



การพัฒนากระบวนการผลิตและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยา

Process development and shelf-life extension of Thai custard bread

เบญจพร รอดอาวุธ

ชื่นจิต พงษ์พูล

พรพรรณ จิ๋ว

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

2560

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์)

การพัฒนากระบวนการผลิตและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยา

Process development and shelf-life extension of Thai custard bread

เบญจพร รอดอาวุธ

ชื่นจิต พงษ์พูล

พรพรรณ จิ๋ว

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

2560

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์)

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนากระบวนการผลิตและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยา สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีโดยได้รับความร่วมมือจากผู้ร่วมวิจัยทุกท่าน นักวิชาการสายสนับสนุน นักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ซึ่งให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้วิจัย

21 กุมภาพันธ์ 2560

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาโดยใช้กลีเซอรอลซึ่งเป็นสารอิมเมกแทนต์ในการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) ทั้งในส่วนของไส้สังขยาและส่วนตัวขนมปัง ในการผลิตขนมปังสังขยาในส่วนของไส้สังขยามีการใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 และในส่วนตัวขนมปังมีการใช้กลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 และศึกษาผลกระทบที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกทิวิตีและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส การยอมรับรวม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design; RCBD) ใช้วิธี 9 point hedonic scale ผู้ทดสอบทั้งหมด 15 คน และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ผลการทดลองพบว่าการใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสในส่วนของไส้สังขยาที่ระดับร้อยละ 6 มีผลในการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำที่สุด (0.85) และมีค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมสูงสุดคือ 7.28 ส่วนการใช้กลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 3 ในส่วนตัวขนมปังมีความเหมาะสมในการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่ต่ำที่สุดคือ 0.83 และมีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมเท่ากับ 6.85 7.26 7.55 and 7.65 ตามลำดับ นำผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่ได้จากสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตจากส่วนไส้สังขยาและส่วนตัวขนมปังมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิห้องเย็น (4 องศาเซลเซียส) พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาภายใต้อุณหภูมิห้องจะสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา 3 วัน ส่วนผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิห้องเย็น 4 องศาเซลเซียส จะเก็บได้เป็นระยะเวลา 6 วัน โดยที่ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเท่ากับ 0.85 และมีค่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมอยู่ในระดับดีคือมีค่าคะแนนเท่ากับ 7.45, 6.40, 6.50 and 6.45 ตามลำดับ

คำสำคัญ           ขนมปัง   สังขยา   กลีเซอรอล   วอเตอร์แอกทิวิตี   การยืดอายุการเก็บ

## Abstract

The objectives of this research were to develop the process and extend shelf life of Thai custard bread using glycerol as humectants to reduce water activity ( $a_w$ ). The glycerol and fructose were incorporated at 0, 3 and 6% level of custard cream filling and only the glycerol was used at 0, 3 and 6% level of bread flour for Thai custard bread making. Their effects on water activity ( $a_w$ ) and the sensory quality (color, flavor, texture, and overall acceptability) were studied. This experimental design was randomized complete block design; RCBD. The method of sensory evaluation was based on the nine-point hedonic scale by 15 panelists and the data obtained were analyzed statistically using the analysis of variance (ANOVA) technique. The effect of incorporation of glycerol and fructose to custard cream filling at 6% level had the lowest water activity (0.85) and had the maximum overall acceptability scores (7.28). The optimum condition of bread was 3% glycerol which reduced water activity (0.83). The sensory quality scores of color, flavor, texture and overall acceptability were at 6.85, 7.26, 7.55 and 7.65 respectively. The custard cream filling was combined with bread and stored under different temperature such as ambient temperature conditions and refrigerated temperature of 4 degree celsius. It was found that the shelf life of Thai custard bread which stored under ambient conditions could last for 3 days. And shelf life of samples stored under refrigerator of 4 degree celsius was able to last for 6 days based on water activity (0.85), and the sensory quality scores through color, flavor, texture and overall acceptability at 7.45, 6.40, 6.50 and 6.45 respectively.

Keywords bread, custard, glycerol, water activity, shelf life extension

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตการวิจัย	1
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	3
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	16
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	22
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	34

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
----------	------

ตารางที่	หน้า	
1	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีโดยเฉลี่ย (ร้อยละ)	4
2	สูตรพื้นฐานไส้สังขยาที่ใช้ในการทดลอง	18
3	สูตรทดลองที่มีปริมาณการใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสที่ระดับต่างๆ	18
4	สูตรพื้นฐานส่วนขนมปังที่ใช้ในการทดลอง	19
5	สูตรทดลองส่วนของขนมปังที่มีปริมาณการใช้กลีเซอรอลระดับต่างๆ	20
6	ผลการวัดค่าทางกายภาพและทางเคมีของไส้สังขยาที่วางจำหน่ายวันแรก	22
7	ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังสังขยาที่วางจำหน่ายวันแรก	23
8	ผลการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยา 3 ยี่ห้อระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	23
9	ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) ของไส้สังขยา	24
10	ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้สังขยา	25
11	ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) ของส่วนตัวขนมปัง	26
12	ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของของส่วนตัวขนมปัง	26
13	ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังสังขยา	27
14	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ	28
15	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ของขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ	28
16	ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงที่สภาวะการเก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	30

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
--------	------

1	ลักษณะทางกายภาพของ ก) กลูเตน ข) กลูเตนิน ค) ไกลเตนิน	4
2	ความสัมพันธ์ของระดับวอเตอร์แอกทิวิตี ต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดต่างๆ	10
3	ความสัมพันธ์ของระดับวอเตอร์แอกทิวิตีต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ 20 °C	11
4	เครื่องหาค่าวอเตอร์แอกทิวิตี	34
5	ตู้อบลมร้อน	40

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ขนมปังสังขยาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยมจากผู้บริโภค ส่วนใหญ่มีการผลิตในระดับครัวเรือนซึ่งมีกำลังการผลิตค่อนข้างต่ำ แต่ในปัจจุบันมีการพัฒนาการผลิตมากขึ้นทำให้เป็นแหล่งอาชีพและแหล่งรายได้ของผู้ประกอบการและชุมชนจำนวนมากโดยเฉพาะจังหวัดอุทัยธานีที่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาให้เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์และสินค้าของฝากที่มีชื่อเสียงและเป็นที่ยอมรับในจังหวัดอุทัยธานีและจังหวัดใกล้เคียง แต่เนื่องด้วยขนมปังสังขยาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ประกอบด้วยส่วนของขนมปังที่อยู่ภายนอกซึ่งทำจากแป้งสาลี และส่วนของไส้สังขยาที่อยู่ภายในขนมปังสังขยามีส่วนประกอบของกะทิ น้ำตาลเป็นหลัก จัดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีอายุการเก็บสั้น ซึ่งมีปัจจัยภายในที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น ความชื้น ความเป็นกรดต่าง ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มากที่สุดคือค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูงจะทำให้จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดความเสื่อมเสียเจริญเติบโตได้ดีและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 1-2 วัน ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้นเป็นอุปสรรคต่อการขยายโอกาสทางการตลาดและช่องทางการวางจำหน่าย เพราะมีความเสี่ยงจากการเสื่อมเสียสูง นอกจากนี้กระบวนการผลิตที่ดำเนินการอยู่ยังไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 526/2547) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำพัฒนากระบวนการผลิตและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาโดยใช้กลีเซอรอลซึ่งจัดเป็นสารฮิวเมกแทนต์ ในระดับที่เหมาะสมในการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์นั้นยังได้รับการยอมรับด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยา โดยการใช้กลีเซอรอลในส่วนของไส้สังขยาและส่วนขนมปังให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่ใช้กลีเซอรอลและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษาการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี โดยใช้กลีเซอรอลเป็นสารฮิวเมกแทนต์ โดยทำการแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วนได้แก่ส่วนของขนมปัง และส่วนของไส้สังขยา ส่วนของขนมปังมีการทดลองใช้กลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 เพื่อหาปริมาณการใช้กลีเซอรอลที่เหมาะสมของ

ขนมปัง สังขยาในส่วนของตัวขนมปัง และศึกษาปริมาณการใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสที่เหมาะสม โดยใช้ที่ระดับ 0, 3 และ 6 ในส่วนของไส้สังขยา จากนั้นศึกษาคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่ได้จากการใช้สารฮิวเมกแทนต์ในปริมาณที่เหมาะสม ด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 point hedonic scale

## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรม

#### 1. ขนมปังสังขยา

ขนมปังสังขยาจัดเป็นขนมปังไส้ชนิดหนึ่ง ซึ่งหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งสาลีหรือแป้งสาลีผสมแป้งชนิดอื่น ยีสต์ น้ำตาลหรือสารให้ความหวาน เกลือ น้ำ ไขมัน อาจมีส่วนประกอบอื่น เช่น ธัญพืช สมุนไพร นม วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส นวดผสมให้เข้ากัน นำไปขึ้นรูป บรรจุใส่อยู่ภายในหรือตกแต่งหน้าด้วยส่วนประกอบต่างๆ เช่น สังขยา หมูหยอง หรือผสมส่วนประกอบต่างๆ ในเนื้อแป้ง เช่น ลูกเกด ผลไม้เชื่อมแห้ง หมักจนได้ที่ แล้วนำไปอบจนสุก (มผช. 526/2547)

ตัวขนมปังนั้นจัดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ ผลิตภัณฑ์นี้ประกอบด้วยส่วนผสมหลักที่สำคัญ 4 อย่าง คือแป้งสาลี ยีสต์ น้ำ เกลือ ส่วนผสมแต่ละอย่างจะทำหน้าที่เฉพาะในขนมปัง และถ้าขาดอย่างใดอย่างหนึ่งแล้วจะไม่สามารถทำขนมปังที่มีคุณภาพเพื่อการบริโภคได้ นอกจากนี้ส่วนผสมหลัก 4 อย่างนี้ แล้ว น้ำตาล น้ำมัน ไขมัน ไข่ ผลไม้รวม เครื่องเทศ สารให้กลิ่นรสเฉพาะอย่าง อาจเติมเข้าไปกับส่วนผสมหลัก เพื่อให้เกิดคุณลักษณะบางประการของขนมปังที่ส่วนผสมหลักไม่สามารถทำให้เกิดลักษณะเหล่านั้นได้ เกิดเป็นขนมปังชนิดต่าง ๆ ขึ้นอีกมากมายเช่น ขนมปังหวาน ขนมปังลูกเกด เคนนิช เพสตรี้ โดนัท ซอฟบัน และโรตต่าง ๆ ตามสัดส่วนของวัตถุดิบที่มีอยู่ในส่วนผสมนั้น ๆ (วัฒน์, 2543)

ส่วนของไส้สังขยาตามความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. (527/2547) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากกะทิ ไข่ แป้ง น้ำตาล เกลือ อาจเติมนม และอาจแต่งสีและกลิ่น (flavoring agent) ด้วยส่วนประกอบต่างๆ เช่น วานิลลา ใบเตยผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันนำไปให้ความร้อนจนสุกและมีความชื้นเหนียวที่เหมาะสม

#### 2. วัตถุดิบที่ใช้ในการทำขนมปัง

##### 2.1 แป้งสาลี

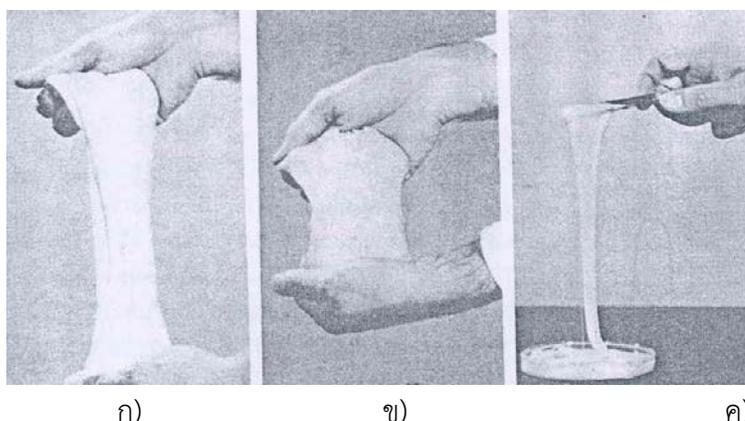
แป้งสาลีเป็นแป้งที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ทุกชนิด ไม่มีแป้งชนิดอื่นใช้แทนแป้งสาลีได้ทั้งหมด ทั้งนี้แป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิด ที่ร่วมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือ กลูเตนิน (glutenin) ร้อยละ 53 และไกลอะดีน (gliadin) ร้อยละ 47 (รุ่งฤดี, 2547) ซึ่งเมื่อแป้งผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งเรียกว่า “กลูเตน” (gluten) มีลักษณะเป็นยาง เหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเตนนี้จะเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ทำให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์ และจะเป็นโครงสร้างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีโดยเฉลี่ย (ร้อยละ)

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
เถ้า	1.8
โปรตีน	12.0
ไขมัน	2.1
เส้นใย	2.5
ความชื้น	12.0

ที่มา: Hosney (1994)

ในขณะที่ทั้งไกลอะดินและกลูเตนินมีพันธะไดซัลไฟด์เหมือนกัน แต่ไกลอะดินจะเป็นแบบเชื่อมกันภายในโมเลกุล ส่วนกลูเตนินมีพันธะเชื่อมภายนอกโมเลกุล ลักษณะที่แตกต่างกันนี้เนื่องจากองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่เรียงลำดับในสายพอลิเพปไทด์ที่ต่างกัน มีผลทำให้โครงสร้างและลักษณะของไกลอะดิน และกลูเตนต่างกันทางกายภาพ กล่าวคือ ไกลอะดินจะมีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 20,000-40,000 เนื่องจากมีพันธะเชื่อมภายในเป็นส่วนมาก ส่วนกลูเตนินจะมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าระหว่าง 50,000-1,000,000 หรือมากกว่า ดังนั้นไกลอะดินจึงมีคุณสมบัติในการไหลยืดได้ดีกว่ากลูเตนินซึ่งมีลักษณะคล้ายยาง แต่เมื่อรวมกันเป็นกลูเตนจะให้ลักษณะเหมาะสมมีความยืดหยุ่นดี (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของ ก) กลูเตน ข) กลูเตนิน ค) ไกลเตนิน

ที่มา: Hosney (1994)

แป้งสาลีมีปริมาณไกลอะดินและกลูเตนินมากใกล้เคียงกัน เมื่อนวดแป้งกับน้ำจะมีผลให้โปรตีนทั้งสองตัวรวมตัวกับน้ำกลายเป็นกลูเตน โดยที่กลูเตนจะคลุมเม็ดสตาร์ชไว้และกลูเตนมีความยืดหยุ่นทำให้โดอุ้มก๊าซที่เกิดขึ้นขณะหมักได้เป็นส่วนใหญ่ ทำให้โดพองฟูขึ้นหลายเท่า เมื่อนำเข้าอบจะทำให้เม็ดสตาร์ชดึงน้ำจากกลูเตน เพื่อใช้ในการเกิดเจลลาตินเซชันกลายเป็นสตาร์ชสุกทำให้กลูเตนสูญเสียสภาพจากเดิมที่เคยยืดหยุ่นกลับแข็งตัวขึ้นเป็นโครงสร้างของขนมปังร่วมกับสตาร์ชที่สุก โดยขนมปังจะมีเซลล์อากาศพรุนคล้ายฟองน้ำ ผนังเซลล์อากาศบางเป็นร่างแหเชื่อมกัน

เป็น รูปร่าง กลมบ้าง กระจายทั่วก้อนขนมปัง (อรอนงค์, 2540) และนอกจากสตาร์ชที่สูงจะช่วยให้เกิดโครงสร้างของขนมปังแล้ว ยังช่วยเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างการอบได้ด้วย แต่ความสามารถในการเก็บก๊าซของสตาร์ชมีน้อยกว่ากลูเตน ดังนั้นทั้งสตาร์ชและโปรตีนต่างก็มีส่วนช่วยกันในการเกิดลักษณะของเนื้อขนมปังที่ดี

### 2.1.1 ชนิดของแป้ง

แป้งสาลีที่ผลิตออกมาขายเพื่อการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่นั้นมี 3 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและคุณลักษณะ รวมถึงการใช้ประโยชน์ต่างกันคือ

2.1.1.1 แป้งขนมปัง มีโปรตีนสูง 12-14% โม้จากข้าวสาลีชนิดแข็งพวก hard red spring หรือ hard red winter ซึ่งเป็นข้าวสาลีที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง ใช้ทำผลิตภัณฑ์ขนมปังจัดขนมปังหวาน และผลิตภัณฑ์ที่ใช้หมักด้วยยีสต์ทุกชนิด ลักษณะของแป้งชนิดนี้คือ เมื่อลูด้วยมือจะรู้สึกคายมือคล้ายมีกรวด หรือหยาบเหมือนทราย มีสีครีม ไม่ขาว เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้งแป้งจะไม่เกาะตัวกัน แป้งชนิดนี้ใช้ยีสต์ในการขึ้นฟู เพราะยีสต์เท่านั้นที่จะทำให้ก้อนโดพองตัวได้

2.1.1.2 แป้งอเนกประสงค์ มีโปรตีนสูงปานกลาง 10-11% เป็นแป้งที่ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งกับชนิดอ่อนเข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์หลายๆ ชนิด ใช้ทำผลิตภัณฑ์ได้หลายอย่าง เช่น ขนมปังจัดและหวาน ขนมเค้กบางชนิด ปาท่องโก๋ บะหมี่ เพสตรี้ ใช้เวลาในการนวดแป้งน้อยกว่าขนมปัง ลักษณะของแป้งชนิดนี้จะมีลักษณะของแป้งขนมปังและแป้งเค้กรวมกัน สารที่ทำให้ขึ้นฟูสำหรับแป้งชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งยีสต์และผงฟู

2.1.1.3 แป้งเค้ก มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำประมาณ 7-9% โม้จากข้าวสาลีชนิดอ่อนพวก soft wheat และ soft red winter ใช้ทำเค้ก คุกกี้ ลักษณะของแป้งเมื่อลูด้วยนิ้วมือจะรู้สึกอ่อนนุ่มเนียนละเอียด มีสีขาวกว่าแป้ง 2 ชนิดแรก เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะเกาะรวมกันเป็นก้อนและคงรอยนิ้วมือไว้ แป้งชนิดนี้ใช้สารเคมีช่วยในการทำให้ขึ้นฟูเท่านั้น ไม่ใช้ยีสต์ ซึ่งสารเคมีก็ได้แก่ ผงฟู เบกิงโซดา เป็นต้น (จิตรนาและอรอนงค์, 2541)

## 2.2 น้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึก ละลายได้ดีในน้ำและมีรสหวาน จัดอยู่ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลที่มีขายในตลาดนั้นเป็นน้ำตาลทรายขาวที่ผลิตจากอ้อย น้ำตาลนี้เป็นซูโครสที่บริสุทธิ์ 99.9%

### 2.2.1 ชนิดของน้ำตาล

2.2.1.1 น้ำตาลทรายขาว (granulated sugar) ใช้มากในการทำเบเกอรี่ น้ำตาลทรายมีขนาดละเอียดต่างๆ กันมีตั้งแต่เป็นผงละเอียดมาก ธรรมดาและหยาบ ในต่างประเทศจะบอกขนาดความละเอียดไว้ที่กล่องบรรจุ สำหรับเมืองไทยที่วางขายทั่วๆ ไปมี 3 ขนาด คือ ขนาดธรรมดา ผลึกใหญ่หยาบ และเป็นผงละเอียด น้ำตาลทรายที่ใช้ได้ผลดีควรมีความละเอียดและขาว เพราะจะผสมเข้ากับส่วนผสมอื่นๆ ได้ดี เพราะผลึกที่ใหญ่ของมันจะไม่ละลายหมดและมักจะคงอยู่ในรูปเมล็ดผลึกของน้ำตาลจะไม่ละลายโดยความร้อนจากเตาอบและน้ำตาลที่อยู่ใกล้ๆ ผิวขนมจะเกิดเป็นจุดขึ้น นอกจากนั้นผลึกน้ำตาลที่หยาบจะดูดเอาดีบุกที่เคลือบเครื่องผสมหรือชามผสมทำให้เกิดสีเทาขึ้นในผลิตภัณฑ์และจะยิ่งเป็นมากขึ้นถ้าเนยหรือไขมันที่นำมาตีกับน้ำตาลเม็ดหยาบมีความเย็นมาก

อย่างไรก็ตามโอกาสที่จะใช้น้ำตาลทรายหยาบก็มีมาก เช่น ใช้ในการโรยไปบนคุกกี้ ย่อมส์ต่างๆ ใช้ทำไส้ขนมและไซร์สำหรับทำไอซิ่ง แต่งหน้าเค้ก ส่วนน้ำตาลผงใช้ในการทำไอซิ่ง

2.2.1.2 น้ำตาลไอซิ่ง (icing or confectionery sugar) น้ำตาลชนิดนี้เป็นผงละเอียดที่มีแป้งข้าวโพดปนอยู่ด้วยประมาณ 3% ทั้งนี้เพื่อป้องกันการจับตัวกันเป็นก้อนหรือป้องกันการเป็นผลึกของน้ำตาล ส่วนมากใช้ในการทำไอซิ่งและผสมกับแป้งทำแป้งเค้กสำเร็จรูป ความละเอียดของน้ำตาลชนิดนี้ช่วยให้ผสมง่ายขึ้นและมักใช้กับแองเจิ้ลเค้กในอุตสาหกรรมขนมอบ มักใช้ไอซิ่งทำหน้าขนม ขนมหวานที่ไม่ตั้งไฟและใช้คลุกขนม เป็นต้น

2.2.1.3 น้ำตาลทรายแดง (yellow or brown sugar) น้ำตาลชนิดนี้จะมีพวก คาราเมล แร่ธาตุ และความชื้นปนอยู่ด้วย ทั้งยังเป็นน้ำตาลที่ยังไม่บริสุทธิ์หรือเรียกว่าน้ำตาลดิบ น้ำตาลชนิดนี้ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการกลิ่นรส และสีของน้ำตาลทรายแดง ส่วนใหญ่ใช้ในการทำคุกกี้และเค้กบางชนิด เช่น ฟรุตเค้ก ไม่ใช้ในการทำเค้กที่มีความเบาตัว ถ้าจำเป็นต้องใช้ต้องเพิ่มการระมัดระวังให้มากในการผสม (วัตน์, 2543)

## 2.3 เกลือ

เกลือที่ใช้ในการทำขนมอบนั้นเป็นเกลือป่นละเอียดที่ใช้ประกอบอาหารต่างๆ ประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ 99% ส่วนที่เหลือเป็นความชื้น คลอไรด์และซัลเฟตอื่นๆ

### 2.3.1 ชนิดของเกลือ

2.3.1.1 เกลือธรรมดา (normal salt) ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมคาร์บอเนต และแคลเซียมซัลเฟต

2.3.1.2 เกลือกรด (acid salt) ได้แก่ โซเดียมไบคาร์บอเนตหรือเบกิงโซดา แคลเซียมแอซิก ไพรออสเฟต ซึ่งใช้ผสมในการทำผงฟูหรือเบกิงเพาเวอร์ และครีมออฟฟาร์ทาร์ (จิตธนาและอรอนงค์, 2541)

## 2.4 ไขมัน

ไขมันและน้ำมันประกอบด้วยกรดไขมัน (fatty acids) 3 โมเลกุลกับกลีเซอรอล (glycerol) ซึ่งกรดไขมันหนึ่งชนิดหรือมากกว่าหนึ่งชนิดจะรวมตัวกับโมเลกุลของกลีเซอรอลเพื่อให้เกิดเป็นไตรกลีเซอไรด์กลีเซอรอลเป็นของเหลวชั้นเหมือนน้ำเชื่อมไซร์ที่หนากว่าน้ำ มีรสหวาน โดยปกติแล้วส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์ที่มีลักษณะแข็งที่อุณหภูมิของห้อง เรียกว่า ไขมัน (fats) และส่วนประกอบที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิของห้อง เรียกว่า น้ำมัน (oil) ทั้งไขมันและน้ำมันจะมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าน้ำและมีคุณลักษณะต่างกันไป

### 2.4.1 ชนิดของไขมันและน้ำมัน

2.4.1.1 ไขมันหมูแข็ง (lard) เป็นไขมันที่ได้จากสุกร มีสีขาว มีกลิ่นและรสอ่อนๆ เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณของไขมันอยู่ 98 % ใช้ในการทำขนมปัง บิสกิต เปลือกพาย เค้กบางชนิดและคุกกี้ ไขมันหมูแข็งที่ดีควรตัดจากส่วนด้านข้างและด้านหลังของสุกร

2.4.1.2 เนยสด (butter) ทำจากส่วนที่เป็นไขมันของน้ำนมวัว ประกอบด้วยไขมัน 80% มีสีเหลือง มีกลิ่นรสหวาน มีลักษณะแข็งที่อุณหภูมิห้อง เนยสดนั้นใช้ได้ดีที่สุดในการให้กลิ่นรส แต่จะมีคุณสมบัติด้อยในการเป็นครีมคือ เนยสดจะตีเป็นครีมไม่ดีและขาดความเป็นเนื้อเดียวกัน

เค้กที่ทำจากเนยสดล้วนๆ โดยทั่วไปจะมีปริมาตรต่ำ เนื้อเค้กหยาบ แต่มีรสชาติหอมหวานหน้ารับประทาน

2.4.1.3 ไขมันพืช (hydrogenated vegetable oil) หรือเรียกว่า vegetable shortening ทำจากน้ำมันพืชบริสุทธิ์ที่ปราศจากกลิ่น เช่นน้ำมันมะพร้าว น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง โดยการนำไปผ่านก๊าซไฮโดรเจนภายใต้ความดันซึ่งมีนิกเกิลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ยิ่งผ่านก๊าซไฮโดรเจนเข้าไปมากเท่าไร ไขมันก็จะแข็งขึ้นเท่านั้น อาจจะใช้ไฮโมกลีเซอร์ไรต์เติมเข้าไป เพื่อให้ไขมันนั้นมีความสามารถในการดูดซึม และเก็บความชื้นไว้ได้สูง ซึ่งจัดเป็นไฮ-เรโซซอร์เทนิง สำหรับไขมันพืชที่ไม่ได้เติมโมโนโดกลี-เซอร์ไรต์ลงไปเป็นไขมันมาตรฐานที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิดหรือใช้ได้ทุกๆ ไปและตีครีมได้ดี แต่พวกที่เติมอิมัลซิไฟเออร์ลงไปเป็นไฮ-เรโซนั้นจะตีครีมไม่ได้ดีแต่จะใช้กับส่วนผสมที่มีน้ำตาลและน้ำสูง ไฮโดรเจนที่ผ่านเข้าไปในน้ำมันพืชจะเป็นตัวควบคุมการแข็งตัวของไขมันนั้นๆ ให้มีความแข็งตัวตามต้องการในการทำผลิตภัณฑ์แต่ละอย่างดังกล่าวแล้ว ไขมันส่วนใหญ่มีสีขาวซึ่งเราเรียกว่า เนยขาว จะไม่มีกลิ่นรส เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องและมีปริมาณไขมันถึง 100%

2.1.1.4 น้ำมันพืช (vegetable oil) เป็นน้ำมันที่ได้จากเมล็ดแห้งของพืชที่ให้น้ำมันนำมาผ่านกระบวนการต่าง ๆ โดยทำให้บริสุทธิ์ ขจัดสีและสิ่งแปลกปลอมออกไป แต่สีของน้ำมันก็จะต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ เช่น น้ำมันที่ได้จากถั่วลิสงและจากเมล็ดฝ้ายจะไม่มีสีในขณะที่น้ำมันจากข้าวโพดและถั่วเหลืองอาจจะมีสีเหลืองอ่อนๆ มีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องและมีปริมาณไขมันอยู่ 100% ส่วนใหญ่ใช้ในการทำขนมปัง โรลและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์เค้กบางชนิด เช่น ชิฟฟอนเค้ก ก็ใช้น้ำมันพืชเป็นตัวทำให้เค้กนุ่ม

2.1.1.5 ไขมันผสมหรือมาร์การีน (compound lard) ทำจากไขมันของพืชหรือสัตว์ที่นำเอามาผสมกับนมหรือครีม หรืออาจจะไม่ใส่นม และไข่สัตว์ก็ได้ เพื่อให้เหมาะแก่ความต้องการในด้านการลดไขมันของผู้บริโภค มาร์การีนนั้นมีทั้งสีขาวและสีเหลือง ผลิตขึ้นมาทดแทนเนยสดซึ่งสมัยหนึ่งเกิดขาดแคลนขึ้น โดยมีการปรุงแต่งให้มีรูปร่างลักษณะและกลิ่นรสใกล้เคียงกับเนยสดมากที่สุด จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เนยเทียม มีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องและมีปริมาณไขมัน 80-85% ใช้ทำขนมปัง ขนมเค้ก และบางชนิดที่จุดละลายสูงก็ใช้ในการทำแพสตรี้ ซึ่งเรียกว่า แพสตรีมาร์การีน (ทิพวารรณ, 2533)

## 2.5 น้ำ

นอกจากแข็งซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบแล้ว วัตถุดิบที่สำคัญรองลงมา ก็คือ น้ำ ซึ่งถ้าปราศจากน้ำ การผลิตขนมปังหรือการทำผลิตภัณฑ์อื่นๆ อย่างจะเกิดขึ้นไม่ได้ น้ำที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่นั้นอาจเป็นน้ำทั่วๆ ไป หรือเป็นน้ำที่อยู่ในน้ำมัน หรือน้ำผลไม้ก็ได้คือของเหลวที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ น้ำเป็นส่วนผสมที่จัดว่ามีราคาถูกที่สุดในการทำขนมปัง และเป็นส่วนผสมที่สำคัญมากขาดไม่ได้ เนื่องจากน้ำมีหน้าที่รวมตัวกับโปรตีนในแป้งให้เกิดเป็นกลูเตนสำหรับน้ำที่ใช้ตีหมัก หรือน้ำที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์อาหาร ควรเป็นน้ำบริสุทธิ์ปราศจากเชื้อแบคทีเรีย น้ำชนิดใดก็ตามที่สามารถดื่มได้ก็สามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้ (จิตธนาและอรอนงค์, 2541)

## 2.6 สิ่ง que ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูในขนมปัง

สิ่ง que ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู มีส่วนในการทำขนมอบเกือบทุกชนิดเพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความฟู เบาตัว การทำขนมอบมีการทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูได้หลายวิธีด้วยกันคือ

2.6.1 การขึ้นฟูด้วยอากาศ เช่น การตีเนยกับน้ำตาล การตีไข่ การร่อนแป้ง การขึ้นฟูด้วยไอน้ำ เกิดจากน้ำในส่วนผสมขยายตัวเป็นไอน้ำขณะอบ เช่น การพองตัวของครีมพัฟ การนึ่งสังขยา

2.6.2 การขึ้นฟูด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แบ่งออกเป็นสองกระบวนการคือ

- เกิดกระบวนการทางเคมี ได้แก่ ผงฟู ผงโซดา แอมโมเนีย

- เกิดกระบวนการทางชีวเคมี ได้แก่ ยีสต์ มีหน้าที่ช่วยเพิ่มปริมาตรของขนมปัง ทำให้มีลักษณะเนื้อและโครงสร้างที่ดี มีกลิ่นรสเฉพาะตัว ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการหมัก ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จากสารประกอบต่างๆ ในแป้ง ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้แป้งโดขยายตัวใหญ่ขึ้น

### 2.6.2.1 ประเภทของยีสต์ที่ใช้ทำขนมอบ

2.6.2.1.1 ยีสต์สด ยีสต์ชนิดนี้มีลักษณะอัดเป็นแผ่นเจริญเติบโตได้เร็ว เมื่อมีอาหารและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมและทำให้ขนมมีกลิ่นรสดี ราคาไม่แพง แต่ต้องเก็บรักษาในที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ตู้เย็นและเก็บได้เพียง 1-2 สัปดาห์ ปริมาณยีสต์ที่ใช้ในขนมอบประมาณ ร้อยละ 3 ของน้ำหนักแป้ง

2.6.2.1.2 ยีสต์แห้ง ชนิดเม็ด ยีสต์ชนิดนี้ต้องละลายน้ำอุ่น 40-45 องศาเซลเซียสก่อนนำไปผสมในส่วนของแป้ง สามารถเก็บรักษายีสต์ชนิดนี้ได้เป็นเวลานานในอุณหภูมิห้อง และเก็บได้นานหลายเดือนเมื่อเก็บในตู้เย็น ปริมาณการใช้ยีสต์ประมาณร้อยละ 1.5-2 ของน้ำหนักแป้ง

2.6.2.1.3 ยีสต์แห้งชนิดผงละเอียด ยีสต์ชนิดนี้ไม่ต้องละลายน้ำก่อนเติมลงในแป้ง สามารถผสมกับแป้งและของแห้งอื่นๆ ได้ทันที มีอายุการเก็บนานในช่องที่บรรจุอย่างมิดชิด ปริมาณการใช้ร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้ง (จิตธนาและอรอนงค์, 2541)

## 3. การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมอบ

การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบมักเกิดจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

### 3.1 การเสื่อมเสียทางกายภาพ (physical deterioration)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของขนมอบระหว่างการเก็บรักษา ที่สำคัญได้แก่ การรับหรือสูญเสียความชื้นภายในอาหารหรือระหว่างอาหารกับสิ่งแวดล้อม ในผลิตภัณฑ์ขนมปังการเคลื่อนย้ายของความชื้นภายในส่วนเนื้ออาหารเดียวกัน (moisture migration) และ staling คือสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ โดยการ staling เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เนื่องจากการเกิด retrogradation โดยการเกาะกันของอะไมโลสในสายที่คู่กันด้วยพันธะไฮโดรเจน ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้ส่วนเปลือกขนมปัง (crust) มีลักษณะแห้ง และเนื้อแป้ง (crumb) ด้านในเปลี่ยนเป็นร่วนและมีสีขาวขุ่น โดยทั่วไปขนมปังมีการเสื่อมเสียของคุณภาพเริ่มตั้งแต่นำขนมปังออกจากเตาอบ และการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งไม่เหมาะแก่การบริโภคหลังเก็บรักษาไว้ 2-5 วัน ซึ่งอะไมโลส จะเกิด retrogradation ได้เร็วกว่าอะไมโล

เพกตินมาก ดังนั้นผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ทำมาจากแป้งสาลีที่มีปริมาณอะไมโลสมากมักเสื่อมเสีย และมีอายุการเก็บรักษาสั้น อย่างไรก็ตามการใช้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ขนมปังอีกครั้งหนึ่ง (reheat) ก่อนการรับประทานจะช่วยให้ขนมปังกลับมานุ่มได้อีก (ศิรินทิพย์, 2547)

ผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนใหญ่มีองค์ประกอบหลายส่วน (multi-domain food) เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมปังไส้ไส้ต่างๆ ผลิตภัณฑ์พายเพสตรีที่มีไส้บรรจุภายใน ผลิตภัณฑ์พิซซา และ ผลิตภัณฑ์คุกกี้สอดไส้ เป็นต้น โดยในระหว่างการเก็บรักษาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ภายในผลิตภัณฑ์จากความแตกต่างของความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีในแต่ละส่วนของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของโมเลกุลน้ำ จากส่วนที่มีความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี สูงกว่าไปสู่ส่วนที่ต่ำกว่าอย่างต่อเนื่องจนถึงสภาวะสมดุล ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ของผลิตภัณฑ์จากที่มีความกรอบ/แห้งและความชื้นต่ำ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงขึ้นและ สูญเสียความกรอบ ซึ่งส่วนที่มีความชื้นมากกว่าเมื่อสูญเสียความชื้นจะเกิดการตกผลึกของน้ำตาล หากมีน้ำตาลเป็นส่วนผสมในปริมาณมาก การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับใน คุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Roos, 1995; Labuza and Hyman, 1998)

### 3.2 การเสื่อมเสียทางเคมี (chemical deterioration)

ผลิตภัณฑ์ขนมอบมักมีส่วนประกอบที่เป็นไขมันในปริมาณสูง ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยา rancidity การเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวในผลิตภัณฑ์ขนมอบ นอกจากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่น รสแล้ว ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ปฏิกิริยา rancidity ในผลิตภัณฑ์อาหาร เกิดได้จาก 2 ปฏิกิริยาหลัก ได้แก่ hydrolytic rancidity และ oxidative rancidity (ศิรินทิพย์, 2547)

hydrolytic rancidity เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการ hydrolysis ไขมัน ทำให้ไขมันเกิดการแตกตัวได้กลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ ซึ่งเป็นโมเลกุลสายสั้นและมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ โดยปริมาณความชื้นที่มากและเอนไซม์บางชนิดได้แก่ lipase เป็นผลต่อการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว (Nawar, 1996)

oxidative rancidity คือการ decomposition ของไขมันเมื่อสัมผัสกับก๊าซ  $O_2$  ทำให้เกิดกลิ่นหืนอย่างรวดเร็ว (lipid oxidation) ซึ่งการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ lipoxxygenase สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ oxidative rancidity จะเกิดได้ง่ายกับไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) อาจเรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่า autoxidation

การเกิด oxidation ของไขมันจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารสัมผัสกับอากาศ มีผลทำให้กลิ่นรส และสีของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง และปัจจัยที่มีผลต่อ lipid oxidation ของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ระยะเวลา อุณหภูมิในการเก็บรักษา แสงและก๊าซออกซิเจน โดย Labuza and Schmidl (1985) และ ศิรินทิพย์ (2547) รายงานว่าระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็น ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร

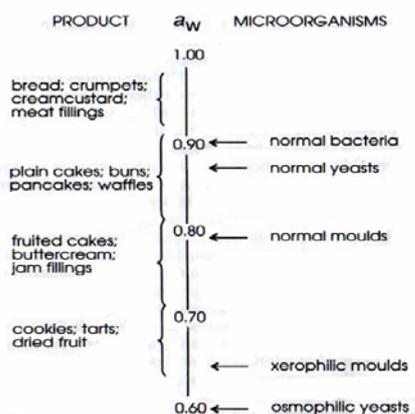
### 3.3 การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ (microbiological deterioration)

จุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญที่สุดของการของการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์อาหาร โดย จุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนใหญ่เสื่อมเสียได้เชื้อรา ซึ่งพบมากในผลิตภัณฑ์ขนมปังและ เค้กชนิดต่างๆ โดยการเจริญของจุลินทรีย์แต่ละประเภทในผลิตภัณฑ์อาหารจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ

กับระดับวอเตอร์แอกทิวิตี ของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ของผลิตภัณฑ์อาหารมีค่าน้อยกว่า 0.6 จุลินทรีย์จะถูกยับยั้งจนไม่สามารถเจริญเติบโต (Fennema, 1996) นอกจากนี้ ศิริินทิพย์ (2547) ได้รายงานว่าการเจริญของเชื้อ lactic acid bacteria และยีสต์ชนิด *Saccharomyces bacilli var. Osmophilus* ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นเปรี้ยว กลิ่นแอลกอฮอล์ และบรรจุภัณฑ์โป่งพองจากการสร้างก๊าซ CO<sub>2</sub> ในระหว่างการเจริญเติบโต กับผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทขนมปังครีมเปต

ศิริินทิพย์ (2547) รายงานการเจริญของจุลินทรีย์ต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่าเชื้อแบคทีเรียจะเจริญและทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี เท่ากับหรือมากกว่า 0.90 เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมปัง ครีมเปตและไส้ของผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีความชื้นสูงได้แก่ ไส้คัสตาร์ดครีม และไส้เนื้อสัตว์ สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีระดับวอเตอร์แอกทิวิตี เท่ากับหรือมากกว่า 0.70-0.090 เช่น เค้ก เวฟเฟิลจะพบการเจริญของเชื้อราและยีสต์ และผลิตภัณฑ์คุกกี้นี้ที่มีระดับวอเตอร์แอกทิวิตี ต่ำกว่า 0.70 จะพบการเจริญของเชื้อราชนิด xerophile และยีสต์ชนิด osmophile

นอกจากการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว จุลินทรีย์บางชนิดที่สร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ จะเจริญและสร้างสารพิษในผลิตภัณฑ์อาหารได้แตกต่างกันตามระดับวอเตอร์แอกทิวิตี ของผลิตภัณฑ์เช่นกัน ศิริินทิพย์ (2547) อ้างใน Zeuthen and Bogh-Sorensen (2003) พบว่าเชื้อ *Clostridium botulinum* สามารถเจริญและสร้างสารพิษได้ในระดับวอเตอร์แอกทิวิตี เท่ากับ 0.94 และระดับวอเตอร์แอกทิวิตี เท่ากับ 0.80 จะมีการสร้างสารพิษของเชื้อรา



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของระดับวอเตอร์แอกทิวิตี ต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดต่างๆ

ที่มา : Fennema (1976)

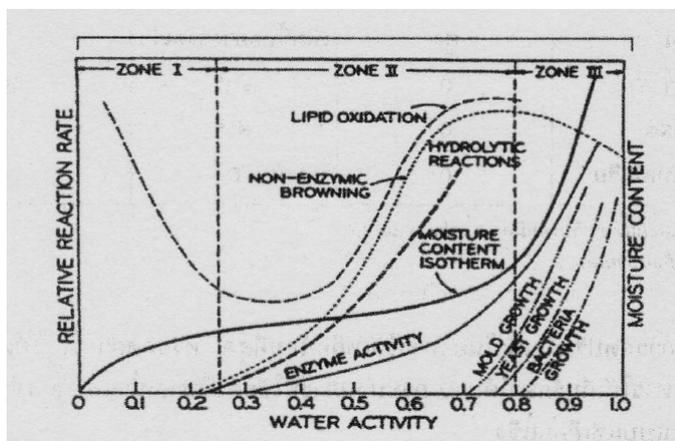
#### 4. ความสำคัญของค่า water activity ( $a_w$ )

น้ำในผลิตภัณฑ์อาหารประกอบด้วยน้ำยึดเกาะ (bound water) ซึ่งเป็นน้ำที่ความคงตัวแม้ที่จุดเยือกแข็ง (unfreezable water) และไม่สามารถใช้เป็นตัวทำละลายได้ น้ำในแคพพิลารี (capillary water) เป็นน้ำที่อยู่ในโครงสร้างเนื้อเยื่อ มีบทบาทต่อการเกิด hysteresis ในอาหาร และ free water ซึ่งเป็นน้ำที่อยู่ในรูปอิสระ ใช้เป็นตัวทำละลายมีปริมาณแตกต่างกันตามชนิดของอาหาร เป็นน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ในการเจริญ และ มีบทบาทในการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีของระบบ metabolism ภายในเซลล์จุลินทรีย์ การลดปริมาณน้ำจะช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์ในผลิตภัณฑ์อาหาร ส่งผลให้อาหารมีอายุการเก็บมากยิ่งขึ้น โดยการเติมตัวถูกละลายในผลิตภัณฑ์อาหารอาจลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ในอาหารให้น้อยลงจนถึงระดับที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (Deman, 1990)

ค่า water activity ( $a_w$ ) เป็นอัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหารที่ภาวะสมดุล (P) ต่อความดันไอน้ำบริสุทธิ์ ( $P_0$ ) ที่อุณหภูมิเดียวกัน หรืออธิบายได้จากปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ (equilibrium relative humidity, ERH) ที่สัมผัสอาหารเมื่ออยู่ในสภาวะสมดุล (Fennema, 1996) ดังสมการต่อไปนี้

$$a_w = P/P_0 = ERH/100$$

ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของอาหารโดย อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการเจริญของจุลินทรีย์จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของระดับวอเตอร์แอกทิวิตีต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ 20 °C

ที่มา : Fennema (1976)

จากรายงานของ ศรินทิพย์ (2547) อ้างใน Williams (1976) พบว่าปฏิกิริยา lipid oxidation จะมีอัตราสูงสุดเมื่อมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี อยู่ในช่วง 0.60-0.80 และจะเกิดในระดับต่ำสุดเมื่อมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.40-0.50 และที่ระดับวอเตอร์แอกทิวิตี สูงหรือต่ำกว่านี้ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองของ Baker (2002) ซึ่งทดลองเก็บรักษาถั่วลิสงอบ (roasted

peanuts) ที่ระดับวอเตอร์แอกทิวิตีต่างๆ กันคือ 0.33-0.67 โดยเปรียบเทียบค่า peroxide เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าระดับ วอเตอร์แอกทิวิตี มีผลกับอายุการเก็บรักษาถั่วลิสงอบ โดยที่ระดับวอเตอร์แอกทิวิตี เท่ากับ 0.67 มีอัตราการเกิดปฏิกิริยา lipid oxidation สูงสุดและลดลงตามลำดับ จนถึงที่ระดับวอเตอร์แอกทิวิตี เท่ากับ 0.33 นอกจากนี้พบว่าค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่นรส (flavor) ของถั่วลิสงอบลดลงเมื่อค่าวอเตอร์แอกทิวิตี เพิ่มขึ้นในระหว่างเก็บรักษา

## 5. สารลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (humectants)

การลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี เป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมอบ สารที่ใช้ในการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี หรือฮิวเมกแทนต์ มีหลายชนิด เช่น น้ำตาลต่างๆ เกลือ กลีเซอรอล และ pregelatinized waxy maize starch เป็นต้น ทั้งนี้การเลือกใช้สารฮิวเมกแทนต์เพื่อเติมในผลิตภัณฑ์ควรคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ ได้แก่ กลิ่นรส (flavor) ของสารที่ใช้ และต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค รวมถึงไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพด้านกายภาพและเคมีของอาหาร จนผู้บริโภคไม่ยอมรับในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (ศิรินทิพย์, 2547 อ้างใน Labuza and Hyman, 1998) สารฮิวเมกแทนต์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมีหลายชนิด ตัวอย่างที่นิยมใช้กัน คือ กลีเซอรอลซอร์บิทอล และมอลโตเด็คซ์ตริน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 5.1 กลีเซอรอล

กลีเซอรอลเป็นสารประกอบที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีความหวานประมาณ 0.6-0.7 เท่าของน้ำตาลซูโครส จัดเป็นสารประกอบประเภทไตรไฮดริคแอลกอฮอล์ (trihydric alcohol)

คุณสมบัติที่สำคัญของกลีเซอรอลนั้น ได้แก่ ความสามารถในการดูดความชื้น ความสามารถในการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์โดยการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ของผลิตภัณฑ์อาหาร การให้ความเหนียว ความสามารถในการเป็นตัวทำละลายที่ดี นอกจากนี้กลีเซอรอลจัดเป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้นจึงมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยาอย่างแพร่หลาย เช่นการใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ขนมอบเพื่อช่วยในการกักเก็บความชื้นมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่มและชุ่มชื้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนั้นกลีเซอรอลจะช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์และลดจุดเยือกแข็งในไอศกรีม การใช้กลีเซอรอลในการผลิต shortenings เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมขนมอบ การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์นมเพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดเพื่อช่วยในการเก็บความชื้นและป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล เป็นต้น (ศิรินทิพย์, 2547 อ้างใน Leffingwell and Lesser, 1945)

สำหรับประโยชน์ของการใช้กลีเซอรอลในอาหารนอกจากคุณสมบัติที่กล่าวมาแล้วข้างต้นแล้ว กลีเซอรอลยังใช้เป็นสารรักษาความชื้น ป้องกันไม่ให้อาหารแห้ง ช่วยลดค่าปริมาตรน้ำอิสระของอาหารได้ ทั้งยังเป็นสารเพิ่มสภาพพลาสติกชนิดที่ช่วยเก็บรักษาความอ่อนนุ่มและความเหนียว เป็นสารอิมัลชันและสารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์ประเภท มาคาริน น้ำสลัด และลูกกวาด เป็นต้น ตัวอย่างของการใช้กลีเซอรอลในการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ของอาหารได้แก่ การใช้เพื่อลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ของไส้เผือกกวนในขนมโมจิ (จิรวัดน์และคณะ, 2551) โดยการใส่กลีเซอรอลร้อยละ 80 ทดแทนน้ำตาลในไส้เผือกกวนของขนมโมจิจะสามารถลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (aw) จาก 0.91 เป็น 0.63 ได้ การใช้กลีเซอรอลเพื่อลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ในผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งแบบ

หวานน้อย โดยการเติมกลีเซอรอลที่ร้อยละ 10 สามารถลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ให้มีค่าต่ำกว่า 0.55 (นิษณา, 2542) การใช้กลีเซอรอลเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปียะ โดยใช้กลีเซอรอลที่ร้อยละ 16.7 จะสามารถลดระดับค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ในไส้ถั่วกวนได้ต่ำสุดเป็น 0.80 โดยที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับ นอกจากนี้กลีเซอรอลยังไม่มีผลต่อกลิ่นน้ำมัน กลิ่นถั่ว กลิ่นหีนและความหวานของผลิตภัณฑ์ (ปิยะนุช, 2545)

## 5.2 ซอร์บิทอล

ซอร์บิทอลเป็นสารประกอบที่จัดอยู่ในพวกโพลีออล (polyol) หรือ polyhydric alcohol หรือน้ำตาลแอลกอฮอล์ คุณสมบัติที่สำคัญของซอร์บิทอล ได้แก่ความสามารถในการละลายน้ำ ความสามารถในการดูดความชื้น มีความคงตัวต่ออนุมูลอิสระ มีความหวานประมาณ 0.5-0.6 เท่าของน้ำตาล นอกจากนี้ซอร์บิทอลจัดอยู่ในรายชื่ออาหาร GRAS (Generally Recognized As Safe) ดังนั้นจึงมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย เช่น การนำมาใช้ในอาหารสำหรับผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวาน เนื่องจากซอร์บิทอลมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลและถูกดูดซึมในร่างกายได้ช้า การนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อช่วยในการเก็บรักษาความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่มีความชุ่มชื้นตลอดการเก็บรักษาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม การนำไปใช้ในอาหารสุนัขเพื่อลดระดับวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นผลให้มีการป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

## 5.3 มอลโตเด็กซ์ตริน

มอลโตเด็กซ์ตริน คือ ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้จากการไฮโดรไลซ์แป้งด้วยกรดและ/หรือเอนไซม์แอลฟา-อะมิเลส มีค่า Dextrose Equivalent (D.E.) ต่ำกว่า 20 ประกอบด้วยส่วนที่เหลือจากการย่อยอะไมโลส และอะไมโลเพกทิน มีขนาดอยู่ในช่วง oligomers จนถึง macromolecules มอลโตเด็กซ์ตรินอาจผลิตในรูปของเหลวที่มีลักษณะคล้ายน้ำเชื่อม หรือผงแห้งที่ละลายน้ำได้ง่ายและไม่มีรสหวาน (จิรารัตน์, 2537) การจำแนกประเภทของมอลโตเด็กซ์ตรินโดยทั่วไปมักพิจารณาค่า D.E. เป็นหลัก ค่า D.E. ที่แตกต่างกันทำให้มอลโตเด็กซ์ตรินมีสมบัติทางกายภาพที่ต่างกัน นอกจากการใช้ค่า D.E. ซึ่งแสดงถึงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์เป็นดัชนีในการบ่งชี้สมบัติของมอลโตเด็กซ์ตรินแล้ว การวัดปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่มีค่า Degree of Polymerization (D.P.) ต่ำชนิดต่าง ๆ เป็นการวัดอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการจำแนกประเภทของมอลโตเด็กซ์ตริน เนื่องจากสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ ของมอลโต-เด็กซ์ตรินนั้นขึ้นกับสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตชนิดต่างๆ ด้วยเช่นกัน โดยทั่วไปเมื่อค่า D.E. ของมอลโต-เด็กซ์ตรินสูงขึ้น สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่มีค่า D.P. ต่ำๆ จะสูงขึ้น ทำให้การละลายของมอลโต-เด็กซ์ตรินดีขึ้นในด้านสมบัติทางกายภาพนั้น มอลโตเด็กซ์ตรินที่อยู่ในรูปผงแห้งจะมีสีขาวคล้ายแป้ง สามารถละลายได้ดีในน้ำร้อนและน้ำเย็น ส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินที่อยู่ในรูปของเหลว มีลักษณะเป็นสารละลายใส ไม่มีตะกอน สารละลายของมอลโตเด็กซ์ตรินมีความหนืดต่ำเมื่อเทียบกับสารละลายแป้งที่มีความเข้มข้นเท่ากัน ทั้งนี้ ความหนืดของสารละลายมอลโตเด็กซ์ตรินจะแปรผกผันกับค่า D.E. ตัวอย่างเช่น มอลโตเด็กซ์ตรินที่ผลิตจากแป้งมันฝรั่งที่มีค่า D.E. เท่ากับ 10 และ 14 เมื่อละลายน้ำให้มีความเข้มข้นร้อยละ 55 แล้ววัดความหนืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะมีค่าความหนืดเท่ากับ 2,000 และ 1,200 เซนติพอยส์ ตามลำดับ (จิรารัตน์, 2537) มอลโตเด็กซ์ตรินมีบทบาทมากในอุตสาหกรรมในปัจจุบัน มีการใช้ใน

หน้าที่แตกต่างกันไปในอาหารแต่ละประเภท เช่น เป็นสารให้ความชื้นหนืดในน้ำสลัดแบบข้น เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ขนมอบ หรือเป็นสารป้องกันการเกาะติดกันของผลิตภัณฑ์ขนมอบ หรือเป็นสารป้องกันการเกาะติดกันของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความสามารถในการดูดความชื้นสูง เป็นต้น (จิรารัตน์, 2537)

## 6. กระบวนการผลิตขนมปังสังขยา

การผลิตขนมปังสังขยาในส่วนของตัวขนมปังทำได้โดยนำส่วนผสมที่เป็นของแห้ง (แป้งขนมปัง แป้งเค้ก น้ำตาลทราย สารเสริมคุณภาพ ยกเว้นเกลือเสริมไอโอดีน กับยีสต์) ร้อนผ่านตะแกรงร่อน จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้จากการร่อนลงในโถปั่น เติมเกลือเสริมไอโอดีน ยีสต์ ปั่นด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (Kitchenaid) ที่ความเร็วระดับ 2 เติมน้ำไปปั่นจนแป้งจับตัวเป็นเม็ด เติมนม น้ำ และส่วนผสมที่เหลือ ผสมให้เข้ากันสังเกตได้จากโด (dough) ไม่ติดโถปั่น นำโดที่ได้มาใส่ภาชนะ (โถแก้ว หรือชามสเตนเลส) ใช้ถุงพลาสติกหรือผ้าขาวบางคลุม แล้วพักทิ้งไว้เพื่อให้โดขยายตัวขึ้นเป็น 2 เท่า หลังจากนั้นนำโดมาตัดเป็นก้อนๆ ละ 30 กรัม แล้วปั้นเป็นก้อนกลม ใส่ภาชนะที่เป็นถ้วยจิบ พักทิ้งไว้เพื่อให้โดขยายตัวเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าอีกครั้ง นำมาอบที่อุณหภูมิ 175-180 องศาเซลเซียส นานประมาณ 15-20 นาที จนได้สีขนมสวย พักขนมทิ้งไว้ให้เย็นก่อนบีบไส้ เมื่อเสร็จแล้วทานเหยงที่ผิวขนมปัง รอให้เย็น ฉีดไส้ในขนมปัง เพื่อความสวยงามจะบีบไส้ใส่จากด้านล่างฐานขนมปัง

การผลิตส่วนไส้สังขยาทำโดยนำส่วนผสม ได้แก่ กะทิ น้ำเย็น น้ำตาลทราย คนให้เข้ากัน ใส่ น้ำตาลทราย และเกลือป่นลงไป คนผสมให้ น้ำตาลทรายละลาย ตามด้วยไข่ไก่ ตีผสมให้เข้ากัน จากนั้นเทส่วนผสมใส่หม้อหรือกระทะ ใส่ส่วนผสมที่เหลือลงไป (ยกเว้นแป้งข้าวโพดคั่วๆ ร่อนลงไป พร้อมคนส่วนผสมทั้งหมด) นำไปตั้งไฟอ่อนๆ ใช้ตะกร้อมือคนไปเรื่อยๆ จนสุก (สังเกตได้จากส่วนผสมจะขึ้นเส้นตามรอยที่กวน ถือว่าใช้ได้) เติมนมข้นจืด คนให้เข้ากัน ตามด้วยเนย คนให้เข้ากัน พักทิ้งไว้จนเย็น แล้วจึงนำไปฉีดไส้ลงในส่วนของขนมปัง

## 7. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิษณา (2542) ทำการศึกษาการใช้กลีเซอรอล เพื่อลดค่า  $a_w$  ในผลิตภัณฑ์สับปะรดอบแห้งแบบหวานน้อย โดยศึกษาความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 ซึ่งพบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 สามารถลดค่า  $a_w$  ได้ต่ำสุด รองลงมาคือความเข้มข้นร้อยละ 15, 10 และ 15 ตามลำดับ

ปิยะนุช (2545) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปียะโดยการใช้สารลดค่า  $a_w$  และบรรจุภัณฑ์ โดยการแทนที่น้ำตาลซูโครสด้วยกลีเซอรอล ซอร์บิทอล และกลูโคสในระดับการแทนที่ร้อยละ 16.7, 33.3, 50 และ 66.7 พบว่ากลีเซอรอลให้ผลในการลดระดับ  $a_w$  ได้สูงสุด รองลงมาคือ ซอร์บิทอล และ กลูโคส และสามารถลดระดับ  $a_w$  ให้ต่ำกว่าได้ต่ำสุดเป็น 0.80 โดยที่คุณภาพทางประสาท

สัมผัสยังเป็นที่ยอมรับและมีราคาต้นทุนต่ำสุดด้วยการแทนที่ซูโครสด้วยกลีเซอรอลในระดับร้อยละ 16.7 การศึกษาอิทธิพลของการลด  $a_w$  ของไส้ถั่วกวน ชนิดฟิล์มที่ใช้ในการบรรจุ OPP/PE , PP และ การใช้สารดูดความชื้นในภาชนะบรรจุร่วมกัน พบว่าการลด  $a_w$  ของไส้ถั่วกวนทำให้ปริมาณความชื้น และระดับ  $a_w$  ของส่วนแบ่งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา นอกจากนี้ปัจจัยทั้งสามไม่มีอิทธิพลต่อกลิ่นน้ำมัน กลิ่นถั่ว กลิ่นเหิน และความหวานของผลิตภัณฑ์

จิรววัฒน์และคณะ (2552) ศึกษาการลด  $a_w$  ขนนมโมจิโดยแทนที่น้ำตาลซูโครสในไส้เผือกกวน ด้วย สารฮิวเมกแทนท์ 3 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล และกลูโคส ร้อยละ 20 30 50 70 และ 80 พบว่ากลีเซอรอลลดระดับ  $a_w$  ได้สูงสุด รองลงมาคือ ซอร์บิทอลและกลูโคส เมื่อระดับการแทนที่ น้ำตาลซูโครสด้วยกลีเซอรอลร้อยละ 20 50 และ 80 จะให้ค่า  $a_w$  ลดลงจากเดิม 0.91 เป็น 0.76 0.67 และ 0.63 ตามลำดับ ขณะที่ซอร์บิทอลที่ระดับการแทนที่น้ำตาลซูโครสร้อยละ 50 และ 70 สามารถลดค่า  $a_w$  เป็น 0.81 และ 0.83 ตามลำดับ ส่วนกลูโคสมีประสิทธิภาพดีเมื่อใช้ระดับร้อยละ 80 สามารถลดค่า  $a_w$  เป็น 0.87 โดยจะเห็นได้ว่ากลีเซอรอลร้อยละ 80 จะสามารถลดค่า  $a_w$  ได้ สูงสุดจากเดิม 0.91 เป็น 0.63 และไส้เผือกกวนที่ใช้กลีเซอรอลทดแทนซูโครสร้อยละ 20 มีต้นทุนต่ำที่สุดและมีผลทางประสาทสัมผัสที่ดีที่สุด เมื่อนำมาบรรจุในฟิล์มพลาสติก OPP/PE เก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้องนาน 14 วัน พบว่าขนนมโมจิสูตรปกติมีอัตราการเคลื่อนย้ายความชื้นจากไส้มายังแป้งเร็วกว่าสูตรลด  $a_w$  เนื่องจากระดับ  $a_w$  ที่แตกต่างของสององค์ประกอบซึ่งเข้าสู่จุดสมดุลที่  $a_w$  เท่ากับ 0.84 ในวันที่ 3 และ 0.80 ในวันที่ 4 การเคลื่อนย้ายความชื้นมีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บของ ขนนม ในช่วงแรกพบจำนวนจุลินทรีย์ค่อนข้างน้อยและมีการเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 4 ของขนนมทั้งสอง สูตร ขนนมโมจิที่มีการลด  $a_w$  ในไส้เผือกกวนพบอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ลดลงเท่ากับร้อยละ 55.36 และ 54.81 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรปกติ นอกจากนี้ยัง พบว่ากลีเซอรอลช่วยให้เนื้อสัมผัสขนมนุ่มกว่าสูตรปกติ โดยไม่มีผลต่อกลิ่น สี และรสชาติ

ณัฐวณิชกุล ชนิชา และรุ่งทิวา (2557) ได้ศึกษาการใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สอดไส้ครีมสับปะรด โดยใช้กลีเซอรอลทดแทนน้ำตาลในสูตรพื้นฐานที่ระดับร้อยละ 15 จะทำให้ได้ ผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สอดไส้ครีมสับปะรดที่มีค่าความชื้นร้อยละ 10.20 และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ลดลงเหลือ 0.72

Eichner and Kerel (1997) กล่าวว่า การเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลจะทำให้ค่า  $a_w$  ต่ำลง การเกิดสีน้ำตาลอาจต่ำลงเมื่อค่า  $a_w$  ต่ำ เนื่องจากความหนืดของอาหารลดลงจึงทำให้สารตั้งต้นไม่เข้ามาทำปฏิกิริยา

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์ในการผลิตขนมปังสังขยา

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| 1. แป้งขนมปัง (ตราหงส์) | 11. ยีสต์           |
| 2. แป้งเค้ก (ตราว่าว)   | 12. กลิ่นเนยสด      |
| 3. น้ำตาลทราย           | 13. กะทิ            |
| 4. เกลือเสริมไอโอดีน    | 14. แป้งข้าวโพด     |
| 5. สารเสริมคุณภาพ       | 15. สีเขียวแอมเบิ้ล |
| 6. เนยสด                | 16. กลิ่นใบเตย      |
| 7. เนยขาว               | 17. กลิ่นกะทิ       |
| 8. ไข่ไก่เบอร์ 0        | 18. ผงวานิลลา       |
| 9. น้ำเย็น              | 19. กลิ่นวานิลลา    |
| 10. นมข้นจืด            |                     |

อุปกรณ์และเครื่องมือในการแปรรูป

1. เครื่องชั่ง
2. เครื่องตีขนมปัง
3. เครื่องครัวต่างๆ
4. ตู้อบขนมปัง

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. เครื่องวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water Activity; awรุ่น Aqua Lab Series 3TE)
2. เครื่องวัดค่าความหนืด (Brookfield Viscometer)
3. เครื่องแก้วและอุปกรณ์ต่างๆ
4. เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (pH meter)
5. ตู้อบลมร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Hot air oven)
6. ตู้เพาะเชื้อ (Incubator)
7. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบใช้ความดัน (autoclave)

วิธีการวิจัย

ตอนที่ 1 ศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บขนมปังสังขยาที่วางจำหน่าย

1.1 การศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่วางจำหน่ายในร้านขายของฝาก ต.เขาทอง อ. เมือง จ.นครสวรรค์ โดยเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ยี่ห้อได้แก่ แม่ปวยลั้ง แม่บุปผา และตั้งซ่งเซียง นำมาตรวจสอบคุณภาพดังต่อไปนี้

1.1.1 คุณภาพทางกายภาพได้แก่

- ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (Color quest XE รุ่น sn:/CQX2934)

- ค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer

#### 1.1.2 คุณภาพทางเคมีได้แก่

- ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี( $a_w$ ) ด้วยเครื่อง Water Activity; awรุ่น Aqua Lab

Series 3TE

#### 1.1.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ตามวิธีการ AOAC (2002)

#### 1.1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดย

การทดสอบความชอบและการยอมรับด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (คะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบที่สุด คะแนน 2 หมายถึงไม่ชอบมาก คะแนน 3 หมายถึงไม่ชอบปานกลาง คะแนน 4 หมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 หมายถึงเฉยๆ คะแนน 6 หมายถึงชอบเล็กน้อย คะแนน 7 หมายถึงชอบปานกลาง คะแนน 8 หมายถึงชอบมาก และคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ 15 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) และวิเคราะห์ผลการทดลองโดย Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's new multiple range test

ตอนที่ 2 ศึกษากระบวนการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยา โดยการใช้กลีเซอรอลในส่วนองไส้สังขยาและส่วนขนมปัง

โดยทำการศึกษาการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี โดยใช้กลีเซอรอลเป็นสารฮิวเมกแทนต์ เป็น 2 ส่วนได้แก่ส่วนองไส้สังขยาและส่วนของขนมปัง ดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาหาปริมาณการใช้กลีเซอรอลที่เหมาะสมในการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ในส่วนองไส้สังขยา

เตรียมไส้สังขยาโดยปรับสูตรพื้นฐานดังแสดงในตารางที่ 2 และเติมกลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 ของน้ำหนักรวมสูตร (ตารางที่ 3) โดยแทนที่การใช้น้ำตาลทรายบางส่วน และผลิตไส้สังขยาตามขั้นตอนดังนี้คือ นำส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นแป้งข้าวโพดใส่ลงในกระทะทองเหลืองที่ตั้งไฟอ่อนๆ ค่อยๆ ร่อนแป้งข้าวโพดลงไปพร้อมคนส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน หลังจากนั้นปิดไฟ ใส่เนยที่เตรียมไว้ และพักทิ้งไว้ให้เย็น เพื่อนำไปทดสอบคุณภาพด้านต่างๆ

ตารางที่ 2 สูตรพื้นฐานไส้สังขยาที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้ (% น้ำหนัก)
กะทิ	52.80
แป้งข้าวโพด	3.20
น้ำตาลทราย	7.40
นมข้นจืด	11.90
น้ำสะอาด	6.30
ไข่ไก่	14.85
เนยสด	3.20
เกลือ	0.05
ผงวานิลา	0.15
สีเขียวแอมป์เปิล	0.05
กลี้นใบเตย	0.05
กลี้นกะทิ	0.05

ตารางที่ 3 สูตรทดลองที่มีปริมาณการใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสที่ระดับต่างๆ

สูตร	กลีเซอรอล (%)	ฟรุคโตส (%)
1	0	0
2	3	0
3	6	0
4	0	3
5	3	3
6	6	3
7	0	6
8	3	6
9	6	6

นำผลิตภัณฑ์ไส้สังขยาที่ได้จากการศึกษาปริมาณการใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสไปตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ ต่อไปนี้ เพื่อคัดเลือกสูตรที่มีปริมาณการใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสที่ระดับเหมาะสมที่สุดในการนำไปศึกษาขั้นตอนต่อไป

#### 2.1.1 คุณภาพทางเคมีได้แก่

- ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) ด้วยเครื่อง Water Activity; awรุ่น Aqua Lab Series 3TE

2.1.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดยการทดสอบความชอบและการยอมรับด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (คะแนน 1

หมายถึงไม่ชอบที่สุด คะแนน 2 หมายถึงไม่ชอบมาก คะแนน 3 หมายถึงไม่ชอบปานกลาง คะแนน 4 หมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 หมายถึงเฉยๆ คะแนน 6 หมายถึงชอบเล็กน้อย คะแนน 7 หมายถึงชอบปานกลาง คะแนน 8 หมายถึงชอบมาก และคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ 15 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) และวิเคราะห์ผลการทดลองโดย Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's new multiple range test

2.2 ศึกษาหาปริมาณการใช้เกลือเซอรอลที่เหมาะสมในการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ในส่วนของตัวขนมปัง

เตรียมส่วนผสมขนมปัง โดยปรับสูตรพื้นฐานดังแสดงในตารางที่ 4 และเติมเกลือเซอรอลที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 ของน้ำหนักรวม (ตารางที่ 5) และผลิตส่วนผสมขนมปังตามขั้นตอนดังนี้คือ นำส่วนผสมที่เป็นของแข็ง เช่น แป้งขนมปัง (ตราหงส์) แป้งเค้ก (ตราว่าว) น้ำตาลทราย น้ำตาล และสารเสริมคุณภาพ ผสมเข้าด้วยกันบนตะแกรงร่อน ยกเว้น เกลือเสริมไอโอดีนกับยีสต์ ใส่แป้งที่ผสมลงในโถตีขนมปัง เติมส่วนผสมที่เหลือลงไป ตีผสมส่วนผสมทั้งหมดจนกระทั่งไม่ติดโถปั่นแล้วนำออกใส่กะละมัง คลุมด้วยผ้าขาวบางน้ำ ทิ้งให้โดขึ้นเป็น 2 เท่า นำแป้งมาตัดเป็นก้อน ก้อนละ 30 กรัม ใส่ภาชนะจิบ ทิ้งให้ขึ้นโดเป็น 2 เท่า อบประมาณ 10 นาที หลังจากนั้นทาเนยที่ผิวขนมปัง เก็บตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบคุณภาพด้านต่างๆ

ตารางที่ 4 สูตรพื้นฐานส่วนผสมขนมปังที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้ (% น้ำหนัก)
แป้งขนมปัง	31.90
แป้งเค้ก	10.64
น้ำตาลทราย	9.60
เกลือ	0.50
สารเสริมคุณภาพ	1.00
เนยสด	2.20
เนยขาว	3.72
ไข่ไก่	7.45
น้ำสะอาด	18.62
นมข้นจืด	13.30
ยีสต์	1.00
กลี้นเนยสด	0.05
กลี้นวานิลา	0.05

ตารางที่ 5 สูตรทดลองส่วนของขนมปังที่มีปริมาณการใช้กลีเซอรอลระดับต่างๆ

สูตร	กลีเซอรอล (%)
1	0
2	3
3	6

ส่วนของขนมปังมีการทดลองใช้กลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 เพื่อหาปริมาณการใช้กลีเซอรอลที่เหมาะสมของขนมปังสังขยาในส่วนของตัวขนมปัง แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปตรวจสอบค่าต่างๆ ต่อไปนี้ เพื่อเลือกสูตรที่มีปริมาณการใช้กลีเซอรอลที่ระดับเหมาะสมที่สุดในการนำไปศึกษาขั้นต่อไป

#### 2.2.1 คุณภาพทางเคมีได้แก่

- ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) ด้วยเครื่อง Water Activity; awรุ่น Aqua Lab Series 3TE

2.2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดยการทดสอบความชอบและการยอมรับด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (คะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบที่สุด คะแนน 2 หมายถึงไม่ชอบมาก คะแนน 3 หมายถึงไม่ชอบปานกลาง คะแนน 4 หมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 หมายถึงเฉยๆ คะแนน 6 หมายถึงชอบเล็กน้อย คะแนน 7 หมายถึงชอบปานกลาง คะแนน 8 หมายถึงชอบมาก และคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ 15 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) และวิเคราะห์ผลการทดลองโดย Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's new multiple range test

ตอนที่ 3 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่ใช้กลีเซอรอลและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

#### 3.1 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่ใช้กลีเซอรอล

นำผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่ผลิตโดยการปรับปรุงสูตรโดยใช้ปริมาณกลีเซอรอลที่ระดับเหมาะสมที่ได้จากการคัดเลือกในการทดลองตอนที่ 2 มาศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมเปรียบเทียบกับขนมปังสังขยาสูตรพื้นฐาน (สูตรควบคุม) ที่ไม่มีการใช้กลีเซอรอล โดยการทดสอบความชอบและการยอมรับด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (คะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบที่สุด คะแนน 2 หมายถึงไม่ชอบมาก คะแนน 3 หมายถึงไม่ชอบปานกลาง คะแนน 4 หมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 หมายถึงเฉยๆ คะแนน 6 หมายถึงชอบเล็กน้อย คะแนน 7 หมายถึงชอบปานกลาง คะแนน 8 หมายถึงชอบมาก และคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ 15 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่ม

ภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) และวิเคราะห์ผลการทดลองโดย Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's new multiple range test

### 3.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่สภาวะการเก็บต่างๆ

นำผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงบรรจุในกล่องกระดาษที่รองด้วยพลาสติกและเก็บรักษาที่ 2 สภาวะได้แก่ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพที่ระยะการเก็บรักษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

#### 3.1.1 คุณภาพทางเคมีได้แก่

- ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) ด้วยเครื่อง Water Activity; awรุ่น Aqua Lab Series 3TE

#### 3.1.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ตามวิธีการ AOAC (2002)

3.1.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดยการทดสอบความชอบและการยอมรับด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (คะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบที่สุด คะแนน 2 หมายถึงไม่ชอบมาก คะแนน 3 หมายถึงไม่ชอบปานกลาง คะแนน 4 หมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 หมายถึงเฉยๆ คะแนน 6 หมายถึงชอบเล็กน้อย คะแนน 7 หมายถึงชอบปานกลาง คะแนน 8 หมายถึงชอบมาก และคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ 15 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) และวิเคราะห์ผลการทดลองโดย Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's new multiple range test

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ตอนที่ 1 ศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บขนมปังสังขยาที่วางจำหน่าย

#### 4.1 ผลการศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บขนมปังสังขยาที่วางจำหน่าย

ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนืด และค่าสี คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่วางจำหน่ายในร้านขายของฝาก ต.เขาทอง อ. เมือง จ.นครสวรรค์ จำนวน 3 ยี่ห้อได้แก่ แม่ปวยลั้ง แม่บุปผา และตั้งซ่งเซียง พบว่า ขนมปังสังขยาทั้ง 3 ยี่ห้อนี้มีลักษณะรูปร่างคล้ายกันคือเป็นก้อนกลม น้ำหนักเฉลี่ยลูกละ 60-70 กรัม สีผิวด้านนอกขนมปัง (crust) มีสีน้ำตาลอ่อน และเนื้อขนมปัง (crumb) มีสีขาว ใสสังขยามีสีเขียว บรรจุในกล่องกระดาษจำนวน 10 ลูกต่อกล่อง เมื่อนำตัวอย่างทั้ง 3 ยี่ห้อมาวัดค่าคุณภาพทางกายภาพด้านความหนืดในส่วนของไส้สังขยา (ตารางที่ 6) พบว่าความหนืดของไส้สังขยาทั้ง 3 ยี่ห้อนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยยี่ห้อตั้งซ่งเซียงมีความหนืดในส่วนของไส้สังขยามากที่สุด รองลงมาคือแม่ปวยลั้งมีค่าเท่ากับ 4,545 เซนติพอยส์ และ 4,421 เซนติพอยส์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับตัวอย่างยี่ห้อแม่บุปผา ซึ่งมีค่าความหนืดเท่ากับ 3,590 เซนติพอยส์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนผลการตรวจสอบคุณภาพด้านสีด้วยเครื่องวัดสีพบว่าขนมปังสังขยาทั้ง 3 ยี่ห้อนี้มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง-เขียว ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน ( $b^*$ ) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และผลการตรวจสอบคุณภาพค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) พบว่าขนมปังสังขยาทั้ง 3 ยี่ห้อนี้มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งผลการวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาทั้ง 3 ยี่ห้อจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยามีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี อยู่ในช่วง 0.95-0.97 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การจัดกลุ่มอาหารตามความยากง่ายของการเสื่อมเสียแล้วจัดได้ว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาจัดอยู่ในอาหารกลุ่มที่มีการเสื่อมเสียง่าย เนื่องจากมีความชื้นสูงหรือมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) สูงกว่า 0.90 มีโอกาสในการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้อย่างรวดเร็วภายใน 1-2 วัน จึง ส่งผลให้อาหารกลุ่มนี้มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นมาก

ตารางที่ 6 ผลการวัดค่าทางกายภาพและเคมีของไส้สังขยาที่วางจำหน่ายวันแรก

ตัวอย่าง	ค่าความหนืด (cps)	ค่าสีไส้สังขยา <sup>ns</sup>			$a_w$ <sup>ns</sup>
		$L^*$	$a^*$	$b^*$	
ยี่ห้อแม่ปวยลั้ง	4,421±1.07 <sup>a</sup>	57.03±0.21	8.55±0.21	19.96±0.20	0.97±0.03
ยี่ห้อแม่บุปผา	3,590±2.59 <sup>b</sup>	56.94±0.57	8.90±0.60	18.89±0.18	0.97±0.05
ยี่ห้อตั้งซ่งเซียง	4,545±2.26 <sup>a</sup>	57.43±0.20	8.953±0.25	19.05±0.03	0.95±0.01

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ส่วนผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาทั้ง 3 ยี่ห้อด้านการยอมรับรวมพบว่าการยอมรับรวมจากผู้ทดสอบที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 7 กล่าวคือยี่ห้อยี่ห้อแม่ปวยลิ่ง ยี่ห้อแม่บุปผา และยี่ห้อตั้งซ่งเซียงมีค่าคะแนนการยอมรับรวมอยู่ในระดับขอบปานกลาง เท่ากับ 7.14, 7.00 และ 7.00 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังสังขยาที่วางจำหน่ายวันแรก

ตัวอย่าง	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่นรส <sup>ns</sup>	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม <sup>ns</sup>
ยี่ห้อแม่ปวยลิ่ง	7.29±0.9 <sup>a</sup>	6.86±1.57	6.57±1.90 <sup>b</sup>	7.14±1.35
ยี่ห้อแม่บุปผา	6.00±2.24 <sup>b</sup>	6.00±2.16	6.86±2.19 <sup>b</sup>	7.00±2.16
ยี่ห้อตั้งซ่งเซียง	6.57±1.81 <sup>b</sup>	6.71±1.38	7.29±1.11 <sup>a</sup>	7.00±1.41

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ส่วนผลการศึกษาคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยา 3 ยี่ห้อระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 8) พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาได้ 2 วัน คือมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ประมาณ 4.06-4.55 log cfu/g ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมปังใส่ไส้ (มพช. 526/2547) ได้กำหนดไว้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน  $1 \times 10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัมหรือประมาณ 4.0 log cfu/g ซึ่งก็จะเห็นได้ว่าขนมปังสังขยาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น มีการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์โดยเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วภายใน 1-2 วัน

ตารางที่ 8 ผลการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยา 3 ยี่ห้อระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)		
	0 <sup>ns</sup>	1 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>
ยี่ห้อแม่ปวยลิ่ง	1.85±0.22	3.55±0.35	4.25±0.25
ยี่ห้อแม่บุปผา	1.75±0.50	3.90±0.55	4.06±0.25
ยี่ห้อตั้งซ่งเซียง	1.90±0.35	3.35±0.22	4.55±0.22

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตอนที่ 2 ศึกษากระบวนการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยา โดยการใช้กลีเซอรอลในส่วนองไส้สังขยาและส่วนขนมปัง

4.2 ผลการศึกษาหาปริมาณการใช้กลีเซอรอลที่เหมาะสมในการลดค่าวอเตอร์แอกทีวิตี ในส่วนองไส้สังขยา

ผลของการเติมกลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 ต่อค่าวอเตอร์แอกทีวิตี ( $a_w$ ) แสดงดังตารางที่ 9 พบว่ากลีเซอรอลและฟรุคโตสมีผลต่อค่าวอเตอร์แอกทีวิตี คือเมื่อมีการเติมกลีเซอรอลและฟรุคโตสในปริมาณที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี ของไส้สังขยามีค่าลดลง เนื่องจากสารฮิวเมกแทนท์ที่ใช้ โดยเฉพาะกลีเซอรอลซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่ม polyhydroxyl alcohol ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลมาก ทำให้สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลในส่วนองน้ำในผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งผลของกลีเซอรอลที่ใช้ในการลดค่าวอเตอร์แอกทีวิตี ในผลิตภัณฑ์อาหารได้นั้น ให้ผลสอดคล้องกับการใช้กลีเซอรอลลดค่าวอเตอร์แอกทีวิตี ในขนมโมจิ (จิรววัฒน์และคณะ, 2551)

ตารางที่ 9 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าวอเตอร์แอกทีวิตี ( $a_w$ ) ของไส้สังขยา

สูตร	กลีเซอรอล (%)	ฟรุคโตส (%)	ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี ( $a_w$ )
1	0	0	$0.97 \pm 0.01^e$
2	3	0	$0.93 \pm 0.01^{de}$
3	6	0	$0.85 \pm 0.01^{de}$
4	0	3	$0.95 \pm 0.00^{cde}$
5	3	3	$0.94 \pm 0.01^{bc}$
6	6	3	$0.86 \pm 0.01^b$
7	0	6	$0.94 \pm 0.00^{cd}$
8	3	6	$0.92 \pm 0.01^{bc}$
9	6	6	$0.85 \pm 0.01^a$

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 10 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้สังขยา

สูตร	กลีเซอรอล (%)	ฟรุคโตส (%)	ค่าเฉลี่ยคะแนนทางประสาทสัมผัส			
			สี <sup>ns</sup>	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	การยอมรับรวม
1	0	0	7.51±0.03	6.39±0.04 <sup>ab</sup>	6.51±0.03	6.55±0.07 <sup>abc</sup>
2	3	0	7.06±0.02	6.15±0.02 <sup>ab</sup>	6.06±0.02	6.37±0.02 <sup>ab</sup>
3	6	0	7.01±0.02	6.02±0.02 <sup>a</sup>	6.01±0.02	6.18±0.02 <sup>a</sup>
4	0	3	7.39±0.05	6.81±0.02 <sup>bc</sup>	6.39±0.05	6.61±0.02 <sup>abc</sup>
5	3	3	7.54±0.06	6.80±0.05 <sup>bc</sup>	6.54±0.06	6.77±0.02 <sup>abc</sup>
6	6	3	7.62±0.09	6.59±0.02 <sup>ab</sup>	6.62±0.09	6.65±0.02 <sup>abc</sup>
7	0	6	7.57±0.00	6.87±0.02 <sup>bcd</sup>	6.57±0.00	6.58±0.05 <sup>abc</sup>
8	3	6	7.66±0.05	7.39±0.08 <sup>cd</sup>	6.66±0.05	7.11±0.08 <sup>bc</sup>
9	6	6	7.42±0.07	7.46±0.04 <sup>d</sup>	6.92±0.07	7.28±0.07 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05)

ns หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของไส้สังขยาแสดงในตารางที่ 10 พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสมีค่าคะแนนเพิ่มขึ้นจาก 6.02 เป็น 7.46 และคะแนนคุณภาพทางด้านการยอมรับรวมมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 6.18 เป็น 7.28 ตามลำดับ ซึ่งจะสังเกตได้ว่าสูตรที่ 3 จนถึงสูตรที่ 9 มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้งด้านกลิ่นรสและด้านการยอมรับรวมเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากว่าสูตรที่ 3 ถึงสูตรที่ 9 มีปริมาณ ฟรุคโตสเพิ่มมากขึ้นซึ่งส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวานเพิ่มมากขึ้น แต่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและด้านเนื้อสัมผัสของทั้งหมด 9 สูตรแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากผลการใช้กลีเซอรอลที่มีลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และค่าประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมในส่วนของไส้สังขยา จะเห็นได้ว่าสูตรที่ 9 ที่มีปริมาณการใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสระดับร้อยละ 6 สามารถลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตีได้ 0.845 (ต่ำกว่า 0.85) และมีผลคะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมอยู่ในระดับดีปานกลาง (คะแนน 7.28) ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพทางเคมีด้านค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ประกอบกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังกล่าว จึงคัดเลือกไส้สังขยาสูตรที่มีการใช้ปริมาณกลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสที่ระดับร้อยละ 6 ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

#### 4.3 ผลการศึกษาหาปริมาณการใช้กลีเซอรอลที่เหมาะสมในการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ในส่วนของตัวขนมปัง

ผลของการเติมกลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 ต่อค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของส่วนตัวขนมปัง แสดงดังตารางที่ 11 พบว่าการใช้กลีเซอรอลในระดับที่มากขึ้นจะส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของส่วนตัวขนมปังลดลงอย่างมีนัยสำคัญจาก 0.92 เป็น 0.83 เนื่องจากกลีเซอรอลจะจับกับน้ำ

อิสระในขั้นตอนการทำโตทำให้ให้น้ำนั้นไม่สามารถนำไปใช้ส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีลดลง ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของขนมปัง แสดงดังตารางที่ 12 พบว่าผลิตภัณฑ์ส่วนตัวขนมปังที่มีการใช้กลีเซอรอลที่ระดับ 0 3 และ 6 มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี และกลิ่นรสแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ขณะที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส และด้านการยอมรับรวมมีค่าคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) โดยคะแนนจะลดลงเมื่อมีการเติมกลีเซอรอลในระดับที่มากขึ้น และเมื่อเทียบสูตรที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 3 กับสูตรที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 6 มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) คือ 0.83 แต่สูตรที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 3 มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ )

ตารางที่ 11 ผลของการใช้สารกลีเซอรอลต่อค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของส่วนตัวขนมปัง

สูตร	กลีเซอรอล (%)	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี
1	0	0.92±0.01 <sup>a</sup>
2	3	0.83±0.02 <sup>b</sup>
3	6	0.83±0.02 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ )

ns หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 12 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของของส่วนตัวขนมปัง

สูตร	กลีเซอรอล (%)	ค่าเฉลี่ยคะแนนทางประสาทสัมผัส			
		สี <sup>ns</sup>	กลิ่นรส <sup>ns</sup>	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม <sup>ns</sup>
1	0	6.82±0.15	7.28±0.16	7.58±0.14 <sup>a</sup>	7.62±0.1 <sup>a</sup>
2	3	6.85±0.15	7.26±0.12	7.55±0.15 <sup>a</sup>	7.65±0.15 <sup>a</sup>
3	6	6.85±0.25	7.18±0.15	7.00±0.18 <sup>b</sup>	7.00±0.12 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ )

ns หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ดังนั้นในการคัดเลือกปริมาณการใช้กลีเซอรอลที่เหมาะสมในส่วนตัวขนมปังนั้นจะพิจารณาจากผลของคุณภาพทางเคมีด้านค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ประกอบกับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งจะเห็นว่าสูตรที่ 2 ที่มีการใช้กลีเซอรอลในส่วนตัวขนมปังระดับร้อยละ 3 มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำที่สุดคือ 0.83 และมีค่าคะแนนทางคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมอยู่ในระดับดีปานกลาง

(คะแนน 7.65) จึงคัดเลือกส่วนตัวขนมปังสูตรที่มีการใช้ปริมาณกลีเซอรอลร้อยละ 3 ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

ตอนที่ 3 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่ใช้กลีเซอรอลและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

#### 4.4 ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยา

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุง (ส่วนไส้สังขยามีใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุโกโตสที่ระดับร้อยละ 6 และส่วนตัวขนมปังมีใช้กลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 3) เทียบกับผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาสูตรควบคุม (สูตรพื้นฐานที่ไม่มีการใช้กลีเซอรอล) แสดงดังตารางที่ 13 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงและผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาสูตรควบคุมมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยมีคะแนนคุณภาพด้านสีอยู่ในช่วง 7.50-7.55 ด้านกลิ่นรสอยู่ในช่วง 7.62-7.65 ด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 7.55-7.58 และด้านการยอมรับรวมมีคะแนนอยู่ในช่วง 7.55-7.59 ดังนั้นการใช้กลีเซอรอลในกระบวนการผลิตขนมปังสังขยาสามารถลดค่าอวเทอร์แอคทีวิตีได้โดยที่ยังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระดับดี

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังสังขยา

สูตร	ค่าเฉลี่ยคะแนนทางประสาทสัมผัส <sup>ns</sup>			
	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
สูตรควบคุม	7.55±0.26	7.65 ±0.42	7.55±0.34	7.55 ±0.52
สูตรปรับปรุง	7.50±0.42	7.62±0.63	7.58±0.45	7.59±0.53

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

4.5 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงที่สภาวะการเก็บต่างๆ

ผลการตรวจสอบค่าอวเทอร์แอคทีวิตีของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงในกล่องกระดาษที่รองด้วยพลาสติกและเก็บรักษาที่ 2 สภาวะได้แก่ที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 14) พบว่าค่าอวเทอร์แอคทีวิตีของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาทั้ง 2 สภาวะนี้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ที่ทุกระยะเวลาการเก็บรักษา และการเก็บรักษาทั้ง 2 สภาวะนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของค่าอวเทอร์แอคทีวิตี ทั้งนี้เนื่องจากการเคลื่อนย้ายความชื้นจากส่วนไส้สังขยามายังส่วนตัวขนมปัง ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกิดจากระดับความชื้นที่ไม่เท่ากันทำให้มีการเคลื่อนย้ายความชื้นจากที่สูงกว่าไปยังที่ต่ำกว่าจนกระทั่งถึงจุดสมดุลย์

ตารางที่ 14 ค่าอเทอร์แอกทีวิตีของขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าอเทอร์แอกทีวิตี	
	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
1	0.82±0.01	0.82±0.01
2	0.85±0.01	0.83±0.01
3	0.85±0.01	0.82±0.01
4	0.87±0.01	0.84±0.01
5	-	0.84±0.01
6	-	0.85±0.01

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05)

ns หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05)

ผลการตรวจสอบคุณภาพด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงบรรจุในกล่องกระดาษที่รองด้วยพลาสติกและเก็บรักษาที่ 2 สภาวะได้แก่ที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 15) พบว่าขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องคือมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ประมาณ 4.05 log cfu/g ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน  $1 \times 10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัมหรือประมาณ 4.0 log cfu/g (มผช. 526/2547) ส่วนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสผลการตรวจจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดพบว่าที่ระยะเวลาวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.98 log cfu/g

ตารางที่ 15 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ของขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)	
	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
0	1.85±0.25 <sup>b</sup>	1.85±0.25 <sup>b</sup>
1	2.80±0.50 <sup>b</sup>	2.70±0.50 <sup>b</sup>
2	2.80±0.50 <sup>b</sup>	2.80±0.50 <sup>b</sup>
3	3.20 ±0.25 <sup>b</sup>	3.20±0.25 <sup>b</sup>
4	3.95±0.25 <sup>a</sup>	3.90±0.25 <sup>a</sup>
5	4.05±0.25 <sup>a</sup>	3.92±0.30 <sup>a</sup>
6	4.50±0.25 <sup>a</sup>	3.98±0.50 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05)

ns หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05)

ส่วนผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมของขนมปังสังขยาที่สภาวะการเก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 16) พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงที่เก็บรักษาจนถึงวันที่ 2 มีค่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (p >0.05) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 3 วันขึ้นไป ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<.05) ซึ่งแนวโน้มของการเก็บรักษาที่นานขึ้นค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสมีแนวโน้มลดลง จาก 7.13 เหลือ 6.40 ด้านเนื้อสัมผัสลดลงจาก 7.33 เหลือ 6.50 และด้านการยอมรับรวมลดลงจาก 7.23 เหลือ 6.45 แต่ยังถือว่าได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมอยู่ในระดับดี คือมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.45-6.66

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงที่สภาวะการเก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส			
	สี <sup>ns</sup>	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
0	7.53±0.11	7.13±0.12 <sup>a</sup>	7.33±0.12 <sup>a</sup>	7.23±0.12 <sup>a</sup>
1	7.63±0.11	7.13±0.12 <sup>a</sup>	7.23±0.12 <sup>a</sup>	7.25±0.12 <sup>a</sup>
2	7.50±0.11	7.00±0.12 <sup>a</sup>	7.25±0.12 <sup>a</sup>	7.25±0.12 <sup>a</sup>
3	7.46±0.11	6.56±0.12 <sup>b</sup>	6.66±0.12 <sup>b</sup>	6.66±0.12 <sup>b</sup>
4	7.50±0.11	6.40±0.12 <sup>b</sup>	6.76±0.12 <sup>b</sup>	6.56±0.12 <sup>b</sup>
5	7.48±0.11	6.40±0.12 <sup>b</sup>	6.52±0.12 <sup>b</sup>	6.52±0.12 <sup>b</sup>
6	7.45±0.11	6.40±0.12 <sup>b</sup>	6.50±0.12 <sup>b</sup>	6.45±0.12 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05)

ns หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05)

ซึ่งจากผลคุณภาพทางด้านเคมี ด้านจุลินทรีย์ และด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาสูตรปรับปรุงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานประมาณ 6 วัน โดยที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีอยู่ในระดับ 0.85 ค่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.98 log cfu/g และค่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมอยู่ในระดับดี คือมีค่าคะแนนเท่ากับ 6.45

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนากระบวนการผลิตและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาให้นานขึ้น และเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยการใช้ปริมาณกลีเซอรอลในระดับที่เหมาะสมคือร้อยละ 3 ในส่วนของขนมปัง จะทำให้มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีลดลงเหลือ 0.83 และมีค่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม เท่ากับ 6.85 7.26 7.55 และ 7.65 ตามลำดับ ส่วนการใช้กลีเซอรอลเพื่อลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตีในไส้สังขยาจะมีการใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตส ซึ่งระดับปริมาณการใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสที่เหมาะสมคือร้อยละ 6 จะทำให้มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.85 ค่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม เท่ากับ 7.42 7.46 6.92 และ 7.28 ตามลำดับ

2. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่ได้มีการพัฒนากระบวนการผลิตและการยืดอายุการเก็บรักษาโดยใช้กลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 3 ในการผลิตส่วนขนมปัง และการใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุคโตสที่ระดับร้อยละ 6 ในการผลิตส่วนไส้สังขยา จะได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับดี โดยมีค่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม เท่ากับ 7.50 7.62 7.58 และ 7.59 ตามลำดับ

3. อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่ได้มีการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้กลีเซอรอลในการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน โดยมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.85 และคุณภาพด้านจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ส่วนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา 6 วัน โดยมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.85 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม เท่ากับ 7.45 6.40 6.50 และ 6.45 ตามลำดับ

#### ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการเก็บรักษาเช่น PP OPP LDPE
2. ควรมีการศึกษาสถานะการบรรจุเพื่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เช่นการบรรจุแบบใช้ในโตรเจน หรือการใช้สารดูดความชื้น

## เอกสารอ้างอิง

- จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2539. เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิรวัดน์ กันต์เกรียงวงศ์ สุธาสิณี ชูจิตร ประเวทย์ ต้อยเต็มวงศ์ และวรวจน์ สุนทรสุข. 2551. การลด water activity ผลิตภัณฑ์ขนมโมจิด้วยสารฮิวเมกแทนท์. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: กรุงเทพฯ.
- จิรารัตน์ ทัดตติยกุล. 2537. การผลิตมอลโตเด็กซ์ทรินจากแป้งมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะมิเลสที่ทนต่อความร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.
- ทิพาวรรณ เฟื่องเอง. 2533. ขนมอบ. วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ: กรุงเทพฯ.
- นิราศ กิ่งวาที. 2546. การใช้สารลดความชื้นในการปรับปรุงคุณภาพสับปะรดแช่หิมอบแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ณัฐวดีนิตล ชณิชา และรุ่งทิวา กองเงิน. 2557. บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลสดไส้ครีมสับปะรด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. ลำปาง.
- นิษณา ลุงรุ่ง. 2542. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่หิมอบแห้งชนิดที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำ ปราศจากกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์และไม่มีสารเติมวัตถุกันเสีย และศึกษาอายุการเก็บ. โครงการวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม.
- ปิยะนุช คันโธ. 2545. การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปียะโดยใช้สารลดค่าออกเตอร้อแอคทีวิตีและบรรจุภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ไพโรจน์ วิริยจारी. 2545. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 526). 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมอบใส่ไส้. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 527). 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ไส้ขงยา. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.
- รุ่งฤดี สกุลณา. 2547. การใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนด์วิช. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์: ปทุมธานี.
- วัฒน์ บุญวิทยา. 2543. เทคโนโลยีขนมอบ. โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลัยเกษตร.
- ศิรินทิพย์ แสงสว่าง. 2547. การยืดอายุการเก็บพายไส้เผือกโดยใช้สารคงความชื้นและการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- สุธาทิพย์ ภัทรกุลวณิชย์ จิรวัดน์ กันต์เกรียงวงศ์ และวรวจน์ สุนทรสุข. 2549. การยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนกวนด้วยสารฮิวเมกแทนท์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2540. ข้าวสาลี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.
- อังคณา ไชยลังกส และ สุภาพร วิเศษนนท์. 2556. สูตรที่เหมาะสมและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลสออดไส้สับปะรด. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีราชภัฏวชิรญาณอุบล. ลำปาง.
- Baker, G.L. 2002. Storage water activity effect on oxidation and sensory properties of high-oleic peanuts. *Journal of Food Science*. 76(4): 1600-1603.
- Deman, J.M. 1990. *Principles of Food chemistry*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Eichner, K and Karel, M. 1997. The influence of water content and water activity on the sugar-amino browning reaction in model systems under various conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. (20), 218-223.
- Fennema, O.R. 1996. *Food Chemistry*. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Marcel Dekker.
- Hoseney, R.C. 1994. *Principles of cereal science and technology*, 2<sup>nd</sup> ed. American association of cereal chemists, St. Paul, MN.
- Labuza, T.P., and Schmidl, M.K. 1985. Accelerated shelf-life testing in foods. *Food Technology*. 39(9) : 57-64.
- Nawar, W.W. 1996. *Food Chemistry*. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Marcel Dekker.
- Pomeranz, Y., K.F. Finney and R.C. Hoseney. 1970. Molecular approach to breadmaking. Cited by A.C. Eliasson. *Cereals in Breadmaking*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Pyle, E.J. 1979. *Baking Science and Technology*. Vol. I. 2d ed., Siebel Publishing Company, Chicago, Illinois, 585 p.
- Roos, Y.H. 1995. Glass transition-related physicochemical changes in foods. *Food Technology*. 48(10) : 79-120.

## ภาคผนวก ก

### การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

#### 1. การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) โดยใช้เครื่องโดยใช้อqua Lab

วิธีการใช้เครื่อง

1. เปิดเครื่องโดยกดปุ่ม | / O
2. หน้าจอจะแสดงการตรวจสอบตัวเอง
3. เปิดฝาเครื่องแล้วนำงานตัวอย่างใส่เครื่อง กดลูกศรเลื่อนแถบสีให้อยู่ตรง Tare กด Enter 1 ครั้ง
4. ใส่ตัวอย่างอาหารโดยเกลี่ยให้ทั่วจาน
5. ปิดฝาเครื่อง เครื่องจะเริ่มหาความชื้น
6. เครื่องจะหยุดการทำงานแบบอัตโนมัติ เมื่อน้ำหนักที่วัดได้คงที่หลังจากเวลาผ่านไป 5.2 นาที
7. เปิดฝาเอาตัวอย่างออก



ภาพที่ 4 เครื่องหาค่าวอเตอร์แอกทิวิตี

## 2. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน

### วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่างแต่ละชนิดให้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ โดยการบดให้ละเอียด
  2. นำถ้วยอลูมิเนียม (moisture can) พร้อมฝาปิด ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง
  3. นำถ้วยอลูมิเนียม พร้อมฝาปิดใส่ในโถแก้วดูความชื้นระยะเวลาประมาณ 12-20 นาที
  4. ชั่งน้ำหนัก ถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด จดบันทึกน้ำหนักไว้
  5. ใส่ตัวอย่างอาหาร 2-5 กรัม ในถ้วยอลูมิเนียม
  6. นำไปอบในตู้อบลมร้อนโดยปิดฝา อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส
  7. นำถ้วยอลูมิเนียมออกจากตู้อบลมร้อน นำมาทำให้เย็นใน Desicator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก นำตัวอย่างเข้าไปอบต่อจนมีน้ำหนักคงที่หรือแตกต่างกันประมาณ 0.003-0.005 กรัม
  8. อาหารที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ชนิด Volatile หรือน้ำตาลประกอบอยู่มากมักมีน้ำหนักไม่คงที่ ควรอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 4 วันแทน
- หมายเหตุ ตัวอย่างอาหารที่ผ่านการอบแห้งแล้วให้นักศึกษาเก็บไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณไขมัน กรณีที่ต้องการเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์หาเถ้า ควรเลือกใช้ porcelain dish แทน aluminium can
- การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น.น.สด} - \text{น.น.แห้ง}}{\text{น.น.สด}} \times 100$$

$$\text{ปริมาณของแข็ง} = \frac{\text{น.น.แห้ง}}{\text{น.น.สด}} \times 100$$



ภาพที่ 5 ตู้อบลมร้อน

## ภาคผนวก ข

### การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

#### อุปกรณ์และสารเคมี

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA) ที่เตรียมและผ่านการฆ่าเชื้อ
2. peptone water ที่ปราศจากเชื้อ 225 ml ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
3. จานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
4. ปิเปต ขนาด 5, 10 ml ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
5. ตัวอย่างอาหาร
6. peptone water ที่ปราศจากเชื้อในหลอดทดลองที่มีฝาปิดหลอด หลอดละ 9 ml
7. ตะเกียงแอลกอฮอล์
8. สำลี และฟรอยด์
9. rack
10. กระบอกฉีดแอลกอฮอล์
11. ปีกเกอร์
12. แ่างแก้วเกลี่ยเชื้อ
13. เครื่องตีตัวอย่าง (stomacher)

#### 1. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร (Total Plate count)

1.1 เตรียมตัวอย่างอาหาร โดยนำขนมปังสังขยา ที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทมาทำความสะอาด ภาชนะภายนอก โดยการเช็ดด้วย alcohol เข้มข้นร้อยละ 70 ก่อนปิดภาชนะ

1.2 การเจือจางตัวอย่าง โดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัม แล้วเจือจางตัวอย่างด้วย peptone water ที่ปราศจากเชื้อ 225 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จะได้ตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง  $10^{-1}$

1.3 นำตัวอย่างไปตีให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจาง  $10^{-1}$  ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มี peptone water ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ ตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง  $10^{-2}$  แล้วทำการเจือจางตัวอย่างต่อไปตามวิธีการข้างต้น จนได้ ความเจือจาง  $10^{-6}$

#### 1.4 การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1.4.1 ดูดตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจางต่างๆ ตามต้องการ ใส่ plate plate ละ 0.1 มิลลิลิตร

1.4.2 เทอาหาร plate count agar (PCA) ที่กำลังหลอมที่อุณหภูมิ  $45^{\circ}\text{C}$  ลงใน plate ละ 15 มิลลิลิตร

1.4.3 pour plate ให้ตัวอย่างและอาหารเชื้อผสมรวมกัน วางทิ้งไว้ให้แห้ง

1.4.4 บ่มที่อุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$  นาน 48 ชั่วโมง

#### 1.5 การคำนวณจำนวนโคโลนี

1.5.1 จำนวนโคโลนีต่อกรัม (CFU/g หรือ CFU/mL) คือ จำนวนโคโลนีที่นับคูณด้วย dilution

1.5.2 ในการเลือก plat เพื่อนำมาคำนวณ โดยมีจำนวนโคโลนีที่นับได้อยู่ในช่วง 2-35 โคโลนี หลักเกณฑ์ที่ใช้มีหลายกรณี

- ถ้ามีเพียง 1 dilution เท่านั้นที่นับได้ ให้นับจำนวนทั้งหมดแล้วหาร 2
- ถ้านับได้ 2 dilution โดยที่จำนวนแตกต่างกันไม่เกิน 2 เท่า ให้ใช้ค่าเฉลี่ย plate ที่นับได้ แต่ถ้าจำนวนแตกต่างกันเกิน 2 เท่า ให้ใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้ dilution Factor แล้วให้เลือกใช้ค่าที่น้อยกว่า
- ถ้าจำนวนโคโลนีมีน้อยกว่า 2 หรือไม่อยู่ในช่วง 2-35 โคโลนี ให้รายงานเป็น Est (Estimated CFU/g or mL) โดยนับใน plate ที่มีจำนวนใกล้เคียง 35 โคโลนีหรือถ้าทุก plate มีน้อยกว่า 2 โคโลนี ให้นับ dilution ที่เจือจาง

## 2. การตรวจสอบยีสต์และราในอาหาร (Yeast and Mold)

- 2.1 การเตรียมตัวอย่างอาหาร เตรียมเช่นเดียวกับการทำ Total Plate Count
- 2.2 การเจือจางตัวอย่าง เตรียมเช่นเดียวกับการทำ Total Plate Count
- 2.3 เทอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) ที่หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 45°C ลงใน plate plate ละ 15 มิลลิลิตร กับ plate วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง
- 2.4 คูดตัวอย่างอาหารที่มีค่าความเจือจางต่างๆตามต้องการ ใส่ plate plate ละ 0.1 มิลลิลิตร
- 2.5 เกลี่ยอาหารให้ทั่ว plate โดยใช้แท่งแก้วปลายงอที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว (ด้วยการจุ่มใน 70% แอลกอฮอล์ ลนไฟทิ้งให้เย็น)
- 2.6 ปิดฝา plate วางทิ้งไว้ให้แห้งนาน 15 นาที พร้อมทั้งกลับ plate
- 2.7 บ่มที่อุณหภูมิ 35°C นาน 48 ชั่วโมง
- 2.8 นับจำนวนโคโลนี พร้อมทั้งคำนวณและรายงานผล คำนวณเช่นเดียวกับการทำ Total Plate Count

## ภาคผนวก ก

### มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 526/2547 (ขนมปังใส่ไส้)

#### 1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนครอบคลุมเฉพาะขนมปังที่มีไส้ซึ่งอาจบรรจุอยู่ในตักแต่งหน้าหรือผสมในเนื้อแป้ง บรรจุในภาชนะบรรจุ

#### 2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ขนมปังใส่ไส้ หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งสาลีหรือแป้งสาลีผสมแป้งชนิดอื่น ยีสต์ น้ำตาลหรือสารให้ความหวาน เกลือ น้ำ ไขมัน อาจมีส่วนประกอบอื่น เช่น ธัญพืช สมุนไพร นม วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส นวดผสมให้เข้ากัน นำไปขึ้นรูป บรรจุใส่อยู่ในหรือตักแต่งหน้าด้วยส่วนประกอบต่างๆ เช่น หมูหยอง ไก่ ปลาทูน่า สังขยา เผือก สับประรด ลูกเกด มะพร้าว หรือผสมส่วนประกอบต่างๆ ในเนื้อแป้ง เช่น ลูกเกด ผลไม้เชื่อมแห้ง หมักจนได้ที่ แล้วนำไปอบจนสุก

#### 3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน หากมีไส้บรรจุอยู่ในไส้ต้องไม่แตกหรือไหลออกมาภายนอกยกเว้นกรณีมีวัตถุประสงค์ต้องการให้เห็นส่วนที่เป็นไส้ หากมีการตักแต่งหน้าหรือ ผสมส่วนประกอบต่าง ๆ ในเนื้อแป้ง ส่วนประกอบต่าง ๆ ต้องกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ

3.2 สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่ไหม้เกรียม

3.3 กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม

3.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น ไม่แห้งหรือแข็งกระด้าง เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตาม ข้อ 8.1 แล้วต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนนและไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.5 สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.6 วัตถุเจือปนอาหาร หากมีการใช้สีและวัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

3.7 จุลินทรีย์

3.7.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน  $1 \times 10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.7.2 สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

3.7.3 บาซิลลัส ซีเรียส ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.7.4 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

#### 4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำขนมปังใส่ไส้ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

#### 5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุขนมปังใส่ไส้ในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้งปิดได้สนิทและสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

5.2 น้ำหนักสุทธิหรือจำนวนชิ้นของขนมปังใส่ไส้ในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก

## 6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุขนมปังใส่ไส้ทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ขนมปังใส่สังขยาใบเตย ขนมปังหน้าหมูหยอง ขนมปังสอดไส้มะพร้าว ขนมปังลูกเกด

(2) ส่วนประกอบที่สำคัญ

(3) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

(4) น้ำหนักสุทธิหรือจำนวนชิ้น

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

(6) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา เช่น ควรเก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

(7) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

## 7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ขนมปังใส่ไส้ที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่าง ต้องเป็นไปตามข้อ 3.5 ข้อ 5. และข้อ 6. จึงจะถือว่าขนมปังใส่ไส้รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.4 จึงจะถือว่าขนมปังใส่ไส้รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหารให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.6 จึงจะถือว่าขนมปังใส่ไส้รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.4 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวมโดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัมกรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.7 จึงจะถือว่าขนมปังใส่ไส้รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

### 7.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างขนมปังใส่ไส้ต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 ข้อ 7.2.3 และข้อ 7.2.4 ทุกข้อจึงจะถือว่าขนมปังใส่ไส้รุ้นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

## 8. การทดสอบ

### 8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบขนมปังใส่ไส้อย่างน้อย 5 คนแต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 วางตัวอย่างขนมปังใส่ไส้ลงบนจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 18

ตารางที่ 18 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน หากมีไส้บรรจุอยู่ภายใน ไส้ต้องไม่แตกหรือไหลออกมาภายนอก ยกเว้นกรณีมีวัตถุประสงค์ต้องการให้เห็นส่วนที่เป็นไส้ หากมีการตกแต่งหน้าหรือผสมส่วนประกอบต่าง ๆ ในเนื้อแป้ง ส่วนประกอบต่าง ๆ ต้องกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่ไหม้เกรียม	4	3	2	1
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม	4	3	2	1
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น ไม่แห้งหรือแข็งกระด้าง	4	3	2	1

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

8.3 การทดสอบวัตถุเจือปนอาหารให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.4 การทดสอบจุลินทรีย์ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

## 8.5 การทดสอบน้ำหนักสุทธิหรือจำนวนชิ้นให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสมหรือใช้วิธีนับ

### สุขลักษณะ

#### 1. สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

1.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังและและสกปรก

1.1.2 อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝน เขม่า ควัน มากผิดปกติ

1.1.3 ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัด

ขยะ

1.2 อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงานโดย

1.2.1 พื้นผาผนังและเพดานของอาคารที่ทำก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทนเรียบทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

1.2.2 แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วนไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำงานอยู่ในบริเวณที่ทำ

1.2.3 พื้นปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

#### 2. เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุที่มีผิวเรียบไม่เป็นสนิมล้างทำความสะอาดได้ง่าย

2.2 เครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้สะอาด เหมาะสมกับการใช้งานไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

#### 3. การควบคุมกระบวนการทำ

3.1 วัตถุประสงค์และส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

3.2 การทำ การเก็บรักษา การขนย้ายและการขนส่งให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

#### 4. การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

4.1 น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์และมือของผู้ทำเป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

4.2 มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

4.3 มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และนำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

4.4 สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

## 5. บุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม้ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงานหลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก

## ภาคผนวก ง

### ขั้นตอนการทำขนมปังสังขยา

#### วิธีทำขนมปัง

1. ผสมของแห้งบนตะแกรงร่อน (แป้งขนมปัง แป้งเค้ก น้ำตาลทราย สารเสริม คุณภาพ ยกเว้นเกลือเสริมไอโอดีน กับยีสต์)



2. ใส่แป้งที่ผสมลงในโถปั่น



3. เติมเกลือเสริมไอโอดีน ยีสต์ ปั่นด้วยความเร็วเบอร์ 2



4. เติมไข่ไก่ปั่นจนแป้งจับตัวเป็นเม็ด เติมนมและน้ำ และส่วนผสมที่เหลือ ผสมจนเข้ากัน จนกระทั่ง  
โดไม่ติดโถปั่น



5. ใส่กะละมัง ใช้ถุงพลาสติกคลุม



6. ทิ้งให้โดขึ้นเป็น 2 เท่า



7. นำแป้งมาตัดเป็นก้อน ก้อนละ 30 กรัม



8. ปั้นเป็นก้อนกลม ใส่ภาชนะจิบ



9. ทิ้งให้ขึ้นโดเป็น 2 เท่า



10. นำมาอบ เมื่อเสร็จแล้วทานเยยที่ผิวขนมปัง รอให้เย็น



11. ฉีดใส่นมปัง



### วิธีทำไส้สังขยา

1. นำส่วนผสม ได้แก่ กะทิ น้ำเย็น น้ำตาลทราย คนให้เข้ากัน



2. ใส่อส่วนผสมที่เหลือลงไป (ยกเว้นแป้งข้าวโพดค่อยๆ ร่อนลงไปพร้อมส่วนผสมทั้งหมด)



3. ตั้งไฟอ่อนๆ จนกระทั่งข้นเหนียวตามต้องการ หลังจากนั้นใส่เนย



4. นำไปฉีดไส้ลงในส่วนขนมปัง

