

# การพัฒนาสูตรการผลิตเส้นขนมจีน

## Development of formulation production of rice noodles



จริยาภรณ์ วงศ์จันทร์แย้ม

พิลาสินี แก้วขำดวงศ์หิรัญ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ใบรับรองปัญหาพิเศษ

จัดทำโดย  
การพัฒนาสูตรการผลิตเส้นขนมจีน  
Development of formulation production of rice noodles

จัดทำโดย  
จริยาภรณ์ วงศ์จันทร์แย้ม รหัสนักศึกษา 62080173  
พิลาสินี แก้วชัชวรงค์ศิริญ รหัสนักศึกษา 62080212

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ปจจรีย์ อิงคะสุภัทร

26 / พ.ค. / 2566

(ผศ.ดร.ปจจรีย์ อิงคะสุภัทร)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การพัฒนาสูตรการผลิตเส้นขนมจีน
ชื่อนักศึกษา	จริยาภรณ์ วงศ์จันทร์แย้ม รหัสนักศึกษา 62080173 พิลาสินี แก้วชัตวงศ์หิรัญ รหัสนักศึกษา 62080212
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ปจรรย์ อิงคะสุภัทร

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้คือเพื่อศึกษาชนิดของโมดิฟายด์สตาร์ชทั้ง 3 ชนิด เพื่อนำไปสู่กระบวนการผลิตเส้นขนมจีน และวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส ค่าสีและค่าทางกายภาพ การทดลองนี้ใช้โมดิฟายด์สตาร์ชจากสตาร์ชข้าวโพด สตาร์ชมันสำปะหลัง และสตาร์ชมันฝรั่ง โดยมีวัตถุดิบคือ แป้งเกลือ โมดิฟายด์สตาร์ช และน้ำ เป็นส่วนผสมหลักในการผลิตเส้นขนมจีน เส้นขนมจีนที่ผลิตได้ทั้ง 3 สูตร ซึ่งมีการใช้โมดิฟายด์สตาร์ชที่แตกต่างกันถูกนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิแช่เย็น (4-8 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่แข็งของตู้เย็น เป็นระยะเวลาทั้งหมด 1 สัปดาห์ นำตัวอย่างออกมาวัดค่าสี ค่าปริมาณน้ำอิสระหรือที่เรียกว่าค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) และค่าความแข็ง (hardness) และค่าแรงเฉือน (work of shear) ในวันที่ 0 3 5 และ 7 รวมถึงนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน ซึ่งเป็นนักศึกษาและบุคลากรในโรงงานขนมจีนจำนวน 20 คน พบว่า ขนมจีนหลังการผลิตทุกสูตรมีค่า  $a_w$  อยู่ที่ 0.99 เมื่อทำการวัดค่าสี มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) เท่ากับ 69.34 ถึง 71.45 มีค่าความเป็นสีเขียว ( $a^*$ ) เท่ากับ -1.58 ถึง -1.61 และมีค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) เท่ากับ 0.04 ถึง 0.87 และเมื่อทำการวัดค่าเนื้อสัมผัสซึ่งประกอบด้วยค่าความแข็งมีค่าเท่ากับ -3.81 ถึง -5.26 g และค่าแรงเฉือนเท่ากับ 228.98 ถึง 266.09 g.sec ขนมจีนทั้ง 3 สูตรมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.55 ถึง 8.00 นอกจากนี้ยังพบว่าในการเก็บรักษาขนมจีนทั้ง 2 อุณหภูมิ คือการเก็บขนมจีนที่อุณหภูมิแช่เย็น และอุณหภูมิแช่แข็งนั้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.99 เป็น 1.00 มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าความเป็นสีเขียว ( $a^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) ของขนมจีนทั้ง 3 สูตร เพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 เช่นกัน รวมถึงเมื่อทำการวัดเนื้อสัมผัสของเส้นขนมจีนที่เก็บในระยะเวลาต่างๆ กัน พบว่า มีค่าความแข็ง (hardness) และค่าแรงเฉือน (work of shear) เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อทำการเก็บรักษาครบ 7 วัน ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของเส้นขนมจีนที่เก็บทั้ง 2 อุณหภูมิ มีค่าคะแนนลดลงอยู่ในระดับเฉย ๆ ถึง ชอบเล็กน้อย

คำสำคัญ: การเก็บรักษา ขนมจีน คุณภาพทางประสาทสัมผัส โมดิฟายด์สตาร์ช ลักษณะทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Development of formulation production of rice noodles	
Student name	Jariyaporn Wongchanyaem	Student ID 62080173
	Pirasinee Kheawkutwonghirun	Student ID 62080212
Program	Bachelor of Science in Food Process Engineering	
Year	2023	
Advisor	Asst. Prof. Dr. Pajaree Ingkasupart	

### ABSTRACT

The objective of this study is to investigate three different types of modified starches in the production process of rice noodles and also analyze sensory characteristics, color and physical properties. Rice noodles were produced using modified starch from corn starch, cassava starch and potato starch where flour, salt, modified starch, and water were the primary ingredients. The produced rice noodles were subsequently stored under three different conditions: room temperature, refrigerator temperature (4-8 degrees celsius), and freezing temperature. Over a period of one week, the color value, water activity ( $a_w$ ), and texture of the rice noodles were measured on days 0, 3, 5, and 7, and sensory evaluation was also conducted. The sensory evaluation involved 20 untrained panels, consisting of students and personnel from a rice noodle factory. The results revealed that all rice noodle formulas exhibited an  $a_w$  value of 0.99. Measurement of the color, which including the brightness value ( $L^*$ ) ranged from 69.34 to 71.45, the greenness value ( $a^*$ ) ranged from -1.58 to -1.61, and the yellowness value ( $b^*$ ) ranged from 0.04 to 0.87. Hardness values from texture analyzer ranged from -3.81 to -5.26 g, and the work of shear ranged from 228.98 to 266.09 g.sec. The overall preference scores for the three rice noodle formulas ranged from 7.55 to 8.00. In the condition of rice noodles that were kept in the refrigerator and freezing temperature, found that three formulas of rice noodles had  $a_w$  values between 0.99 and 1.00 throughout the storage period. The brightness ( $L^*$ ), greenness ( $a^*$ ), and yellowness ( $b^*$ ) values of the rice noodles increased over time, compared to day 0. Regarding texture, the hardness and work of shear increased during the storage. At the end of the 7-day storage period, the overall preferences of rice noodles kept in both refrigerator and freezing temperature decreased to neutral or slightly favorable score.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 Keyword: Color and physical properties, Sensory characteristics, Shelf-life, Modified starches, Rice noodles

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงลงได้ถ้าไม่ได้รับความอนุเคราะห์ และการสนับสนุนเป็นอย่างดี จาก ผศ.ดร.ปจรรย์ อิงคะสุภัทร อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่พบในระหว่างการทำปัญหาพิเศษ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้งานวิจัยสามารถสำเร็จด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ที่ปรึกษา และกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์คณะอุตสาหกรรมอาหารทุกท่านที่ได้มอบความรู้แก่ผู้วิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและนักวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้ข้อมูลความรู้เพิ่มเติม คอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

ผู้วิจัยหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ หากหนังสือปัญหาพิเศษนี้มีข้อผิดพลาดประการใดผู้วิจัยขออภัยและรับฟังข้อผิดพลาด เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนางานวิจัยต่อไป คณะผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้

จริยาภรณ์ วงศ์จันทร์แย้ม

พิลาสินี แก้วชัตวงศ์หิรัญ

วันที่ 25 พฤษภาคม 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	3
2.1 ขนมหุ้น .....	3
2.2 เกลือ .....	3
2.3 modified starch.....	4
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	6
3.1 วัสดุดิบ.....	6
3.2 อุปกรณ์.....	6
3.3 วิธีการทดลอง.....	7
3.4 การวิเคราะห์ทางเคมี.....	8
3.5 การวิเคราะห์ด้านคุณภาพทางกายภาพของขนมจีน.....	8
3.6 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมจีนที่ผลิตได้.....	9
3.7 การเก็บรักษาเส้นขนมจีนในอุณหภูมิแช่เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น .....	9
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ .....	10
4.1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของขนมจีนทั้ง 3 สูตร.....	10
4.2 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของขนมจีนทั้ง 3 สูตร.....	10

## สารบัญ(ต่อ)

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมจีนทั้ง 3 สูตร .....	12
4.4 ผลของการเก็บรักษาเส้นขนมจีนในอุณหภูมิแช่เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่แข็ง ในช่องแช่แข็งของตู้เย็น .....	13
4.5 ลักษณะทางกายภาพของขนมจีนที่เก็บในอุณหภูมิแช่เย็นและอุณหภูมิแช่แข็ง ในระยะเวลา 7 วัน.....	25
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ .....	33
5.1 สรุปผลการวิจัย .....	33
5.2 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้.....	33
บรรณานุกรม .....	34
ภาคผนวก .....	36
ภาคผนวก ก.....	37
ภาคผนวก ข.....	40
ภาคผนวก ค.....	44
ภาคผนวก ง.....	46
ประวัติผู้เขียน .....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงปริมาณแป้งขนมจีน โมดิฟายด์สตาร์ช 3 ชนิด เกลือ และน้ำ ของสูตรการผลิตเส้นขนมจีน โดยยึดตามสูตรพื้นฐานของอุตสาหกรรมการผลิตขนมจีนขนาดเล็ก.....	7
4.1 ค่าวอเตอร์แอกทिवิตี ( $a_w$ ) ของขนมจีนทั้ง 3 สูตร.....	10
4.2 ค่าสีของขนมจีนทั้ง 3 สูตร.....	11
4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมจีนทั้ง 3 สูตร.....	12
4.4 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมจีนที่ทั้ง 3 สูตร.....	13
4.5 ค่าวอเตอร์แอกทिवิตี ( $a_w$ ) ของขนมจีนที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส).....	14
4.6 ค่าวอเตอร์แอกทिवิตี ( $a_w$ ) ของขนมจีนที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น.....	14
4.7 ค่าสีของขนมจีนที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส).....	17
4.8 ค่าสีของขนมจีนที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น.....	18
4.9 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมจีนที่เก็บระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส).....	21
4.10 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมจีนที่เก็บระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น.....	21
4.11 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมจีนที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส).....	23
4.12 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมจีนที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น.....	24
4.13 ลักษณะทางกายภาพของขนมจีนที่เก็บในอุณหภูมิแช่เย็นและอุณหภูมิแช่แข็ง ในระยะเวลา 7 วัน.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ข.1 ขนมหินที่ทำการเก็บรักษา (ก) และขนมหินที่ผ่านการการอุ่นด้วยไมโครเวฟ.....	40
ข.2 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (ก) และหิวัดแบบใบมีด (ข).....	41
ข.3 ตัวอย่างกราฟลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นขนมหิน.....	41
ข.4 เครื่องวัดค่า $a_w$ .....	42
ข.5 การวัดค่าสี.....	43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนมจีนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบหลักคือ แป้ง ที่ทำมาจากข้าวและเป็นที่ยอมรับประทานกันทั่วประเทศ ขนมจีนแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ขนมจีนแป้งสด โดยไม่ผ่านการหมัก ทำให้เส้นขนมจีนมีสีขาว ไม่มีกลิ่นหมัก และขนมจีนแป้งหมัก โดยจะทำการหมักข้าวทิ้งไว้ 2-3 วัน ก่อนนำมาทำเส้นขนมจีน เส้นที่ได้จะมีสีออกน้ำตาล มีกลิ่นหอมจากการหมักและยังสามารถเก็บไว้ได้นานกว่าแป้งสด โดยคุณภาพของเส้นขนมจีนนั้น อาจได้รับผลกระทบจากหลายปัจจัย รวมถึงการเลือกใช้วัตถุดิบและกระบวนการผลิต ซึ่งคุณภาพของเส้นขนมจีนจะขึ้นอยู่กับคุณภาพทางกายภาพและเคมีของแป้งเป็นหลัก Wu และคณะ (2558) คุณลักษณะที่ดีของขนมจีนในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องจับเรียงหรือขนาดใกล้เคียงกันอาจมีเส้นขนาดบ้างเพียงเล็กน้อย ต้องมีสีตามธรรมชาติของส่วนประกอบ ต้องไม่มีกลิ่นอับหรือเหม็นบูด มีรสชาติตามธรรมชาติของขนมจีน ต้องมีความนุ่มของเส้น ไม่ละ (มพช.๕๐๐, 2547) การแปรรูปเส้นขนมจีนมีทั้งระดับครัวเรือน ระดับพื้นบ้าน และระดับอุตสาหกรรม ซึ่งในบางขั้นตอนจำเป็นต้องใช้วิธีแบบดั้งเดิม รวมถึงการเติมส่วนผสมต่าง ๆ ลงในน้ำแป้งขนมจีน นอกจากนี้การผลิตเส้นขนมจีนมีความจำเป็นต้องอาศัยความชำนาญในการผลิต โดยปัญหาที่พบในการผลิตเส้นขนมจีน พบว่าคุณภาพของเส้นขนมจีนที่ผลิตได้นั้นมีความไม่สม่ำเสมอในด้านต่างๆ ความเหนียวของเส้น ความยืดหยุ่นของเส้น เป็นต้น เนื่องมาจากการเลือกใช้วัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตขนมจีน

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงทำการศึกษาผลของโมดิฟายด์สตาร์ชจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ โมดิฟายด์สตาร์ชจากสตาร์ชข้าวโพด สตาร์ชมันสำปะหลัง และสตาร์ชมันฝรั่ง ซึ่งเป็นส่วนผสมในการผลิตขนมจีนแป้งหมักต่อคุณภาพของขนมจีนที่ได้ จากนั้นนำสูตรการทำขนมจีนที่คัดเลือกได้มาศึกษาการเก็บรักษาเส้นขนมจีนใน 2 อุณหภูมิ ได้แก่ อุณหภูมิแช่เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น เพื่อดูผลของอุณหภูมิที่มีคุณภาพของเส้นขนมจีน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการใช้โมดิฟายด์สตาร์ชจำนวน 3 ชนิด ที่มีต่อคุณภาพของเส้นขนมจีน
- 1.2.2 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณภาพทางกายภาพของขนมจีนที่ผลิตได้
- 1.2.3 เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาเส้นขนมจีนต่อคุณภาพของเส้นขนมจีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ทราบชนิดของโมดิฟายด์สตาร์ช ที่เหมาะสมในการผลิตเส้นขนมจีนแป้งหมัก
- 1.3.2 ทราบผลของอุณหภูมิการเก็บรักษา ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเส้นขนมจีนแป้งหมัก
- 1.3.3 ได้ทราบผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส ค่าสีและค่าคุณภาพทางกายภาพของเส้นขนมจีนแป้งหมักที่ผลิตได้ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิต
- 1.3.4 สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับอุตสาหกรรมการผลิตขนมจีนขนาดเล็ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ขนมหุ้น

2.1.1 ขนมหุ้น (KanomJeen) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเส้นที่เก่าแก่ของไทย มีการบริโภคกันตั้งแต่สมัยอยุธยา นอกจากนี้ยังมีการผลิตเพื่อบริโภคในทุกภาคของไทย และยังเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมประเพณีของชาวไทย ในทุกเทศกาล ทำกันในระดับครัวเรือน หมู่บ้าน ชนบท หรือเป็นอุตสาหกรรมครัวเรือน อุตสาหกรรมขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ปัจจุบันขนมหุ้นมีทั้งหมด 3 รูปแบบ (อรอนงค์, 2547) คือ

1. ขนมหุ้นแป้งหมัก เป็นขนมหุ้นที่นิยมบริโภคกันอย่างมาก ผลิตจากข้าวที่ผ่านการหมักทิ้งไว้ 2-3 วัน ทำให้แป้งมีเนื้อที่เหนียวนุ่ม สีออกเหลืองเล็กน้อย และมีกลิ่นหมักค่อนข้างของข้าว
2. ขนมหุ้นแป้งสด เป็นขนมหุ้นที่มีความนิยมน้อยกว่าแป้งหมัก ผลิตจากแป้งสดที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักของข้าว มีสีขาว กระจ่าง และไม่มีการหมัก
3. ขนมหุ้นแห้งกึ่งสำเร็จรูป ผลิตจากปลายข้าวหรือเมล็ดข้าวแช่และหมักข้าว มีการใช้เครื่องอบลมร้อนเพื่อทำให้ตัวเส้นนั้นแห้ง เวลารับประทานจะทำการต้มภายใน 5-10 นาที ขนมหุ้นชนิดนี้จะสามารถเก็บไว้นานกว่า ขนมหุ้นแป้งหมักและแป้งสด

#### 2.1.2 กระบวนการผลิตขนมหุ้น

แบ่งวิธีการทำตามชนิดของแป้งที่ใช้ทำได้ดังนี้

1. ขนมหุ้นแป้งหมัก นำข้าวแช่น้ำประมาณ 8 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ตะแกรงร่อนน้ำให้ชุ่มทุกวันเป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นทำการบดให้ละเอียดเป็นแป้ง ทำการนวดแป้งแล้วทำเป็นก้อนและทำการต้มประมาณ 3-5 นาที นวดก้อนแป้งด้วยเครื่องให้เหนียวและจับตัวเป็นก้อน หลังจากนั้นผสมน้ำให้เหลวพอสำหรับการกดแป้งให้เป็นเส้นลงในน้ำร้อน จากนั้นล้างด้วยน้ำ 2 ครั้ง แล้วนำมาจับจับขนมหุ้น
2. ขนมหุ้นแป้งสดจะแตกต่างจากขนมหุ้นแป้งหมักเล็กน้อย โดยแช่ข้าวประมาณ 8 ชั่วโมง จากนั้นนำไปไม่ให้ละเอียดกับน้ำให้แห้ง นวดแล้วปั้นเป็นก้อนต้มประมาณ 3-5 นาที หลังจากนั้นวิธีการเช่นเดียวกับขนมหุ้นแป้งหมัก

#### 2.2 เกลือ

เกลือที่ผสมในขนมหุ้นใช้เพื่อป้องกันการเน่าเสีย ลดความเปรี้ยวของขนมหุ้น รวมทั้งเกลือที่ผสมช่วยเพิ่มรสชาติ เกลือที่ใช้อาจเป็นเกลือสมุทรหรือเกลือสินเธาว์ เป็นเกลือป่นหรือเกลือเม็ด แต่ควรมีความขาวและบริสุทธิ์มากพออีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 modified starch

โมดิฟายด์สตาร์ช (modified starch) หรือสตาร์ชดัดแปร หมายถึงสตาร์ช (starch) ที่ได้จากการนำสตาร์ชธรรมชาติ (native starch) มาผ่านกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ทำให้มีสมบัติเปลี่ยนไปตามที่ต้องการ เช่น ความหนืด (viscosity) ลดลง คงตัวต่อความร้อน กรด และแรงเฉือน กรรมวิธีการผลิตสตาร์ชดัดแปรโดยวิธีทางเคมี กายภาพ เอนไซม์ หรือโดยจุลินทรีย์ สตาร์ชที่นำมาใช้แปรรูปเป็นสตาร์ชดัดแปร ได้แก่ สตาร์ชจากมันสำปะหลัง (tapioca starch) สตาร์ชข้าวโพด สตาร์ชข้าวเจ้า ซึ่งสตาร์ชดัดแปรจะถูกนำมาใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) โดยทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด (thickening agent)

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1. อรอนงค์ และคณะ (2534) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางกายภาพของขนมจีนในกระบวนการผลิตโดยทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของตัวอย่างในแต่ละขั้นตอนการผลิต พบว่าขนมจีนจะเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิต่ำเพียง 45 องศาเซลเซียส ความหนืดของขนมจีนที่ 50 องศาเซลเซียส มีค่าสูงถึง 100 ปี.ยู ซึ่งใกล้เคียงกับข้าวหัก ส่วนในระหว่างขั้นตอนการทำขนมจีนนั้นพบว่า ในขั้นตอนการหมักข้าวจะทำให้ความหนืดลดลง เมื่อทำการบดและทับน้ำความหนืดจะใกล้เคียงกับข้าวหัก และเมื่อนวดแป้งนี้ให้เข้ากันพร้อมกับเติมน้ำอุ่นให้พอเหมาะจะส่งผลทำให้ความหนืดลดลงต่ำสุด และลักษณะความข้นหนืดระหว่างการใช้ข้าวหักเก่าและข้าวหักใหม่พันธุ์เดียวกัน พบว่าความหนืดของแป้งก่อนโรยเส้น ข้าวใหม่ต่ำกว่าข้าวเก่า ความสัมพันธ์ของสีขนมจีนและความเป็น กรด-เบส ของน้ำที่ใช้ ปรากฏว่าน้ำที่มีพีเอช 6.4 จะทำให้ขนมจีนที่มีสีปกติขาวออกเหลือง ถ้ามากกว่า 7.4 จะทำให้ขนมจีนมีสีเขียวปน ถ้าต่ำกว่า 5.5 จะทำให้ขนมจีนมีสีออกแดงปน

2.4.2. ศรีลย์ภักดิ์ (2551) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของวัตถุดิบเสีย เวลา และอุณหภูมิการเตรียมน้ำแป้งที่มีต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวสด ปัจจุบันผู้ผลิตประสบปัญหาด้านคุณภาพที่ไม่คงที่ การผลิตส่วนใหญ่มักอาศัยประสบการณ์และความเชี่ยวชาญ ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำแป้ง ได้แก่ วัตถุดิบเสีย อุณหภูมิและระยะเวลาในการเตรียมน้ำแป้ง ซึ่งพบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเตรียมน้ำแป้งมีผลต่อการเปลี่ยนค่าความเป็นกรด-เบส ค่าความหนืดของน้ำแป้ง และปริมาณแลคติกแอซิดแบคทีเรีย

2.4.3 วิภาดา และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตขนมจีนผสมใบเตย เพื่อเพิ่มสรรพคุณทางสมุนไพรและความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ขนมจีน พบว่าความเข้มข้นของน้ำใบเตยที่เหมาะสมต่อการผลิตขนมจีนเสริมใบเตย น้ำต่อใบเตยเท่ากับ 1:0.6 น้ำหนักต่อน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่ได้รับคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบรวมสูงสุด ในการศึกษาอุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้ในการต้มเส้นขนมจีน พบว่าอุณหภูมิระหว่าง 94-96 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผลิตขนมจีนเสริมใบเตย ที่ทำให้เส้นขนมจีนสุกทั้งหมดนั้นมีสีเขียวสด เส้นมันวาว เหนียวและไม่ขาด คุณภาพของเส้นขนมจีนเสริมใบเตยสูตรพัฒนา พบว่าค่า  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  เท่ากับ 50.05, -0.46 และ 21.35 ตามลำดับ และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่า  $a_w$  เท่ากับ 5.8 และ 0.9 ปริมาณกรดแลคติก ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 1.23, 73.76, 1.45, 0.05, 3.02 และ 21.72 ตามลำดับ และพบว่า

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส และเอสเชอริเชีย คอไล เท่ากับ  $14.5 \times 10^1$  CFU/g , 3 CFU/g และ  $< 3$  MPN/g ตามลำดับ แสดงว่าเส้นโใบเตยมีปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ชุมชน (มพช.500/2547) ซึ่งปลอดภัย

2.4.4 ศศิอาภา และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนเส้นสดกึ่งสำเร็จรูป รสน้ำเงี้ยวและรสแกงป่า ดัดแปลงสูตรของ วิภาณี และศศิอาภา(2562) ซึ่งประกอบไปด้วยแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง เกลือ น้ำ เครื่องแกง และน้ำ เท่ากับ 250 125 125 0.05 500 และ 100 กรัม ตามลำดับ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมจีนเส้นสดรสน้ำเงี้ยวสูตรที่ 1 และผลิตภัณฑ์ขนมจีนเส้นสดรสแกงป่าสูตรที่ 3 มากที่สุด จากนั้นศึกษาปริมาณกั๊วรั้มที่เหมาะสม ในการอบผลิตภัณฑ์ขนมจีนเส้นสดรสน้ำเงี้ยว และผลิตภัณฑ์ขนมจีนเส้นสดรสแกงป่า พบว่ามีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยในระดับชอบปานกลาง และชอบมาก ตามลำดับ

2.4.5 นฤตม และศิริลักษณ์ (2525) ได้ทำการหาสูตรที่เหมาะสมในการทำขนมจีน คือ สูตรที่ใช้แป้ง 500 กรัม ปูนใส 175 กรัม เกลือ 10 กรัม และอัตราแป้งต่อน้ำเมื่อนวดแป้ง 3:1 โดยน้ำหนัก มีการนวดแป้งด้วยเครื่องนวดด้วยใช้ที่นวดแป้งแบบ dough hook แป้งที่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วนร้อยละ 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ให้คุณภาพเส้นขนมจีนที่สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ เส้นขนมจีนที่มีแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 15 โดยน้ำหนักลักษณะเส้นไม่เกาะติดกัน เนื้อสัมผัสไม่ยุ่ย และ แต่เมื่อเก็บไว้ค้างคืนเส้นจะแฉะ เส้นขนมจีนที่มีแป้งมันสำปะหลังผสมอยู่ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักมีคุณภาพของเส้นขนมจีนเช่นเดียวกันแต่เส้นไม่แฉะเมื่อทิ้งค้างคืน

2.4.6 พรพรรณ (2561) ทำการศึกษาการพัฒนาขนมจีนแป้งหมักด้วยกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกผลิตแบคทีเรียโอสิน และประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Bacillus cereus* ที่ปนเปื้อนในขนมจีน ทำการวิเคราะห์ทางเคมี ทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทริทเมนต์ มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) อยู่ระหว่าง 0.94 ถึง 1.00 ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าความเป็นสีขาว ( $a^*$ ) ของขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทริทเมนต์ สูงกว่า ( $p \leq 0.05$ ) ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ ขณะที่ขนมจีนจากแป้งหมักธรรมชาติมีค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) สูงสุด ค่าความแข็ง (hardness) ของขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ทริทเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.05$ ) ตามระยะเวลาการจัดเก็บรักษา 2 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัสดุดิบ

3.1.1 แป้งขนมจีน ตรา A

3.1.2 เกลือ

3.1.3 โมดิฟายด์สตาร์ช (โมดิฟายด์สตาร์ชจากสตาร์ชข้าวโพด สตาร์ชมันสำปะหลัง และสตาร์ชมันฝรั่ง)

3.1.4 น้ำ R.O.

#### 3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องกวดเส้นขนมจีนสแตนเลส

3.2.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

3.2.3 ปีกเกอร์

3.2.4 ที่วัดอุณหภูมิ

3.2.5 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Stable Micro Systems-TA-Xt plus

3.2.6 เครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี AOQA LAB - 4TE อเมริกา

3.2.7 เครื่องวัดสี Minolta CR-400 ญี่ปุ่น

3.2.8 หม้อต้ม

3.2.9 ภาชนะสำหรับใส่ขนมจีน

3.2.10 ผ้าขาวบาง

3.2.11 ตะแกรงสแตนเลส

3.2.12 ตู้อุ่น

3.2.13 เตาอบไมโครเวฟธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ชนิดของโมดิฟายด์สตาร์ชที่แตกต่างกัน ต่อคุณภาพของเส้นขนมจีน

ทำการผลิตเส้นขนมจีน โดยใช้โมดิฟายด์สตาร์ชต่างชนิดกันจำนวน 3 ชนิด โดยมีปริมาณส่วนผสมในสูตรดังแสดงในตารางที่ 1 ปริมาณของส่วนผสมในสูตรการผลิตเส้นขนมจีนได้มาจากสูตรพื้นฐานของอุตสาหกรรมการผลิตขนมจีนขนาดเล็ก

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณแป้งขนมจีน โมดิฟายด์สตาร์ช 3 ชนิด เกลือ และน้ำ ของสูตรการผลิตเส้นขนมจีน โดยยึดตามสูตรพื้นฐานของอุตสาหกรรมการผลิตขนมจีนขนาดเล็ก

	แป้งขนมจีน (กรัม)	โมดิฟายด์สตาร์ช (กรัม)	เกลือ (กรัม)	น้ำ (กรัม)
สูตรที่ 1 (โมดิฟายด์สตาร์ชจาก สตาร์ชข้าวโพด)	440	2.50	4.34	167
สูตรที่ 2 (โมดิฟายด์สตาร์ชจาก สตาร์ชมันสำปะหลัง)	440	2.50	4.34	167
สูตรที่ 3 (โมดิฟายด์สตาร์ชจาก สตาร์ชมันฝรั่ง )	440	2.50	4.34	167

8.3.2 ขั้นตอนการทำขนมจีนในแต่ละสูตรที่มีการใช้โมดิฟายด์สตาร์ชที่ต่างชนิดกัน

โดยดัดแปลงวิธีการทำเส้นขนมจีน จากปรางณี (2547) และศศิอาภา และคณะ (2563)

ทำการผลิตขนมจีนจากโมดิฟายด์สตาร์ชชนิด A โดยแต่ละสูตรมีปริมาณแป้งขนมจีน โมดิฟายด์สตาร์ช เกลือ น้ำ ดังแสดงในตารางที่ 1

- นำแป้งขนมจีนผสมกับโมดิฟายด์สตาร์ช และเกลือ ตามปริมาณที่กำหนดดังตารางที่ 1 จากนั้นทำการผสมและนวดให้ส่วนผสมเข้ากัน

- เมื่อครบเวลา นำแป้งห่อผ้าขาวบางและนำไปนึ่งให้สุกเป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เมื่อครบเวลาพักแป้งไว้ให้เย็นการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากนั้นทำการนวดแป้งอีกครั้ง แล้วนำไปผสมกับน้ำ R.O. ตามปริมาณที่กำหนดดังตารางที่ 1

- กรองแป้งด้วยตะแกรงสแตนเลส เพื่อให้เนื้อแป้งละเอียดมากขึ้นก่อนเข้าสู่กระบวนการถัดไป
- นำแป้งไปใส่ในที่บีบเส้นขนมจีนสแตนเลส
- ทำการบีบเส้นด้วยแรงคน บีบลงในหม้อต้มน้ำที่มีอุณหภูมิ 95-100 องศา และรอให้เส้นสุกประมาณ 7-9 นาที
- นำเส้นขนมจีนที่ได้ไปล้างน้ำ R.O. 2 ครั้ง
- พักเส้นขนมจีนทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง
- นำเส้นขนมจีนที่ได้ไปวิเคราะห์ทางคุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ดังข้อ 3.4 3.5 และ 3.6

ทำซ้ำเช่นนี้ในโมดิฟายด์สตาร์ชจากสตาร์ชมันสำปะหลังและโมดิฟายด์สตาร์ชจากสตาร์ชมันฝรั่ง

### 3.4 การวิเคราะห์ทางเคมี

3.4.1 การวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำในอาหาร (water activity) ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี AOQA LAB รุ่น 4TE

ศึกษาปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในขนมจีนกระบวนการผลิตโดยเริ่มจากเปิดเครื่องและเริ่มการ Calibrate เครื่องด้วยการใช้น้ำ Demineral Water (DI) จะได้ค่าที่อยู่ระหว่าง 0.0998 – 0.1003 จากนั้นนำเส้นขนมจีนหั่นให้มีขนาดเล็กกลงใส่ในตลับพลาสติกให้ได้ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของความจุ และนำตลับพลาสติกใส่ในเครื่องวัดค่า water activity จากนั้นเครื่องจะทำการอ่านค่าโดยอัตโนมัติ โดยจะทำการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำในอาหารสุตรละ 3 ซ้ำ

### 3.5 การวิเคราะห์ด้านคุณภาพทางกายภาพของขนมจีน

3.5.1 การวิเคราะห์ค่าสีของเส้นขนมจีนด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-400

วิเคราะห์ค่าสีของเส้นขนมจีน โดยการนำตัวอย่างขนมจีนในสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ปริมาณสุตรละ 40 กรัมใส่ลงในจานสีขาว จากนั้นเริ่มทำการวัดค่าสีโดยเริ่มจากกดปุ่มที่ตัวเครื่องวัดสี นำหัวเครื่องสัมผัสลงบนเส้นขนมจีน โดยจะทำการวัดค่าสีสุตรละ 5 ซ้ำ จากนั้นนำค่าสีที่วัดได้ไปวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม โดยจะแสดงผลในรูปของค่า  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  โดยค่า  $L^*$  เป็นค่าที่ใช้กำหนดความสว่าง 0 หมายถึงสีดำ, 100 หมายถึงสีขาว  $a^*$  เป็นค่าที่ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว + หมายถึงสีแดง - หมายถึงสีเขียว และ  $b^*$  เป็นค่าที่ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน + หมายถึงสีเหลือง - หมายถึงสีน้ำเงิน

3.5.2 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัด Texture analyzer รุ่น Stable Micro Systems-TA-XT plus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการศึกษาเนื้อสัมผัสด้านความยืดหยุ่น ค่าความยืดติด และความเคี้ยวได้ของขนมจีน โดยใช้ตัวอย่างเส้นขนมจีนสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 จำนวนสูตรละ 6 เส้นต่อ 1 ครั้ง โดยทำการวัดค่าเนื้อสัมผัส สูตรละ 10 ซ้ำ โดยใช้เครื่องวัด Texture analyzer รุ่น Stable Micro Systems-TA-XT plus ใช้หัววัดแบบใบมีดตัด (Cutting blade probe) ตามขั้นตอนของ พรพรรณ (2561 : 73-75)

### 3.6 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมจีนที่ผลิตได้

ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคของขนมจีน โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาและบุคลากรในโรงงานขนมจีน ซึ่งขนมจีนแต่ละสูตรที่ผลิตได้จากข้อ 3.3 ถูกจัดเสิร์ฟให้กับผู้ทดสอบชิมรับประทานร่วมกับน้ำยาอะทิ และกำหนดเกณฑ์ความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic scale) โดยให้คะแนนความชอบด้วยเกณฑ์คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสของขนมจีนโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด Factorial Experiment in RCBD นำผลมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ( $p < 0.05$ )

### 3.7 การเก็บรักษาเส้นขนมจีนในอุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น

นำเส้นขนมจีนจากข้อ 3.3 มาทำการแบ่งเก็บใส่ถุงซิปล็อค และเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 สัปดาห์ โดยทำการเก็บตัวอย่างทุก ๆ 2 วัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังวิธีในข้อ 3.4 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ ตัวอย่างก่อนนำมาวิเคราะห์จะถูกวางพักไว้ให้คลายความเย็น จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ในส่วนของเส้นขนมจีนที่เก็บที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็นนั้น จะถูกเก็บไว้เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ และนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าคุณภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ 2 วัน เช่นกัน ซึ่งการเตรียมตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์นั้น เตรียมได้โดยนำตัวอย่างขนมจีนไปเข้าเตาอบไมโครเวฟธรรมดาไฟปานกลางนาน 4 นาที จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ตามหัวข้อ 3.4 3.5 และ 3.6 บันทึกค่าคุณภาพต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ได้ เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพต่าง ๆ ของเส้นขนมจีนที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองการพัฒนาสูตรการผลิตขนมจีนแป้งหมัก โดยมีส่วนผสมของโมดิฟายด์สตาร์ชที่ต่างชนิดกันจนได้ออกมาเป็นขนมจีนทั้งหมด 3 สูตร โดยขนมจีนสูตรที่ 1 มีส่วนผสมของโมดิฟายด์สตาร์ชจากสตาร์ชข้าวโพด สูตรที่ 2 มีส่วนผสมของโมดิฟายด์สตาร์ชจากสตาร์ชมันสำปะหลัง และสูตรที่ 3 มีส่วนผสมของโมดิฟายด์สตาร์ชจากสตาร์ชมันฝรั่ง เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์ทางเคมี วิเคราะห์ทางกายภาพ และการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส แสดงผลดังต่อไปนี้

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของขนมจีนทั้ง 3 สูตร

จากการวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ ( $a_w$ ) หรือค่าปริมาณน้ำอิสระของขนมจีนหลังการผลิตทั้ง 3 สูตร พบว่ามีค่า  $a_w$  เท่ากับ 0.99 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) โดยทั่วไปแล้วขนมจีนเส้นสดเป็นอาหารที่มีค่า  $a_w$  สูงเป็นปกติ เพราะขนมจีนเป็นอาหารสดที่เสื่อมเสียได้ง่าย มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิเย็น แต่ถึงอย่างไรขนมจีนนั้นเป็นอาหารที่พร้อมบริโภคที่มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นจะนิยมบริโภคในวันเดียว ถึงแม้จะทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเย็นอายุการเก็บของขนมจีนสามารถยืดต่อไปได้เพียง 2-3 วัน เท่านั้นและไม่เป็นที่นิยม วิภาดา และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับขนมจีนผสมไบโอดีบุกพบว่าค่า  $a_w$  ของเส้นขนมจีนเท่ากับ 0.97 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ ( $a_w$ ) ของขนมจีนทั้ง 3 สูตร

ทริทเมนต์	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ ( $a_w$ ) <sup>ns</sup>
สูตรที่ 1	0.99±0.00
สูตรที่ 2	0.99±0.00
สูตรที่ 3	0.99±0.00

<sup>ns</sup> ตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

ความเชื่อมั่น 95% ( $p>0.05$ )  $n=3$

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของขนมจีนทั้ง 3 สูตร

จากการผลิตขนมจีนเสร็จทั้ง 3 สูตร พบความแตกต่างกันทางกายภาพของเส้นขนมจีน ได้แก่ ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัส แสดงในตารางที่ 4.2.1 ถึง 4.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของขนมจีน

จากตารางที่ 4.2 ค่า  $L^*$  เป็นค่าที่ใช้กำหนดความสว่าง ค่าที่เข้าใกล้ 0 หมายถึงสีดำ, 100 หมายถึงสีขาว พบว่าขนมจีนทั้ง 3 สูตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 69.34 ถึง 71.45 ซึ่งค่าความสว่างของขนมจีนในสูตรที่ 1 นั้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 และ 3 ( $p \leq 0.05$ ) โดยขนมจีนสูตรที่ 1 มีค่าความสว่างมากที่สุด เมื่อสตาร์ชได้รับความร้อนตัวสตาร์ชจะทำการดูดซับน้ำและเกิดการพองตัวทำให้เส้นขนมจีนนั้นมีความใสมากขึ้น

ในส่วนของค่า  $a^*$  เป็นค่าที่ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว + หมายถึงสีแดง - หมายถึงสีเขียว ซึ่งขนมจีนทุกสูตรมีความเป็นสีเขียวอยู่ในช่วง -1.55 ถึง -1.61 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

และค่า  $b^*$  เป็นค่าที่ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน + หมายถึงสีเหลือง - หมายถึงสีน้ำเงิน ซึ่งขนมจีนทุกสูตรมีความเป็นสีเหลืองอยู่ในช่วง 0.04 ถึง 0.87 ซึ่งค่าความเป็นสีเหลืองของขนมจีนในสูตรที่ 1 นั้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 และ 3 ( $p \leq 0.05$ ) ค่าความเป็นสีเหลืองยังมีค่าต่ำยิ่งแสดงให้เห็นว่าเส้นขนมจีนนั้นมีความขาวมากกว่า

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของขนมจีนทั้ง 3 สูตร

ทริทเมนต์	ค่าสี		
	$L^*$	$a^{*ns}$	$b^*$
สูตรที่ 1	71.45±0.28 <sup>a</sup>	-1.58±0.04	0.04±0.11 <sup>b</sup>
สูตรที่ 2	69.73±0.59 <sup>b</sup>	-1.55±0.08	0.71±0.17 <sup>a</sup>
สูตรที่ 3	69.34±0.24 <sup>b</sup>	-1.61±0.03	0.87±0.18 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )

#### 4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของขนมจีน

จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นขนมจีน ได้แก่ ความแข็ง (hardness) และแรงเฉือน (Work of Shear) จากตารางที่ 4.3 เส้นขนมจีนหลังการผลิตทั้ง 3 สูตร มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง -5.26 ถึง -3.81 g และค่าแรงเฉือนอยู่ที่ช่วง 228.98 ถึง 266.09 g.sec พบว่าขนมจีนทั้ง 3 สูตร มีค่าความแข็ง และค่าแรงเฉือนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ในขนมจีนสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่มีการผสมโมดิฟายด์สตาร์ชจากข้าวโพด โดยสตาร์ชจากข้าวโพดมีคุณสมบัติสามารถทนต่อแรงเฉือนได้ดี จึงทำให้มีค่าแรงเฉือนสูง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เส้น อย่างเช่น ขนมจีนนั้นเป็นอาหารที่ต้องการสตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลสสูงกว่า 25 % มีค่า set

back หรือค่าความหนืดเมื่อแบ่งเย็นตัวสูง (จารุวรรณ, 2545) เพื่อให้เส้นขนมจีนมีความเหนียว ไม่ละ จับตัวกันเป็นเส้นได้ดี ในสตาร์ชข้าวโพดเมื่อได้รับความร้อนจะดูดซับน้ำและพองตัวขึ้น ทำให้เม็ดสตาร์ชเคลื่อนที่ออกจากกันยาก ในสตาร์ชข้าวโพดมีอะไมโลสสูงถึง 28 % สูงกว่าสตาร์ชมันสำปะหลัง และสตาร์ชมันฝรั่ง

เนื่องจากค่าความแข็ง (hardness) เป็นสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของอาหาร การวัดค่าความแข็งจะบอกได้เพียงว่าเส้นขนมจีนนั้นมีความแข็งหรือนุ่มมากน้อยเพียงใด เมื่อค่ายิ่งสูงแสดงว่าเส้นขนมจีนมีความแข็งมาก ในทางตรงข้ามถ้าค่าต่ำแสดงว่าเส้นนั้นมีความนุ่ม ส่วนแรงเฉือน (work of shear) ยิ่งค่าแรงเฉือนสูงแสดงว่าเส้นขนมจีนนั้นมีความเหนียวมาก ถ้าค่าต่ำแสดงว่าเส้นขนมจีนนั้นมีความนุ่ม ซึ่งจะไม่สามารถบอกได้ว่าเส้นขนมจีนนั้นดีหรือไม่ดีอย่างไร ดังนั้นการวัดเนื้อสัมผัสของเส้นขนมจีนจึงจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ค่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมร่วมด้วย เพื่อให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมจีนทั้ง 3 สูตร

ทรีทเมนต์	hardness (g) <sup>ns</sup>	work of shear (g.sec) <sup>ns</sup>
สูตรที่ 1	-3.81±1.24	266.09±29.16
สูตรที่ 2	-5.26±1.32	263.15±37.68
สูตรที่ 3	-4.47±1.94	228.98±37.36

<sup>ns</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p>0.05$ )

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมจีนทั้ง 3 สูตร

จากการทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนทั้ง 3 สูตร โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน ใช้แบบประเมินที่มีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic scale test) โดยเส้นขนมจีนที่ทำเสร็จใหม่ๆ ถูกจัดเสิร์ฟคู่กับน้ำยากะทิ เพื่อทำการประเมินการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเส้นขนมจีน ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่าในวันที่ 0 คะแนนการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนในแต่ละสูตรอยู่ในช่วง 7.65 ถึง 8.20 คะแนน ซึ่งทั้ง 3 สูตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) โดยในสูตรที่ 1 มีคะแนนด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดอาจเนื่องมาจากเส้นขนมจีนมีการจับเรียงเป็นเส้นสวຍกว่าในสูตรที่ 2 และ 3 ที่คะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมจีนทั้ง 3 สูตร มีคะแนนการยอมรับแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยคะแนนความชอบของขนมจีนทั้ง 3 สูตร ด้านสีอยู่ในช่วง 8.00 ถึง 8.25 คะแนน ด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 7.25 ถึง 7.75 คะแนน ด้านรสชาติอยู่ในช่วง 7.60 ถึง 7.85 คะแนน ด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 7.20 ถึง 7.50 คะแนน และความชอบโดยรวมของเส้นขนมจีนอยู่ในช่วง 7.55 ถึง 8.00 คะแนน จากตารางที่ 4.4 พบว่าขนมจีนในสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ ด้านสี ด้านกลิ่น รสชาติ และด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าสูตรที่ 2 และ 3 อาจเนื่องมาจากเส้นขนมจีนในสูตรที่ 1 มีส่วนผสมของ

โมดิฟายด์สตาร์ชจากสตาร์ชข้าวโพดที่ช่วยในเรื่องความเหนียว การกักเก็บเป็นเส้น และยังช่วยในเรื่องความใสได้ดีของเส้นขนมจีน

ตารางที่ 4.4 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมจีนที่ทั้ง 3 สูตร

ทรีทเม้นต์	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	สี <sup>ns</sup>	กลิ่น <sup>ns</sup>	รสชาติ <sup>ns</sup>	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup>
สูตรที่ 1	8.20±0.77 <sup>a</sup>	8.30±0.86	7.75±0.85	7.60±1.10	7.50±1.10	8.00±0.73
สูตรที่ 2	7.65±0.99 <sup>b</sup>	8.00±1.03	7.25±1.37	7.65±1.31	7.30±1.30	7.55±1.05
สูตรที่ 3	7.70±0.92 <sup>b</sup>	8.25±0.97	7.40±1.27	7.85±1.04	7.20±0.89	7.55±0.89

a, b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ )

<sup>ns</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )

#### 4.4 ผลของการเก็บรักษาเส้นขนมจีนในอุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น

##### 4.4.1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

จากตารางที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าขนมจีนหลังการผลิต (วันที่ 0) ทั้ง 3 สูตร มีค่า  $a_w$  เท่ากับ 0.99 เมื่อทำการเก็บรักษาขนมจีนที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลาทั้งหมด 7 วัน พบว่าค่า  $a_w$  ของขนมจีนในแต่ละสูตรมีค่าสูงขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) เมื่อเทียบกับค่า  $a_w$  ของวันที่ 0 ในทางเดียวกันกับค่า  $a_w$  ของขนมจีนที่เก็บไว้ในอุณหภูมิแช่แข็ง พบว่า ค่า  $a_w$  ของขนมจีนแต่ละสูตรในระยะเวลาการเก็บที่เท่ากัน มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) นอกจากนี้ขนมจีนสูตรเดียวกันที่เก็บในระยะเวลาต่างกัน พบการเพิ่มขึ้นของค่า  $a_w$  อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของ  $a_w$  อาจเนื่องมาจากขนมจีนถูกเก็บไว้ในที่อุณหภูมิเย็นทำให้เกิดความชื้นเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการเก็บ หรืออาจรวมถึงการเปิดเข้า-เปิดออกถุงซิปล็อคในระหว่างการเก็บตัวอย่างจึงทำให้มีการถ่ายเทความชื้นระหว่างสภาพแวดล้อมทำให้เกิดความชื้นเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการเก็บ และเมื่อขนมจีนมีความชื้นที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่า  $a_w$  มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย พรพรรณ (2561) ทำการศึกษาการพัฒนาขนมจีนแป้งหมักด้วยกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกผลิตแบบเทอร์โมซัน และประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Bacillus cereus* ที่ปนเปื้อนในขนมจีน : มีการวัดค่า  $a_w$  ของขนมจีนแป้งหมักจากเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงค่า  $a_w$  ในวันที่ 0, 1 และ 2 ของการเก็บรักษา พบว่าขนมจีนมีค่า  $a_w$  0.94 ถึง 1.00 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลในตารางที่ 4.2 และ 4.3

แต่ค่า  $a_w$  มีค่าสูงจะเป็นปัจจัยที่เอื้อประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าขนมจีนเป็นอาหารที่เน่าเสียง่าย

**ตารางที่ 4.5** ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ ( $a_w$ ) ของขนมจีนที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส)

ทรีทเมนต์	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ ( $a_w$ )			
	วันที่ 0 <sup>ns</sup>	วันที่ 3 <sup>ns</sup>	วันที่ 5 <sup>ns</sup>	วันที่ 7 <sup>ns</sup>
สูตรที่ 1	0.99±0.00 <sup>B</sup>	1.00±0.00 <sup>A</sup>	1.00±0.00 <sup>A</sup>	1.00±0.00 <sup>A</sup>
สูตรที่ 2	0.99±0.00 <sup>B</sup>	1.00±0.00 <sup>A</sup>	1.00±0.00 <sup>A</sup>	0.99±0.00 <sup>B</sup>
สูตรที่ 3	0.99±0.00 <sup>B</sup>	1.00±0.00 <sup>AB</sup>	1.00±0.00 <sup>AB</sup>	1.00±0.00 <sup>A</sup>

<sup>A,B</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> ตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )

**ตารางที่ 4.6** ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ ( $a_w$ ) ของขนมจีนที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น

ทรีทเมนต์	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ ( $a_w$ )			
	วันที่ 0 <sup>ns</sup>	วันที่ 3 <sup>ns</sup>	วันที่ 5 <sup>ns</sup>	วันที่ 7 <sup>ns</sup>
สูตรที่ 1	0.99±0.00 <sup>B</sup>	1.00±0.00 <sup>A</sup>	1.00±0.00 <sup>A</sup>	1.00±0.00 <sup>A</sup>
สูตรที่ 2	0.99±0.00 <sup>B</sup>	1.00±0.00 <sup>A</sup>	1.00±0.00 <sup>AB</sup>	1.00±0.00 <sup>A</sup>
สูตรที่ 3	0.99±0.00 <sup>C</sup>	1.00±0.00 <sup>AB</sup>	1.00±0.00 <sup>BC</sup>	1.00±0.00 <sup>A</sup>

<sup>A,B</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> ตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.2 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ

จากการเก็บรักษาขนมจิ้นแป้งหมัก โดยใช้ไมดิฟายด์สตาร์ชที่แตกต่างกันทั้ง 3 สูตร ที่อุณหภูมิตู้เย็น ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิแช่แข็ง พบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีและค่าเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษาระยะเวลา 7 วัน แสดงดังตารางที่ 4.4 ถึง 4.5

##### 4.4.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของขนมจิ้น

จากการวัดค่าสีของขนมจิ้นทั้ง 3 สูตร ที่ทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่เย็น จากตารางที่ 4.7 โดยค่า  $L^*$  พบว่าค่าสีของขนมจิ้นหลังการเก็บรักษาทั้ง 3 สูตร มีค่าความสว่างในช่วง 68.01 ถึง 71.04 ซึ่งมีค่าสีค่อนข้างสว่าง โดยขนมจิ้นสูตรที่ 1 มีค่าความสว่างมากที่สุด ขนมจิ้นทั้ง 3 สูตร ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น โดยแต่ละสูตรมีระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) นอกจากนี้ขนมจิ้นสูตรเดียวกันที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นในระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่าค่าสีสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าสีเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 และมีค่าความสว่างลดลงในวันที่ 5 มีเพียงสูตรที่ 1 ที่มีค่าความสว่างลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) การเก็บรักษานั้นส่งผลต่อค่าความสว่างของขนมจิ้น เมื่อมีการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ค่าความสว่างของขนมจิ้นในสูตรเดียวกันนั้นมียาลดลง

ที่ค่า  $a^*$  ขนมจิ้นทุกสูตรมีความเป็นสีเขียว มีค่าอยู่ระหว่าง -1.44 ถึง -1.79 เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นระยะเวลาทั้งหมด 7 วัน พบว่า ค่าความเป็นสีเขียวของขนมจิ้นทั้ง 3 สูตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เท่ากัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) นอกจากนี้ขนมจิ้นสูตรเดียวกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน พบการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นสีเขียวอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

และค่า  $b^*$  ขนมจิ้นทุกสูตรมีความเป็นสีเหลือง เท่ากับ 0.16 ถึง 2.51 เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นระยะเวลาทั้งหมด 7 วัน พบว่า ค่าความเป็นสีเหลืองของขนมจิ้นแต่ละสูตรที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เท่ากัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) นอกจากนี้ขนมจิ้นสูตรเดียวกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน พบการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

จากการวัดค่าสีของขนมจิ้นทั้ง 3 สูตร ที่ทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็ง จากตารางที่ 4.8 โดยที่ค่า  $L^*$  พบว่า ค่าสีของขนมจิ้นหลังการผลิตทั้ง 3 สูตร มีค่าความสว่าง 69.71 ถึง 70.90 มีค่าสีค่อนข้างสว่าง ขนมจิ้นทั้ง 3 สูตรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) นอกจากนี้ขนมจิ้นสูตรเดียวกันที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นในระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่าค่าสีสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าสีเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 และมีค่าความสว่างลดลงในวันที่ 5 มีเพียงสูตรที่ 1 ที่มีค่าความสว่างลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ที่ค่า  $a^*$  ขนมจิ้นทุกสูตรมีความเป็นสีเขียว มีค่าเท่ากับ -1.48 ถึง -1.77 เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นระยะเวลาทั้งหมด 7 วัน พบว่าค่าความเป็นสีเขียวของขนมจิ้นที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เท่ากัน

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) นอกจากนี้ขนมจีนสูตรเดียวกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน พบการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

และค่า  $b^*$  ขนมจีนทุททริทเมนต์มีความเป็นสีเหลือง มีค่าเท่ากับ 0.37 ถึง 2.19 เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นระยะเวลาทั้งหมด 7 วัน พบว่าค่าความเป็นสีเหลืองของขนมจีนแต่ละสูตรที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เท่ากัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) นอกจากนี้ขนมจีนสูตรเดียวกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน พบการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากมีการปนเปื้อนระหว่างกระบวนการผลิต จึงส่งผลต่อค่าความเป็นสีเหลืองของขนมจีนทั้งที่เป็นสูตรเดียวกันและคนละสูตรในระยะเวลาการเก็บรักษาที่เท่ากัน

จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นและแช่แข็ง เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีที่ใกล้เคียงกัน การเพิ่มขึ้นของค่าสีอาจเนื่องมาจากอุณหภูมิส่งผลต่อกิจกรรมเอนไซม์ และเมื่อจุลินทรีย์โตจนชะลอการเติบโตจึงส่งผลต่อค่าสีของขนมจีน รวมถึงอาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการผลิต การเก็บรักษาหรือจากวัตถุดิบที่ทำให้สีขนมจีนมีการเปลี่ยนแปลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าสีของขนมจีนที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส)

พรีท เมนต์	ค่าสี											
	L*				a*				b*			
	วันที่ 0	วันที่ 3 <sup>ns</sup>	วันที่ 5 <sup>ns</sup>	วันที่ 7	วันที่ 0 <sup>ns</sup>	วันที่ 3	วันที่ 5 <sup>ns</sup>	วันที่ 7	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
สูตรที่ 1	71.45±0.28 <sup>Aa</sup>	71.04±0.58 <sup>A</sup>	71.01±0.50 <sup>AB</sup>	69.54±0.26 <sup>Ba</sup>	-1.58±0.04 <sup>A</sup>	-1.55±0.06 <sup>Ab</sup>	-1.79±0.15 <sup>B</sup>	-1.72±0.09 <sup>Bb</sup>	0.04±0.11 <sup>Cb</sup>	0.58±0.38 <sup>Aa</sup>	1.15±0.05 <sup>Bb</sup>	1.34±0.48 <sup>Ab</sup>
สูตรที่ 2	69.73±0.59 <sup>Bb</sup>	70.77±0.40 <sup>A</sup>	70.75±0.45 <sup>A</sup>	69.46±0.39 <sup>Ba</sup>	-1.55±0.08 <sup>A</sup>	-1.63±0.09 <sup>ABb</sup>	-1.67±0.06 <sup>B</sup>	-1.92±0.10 <sup>Cc</sup>	0.71±0.17 <sup>Ba</sup>	0.80±0.23 <sup>Ab</sup>	0.82±0.29 <sup>Bb</sup>	1.45±0.36 <sup>Ab</sup>
สูตรที่ 3	69.34±0.24 <sup>Bb</sup>	70.74±0.55 <sup>B</sup>	70.82±0.63 <sup>A</sup>	68.01±0.49 <sup>Cb</sup>	-1.61±0.03 <sup>B</sup>	-1.44±0.07 <sup>Aa</sup>	-1.78±0.09 <sup>C</sup>	-1.57±0.70 <sup>Ba</sup>	0.87(±0.18 <sup>Ba</sup>	0.16±0.15 <sup>Ab</sup>	1.59±0.31 <sup>Aa</sup>	2.51±1.02 <sup>Aa</sup>

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

ns ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 4.8 ค่าสีของขนมจีนที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น

ทรีท เมนต์	ค่าสี											
	L*				a*				b*			
	วันที่ 0	วันที่ 3 <sup>ns</sup>	วันที่ 5 <sup>ns</sup>	วันที่ 7 <sup>ns</sup>	วันที่ 0 <sup>ns</sup>	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 5 <sup>ns</sup>	วันที่ 7
สูตรที่ 1	71.45±0.28 <sup>Aa</sup>	70.84±0.81 <sup>AB</sup>	70.35±0.97 <sup>B</sup>	70.90±0.34 <sup>AB</sup>	-1.58±0.04 <sup>AB</sup>	-1.48±0.13 <sup>Aa</sup>	-1.69±0.07 <sup>Bab</sup>	-1.53±0.10 <sup>Aa</sup>	0.04±0.11 <sup>Bb</sup>	0.98±0.26 <sup>Aa</sup>	1.25±0.61 <sup>A</sup>	1.15±0.46 <sup>Ab</sup>
สูตรที่ 2	69.73±0.59 <sup>Bb</sup>	70.66±0.69 <sup>A</sup>	69.71±0.47 <sup>B</sup>	70.36±0.55 <sup>AB</sup>	-1.55±0.08 <sup>A</sup>	-1.72±0.06 <sup>Cb</sup>	-1.60±0.06 <sup>Ba</sup>	-1.65±0.07 <sup>Bb</sup>	0.71±0.17 <sup>nsa</sup>	0.37±0.42 <sup>nsb</sup>	0.83±0.61 <sup>ns</sup>	0.96±0.49 <sup>nst</sup>
สูตรที่ 3	69.34±0.24 <sup>Bb</sup>	70.86±0.58 <sup>A</sup>	70.44±0.76 <sup>A</sup>	70.31±0.85 <sup>A</sup>	-1.61±0.03 <sup>B</sup>	-1.53±0.07 <sup>Aa</sup>	-1.77±0.07 <sup>Cb</sup>	-1.71±0.06 <sup>Cb</sup>	0.87±0.18 <sup>Ca</sup>	0.97±0.34 <sup>Ba</sup>	0.93±0.17 <sup>C</sup>	2.19±0.23 <sup>Aa</sup>

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

ns ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )

a, b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

ns ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )

#### 4.4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของขนมจีน

จากตารางที่ 4.9 ที่การเก็บรักษาขนมจีนที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส) พบว่าหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน ค่าความแข็งของขนมจีนทั้ง 3 สูตรอยู่ในช่วง -5.69 ถึง -3.98 g วันที่ 5 ค่าความแข็งอยู่ในช่วง -5.01 ถึง -3.35 g และหลังการจัดเก็บเป็นระยะเวลา 7 วัน ค่าความแข็งของขนมจีนทั้ง 3 สูตรอยู่ในช่วง 0.76 ถึง 1.57 g ค่าความแข็งของขนมจีนทั้ง 3 สูตร ในระยะเวลาการจัดเก็บที่เท่ากันในวันที่ 3 และ 7 มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) มีเพียงวันที่ 5 ที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) ส่วนค่าแรงเฉือนในวันที่ 3 ทั้งของ 3 สูตร มีค่าอยู่ในช่วง 286.87 ถึง 423.25 g.sec ค่าแรงเฉือนของขนมจีนหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 และ 7 วัน มีค่าแรงเฉือนอยู่ในช่วง 254.34 ถึง 285.13 g.sec และ 288.49 ถึง 381.06 g.sec ตามลำดับ ซึ่งค่าแรงเฉือนของขนมจีนทั้ง 3 สูตร ในวันที่ 5 และ 7 มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) มีเพียงวันที่ 3 ที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) นอกจากนี้ขนมจีนสูตรเดียวกันในระยะเวลาการจัดเก็บต่างกัน พบค่าความแข็งของขนมจีนทั้ง 3 สูตรมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) เมื่อเทียบค่าความแข็งของวันที่ 0 ส่วนค่าแรงเฉือนในสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) มีเพียงสูตรที่ 2 ในระยะเวลาจัดเก็บเดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ )

จากตารางที่ 4.10 ที่การเก็บรักษาขนมจีนที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น หลังทำการเก็บรักษาขนมจีนเป็นระยะเวลาที่ 3 วัน มีค่าความแข็งของขนมจีนของทั้ง 3 สูตร อยู่ในช่วง -4.91 ถึง -4.56 g เมื่อทำการเก็บรักษาที่ 5 วัน มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง -5.12 ถึง -3.70 g และในวันที่ 7 มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 1.42 ถึง 2.09 g เมื่อทำการเก็บรักษาในระยะเวลาที่เท่ากันค่าความแข็งของขนมจีนทั้ง 3 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ในวันที่ 3 และ 7 มีเพียงวันที่ 5 ที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) ส่วนที่ค่าแรงเฉือนของขนมจีนทั้ง 3 สูตร ในวันที่ 3 มีค่าอยู่ในช่วง 274.06 ถึง 338.28 g.sec ในวันที่ 5 มีค่าแรงเฉือนอยู่ในช่วง 282.03 ถึง 364.83 g.sec และเมื่อทำการเก็บรักษาขนมจีนครบในวันที่ 7 ค่าแรงเฉือนของทั้ง 3 สูตร มีค่าอยู่ในช่วง 205.39 ถึง 260.98 g.sec ค่าแรงเฉือนของทั้ง 3 สูตรในระยะเวลาการจัดเก็บที่เท่ากันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) นอกจากนี้ในสูตรเดียวกันที่ระยะเวลาการจัดเก็บต่างกัน ขนมจีนทั้ง 3 สูตร มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) ที่ค่าแรงเฉือนในสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงในวันที่ 7 อย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) ส่วนสูตรที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงในวันที่ 7 อย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ )

จากตารางที่ 4.6 และ 4.7 ระหว่างการเก็บรักษาขนมจีนทั้ง 3 สูตร มีค่าความแข็ง (hardness) เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งของขนมจีนที่ผ่านการแช่เย็นเกิดจากการที่สตาร์ชได้ผ่านการให้ความร้อนและเกิดการพองตัวทำให้น้ำเข้าไปแทรก และเมื่อนำเส้นไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิเย็นจะทำให้โครงสร้างของสตาร์ชจัดเรียงตัวกันแน่นขึ้น ส่งผลให้โมเลกุลของน้ำอิสระถูกบีบออกหรือการแยกตัวของน้ำ ทำให้น้ำในขนมจีนมีความแข็งที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา และเมื่อค่าความแข็งมีค่าเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้ค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย พรพรรณ (2561) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาขนมจีนแปงหมักด้วยกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกผลิตแบบเคเทอริโอซินและประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Bacillus cereus* ที่เป็นเปื้อนในขนมจีน ทำการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ค่าความแข็ง (hardness) ของขนมจีนแปงหมักจากเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3

ทรีทเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ตามระยะเวลาการจัดเก็บรักษา 2 วัน ส่วนค่าที่ได้นั้นจะแตกต่างกัน อาจเป็นเพราะสูตรที่ใช้รวมถึงส่วนผสมในการทำขนมจีนที่แตกต่างกัน การควบคุมมาตรฐานที่อาจยังไม่สม่ำเสมอจึงทำให้คุณภาพของเนื้อสัมผัสได้ค่าแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังรวมถึงอุณหภูมิที่ใช้ทำการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าที่ได้มีความแตกต่างกับตารางที่ 4.9 และ 4.10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมจีนที่เก็บระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส)

ทรีทเม้น	hardness (g)				work of shear (g.sec)			
	วันที่ 0 <sup>ns</sup>	วันที่ 3 <sup>ns</sup>	วันที่ 5	วันที่ 7 <sup>ns</sup>	วันที่ 0 <sup>ns</sup>	วันที่ 3	วันที่ 5 <sup>ns</sup>	วันที่ 7 <sup>ns</sup>
สูตรที่ 1	-3.81±1.24 <sup>B</sup>	-3.98±1.09 <sup>B</sup>	-3.35±1.24 <sup>Ba</sup>	1.57±1.68 <sup>A</sup>	266.09±29.16 <sup>B</sup>	423.25±85.34 <sup>Aa</sup>	285.13±27.76 <sup>B</sup>	381.06±115.50 <sup>Aa</sup>
สูตรที่ 2	-5.26±1.32 <sup>B</sup>	-5.69±1.41 <sup>B</sup>	-4.68±1.51 <sup>Bab</sup>	1.50±1.57 <sup>A</sup>	263.15±37.68 <sup>ns</sup>	308.29±49.58 <sup>nsb</sup>	276.36±34.34 <sup>ns</sup>	303.37±57.87 <sup>nsab</sup>
สูตรที่ 3	-4.47±1.94 <sup>B</sup>	-4.89±2.17 <sup>B</sup>	-5.01±1.20 <sup>Bb</sup>	0.76±1.57 <sup>A</sup>	228.98±37.36 <sup>C</sup>	286.87±70.48 <sup>Bb</sup>	254.34±25.30 <sup>BC</sup>	288.49±42.19 <sup>Bb</sup>

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )

a, b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 4.10 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมจีนที่เก็บระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น

ทรีทเม้น	hardness (g)				work of shear (g.sec)			
	วันที่ 0 <sup>ns</sup>	วันที่ 3 <sup>ns</sup>	วันที่ 5	วันที่ 7 <sup>ns</sup>	วันที่ 0 <sup>ns</sup>	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
สูตรที่ 1	-3.81±1.24 <sup>B</sup>	-4.56±1.70 <sup>B</sup>	-3.70±1.07 <sup>Ba</sup>	2.08±1.34 <sup>A</sup>	266.09±29.16 <sup>B</sup>	338.28±26.24 <sup>Aa</sup>	364.83±30.14 <sup>Aa</sup>	227.39±40.45 <sup>Cab</sup>
สูตรที่ 2	-5.26±1.32 <sup>B</sup>	-4.91±2.05 <sup>B</sup>	-5.12±1.42 <sup>Bb</sup>	2.09±1.17 <sup>A</sup>	263.15±37.68 <sup>ns</sup>	274.06±58.06 <sup>nsb</sup>	282.03±37.82 <sup>nsb</sup>	260.98±59.96 <sup>nsa</sup>
สูตรที่ 3	-4.47±1.94 <sup>B</sup>	-4.71±2.46 <sup>B</sup>	-4.83±1.00 <sup>Bab</sup>	1.42±1.40 <sup>A</sup>	228.98±37.36 <sup>C</sup>	306.47±34.57 <sup>Bab</sup>	333.40±66.58 <sup>Aa</sup>	205.07±39.96 <sup>Cb</sup>

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )

a, b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )

#### 4.4.3 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

จากผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 4.11 และ 4.12 พบว่า ขนมหินทั้ง 3 สูตร มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านความเหนียว และความชอบโดยรวมลดลงหลังผ่านระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนี้ ผู้ทดสอบบางคนให้ความเห็นว่าขนมหินในสูตรที่ 3 เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นเข้าสู่วันที่ 3 ขนมหินมีรสชาติที่ไม่อร่อย และเมื่อทำการเก็บรักษาครบ 7 วัน ขนมหินทุกสูตรเริ่มมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ทั้งนี้ด้วยเพราะวิธีการจัดเก็บเส้นด้วยถุงซิปล็อค ทำให้เมื่อมีการดึงเส้นขนมหินเข้า-ออกเกิดการขาดของเส้น ทำให้เส้นขนมหินมีลักษณะปรากฏที่แตกต่างจากเส้นขนมหินในวันที่ 0 ทำให้มีผลต่อคะแนนความชอบ นอกจากนี้อาการเกิดรีโทรเกรเดชันของสตาร์ช เมื่อยังทำการเก็บเส้นขนมหินไว้ที่อุณหภูมิแช่เย็น และแช่แข็งจะยิ่งเร่งให้เกิดรีโทรเกรเดชันได้เร็วขึ้น ทำให้เส้นที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลาหลายวันทำให้มีเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไป ทำให้คะแนนความชอบลดลงเหลือในระดับเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย จากตารางที่ 4.11 และ 4.12 จะสังเกตเห็นว่าขนมหินในสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบที่ค่อนข้างมากกว่าสูตรที่ 1 และ 2 เนื่องจากขนมหินในสูตรที่ 3 มีการใช้โมดิไฟด์สตาร์ชจากสตาร์ชมันฝรั่ง สตาร์ชมันฝรั่งที่สามารถจับน้ำได้ดีเนื่องจากพองตัวง่ายและมีอุณหภูมิเจลาติไนเซชันต่ำ มีความคงทนต่อที่อุณหภูมิแช่เย็นและแช่แข็งมากกว่า อย่างไรก็ตามขนมหินที่แม้จะดูเสื่อมสภาพไปบ้างเพราะมีการสูญเสียลักษณะเฉพาะตัวหรือลักษณะที่จะทำให้ยอมรับ แต่บางครั้งไม่ได้หมายถึงว่าขนมหินนั้นหมดอายุหรือน่าเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมจิ้นที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ ต่ำเย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส)

วันที่		ทรีทเมนต์		
		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
วันที่ 0	ลักษณะปรากฏ	8.20±0.77 <sup>Aa</sup>	7.65±0.99 <sup>ABb</sup>	7.70±0.92 <sup>Ab</sup>
	สี <sup>ns</sup>	8.30±0.86 <sup>A</sup>	8.00±1.03 <sup>A</sup>	8.25±0.97 <sup>A</sup>
	กลิ่น <sup>ns</sup>	7.75±0.85 <sup>A</sup>	7.25±1.37 <sup>A</sup>	7.40±1.27 <sup>AB</sup>
	รสชาติ <sup>ns</sup>	7.60±1.10 <sup>A</sup>	7.65±1.31 <sup>A</sup>	7.85±1.04 <sup>A</sup>
	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	7.50±1.10 <sup>A</sup>	7.30±1.30 <sup>AB</sup>	7.20±0.89 <sup>A</sup>
	ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup>	8.00±0.73 <sup>A</sup>	7.55±1.05 <sup>A</sup>	7.55±0.89 <sup>A</sup>
วันที่ 3	ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	8.15±0.88 <sup>A</sup>	8.25±1.02 <sup>A</sup>	7.55±1.54 <sup>A</sup>
	สี <sup>ns</sup>	8.25±0.79 <sup>A</sup>	8.05±1.32 <sup>A</sup>	7.75±1.65 <sup>A</sup>
	กลิ่น <sup>ns</sup>	8.30±0.66 <sup>A</sup>	8.05±1.54 <sup>A</sup>	7.75±1.71 <sup>A</sup>
	รสชาติ <sup>ns</sup>	7.65±1.18 <sup>A</sup>	7.60±1.35 <sup>A</sup>	7.15±1.69 <sup>AB</sup>
	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	7.90±1.12 <sup>A</sup>	7.55±1.32 <sup>A</sup>	7.25±1.65 <sup>A</sup>
	ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup>	8.10±0.91 <sup>A</sup>	8.00±1.08 <sup>A</sup>	7.55±1.64 <sup>A</sup>
วันที่ 5	ลักษณะปรากฏ	6.60±1.67 <sup>Bb</sup>	7.40±0.82 <sup>ABa</sup>	7.20±1.20 <sup>Aab</sup>
	สี	6.40±1.23 <sup>Bab</sup>	6.20±1.20 <sup>Bb</sup>	6.60±1.54 <sup>Ba</sup>
	กลิ่น	4.80±1.51 <sup>Bb</sup>	5.00±1.45 <sup>Bb</sup>	6.20±1.77 <sup>Ca</sup>
	รสชาติ <sup>ns</sup>	6.20±2.28 <sup>B</sup>	6.40±1.79 <sup>B</sup>	6.20±2.19 <sup>B</sup>
	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	6.20±1.36 <sup>B</sup>	6.40±1.67 <sup>BC</sup>	6.40±1.05 <sup>B</sup>
	ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup>	6.00±2.15 <sup>B</sup>	6.20±2.38 <sup>B</sup>	6.40±2.39 <sup>AB</sup>
วันที่ 7	ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	6.20±1.99 <sup>B</sup>	6.80±2.09 <sup>B</sup>	6.40±1.05 <sup>B</sup>
	สี <sup>ns</sup>	6.40±1.90 <sup>B</sup>	6.40±1.90 <sup>B</sup>	6.40±1.39 <sup>B</sup>
	กลิ่น	5.40±2.48 <sup>Bb</sup>	5.80±2.55 <sup>Bab</sup>	6.40±2.21 <sup>BCa</sup>
	รสชาติ	6.20±2.19 <sup>Bab</sup>	5.80±2.55 <sup>Bb</sup>	6.60±1.53 <sup>Ba</sup>
	เนื้อสัมผัส	6.00±1.45 <sup>Bb</sup>	6.00±1.59 <sup>Cb</sup>	6.60±1.05 <sup>ABa</sup>
	ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup>	6.00±2.15 <sup>B</sup>	6.00±2.15 <sup>B</sup>	6.20±1.77 <sup>B</sup>

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

a, b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

ns ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมจิ้นที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น

วันที่		ทรีทเมนต์		
		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
วันที่ 0	ลักษณะปรากฏ	8.20±0.77 <sup>Aa</sup>	7.65±0.99 <sup>Ab</sup>	7.70±0.92 <sup>Ab</sup>
	สี <sup>ns</sup>	8.30±0.86 <sup>A</sup>	8.00±1.03 <sup>A</sup>	8.25±0.97 <sup>A</sup>
	กลิ่น <sup>ns</sup>	7.75±0.85 <sup>A</sup>	7.25±1.37 <sup>A</sup>	7.40±1.27 <sup>A</sup>
	รสชาติ <sup>ns</sup>	7.60±1.10 <sup>A</sup>	7.65±1.31 <sup>A</sup>	7.85±1.04 <sup>A</sup>
	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	7.50±1.10 <sup>A</sup>	7.30±1.30 <sup>A</sup>	7.20±0.89 <sup>A</sup>
	ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup>	8.00±0.73 <sup>A</sup>	7.55±1.05 <sup>A</sup>	7.55±0.89 <sup>A</sup>
วันที่ 3	ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	7.20±1.28 <sup>B</sup>	6.70±1.56 <sup>B</sup>	6.60±1.98 <sup>AB</sup>
	สี <sup>ns</sup>	7.75±1.21 <sup>AB</sup>	7.15±1.87 <sup>AB</sup>	7.55±1.82 <sup>AB</sup>
	กลิ่น <sup>ns</sup>	7.60±1.39 <sup>A</sup>	7.40±1.73 <sup>A</sup>	7.80±1.58 <sup>A</sup>
	รสชาติ <sup>ns</sup>	7.25±0.91 <sup>AB</sup>	6.60±1.39 <sup>AB</sup>	6.95±1.88 <sup>AB</sup>
	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	7.20±1.44 <sup>A</sup>	6.45±1.82 <sup>AB</sup>	6.55±2.33 <sup>AB</sup>
	ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup>	7.55±1.15 <sup>A</sup>	6.95±1.70 <sup>AB</sup>	7.40±1.47 <sup>A</sup>
วันที่ 5	ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	5.80±1.51 <sup>Cb</sup>	5.80±1.20 <sup>Bb</sup>	6.20±1.88 <sup>Ba</sup>
	สี	6.00±1.59 <sup>Cb</sup>	5.80±1.64 <sup>Cb</sup>	6.40±1.79 <sup>Ca</sup>
	กลิ่น	6.60±1.90 <sup>Ba</sup>	6.60±2.39 <sup>ABa</sup>	6.00±2.60 <sup>Bb</sup>
	รสชาติ <sup>ns</sup>	6.20±2.19 <sup>B</sup>	6.40±1.23 <sup>B</sup>	6.40±1.79 <sup>B</sup>
	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	5.00±2.15 <sup>Bb</sup>	5.40±1.90 <sup>BCa</sup>	5.60±1.54 <sup>Ba</sup>
	ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup>	6.00±2.05 <sup>B</sup>	6.00±2.15 <sup>BC</sup>	6.00±1.59 <sup>B</sup>
วันที่ 7	ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	7.00±0.92 <sup>Ba</sup>	6.20±1.51 <sup>Bb</sup>	6.60±1.54 <sup>ABc</sup>
	สี	7.00±1.72 <sup>Ba</sup>	6.40±1.23 <sup>BCb</sup>	6.80±1.64 <sup>BCa</sup>
	กลิ่น <sup>ns</sup>	5.60±1.39 <sup>C</sup>	5.80±1.20 <sup>B</sup>	6.00±2.34 <sup>B</sup>
	รสชาติ	6.60±1.90 <sup>ABa</sup>	5.20±2.28 <sup>Cb</sup>	6.60±1.54 <sup>Ba</sup>
	เนื้อสัมผัส	5.80±1.51 <sup>Bb</sup>	5.20±1.77 <sup>Cc</sup>	6.40±1.23 <sup>ABa</sup>
	ความชอบโดยรวม	5.80±1.50 <sup>Bab</sup>	5.40±1.79 <sup>Cb</sup>	6.00±1.72 <sup>Ba</sup>

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

a, b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ ) และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 ลักษณะทางกายภาพของขนมจิ้นที่เก็บในอุณหภูมิต่ำเย็นและอุณหภูมิต่ำแข็ง ในระยะเวลา 7 วัน




จากการเก็บรักษาขนมจิ้นเส้นสดทั้ง 3 สูตร ที่อุณหภูมิต่ำเย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิต่ำแข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น เป็นระยะเวลา 7 วัน ขนมจิ้นทั้ง 3 สูตร มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในด้านกลิ่น และด้านเนื้อสัมผัสของขนมจิ้น แสดงผลดังตารางที่ 4.13

จากตารางที่ 4.13 พบว่า ผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของขนมจิ้น ในวันที่ 0 ขนมจิ้นทั้ง 3 สูตร มีการจัดเรียงเส้น สี กลิ่น ที่เหมือนกัน แต่ในสูตรที่ 1 จะมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวกว่าสูตรที่ 2 และ 3 แต่เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ขนมจิ้นทุกสูตร ทั้ง 2 อุณหภูมิเริ่มมีกลิ่น เส้นมีความอึมน้ำน้อยลง มีการขาดของเส้น ทำให้เมื่อนำเส้นขนมจิ้นไปทำการอุ่นด้วยไมโครเวฟเกิดการละและจับตัวกันเป็นก้อนของเส้น ทั้งนี้เกิดจากการจัดเก็บเส้นด้วยถุงซิปล็อคทำให้เส้นขนมจิ้นไม่จับกันเป็นจับ ไม่มีการเรียงเส้นที่สวยงาม เมื่อทำการหยิบตัวอย่างเส้นขนมจิ้นออกมา ส่งผลให้คุณภาพของเส้นนั้นขาดและเมื่อนำไปอุ่นด้วยไมโครเวฟทำให้เส้นและไม่สวยงาม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ลักษณะทางกายภาพของขนมจีนที่เก็บในอุณหภูมิแช่เย็นและอุณหภูมิแช่แข็ง ในระยะเวลา 7 วัน

ขนมจีนหลังการผลิตเสร็จ (วันที่ 0)			
สูตรที่	ตัวอย่าง		การตรวจสอบ
1		ลักษณะทั่วไป สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส	การจับเป็นเส้นที่ดี มีสีที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน มีสีขาว มันวาว ไม่มีกลิ่นเหม็นแปะ มีกลิ่นออกเปรี้ยว เล็กน้อยตามธรรมชาติของขนมจีน เหนียวนุ่ม ไม่ละ ไม่มีเมือก
2		ลักษณะทั่วไป สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส	การจับเป็นเส้นที่ดี มีสีที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน มีสีขาว มันวาว ไม่มีกลิ่นเหม็นแปะ มีกลิ่นออกเปรี้ยว เล็กน้อยตามธรรมชาติของขนมจีน เหนียวนุ่ม กว่าสูตรที่ 1 ไม่ละ ไม่มีเมือก
3		ลักษณะทั่วไป สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส	การจับเป็นเส้นที่ดี มีเส้นขาดบ้างเล็กน้อย มีสีที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน มีสีขาว มันวาว ไม่มีกลิ่นเหม็นแปะ มีกลิ่นออกเปรี้ยว เล็กน้อยตามธรรมชาติของขนมจีน เหนียวน้อยที่สุดแต่มีความนุ่ม ไม่ละ ไม่มี เมือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลักษณะทางกายภาพของขนมจีนที่เก็บในอุณหภูมิแช่เย็นและอุณหภูมิแช่แข็ง ในระยะเวลา 7 วัน (ต่อ)

สูตรที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส)

วันที่	ตัวอย่าง (หลังทำการให้ความร้อนกับขนมจีนด้วยไมโครเวฟ)	การตรวจสอบ
3		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>ยังคงมีการจับเป็นเส้นที่ดี แต่มีเส้นขาดบ้างเล็กน้อย</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาว มันวาว ตามธรรมชาติของขนมจีน</p> <p>กลิ่น</p> <p>ไม่มีกลิ่นเหม็นบูด</p> <p>ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นยังคงเหนียวนุ่ม ไม่ละ ไม่มีเมือก</p>
5		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>ยังคงมีการจับเป็นเส้นที่ดี แต่มีเส้นขาดบ้างเล็กน้อย</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาว มันวาว ตามธรรมชาติของขนมจีน</p> <p>กลิ่น</p> <p>ไม่มีกลิ่นเหม็นบูด</p> <p>ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นยังคงนุ่ม ไม่ละ ไม่มีเมือก</p>
7		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>มีการขาดของเส้นมากขึ้น และมีการจับตัวกันเป็นก้อน</p> <p>สี</p> <p>มีสีขาว ออกเหลืองเล็กน้อย มีความมันวาวของเส้น</p> <p>กลิ่น</p> <p>เริ่มมีกลิ่นแปลกปลอมเล็กน้อย</p> <p>ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นมีความนุ่ม ไม่ละ</p>




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพของขนมจีนที่เก็บในอุณหภูมิแช่เย็นและอุณหภูมิแช่แข็ง ในระยะเวลา 7 วัน (ต่อ)

สูตรที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส)		
วันที่	ตัวอย่าง (หลังทำการให้ความร้อนกับขนมจีนด้วยไมโครเวฟ)	การตรวจสอบ
3		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>ยังคงมีการจับเป็นเส้นที่ดี แต่มีเส้นขาดบ้างเล็กน้อย</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาว มันวาว ตามธรรมชาติของขนมจีน</p> <p>กลิ่น</p> <p>ไม่มีกลิ่นเหม็นบูด</p> <p>ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นยังคงเหนียวนุ่ม ไม่เละ ไม่มีเมือก</p>
5		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>ยังคงมีการจับเป็นเส้นที่ดี แต่มีเส้นขาดบ้างเล็กน้อย</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาว มันวาว ตามธรรมชาติของขนมจีน</p> <p>กลิ่น</p> <p>ไม่มีกลิ่นเหม็นบูด</p> <p>ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นมีความนุ่ม ไม่เละ ไม่มีเมือก</p>
7		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>มีการขาดของเส้นเป็นชิ้นเล็ก ๆ มีการจับตัวกันเป็นก้อน</p> <p>สี</p> <p>มีสีขาวออกเหลืองเล็กน้อย มีความมันวาวของเส้นน้อยลง</p> <p>กลิ่น</p> <p>เริ่มมีกลิ่นแปลกปลอมเล็กน้อย</p> <p>ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นนุ่ม ไม่เละ</p>




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพของขนมจีนที่เก็บในอุณหภูมิแช่เย็นและอุณหภูมิแช่แข็ง ในระยะเวลา 7 วัน (ต่อ)

สูตรที่ 3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส)		
วันที่	ตัวอย่าง (หลังทำการให้ความร้อนกับขนมจีนด้วยไมโครเวฟ)	การตรวจสอบ
3		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>ยังคงมีการจับเป็นเส้น มีเส้นขาดบ้างเล็กน้อย</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาว มันวาว ตามธรรมชาติของขนมจีน</p> <p>กลิ่น</p> <p>ไม่มีกลิ่นเหม็นบูด</p> <p>ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นมีความนุ่ม ไม่ละ ไม่มีเมือก</p>
5		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>ยังคงมีการจับเป็นเส้นที่ดี แต่มีเส้นขาดบ้างเล็กน้อย</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาว มันวาวเล็กน้อย</p> <p>กลิ่น</p> <p>ไม่มีกลิ่นเหม็นบูด</p> <p>ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นยังคงเหนียวนุ่ม ไม่ละ ไม่มีเมือก</p>
7		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>เส้นมีการจับตัวกันเป็นก้อน มีเส้นขาด</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาว มีความมันวาน้อยลง</p> <p>กลิ่น</p> <p>เริ่มมีกลิ่น</p> <p>ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นนุ่ม ไม่ละ ไม่มีเมือก</p>




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพของขนมจีนที่เก็บในอุณหภูมิแช่เย็นและอุณหภูมิแช่แข็ง ในระยะเวลา 7 วัน (ต่อ)

สูตรที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น		
วันที่	ตัวอย่าง (หลังทำการให้ความร้อนกับขนมจีนด้วยไมโครเวฟ)	การตรวจสอบ
3		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>ยังคงเป็นเส้น มีการขาดของเส้น และมีการจับตัวกันเป็นก้อนของเส้น</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาว มันวาว ตามธรรมชาติของขนมจีน</p> <p>กลิ่น</p> <p>ไม่มีกลิ่นเหม็นบูด</p> <p>ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นมีความนุ่ม ไม่เละ ไม่มีเมือก</p>
5		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>ยังคงเป็นเส้น มีการขาดของเส้น และมีการจับตัวกันเป็นก้อนของเส้น</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาว มันวาว ตามธรรมชาติของขนมจีน</p> <p>กลิ่น</p> <p>ไม่มีกลิ่นเหม็นบูด</p> <p>ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นมีความนุ่ม ไม่เละ ไม่มีเมือก</p>
7		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>มีการขาดของเส้นเป็นชิ้นเล็ก ๆ มีการจับตัวกันเป็นก้อน</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาว มีความมันวาว</p> <p>กลิ่น</p> <p>เริ่มมีกลิ่นเล็กน้อย</p> <p>ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นมีความละ</p>


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพของขนมจีนที่เก็บในอุณหภูมิแช่เย็นและอุณหภูมิแช่แข็ง ในระยะเวลา 7 วัน (ต่อ)

สูตรที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น		
วันที่	ตัวอย่าง (หลังทำการให้ความร้อนกับขนมจีนด้วยไมโครเวฟ)	การตรวจสอบ
3		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>ยังคงเป็นเส้น มีการขาดของเส้น และมีการจับตัวกันเป็นก้อนของเส้นน้อยกว่าสูตรที่ 1</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาว มันวาว ตามธรรมชาติของขนมจีน</p> <p>กลิ่น</p> <p>ไม่มีกลิ่นเหม็นบูด</p> <p>ลักษณะเนื้อ</p> <p>เส้นมีความนุ่ม ไม่เละ ไม่มีเมือก</p> <p>สัมผัส</p>
5		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>ยังคงเป็นเส้น มีการขาดของเส้น และมีการจับตัวกันเป็นก้อนของเส้นน้อยกว่าสูตรที่ 1</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาว มีมันวาวของเส้นน้อยลง</p> <p>กลิ่น</p> <p>ไม่มีกลิ่นเหม็นบูด</p> <p>ลักษณะเนื้อ</p> <p>เส้นมีความนุ่ม ไม่เละ ไม่มีเมือก</p> <p>สัมผัส</p>
7		<p>ลักษณะทั่วไป</p> <p>มีการขาดของเส้น มีการจับตัวกันเป็นก้อน</p> <p>สี</p> <p>เส้นมีสีขาวขุ่น มีความมันวาวน้อยลง</p> <p>กลิ่น</p> <p>เริ่มมีกลิ่น</p> <p>ลักษณะเนื้อ</p> <p>เส้นมีความนุ่ม ไม่เละ ไม่มีเมือก</p> <p>สัมผัส</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพของขนมจีนที่เก็บในอุณหภูมิแช่เย็นและอุณหภูมิแช่แข็ง ในระยะเวลา 7 วัน (ต่อ)

สูตรที่ 3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของผู้เย็น		
วันที่	ตัวอย่าง (หลังทำการให้ความร้อนกับขนมจีนด้วยไมโครเวฟ)	การตรวจสอบ
3		<p>ลักษณะทั่วไป สี</p> <p>มีเส้นขาดเยอะ เส้นจับตัวกันเป็นก้อน เส้นมีสีขาว มันวาว ตามธรรมชาติของขนมจีน</p> <p>กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>ไม่มีกลิ่นเหม็นบูด เส้นมีความนุ่ม ไม่เละ ไม่มีเมือก</p>
5		<p>ลักษณะทั่วไป สี</p> <p>มีเส้นขาดเยอะ เส้นจับตัวกันเป็นก้อน เส้นมีสีเทา มันวาว ตามธรรมชาติของขนมจีน</p> <p>กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>ไม่มีกลิ่นเหม็นบูด เส้นมีความนุ่ม ไม่เละ ไม่มีเมือก</p>
7		<p>ลักษณะทั่วไป สี</p> <p>มีการขาดของเส้น จับตัวกันเป็นก้อน เกือบเป็นเนื้อเดียวกัน</p> <p>กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส</p> <p>เส้นมีสีเทา มันวาวน้อยลง เริ่มมีกลิ่น เส้นมีความละ</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัย ขนมจีนทั้ง 3 สูตร ที่มีการใช้โมดิฟายด์สตาร์ชต่างชนิดกันมีค่า  $a_w$  อยู่ที่ 0.99 ซึ่งขนมจีนเป็นอาหารสดที่สามารถเสื่อมเสียได้ง่ายจึงมีค่า  $a_w$  สูง และมีค่าสีที่ใกล้เคียงกัน เนื้อสัมผัสขนมจีนสูตรที่ 1 มีค่าความแข็ง (hardness) และแรงเฉือน (work of shear) มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส พบว่า สูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ ด้านสี ด้านความเหนียว และความชอบโดยรวมมากที่สุด สูตรที่ 1 มีส่วนผสมของโมดิฟายด์สตาร์ชจากสตาร์ชข้าวโพดที่มีปริมาณอะไมโลสสูงถึง 28% โดยปกติแล้วผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเส้นอย่างขนมจีนมีความต้องการสตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลสสูงกว่า 25% จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมที่จะสามารถนำไปพัฒนาต่อได้มากที่สุด นอกจากนี้ได้มีการเก็บรักษาขนมจีนที่อุณหภูมิแช่เย็น และแช่แข็งเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการเก็บรักษาขนมจีนเส้นสดเพิ่มเติมจากการทดลอง พบว่า ขนมจีนทุกสูตรมีค่าคะแนนความชอบลดลงจากผู้ทดสอบชิมจากช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ไปอยู่ในในระดับเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ข้อมูลจากงานวิจัยนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าขนมจีนเป็นอาหารที่เหมาะสมแก่การบริโภคสด หรือบริโภคทันที ไม่เหมาะสำหรับเก็บในตู้เย็นเป็นระยะเวลา

#### 5.2 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ควรมีการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นกล่องในการจัดเก็บเส้นขนมจีนแทนการใช้ถุงซิปล็อค เพื่อให้เส้นขนมจีนยังสามารถคงสภาพเดิมไว้ และง่ายต่อการหยิบตัวอย่างเส้นขนมจีน
2. ควรมีการใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมากกว่า 20 คน เพื่อให้ผลการทดลองเห็นผลชัดเจนยิ่งขึ้น
3. ควรมีการศึกษาหาโมดิฟายด์สตาร์ชที่เหมาะสมสำหรับการทนต่อความเย็นในการเก็บขนมจีนในตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- นฤตม บุญหลง และศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2525. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลัง เพื่อเป็นอาหาร และอาหารสัตว์. หน้า 62.
- ปราณี วราสวัสดิ์. 2547. การทำขนมจีนจากข้าวกล้องเปรียบเทียบกับขนมจีนเสริมวิตามิน. สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- มผช. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมจีน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [https://tcps.tisi.go.th/pub/Tcps500\\_47.pdf](https://tcps.tisi.go.th/pub/Tcps500_47.pdf). 13 พฤศจิกายน 2565
- วิภาดา มุรินทร์นพมาศ, ตูเวอิสมาแอ ตูเวปัฐ, ตัรมิซีย์ ทิเล. 2552. การผลิตเส้นขนมจีนเสริมไบโอดี. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ศรัลย์ภัทร์ ชำนาญ. (2551). ผลของวัตถุดิบเสีย เวลา และอุณหภูมิการเตรียมน้ำแป้งที่มีต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวสด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ศศิอาภา บุญคง, สุกัญญา เงินประเสริฐ, นัทกาญจน์ มั่นจิตร. การพัฒนาขนมจีนเส้นสดกึ่งสำเร็จรูปรสน้ำเงี้ยวและรสแกงป่า. หน้า 743-750. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 58. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหาร. แป้งดัดแปร/สตาร์ชดัดแปร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworkworksolution.com/wiki/word/0502/modified-starch>. 15 พฤศจิกายน 2565
- ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหาร. รีโทรเกรดชัน. {ออนไลน์}. เข้าถึงได้จาก: <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0591/retrogradation>. 22 พฤษภาคม 2566
- ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหาร. อุณหภูมิที่เกิดเจลลาตินในเซชัน. {ออนไลน์}. เข้าถึงได้จาก: <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1009/gelatinization-temperature>. คำ
- เอกสารนี้แม้ว่ากรณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
22 พฤษภาคม 2566

สารวิทย. วิทยาศาสตร์ของแป้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<https://www.nstda.or.th/sci2pub/science-of-flour/>. 19 พฤษภาคม 2566

สุทธิณี สีสังข์, คุณสมบัติของแป้งที่มีผลต่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. 2563. กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี  
อุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง. หน้า 1-7

สุภรัตน์ ขวนะ, พัชรี ตั้งตระกูล, อรอนงค์ นัยวิกุล, มาลี สุวรรณอัทธ์, ลาวัลย์ ไกรเดช, ปราโมทย์ ศิริโรจน์, พร  
เทพ พัฒนานุรักษ์. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของแป้งขนมจีนในกระบวนการผลิต. หน้า  
417-425. ในการประชุมทางวิชาการของสาขาสิ่งแวดล้อม ครั้งที่29. กรุงเทพฯ :  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุภรัตน์ ขวนะ, พัชรี ตั้งตระกูล, อรอนงค์ นัยวิกุล, มาลี สุวรรณอัทธ์, ลาวัลย์ ไกรเดช, ปราโมทย์ ศิริโรจน์,  
พรเทพ พัฒนานุรักษ์. การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางกายภาพของขนมจีนในกระบวนการผลิต. หน้า  
375-384. ในการประชุมทางวิชาการของสาขาสิ่งแวดล้อม ครั้งที่29. กรุงเทพฯ :  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Cuiping Yi, Hong Zhu, Jinsong Bao, Ke Quan, Ronghua Yang. 2020. The texture of fresh rice  
noodles affected by physicochemical properties and starch fine structure aged of  
paddy. Journal of Food Science and Technology. 130

Mrs wilawan yak Sripukdee. 2013. การผลิตขนมจีนอย่างง่าย. เข้าถึงได้จาก:  
<https://www.gotoknow.org/posts/168877>. 13 พฤศจิกายน 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก. กระบวนการผลิตขนมจีน

### ก.1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งขนมจีน

1. นำแป้งขนมจีน เกลือ โมดิฟายด์สตาร์ช มาตวงในปริมาณ 440 กรัม 4.34 กรัม และ 2.50 กรัม ตามลำดับ

2. นำส่วนผสมทั้งสามอย่างมาผสมให้เข้ากัน

3. นำไปนึ่งเป็นเวลา 5 นาที

4. เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำแป้งออกมาพักให้เย็น

5. เตรียมน้ำ R.O. 250.5 กรัม

6. นำแป้งที่พักไว้มาผสมกับน้ำ แล้วทำการนวดให้เข้ากัน



7. ทำการกรองแป้งโดยใช้ตะแกรงสแตนเลส

8. เตรียมน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



9. เมื่อน้ำเดือดถึงอุณหภูมิที่กำหนด นำแป้งที่กรองได้ตักใส่เครื่องบีบเส้นสแตนเลส



10. ทำการบีบเส้นด้วยแรงคน และทำซ้ำจนแป้งที่เตรียมไว้หมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. รอสเส้นสุกประมาณ 7-9 นาที จากนั้นตักเส้นที่สุกขึ้นมาล้างกับน้ำกรอง 2 ครั้ง
12. นำเส้นที่ได้ไปพักไว้ให้แห้ง
13. ทำการจัดเก็บเส้นใส่ถุงซิปล็อค และแบ่งเก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่กำหนดไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข.

### ขั้นตอนการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ

#### ข.1 ขั้นตอนการเตรียมเส้นขนมจีน เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางกายภาพ

- 1.1. ทำการเตรียมเส้นขนมจีนที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยแบ่งใส่ภาชนะให้ปริมาณเท่า ๆ กัน
- 1.2 หากเป็นขนมจีนที่แช่เย็นและแช่แข็งให้นำขนมจีนไปอุ่นด้วยไมโครเวฟ โดยใช้ไฟอ่อนปานกลาง ระยะเวลา 2 นาที
- 1.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำขนมจีนมาพักไว้ให้หายร้อน และร่อนนำไปทดสอบต่อไป



(ก)

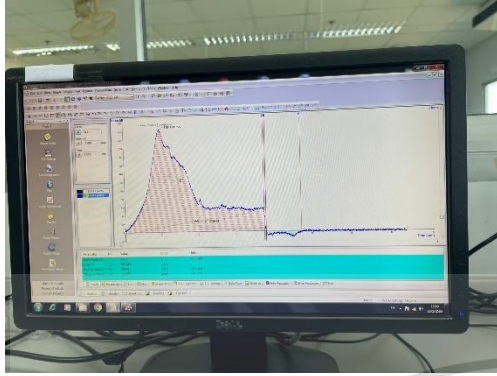
(ข)

ภาพที่ ข.1 ขนมจีนที่ทำการเก็บรักษา (ก) และขนมจีนที่ผ่านการอุ่นด้วยไมโครเวฟ

#### ข.2 วิเคราะห์ค่าทางเนื้อสัมผัสเส้นขนมจีนวันที่ 0 3 5 และ 7 ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิแช่เย็น และอุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น

การวิเคราะห์ค่าความแข็ง (hardness) และแรงเฉือน (work of shear) ของเส้นขนมจีน ตามขั้นตอนของ พรพรรณ พัวไพบูลย์ (2561 : 73-75)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

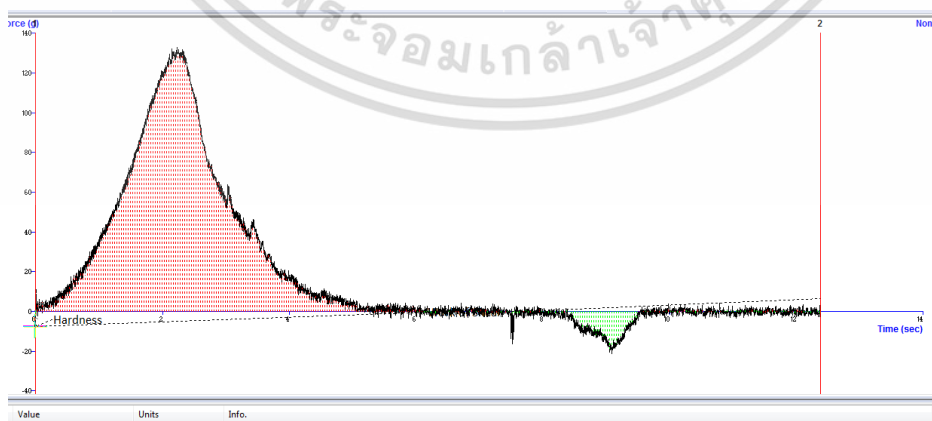


(ก)



(ข)

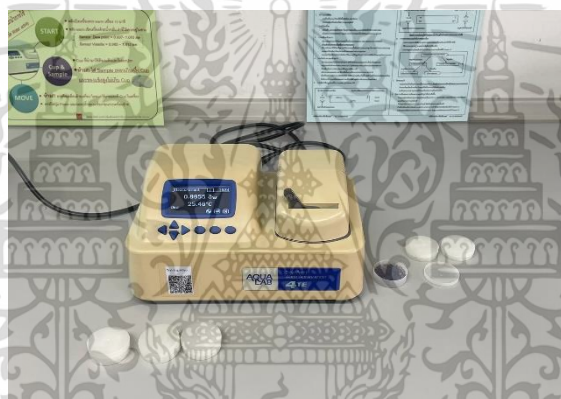
ภาพที่ ข.2 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (ก) และหัววัดแบบไบเมต (ข)



ภาพที่ ข.3 ตัวอย่างกราฟลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นขนมจีน  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข.3 วิเคราะห์ค่า $a_w$ เส้นขนมจีนวันที่ 0 3 5 และ 7 ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิแช่เย็น และ อุณหภูมิแช่แข็งในช่องแช่แข็งของตู้เย็น

- 3.1 ทำการเตรียมเส้นขนมจีนที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยแบ่งใส่ภาชนะให้ปริมาณเท่า ๆ กัน
- 3.2 หากเป็นขนมจีนที่แช่เย็นและแช่แข็ง ให้นำขนมจีนไปเวฟกับไมโครเวฟ โดยใช้ไฟอ่อนปานกลาง ระยะเวลาสองนาที
- 3.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำขนมจีนมาพักไว้ให้หายร้อน หลังจากนั้นนำขนมจีนทำเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ในกระปุก สตรีละจำนวน 3 กระปุก
- 3.4 นำกระปุกเข้าเครื่องวัดค่า  $a_w$  และบันทึกผลที่ได้



ภาพที่ ข.4 เครื่องวัดค่า  $a_w$

### ข.4 วิเคราะห์ค่าสีเส้นขนมจีนวันที่ 0 3 5 และ 7 ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิแช่เย็น และ อุณหภูมิแช่แข็ง

- 2.2.1 ทำการเตรียมเส้นขนมจีนที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยแบ่งใส่ภาชนะให้ปริมาณเท่า ๆ กัน
- 2.2.2 หากเป็นขนมจีนที่แช่เย็นและแช่แข็ง ให้นำขนมจีนไปเวฟกับไมโครเวฟ โดยใช้ไฟอ่อนปานกลางระยะเวลาสองนาที
- 2.2.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำขนมจีนมาพักไว้ให้หายร้อน หลังจากนั้นนำขนมจีนใส่ในภาชนะสีขาว ทำการตรวจวัดค่าสีและบันทึกผล
- 2.2.4 ทำซ้ำสตรีละ 5 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.5 การวัดค่าสี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค.

### แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

#### ค.1 ขั้นตอนการเตรียมเส้นขนมจีน เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ค.1.1 เตรียมตัวอย่างขนมจีนหลังการผลิตเสร็จ เพื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส

1.1.1 ทำการเตรียมเส้นขนมจีนที่อุณหภูมิห้อง โดยแบ่งใส่ภาชนะให้ปริมาณเท่า ๆ กัน ตัวอย่างละ 20 ชุด

1.1.2 รับประทานคู่กับน้ำยากะทิ



1.1.3 หาผู้ประเมินจำนวน 20 คน และให้ผู้ประเมินทำการประเมินด้วยการกรอกฟอร์มแบบสอบถาม

1.1.4 จัดเก็บข้อมูล

ค.1.2 เตรียมตัวอย่างขนมจีนอุณหภูมิแช่เย็น โดยจะนำออกมาทดสอบทางประสาทสัมผัสทุก ๆ วันที่ 3 5 7

1.2.1 ทำการเตรียมเส้นขนมจีนอุณหภูมิแช่เย็น นำตัวอย่างแต่ละตัวอย่างใส่ในภาชนะ

1.2.2 นำไปอุ่นด้วยไมโครเวฟที่ไฟอ่อนปานกลาง เวลา 2 นาที

1.2.3 นำมาแบ่งใส่ภาชนะให้ปริมาณเท่า ๆ กัน ตัวอย่างละ 20 ชุด

1.2.4 รับประทานคู่กับน้ำยากะทิ

1.2.5 หาผู้ประเมินจำนวน 20 คน และให้ผู้ประเมินทำการประเมินด้วยการกรอกฟอร์มแบบสอบถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่าในรูปแบบใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.2.6 จัดเก็บข้อมูล

ค.1.3 เตรียมตัวอย่างขนมจีนอุณหภูมิต่ำ โดยจะนำออกมาทดสอบทางประสาทสัมผัสทุก ๆ

วันที่ 3 5 7

1.3.1 ทำการเตรียมเส้นขนมจีนอุณหภูมิต่ำ นำตัวอย่างแต่ละตัวอย่างใส่ในภาชนะพักไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อทำการละลายให้เส้นขนมจีนกลับมาเป็นเส้นไม่เป็นน้ำแข็ง

1.3.2 ทำตามข้อ 1.2.2 ถึง 1.2.6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

### แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เรื่อง การพัฒนาสูตรการผลิตเส้นขนมจีน (Development of formulation production of rice noodles)

วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาพิจารณา และทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้จากซ้ายไปขวา จากนั้นให้คะแนนความชอบให้ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนกำหนดไว้ด้านล่าง

#### เกณฑ์การประเมิน

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

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	รหัสนี้.....	รหัสนี้.....	รหัสนี้.....
ลักษณะปรากฏ			
สี			
กลิ่น (ไม่มีกลิ่นเหม็นบูดหรือเหม็นเปรี้ยว)			
รสชาติ			
ความเหนียว			
ความชอบโดยรวม			

ข้อแนะนำ :

.....  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	จริยาภรณ์ วงศ์จันทร์แย้ม
วัน เดือน ปี เกิด	6 พฤศจิกายน 2543
สถานที่เกิด	สมุทรสาคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	46/2 หมู่7 ตำบลหลักสาม อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร 74000
ประวัติการศึกษา	ในปีการศึกษา 2558 สำเร็จการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาต้นที่โรงเรียน วัดยกระบัตร์ ในการศึกษา 2561 สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา สายวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ที่โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ สมุทรสาคร เข้าศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ชื่อ-นามสกุล	พิลาสินี แก้วชัตวงศ์หิรัญ
วัน เดือน ปี เกิด	18 พฤษภาคม 2544
สถานที่เกิด	สมุทรสาคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	9/26-28 หมู่1 ตำบลชัยมงคล อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร 74000
ประวัติการศึกษา	ในปีการศึกษา 2558 สำเร็จการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาต้นที่โรงเรียน สมุทรสาครวิทยาลัย ในการศึกษา 2561 สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา สายวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ที่โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย เข้าศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้