การยืดอายุการเก็บรักษาขนมจีนในภาชนะบรรจุร่วมกับสภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันสู่เชิงพาณิชย์เพื่อวิสากิจชุมชนในจังหวัดภาคกลางตอนล่าง

Shelf Life Extension of Kanom Jeen by Using Modified Atmosphere Packaging for Increasing the Competitiveness for Commercial: Case Study of ThapLuang Company

ธนภพ	โสตรโยม
ดวงกมล	ตั้งสถิตพร
ชญาภัทร์	กี่อาริโย
นพพร	สกุลยืนยงสุข
น้อมจิตต์	สุธีบุตร
ชมภูนุช	เผื่อนพิภพ
ดวงรัตน์	แซ่ตั้ง
สาวินี	เพียรชำนาญ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การยืดอายุการเก็บรักษาขนมจีนในภาชนะบรรจุร่วมกับสภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันสู่เชิงพาณิชย์เพื่อวิสากิจชุมชนในจังหวัดภาคกลางตอนล่าง

Shelf Life Extension of Kanom Jeen by Using Modified Atmosphere Packaging for Increasing the Competitiveness for Commercial: Case Study of ThapLuang Company

ธนภพ	โสตรโยม
ดวงกมล	ตั้งสถิตพร
ชญาภัทร์	กี่อาริโย
นพพร	สกุลยืนยงสุข
น้อมจิตต์	สุธีบุตร
ชมภูนุช	เผื่อนพิภพ
ดวงรัตน์	แซ่ตั้ง
สาวินี	เพียรชำนาญ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่องานวิจัย การยืดอายุการเก็บรักษาขนมจีนในภาชนะบรรจุร่วมกับสภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันสู่เชิงพาณิชย์เพื่อวิสากิจชุมชนในจังหวัดภาคกลางตอนล่าง

ชื่อ นามสกุล ดร. ธนภพ โสตรโยม และคณะ

สาขาวิชาและคณะ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

ปี พ.ศ. 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการยืดอายุการเก็บรักษาขนมจีนในภาชนะบรรจุร่วมกับสภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันสู่เชิงพาณิชย์เพื่อวิสากิจชุมชนในจังหวัดภาคกลางตอนล่าง เพื่อศึกษาการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุเส้นขนมจีนแป้งหมัก โดยใช้เทคนิคการบรรจุภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ โดยแบ่งออกเป็น 7 ระดับ ได้แก่ สภาวะปกติ, สุญญากาศ (Vacuum), ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ร้อยละ 100, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 100, ก๊าซไนโตรเจนต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (N_2 : CO_2) ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 60:40, 70:30 และ 80:20 จากนั้นนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาในแต่ละสภาวะตั้งแต่วันที่ 0-15 และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง การวัดค่าสี และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า เส้นขนมจีนที่เก็บในสภาวะดัดแปรสภาวะบรรยากาศมีอายุการเก็บรักษาได้สูงกว่าการเก็บรักษา ที่สภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ (vacuum) ส่วนผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า เส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในทุก ๆ สภาวะการดัดแปรบรรยากาศ มีค่า pH ลดลง เมื่อเวลาผ่านไป โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.31±0.00 ถึง 2.99±0.01 และเส้นขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาที่สภาวะดัดแปรบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 100% โดยบรรจุในถุงพลาสติกสุญญากาศชนิด Nylon/PET ปิดผนึกเก็บที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บได้นานถึง 12 วัน และพบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเมื่ออายุการเก็บนานขึ้นแต่ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.500/2547 ขนมจีน) ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงมีความปลอดภัยและไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ผลการทดสอบผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบและสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ขนมจีนที่ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 100 อยู่ที่ร้อยละ 75

คำสำคัญ : ขนมจีนแป้งหมัก, ขนมจีน, สภาวะดัดแปร

Abstract

The Research Shelf Life Extension of Kanom Jeen by Using Modified Atmosphere Packaging for Increasing the Competitiveness for Commercial: Case Study of Thap Luang Company. Study the use of modified conditions for extending the life of fermented rice noodle By using filling techniques under atmospheric conditions Divided into 7 levels, which are normal conditions, vacuum (vacuum), nitrogen gas (N2) 100 percent, carbon dioxide (CO2) 100 percent, nitrogen gas per carbon dioxide (N2: CO2), all 3 levels, which are 60 percent. : 40, 70:30 and 80:20, then to study the storage life of each condition from 0-15 and compare the physical properties Chemical and microorganisms, such as pH value, color measurement and total number of microorganisms, found that Khanom Jeen noodles stored in modified atmosphere conditions have longer shelf life than those stored. At normal atmospheric conditions and vacuum conditions. Chemical analysis results show that ready-to-consume fermented rice noodle flour in all atmospheric modification conditions decreases pH over time. With values between 4.31 ± 0.00 to 2.99 ± 0.01 and fermented rice noodle flour stored at atmosphere modified with 100% carbon dioxide (CO2) gas, packed in a sealed nylon / PET vacuum plastic bag. Store at room temperature. Can be stored for up to 12 days and found that the total number of microbes increased when the shelf life is longer, but not exceeding the standard of community products (PhorChor. 500/2547 Knmhin) so the products are safe and not harmful to consumers. Consumer test results show that consumers like and are interested in buying Khanom Jeen products that use 100 percent carbon dioxide (CO2) at 75 percent.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การยืดอายุการเก็บรักษาขนมจีนในภาชนะบรรจุร่วมกับสภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันสู่เชิงพาณิชย์เพื่อวิสากิจชุมชนในจังหวัดภาคกลางตอนล่าง คณะผู้จัดทำขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านของคณะเทคโนโลยี คหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการปฏิบัติงาน ทำให้งานสำเร็จไปได้ด้วยดี ขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ประชาชนรอบรั้วมหาวิทยาลัย ที่มีส่วนร่วมในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ให้คำแนะนำและให้กำลังใจเสมอมารวมถึง บริษัทขนมจีนทัพหลวง จำกัด ที่สนับสนุนวัตถุดิบรวมถึงงบประมาณบางส่วน และสิ่งที่ขาดไม่ได้ คือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้งบประมาณรวมทั้งระยะเวลา ให้กับทีมผู้วิจัย หากงานวิจัยนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้ใดก็ตามคณะผู้วิจัย ขอมอบความดีนี้แก่ทุกท่านที่กล่าวมา รวมถึงผู้ให้การช่วยเหลือที่ไม่ได้เอ่ยถึงมา ณ ที่นี้ด้วย

ธนภพ โสตรโยม และคณะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(2)
สารบัญ	(3)
สารบัญตาราง	(5)
สารบัญภาพ	(6)
สารบัญแผนภาพ	(7)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ขนมจีน	3
2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต	4
2.3 กระบวนการผลิตขนมจีน	7
2.4 คุณภาพของขนมจีน	10
2.5 จุลินทรียที่เป็นเกณฑในการชี้วัดสุขลักษณะและจุลินทรียที่กอใหเกิดโรค	12
2.6 ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร	14
2.7 การใชวิธีการปรับสภาพบรรยากาศในการถนอมอาหาร	18
2.8 บทวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	23
3.2 ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค โดยใช้สภาวะดัดแปร	24
3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค	24
3.4 การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส	28
3.5 สถานที่	28
3.6 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง	28

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปราย	
4.1 ศึกษาคุณลักษณะในการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค	29
4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค	31
4.3 ศึกษาการยอมรับสภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค	41
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	48
5.2 ข้อเสนอแนะ	49
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การรับผลิตภัณฑ์ขนมจีนแป้งหมักจากผู้ประกอบการโรงงานผลิตเส้นขนมจีน และการบรรจุขนมจีนในสภาวะดัดแปรบรรยากาศ	53
ภาคผนวก ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมจีน มผช.500/2547	60
ภาคผนวก ค วิเคราะห์องค์ประกอบทางจุลินทรีย์	67
ภาคผนวก ง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพ	72
ภาคผนวก จ แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค	74

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน 5
4.1 คุณลักษณะผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งหมักในสภาวะดัดแปรต่าง 30
4.2 แสดงผลของการบรรจุภายใต้สภาพปรับบรรยากาศต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์ 32
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นขนมจีนแป้งหมักในสภาวะดัดแปรของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% 40
4.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเส้นขนมจีนแป้งหมักในสภาวะดัดแปรของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% 41
4.5 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา 42
4.6 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคเส้นขนมจีนแป้งหมักของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา 43
4.7 ข้อมูลด้านการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา 46

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โมเลกุลของอะไมโลส 4
2.2 โมเลกุลของอะไมโลเพคติน 5
2.3 ปฏิกิริยาของ CO_2 ที่เกิดใน aqueous solution 19
4.1 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปรแบบสุญญากาศ 36
4.2 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปรแบบปกติ 36
4.3 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปร แบบ N_2 80% : CO_2 20% 37
4.4 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปรแบบ N_2 100% 37
4.5 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปร แบบ N_2 60% : CO_2 40% 38
4.6 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปร แบบ N_2 70% : CO_2 30% 38
4.7 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปรแบบ CO_2 100% 39
ก.1 การรับผลิตภัณฑ์ขนมจีนแป้งหมักจากผู้ประกอบการ ณ โรงงานผลิตเส้นขนมจีนทัพหลวง จังหวัดนครปฐม 55
ก.2 บรรยากาศภายในโรงงานผลิตเส้นขนมจีนทัพหลวง จังหวัดนครปฐม 59
ก.3 การบรรจุเส้นขนมจีนแป้งหมักภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปรต่าง ๆ โดยการใช้เครื่องซีลสุญญากาศ (vacuum) และเครื่องมิกซ์ก๊าซในการบรรจุ 60

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่		หน้า
2.1	กระบวนการผลิตขนมจีน	9
3.1	ขั้นตอนการศึกษาการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค	26

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนมจีน เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าว ที่มีผู้นิยมรับประทานกันมากในทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งในกระบวนการผลิตขนมจีนในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ การผลิตขนมจีนแป้งหมัก และการผลิตขนมจีนแป้งสด ซึ่งในการผลิตขนมจีนแป้งหมัก ผู้บริโภคจะมีความชื่นชอบมากกว่าขนมจีนแป้งสด เนื่องจากมีกลิ่นและรสชาติที่ดีกว่า และยังสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า ทั้งนี้ในการผลิตขนมจีนในปัจจุบันมักเกิดปัญหาในกระบวนการผลิตมากมาย เช่น สีของขนมจีนคล้ำ กลิ่นของขนมจีนแรง เส้นเปื่อยยุ่ยและขาดง่าย มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ปะปนอยู่มากมายและปัญหาที่สำคัญคือ ขนมจีนมีอายุการเก็บรักษาสั้น เกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย มีรสเปรี้ยว มีรสชาติที่ผิดปกติ ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (นิตยา,2532)

แต่ในปัจจุบันด้วยวิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลง ผู้คนส่วนมากในเมืองใหญ่ต่างเร่งรีบแข่งกับเวลาในการทำธุระส่วนตัว และหน้าที่การงาน การผจญชีวิตบนท้องถนนส่งผลให้เวลาดูแลเรื่องสุขภาพ และอาหารการกินลดน้อยลงไปด้วย อาหารพร้อมรับประทานหรือ Ready Meal จึงกลายทางเลือกใหม่ที่ตอบโจทย์ด้านความสะดวกสบาย ส่งผลให้อุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว รวมไปถึง ขนมจีนหมักพร้อมบริโภค ซึ่งเป็นอาหารที่หลายคนชื่นชอบ ไม่ว่าจะเป็นเด็ก หรือผู้ใหญ่ตลอดจนผู้สูงอายุ แต่เนื่องด้วยขนมจีนแป้งหมัก เป็นอาหารประเภทหมักจากแป้ง มีกลิ่นหมักเฉพาะตัว และมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น (ปราโมทย์และคณะ,2534) ดังนั้นทางผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษาและทดลองการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการใช้งานของขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค โดยการใช้ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพื่อแทนที่ก๊าซออกซิเจน (O_2) ที่มีอยู่ภายในซองบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่าย

นอกจากนี้รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาขนมจีน ซึ่งทางผู้ศึกษาได้เลือกใช้ถุงบรรจุที่มีพลาสติกชนิด PET เป็นส่วนประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติในการถนอมอาหาร ทนทานต่อการฉีกขาดหรือการกดกกระแทก ซึ่งมีคุณสมบัติในการกันอากาศและความชื้นได้ดี มีความใส-วาว ทนต่ออุณหภูมิได้ทั้งสูง ต่ำ และรักษากลิ่นของอาหาร เพื่อให้สะดวกต่อการรับประทาน มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานยิ่งขึ้น โดยที่คุณภาพยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณลักษณะโดยการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

1.2.2 เพื่อศึกษาการวิเคราะห์คุณสมบัติของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

1.2.3 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การทดลองนี้ใช้สภาวะดัดแปร เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของเส้นขนมจีนแป้งหมักที่วางไว้ในห้องอุณหภูมิปกติ กับแบบบรรจุในถุงสุญญากาศ และเพื่อศึกษาอัตราส่วนของก๊าซไนโตรเจน (N_2) ต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพื่อแทนที่ก๊าซออกซิเจน (O_2) ที่เหมาะสมต่อการใช้ยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค จำนวน 3 ระดับ และทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตลอดจนศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบอัตราส่วนของก๊าซไนโตรเจน (N_2) ต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เหมาะสมต่อการใช้ยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

1.4.2 ทราบวิธีการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคให้มีอายุการเก็บมากกว่า 3 วัน

1.4.3 เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในเชิงพาณิชย์

บทที่ 2

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมจีน

ขนมจีน (Kanomjeen) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นเก่าแก่ของประชาชนชาวไทย บริโภคกันมาช้านานตั้งแต่สมัยอยุธยา และมีการผลิตเพื่อบริโภคในทุกภาคของประเทศ บริโภคแทนข้าวได้ในทุกมื้ออาหาร เป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรม และประเพณีของประชาชนชาวไทย ในทุกงานเทศกาล ตั้งแต่งานบุญ ขึ้นบ้านใหม่ แต่งงาน งานพิธีต่าง ๆ ทำกันในระดับครัวเรือน หมู่บ้านชนบท หรือเป็นอุตสาหกรรมครัวเรือน อุตสาหกรรมขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ (อรอนงค์, 2547) ปัจจุบันขนมจีนมี 3 รูปแบบ (อรอนงค์, 2547) คือ

2.1.1 ขนมจีนแป้งหมัก เป็นขนมจีนที่มีผู้นิยมบริโภคกันมาก ผลิตจากข้าวที่มีการหมักไว้ 2-3 วัน มีเนื้อเหนียวนุ่ม สีเหลืองเล็กน้อย และกลิ่นหมัก การผลิตขนมจีนแป้งหมักมีกรรมวิธี การผลิตเหมือนกับขนมจีนแป้งสด ยกเว้นขั้นตอนการหมักแป้ง คือ ในขั้นตอนนี้จะทำเฉพาะขนมจีนแป้งหมัก โดยทำการหมักน้ำแป้งไว้ 2-3 วัน ใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุงไว้ แป้งที่ได้จากการหมัก มักมีกลิ่นค่อนข้างแรง สามารถกำจัดโดยล้างแป้งด้วยน้ำเกลือเข้มข้น 7-8 % จำนวน 2 ครั้ง โดยใช้น้ำเกลือ 2 เท่า ของปริมาณแป้ง แล้วล้างออกด้วยน้ำ การหมักจะช่วยให้เกิดกลิ่นรสที่ดี เส้นขนมจีนเหนียวนุ่มดีขึ้น และเก็บรักษาได้นานขึ้น แต่ถ้าหมักนานเกินไปขนมจีนจะไม่เหนียว เส้นค่อนข้างเปื่อยง่าย

2.1.2 ขนมจีนแป้งสด เป็นขนมจีนที่ไม่ค่อยมีผู้บริโภคกันมากนัก ผลิตจากแป้งสดไม่ผ่านการหมัก มีเนื้อค่อนข้างขาว กระด้าง ไม่มีกลิ่นหมัก

2.1.3 ขนมจีนแห้งกึ่งสำเร็จรูป ผลิตโดยการทำความสะอาด ปลายข้าวหรือเมล็ดข้าวแช่และหมักข้าว บดพร้อมน้ำ กรองแยกแป้ง นึ่งให้สุก นำมานวดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดเส้นให้ได้ขนาดของเส้นประมาณ 1.3 มิลลิเมตร ตัด และจัดรูปเส้นอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน ได้เส้นขนมจีนที่สามารถขึ้นรูปด้วยการต้มภายใน 5-10 นาที

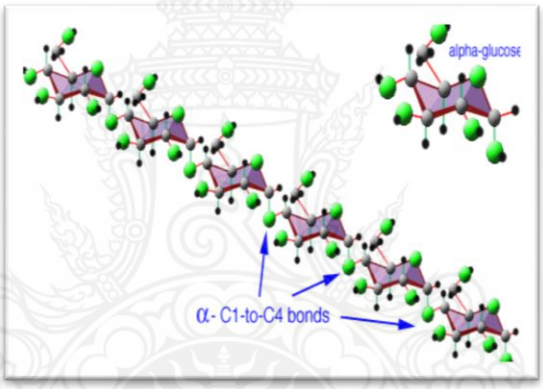
2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

2.2.1 ข้าว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. มีองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะที่แตกต่างกันมาก เมื่อเปรียบเทียบกับธัญชาติชนิดอื่น ๆ (อรอนงค์, 2547) ลักษณะทั่วไปของโครงสร้างเมล็ดข้าวประกอบด้วยเปลือกหุ้มผล เปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อเมล็ด และคัพภะ ในส่วนของเนื้อเมล็ดมีปริมาณมากที่สุด เมื่อผ่านกระบวนการขัดสีเอาเปลือกออก ได้เมล็ดสีขาว เรียกว่า ข้าวสาร

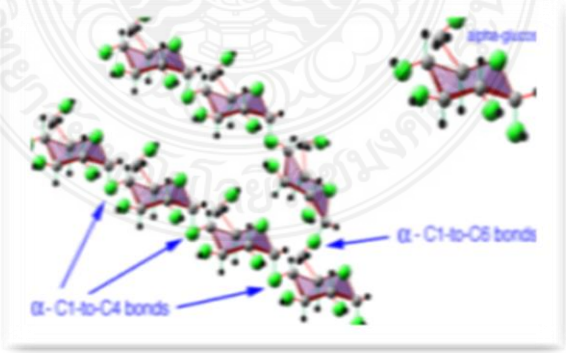
ซึ่งประกอบด้วยสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก คือมีอยู่ประมาณร้อยละ 90 สะสมอยู่ในรูปเม็ดสตาร์ช (Starch granule) เม็ดสตาร์ชข้าวมีขนาดเล็กที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดสตาร์ชจากธัญชาติชนิดอื่น (อรอนงค์, 2547) คือมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-6 ไมโครเมตร มีรูปร่างหลายเหลี่ยมและมีการเกาะตัวกัน (Compound starch) (Juliano, 1972) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีภายในข้าวมีความสำคัญต่อคุณภาพของขนมจีน ดังนี้

2.2.1.1 ปริมาณอะไมโลส

ในเมล็ดข้าวสารมีสตาร์ชประมาณร้อยละ 90 โดยน้ำหนัก อยู่ในรูปเม็ดสตาร์ชภายในเม็ดประกอบด้วยโมเลกุล 2 ชนิด คือ อะไมโลสเกิดจากโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสต่อกันด้วยพันธะ α-1, 4 กลูโคซิดิกเป็นสายยาว มีกิ่งน้อยมาก (ภาพที่ 1) และอะไมโลเพคตินเกิดจากโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสต่อกันด้วยพันธะ α-1, 4 กลูโคซิดิก เป็นสายยาว มีกิ่งที่เชื่อมต่อด้วยพันธะ α-1, 6 กลูโคซิดิก (ภาพที่ 2) ทั้งสองจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบในเม็ดสตาร์ช (อรอนงค์, 2547)



ภาพที่ 2.1 โมเลกุลของอะไมโลส
ที่มา : Blamire (2004)



ภาพที่ 2.2 โมเลกุลของอะไมโลเพคติน
ที่มา : Blamire (2004)

ข้าวที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ประเภทนี้คือ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง เนื่องจากหลังจากที่แป้งสุกตามกระบวนการผลิต และทำให้เย็นลง แป้งสุกเกิดภาวะการคืนรูปและจับตัว เชื่อมต่อกันเป็นแผ่นมีลักษณะเหนียวหยุ่น ไม่แฉะติดกัน (งามชื่น, 2541) โดยสมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินมีความแตกต่างกันแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

สมบัติ	อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
ลักษณะโครงสร้าง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นเส้นตรง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นเส้นกิ่ง
พันธะที่จับ	แอลฟา-(1,4)	แอลฟา-(1,4) และแอลฟา-(1,6)
ขนาด	200-2,000 หน่วยกลูโคส	มากกว่า 10,000 หน่วยกลูโคส
การละลาย	ละลายน้ำได้น้อย	ละลายน้ำได้ดี
การทำปฏิกิริยากับไอโอดีน	สีน้ำเงิน	สีม่วงแดง
การจับตัว	เมื่อให้ความร้อนแล้วทิ้งไว้ เกิดการจับตัวเป็นวุ้น และแผ่นแข็ง	ไม่จับตัวเป็นแผ่นแข็ง

ที่มา : Juliano (1971)

2.2.1.2 โปรตีน

โปรตีนเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ปริมาณมากเป็นอันดับที่สองรองจากสตาร์ชปริมาณโปรตีน มีความแตกต่างกันตามพันธุ์ข้าว และสามารถแบ่งตามความสามารถในการละลายได้เป็น แอลบูมิน (albumin) ซึ่งละลายได้ในน้ำ โกลบูลิน (globulin) ละลายได้ในเกลือ โปรลามิน (prolamin) ละลายได้ในแอลกอฮอล์ และกลูเทลิน (glutelin) หรือออริซานิล (oryzenin) ละลายได้ในสารละลายที่มีความเป็นกรดเบสต่ำกว่า 3 และสูงกว่า 10 โปรตีนส่วนใหญ่ของข้าว คือ ออริซานิล มีอยู่ในปริมาณร้อยละ 80 ของโปรตีนทั้งหมด และโปรตีนในข้าวมีไลซีน (lysine) ซึ่งเป็นกรดแอมิโนจำเป็น (essential amino acid) ในปริมาณมากที่สุด ไลซีนมีอยู่มากในส่วนของแอลบูมิน (albumin) รองลงไปคือ ในส่วนของออริซานิล (Juliano, 1972) โปรตีนเกาะอยู่ บริเวณผิวของเม็ดสตาร์ช ทำให้เกิดประจุอยู่บนพื้นผิวเม็ดสตาร์ช มีผลต่อการกระจายตัว ส่งผลให้อัตราการพองตัวและอัตราการเกิดเจลาทิไนซ์เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้น (maillard reaction) ระหว่างการทำปฏิกิริยาของกรดแอมิโนกับน้ำตาลรีดิวซิ่ง สี และกลิ่นรส ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป (อรอนงค์, 2547)

2.2.1.3 ไขมัน

ไขมันที่อยู่ภายในเม็ดสตาร์ชส่งผลต่อลักษณะของสตาร์ช โดยลดความสามารถในการพองตัว การละลาย และการจับตัวของน้ำกับสตาร์ช เมื่อแป้งเกิดเจลาทิไนซ์ไขมันรวมตัวกับอะไมโลส หรือรวมตัวกับสารประกอบเชิงซ้อนเฉื่อย ทำให้มีลักษณะทึบแสงหรือขุ่น ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของขนมจีน นอกจากนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งอยู่บริเวณพื้นผิวเม็ดสตาร์ชยังทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เนื่องมาจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่สำหรับไขมันที่รวมตัวเชิงซ้อนกับอะไมโลสไม่ก่อให้เกิดกลิ่น เนื่องจากสามารถต้านทานการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ (อรอนงค์, 2547)

2.2.2 น้ำ มีความสำคัญมากในขั้นตอนการผลิต เป็นตัวช่วยให้แป้งเกิดเจลาทิไนซ์ และทำให้เกิดลักษณะที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ น้ำที่ไม่สะอาดส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีในผลิตภัณฑ์โดยทำให้ขนมจีนมีสีคล้ำมากขึ้น ดังนั้นน้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำสะอาดมีความกระด้างต่ำ ไม่มีสารแขวนลอย (ณรงค์, 2538)

2.2.3 เกลือ นิยมใช้เกลือเม็ดสีขาว สะอาด เพื่อใช้ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักแป้ง ไม่ทำให้แป้งเกิดรส และกลิ่นเหม็นเปรี้ยวจนเกินไป (ณรงค์, 2538)

2.3 กระบวนการผลิตขนมจีน

กระบวนการผลิตขนมจีน แตกต่างไปตามแต่ละท้องถิ่น โดยมีหลักการที่คล้ายคลึงกันดังนี้ (อรอนงค์, 2547)

2.3.1 การทำความสะอาด เป็นการกำจัดเอาสิ่งสกปรกออกจากเมล็ดข้าว เช่น กรวด หินทราย การทำความสะอาดข้าว มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการโม่

2.3.2 การหมักข้าว ในระดับพื้นบ้าน มีการแช่ข้าวในน้ำ ประมาณ 2-3 วัน เพื่อให้เกิดการหมักของจุลินทรีย์ ทำให้เส้นขนมจีนมีความเหนียวนุ่มมากยิ่งขึ้น มีกลิ่นหมักแป้งในขั้นตอนการผลิตขนมจีนแบบหมักต้องควบคุมอุณหภูมิของข้าวระหว่างกระบวนการหมักให้อยู่ระหว่าง 34-40 องศาเซลเซียส โดยการล้างข้าวทุกวันเพื่อลดอุณหภูมิ และจุลินทรีย์ของการหมักลงไม่ให้เกิดการบูดเน่า และการล้างข้าวเป็นการควบคุมความเป็นกรด-เบสของข้าวระหว่างการหมักให้อยู่ระหว่าง 3.3-4.5

2.3.3 การโม่ และการกำจัดน้ำออกจากแป้ง ใช้โม่หินในการโม่ และใช้เครื่องกรองแบบใช้ความดันในการกำจัดน้ำ ในระดับพื้นบ้าน การกำจัดน้ำเรียกว่า ทับน้ำ โดยนำน้ำแป้งบรรจุในถุงผ้า เช่น ถุงผ้าดิบ และใช้ของหนักทับค้างคืนไว้ อุณหภูมิของแป้งทับน้ำแล้วประมาณ 27-30 องศาเซลเซียส แป้งที่กำจัดน้ำออกแล้วมีลักษณะเป็นก้อน มีความชื้นประมาณร้อยละ 35-40 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับน้ำหนัก และเวลาที่ใช้ทับน้ำด้วย

2.3.4 การตีผสม และการต้มแป้ง หรือการนึ่งแป้งเป็นการทำให้แป้งสุกบางส่วน มีกรรมวิธีโดยปั้นแป้งเป็นก้อนให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20-25 เซนติเมตร แต่ถ้าเป็นการทำในโรงงาน นิยมใช้วิธีนึ่งแป้งแทนการต้ม ใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง หรือให้แป้งสุกบางส่วนคือ ให้แป้งสุกเข้าไปประมาณร้อยละ 27-37 ของก้อนแป้งทั้งหมด ไม่ควรให้แป้งสุกมากเกินไป เพราะแป้งอาจเหนียวมากจนยากต่อการโรยเป็นเส้น

2.3.5 การนวดแป้ง เป็นการนำเอาก้อนแป้งที่ต้มหรือนึ่งให้สุกบางส่วนมานวดให้ส่วนที่สุกประสานกับส่วนดิบเป็นเนื้อเดียวกัน ในขณะนวดมีการผสมน้ำให้แป้งมีความชื้นประมาณร้อยละ 47-50 เพื่อช่วยในการนวด

2.3.6 การกรองแป้ง แป้งที่นวดเสร็จแล้ว นำมากรองเพื่อกำจัดแป้งสุกที่จับตัวเป็นก้อนที่ไม่สามารถนวดให้แตกได้ เพื่อขจัดปัญหาการอุดตันขณะโรยเส้นและทำให้ได้เส้นขนมจีนที่เรียบสม่ำเสมอ ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กนิยมใช้ผ้าขาวบางเย็บเป็นถุงกรอง สำหรับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่อาจมีเครื่องกรองแบบใช้ความดัน

2.3.7 การโรยเส้น ถ้าเป็นการผลิตแบบพื้นบ้านมักใช้หน้าแว่นหรือเฝือน และกระบอกอัดขนมจีน แว่นมีลักษณะเป็นแผ่นโลหะกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 นิ้ว เจาะรูเล็ก ๆ ตามขนาดที่ต้องการ ติดกับถุงผ้า โดยนำผ้าดิบขนาด 40x40 เซนติเมตร มาเจาะรูตรงกลางให้มีขนาดเล็กกว่าหน้าแว่นเล็กน้อย เอาหน้าแว่นใส่ตรงกลางที่เจาะรูไว้ ใช้เข็มเย็บขอบให้ติดกับผ้าและต้องให้แน่น เมื่อใส่แป้งลงในหน้าแว่นแล้วต้องรวบชายผ้าเข้าหากัน ใช้มือหนึ่งบีบแป้งให้ผ่านรูหน้าแว่นลงไปในน้ำร้อน เคลื่อนมือไปรอบ ๆ กระทะให้เป็นวงกลม พยายามรักษาระยะหน้าแว่นกับกระทะไว้ให้คงที่ และพยายามอย่าให้เส้นขาด กระทะที่ใช้ต้มขนมจีนต้องมีขนาดใหญ่พอ มิฉะนั้นน้ำร้อนที่ใช้ต้มจะลดอุณหภูมิ เร็วเกินไปทำให้เส้นไม่สุกและไม่เหนียว ไม่ควรโรยเส้นมากเกินไป รักษาระดับอุณหภูมิของน้ำ ไว้ที่ 90-95 องศาเซลเซียส

2.3.8 การทำให้เย็น และการจับเส้น เมื่อตักเส้นขนมจีนออกแล้วนำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิต่ำ ลง ซึ่งทำให้เส้นหยุดการดูดน้ำมิฉะนั้นเส้นจะเปียก ควรเปลี่ยนน้ำล้างบ่อย ๆ เพื่อรักษาอุณหภูมิของน้ำอย่าให้สูงเกินไป และในขณะเส้นเย็นตัวลงจะมีการจับเส้นเป็นจับๆ การจับเส้นทำโดยใช้มือขวารวบจับเส้นขนมจีนที่อยู่ในน้ำให้มีปริมาณพอเหมาะปลายข้างหนึ่งของขนมจีนให้อยู่บนฝ่ามือซ้าย แล้วพาดเส้นอ้อมนิ้วชี้ที่งอตั้งฉากรับเส้นอยู่พันเป็นวงกลม จนหมดความยาวของเส้น ในขณะพันเส้นรอบนิ้วพยายามให้เส้นเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบบนฝ่ามือ จากนั้นวางเส้นในภาชนะที่โปร่ง น้ำผ่านออกได้สะดวกเพื่อให้เส้นแห้งและหดตัว เส้นจะแห้งและเหนียวขึ้น และจับตัวกันเป็นก้อน

แผนภาพที่ 2.1 กระบวนการผลิตขนมจีน
ที่มา : ภควัฒน์ (2547)

2.4 คุณภาพของขนมจีน

ขนมจีนที่มีคุณภาพดีควรจะมีสีขาว เส้นเหนียว ไม่เละ ไม่มีกลิ่นกรด ไม่มีรสเปรี้ยว และสามารถเก็บไว้ได้นานพอสมควร (อรพิน, 2533) นักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาคุณภาพของขนมจีนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.4.1 คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี

พัชรีและคณะ (2534) ได้ศึกษาถึงคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของข้าวหักที่ใช้ในการทำขนมจีน โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวหักหลายพันธุ์มาตรวจสอบคุณลักษณะทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า เยื่อใย โปรตีน ไขมัน สตาร์ช และปริมาณอะไมโลส ซึ่งจากการทดลองสรุปได้ว่าข้าวที่ใช้ในการทำขนมจีนควรมีองค์ประกอบทางเคมีโดยน้ำหนักแห้งคือ ความชื้น 9.57-14.88 % เถ้า 0.26-0.66 % เยื่อใย 0.33-1.79 % โปรตีน 5.99-8.96 % ไขมัน 0.40-1.74 % สตาร์ช 87.49-92.06 % และอะไมโลส 27.25-33.33 % โดยมีความหนืดข้นของแป้งข้าวอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงสูง มีความคงตัวและการคืนตัวของน้ำแป้งสูง ซึ่งจะทำให้เส้นขนมจีนที่ได้เหนียวนุ่มมีความคงตัวดี

อรอนงค์และคณะ (2534) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางกายภาพของขนมจีนในกระบวนการผลิตโดยทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบในแต่ละขั้นตอนการผลิตขนมจีนพบว่า ขนมจีนจะเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิต่ำเพียง 45 องศาเซลเซียส ในขณะที่ข้าวหักเกิดเจลที่อุณหภูมิ 74 องศาเซลเซียส ความหนืดข้นของขนมจีนที่ 50 องศาเซลเซียส จะมีค่าสูงกว่า 100 B.U. ใกล้เคียงกับข้าวหัก ในขั้นตอนการทำขนมจีนพบว่าขั้นตอนการหมักข้าวจะทำให้ลักษณะความข้นหนืดลดลง แต่เมื่อบดและทับน้ำแล้วจะทำให้ความข้นหนืดใกล้เคียงกับข้าวหักและเมื่อนวดแป้งนึ่งให้เข้ากันพร้อมกับเติมน้ำอุ่นให้พอเหมาะจะทำให้ลักษณะความข้นหนืดลดลงต่ำสุดและลักษณะความข้นหนืดระหว่างการใช้ข้าวหักเก่าและข้าวหักใหม่พันธุ์เดียวกัน ปรากฏว่าความข้นหนืดของแป้งก่อนโรยเส้น ข้าวใหม่จะต่ำกว่าข้าวเก่า ความสัมพันธ์ของสีขนมจีนและค่า pH ของน้ำที่ใช้พบว่า น้ำที่มี pH 6.4 จะให้ขนมจีนที่มีสีปกติขาวออกเหลือง ถ้ามากกว่า 7.4 จะให้ขนมจีนมีสีออกเขียว ถ้าต่ำกว่า 5.5 จะให้ขนมจีนที่มีสีออกแดง

2.4.2 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

ปราโมทย์ และคณะ (2534) ได้ศึกษาจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตขนมจีนแป้งหมักพบว่าเป็นจุลินทรีย์จากธรรมชาติ ซึ่งอาจติดมากับวัตถุดิบ ได้แก่ ปลายข้าว น้ำ เครื่องมือ ภาชนะบรรจุ เช่น ใบตอง ถุงพลาสติก ฯลฯ ซึ่งจากการทดลองพบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่นับได้ในขั้นต้นจะเป็นจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในข้าวและน้ำที่ใช้แช่ข้าว และมีการเจริญของยีสต์รวมอยู่ด้วย ต่อมาจะลด

จำนวนลง สำหรับปริมาณกรดและค่า pH มีความสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นด้วยดังกล่าว ปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในขณะที่ pH ลดลง

ลาวัลย์ และคณะ (ม.ป.ป.) ได้ศึกษาถึงชนิดของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องหรือพบในการผลิตขนมจีน โดยเฉพาะพวกที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ เช่น พวกจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เราสามารถพัฒนากระบวนการผลิตขนมจีน เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากจุลินทรีย์และเพื่อทำให้ขนมจีนที่มีคุณภาพดี และปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค โดยทำการเก็บตัวอย่างขนมจีนจากขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิตขนมจีนจากแหล่งต่าง ๆ มาทำการนับจำนวนแล้วแยกเชื้อให้บริสุทธิ์และศึกษาชนิดของจุลินทรีย์ ซึ่งในขั้นแรกนี้สามารถแยกได้เชื้อ 229 สายพันธุ์ ในจำนวนนี้พบว่ามี 70 สายพันธุ์ ที่ มีคุณสมบัติในการสร้างสารยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิดอื่นได้ โดยสังเกตจาก Clear zone เมื่อทำการตรวจสอบกับTest Microorganism คือ *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* และ *Escherichia coli* และศึกษาต่อไปว่าสารที่แบคทีเรียสายพันธุ์ดังกล่าวสร้างขึ้นมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคบางชนิดได้หรือไม่ พบว่า 29 สายพันธุ์สามารถยับยั้ง การเจริญของ *Salmonella typhimurium* ได้ด้วย

นิตยา (2532) ได้ทำการศึกษาจุลินทรีย์ในการผลิตขนมจีนแป้งหมัก พบว่าในการผลิตขนมจีนแป้งหมักจะมีจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการหมักข้าว การนอนน้ำแป้งและทับน้ำแป้งโดยจุลินทรีย์ที่พบในขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำขนมจีนแป้งหมักเป็นพวกบาซิลลัส ได้แก่ *Bacillus Subtilis* และ *B. cereus var thuringiensis* พวกแลคติกได้แก่ *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus casei, Streptococcus avium* และ *S.lactis* ยีสต์ได้แก่ *Pichia farinose, P.terricola* และ *Trichosporon cutaneum* และเชื้อราได้แก่ *Rhizopus sp.*

2.5 จุลินทรียที่เป็นเกณฑในการชี้วัดสุขลักษณะและจุลินทรียที่กอใหเกิดโรค

เชื้อจุลินทรียที่ทำใหอาหารเนาเสีย (Spoilage microorganism) และเชื้อจุลินทรียที่ทำใหอาหารเป็นพิษ (Pathogenic microorganism) เป็นเชื้อจุลินทรียที่มีความสำคัญและเกี่ยวของกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งสามารถสังเกตอาหารเนาเสียได้จากกลิ่น สีที่ผิดปกติ การมีฟองอากาศหรือมีเมือก เป็นต้น สวนอาหารที่เป็นพิษอาจจะไม่แสดงการเนาเสียก็ได้ ซึ่งเป็นอันตรายมาก เนื่องจากผู้บริโภคไม่สามารถสังเกตได้จากลักษณะภายนอก จนกระทั่งเกิดอาการเจ็บป่วยหลังจากบริโภคอาหารนั้น ๆ การปนเปื้อนในอาหารจากแหล่งต่าง ๆ เชน การปนเปื้อนจากเครื่องมือที่ใชในการผลิต การขนสง การบรรจุหีบหอ และจากผู้ประกอบการ สงผลใหมีการปนเปอนของจุลินทรียกอโรครวมไปถึงเชื้อจุลินทรียที่เป็นสาเหตุทำใหอาหารเนาเสีย นอกจากนี้อาจมีการปนเปื้อน

จากดิน น้ำ น้ำเสีย และสัตว ซึ่งจะทำใหจุลินทรียเพิ่มขึ้นไปอีก และถาสิ่งแวดลอมเหมาะสมตอการเจริญก็จะมีการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย

2.5.1 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus เป็นแบคทีเรียรูปรางกลม มักพบเป็นคูเกาะกันด้วยสายสั้นๆ เป็นกิ่งหรือเป็นลักษณะพวงองุน เป็นแบคทีเรียแกรมบวก บางสายพันธุสามารถสร้างสารพิษที่เป็นโปรตีนที่มี น้ำหนักโมเลกุลต่ำ ซึ่งทนต่อความร้อนได้ดี และเป็นสาเหตุใหเกิดอาการเจ็บป่วยในมนุษย์ เจริญได้ดี ในสภาพที่มีอากาศแต่เจริญได้บ้างแม้ไม่มีอากาศ (Facultative anaerobic) ซึ่งโรคอาหารเป็นพิษจากเชื้อ *Staphylococcus* มีชื่อเรียกคือ Staphyloenterotoxicosis , Staphylorenterotoxemia ทำให้ผู้ป่วยอาเจียนรุนแรง วิงเวียน ปวดทอง ถ่ายเป็นน้ำและท้องเสียอย่างรุนแรง บางชนิดสามารถทนเกลือและ สามารถเจริญได้ ในสภาพที่มีน้ำน้อยได้ดี (a_w ต่ำถึง 0.86) (Jay, 1992; Borgeois และ Leveau, 1995)

เชื้อดังกล่าวจะมีชีวิตอยู่ในอากาศฝุ่นละออง ขยะมูลฝอย น้ำ อาหารและนม หรืออาหารบรรจุเสร็จ สภาวะแวดลอมภายนอก มนุษย์และสัตว ซึ่งมนุษย์และสัตวนั้นเป็นแหล่งปฐมภูมิของเชื้อชนิดนี้โดยจะพบอยู่ตามทางเดินหายใจ ลำคอ หรือเสนผมและผิวหนังถึงร้อยละ 50 หรือมากกวานี้ในคนที่มีสุขภาพดี และอาจพบเชื้อชนิดนี้ในผู้ที่สัมผัสโดยตรงกับผู้ป่วยหรือผู้ที่สัมผัสกับสภาพแวดลอมในโรงพยาบาล ตลอดจนผู้ประกอบอาหาร รวมทั้งในขั้นตอนของการบรรจุและสภาพแวดลอมภายนอก นั้นก็เป็นสาเหตุสวนใหญ่ที่ทำใหเกิดการปนเปื้อน สิ่งที่ตองคำนึงถึงอีกอย่างหนึ่งก็คือ การเก็บอาหาร ไวในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมอย่างรวดเร็ว การตรวจสอบอาหารโดยทั่วไปควรมีการตรวจสอบหาความเป็นพิษจาก *Staphylococcus aureus* อยู่เป็นประจำ เชน เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ สัตวปีกและผลิตภัณฑ์จากไข อาหารประเภทสลัดเชน ไข ทูนา เนื้อไก มันฝรั่งและมักกะโรนี ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ครีมพาย เอแคลร ช็อกโกแลต แซนวิช และผลิตภัณฑ์นม สิ่งสำคัญที่ตองคำนึงถึงในระหว่างการเตรียมอาหารนั้นก็คือ การเก็บอาหารที่เตรียมเสร็จแลวไวในที่ที่มีอุณหภูมิสูงเป็นสาเหตุใหมีการเพิ่มจำนวนเชื้ออย่างรวดเร็ว ซึ่งกรณีดังกล่าวเป็นกรณีที่พบได้บ่อยในการเกิดอาหารเป็นพิษจากเชื้อ *Staphylococcus aureus* (Fosrstyhe , 2000)

2.5.2 *Escherichia coli*

แบคทีเรีย *Escherichia coli* นั้นเป็นจุลินทรียที่มีอยู่ตามธรรมชาติในลำไส้ใหญ่ของสัตวและมนุษย์ พบได้ในอุจจาระและเป็นจุลินทรียในกลุมโคลิฟอรมที่จะบงชี้วาอาหารมีการสุขาภิบาลที่ดีเพียงพอ หรือไม่แบคทีเรียชนิดนี้มีประโยชนตอระบบขับถ่ายของร่างกาย คือ ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ที่เป็นโทษต่อร่างกาย มีเพียงไม่กี่สายพันธุของ *Escherichia coli* เทานั้นที่เป็นโทษต่อมนุษย์ สายพันธุ *Escherichia coli* O157: H7 เป็นหนึ่งในจำนวนนั้น โดยมันจะสร้างสารพิษที่มี

ผลทำให้เกิดการระคายเคืองเยื่อบุผนังลำไส้ เนื่องจากสามารถสร้างสารพิษที่คล้ายคลึงกับสารพิษที่สร้างโดย Shigella เรียกวา shiga-like toxinหรือ verotoxin (VT) ซึ่งมี 2 ชนิด คือ ชนิด I และ II

อาการของโรคระยะแรกจะไม่รุนแรงมากนัก แต่หากผู้ป่วยอ่อนแอหรือมีภูมิคุ้มกันต่ำ เชน เด็กอ่อน คนชรา และผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพรอง ทำให้อาการของโรครุนแรงได้ อาการของโรคชนิดนี้คือ อาการทองเสีย ปวดทอง เป็นตะคริวในชองทอง อุจจาระมีลักษณะคล้ายน้ำซาวข้าว บางครั้งมีลิ่มเลือดออกมาด้วย มีการอาเจียนในบางครั้งและมีไข้ อาการป่วยมักจะหายไปเองโดยเฉลี่ยแลวประมาณ 8 วัน แต่ในบางครั้งอาจมีการถ่ายเป็นน้ำมากผิดปกติ การเก็บเนื้อดิบแยกออกจากอาหารที่พรอมจะรับประทาน ล้างมือ ล้างภาชนะที่ใส และภาชนะที่ใชสัมผัสกับเนื้อดิบ รวมทั้งไม่ใช้วัสดุอุปกรณ์ของอาหารพรอมรับประทานร่วมกับวัสดุอุปกรณ์ที่ใชกับเนื้อดิบช่วยป้องกันการเกิดโรคได้

2.5.3 *Bacillus cereus*

Bacillus cereus คือแบคทีเรีย (bacteria) ในกลุ่ม Bacillus ซึ่งเป็นชนิดที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) ย้อมติดสีแกรมบวก (Gram positive bacteria) รูปร่างเป็นท่อน (rod shape) สร้างสปอร์ (spore forming bacteria) เจริญได้ในที่มีอากาศ (aerobic bacteria) สามารถสร้างสารพิษ (toxin) ที่ทนต่อความร้อนได้ เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง ในร่างกายมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 28-37 องศาเซลเซียส ไม่เจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส และสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส ซึ่งพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ดิน น้ำ เชื้อสร้างสปอร์ซึ่งทนความแห้งแล้งได้ดี สปอร์จึงพบได้ทั่วไปในฝุ่น ควัน และ ปะปนมากับอาหารแห้ง เช่น น้ำตาล วัตถุเจือปนอาหาร เครื่องเทศ และพบบ่อยในอาหารกลุ่ม แป้ง เมล็ดธัญชาติ (cereal grain) เช่น ข้าวหุงสุก เส้นก๋วยเตี๋ยว พาสต้า ขนมจีน อาหารกึ่งสำเร็จรูป เช่น ข้าวกึ่งสำเร็จรูป เป็นต้น

โรคอาหารเป็นพิษ (food poisoning) เกิดจากบาซิลลัสซีเรียส ทำให้เกิดอาการ 2 ลักษณะ คือ

1.อาการอาเจียน (Emetic syndrome) เกิดจากที่ร่างกายได้รับสารพิษ (intoxication) ที่แบคทีเรียสร้างขึ้นในอาหารก่อนที่จะบริโภคเข้าไป สารพิษนี้ทนต่ออุณหภูมิสูงและ ทนต่อความเป็นกรดในกระเพาะอาหารได้ดี ผู้ป่วยจะเกิดอาการคลื่นไส้และอาเจียน ภายหลังจากการบริโภคอาหารที่มีสารพิษเข้าไปประมาณ 5 ชั่วโมง โดยทั่วไปอาการเป็นอยู่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง โรคอาหารเป็นพิษลักษณะนี้ มักเรียกว่า Chinese restaurant syndrome เนื่องจากมักพบในผู้ป่วยรับประทานอาหารจีน ซึ่งมักเป็นข้าวผัด ที่ทำจากข้าวสุกที่หุงค้างไว้นาน ทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตและสารพิษทนต่อความร้อน ก่อนนำมาปรุงหรือทำให้ร้อนใหม่

2.อาการถ่ายเหลว (Diarrhea syndrome) เกิดจากการบริโภคอาหารที่มีเซลล์ของแบคทีเรีย และเพิ่มจำนวนในลำไส้ของมนุษย์ ใช้เวลาฟักตัวประมาณ 8-16 ชั่วโมง มีสารพิษเอนเทอโรทอกซิน (enterotoxin) ที่ไม่ทนต่อความร้อน ทำให้เกิดอาการการปวดท้อง เป็นตะคริว

ที่ท้องและถ่ายอุจจาระเหลวโดยทั่วไปอาการเป็นอยู่ไม่เกิน 14 ชั่วโมง ปริมาณเชื้อที่ทำให้เกิดโรค (infective dose) 100-100,000 เซลล์ต่อกรัม

2.6 ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร

2.6.1 ความหมายและประวัติ

Gas-Exchange Packaging หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิด โดยอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่าง ๆ นั้นจะแตกต่างไปจากอัตราส่วนที่พบในบรรยากาศปกติ

เมื่อประมาณ 30 กว่าปีมานี้ มักเรียกการบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซนี้ว่า Controlled Atmosphere Packaging แต่เนื่องจากในทางปฏิบัติ ไม่สามารถควบคุมบรรยากาศรอบ ๆ ผลิตภัณฑ์ให้คงที่ตลอดเวลาได้ จึงมีการจำแนกกระบวนการบรรจุนี้ออกเป็น 4 ประเภท เพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริง และทำความเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น

2.6.1.1 Controlled Atmosphere Packaging (CAP) หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่าง ๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้ จะคงที่ตลอดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

2.6.1.2 Modified Atmosphere Packaging (MAP) หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศทีมีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่าง ๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลา โดยขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ อัตราส่วนของก๊าซแรกเริ่ม วัสดุบรรจุที่ใช้และสภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

2.6.1.3 Gas-Flush Packaging การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ ก๊าซไนโตรเจน โดยการพ่นก๊าซนั้น ๆ เข้าไปแทนที่อากาศภายในภาชนะ วิธีนี้นิยมใช้สำหรับไล่ก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น อาหารที่มีไขมันมาก น้ำผลไม้ เป็นต้น

2.6.1.4 Vacuum Packaging หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สุญญากาศ โดยการดึงเอาอากาศภายในภาชนะหรือภายในผลิตภัณฑ์ออกไป และไม่มีการพ่นก๊าซใด ๆ เข้าไปแทนที่ ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกภาชนะ สังเกตได้จากการหดรัดตัวของภาชนะบรรจุชนิดอ่อนตัว (Flexible Form) หรือการยุบตัวของภาชนะประเภทกึ่งคงรูป (Semi-Rigid Form) โดยทั่วไปความดันภายในภาชนะจะมีค่าประมาณ 0.5-8 ทอร์ (Torr) (Kadoya, 1990) ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์และระบบการบรรจุ

ก๊าซที่นำมาใช้มากที่สุดใน Gas-Exchange Packaging คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) และออกซิเจน (N_2) ในบางกรณีจะพบการใช้ก๊าซอื่น ๆ เช่น เอทิลีนออกไซด์ (C_2H_4O) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) หรือซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_2) ก๊าซเหล่านี้ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อยั้บยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นพิษ (Kramer และคณะ, 1980) และใช้เฉพาะ

กับอาหารบางชนิดเท่านั้น แต่บางประเทศไม่อนุญาติให้ใช้ก๊าซอื่นใดนอกเหนือไปจาก ก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจน

อันที่จริงหลักการของ Gas-Exchange Packaging ไม่ใช่วิทยาการใหม่ จากหลักฐานที่มีการบันทึกไว้ พบว่า เมื่อกว่า 1,000 ปีมาแล้ว ชาวจีนรู้จักรักษาความสดของลิ้นจี่ไว้ในกระบอกไม้ไผ่ และใช้ระยะทางในการขนส่งกว่าพันกิโลเมตรจากทางตอนใต้ของประเทศจีนฟไปสู่เมืองหลวงของมณฑลเซียงอานเพื่อถวายต่อจักพรรดิ์แห่งราชวงศ์ถัง (Liming, 1992) ต่อมาราว ค.ศ.1938 เริ่มมีการนำ CAP มาใช้เพื่อการขนส่งเนื้อจากประเทศออสเตรเรียและประเทศนิวซีแลนด์ไปยังประเทศอังกฤษ พบว่าการพ่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในห้องเย็นที่เก็บเนื้อสามารถช่วยรักษาคุณภาพเนื้อได้ดีกว่าการเก็บในห้องเย็นธรรมดา ต่อมามีการทดลองใช้ CAP และ MAP กับผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด แต่ไม่ประสบความสำเร็จเท่าใดนักในการนำมาปฏิบัติในระดับอุตสาหกรรม ยกเว้นการใช้ CAP ในการเก็บรักษาผักและผลไม้ในห้องเย็น (Cold Storage Room)

ปี ค.ศ.1981 บริษัทมาร์ค แอนด์ สเปนเซอร์ จำกัด (Mark & Spencer Co.,Ltd.) ประสบความสำเร็จเป็นอย่างมากในการใช้ MAP ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น เนื้อ ปลา เบคอน เนื้อปรุงสุก เป็นต้น นับแต่นั้นเป็นต้นมา นักวิจัยได้ให้ความสำคัญต่อการวิจัยและทดลองใช้ก๊าซชนิดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด เช่น ผักและผลไม้ ไก่ เนื้อ ขนมปังชนิดต่าง ๆ อาหารปรุงสุก ขนมขบเคี้ยว นมผง เนยแข็ง เป็นต้น Hotchkiss (1988) กล่าวว่า MAP ช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารได้ถึงตั้งแต่ร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 400 Lioutas (1988) ประเมินไว้ว่าในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีผลงานวิจัยเกี่ยวกับ CAP และ MAP กว่า 4,000 ฉบับที่ออกมาเผยแพร่ หลายผลงานได้นำเสนอทฤษฎี หลักการพื้นฐาน การพัฒนานำไปใช้ในอุตสาหกรรมทั้งในทวีปอเมริกา ยุโรปและประเทศญี่ปุ่น (งามทิพย์ , 2537)

2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ก๊าซเพื่อการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร

การใช้ก๊าซเพื่อการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารจะเกิดประโยชน์สูงสุดได้ จำเป็นต้องนำปัจจัยดังที่จะกล่าวต่อไปนี้มาพิจารณา เพื่อกำหนดหลักเกณฑ์และแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมต่อไป

2.6.2.1 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (Nature of the Product)

เช่น องค์ประกอบสำคัญ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ค่า water activity (a_w) อัตราการหายใจ ลักษณะทางกายภาพ การเติมสารเคมี เช่น สารกันบูด สารกันหืน เชื้อจุลินทรีย์ที่ทั้งทำให้อาหารเน่าเสียและเป็นพิษที่มักตรวจพบ เป็นต้น คุณสมบัติเหล่านี้จะทำให้ทราบถึงสาเหตุของการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ใช้ในการพิจารณาชนิดของก๊าซที่เหมาะสมในการบรรจุและจะช่วยทำให้สามารถคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นั้นได้ด้วย

2.6.2.2 ชนิดและความเข้มข้นของก๊าซ (Gaseous Environment inside the Package)

คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุและสภาวะการเก็บรักษาจะเป็นปัจจัยกำหนดความเข้มข้นของก๊าซ ผักและผลไม้สดจะต้องบรรจุในสภาวะบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนบ้าง

ในขณะที่การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห้งจะต้องใช้ก๊าซไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว ส่วนขนมปังจะใช้ทั้งก๊าซไนโตรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

2.6.2.3 คุณสมบัติของวัสดุบรรจุ (Nature of the Packaging Material)

เช่น อัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำ ความต้านทานไขมัน ความโปร่งใส อุณหภูมิที่ใช้ในการปิดผนึกถุงหรือซอง ความแข็งแรงของรอยปิดผนึก เป็นต้น ในการบรรจุผักและผลไม้สดต้องคำนึงถึงค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำ เพราะผักและผลไม้สดต้องการก๊าซออกซิเจนในการหายใจและคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา วัสดุที่ใช้ต้องการให้ก๊าซทั้ง 2 ชนิดซึมผ่านได้บ้าง ในขณะที่การบรรจุข้าวเกรียบทอด ต้องใช้วัสดุที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้มากที่สุดและต้องต้านทานการซึมผ่านของไขมันได้ดีด้วย

2.6.2.4 ระบบการบรรจุ (Packaging System)

ที่มีใช้กันทั่วไปมี 2 ระบบที่สำคัญคือ

2.6.2.4.1 ระบบสุญญากาศ-พ่นก๊าซ (Vacuum-Reinjection System) โดยจะใช้เครื่องสูบสุญญากาศกำจัดอากาศภายในภาชนะออกแล้วพ่นก๊าซที่ต้องการเข้าไป ปิดผนึกให้เรียบร้อย วิธีนี้พบว่ามีก๊าซออกซิเจนหลงเหลือประมาณร้อยละ 0.5-1

2.6.2.4.2 ระบบพ่นก๊าซแทนที่อากาศ (Gas purging หรือ Flushing System) โดยการพ่นก๊าซที่ต้องการบรรจุเข้าไปในภาชนะเป็นเวลานานพอควรจนก๊าซเข้าไปแทนที่อากาศในภาชนะแล้วจึงปิดผนึกภาชนะ วิธีนี้จะพบก๊าซออกซิเจนหลงเหลือภายในภาชนะค่อนข้างสูง ประมาณร้อยละ 2-3 บางกรณีอาจสูงถึงร้อยละ 5 ซึ่งการจะเลือกใช้ระบบการบรรจุใดขึ้นกับผลิตภัณฑ์และวัสดุบรรจุที่เลือกใช้

2.6.2.5 ระบบการกระจายผลิตภัณฑ์ (Distribution System)

ที่สำคัญคืออุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในระหว่างการเก็บรักษา การขนส่งและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ในอาหาร การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และอัตราการซึมผ่านของก๊าซจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จะมีความสัมพันธ์กับการเลือกใช้ก๊าซ วัสดุบรรจุ และกำหนดอุณหภูมิในการเก็บรักษาด้วย

จะเห็นได้ว่าปัจจัยทั้ง 5 นี้มีความสำคัญเท่าเทียมกันและมีผลซึ่งกันและกันการเปลี่ยนแปลงปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง จะต้องนำมาพิจารณาในการปรับเปลี่ยนปัจจัยอื่น ๆ ที่เหลือด้วยเสมอ

2.7 การใชวิธีการปรับสภาพบรรยากาศในการถนอมอาหาร

การบรรจุภายใตสภาพการปรับบรรยากาศ ((Modified Atmosphere Packaging)) หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ใหอยู่ภายใตบรรยากาศ โดยอัตราสวนของก๊าซชนิดต่าง ๆ แตกต่างไปจาก บรรยากาศปกติ โดยก๊าซที่นิยมใชทั่วไปคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด (CO_2) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และ ก๊าซออกซิเจน (O_2) ซึ่งอาจใชเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกันขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ชนิด และจำนวนจุลินทรียในอาหาร ดังนั้นก๊าซที่ใชและสัดสวนของก๊าซที่เหมาะสมจะมีผลโดยตรงตอ อายุการเก็บ รักษาผลิตภัณฑ์ (Hotchkiss, 1988)

2.7.1 ชนิดของก๊าซที่ใชในการปรับสภาพบรรยากาศ

ก๊าซที่ใชในการปรับสภาพบรรยากาศไดแก ก๊าซคารบอนไดออกไซด (CO_2) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และ ก๊าซออกซิเจน (O_2) รวมถึงก๊าซคารบอนมอนอกไซด (CO) ซึ่งอาจใชก๊าซเพียงชนิดใด ชนิดหนึ่งหรือ หลายชนิดร่วมกันขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ชนิด และจำนวน จุลินทรียในอาหาร ก๊าซแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและมีบทบาทตอการเก็บรักษาผลิตภัณฑดังนี้

2.7.1.1 ก๊าซคารบอนไดออกไซด

Hintlian และ Hotchkiss (1986) ได้สรุปผลงานของนักวิจัยหลายท่านว่า ก๊าซคารบอนไดออกไซดจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรียได้ดีก็ตอเมื่อจุลินทรียนั้นอยู่ในชวงการเตรียมพรอมเพื่อแบงตัว (Lag phase) โดยจะทำใหชวงเวลานี้ยาวนานขึ้นเป็นผลทำใหการแบงตัวเพื่อเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย ชายิ่งขึ้น สงผลตอการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร โดยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ และจุลินทรียที่ตองการอากาศที่กอใหเกิดอาหารเสื่อมเสีย

กลไกในการทำงานของก๊าซคารบอนไดออกไซดมีสมมติฐานดังนี้

1. ก๊าซคารบอนไดออกไซดที่ใชทดแทนก๊าซออกซิเจน ซึ่งอาจจะไปแทนที่บางสวนหรือทั้งหมด ทำใหจุลินทรียขาดออกซิเจน สงผลใหกระบวนการเมตาบอลิซึมหยุดชะงัก และจุลินทรียจะถูกยับยั้งการเจริญ นอกจากนี้คารบอนไดออกไซดยังมีผลทำใหเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรียเกิดการเปลี่ยนแปลงทำใหกระบวนการเขาออกของสารในเซลล์ผิดปกติ ลดการทำงานของเอนไซม และเกิดการเปลี่ยนแปลง ของโปรตีน (Farber, 1991)

2. ก๊าซคารบอนไดออกไซดทำใหคา pH ทั้งภายในและภายนอกของเซลล์ลดลง ทำให้มีผลตอการเจริญของจุลินทรีย โดยคา pH ภายในเซลล์ของจุลินทรียจะมีอิทธิพลตอการเจริญมากกวา คา pH ภายนอกเซลล์ (Daniels et al., 1985) ก๊าซคารบอนไดออกไซดจะละลายในสวนของของเหลวใน อาหารแลวเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีทำใหเกิดกรดและคา pH ลดลง ที่อุณหภูมิต่ำก๊าซคารบอนไดออกไซดจะละลายดีขึ้น ซึ่งสรุปปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 CO_2 (dissolved) + H_2O $\rightleftharpoons$ H_2CO_3

khyd (298 °K, 1 atm) = 2.6 x 10-7

ขั้นที่ 2 H_2CO_3 $\rightleftharpoons$ HCO_3^- + H^+

Ka (298 °K, 1 atm) = 4.3 x 10-7

ขั้นที่ 3 HCO_3^- $\rightleftharpoons$ CO_3^{2-} + H^+

Ka (298 °K, 1 atm) = 5.61 x 10-11

ภาพที่ 2.3 ปฏิกิริยาของ CO_2 ที่เกิดใน aqueous solution
ที่มา Daniels et al., 1985

ปฏิกิริยาในขั้นที่ 1 ก๊าซคารบอนไดออกไซดจะละลายในน้ำของอาหารและเกิดการไฮเดรชั่นกับน้ำ เป็นกรดคาร์บอนิกในขณะที่เกิดกรดคารบอนิกจะมีกรดคารบอนิก สวนหนึ่งแตกตัวตอไปเกิดเป็นไบคารบอเนตอิออน (HCO_3^-) และไฮโดรเจรอิออน (H^+) อย่างรวดเร็ว เนื่องจากกรดคารบอนิกเป็นกรดอ่อนดังแสดงในปฏิกิริยาขั้นที่ 2 ปฏิกิริยาในขั้น 3 จะมีการแตกตัวของไบคาร์บอเนตอิออนบาง สวนตอไปอีก เกิดเป็นไฮโดรเจนอิออนกับคารบอเนตอิออน (CO_2) การแตกตัวของคารบอนิกไป เป็นอิออนชนิดต่าง ๆ นั้นขึ้นกับคา pH ของสารละลาย ที่คา pH ต่ำกว่า 7 ก๊าซคารบอนไดออกไซด สามารถละลายน้ำได้ดี เกิดเป็นกรดคารบอนิกและกรดคารบอนิกจะแตกตัวใหไบคารบอเนตและ ไฮโดรเจนอิออนซึ่งการแตกตัวจะเกิดได้ดีเมื่อคา pH อยู่ระหว่าง 6-11 และที่คา pH ระหว่าง 8-14 ไบคารบอเนตจะมีการแตกตัวไปเป็นคาร์บอเนตอิออนและไฮโดรเจนอิออน

2.7.1.2 กาซออกซิเจน และก๊าซคารบอนมอนอกไซด

ก๊าซสองชนิดนี้จะใชของการเก็บรักษาเนื้อสดในสภาพการปรับบรรยากาศเพื่อทำใหเนื้อ มีสีแดงสด Luno, Beltran และ Roncales (1996) รายงานวาการเก็บรักษาเนื้อวัวและเนื้อสะโพกสำหรับทำเนื้อ สเต็กที่ 1% CO + 50% CO_2 + 25% N_2 + 24% O_2 หรือ 1% CO + 20% CO_2+ 9% N_2+ 70% O_2 สามารถคงสีแดงของเนื้อไวได้นานถึง 29 วัน โดยเนื้อสดที่บรรจุในสภาพสุญญากาศหรือปรับสภาพบรรยากาศ ที่ไม่มีก๊าซออกซิเจนเนื้อจะมีสีน้ำตาลเนื่องจากการเกิดเมทไมโอโกลบิล (Metmyoglobin) ซึ่งเป็นที่ไม่ตองการของผู้บริโภค สวนก๊าซคารบอนมอนอกไซดจะรวมตัวกับโปรตีนไมโอโกลบิลเป็นคารบอกซี่ไมโอโกลบิลทำใหเนื้อมีสีแดงสด เชนเดียวกัน

2.7.1.3 ก๊าซไนโตรเจน

ในอากาศทั่วไปจะมีก๊าซไนโตรเจนประมาณร้อยละ 79 คุณสมบัติสำคัญที่นำมาใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร คือ

2.7.1.3.1 เป็นก๊าซเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี จึงมักใช้ในการแทนที่ก๊าซออกซิเจนเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร นอกจากนี้ยังนิยมใช้

ก๊าซไนโตรเจนเพื่อรักษาระดับความดันภายในภาชนะบรรจุ ป้องกันการยุบตัวของภาชนะ และการแตกหักเสียรูปทรงของผลิตภัณฑ์

2.7.1.3.2 ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส จึงสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิด

2.7.1.3.3 ละลายในน้ำและไขมันได้น้อยมาก

การใชก๊าซไนโตรเจนภายใตการบรรจุแบบ MAP มีวัตถุประสงคเพื่อแทนที่ก๊าซออกซิเจนและรักษาความดันภายในภาชนะบรรจุมิใหลดต่ำเกินไป ทั้งเนื่องจากก๊าซออกซิเจนและก๊าซคารบอนไดออกไซดบางสวนจะสูญหายไประหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ก๊าซไนโตรเจนเองไม่ได้มีผลโดยตรงตอการเจริญเติบโตของจุลินทรียหรือการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อ

2.8 บทวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณกัญญา (2553) ได้ทำการศึกษาผลของก๊าซไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานในระหว่างการเก็บรักษาโดยได้ทดลอง เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน 2 พันธุ์ ในถุงอะลูมิเนียมฟรอยล์ที่มีก๊าซไนโตรเจน 100 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 100 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 60 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับไนโตรเจน 40 เปอร์เซ็นต์ และอากาศปกติ (ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 30 และ 40 องศาเซลเซียสนาน 8 เดือน โดยเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WTS 111 มีค่าเริ่มต้นของปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรา ปริมาณไขมัน กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส และกิจกรรมของเอนไซม์คะตะเลส สูงกว่าพันธุ์ CPS 222 แต่ความชื้นในเมล็ด และปริมาณโปรตีนน้อยกว่าพันธุ์ CPS 222 ส่วนความงอก ความงอกภายหลังการเร่งอายุ และปริมาณกรด ไขมันอิสระในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกัน หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 4 เดือน เมล็ดพันธุ์ WTS 111 มีความงอกต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดตามพระราชบัญญัติ พันธุ์พืชของไทย (เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเท่ากับ 75.0 เปอร์เซ็นต์) ส่วนพันธุ์ CPS 222 มีอายุการเก็บรักษาเพียง 2 เดือนเท่านั้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 8 เดือน ที่อุณหภูมิต่ำ (10 และ 30 องศาเซลเซียส) เมล็ดพันธุ์ WTS 111 และ CPS 222 มีความงอก 86-87 เปอร์เซ็นต์ และ 80-82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ ทั้ง 2 พันธุ์ มีความงอกภายหลังการเร่งอายุเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็วอันเนื่องมาจากการ ปนเปื้อนของเชื้อราสูงที่สุดในเดือนที่ 1 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทั้ง 2 พันธุ์ มีปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณกรดไขมันอิสระ กิจกรรมของ เอนไซม์ไลเปส และกิจกรรมเอนไซม์คะตะเลสเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส สำหรับผลขององค์ประกอบของสภาพบรรยากาศในถุงบรรจุพบว่า ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ WTS 111 อย่างไรก็ตามเมื่อใช้คาร์บอนไดออกไซด์ 60 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับไนโตรเจน 40 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการปนเปื้อนของเชื้อราและการลดลงของปริมาณโปรตีนได้ดีที่สุด ในขณะที่ เมล็ดพันธุ์ CPS 222 เก็บรักษาในสภาพก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100 เปอร์เซ็นต์ หรือคาร์บอนไดออกไซด์ 60 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับไนโตรเจน 40 เปอร์เซ็นต์ ชะลอการสูญเสียความงอกและ

การปนเปื้อนของเชื้อราได้ ดีกว่าในสภาพไนโตรเจน 100 เปอร์เซ็นและอากาศปกติ แต่องค์ประกอบของก๊าซในถุงบรรจุไม่มีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันและความงอกภายหลังการเร่งอายุในเมล็ดข้าวโพดหวานทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อวัด ปริมาณกรดไขมันอิสระพบว่า เมล็ดพันธุ์ WTS 111 เก็บรักษาในสภาพคาร์บอนไดออกไซด์ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำที่สุด แต่ไม่พบความแตกต่างในพันธุ์ CPS 222 ส่วนอุณหภูมิและองค์ประกอบของก๊าซในถุงบรรจุ ไม่มีผลต่อความชื้นในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานทั้ง 2 พันธุ์ บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟรอยล์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 8 เดือน ทำให้ความงอกมีค่าสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากชะลอการ ปนเปื้อนของเชื้อรา และการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของเมล็ด การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ CPS 222 ในถุงบรรจุที่ เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100 เปอร์เซ็นต์ และคาร์บอนไดออกไซด์ 60 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับไนโตรเจน 40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีความงอกสูงกว่าไนโตรเจน 100 เปอร์เซ็นต์และอากาศปกติ แต่องค์ประกอบของก๊าซ ไม่มีผลต่อพันธุ์ WTS 111

รังษิมา (2549) ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการถนอมน้ำพริกหนุม ด้วยวิธีดัดแปลงบรรยากาศ และกระบวนการความดันสูง โดยเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบวาการดัดแปลงบรรยากาศ ได้แก สภาวะสุญญากาศและการแทนที่ด้วยก๊าซไนโตรเจน ขนาดบรรจุ 200 และ 500 กรัม มีผลใหค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) คาสี L คา Hº (Hue angle) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณจุลินทรียทั้งหมด ยีสต รา โคลิฟอรมแบคทีเรีย และ *Escherichia coli (E. coli)* รวมทั้งการยอมรับด้านประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุมลดลงระหว่าง การเก็บรักษา สำหรับคา Water activity (aw) ปริมาณความชื้น คาสี a* คาสี b* และคาสี C* (Chroma) ของน้ำพริกหนุมมีแนวโนมเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การดัดแปลงบรรยากาศทั้งสองสภาวะ สามารถถนอมคุณภาพน้ำพริกหนุมได้ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ดังนั้นสภาวะสุญญากาศจึงเหมาะสมตอการยืดอายุน้ำพริกหนุมมากกวา เนื่องจากต้นทุนในการผลิตระบบสุญญากาศต่ำกว่าประมาณ 2 เทาของระบบอัดก๊าซ สำหรับการใชความดันสูงที่ระดับ 500 และ 600 MPa เวลาคงความดัน 20 และ 40 นาที พบวาคุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากระหว่างการเก็บรักษา

พัชรี (2548) ได้ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาลูกชิ้นปลานิล โดยใชเทคนิคการปรับสภาพบรรยากาศ ซึ่งผลวิเคราะห์คุณสมบัติของลูกชิ้นปลาในถุง PET/PE พบวา คา hardness ของลูกชิ้นปลาที่เก็บ ในสภาวะ 100% CO_2, 80% CO_2+ 20% N_2, 60% CO_2+ 40% N_2 และ 40% CO_2+ 60% N_2 มีคาเพิ่มขึ้น จาก 5606.54±195.74 กรัม เป็น 12557.50±225.40, 10366.93±855.07, 10806.29±201.43 และ 7724.03±488.47 กรัม ในขณะที่มีคา springiness เพิ่มขึ้นจากมีคาเพิ่มขึ้นจาก 0.585±0.003 เป็น 0.634±0.003, 0.636±0.011, 0.629±0.004 และ 0.615±0.005 ตามลำดับและพบวาลูกชิ้นปลาที่เก็บในสภาวะปรับบรรยากาศมีคา hardness และ springiness สูงกวาการเก็บลูกชิ้นปลาที่สภาวะบรรยากาศปกติซึ่งมีคาลดลงจาก 5606.54±195.74 กรัม เป็น 4744.76±487.23 กรัมและจาก 0.585±0.003 เป็น0.579±0.007 ตามลำดับ

สวนผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบวาลูกชิ้นปลาในทุก ตัวอย่างมีคา pH ลดลง โดยมีคาอยู่ในชวง 5.82±0.098 ถึง 5.91±0.02 และผลการวิเคราะห์คุณภาพ ทางจุลินทรีย พบวาลูกชิ้นปลามีจำนวนจุลินทรียทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มขึ้น เมื่ออายุการเก็บรักษานาน ขึ้น โดยเก็บลูกชิ้นปลาที่สภาวะ 100% CO_2 และ 80% CO_2+ 20% N_2 สามารถเก็บได้นาน 18 วัน ในขณะที่สภาวะ 60% CO_2+ 40% N_2 และ 40% CO_2+ 60% N_2 สามารถเก็บได้นาน 15 วัน และเมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบวาที่สภาวะ 80% CO2 + 60% N_2 ผูทดสอบใหการยอมรับ จนถึงวันที่ 15 ของการเก็บรักษา จากการศึกษาในครั้งนี้พบวาสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาลูกชิ้นปลา คือสภาวะ 60% CO_2 + 40% N 2 ในถุงชนิด nylon/PE โดยลูกชิ้นปลาที่สภาวะนี้มีคา hardness และ springiness เทากับ 10465.64±288.45 กรัม และ 0.619±0.005 ตามลำดับ มีคา pH ลดลงเทากับ 6.17±0.03 และมีจำนวนจุลินทรียทั้งหมดเทากับ 5.82±0.01 log cfu /กรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาสภาวะดัดแปรที่ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมัก

3.1.1.1 ขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค จากโรงงานขนมจีนทัพหลวง จังหวัดนครปฐม (คุณอเนก)

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาสภาวะดัดแปรที่ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมัก

3.1.2.1 เครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น V11P3

3.1.2.2 ถุงสุญญากาศ (พลาสติกชนิด PET)

3.1.2.3 เครื่อง Vacuum

3.1.2.4 เครื่อง WITT-GASETECHNK ยี่ห้อ WITT รุ่น KM 100-3

3.1.3 เครื่องมือวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพที่ใช้ในการตรวจการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมัก

3.1.3.1 เครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CM-3500d

3.1.4 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์ที่ใช้ในการตรวจการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมัก

3.1.4.1 ตู้อบลมร้อนสำหรับฆ่าเชื้อ (hot air over) Binder รุ่น FD 115

3.1.4.2 หม้ออัดความดัน (Autoclave) Sanyo รุ่น Lado Autoclave

3.1.4.3 ตู้ปลอดเชื้อ Heal Force รุ่น A2

3.1.4.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) สำหรับวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด

3.1.4.5 อาหารเลี้ยงเชื้อ Baird Parker Agar และNutrient Broth สำหรับวิเคราะห์ *S. aureus*

3.1.4.6 จานเพาะเชื้อ

3.1.4.7 ปิเปต

3.1.4.8 หลอดทดลอง

3.1.4.9 บีกเกอร์

3.1.4.10 ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.2 เพื่อศึกษาคุณลักษณะในการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

เป็นการศึกษาคุณลักษณะการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค โดยใช้สภาวะดัดแปร โดยการบรรจุเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในถุงพลาสติก ซีล 3 ด้าน ชนิด คือ Nylon/PET ขนาด 25x35 เซนติเมตร ถุงละครึ่งกิโลกรัม ในสภาวะดัดแปร โดยแปรค่าความเข้มข้นของก๊าซที่ใช้ในการบรรจุเป็น อุณหภูมิห้องปกติ ,สุญญากาศ (Vacuum) ,ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ร้อยละ 100 ,ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 100 ,ก๊าซไนโตรเจนต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (N_2 : CO_2) ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 60:40 ,70:30 และ 80:20 โดยทำการทดลองสภาวะละ 1 ซ้ำ เป็นเวลา 15 วัน โดยนำตัวอย่างเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคที่เก็บในสภาวะดัดแปร วันที่ 0 ถึงวันที่ 15 ของการเก็บรักษามาวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์ จากนั้นนำเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคที่บรรจุสภาวะดัดแปรที่มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี

3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

3.3.1 ศึกษาคุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ทำโดยการนำตัวอย่างเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคที่เก็บในสภาวะดัดแปร นำมาวิเคราะห์หา

1) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยตัวอย่างมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดตามวิธี Standard Plate Count (SPC) (AOAC, 1984)

2) จำนวน *Staphylococcus aureus* (AOAC, 1984)

3.3.2 ศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพ

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพจะศึกษาถึงลักษณะภายในและภายนอกของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคบางประการ การศึกษาลักษณะภายนอกพิจารณาจากสีของเส้นขนมจีนโดยใช้เครื่องวัดสี (Spectrophotometer) ทั้งนี้เนื่องจากว่าสีของผลิตภัณฑ์สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอีกทั้งยังส่งผลต่อการยอมรับของผู้ประกอบการ ส่วนการศึกษาลักษณะภายในจะศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค โดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory) โดยลักษณะที่วัดได้บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในผลิตภัณฑ์

3.3.2.1 การวัดค่าสี

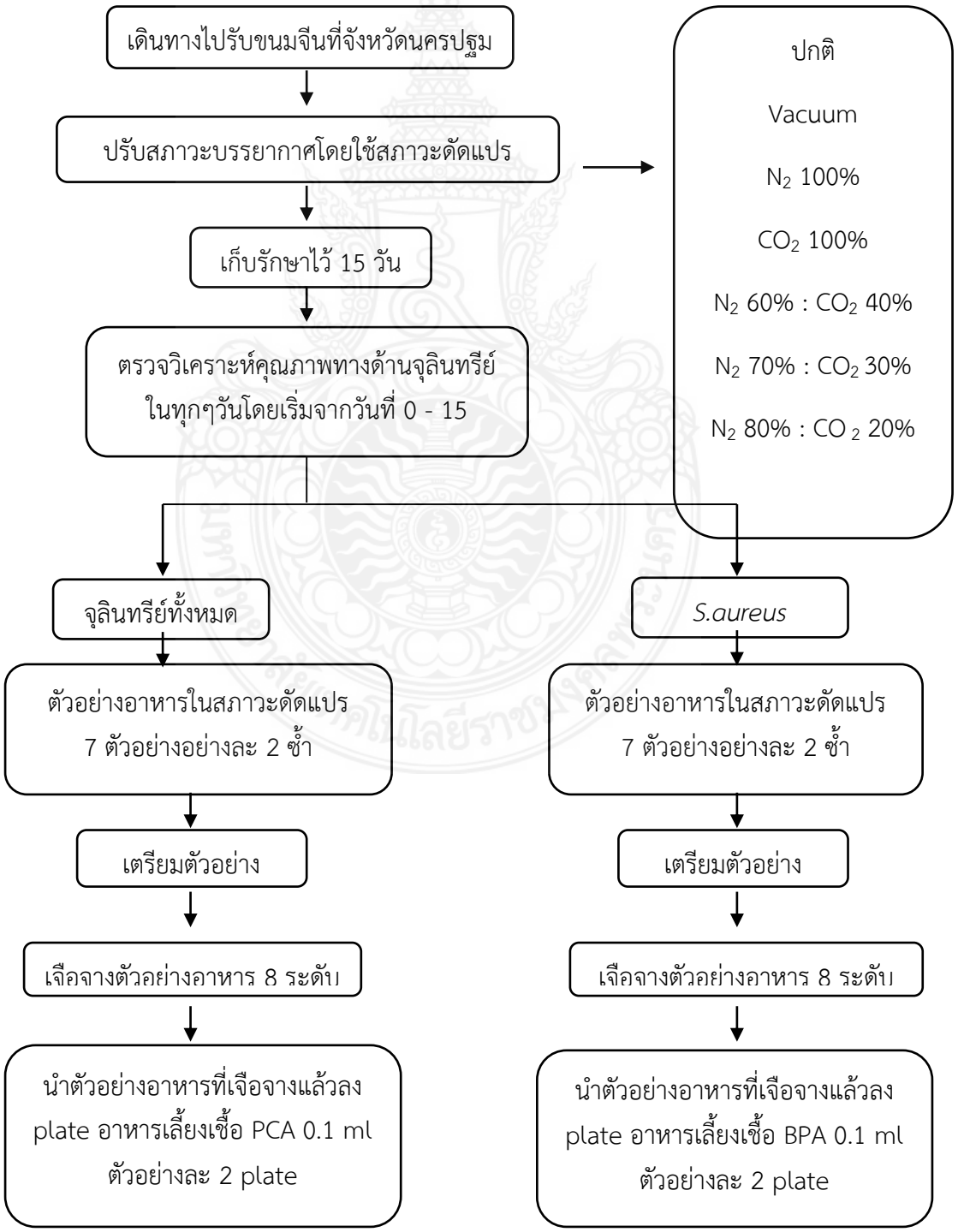
เตรียมตัวอย่างเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคโดยสภาวะดัดแปรที่มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด นำตัวอย่างมาบด จากนั้นนำมาวัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CM-3500d โดยวัดการผ่านของแสง (Transmittance) ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง ค่าที่ทำการวัด ได้แก่ ค่าสี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุมีที่มีความมืดสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a* (+

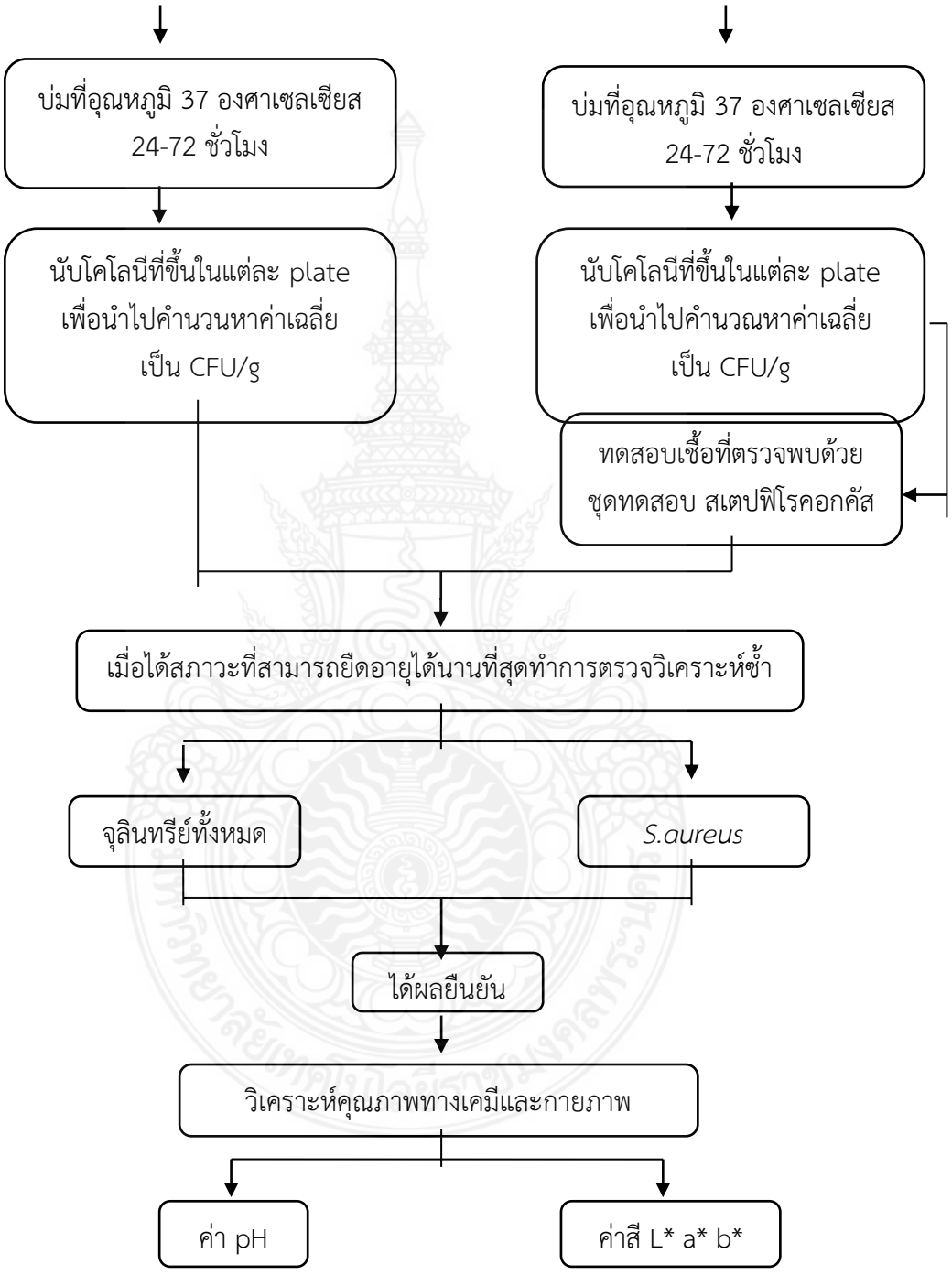
หมายถึง วัตถุมีสีแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) และ b* (+ หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน)

3.3.3 ศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมี

นำเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคโดยสภาวะดัดแปรที่มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดค่า pH meter Satorius AQ รุ่น PB-10 โดยการทำการทดสอบทุก ๆ ค่าวัด 3 ซ้ำ จากนั้นหาค่าเฉลี่ย

ขั้นตอนการศึกษาการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค





แผนภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

3.4 การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

3.4.1 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเส้นขนมจีนแป้งหมักโดยใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษา

นำเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรที่มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดมารับประทานคู่กับน้ำยากะทิ จากนั้นประเมินผลโดยทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยทดสอบชิมจากผู้ทดสอบ 100 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินการยอมรับของผู้บริโภคในความพึงพอใจ 4 ระดับ เพื่อหาสภาวะดัดแปรที่มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เหมาะสมที่สุดในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม จากนั้นนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ ANOVA และวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple’s Range test (DMRT)

3.5 สถานที่

3.5.1 เชิงปฏิบัติการ ณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ห้องปฏิบัติการ 521 ,522 และ622

3.5.2 เชิงทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.6 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง

การทดลองนี้เริ่มตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2561 - 23 มีนาคม 2562

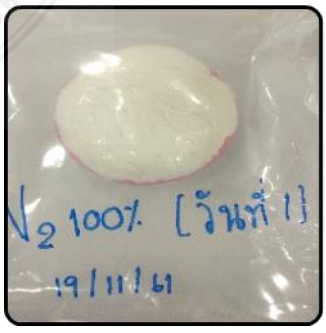
บทที่ 4

ผลการทดลอง และอภิปรายผล

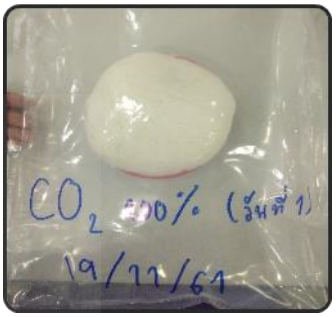
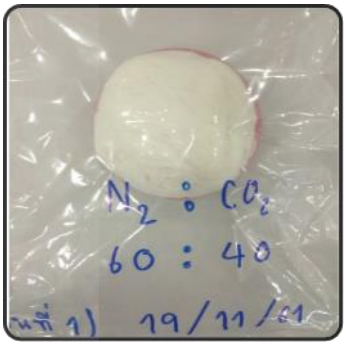
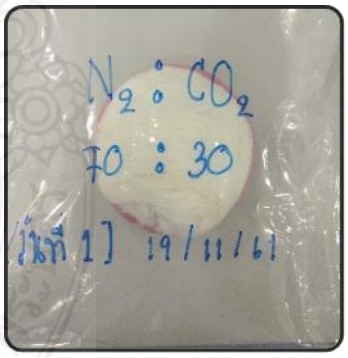
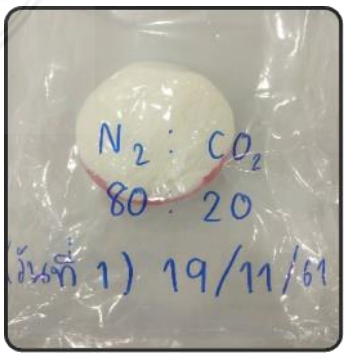
4.1 ศึกษาคุณลักษณะในการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

4.1.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะในการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งหมักในสภาวะดัดแปรต่าง

สภาวะดัดแปร	ผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งหมักในสภาวะดัดแปร
ปกติ	
สุญญากาศ (Vacuum)	
N_2 100%	

ตารางที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งหมักในสภาวะดัดแปรต่าง ๆ **(ต่อ)**

สภาวะดัดแปร	**ผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งหมักในสภาวะดัดแปร**
CO_2 100%	
N_2 60 % : CO_2 40 %	
N_2 70 % : CO_2 30 %	
N_2 80 % : CO_2 20 %	

4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

4.2.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์

ในการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติด้านจุลินทรีย์ โดยใช้การตรวจวิเคราะห์ Total Plate Count และ ปริมาณ *S.aureus* โดยศึกษาจำนวนวันที่เก็บรักษาได้นานที่สุด ซึ่งจะนับเชื้อจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของขนมจีนที่ต้องมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน $1x10^{-6}$ และปริมาณ *S.aureus* ไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งผลทดลองแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของการบรรจุภายใต้สภาพปรับบรรยากาศต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์

ตัวอย่างขนมจีนในสภาวะดัดแปร	อายุการเก็บรักษา (วัน)	ผลการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์	
		จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	*S.aureus* (โคโลนี/กรัม)
สุญญากาศ (Vacuum)	0	1.4×10^{3}	ND
	1	3.3×10^{3}	< 100
	2	5.2×10^{3}	< 100
	3	3.4×10^{3}	ND
	4	2.5×10^{6}	< 100
ปกติ	0	1.19×10^{3}	< 100
	1	2.3×10^{3}	< 100
	2	7×10^{3}	< 100
	3	2×10^{4}	< 100
	4	7×10^{5}	< 100

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลของการบรรจุภายใต้สภาพปรับบรรยากาศต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์ **(ต่อ)**

ตัวอย่างขนมจีนในสภาวะดัดแปร	อายุการเก็บรักษานานที่สุด (วัน)	ผลการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์	
		จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	*S.aureus* (โคโลนี/กรัม)
N_2 80% : CO_2 20%	0	3.3×10^2	< 100
	1	8.6×10^2	< 100
	2	1.4×10^3	< 100
	3	1.7×10^3	< 100
	4	1.5×10^3	< 100
	5	2.2×10^3	< 100
	6	3.3×10^3	< 100
	7	2.5×10^4	< 100
	8	3.2×10^4	< 100
	9	1.5×10^5	< 100
	10	2.6×10^6	< 100
N_2 100%	0	1.3×10^3	ND
	1	1.4×10^3	ND
	2	3.8×10^2	ND
	3	1.4×10^3	< 100
	4	8.0×10^4	< 100
	5	2.8×10^4	< 100
	6	1.6×10^3	ND
	7	1.6×10^5	< 100
	8	5.2×10^4	< 100
	9	1.3×10^5	< 100
	10	1.8×10^5	< 100
	11	2.5×10^6	< 100

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลของการบรรจุภายใต้สภาพปรับบรรยากาศต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์ **(ต่อ)**

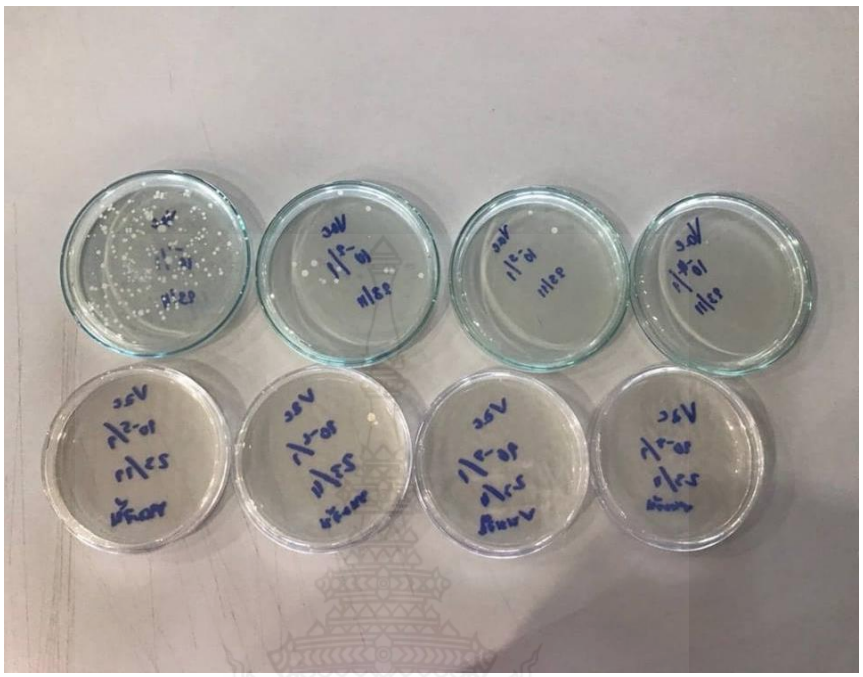
ตัวอย่างขนมจีนในสภาวะดัดแปร	อายุการเก็บรักษานานที่สุด (วัน)	ผลการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์	
		จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	*S.aureus* (โคโลนี/กรัม)
N_2 60% : CO_2 40%	0	2.7×10^2	< 100
	1	3.0×10^2	< 100
	2	4.0×10^2	< 100
	3	1.6×10^3	< 100
	4	2.8×10^3	< 100
	5	2.6×10^3	< 100
	6	1.3×10^3	ND
	7	4.6×10^4	< 100
	8	6.8×10^4	< 100
	9	2.0×10^5	< 100
	10	8.2×10^5	< 100
	11	1.4×10^6	< 100
N_2 70% : CO_2 30%	0	2.8×10^2	< 100
	1	2.7×10^2	< 100
	2	4.1×10^2	< 100
	3	1.5×10^3	< 100
	4	6.0×10^3	< 100
	5	1.2×10^3	< 100
	6	1.2×10^4	< 100
	7	1.6×10^4	< 100
	8	2.4×10^5	< 100
	9	1.0×10^5	< 100
	10	1.3×10^5	< 100
	11	6.6×10^5	< 100
	12	3.0×10^6	< 100

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลของการบรรจุภายใต้สภาพปรับบรรยากาศต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์ **(ต่อ)**

ตัวอย่างขนมจีนในสภาวะดัดแปร	อายุการเก็บรักษานานที่สุด (วัน)	ผลการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์	
		จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	*S.aureus* (โคโลนี/กรัม)
CO_2 100%	0	3.5×10^2	ND
	1	6.7×10^2	ND
	2	1.2×10^3	ND
	3	1.0×10^3	ND
	4	1.5×10^3	< 100
	5	1.4×10^3	< 100
	6	1.1×10^3	ND
	7	1.1×10^3	ND
	8	4.5×10^4	< 100
	9	1.5×10^4	< 100
	10	1.5×10^5	< 100
	11	2.3×10^5	< 100
	12	7.2×10^5	< 100
	13	4.5×10^6	< 100

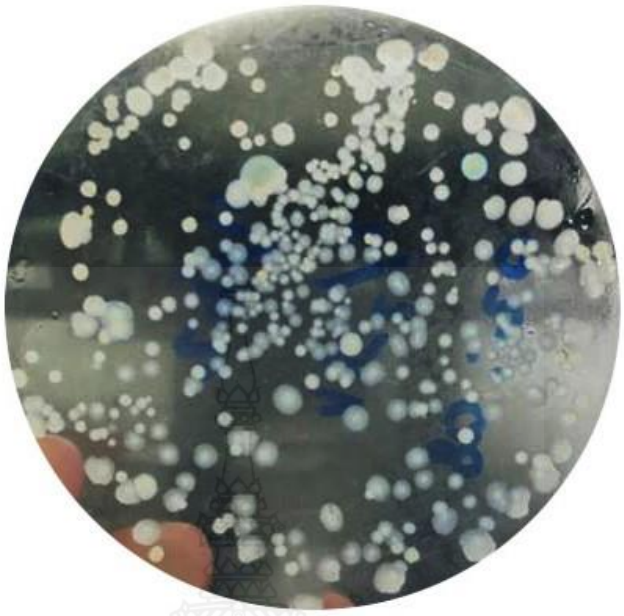
หมายเหตุ : ND หมายถึง ไม่พบโคโลนีของเชื้อหรือมีเชื้อน้อยกว่า 10 โคโลนี

จากตารางที่ 4.2 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของเส้นขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาไว้ในสภาวะดัดแปรที่แตกต่างกัน ตั้งแต่วันที่ 0-15 พบว่า จากการเก็บรักษาโดยใช้สภาวะดัดแปร สภาวะ Vacuum ,ปกติ ,N_2 80% : CO_2 20% ,N_2 100% , N_2 60% : CO_2 40% , N_2 70% : CO_2 30% และ CO_2 100% ผลการศึกษาพบว่า จำนวนวันที่สามารถเก็บรักษาได้และไม่เกินค่ามาตรฐานอยู่ที่ $2.5\text{x}10^6$,$2.4\text{x}10^6$,$2.6\text{x}10^6$,$2.5\text{x}10^6$,$1.4\text{x}10^6$,$3.0\text{x}10^6$ และ $4.5\text{x}10^{-5}$ ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การใช้สภาวะดัดแปรในการเก็บรักษาขนมจีน และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาขนมจีนได้นานที่สุด โดยใช้ CO_2 100% ซึ่งสามารถเก็บได้นานที่สุด 12 วัน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีคุณสมบัติเป็น Bacteriostatic สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2538; Gill และ Tan, 1980) โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Daniels et al. (1985) และ Devlieghere et al. (2000) ส่วนstamen et al. (1990) รายงานว่า
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในช่วง log phase และ ช่วยชะลอระยะ lag phase



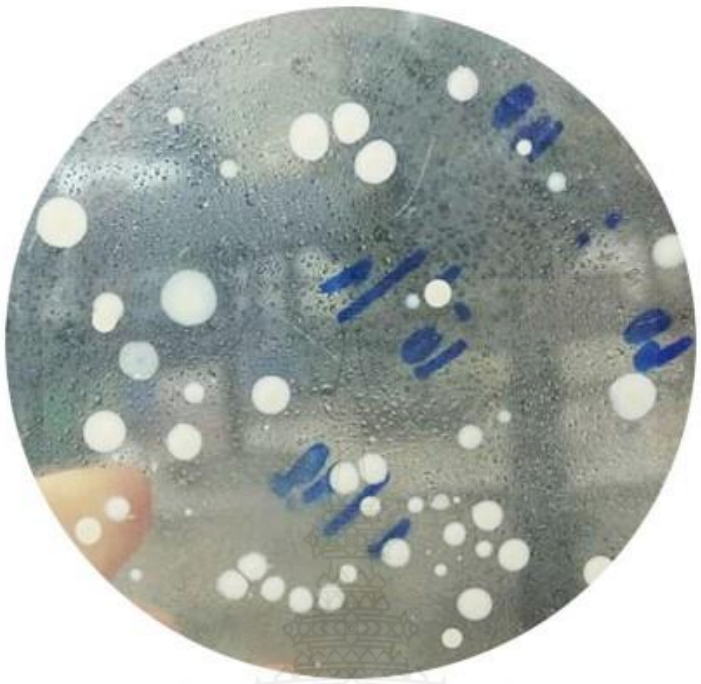
ภาพที่ 4.1 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปรแบบสุญญากาศ

ภาพที่ 4.2 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปรแบบปกติ



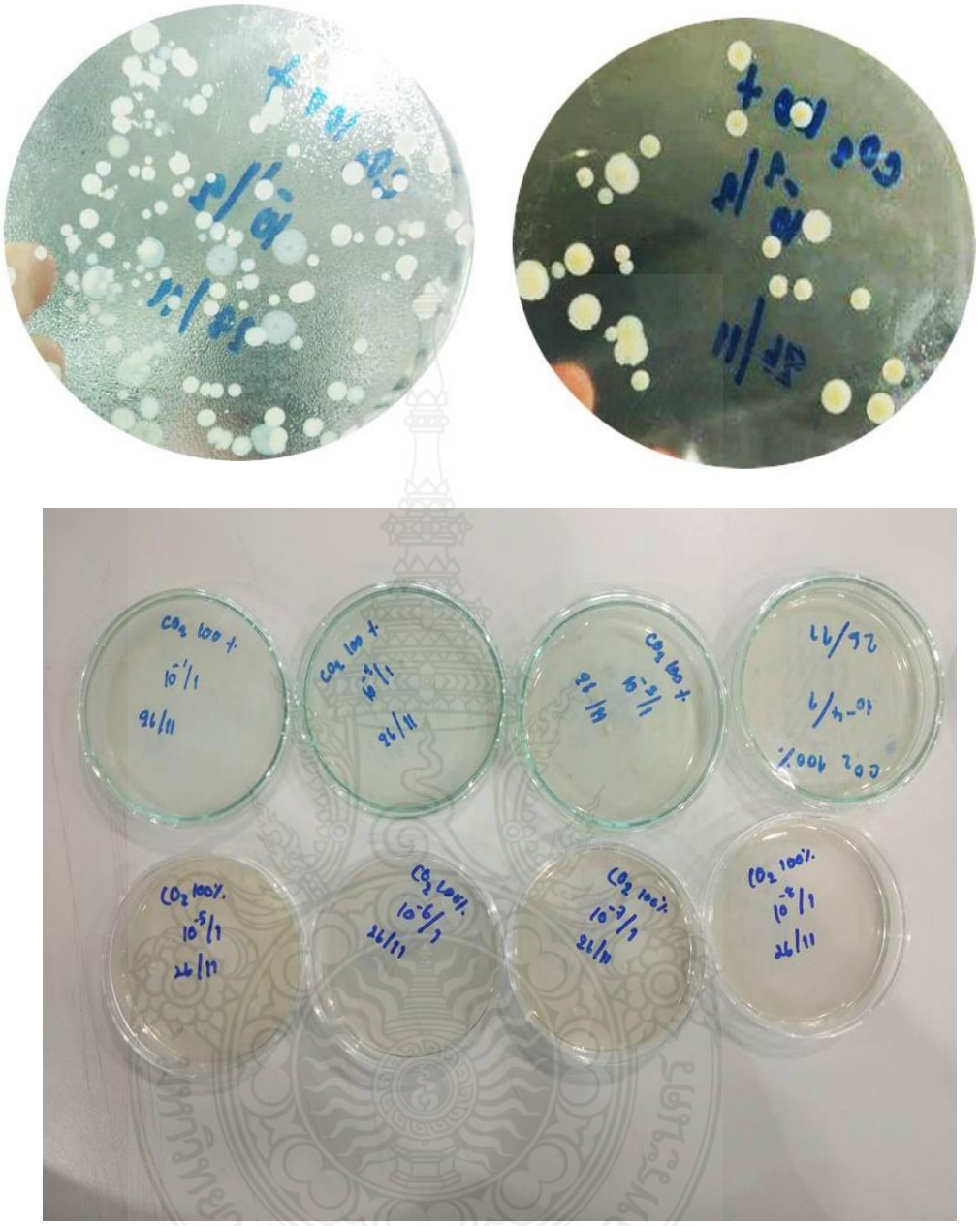
ภาพที่ 4.3 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปรแบบ N_2 80% : CO_2 20%

ภาพที่ 4.4 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปรแบบ N_2 100%



ภาพที่ 4.5 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปรแบบ N_2 60% : CO_2 40%

ภาพที่ 4.6 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปรแบบ N_2 70% : CO_2 30%



ภาพที่ 4.7 ลักษณะของการเกิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สภาวะดัดแปรแบบ CO_2 100%

4.2.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพ

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นขนมจีนแป้งหมักในสภาวะดัดแปรของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100%

สภาวะดัดแปร	เวลา (วัน)	ค่าสี		
		L*	a*	b*(ns)
CO_2 100%	0	79.05 ± 0.46^{bcd}	-1.53 ± 0.13^{a}	8.11 ± 0.16
	1	80.00 ± 0.80^{bc}	-1.60 ± 0.05^{ab}	8.64 ± 0.03
	2	79.23 ± 0.25^{d}	-1.73 ± 0.06^{abc}	8.26 ± 0.12
	3	80.04 ± 0.81^{bcd}	-1.64 ± 0.05^{abc}	8.44 ± 0.18
	4	79.89 ± 0.50^{d}	-1.79 ± 0.14^{bc}	8.10 ± 0.53
	5	80.58 ± 0.35^{cd}	-1.78 ± 0.15^{bc}	8.12 ± 0.29
	6	81.24 ± 0.33^{bcd}	-1.81 ± 0.04^{d}	8.39 ± 0.08
	7	80.89 ± 0.09^{d}	-1.60 ±0.17^{ab}	8.72 ± 0.04
	8	82.08 ± 0.35^{bcd}	-1.83 ± 0.08^{d}	8.53 ± 0.50
	9	82.82 ± 0.20^{b}	-1.82 ± 0.06^{d}	8.13 ± 0.31
	10	84.05 ± 0.19^{a}	-1.66 ± 0.11^{abc}	8.22 ± 0.48

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)
ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นขนมจีนแป้งหมักที่ใช้สภาวะดัดแปรของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอาบุการเก็บรักษา พบว่าค่าความสว่าง (L*) และค่า (a*) ของเส้นขนมจีนในแต่ละวันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยขนมจีนที่ทำการยืดอายุการเก็บรักษาในสภาวะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100 % ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษามีค่าความสว่าง (L*) เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากก๊าซคารบอนไดออกไซดมีผลทำใหเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรียเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้กระบวนการเขาออกของสารในเซลล์ผิดปกติ ลดกิจกรรมของเอนไซม และเกิดการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน ดังนั้นเมื่อจุลินทรีย์โดนชะลอการเจริญเติบโตจึงส่งผลต่อค่าความสว่าง (L*) และค่า (a*) เมื่อมีอายุการเก็บรักษามากขึ้น ส่วนค่า (b*) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา มีค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

4.2.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมี

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเส้นขนมจีนแป้งหมักในสภาวะดัดแปรของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100%

สภาวะดัดแปร	เวลา(วัน)	ค่า pH
CO_2 100%	0	$4.31^{a} \pm 0.00$
	1	$4.31^{a} \pm 0.00$
	2	$4.06^{b} \pm 0.02$
	3	$4.01^{c} \pm 0.03$
	4	$3.96^{d} \pm 0.02$
	5	$3.66^{e} \pm 0.06$
	6	$3.53^{f} \pm 0.04$
	7	$3.20^{g} \pm 0.05$
	8	$2.53^{i} \pm 0.02$
	9	$2.50^{i} \pm 0.01$
	10	$2.99^{h} \pm 0.01$

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเส้นขนมจีนแป้งหมักในสภาวะดัดแปร ค่าความเป็นกรด-ด่างของ เส้นขนมจีนแป้งหมักในสภาวะดัดแปรของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% พบว่าเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปร อายุการเก็บที่ 1 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.31±0.00 อายุการเก็บที่ 2 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.06±0.02 อายุการเก็บที่ 3 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.01±0.03 อายุการเก็บที่ 4 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.01±0.03 อายุการเก็บที่ 5 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.66±0.06 อายุการเก็บที่ 6 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.53±0.04 อายุการเก็บที่ 7 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.53±0.04 อายุการเก็บที่ 8 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 2.53±0.02 อายุการเก็บที่ 9 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 2.50±0.01 และอายุการเก็บที่ 10 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 2.99±0.01 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเส้นขนมจีนที่นำมาทำการทดลอง เป็นขนมจีนประเภทแป้งหมักที่ได้จากการหมักแป้งเพื่อทำขนมจีนนั้นมีแบคทีเรียพวก *Lactobacillus sp.* และ *Streptococcus sp*. เกิดขึ้น ซึ่งเป็นกลุ่มที่สร้างกรด ส่วนสารสีเหลืองเกิดจาก *Lactobacillus sp.* (Toyoda และคณะ, 1979) ในระยะการหมัก 1 วัน จะเกิดกลิ่นหมักเล็กน้อย เนื่องจากปฏิกิริยาการหมักยังอยู่ในช่วงเวลาสั้นๆแบคทีเรียยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ เมื่อหมักข้าวต่อไประยะ 2 วัน ข้าวเริ่มมีความชื้นสูงขึ้น เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (weiser และคณะ,1978) ดังนั้นความเป็นกรดจึงเพิ่มขึ้น

4.3 ศึกษาการยอมรับสภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

4.3.1 ผลการศึกษาการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา

จากการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อการใช้สภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค โดยใช้แบบสอบถามกับผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน แบบสอบถามส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนนี้จะบอกถึง เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา

ข้อมูล	ร้อยละ
1. เพศ	
- ชาย	47
- หญิง	53
2. อายุ	
- 15-24 ปี	69
- 25-34 ปี	28
- มากกว่า 35 ปี	3
3. ระดับการศึกษา	
- มัธยมศึกษาตอนปลาย	9
- ปริญญาตรี	79
- สูงกว่าปริญญาตรี	12

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา **(ต่อ)**

ข้อมูล	ร้อยละ
4. อาชีพ	
- ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	16
- ครู/อาจารย์	2
- นักเรียน/นักศึกษา	74
- อื่น ๆ	8
5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	
- น้อยกว่า 5,000 บาท	24
- 5,001 - 7,500 บาท	19
- 7,501 - 10,000 บาท	21
- 10,001 - 15,000 บาท	12
- 15,001 - 20,000 บาท	16
- มากกว่า 20,000 บาท	8

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคเส้นขนมจีนแป้งหมักของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคเส้นขนมจีนแป้งหมักของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา

ข้อมูล	ร้อยละ
4. ท่านเคยรับประทานเส้นขนมจีนแป้งหมักหรือไม่	
- เคย	77
- ไม่เคย	23

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคเส้นขนมจีนแป้งหมักของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา **(ต่อ)**

ข้อมูล	ร้อยละ
5. ความถี่ในการรับประทานเส้นขนมจีนแป้งหมัก	
- น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	57
- 1-2 ครั้ง/สัปดาห์	30
- 3-4 ครั้ง/สัปดาห์	8
- มากกว่า 3-4 ครั้ง/สัปดาห์	5
6. หากมีการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค ท่านจะสนใจหรือไม่	
- สนใจ	75
- ไม่สนใจ	25
7. ปกติท่านซื้อเส้นขนมจีนแป้งหมักที่ไหน	
- ร้านค้าตามตึกแถว	17
- ห้องอาหาร/ร้านอาหาร	28
- ตลาดทั่วไป	55
8. เหตุผลที่ท่านเลือกซื้อเส้นขนมจีนแป้งหมักมาบริโภค (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	
- รสชาติอร่อย	35
- มีราคาถูก	45
- หาซื้อง่าย	28
9. ปัญหาที่พบในการซื้อเส้นขนมจีนแป้งหมักตามท้องตลาด	
- กลิ่นหมักรุนแรง	42
- อายุการเก็บรักษาสั้น	28
- มีรสเปรี้ยวเกินไป	20
- เส้นขนมจีนนิ่ม เละ	10

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคเส้นขนมจีนแป้งหมักของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา **(ต่อ)**

ข้อมูล	ร้อยละ
10. เมื่อบริโภคเส้นขนมจีนแป้งหมักแล้วเกิดอาการท้องเสียหรือโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารหรือไม่	
- เคย	38
- ไม่เคย	62

จากตารางที่ 4.6 การศึกษาการยอมรับเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งมีผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบจำนวน 100 คน พบว่า พฤติกรรมในการบริโภคเส้นขนมจีนแป้งหมัก ผู้ที่เคยบริโภคเส้นขนมจีนแป้งหมักคิดเป็นร้อยละ 77 มีความถี่ในการบริโภคขนมจีนแป้งหมักคิดเป็นร้อยละ 57 ซึ่งน้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ มีผู้บริโภคที่สนใจขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคที่มีการยืดอายุการเก็บรักษาโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ร้อยละ 75 10 และเหตุผลที่เลือกซื้อเส้นขนมจีนแป้งหมักมาบริโภค คือ มีราคาถูก รสชาติอร่อย และ หาซื้อง่าย คิดเป็นร้อยละ45 35 และ 28 ตามลำดับ ทั้งนี้ปัญหาที่ผู้บริโภคพบในการซื้อเส้นขนมจีนแป้งหมักตามท้องตลาด คือมีกล่นหมักที่รุนแรง อายุการเก็บรักษาสั้นมีรสเปรี้ยวเกินไป และมีเส้นขนมจีนนิ่ม เละ คิดเป็นร้อยละ 42 28 20 และ10 ตามลำดับ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลด้านการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา

ข้อมูล	ร้อยละ
13.กรุณารับประทานเส้นขนมจีนแป้งหมักในการใช้สภาวะดัดแปร โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา ในแต่ละด้าน และใส่เครื่องหมาย (√) ลงในช่องระดับความพึงพอใจ	
13.1 ลักษณะปรากฏ	
- มากที่สุด	19
- มาก	43
- ปานกลาง	28
- น้อย	10
13.2 สี	
- มากที่สุด	19
- มาก	39
- ปานกลาง	28
- น้อย	14
13.3 กลิ่น	
- มากที่สุด	10
- มาก	37
- ปานกลาง	38
- น้อย	15
13.4 กลิ่นรส	
- มากที่สุด	16
- มาก	39
- ปานกลาง	38
- น้อย	11

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลด้านการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา **(ต่อ)**

ข้อมูล	ร้อยละ
13.5 รสชาติ	
- มากที่สุด	17
- มาก	37
- ปานกลาง	34
- น้อย	12
13.6 เนื้อสัมผัส	
- มากที่สุด	13
- มาก	43
- ปานกลาง	31
- น้อย	13
13.7 ความชอบโดยรวม	
- มากที่สุด	14
- มาก	46
- ปานกลาง	27
- น้อย	13
14.ท่านยอมรับในการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค	
- ยอมรับ	98
- ไม่ยอมรับ	2
15.หากมีการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค วางจำหน่าย ท่านคาดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่	
- ซื้อ	66
- ไม่ซื้อ	13
- ไม่แน่ใจ	21

จากตารางที่ 4.7 การศึกษาการยอมรับเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งมีผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบจำนวน 100 คน พบว่า ความพึงพอใจของผู้บริโภคทางด้านลักษณะที่ปรากฏอยู่ในเกณฑ์มาก คิดเป็นร้อยละ 43 ด้านสีอยู่ในเกณฑ์มาก คิดเป็นร้อยละ 39 ด้านกลิ่นอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง คิดเป็นร้อยละ

38 ด้านกลิ่นรสอยู่ในเกณฑ์มาก คิดเป็นร้อยละ 39 ด้านรสชาติอยู่ในเกณฑ์มาก คิดเป็นร้อยละ 37 ด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์มาก คิดเป็นร้อยละ 43 และด้านความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์มาก คิดเป็นร้อยละ 46 ทั้งนี้การยอมรับของผู้บริโภคในการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 98 และผู้บริโภคส่วนน้อยที่ไม่ให้การยอมรับ คิดเป็นร้อยละ 2 นอกจากนี้ยังมีการสอบถามผู้บริโภคเกี่ยวกับการวางจำหน่ายเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 66 มีผู้บริโภคที่ไม่แน่ใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 21 และมีผู้บริโภคที่ตัดสินใจไม่ซื้อคิดเป็นร้อยละ 13

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

ในการศึกษาคุณลักษณะการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค ซึ่งประกอบไปด้วย สภาวะ Vacuum ,ปกติ ,N_2 80% : CO_2 20% ,N_2 100% , N_2 60% : CO_2 40% , N_2 70% : CO_2 30% และ CO_2 100% ซึ่งบรรจุในถุงสุญญากาศที่มีพลาสติกชนิด PET เป็นส่วนประกอบ

5.1.2 ศึกษาการวิเคราะห์คุณสมบัติของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

5.1.2.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์

การตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของเส้นขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาไว้ในสภาวะดัดแปรที่แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่า เส้นขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ (Vacuum) มีอายุการเก็บรักษาได้น้อยที่สุด คือ 3 วัน ซึ่งตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.5×10^6 CFU/g ในวันที่ 4 ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนเส้นขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาในสภาวะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100 % มีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด คือ 12 วัน ซึ่งตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.5×10^6 CFU/g ในวันที่ 13 ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนด แต่ตัวอย่างทั้งสองสภาวะมีปริมาณ *S.aureus* ไม่เกิน 100 โคโลนี/กรัม ตามลำดับ

5.1.2.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ โดยการตรวจวัดค่าสี ซึ่งเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นขนมจีนแป้งหมักที่ใช้สภาวะดัดแปรของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอาบุการเก็บรักษา พบว่าค่าความสว่าง (L*) และค่า (a*) ของเส้นขนมจีนในแต่ละวันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่า (b*) ของเส้นขนมจีนในแต่ละวันตลอดการศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งค่าสีที่ปรากฏมีผลต่อความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค และยังเป็นการแสดงถึงความการเสื่อมเสียของอาหารได้

5.1.2.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมี

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเส้นขนมจีนแป้งหมักที่มีการยืดอายุการเก็บรักษาในสภาวะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% พบว่า อายุการเก็บที่ 1 วัน มีค่า pH เท่ากับ 4.31±0.00 จนถึงอายุการเก็บที่ 10 วัน มีค่า pH เท่ากับ 2.99±0.01 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า

ค่า pH ลดลงเมื่อมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากเส้นขนมจีนที่นำมาทำการทดลอง เป็นขนมจีนประเภทแป้งหมักที่ได้จากการหมักข้าวเพื่อนำมาผลิตเส้นขนมจีนนั้นทำให้เกิดจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแล็คติกเกิดขึ้น ในการหมักแป้ง 1 วันจะเกิดกลิ่นที่เกิดจากการหมักเล็กน้อยแป้งโดยอาศัยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแล็คติกมาทำการยืดอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 วัน เมื่อเวลาผ่านไปเชื้อจุลินทรีย์มีการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งทำให้มีการผลิตกรดแล็คติกสูงขึ้นตามไปด้วย จึงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง

5.1.3 ศึกษาการยอมรับสภาวะดัดแปรในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อการยืดอายุผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคด้วย CO_2 100% เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคที่ผ่านกระบวนการผลิตที่สามารถรับประทานได้ทันที พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคที่ผ่านการยืดอายุด้วย CO_2 100% เนื่องจากกลิ่นของเส้นขนมจีนแป้งหมักที่ยืดอายุด้วย CO_2 100% มีกลิ่นของแป้งหมักที่ไม่รุนแรง และในส่วนของลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านต่าง ๆ พบว่าไม่ต่างกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 อาจมีการนำผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนที่มีการผลิตจากสารสกัดจากธรรมชาติ หรือวัตถุดิบชนิดอื่น นอกจากแป้งข้าวจ้าวมาทำการยืดอายุการเก็บรักษาโดยใช้สภาวะดัดแปรได้

5.2.2 สามารถนำกรรมวิธีด้านแนวคิด ในการยืดอายุการเก็บรักษาโดยการใช้สภาวะดัดแปรมาศึกษาต่อเพื่อนำไปพัฒนาการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ใหม่ได้ในอนาคต

5.2.3 สามารถเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุ เนื่องจากพบว่าในบางสภาวะบรรจุภัณฑ์มีการบีบน้ำออกจากเส้นขนมจีน จึงทำให้เส้นขนมจีนเละ อาจมีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษา

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การรับผลิตภัณฑ์ขนมจีนแป้งหมักจากผู้ประกอบการโรงงานผลิตเส้นขนมจีน และการบรรจุขนมจีนในสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

ภาพที่ ก.1 การรับผลิตภัณฑ์ขนมจีนแป้งหมักจากผู้ประกอบการ ณ โรงงานผลิตเส้นขนมจีนทัพหลวง จังหวัดนครปฐม

ภาพที่ ก.1 การรับผลิตภัณฑ์ขนมจีนแป้งหมักจากผู้ประกอบการ ณ โรงงานผลิตเส้นขนมจีนทัพหลวง จังหวัดนครปฐม (ต่อ)

ภาพที่ ก.1 การรับผลิตภัณฑ์ขนมจีนแป้งหมักจากผู้ประกอบการ ณ โรงงานผลิตเส้นขนมจีนทัพหลวง จังหวัดนครปฐม (ต่อ)

ภาพที่ ก.2 บรรยากาศภายในโรงงานผลิตเส้นขนมจีนทัพหลวง จังหวัดนครปฐม

ภาพที่ ก.3 การบรรจุเส้นขนมจีนแป้งหมักภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปรต่าง ๆ โดยการใช้เครื่องซีลสุญญากาศ (vacuum) และเครื่องมิกซ์ก๊าซในการบรรจุ

ภาพที่ ก.3 การบรรจุเส้นขนมจีนแป้งหมักภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปรต่าง ๆ โดยการใช้เครื่องซีลสุญญากาศ (vacuum) และเครื่องมิกซ์ก๊าซในการบรรจุ (ต่อ)

ภาคผนวก ข

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ขนมจีน

มผช.500/2547

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ขนมจีน

1.ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมขนมจีนแป้งหมักและขนมจีนแป้งสด บรรจุในภาชนะบรรจุ

2.บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ขนมจีน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวจ้าวหรือข้าวจ้าวกล้องที่ผ่านการหมักหรือไม่ก็ได้ นำมาโม่และทับน้ำ หรือทำจากแป้งขนมจีน อาจผสมส่วนประกอบอื่น เช่น ใบเตย ดอกอัญชัน นำไปนวดโรยเป็นเส้นในน้ำเดือด ช้อนเส้นที่สุกแล้วใส่ในน้ำเย็น นำขึ้นแล้วจับเรียงทำเป็นรูปร่างตามต้องการ

3.คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องจับเรียงหรือทำให้มีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน อาจมีเส้นขาดได้บ้างเล็กน้อย

3.2 สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ

3.3 กลิ่น

ต้องไม่มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด

3.4 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

3.5 ลักษณะเนื้อสัมผัส

ต้องนุ่มเหนียว ไม่เละ

เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้วต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.6 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด เศษไม้ ชิ้นส่วนหรือปฏิกูลของสัตว์

3.7 วัตถุเจือปนอาหาร

หากมีการใช้วัตถุกันเสีย สารฟอกขาวและสารทำให้ข้นให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

3.8 ความเป็นกรด-ด่าง

3.8.1 ขนมจีนแป้งหมัก ต้องอยู่ระหว่าง 3.0 ถึง 4.5

3.8.2 ขนมจีนแป้งสด ต้องอยู่ระหว่าง 4.0 ถึง 6.0

3.9 จุลินทรีย์

3.9.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.9.2 สเตปฟีโลคอคคัส ออเรียส ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.9.3 บาซิลลัส ซีเรียส ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.9.4 เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำขนมจีน ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

5.การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุขนมจีนในภาชนะบรรจุที่เหมาะสมที่ไม่ได้ทำด้วยไม้ สะอาด แห้ง และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

5.2 น้ำหนักสุทธิของขนมจีนในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุขนมจีนทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ขนมจีนแป้งหมัก ขนมจีนแป้งสด

(2) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

(3) น้ำหนักสุทธิ

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

(5) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา

(6) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7.การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ขนมจีนที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.6 ข้อ 5. และข้อ 6. จึงจะถือว่าขนมจีนรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่น กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ3.1 ถึงข้อ 3.5 จึงจะถือว่าขนมจีนรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กกำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหารและความเป็นกรด-ด่าง ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 500 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.7 และข้อ 3.8 จึงจะถือว่าขนมจีนรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.4 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ใช้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 500 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอใช้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.9 จึงจะถือว่าขนมจีนรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างขนมจีนต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 ข้อ 7.2.3 และข้อ 7.2.4 ทุกข้อ จึงจะถือว่าขนมจีนรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8.การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่น กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบขนมจีนอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 วางตัวอย่างขนมจีนลงบนจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ 8.1.3)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องจับเรียงหรือทำให้มีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน อาจมีเส้นขาดได้บ้างเล็กน้อย	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ	4	3	2	1

กลิ่น	ต้องไม่มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด	4	3	2	1
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	4	3	2	1
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องนุ่มเหนียว ไม่เละ	4	3	2	1

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก
ให้ตรวจพินิจ
8.3 การทดสอบวัตถุเจือปนอาหารและความเป็นกรด-ด่าง
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีการทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ
8.4 การทดสอบจุลินทรีย์
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีการทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ
8.5 การทดสอบน้ำหนักสุทธิ
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

ภาคผนวก ก.
สุขลักษณะ
(ข้อ 4.1)

ก.1 สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.1.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.1.1.2 อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.1.1.3 ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.1.2 อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายต่อการบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.1.2.1 พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.1.2.2 แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.12.3 พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.2.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.3 การควบคุมกระบวนการทำ

ก.3.1 วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.3.2 การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.4 การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.4.1 น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.4.2 มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.4.3 มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้งอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.4.4 สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.5 บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก

ภาคผนวก ค
วิเคราะห์องค์ประกอบทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตัวอย่างอาหาร
2. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
3. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร พร้อมฝาปิด
4. ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
5. ออโต้ปิเปต 1 มิลลิลิตร
6. ตู้บ่มเชื้อ
7. หม้อนึ่งความดัน (Auto Claves)

   หมายเหตุ : จะต้องทำการอบฆ่าเชื้อในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายเจือจาง

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Count Agar
2. น้ำกลั่นบริสุทธิ์
3. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 8.5 เปอร์เซ็นต์

วิธีการตรวจวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ลงในถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ เทสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้นข้น 8.5 เปอร์เซ็นต์
2. นำไปตีป่นให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมอาหารเป็นเวลา 2 นาที
3. ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองที่มีสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้นข้น 8.5 เปอร์เซ็นต์
4. โดยระบุชื่อ-สกุล นักศึกษา วันที่ทำการทดลองที่ด้านล่างของจานเพาะเชื้อ ปิเปตตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจางต่างๆ 1 มิลลิลิตร ลงที่ตำแหน่งตรงกลางจานเพาะเชื้อ
5. จุ่มแท่งแก้วรูปตัวแอล (spreader) ในแอลกอฮอล์เข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ แล้วเอียง spreader ที่ขอบของบีกเกอร์เพื่อแยกแอลกอฮอล์ส่วนเกินออก
6. นำแท่งแก้วเกลี่ย spreader ที่ผ่านการจุ่มแอลกอฮอล์ไปเผาไฟจนแอลกอฮอล์ไหม้หมด และปล่อยให้ spreader เย็น
7. นำ spreader เกลี่ยเชื้อให้ทั่วจานจานเพาะเชื้อ และระมัดระวังไม่ให้มือสัมผัสกับขอบด้านในของจานเพาะเชื้อ

8. จุ่ม spreader ในแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 และกำจัดแอลกอฮอล์ส่วนเกินโดยให้แท่งแก้วสัมผัสกับของบีกเกอร์ นำเผาไฟจนแอลกอฮอล์ไหม้หมด ปล่อยให้เย็น และนำไปเกลี่ยเชื้อแบคทีเรียจานในจานเพาะเชื้อที่เหลือ
9. ตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วกลับจานเพาะเชื้อให้ด้านที่มีอาหารเพาะเชื้ออยู่ด้านบน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง
10. สังเกตลักษณะของโคโลนีที่ปรากฏ

การวิเคราะห์ปริมาณสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphyloccus aureus*)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตัวอย่างอาหาร
2. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
3. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร พร้อมฝาปิด
4. ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
5. ออโต้ปิเปต 1 มิลลิลิตร
6. ตู้บ่มเชื้อ
7. หม้อนึ่งความดัน (Auto Claves)

   หมายเหตุ : จะต้องทำการอบฆ่าเชื้อในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายเจือจาง

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Barid Parker Agar Base
2. น้ำกลั่นบริสุทธิ์
3. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 8.5 เปอร์เซ็นต์

วิธีการตรวจวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ลงในถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ เทสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้นข้น 8.5 เปอร์เซ็นต์
2. นำไปตีป่นให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมอาหารเป็นเวลา 2 นาที
3. ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองที่มีสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้นข้น 8.5 เปอร์เซ็นต์
4. โดยระบุชื่อ-สกุล นักศึกษา วันที่ทำการทดลองที่ด้านล่างของจานเพาะเชื้อ ปิเปตตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจางต่างๆ 1 มิลลิลิตร ลงที่ตำแหน่งตรงกลางจานเพาะเชื้อ

5. จุ่มแท่งแก้วรูปตัวแอล (spreader) ในแอลกอฮอล์เข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ แล้วเอียง spreader ที่ขอบของบีกเกอร์เพื่อแยกแอลกอฮอล์ส่วนเกินออก
6. นำแท่งแก้วเกลี่ย spreader ที่ผ่านการจุ่มแอลกอฮอล์ไปเผาไฟจนแอลกอฮอล์ไหม้หมด และปล่อยให้ spreader เย็น
7. นำ spreader เกลี่ยเชื้อให้ทั่วจานจานเพาะเชื้อ และระมัดระวังไม่ให้มือสัมผัสกับขอบด้านในของจานเพาะเชื้อ
8. จุ่ม spreader ในแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 และกำจัดแอลกอฮอล์ส่วนเกินโดยให้แท่งแก้วสัมผัสกับของบีกเกอร์ นำเผาไฟจนแอลกอฮอล์ไหม้หมด ปล่อยให้เย็น และนำไปเกลี่ยเชื้อแบคทีเรียจานในจานเพาะเชื้อที่เหลือ
9. ตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วกลับจานเพาะเชื้อให้ด้านที่มีอาหารเพาะเชื้ออยู่ด้านบน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง
10. สังเกตลักษณะของโคโลนีที่ปรากฏ

ภาคผนวก ง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพ

1.การวิเคราะห์ทางเคมี

การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC, 2000

นำตัวอย่างเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% มาตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยเครื่อง pH meter โดยปรับค่ามาตรฐานในการวัดแต่ละครั้งด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.00, 7.00 และ 10.00 ตามลำดับ ทำการตรวจวัด 3 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.การวิเคราะห์ทางกายภาพ

การตรวจวัดค่าสี (spectrophotometer) รุ่น CM-3500d

วิธีวิเคราะห์

1. เปิดสวิตช์เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดค่าสี
2. เข้าโปรแกรม Spectra Magic มีหน้าจอคอมพิวเตอร์
3. คลิกที่ปุ่ม Connect (ที่แถบข้างบน) เพื่อเป็นการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องวัดค่าสี จากนั้นลองสังเกตที่แถบทางล่างขวา เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว
4. ทำการคาริเบตเครื่อง (Calibration) หรือคลิกที่ปุ่ม Calibration (ที่แถบข้างบน) ใส่แผ่นกระจกใสไว้ที่ช่องข้างบนภายใน Target Mask
5. เมื่อคาริเบตเสร็จแล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม Measure Target ตั้งชื่อตัวอย่างใหม่ พร้อมกลับใส่ตัวอย่างชนิดแห้ง หรือชนิดเหลว ลงใน Target (ภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง)
6. จากนั้นปิดด้วยกระบอกสีดำข้างบน (กรณีที่วัดการสะท้อนของวัตถุ ด้านบน) ปิดด้วยตลับสีขาวด้านบน (กรณีวัดการส่งผ่านของวัตถุ)
7. จากนั้นเข้าที่ปุ่ม Measure Target ตั้งชื่อซ้ำของตัวอย่างดี (กรณีเป็นซ้ำของตัวอย่าง) จากนั้นทำตามข้อ 6 บันทึกผลการทดลอง จากตารางในคอมพิวเตอร์ ค่า L* a* b*

การแสดงภาพสี ประกอบด้วย

ค่า L* หมายถึง ค่าสว่าง มีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีเขียว

ค่า a* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดงหรือสีเขียว โดยค่าบวกแสดงถึงความเป็นสีแดง และค่าลบแสดงถึงความเป็นสีเขียว

ค่า b* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่าบวกแสดงถึงความเป็นสีเหลือง และค่าลบแสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

ภาคผนวก จ

แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภคการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค

<u>ส่วนที่ 1</u> แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

กรุณาท าเครื่องหมาย √ ลงใน ☐ ตามลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ ☐ 15 - 24 ปี ☐ 25 - 34 ปี ☐ มากกว่า 35 ปี

3. ระดับการศึกษา
   - ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย
   - ☐ ปริญญาตรี สูงกว่า
   - ☐ ปริญญาตรี

4. อาชีพ
   - ☐ ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ
   - ☐ ครู/อาจารย์
   - ☐ นักเรียน/นักศึกษา อื่นๆ
   - ☐ .....

5. ระดับรายได้เฉลี่ยต่อเดือน
   - ☐ น้อยกว่า 5,000 บาท
   - ☐ 5,001 - 7,500 บาท
   - ☐ 7,501 - 10,000 บาท
   - ☐ 10,001 - 15,000 บาท
   - ☐ 15,001 - 30,000 บาท
   - ☐ มากกว่า 30,000 บาท

<u>ส่วนที่ 2</u> แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการบริโภคเส้นขนมจีนแป้งหมักของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในสภาวะดัดแปรโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา

6. ท่านเคยรับประทานเส้นขนมจีนแป้งหมักหรือไม่

☐ เคย ☐ ไม่เคย

7. ความถี่ในการรับประทานเส้นขนมจีนแป้งหมัก

☐ น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ ☐ 3-4 ครั้ง/สัปดาห์

☐ 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ ☐ มากกว่า 3-4 ครั้ง/สัปดาห์

8. หากมีการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมัก พร้อมบริโภค ท่านจะสนใจหรือไม่

☐ สนใจ ☐ ไม่สนใจ

9. ปกติท่านซื้อเส้นขนมจีนแป้งหมักที่ไหน

☐ ร้านค้าตามตึกแถว ☐ ตลาดทั่วไป

☐ ห้องอาหาร/ร้านอาหาร

10. เหตุผลที่ท่านเลือกซื้อเส้นขนมจีนแป้งหมักมาบริโภค (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ รสชาติอร่อย ☐ หาซื้อง่าย

☐ มีราคาถูก

11. ปัญหาที่พบในการซื้อเส้นขนมจีนแป้งหมักตามท้องตลาด

☐ กลิ่นหมักรุนแรง ☐ มีรสเปรี้ยวเกินไป

☐ อายุการเก็บรักษาสั้น ☐ เส้นขนมจีนนิ่มเละ

12. เมื่อบริโภคเส้นขนมจีนแป้งหมักแล้วเกิดอาการท้องเสียหรือโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารหรือไม่

☐ เคย ☐ ไม่เคย

<u>ส่วนที่ 3</u> ข้อมูลด้านการยอมรับของผู้บริโภค

13. กรุณารับประทานเส้นขนมจีนแป้งหมักในการใช้สภาวะดัดแปร โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา โดยชิมทีละตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้ระดับความพึงพอใจที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน ดังนี้

4 = มากที่สุด **3 = มาก** **2 = ปานกลาง** **1 = น้อย**

คุณลักษณะ	**ตัวอย่างขนมจีนที่ใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุ การเก็บรักษา**	
	รหัส.....	**รหัส.....**
1. ลักษณะปรากฏ		
2. สี		
3. กลิ่น		
4. กลิ่นรส		
5. รสชาติ		
6. เนื้อสัมผัส (ความเหนียว นุ่ม)		
7. ความชอบโดยรวม		

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

14. เมื่อชิมแต่ละตัวอย่างเสร็จแล้วกรุณาประเมินการยอมรับของผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภค ซึ่งใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษา โดยใส่เครื่องหมาย √ ในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน

รหัส.....		**รหัส.....**	
☐ ยอมรับ	☐ ไม่ยอมรับ	☐ ยอมรับ	☐ ไม่ยอมรับ

15. หากมีการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคโดยวางจำหน่าย ท่านคาดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่

☐ ซื้อ ☐ ไม่แน่ใจ

☐ ไม่ซื้อ

16. ผู้ทดสอบชิมมีความต้องการลักษณะบรรจุภัณฑ์แบบใด ในการนำเส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อม บริโภคมาวางจำหน่าย

☐ แบบกล่อง ☐ แบบกระปุก

☐ แบบถุง/ซอง ฉีก

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550. **เทคโนโลยีของแป้ง.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. **ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร.** ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

จารียา เจนจารุพันธ์กุล. 2546. **คุณภาพทางจุลชีววิทยาของขนมจีน และเต้าคั่ว ซึ่งจำหน่ายในเขตอำเภอหาดใหญ่ และ อำเภอเมืองสงขลา.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ , สงขลา.

ธนวิทย์ ลายิ้ม. 2557. **การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ฝอยทองตัวน้อย.** คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ. กรุงเทพฯ.

พัชรี มีชัย. 2548. **การยืดอายุการเก็บรักษาลูกชิ้นปลานิลโดยใช้เทคนิคการปรับสภาพบรรยากาศ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.

ภควัฒน์ เดชชีวะ. 2547. **การใช้กัมและสตาร์ชดัดแปรสำหรับการผลิตขนมจีนหมักคืนรูปเร็ว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

_____และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2548. **การเปลี่ยนแปลงสมบัติของข้าวในระหว่างกระบวนการหมักขนมจีน ใน การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมจีน. มผช. 500/2547

มนต์ราม อินทรศิริ. 2550. **การปรับปรุงเส้นขนมจีนเพื่อพัฒนาเป็นขนมจีนหมักพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง.** วิทยานิพนธ์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2536. ศัพท์วิทยาศาสตร์ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. บริษัทสหธรรมิก จำกัด กรุงเทพฯ. 343 น.

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2536. **ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากจุลินทรีย์.** คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2537. **การเน่าเสียของอาหารและการป้องกัน.** คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2539. **จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร.** สำนักพิมพ์โอเดียน.

สิริพร สธนเสาวภาคย์ ,สุพรรณี จิตรพินิจยล และ วรรณี สมพร. 2534 การศึกษาจุลินทรีย์ในอาหารพร้อมบริโภค. **ว. อาหาร.** 21(3) : 205 – 212

อรอนงค์ นัยวิกุล, จิตธนา แจ่มเมฆ, สินีนาถ จรียโชติเลิศ และ ลัลนา ยังประสิทธิพร. 2533.การผลิตแป้งข้าวผสมเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเส้น: ขนมจีน. **วารสารอุตสาหกรรมเกษตร** (วิทย์.). 24(4).

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Banwart ,G. J. 1989. **Basic Food Microbiology. 2 nd.ed.** Chapman & Hall. USA.

Bordy, A.L. 1989. Controlled/Modified Atmosphere/Vacuum Packaging of Foods. Food & Nutrition Press, Inc., Connecticut. 179 p.

Heritage , J. 2003. **Medical Microbiology - A Brief Introduction.** [Online]. Retrieved September 25 , 2004. From http://www.bmb.leeds.ac.uk/mbiology.

Hintlian, C.B. and J.H. Hotchkiss. 1986. The Safety of Modified Atmosphere Packaging : A Review. Food Technol. 40(12) : 70-76.

Hirsch, A. 1991. Flexible Food Packaging : Questions and Answers. Van Nostrand Reinhold, New York. 217 p.

Kadoya, T. 1990. Food Packaging. Academic Press, Inc., California. 423 p.

Jay , J.M. 1996. Modern Food Microbiology. 5 th.ed. Chapman & Hall. London , Melbourne.

Jay , J.M. 2000. Modern Food Microbiology. 6 th.ed. Chapman & Hall. London , Melbourne.

ประวัติย่อผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ธนภพ โสตรโยม
   ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) MR. Thanapop Soteyome

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยคณบดี

3. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

   คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

   168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

   โทรศัพท์ 0 2281 9756-8 โทรสาร 0 2281 9759

E-mail : thanapop.s@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต/วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางการอาหาร	สถาบันราชภัฏพระนคร	2545
ปริญญาโท	เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต/เศรษฐศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2550
ปริญญาเอก	Ph.d. Food Science and Engineering (Sugar Engineering)	South china university of technology	2559

นักวิจัยร่วม

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางชญาภัทร์ กี่อาริโย
   ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) MRS. CHAYAPAT KEE - ARIYO

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

   คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

   168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

   โทรศัพท์ 0 2281 9756-8 โทรสาร 0 2281 9759

E-mail : chayapat.s@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาเอก	บธ.ด./การพัฒนาธุรกิจอุตสาหกรรมและทรัพยากรมนุษย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2557
ปริญญาโท	คศ.ม./คหกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2536
ปริญญาตรี	คศ.บ./อาหารและโภชนาการ (เกียรตินิยมอันดับ 1 เหรียญทอง)	วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา	2528

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นพพร สกุลยืนยงสุข
   ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) MR. Nopporn Sakulyunyongsuk

2. ตำแหน่งปัจจุบัน รองคณบดี

3. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 0 2281 9756-8 โทรสาร 0 2281 9759

E-mail : Nopporn.s@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาโท	คศ.ม./คหกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	-
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	-

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นพพร สกุลยืนยงสุข
   ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) MR. Nopporn Sakulyunyongsuk

2. ตำแหน่งปัจจุบัน รองคณบดี

3. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 0 2281 9756-8 โทรสาร 0 2281 9759

E-mail : Nopporn.s@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาโท	คศ.ม./คหกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	-
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	-

1. ชื่อ- สกุล (ภาษาไทย) **นางสาวดวงกมล ตั้งสถิตพร**

   (ภาษาอังกฤษ) Miss DUANGKAMOL TUNGSATITPORN

2. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย

   สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

3. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

   คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 168 ถนนศรีอยุธยาแขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ. 10300 โทรศัพท์ 0-2281 9231-4 ต่อ 6201 โทรสาร 0-2282-4490

   E-mail : duangkamol.t@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาตรี	คศ.บ./อาหารและโภชนาการ-พัฒนาผลิตภัณฑ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร	2550
ปริญญาโท	วท.ม./พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2553

1. ชื่อ- สกุล (ภาษาไทย) **นางสาวดวงรัตน์ แซ่ตั้ง**

   (ภาษาอังกฤษ) Miss Duangrat Saetang

2. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย

   สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

3. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

   คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 168 ถนนศรีอยุธยาแขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ. 10300 โทรศัพท์ 0-2281 9231-4 ต่อ 6201 โทรสาร 0-2282-4490

   E-mail : duangkamol.t@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาตรี	คศ.บ./อาหารและโภชนาการ-พัฒนาผลิตภัณฑ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร	2550
ปริญญาโท	วท.ม./พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2553

1. ชื่อ- สกุล (ภาษาไทย) **สาวินี เพียรชำนาญ**

   (ภาษาอังกฤษ) Miss Sewinee piansumnan

2. ตำแหน่งปัจจุบัน เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ

   สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

3. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

   คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 168 ถนนศรีอยุธยาแขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ. 10300 โทรศัพท์ 0-2281 9231-4 ต่อ 6201 โทรสาร 0-2282-4490

   E-mail : Sewinee.p@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาตรี	วท.บ./วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร	2556