | 896.69710 | 40.06870 | 817.32682 | 976.06738 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | 6.320 | .013 | 22.437 | 178 | .000 | 4.97577 | .22177 | 4.53814 | 5.41340 |
| | Equal variances not assumed | | | 22.437 | 171.036 | .000 | 4.97577 | .22177 | 4.53801 | 5.41352 |

## ไคสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | 1.735 | .189 | 110.190 | 178 | .000 | 68.84253 | .62476 | 67.60964 | 70.07542 |
| | Equal variances not assumed | | | 110.190 | 177.754 | .000 | 68.84253 | .62476 | 67.60963 | 70.07544 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | 15.215 | .000 | 47.374 | 178 | .000 | 1014.2359 | 21.40895 | 971.98789 | 1056.484 |
| | Equal variances not assumed | | | 47.374 | 138.949 | .000 | 1014.2359 | 21.40895 | 971.90646 | 1056.565 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | 10.149 | .002 | 31.613 | 178 | .000 | 5.15680 | .16312 | 4.83490 | 5.47870 |
| | Equal variances not assumed | | | 31.613 | 166.477 | .000 | 5.15680 | .16312 | 4.83474 | 5.47886 |

## ไคสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 7 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | .168 | .683 | 81.353 | 178 | .000 | 67.28670 | .82709 | 65.65453 | 68.91887 |
| | Equal variances not assumed | | | 81.353 | 174.599 | .000 | 67.28670 | .82709 | 65.65431 | 68.91909 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | 38.356 | .000 | 31.225 | 178 | .000 | 1005.2370 | 32.19355 | 941.70690 | 1068.767 |
| | Equal variances not assumed | | | 31.225 | 107.862 | .000 | 1005.2370 | 32.19355 | 941.42291 | 1069.051 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | 2.662 | .105 | 23.790 | 178 | .000 | 5.14363 | .21621 | 4.71697 | 5.57029 |
| | Equal variances not assumed | | | 23.790 | 166.238 | .000 | 5.14363 | .21621 | 4.71677 | 5.57050 |

1.4 ตารางการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่เยือกแข็ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | hardness | 97.028[a] | 32 | 3.032 | 4.743 | .000 |
| | elasticity | 61.845[b] | 32 | 1.933 | 2.170 | .000 |
| | biting | 87.989[c] | 32 | 2.750 | 3.417 | .000 |
| Intercept | hardness | 2848.838 | 1 | 2848.838 | 4455.995 | .000 |
| | elasticity | 2870.201 | 1 | 2870.201 | 3222.795 | .000 |
| | biting | 1342.508 | 1 | 1342.508 | 1668.424 | .000 |
| trt | hardness | 23.787 | 3 | 7.929 | 12.402 | .000 |
| | elasticity | 15.433 | 3 | 5.144 | 5.776 | .001 |
| | biting | 23.421 | 3 | 7.807 | 9.702 | .000 |
| block | hardness | 73.240 | 29 | 2.526 | 3.950 | .000 |
| | elasticity | 46.412 | 29 | 1.600 | 1.797 | .008 |
| | biting | 64.568 | 29 | 2.226 | 2.767 | .000 |
| Error | hardness | 209.060 | 327 | .639 | | |
| | elasticity | 291.224 | 327 | .891 | | |
| | biting | 263.123 | 327 | .805 | | |
| Total | hardness | 3154.925 | 360 | | | |
| | elasticity | 3223.270 | 360 | | | |
| | biting | 1693.620 | 360 | | | |
| Corrected Total | hardness | 306.087 | 359 | | | |
| | elasticity | 353.069 | 359 | | | |
| | biting | 351.112 | 359 | | | |

a. R Squared = .317 (Adjusted R Squared = .250)

b. R Squared = .175 (Adjusted R Squared = .094)

c. R Squared = .251 (Adjusted R Squared = .177)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ตารางการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่เยือกแข็ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | hardness | 70.624[a] | 32 | 2.207 | 2.728 | .000 |
| | elasticity | 66.497[b] | 32 | 2.078 | 2.612 | .000 |
| | biting | 100.234[c] | 32 | 3.132 | 3.070 | .000 |
| Intercept | hardness | 1900.262 | 1 | 1900.262 | 2349.073 | .000 |
| | elasticity | 2478.001 | 1 | 2478.001 | 3114.493 | .000 |
| | biting | 1011.701 | 1 | 1011.701 | 991.699 | .000 |
| trt | hardness | 30.587 | 3 | 10.196 | 12.604 | .000 |
| | elasticity | 9.465 | 3 | 3.155 | 3.965 | .008 |
| | biting | 11.279 | 3 | 3.760 | 3.685 | .012 |
| block | hardness | 40.037 | 29 | 1.381 | 1.707 | .015 |
| | elasticity | 57.032 | 29 | 1.967 | 2.472 | .000 |
| | biting | 88.955 | 29 | 3.067 | 3.007 | .000 |
| Error | hardness | 264.524 | 327 | .809 | | |
| | elasticity | 260.173 | 327 | .796 | | |
| | biting | 333.595 | 327 | 1.020 | | |
| Total | hardness | 2235.410 | 360 | | | |
| | elasticity | 2804.670 | 360 | | | |
| | biting | 1445.530 | 360 | | | |
| Corrected Total | hardness | 335.148 | 359 | | | |
| | elasticity | 326.669 | 359 | | | |
| | biting | 433.829 | 359 | | | |

a. R Squared = .211 (Adjusted R Squared = .133)

b. R Squared = .204 (Adjusted R Squared = .126)

c. R Squared = .231 (Adjusted R Squared = .156)

1.6 ตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (t-test) ของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่างควบคุม (ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0 ของน้ำหนักแป้งสาลี)

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | .005 | .945 | 4.921 | 178 | .000 | .63900 | .12986 | .38273 | .89527 |
| | Equal variances not assumed | | | 4.921 | 177.431 | .000 | .63900 | .12986 | .38273 | .89527 |
| elasticity | Equal variances assumed | 9.106 | .003 | 1.279 | 178 | .202 | .18778 | .14676 | -.10184 | .47739 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.279 | 171.328 | .202 | .18778 | .14676 | -.10191 | .47747 |
| biting | Equal variances assumed | 2.388 | .124 | 1.315 | 178 | .190 | .17333 | .13185 | -.08686 | .43353 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.315 | 174.467 | .190 | .17333 | .13185 | -.08690 | .43357 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | .326 | .569 | 2.680 | 178 | .008 | .36111 | .13475 | .09520 | .62702 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.680 | 177.764 | .008 | .36111 | .13475 | .09520 | .62703 |
| elasticity | Equal variances assumed | 3.406 | .067 | .993 | 178 | .322 | .15444 | .15549 | -.15239 | .46128 |
| | Equal variances not assumed | | | .993 | 172.167 | .322 | .15444 | .15549 | -.15246 | .46135 |
| biting | Equal variances assumed | 4.288 | .040 | 1.450 | 178 | .149 | .25222 | .17393 | -.09101 | .59546 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.450 | 177.196 | .149 | .25222 | .17393 | -.09102 | .59547 |

## ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | 3.149 | .078 | 2.450 | 178 | .015 | .39222 | .16012 | .07624 | .70820 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.450 | 175.393 | .015 | .39222 | .16012 | .07621 | .70823 |
| elasticity | Equal variances assumed | 3.986 | .047 | .081 | 178 | .936 | .01222 | .15134 | -.28643 | .31087 |
| | Equal variances not assumed | | | .081 | 173.997 | .936 | .01222 | .15134 | -.28648 | .31092 |
| biting | Equal variances assumed | 21.231 | .000 | 1.166 | 178 | .245 | .18556 | .15920 | -.12861 | .49973 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.166 | 159.249 | .246 | .18556 | .15920 | -.12887 | .49998 |

## ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 7 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | 2.805 | .096 | 5.968 | 178 | .000 | .67000 | .11227 | .44844 | .89156 |
| | Equal variances not assumed | | | 5.968 | 173.787 | .000 | .67000 | .11227 | .44840 | .89160 |
| elasticity | Equal variances assumed | .171 | .680 | 3.888 | 178 | .000 | .44556 | .11460 | .21940 | .67171 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.888 | 176.708 | .000 | .44556 | .11460 | .21939 | .67172 |
| biting | Equal variances assumed | 5.043 | .026 | 2.836 | 178 | .005 | .40778 | .14380 | .12400 | .69156 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.836 | 174.995 | .005 | .40778 | .14380 | .12396 | .69159 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ตารางการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่เยือกแข็ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | hardness.like | 30.729[a] | 32 | .960 | 3.503 | .000 |
| | elasticity.like | 41.560[b] | 32 | 1.299 | 2.921 | .000 |
| | biting.like | 26.759[c] | 32 | .836 | 1.610 | .022 |
| | overall | 60.694[d] | 32 | 1.897 | 3.765 | .000 |
| Intercept | hardness.like | 3923.040 | 1 | 3923.040 | 14309.255 | .000 |
| | elasticity.like | 4182.025 | 1 | 4182.025 | 9404.300 | .000 |
| | biting.like | 3770.717 | 1 | 3770.717 | 7260.142 | .000 |
| | overall | 4220.970 | 1 | 4220.970 | 8379.106 | .000 |
| trt | hardness.like | 2.573 | 3 | .858 | 3.128 | .026 |
| | elasticity.like | 4.252 | 3 | 1.417 | 3.187 | .024 |
| | biting.like | 5.393 | 3 | 1.798 | 3.461 | .017 |
| | overall | 6.705 | 3 | 2.235 | 4.437 | .004 |
| block | hardness.like | 28.156 | 29 | .971 | 3.541 | .000 |
| | elasticity.like | 37.308 | 29 | 1.286 | 2.893 | .000 |
| | biting.like | 21.366 | 29 | .737 | 1.419 | .079 |
| | overall | 53.989 | 29 | 1.862 | 3.696 | .000 |
| Error | hardness.like | 89.651 | 327 | .274 | | |
| | elasticity.like | 145.415 | 327 | .445 | | |
| | biting.like | 169.835 | 327 | .519 | | |
| | overall | 164.726 | 327 | .504 | | |
| Total | hardness.like | 4043.420 | 360 | | | |
| | elasticity.like | 4369.000 | 360 | | | |
| | biting.like | 3967.310 | 360 | | | |
| | overall | 4446.390 | 360 | | | |
| Corrected Total | hardness.like | 120.380 | 359 | | | |
| | elasticity.like | 186.975 | 359 | | | |
| | biting.like | 196.593 | 359 | | | |
| | overall | 225.420 | 359 | | | |

a. R Squared = .255 (Adjusted R Squared = .182)

b. R Squared = .222 (Adjusted R Squared = .146)

c. R Squared = .136 (Adjusted R Squared = .052)

d. R Squared = .269 (Adjusted R Squared = .198)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 ตารางการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่เยือกแข็ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | hardness.like | 16.489[a] | 32 | .515 | .997 | .475 |
| | elasticity.like | 16.530[b] | 32 | .517 | .980 | .502 |
| | biting.like | 20.572[c] | 32 | .643 | 1.390 | .083 |
| | overall | 17.039[a] | 32 | .532 | 1.001 | .470 |
| Intercept | hardness.like | 3467.044 | 1 | 3467.044 | 6710.514 | .000 |
| | elasticity.like | 3581.556 | 1 | 3581.556 | 6795.527 | .000 |
| | biting.like | 3822.677 | 1 | 3822.677 | 8263.970 | .000 |
| | overall | 4022.030 | 1 | 4022.030 | 7559.494 | .000 |
| trt | hardness.like | 4.296 | 3 | 1.432 | 2.772 | .042 |
| | elasticity.like | 5.887 | 3 | 1.962 | 3.723 | .012 |
| | biting.like | 8.102 | 3 | 2.701 | 5.838 | .001 |
| | overall | 4.659 | 3 | 1.553 | 2.919 | .034 |
| block | hardness.like | 12.193 | 29 | .420 | .814 | .743 |
| | elasticity.like | 10.643 | 29 | .367 | .696 | .880 |
| | biting.like | 12.471 | 29 | .430 | .930 | .574 |
| | overall | 12.381 | 29 | .427 | .802 | .758 |
| Error | hardness.like | 168.947 | 327 | .517 | | |
| | elasticity.like | 172.344 | 327 | .527 | | |
| | biting.like | 151.261 | 327 | .463 | | |
| | overall | 173.980 | 327 | .532 | | |
| Total | hardness.like | 3652.480 | 360 | | | |
| | elasticity.like | 3770.430 | 360 | | | |
| | biting.like | 3994.510 | 360 | | | |
| | overall | 4213.050 | 360 | | | |
| Corrected Total | hardness.like | 185.436 | 359 | | | |
| | elasticity.like | 188.874 | 359 | | | |
| | biting.like | 171.833 | 359 | | | |
| | overall | 191.020 | 359 | | | |

a. R Squared = .089 (Adjusted R Squared = .000)

b. R Squared = .088 (Adjusted R Squared = -.002)

c. R Squared = .120 (Adjusted R Squared = .034)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9 ตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (t-test) ของคะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่างควบคุม (ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0 ของน้ำหนักแป้งสาลี)

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | 3.114 | .079 | 1.745 | 178 | .083 | .16000 | .09171 | -.02098 | .34098 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.745 | 163.731 | .083 | .16000 | .09171 | -.02109 | .34109 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | 1.150 | .285 | 1.141 | 178 | .255 | .10556 | .09248 | -.07694 | .28805 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.141 | 176.812 | .255 | .10556 | .09248 | -.07695 | .28806 |
| biting.like | Equal variances assumed | 2.108 | .148 | .391 | 178 | .696 | .03667 | .09381 | -.14845 | .22178 |
| | Equal variances not assumed | | | .391 | 177.494 | .696 | .03667 | .09381 | -.14845 | .22179 |
| overall | Equal variances assumed | 20.221 | .000 | .538 | 178 | .592 | .05333 | .09922 | -.14247 | .24914 |
| | Equal variances not assumed | | | .538 | 151.075 | .592 | .05333 | .09922 | -.14271 | .24938 |

ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | 1.458 | .229 | 1.185 | 178 | .238 | .11333 | .09567 | -.07546 | .30212 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.185 | 175.341 | .238 | .11333 | .09567 | -.07548 | .30214 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | 16.658 | .000 | 2.207 | 178 | .029 | .22556 | .10219 | .02390 | .42721 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.207 | 142.426 | .029 | .22556 | .10219 | .02355 | .42756 |
| biting.like | Equal variances assumed | 3.646 | .058 | .362 | 178 | .718 | .04000 | .11055 | -.17816 | .25816 |
| | Equal variances not assumed | | | .362 | 172.891 | .718 | .04000 | .11055 | -.17820 | .25820 |
| overall | Equal variances assumed | 11.074 | .001 | -.028 | 178 | .978 | -.00333 | .11818 | -.23654 | .22988 |
| | Equal variances not assumed | | | -.028 | 158.367 | .978 | -.00333 | .11818 | -.23674 | .23008 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | 16.541 | .000 | 1.550 | 178 | .123 | .17444 | .11253 | -.04762 | .39651 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.550 | 142.298 | .123 | .17444 | .11253 | -.04801 | .39689 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | .006 | .937 | 1.918 | 178 | .057 | .21444 | .11183 | -.00623 | .43512 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.918 | 178.000 | .057 | .21444 | .11183 | -.00623 | .43512 |
| biting.like | Equal variances assumed | .941 | .333 | -2.569 | 178 | .011 | -.27444 | .10683 | -.48525 | -.06364 |
| | Equal variances not assumed | | | -2.569 | 176.493 | .011 | -.27444 | .10683 | -.48526 | -.06363 |
| overall | Equal variances assumed | 3.847 | .051 | -.471 | 178 | .638 | -.05333 | .11330 | -.27692 | .17026 |
| | Equal variances not assumed | | | -.471 | 170.282 | .638 | -.05333 | .11330 | -.27699 | .17033 |

## ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 7 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | 3.576 | .060 | 4.076 | 178 | .000 | .34333 | .08423 | .17711 | .50956 |
| | Equal variances not assumed | | | 4.076 | 177.847 | .000 | .34333 | .08423 | .17711 | .50956 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | 7.428 | .007 | 3.960 | 178 | .000 | .47111 | .11898 | .23632 | .70590 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.960 | 161.350 | .000 | .47111 | .11898 | .23615 | .70607 |
| biting.like | Equal variances assumed | 3.921 | .049 | .999 | 178 | .319 | .10889 | .10899 | -.10619 | .32397 |
| | Equal variances not assumed | | | .999 | 173.500 | .319 | .10889 | .10899 | -.10623 | .32401 |
| overall | Equal variances assumed | 1.215 | .272 | 2.797 | 178 | .006 | .33000 | .11799 | .09716 | .56284 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.797 | 173.265 | .006 | .33000 | .11799 | .09711 | .56289 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่เยือกแข็งด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

### 2.1 ตารางการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่เยือกแข็ง

**ANOVA**

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cutting | Between Groups | 1381015.561 | 4 | 345253.890 | 1121.384 | .000 |
| | Within Groups | 44642.873 | 145 | 307.882 | | |
| | Total | 1425658.434 | 149 | | | |
| Workof shear | Between Groups | 69205087.771 | 4 | 17301271.943 | 147.762 | .000 |
| | Within Groups | 16977923.772 | 145 | 117089.129 | | |
| | Total | 86183011.544 | 149 | | | |
| Tensile | Between Groups | 10196.176 | 4 | 2549.044 | 333.608 | .000 |
| | Within Groups | 1107.923 | 145 | 7.641 | | |
| | Total | 11304.099 | 149 | | | |

### 2.2 ตารางการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่เยือกแข็ง

**ANOVA**

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| force | Between Groups | 581273.435 | 4 | 145318.359 | 609.023 | .000 |
| | Within Groups | 34598.295 | 145 | 238.609 | | |
| | Total | 615871.730 | 149 | | | |
| area | Between Groups | 6.027E7 | 4 | 1.507E7 | 217.739 | .000 |
| | Within Groups | 1.003E7 | 145 | 69200.946 | | |
| | Total | 7.031E7 | 149 | | | |
| tensile | Between Groups | 14341.918 | 4 | 3585.479 | 560.081 | .000 |
| | Within Groups | 928.249 | 145 | 6.402 | | . |
| | Total | 15270.166 | 149 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (t-test) ของค่าเนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่างควบคุม (เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0 ของน้ำหนักแป้งสาลี)

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | 54.383 | .000 | 53.341 | 178 | .000 | 61.06120 | 1.14473 | 58.80222 | 63.32018 |
| | Equal variances not assumed | | | 53.341 | 106.360 | .000 | 61.06120 | 1.14473 | 58.79176 | 63.33064 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | 57.574 | .000 | 32.864 | 178 | .000 | 947.78943 | 28.83937 | 890.87837 | 1004.700 |
| | Equal variances not assumed | | | 32.864 | 109.505 | .000 | 947.78943 | 28.83937 | 890.63370 | 1004.945 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | 42.712 | .000 | 22.357 | 178 | .000 | 4.78450 | .21400 | 4.36220 | 5.20680 |
| | Equal variances not assumed | | | 22.357 | 136.026 | .000 | 4.78450 | .21400 | 4.36130 | 5.20770 |

เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | .346 | .557 | 76.523 | 178 | .000 | 163.93413 | 2.14229 | 159.70657 | 168.16170 |
| | Equal variances not assumed | | | 76.523 | 177.993 | .000 | 163.93413 | 2.14229 | 159.70657 | 168.16170 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | .114 | .736 | 15.297 | 178 | .000 | 517.60497 | 33.83725 | 450.83119 | 584.37875 |
| | Equal variances not assumed | | | 15.297 | 176.477 | .000 | 517.60497 | 33.83725 | 450.82724 | 584.38269 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | .085 | .771 | 5.385 | 178 | .000 | 2.02610 | .37625 | 1.28361 | 2.76859 |
| | Equal variances not assumed | | | 5.385 | 177.998 | .000 | 2.02610 | .37625 | 1.28361 | 2.76859 |

เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | 3.771 | .054 | 50.021 | 178 | .000 | 154.10283 | 3.08079 | 148.02326 | 160.18241 |
| | Equal variances not assumed | | | 50.021 | 175.485 | .000 | 154.10283 | 3.08079 | 148.02266 | 160.18300 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | 4.233 | .041 | 17.861 | 178 | .000 | 845.12137 | 47.31722 | 751.74647 | 938.49627 |
| | Equal variances not assumed | | | 17.861 | 170.347 | .000 | 845.12137 | 47.31722 | 751.71775 | 938.52499 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | 10.303 | .002 | -10.561 | 178 | .000 | -4.02877 | .38148 | -4.78157 | -3.27596 |
| | Equal variances not assumed | | | -10.561 | 163.499 | .000 | -4.02877 | .38148 | -4.78203 | -3.27550 |

เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | 14.140 | .000 | 50.623 | 178 | .000 | 152.59603 | 3.01435 | 146.64757 | 158.54449 |
| | Equal variances not assumed | | | 50.623 | 145.641 | .000 | 152.59603 | 3.01435 | 146.63851 | 158.55355 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | 31.761 | .000 | 20.484 | 178 | .000 | 1216.5711 | 59.39176 | 1099.369 | 1333.774 |
| | Equal variances not assumed | | | 20.484 | 153.136 | .000 | 1216.5711 | 59.39176 | 1099.238 | 1333.904 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | 3.982 | .048 | 3.812 | 178 | .000 | 2.04070 | .53538 | .98419 | 3.09721 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.812 | 170.307 | .000 | 2.04070 | .53538 | .98386 | 3.09754 |

## เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 2 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | 2.130 | .146 | 60.502 | 178 | .000 | 137.97867 | 2.28056 | 133.47826 | 142.47908 |
| | Equal variances not assumed | | | 60.502 | 176.789 | .000 | 137.97867 | 2.28056 | 133.47805 | 142.47929 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | .572 | .450 | 20.142 | 178 | .000 | 981.35757 | 48.72276 | 885.20901 | 1077.506 |
| | Equal variances not assumed | | | 20.142 | 177.260 | .000 | 981.35757 | 48.72276 | 885.20626 | 1077.509 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | 3.588 | .060 | -1.752 | 178 | .081 | -.66280 | .37827 | -1.40927 | .08367 |
| | Equal variances not assumed | | | -1.752 | 173.228 | .082 | -.66280 | .37827 | -1.40941 | .08381 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ตารางการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่เยือกแข็ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | hardness | 57.344[a] | 33 | 1.738 | 1.773 | .006 |
| | elasticity | 45.225[b] | 33 | 1.370 | 2.079 | .001 |
| | biting | 89.189[c] | 33 | 2.703 | 2.201 | .000 |
| Intercept | hardness | 3131.570 | 1 | 3131.570 | 3195.820 | .000 |
| | elasticity | 3710.624 | 1 | 3710.624 | 5630.135 | .000 |
| | biting | 2440.210 | 1 | 2440.210 | 1986.975 | .000 |
| trt | hardness | 33.685 | 4 | 8.421 | 8.594 | .000 |
| | elasticity | 31.642 | 4 | 7.911 | 12.003 | .000 |
| | biting | 62.001 | 4 | 15.500 | 12.621 | .000 |
| block | hardness | 23.659 | 29 | .816 | .833 | .718 |
| | elasticity | 13.583 | 29 | .468 | .711 | .868 |
| | biting | 27.188 | 29 | .938 | .763 | .809 |
| Error | hardness | 407.637 | 416 | .980 | | |
| | elasticity | 274.171 | 416 | .659 | | |
| | biting | 510.891 | 416 | 1.228 | | |
| Total | hardness | 3596.550 | 450 | | | |
| | elasticity | 4030.020 | 450 | | | |
| | biting | 3040.290 | 450 | | | |
| Corrected Total | hardness | 464.980 | 449 | | | |
| | elasticity | 319.396 | 449 | | | |
| | biting | 600.080 | 449 | | | |

a. R Squared = .123 (Adjusted R Squared = .054)

b. R Squared = .142 (Adjusted R Squared = .074)

c. R Squared = .149 (Adjusted R Squared = .081)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ตารางการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่เยือกแข็ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | hardness | 44.007[a] | 33 | 1.334 | 1.211 | .201 |
| | elasticity | 53.273[b] | 33 | 1.614 | 2.191 | .000 |
| | biting | 47.305[c] | 33 | 1.433 | 1.704 | .010 |
| Intercept | hardness | 1774.888 | 1 | 1774.888 | 1611.439 | .000 |
| | elasticity | 3249.792 | 1 | 3249.792 | 4410.173 | .000 |
| | biting | 2683.514 | 1 | 2683.514 | 3190.355 | .000 |
| trt | hardness | 7.777 | 4 | 1.944 | 1.765 | .135 |
| | elasticity | 17.522 | 4 | 4.381 | 5.945 | .000 |
| | biting | 11.079 | 4 | 2.770 | 3.293 | .011 |
| block | hardness | 36.230 | 29 | 1.249 | 1.134 | .291 |
| | elasticity | 35.751 | 29 | 1.233 | 1.673 | .017 |
| | biting | 36.226 | 29 | 1.249 | 1.485 | .053 |
| Error | hardness | 458.195 | 416 | 1.101 | | |
| | elasticity | 306.544 | 416 | .737 | | |
| | biting | 349.911 | 416 | .841 | | |
| Total | hardness | 2277.090 | 450 | | | |
| | elasticity | 3609.610 | 450 | | | |
| | biting | 3080.730 | 450 | | | |
| Corrected Total | hardness | 502.202 | 449 | | | |
| | elasticity | 359.818 | 449 | | | |
| | biting | 397.216 | 449 | | | |

a. R Squared = .088 (Adjusted R Squared = .015)

b. R Squared = .148 (Adjusted R Squared = .080)

c. R Squared = .119 (Adjusted R Squared = .049)

1.6 ตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (t-test) ของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่างควบคุม (เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0 ของน้ำหนักแป้งสาลี)

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | .330 | .567 | 4.999 | 178 | .000 | .62556 | .12513 | .37862 | .87249 |
| | Equal variances not assumed | | | 4.999 | 173.075 | .000 | .62556 | .12513 | .37857 | .87254 |
| elasticity | Equal variances assumed | 6.246 | .013 | .804 | 178 | .423 | .12000 | .14930 | -.17463 | .41463 |
| | Equal variances not assumed | | | .804 | 173.881 | .423 | .12000 | .14930 | -.17468 | .41468 |
| biting | Equal variances assumed | .229 | .633 | -2.797 | 178 | .006 | -.41333 | .14780 | -.70500 | -.12167 |
| | Equal variances not assumed | | | -2.797 | 177.331 | .006 | -.41333 | .14780 | -.70501 | -.12166 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | 9.577 | .002 | 2.759 | 178 | .006 | .37000 | .13408 | .10540 | .63460 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.759 | 151.967 | .007 | .37000 | .13408 | .10509 | .63491 |
| elasticity | Equal variances assumed | .101 | .751 | .687 | 178 | .493 | .08111 | .11800 | -.15176 | .31398 |
| | Equal variances not assumed | | | .687 | 177.980 | .493 | .08111 | .11800 | -.15176 | .31398 |
| biting | Equal variances assumed | 2.648 | .105 | -3.167 | 178 | .002 | -.39000 | .12315 | -.63303 | -.14697 |
| | Equal variances not assumed | | | -3.167 | 175.166 | .002 | -.39000 | .12315 | -.63305 | -.14695 |

## เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | .181 | .671 | 4.936 | 178 | .000 | .69111 | .14001 | .41483 | .96740 |
| | Equal variances not assumed | | | 4.936 | 177.386 | .000 | .69111 | .14001 | .41482 | .96740 |
| elasticity | Equal variances assumed | 5.167 | .024 | 1.634 | 178 | .104 | .17333 | .10610 | -.03604 | .38270 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.634 | 169.458 | .104 | .17333 | .10610 | -.03611 | .38278 |
| biting | Equal variances assumed | 61.657 | .000 | .585 | 178 | .560 | .09000 | .15397 | -.21384 | .39384 |
| | Equal variances not assumed | | | .585 | 147.905 | .560 | .09000 | .15397 | -.21426 | .39426 |

## เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | .118 | .732 | 3.869 | 178 | .000 | .75000 | .19383 | .36750 | 1.13250 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.869 | 177.988 | .000 | .75000 | .19383 | .36750 | 1.13250 |
| elasticity | Equal variances assumed | .834 | .362 | 2.064 | 178 | .040 | .27222 | .13191 | .01191 | .53253 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.064 | 174.599 | .041 | .27222 | .13191 | .01188 | .53257 |
| biting | Equal variances assumed | 14.229 | .000 | -.174 | 178 | .862 | -.03333 | .19131 | -.41085 | .34419 |
| | Equal variances not assumed | | | -.174 | 164.919 | .862 | -.03333 | .19131 | -.41106 | .34439 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 2 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | 5.145 | .025 | 5.232 | 178 | .000 | .82333 | .15736 | .51280 | 1.13387 |
| | Equal variances not assumed | | | 5.232 | 174.188 | .000 | .82333 | .15736 | .51275 | 1.13392 |
| elasticity | Equal variances assumed | 4.685 | .032 | 2.338 | 178 | .021 | .27444 | .11741 | .04276 | .50613 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.338 | 169.264 | .021 | .27444 | .11741 | .04268 | .50621 |
| biting | Equal variances assumed | 1.540 | .216 | 1.339 | 178 | .182 | .18000 | .13441 | -.08525 | .44525 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.339 | 174.337 | .182 | .18000 | .13441 | -.08528 | .44528 |

1.7 ตารางการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่เยือกแข็ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | hardness.like | 13.794[a] | 33 | .418 | .926 | .588 |
| | elasticity.like | 13.922[b] | 33 | .422 | 1.837 | .004 |
| | biting.like | 21.402[c] | 33 | .649 | 1.306 | .124 |
| | overall | 19.650[d] | 33 | .595 | 1.170 | .242 |
| Intercept | hardness.like | 4235.681 | 1 | 4235.681 | 9387.277 | .000 |
| | elasticity.like | 5082.336 | 1 | 5082.336 | 22126.797 | .000 |
| | biting.like | 4257.799 | 1 | 4257.799 | 8571.677 | .000 |
| | overall | 4371.125 | 1 | 4371.125 | 8588.023 | .000 |
| trt | hardness.like | 3.677 | 4 | .919 | 2.037 | .088 |
| | elasticity.like | 8.286 | 4 | 2.071 | 9.018 | .000 |
| | biting.like | 6.045 | 4 | 1.511 | 3.042 | .017 |
| | overall | 6.234 | 4 | 1.559 | 3.062 | .017 |
| block | hardness.like | 10.117 | 29 | .349 | .773 | .797 |
| | elasticity.like | 5.636 | 29 | .194 | .846 | .698 |
| | biting.like | 15.357 | 29 | .530 | 1.066 | .376 |
| | overall | 13.416 | 29 | .463 | .909 | .605 |
| Error | hardness.like | 187.705 | 416 | .451 | | |
| | elasticity.like | 95.552 | 416 | .230 | | |
| | biting.like | 206.639 | 416 | .497 | | |
| | overall | 211.735 | 416 | .509 | | |
| Total | hardness.like | 4437.180 | 450 | | | |
| | elasticity.like | 5191.810 | 450 | | | |
| | biting.like | 4485.840 | 450 | | | |
| | overall | 4602.510 | 450 | | | |
| Corrected Total | hardness.like | 201.499 | 449 | | | |
| | elasticity.like | 109.474 | 449 | | | |
| | biting.like | 228.041 | 449 | | | |
| | overall | 231.385 | 449 | | | |

a. R Squared = .068 (Adjusted R Squared = -.005)

b. R Squared = .127 (Adjusted R Squared = .058)

c. R Squared = .094 (Adjusted R Squared = .022)

d. R Squared = .085 (Adjusted R Squared = .012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 ตารางการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่เยือกแข็ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | hardness.like | 18.931[a] | 33 | .574 | 1.103 | .322 |
| | elasticity.like | 16.366[b] | 33 | .496 | 2.607 | .000 |
| | biting.like | 21.724[c] | 33 | .658 | 1.663 | .014 |
| | overall | 29.577[d] | 33 | .896 | 1.708 | .010 |
| Intercept | hardness.like | 3589.304 | 1 | 3589.304 | 6902.681 | .000 |
| | elasticity.like | 4944.820 | 1 | 4944.820 | 25991.066 | .000 |
| | biting.like | 3412.481 | 1 | 3412.481 | 8621.653 | .000 |
| | overall | 3719.819 | 1 | 3719.819 | 7088.489 | .000 |
| trt | hardness.like | 3.361 | 4 | .840 | 1.616 | .169 |
| | elasticity.like | 9.316 | 4 | 2.329 | 12.241 | .000 |
| | biting.like | 3.687 | 4 | .922 | 2.329 | .055 |
| | overall | 4.171 | 4 | 1.043 | 1.987 | .096 |
| block | hardness.like | 15.570 | 29 | .537 | 1.033 | .422 |
| | elasticity.like | 7.050 | 29 | .243 | 1.278 | .156 |
| | biting.like | 18.037 | 29 | .622 | 1.571 | .032 |
| | overall | 25.407 | 29 | .876 | 1.669 | .018 |
| Error | hardness.like | 216.315 | 416 | .520 | | |
| | elasticity.like | 79.144 | 416 | .190 | | |
| | biting.like | 164.654 | 416 | .396 | | |
| | overall | 218.304 | 416 | .525 | | |
| Total | hardness.like | 3824.550 | 450 | | | |
| | elasticity.like | 5040.330 | 450 | | | |
| | biting.like | 3598.860 | 450 | | | |
| | overall | 3967.700 | 450 | | | |
| Corrected Total | hardness.like | 235.246 | 449 | | | |
| | elasticity.like | 95.510 | 449 | | | |
| | biting.like | 186.379 | 449 | | | |
| | overall | 247.881 | 449 | | | |

a. R Squared = .080 (Adjusted R Squared = .008)

b. R Squared = .171 (Adjusted R Squared = .106)

c. R Squared = .117 (Adjusted R Squared = .046)

d. R Squared = .119 (Adjusted R Squared = .049)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I.9 ตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (t-test) ของคะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่างควบคุม (เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0 ของน้ำหนักแป้งสาลี)

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | 25.299 | .000 | 4.223 | 178 | .000 | .29000 | .06866 | .15450 | .42550 |
| | Equal variances not assumed | | | 4.223 | 148.515 | .000 | .29000 | .06866 | .15432 | .42568 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | 3.986 | .047 | .939 | 178 | .349 | .04556 | .04852 | -.05019 | .14130 |
| | Equal variances not assumed | | | .939 | 162.883 | .349 | .04556 | .04852 | -.05025 | .14136 |
| biting.like | Equal variances assumed | 2.043 | .155 | 3.328 | 178 | .001 | .26000 | .07812 | .10583 | .41417 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.328 | 177.642 | .001 | .26000 | .07812 | .10583 | .41417 |
| overall | Equal variances assumed | 16.399 | .000 | 2.369 | 178 | .019 | .18667 | .07881 | .03114 | .34219 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.369 | 133.907 | .019 | .18667 | .07881 | .03079 | .34254 |

เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | 5.196 | .024 | 1.530 | 178 | .128 | .17778 | .11616 | -.05145 | .40701 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.530 | 160.724 | .128 | .17778 | .11616 | -.05162 | .40718 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | .919 | .339 | .799 | 178 | .426 | .06556 | .08207 | -.09641 | .22752 |
| | Equal variances not assumed | | | .799 | 177.899 | .426 | .06556 | .08207 | -.09641 | .22752 |
| biting.like | Equal variances assumed | 5.727 | .018 | 4.387 | 178 | .000 | .42889 | .09777 | .23596 | .62182 |
| | Equal variances not assumed | | | 4.387 | 174.872 | .000 | .42889 | .09777 | .23594 | .62184 |
| overall | Equal variances assumed | 9.638 | .002 | 2.554 | 178 | .011 | .34333 | .13442 | .07808 | .60859 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.554 | 152.839 | .012 | .34333 | .13442 | .07778 | .60889 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | .008 | .927 | 2.251 | 178 | .026 | .23444 | .10413 | .02895 | .43994 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.251 | 175.641 | .026 | .23444 | .10413 | .02893 | .43996 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | 21.417 | .000 | 1.024 | 178 | .307 | .06000 | .05859 | -.05562 | .17562 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.024 | 148.686 | .307 | .06000 | .05859 | -.05577 | .17577 |
| biting.like | Equal variances assumed | .754 | .386 | 3.289 | 178 | .001 | .34222 | .10404 | .13690 | .54754 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.289 | 177.935 | .001 | .34222 | .10404 | .13690 | .54754 |
| overall | Equal variances assumed | 6.045 | .015 | 3.367 | 178 | .001 | .34222 | .10165 | .14162 | .54282 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.367 | 170.683 | .001 | .34222 | .10165 | .14156 | .54288 |

## เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | 29.043 | .000 | 3.459 | 178 | .001 | .40889 | .11822 | .17560 | .64218 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.459 | 146.276 | .001 | .40889 | .11822 | .17525 | .64253 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | 5.409 | .021 | -.186 | 178 | .853 | -.01556 | .08363 | -.18059 | .14948 |
| | Equal variances not assumed | | | -.186 | 147.439 | .853 | -.01556 | .08363 | -.18082 | .14971 |
| biting.like | Equal variances assumed | 21.273 | .000 | 2.787 | 178 | .006 | .35556 | .12756 | .10383 | .60728 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.787 | 148.544 | .006 | .35556 | .12756 | .10349 | .60762 |
| overall | Equal variances assumed | 18.847 | .000 | 1.714 | 178 | .088 | .21667 | .12642 | -.03281 | .46614 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.714 | 160.153 | .088 | .21667 | .12642 | -.03300 | .46633 |

## เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 2 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | 25.748 | .000 | 1.046 | 178 | .297 | .10778 | .10304 | -.09557 | .31112 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.046 | 140.417 | .297 | .10778 | .10304 | -.09594 | .31150 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | .071 | .790 | 1.178 | 178 | .240 | .07333 | .06227 | -.04954 | .19621 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.178 | 176.600 | .240 | .07333 | .06227 | -.04955 | .19621 |
| biting.like | Equal variances assumed | 1.258 | .264 | 2.547 | 178 | .012 | .22444 | .08812 | .05055 | .39834 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.547 | 177.016 | .012 | .22444 | .08812 | .05054 | .39835 |
| overall | Equal variances assumed | 10.897 | .001 | 1.334 | 178 | .184 | .11889 | .08911 | -.05696 | .29474 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.334 | 169.790 | .184 | .11889 | .08911 | -.05702 | .29480 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3. ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่เยือกแข็งด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส**

2.1 ตารางการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่เยือกแข็ง

**ANOVA**

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| cutting | Between Groups | 1255608.187 | 4 | 313902.047 | 1.775E3 | .000 |
| | Within Groups | 25642.456 | 145 | 176.845 | | |
| | Total | 1281250.642 | 149 | | | |
| Workof shear | Between Groups | 6.670E7 | 4 | 1.667E7 | 203.695 | .000 |
| | Within Groups | 1.187E7 | 145 | 81861.289 | | |
| | Total | 7.857E7 | 149 | | | |
| Tensile | Between Groups | 12559.458 | 4 | 3139.865 | 375.285 | .000 |
| | Within Groups | 1213.159 | 145 | 8.367 | | |
| | Total | 13772.617 | 149 | | | |

2.2 ตารางการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่เยือกแข็ง

**ANOVA**

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| force | Between Groups | 601934.856 | 4 | 150483.714 | 1.176E3 | .000 |
| | Within Groups | 18561.420 | 145 | 128.010 | | |
| | Total | 620496.275 | 149 | | | |
| area | Between Groups | 6.231E7 | 4 | 1.558E7 | 360.238 | .000 |
| | Within Groups | 6270439.620 | 145 | 43244.411 | | |
| | Total | 6.858E7 | 149 | | | |
| tensile | Between Groups | 16308.749 | 4 | 4077.187 | 236.445 | .000 |
| | Within Groups | 2500.335 | 145 | 17.244 | | |
| | Total | 18809.084 | 149 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (t-test) ของค่าเนื้อสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่างควบคุม (อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 100 : 0 : ของน้ำหนักแป้งสาลี)

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | 1.591 | .209 | 49.136 | 178 | .000 | 61.44947 | 1.25059 | 58.98157 | 63.91737 |
| | Equal variances not assumed | | | 49.136 | 177.757 | .000 | 61.44947 | 1.25059 | 58.98154 | 63.91739 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | 41.750 | .000 | 32.707 | 178 | .000 | 895.27847 | 27.37229 | 841.26252 | 949.29441 |
| | Equal variances not assumed | | | 32.707 | 121.707 | .000 | 895.27847 | 27.37229 | 841.09098 | 949.46595 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | 72.733 | .000 | 19.886 | 178 | .000 | 4.63390 | .23302 | 4.17406 | 5.09374 |
| | Equal variances not assumed | | | 19.886 | 120.407 | .000 | 4.63390 | .23302 | 4.17255 | 5.09525 |

อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 98 : 0 : 2 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | 6.938 | .009 | 53.402 | 178 | .000 | 129.33577 | 2.42192 | 124.55640 | 134.11513 |
| | Equal variances not assumed | | | 53.402 | 169.984 | .000 | 129.33577 | 2.42192 | 124.55486 | 134.11668 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | 2.402 | .123 | 16.623 | 178 | .000 | 889.09277 | 53.48571 | 783.54508 | 994.64045 |
| | Equal variances not assumed | | | 16.623 | 175.729 | .000 | 889.09277 | 53.48571 | 783.53575 | 994.64979 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | 1.118 | .292 | .197 | 178 | .844 | .07860 | .39962 | -.71000 | .86720 |
| | Equal variances not assumed | | | .197 | 177.645 | .844 | .07860 | .39962 | -.71001 | .86721 |

อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 93 : 7 : 0 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | 33.049 | .000 | 46.406 | 178 | .000 | 66.40693 | 1.43100 | 63.58303 | 69.23083 |
| | Equal variances not assumed | | | 46.406 | 125.480 | .000 | 66.40693 | 1.43100 | 63.57492 | 69.23895 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | 17.682 | .000 | 31.006 | 178 | .000 | 841.89853 | 27.15268 | 788.31596 | 895.48111 |
| | Equal variances not assumed | | | 31.006 | 140.485 | .000 | 841.89853 | 27.15268 | 788.21785 | 895.57922 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | 4.244 | .041 | 22.916 | 178 | .000 | 4.88113 | .21300 | 4.46080 | 5.30146 |
| | Equal variances not assumed | | | 22.916 | 162.903 | .000 | 4.88113 | .21300 | 4.46054 | 5.30173 |

อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 95.5 : 3.5 : 1 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | .108 | .743 | 18.555 | 178 | .000 | 30.87807 | 1.66412 | 27.59413 | 34.16200 |
| | Equal variances not assumed | | | 18.555 | 175.528 | .000 | 30.87807 | 1.66412 | 27.59381 | 34.16232 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | 5.830 | .017 | 24.584 | 178 | .000 | 730.78620 | 29.72562 | 672.12623 | 789.44617 |
| | Equal variances not assumed | | | 24.584 | 162.456 | .000 | 730.78620 | 29.72562 | 672.08779 | 789.48461 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | .439 | .508 | 11.169 | 178 | .000 | 5.51567 | .49384 | 4.54113 | 6.49021 |
| | Equal variances not assumed | | | 11.169 | 174.791 | .000 | 5.51567 | .49384 | 4.54100 | 6.49033 |

อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 91 : 7 : 2 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| cutting | Equal variances assumed | .504 | .479 | 8.666 | 178 | .000 | 17.98860 | 2.07583 | 13.89221 | 22.08499 |
| | Equal variances not assumed | . | | 8.666 | 176.944 | .000 | 17.98860 | 2.07583 | 13.89204 | 22.08516 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| workofshear | Equal variances assumed | 4.200 | .042 | 19.371 | 178 | .000 | 765.89520 | 39.53841 | 687.87086 | 843.91954 |
| | Equal variances not assumed | | | 19.371 | 154.606 | .000 | 765.89520 | 39.53841 | 687.78996 | 844.00044 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| tensile | Equal variances assumed | 5.610 | .019 | 6.519 | 178 | .000 | 6.15217 | .94374 | 4.28981 | 8.01452 |
| | Equal variances not assumed | | | 6.519 | 134.763 | .000 | 6.15217 | .94374 | 4.28571 | 8.01862 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ตารางการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่เยือกแข็ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | hardness | 54.758[a] | 33 | 1.659 | 1.623 | .018 |
| | elasticity | 46.442[b] | 33 | 1.407 | 1.543 | .030 |
| | biting | 109.365[c] | 33 | 3.314 | 2.603 | .000 |
| Intercept | hardness | 3734.554 | 1 | 3734.554 | 3653.233 | .000 |
| | elasticity | 3758.676 | 1 | 3758.676 | 4121.714 | .000 |
| | biting | 2472.451 | 1 | 2472.451 | 1941.804 | .000 |
| trt | hardness | 21.926 | 4 | 5.481 | 5.362 | .000 |
| | elasticity | 21.598 | 4 | 5.399 | 5.921 | .000 |
| | biting | 69.534 | 4 | 17.383 | 13.653 | .000 |
| block | hardness | 32.832 | 29 | 1.132 | 1.107 | .323 |
| | elasticity | 24.845 | 29 | .857 | .939 | .559 |
| | biting | 39.831 | 29 | 1.373 | 1.079 | .359 |
| Error | hardness | 425.260 | 416 | 1.022 | | |
| | elasticity | 379.359 | 416 | .912 | | |
| | biting | 529.683 | 416 | 1.273 | | |
| Total | hardness | 4214.572 | 450 | | | |
| | elasticity | 4184.477 | 450 | | | |
| | biting | 3111.499 | 450 | | | |
| Corrected Total | hardness | 480.018 | 449 | | | |
| | elasticity | 425.801 | 449 | | | |
| | biting | 639.047 | 449 | | | |

a. R Squared = .114 (Adjusted R Squared = .044)

b. R Squared = .109 (Adjusted R Squared = .038)

c. R Squared = .171 (Adjusted R Squared = .105)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ตารางการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่เยือกแข็ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | hardness | 41.101[a] | 33 | 1.245 | 1.596 | .022 |
| | elasticity | 30.817[b] | 33 | .934 | 1.343 | .101 |
| | biting | 105.016[c] | 33 | 3.182 | 3.674 | .000 |
| Intercept | hardness | 2045.356 | 1 | 2045.356 | 2621.205 | .000 |
| | elasticity | 3371.081 | 1 | 3371.081 | 4849.134 | .000 |
| | biting | 2100.730 | 1 | 2100.730 | 2425.422 | .000 |
| trt | hardness | 15.215 | 4 | 3.804 | 4.875 | .001 |
| | elasticity | 13.801 | 4 | 3.450 | 4.963 | .001 |
| | biting | 78.480 | 4 | 19.620 | 22.653 | .000 |
| block | hardness | 25.886 | 29 | .893 | 1.144 | .280 |
| | elasticity | 17.016 | 29 | .587 | .844 | .702 |
| | biting | 26.535 | 29 | .915 | 1.056 | .389 |
| Error | hardness | 324.609 | 416 | .780 | | |
| | elasticity | 289.200 | 416 | .695 | | |
| | biting | 360.310 | 416 | .866 | | |
| Total | hardness | 2411.066 | 450 | | | |
| | elasticity | 3691.098 | 450 | | | |
| | biting | 2566.055 | 450 | | | |
| Corrected Total | hardness | 365.710 | 449 | | | |
| | elasticity | 320.017 | 449 | | | |
| | biting | 465.325 | 449 | | | |

a. R Squared = .112 (Adjusted R Squared = .042)

b. R Squared = .096 (Adjusted R Squared = .025)

c. R Squared = .226 (Adjusted R Squared = .164)

1.6 ตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (t-test) ของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่างควบคุม (อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 100 : 0 : ของน้ำหนักแป้งสาลี)

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | 23.943 | .000 | 6.768 | 178 | .000 | .74989 | .11080 | .53124 | .96854 |
| | Equal variances not assumed | | | 6.768 | 144.296 | .000 | .74989 | .11080 | .53089 | .96889 |
| elasticity | Equal variances assumed | 5.213 | .024 | .698 | 178 | .486 | .08689 | .12451 | -.15881 | .33259 |
| | Equal variances not assumed | | | .698 | 167.784 | .486 | .08689 | .12451 | -.15892 | .33269 |
| biting | Equal variances assumed | 2.073 | .152 | 2.227 | 178 | .027 | .31200 | .14012 | .03549 | .58851 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.227 | 176.578 | .027 | .31200 | .14012 | .03547 | .58853 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 98 : 0 : 2 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | .419 | .518 | 5.119 | 178 | .000 | .93533 | .18271 | .57477 | 1.29589 |
| | Equal variances not assumed | | | 5.119 | 174.310 | .000 | 93533 | .18271 | .57472 | 1.29595 |
| elasticity | Equal variances assumed | 8.232 | .005 | 1.798 | 178 | .074 | .23022 | .12807 | -.02250 | .48295 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.798 | 159.040 | .074 | .23022 | .12807 | -.02271 | .48315 |
| biting | Equal variances assumed | 9.914 | .002 | .576 | 178 | .565 | .08778 | .15245 | -.21307 | .38862 |
| | Equal variances not assumed | | | .576 | 171.136 | .566 | .08778 | .15245 | -.21315 | .38871 |

อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 93 : 7 : 0 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | 2.406 | .123 | 4.783 | 178 | .000 | .56456 | .11802 | .33165 | .79746 |
| | Equal variances not assumed | | | 4.783 | 172.100 | .000 | .56456 | .11802 | .33159 | .79752 |
| elasticity | Equal variances assumed | .056 | .813 | 1.774 | 178 | .078 | .19956 | .11246 | -.02237 | .42148 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.774 | 176.511 | .078 | .19956 | .11246 | -.02238 | .42150 |
| biting | Equal variances assumed | 7.967 | .005 | 1.061 | 178 | .290 | .16311 | .15380 | -.14039 | .46661 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.061 | 168.371 | .290 | .16311 | .15380 | -.14051 | .46673 |

อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 95.5 : 3.5 : 1 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | 2.810 | .095 | 4.719 | 178 | .000 | .53789 | .11399 | .31294 | .76284 |
| | Equal variances not assumed | | | 4.719 | 170.929 | .000 | .53789 | .11399 | .31287 | .76290 |
| elasticity | Equal variances assumed | 2.544 | .112 | 1.182 | 178 | .239 | .16111 | .13631 | -.10788 | .43010 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.182 | 176.249 | .239 | .16111 | .13631 | -.10790 | .43012 |
| biting | Equal variances assumed | 7.250 | .008 | -.102 | 178 | .919 | -.01544 | .15075 | -.31293 | .28205 |
| | Equal variances not assumed | | | -.102 | 163.895 | .919 | -.01544 | .15075 | -.31311 | .28222 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 91 : 7 : 2 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness | Equal variances assumed | 25.904 | .000 | 5.680 | 178 | .000 | .95656 | .16841 | .62421 | 1.28890 |
| | Equal variances not assumed | | | 5.680 | 149.359 | .000 | .95656 | .16841 | .62377 | 1.28934 |
| elasticity | Equal variances assumed | 47.432 | .000 | .548 | 178 | .585 | .08756 | .15988 | -.22794 | .40305 |
| | Equal variances not assumed | | | .548 | 133.483 | .585 | .08756 | .15988 | -.22866 | .40377 |
| biting | Equal variances assumed | 74.806 | .000 | 2.128 | 178 | .035 | .36944 | .17361 | .02685 | .71204 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.128 | 127.754 | .035 | .36944 | .17361 | .02592 | .71297 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ตารางการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่เยือกแข็ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | hardness.like | 25.889[a] | 33 | .785 | 1.595 | .022 |
| | elasticity.like | 29.300[b] | 33 | .888 | 1.663 | .014 |
| | biting.like | 43.706[c] | 33 | 1.324 | 1.658 | .014 |
| | overall | 69.544[d] | 33 | 2.107 | 3.107 | .000 |
| Intercept | hardness.like | 4499.210 | 1 | 4499.210 | 9146.577 | .000 |
| | elasticity.like | 4849.680 | 1 | 4849.680 | 9082.844 | .000 |
| | biting.like | 4602.242 | 1 | 4602.242 | 5760.728 | .000 |
| | overall | 4387.347 | 1 | 4387.347 | 6468.003 | .000 |
| trt | hardness.like | 11.157 | 4 | 2.789 | 5.670 | .000 |
| | elasticity.like | 20.053 | 4 | 5.013 | 9.389 | .000 |
| | biting.like | 22.107 | 4 | 5.527 | 6.918 | .000 |
| | overall | 47.990 | 4 | 11.998 | 17.687 | .000 |
| block | hardness.like | 14.732 | 29 | .508 | 1.033 | .422 |
| | elasticity.like | 9.247 | 29 | .319 | .597 | .954 |
| | biting.like | 21.599 | 29 | .745 | .932 | .570 |
| | overall | 21.554 | 29 | .743 | 1.096 | .338 |
| Error | hardness.like | 204.631 | 416 | .492 | | |
| | elasticity.like | 222.118 | 416 | .534 | | |
| | biting.like | 332.342 | 416 | .799 | | |
| | overall | 282.179 | 416 | .678 | | |
| Total | hardness.like | 4729.730 | 450 | | | |
| | elasticity.like | 5101.098 | 450 | | | |
| | biting.like | 4978.290 | 450 | | | |
| | overall | 4739.070 | 450 | | | |
| Corrected Total | hardness.like | 230.520 | 449 | | | |
| | elasticity.like | 251.418 | 449 | | | |
| | biting.like | 376.048 | 449 | | | |
| | overall | 351.723 | 449 | | | |

a. R Squared = .112 (Adjusted R Squared = .042)

b. R Squared = .117 (Adjusted R Squared = .046)

c. R Squared = .116 (Adjusted R Squared = .046)

d. R Squared = .198 (Adjusted R Squared = .134)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 ตารางการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่เยือกแข็ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | hardness.like | 56.053[a] | 33 | 1.699 | 3.487 | .000 |
| | elasticity.like | 47.827[b] | 33 | 1.449 | 2.436 | .000 |
| | biting.like | 57.703[c] | 33 | 1.749 | 3.270 | .000 |
| | overall | 59.396[d] | 33 | 1.800 | 3.407 | .000 |
| Intercept | hardness.like | 4187.345 | 1 | 4187.345 | 8595.714 | .000 |
| | elasticity.like | 4319.541 | 1 | 4319.541 | 7261.739 | .000 |
| | biting.like | 3850.909 | 1 | 3850.909 | 7201.580 | .000 |
| | overall | 4186.125 | 1 | 4186.125 | 7923.914 | .000 |
| trt | hardness.like | 17.847 | 4 | 4.462 | 9.159 | .000 |
| | elasticity.like | 13.396 | 4 | 3.349 | 5.630 | .000 |
| | biting.like | 11.721 | 4 | 2.930 | 5.480 | .000 |
| | overall | 18.138 | 4 | 4.535 | 8.583 | .000 |
| block | hardness.like | 38.206 | 29 | 1.317 | 2.704 | .000 |
| | elasticity.like | 34.431 | 29 | 1.187 | 1.996 | .002 |
| | biting.like | 45.982 | 29 | 1.586 | 2.965 | .000 |
| | overall | 41.258 | 29 | 1.423 | 2.693 | .000 |
| Error | hardness.like | 202.652 | 416 | .487 | | |
| | elasticity.like | 247.452 | 416 | .595 | | |
| | biting.like | 222.448 | 416 | .535 | | |
| | overall | 219.769 | 416 | .528 | | |
| Total | hardness.like | 4446.050 | 450 | | | |
| | elasticity.like | 4614.820 | 450 | | | |
| | biting.like | 4131.060 | 450 | | | |
| | overall | 4465.290 | 450 | | | |
| Corrected Total | hardness.like | 258.705 | 449 | | | |
| | elasticity.like | 295.279 | 449 | | | |
| | biting.like | 280.151 | 449 | | | |
| | overall | 279.165 | 449 | | | |

a. R Squared = .217 (Adjusted R Squared = .155)

b. R Squared = .162 (Adjusted R Squared = .095)

c. R Squared = .206 (Adjusted R Squared = .143)

d. R Squared = .213 (Adjusted R Squared = .150)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9 ตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (t-test) ของคะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่างควบคุม (อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 100 : 0 : ของน้ำหนักแป้งสาลี)

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | 13.034 | .000 | 1.250 | 178 | .213 | .10111 | .08091 | -.05855 | .26077 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.250 | 159.769 | .213 | .10111 | .08091 | -.05868 | .26090 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | .398 | .529 | 3.387 | 178 | .001 | .27644 | .08162 | .11538 | .43750 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.387 | 176.378 | .001 | .27644 | .08162 | .11537 | .43751 |
| biting.like | Equal variances assumed | 6.169 | .014 | 1.583 | 178 | .115 | .13333 | .08425 | -.03292 | .29959 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.583 | 166.788 | .115 | .13333 | .08425 | -.03300 | .29966 |
| overall | Equal variances assumed | 11.900 | .001 | -.536 | 178 | .593 | -.04000 | .07466 | -.18733 | .10733 |
| | Equal variances not assumed | | | -.536 | 156.859 | .593 | -.04000 | .07466 | -.18747 | .10747 |

อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 98 : 0 : 2 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | 39.073 | .000 | 3.650 | 178 | .000 | .38000 | .10412 | .17454 | .58546 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.650 | 125.766 | .000 | .38000 | .10412 | .17395 | .58605 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | 6.152 | .014 | 3.820 | 178 | .000 | .31778 | .08318 | .15363 | .48192 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.820 | 160.673 | .000 | .31778 | .08318 | .15351 | .48204 |
| biting.like | Equal variances assumed | .666 | .415 | 1.733 | 178 | .085 | .24667 | .14233 | -.03420 | .52753 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.733 | 176.949 | .085 | .24667 | .14233 | -.03421 | .52754 |
| overall | Equal variances assumed | 2.086 | .150 | .051 | 178 | .960 | .00556 | .10954 | -.21061 | .22172 |
| | Equal variances not assumed | | | .051 | 161.054 | .960 | .00556 | .10954 | -.21077 | .22188 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 93 : 7 : 0 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | 3.226 | .074 | 3.535 | 178 | .001 | .30667 | .08676 | .13546 | .47787 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.535 | 177.843 | .001 | .30667 | .08676 | .13546 | .47787 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | .004 | .950 | .488 | 178 | .626 | .04889 | .10017 | -.14878 | .24656 |
| | Equal variances not assumed | | | .488 | 176.931 | .626 | .04889 | .10017 | -.14879 | .24657 |
| biting.like | Equal variances assumed | .871 | .352 | 3.520 | 178 | .001 | .43000 | .12215 | .18895 | .67105 |
| | Equal variances not assumed | | | 3.520 | 176.986 | .001 | .43000 | .12215 | .18894 | .67106 |
| overall | Equal variances assumed | 1.537 | .217 | 2.918 | 178 | .004 | .35333 | .12107 | .11442 | .59225 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.918 | 170.672 | .004 | .35333 | .12107 | .11435 | .59232 |

อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 95.5 : 3.5 : 1 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | .059 | .808 | -1.391 | 178 | .166 | -.16000 | .11506 | -.38705 | .06705 |
| | Equal variances not assumed | | | -1.391 | 177.998 | .166 | -.16000 | .11506 | -.38705 | .06705 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | 9.243 | .003 | 2.574 | 178 | .011 | .36000 | .13988 | .08396 | .63604 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.574 | 157.546 | .011 | .36000 | .13988 | .08372 | .63628 |
| biting.like | Equal variances assumed | .904 | .343 | 2.186 | 178 | .030 | .28000 | .12806 | .02729 | .53271 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.186 | 177.786 | .030 | .28000 | .12806 | .02728 | .53272 |
| overall | Equal variances assumed | 3.831 | .052 | .678 | 178 | .499 | .09333 | .13764 | -.17828 | .36495 |
| | Equal variances not assumed | | | .678 | 175.809 | .499 | .09333 | .13764 | -.17831 | .36497 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนแป้งสาลี : ไดสตาร์ชฟอสเฟต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 91 : 7 : 2 ของน้ำหนักแป้งสาลี

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| hardness.like | Equal variances assumed | 1.543 | .216 | -.504 | 178 | .615 | -.07000 | .13894 | -.34418 | .20418 |
| | Equal variances not assumed | | | -.504 | 160.672 | .615 | -.07000 | .13894 | -.34439 | .20439 |
| elasticity.like | Equal variances assumed | 5.396 | .021 | -.553 | 178 | .581 | -.08000 | .14455 | -.36526 | .20526 |
| | Equal variances not assumed | | | -.553 | 174.029 | .581 | -.08000 | .14455 | -.36530 | .20530 |
| biting.like | Equal variances assumed | 18.620 | .000 | 1.982 | 178 | .049 | .27333 | .13793 | .00115 | .54551 |
| | Equal variances not assumed | | | 1.982 | 152.193 | .049 | .27333 | .13793 | .00084 | .54583 |
| overall | Equal variances assumed | 5.650 | .019 | -.360 | 178 | .720 | -.05000 | .13903 | -.32437 | .22437 |
| | Equal variances not assumed | | | -.360 | 168.676 | .720 | -.05000 | .13903 | -.32447 | .22447 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก จ

# การออกแบบแบบผสม (Mixture Design)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

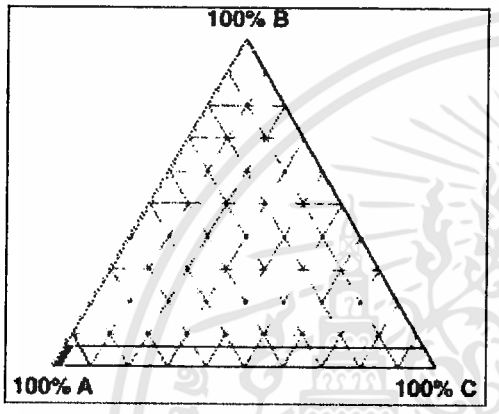
**การออกแบบแบบผสม (Mixture Design)**

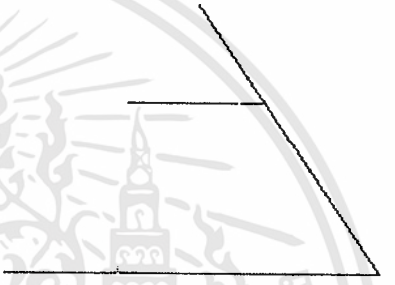
โดยใช้ แป้งสาลีร้อยละ 90-100

ไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0-7

เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0-2

**ภาพขยาย**



A คือ แป้งสาลี

B คือ ไดสตาร์ชฟอสเฟต

C คือ เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

**ได้อัตราส่วนของ**

แป้งสาลี:ไดสตาร์ชฟอสเฟต:เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

จุดที่ 1 : 100 : 0 : 0

2 : 98 : 0 : 2

3 : 93 : 7 : 0

4 : 95.5 : 3.5 : 1

5 : 91 : 7 : 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้วิจัย

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-นามสกุล** | นางสาวนงนภสร ทองศิลา |
| **วัน เดือน ปีเกิด** | 1 ตุลาคม 2527 |
| **ประวัติการศึกษา** | 2550 คหกรรมศาสตรบัณฑิต (คศ.บ.) |
| | สาขาอาหารและโภชนาการ-พัฒนาผลิตภัณฑ์ |
| | คณะคหกรรมศาสตร์ |
| | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (โชติเวช) กรุงเทพฯ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้