สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# รายงานการวิจัย

## ขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็ง : ผลของสภาวะในการอบและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา

## FROZEN PART-BAKED BREAD: EFFECT OF BAKING CONDITIONS AND QUALITY CHANGE DURING STORAGE

นายประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

RCH
TX
769
ป319ง
ฉ.1
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....120050
วัน, เดือน, ปี.....31 ส.ค. 2555
b.12349050
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2554
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็ง : ผลของสภาวะในการอบและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยด้วยทุนวิจัยเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2554 คุณศรีประภา ชวนบุญ ผู้ช่วยวิจัยที่มีส่วนให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการให้บริการมาโดยตลอด

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม
หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ชื่อโครงการ** ขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็ง : ผลของสภาวะในการอบและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา

Frozen part-baked bread: Effect of baking conditions and quality change during storage

**ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก** เงินรายได้ **ประจำปีงบประมาณ** 2554

**จำนวนเงิน** 25,000 บาท

**ระยะเวลาการทำการวิจัย** 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2553 ถึง กันยายน 2554

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะในการอบและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง รวมถึงคุณภาพของขนมปังหลังการอบซ้ำในระหว่างการรอให้บริการ จากการทดลองเตรียมขนมปังซอฟต์โรลล์โดยใช้ระยะเวลาในการอบสุกบางส่วนที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 5, 8 และ 11 นาที (คิดเป็น 36 , 57 และ 79 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาการอบสุกทั้งหมด) ก่อนการแช่แข็งเป็นเวลา 7 วัน และนำมาอบซ้ำที่อุณหภูมิเดียวกันเป็นเวลา 9, 6 และ 3 นาที ตามลำดับ พบว่าขนมปังซอฟต์โรลล์ที่ผ่านการอบสุกบางส่วนอย่างน้อย 8 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำ ค่าความชื้น ปริมาตรจำเพาะ ความแข็งของเนื้อ สีของเปลือกขนมปัง และคุณภาพทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมที่ใช้วิธีอบขั้นตอนเดียว (14 นาที)

เมื่อนำขนมปังซอฟต์โรลล์มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการเก็บรักษาในช่วงระยะเวลาดังกล่าวไม่มีผลต่อปริมาตรจำเพาะ ความชื้น และการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำของขนมปังตัวอย่าง ส่วนความแข็งของเนื้อขนมปังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์ สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าภายหลังการอบซ้ำขนมปังซอฟต์โรลล์ยังคงมีคะแนนความชอบใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าขนมปังซอฟต์โรลล์หลังจากการอบซ้ำและพักไว้เพื่อรอให้บริการ จะมีการสูญเสียน้ำหนักและค่าความแข็งของเนื้อขนมปังเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่พักไว้เพื่อรอให้บริการที่นานขึ้น โดยจะมีแนวโน้มการเปลี่ยน แปลงของค่าทั้งสองดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิแช่แข็งนานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ABSTRACT

The objective of this research were to evaluate the effect of baking conditions and storage time on quality of frozen part-baked soft roll, as well as the quality of post-baked soft rolls during waiting for service. Soft roll were prepared by part-baking at 200°C for 5, 8 and 11 min (36, 57 and 79% of total baking time). All samples were frozen for 7 days and post-baked at the same temperature for 9, 6 and 3 min respectively. It was found that the soft rolls part-baked for at least 8 min resulted in similar qualities in terms of weight loss after post-baking, moisture content, specific volume, crumb hardness, crust color, and sensorial quality compared to the control sample(one step baking for 14 min).

Quality changes during the storage of frozen part-baked soft rolls at -18°C for 4 weeks were investigated. No significant effects on specific volume, moisture content and weight loss after post-baking were observed in the post-baked samples. However, the crumb hardness of post-baked soft rolls tended to increase for the sample after 3 weeks storage. The sensorial quality of all post-baked soft roll sample were similar to that of control sample. In addition, soft rolls after post baking and waiting for service showed the increasing of weight loss and crumb hardness as the waiting time increased upto 60 min and the values of weight loss and crumb hardness were higher when the frozen storage period of the samples was longer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.....I
บทคัดย่อภาษาไทย.....II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VI
สารบัญภาพ.....VII
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 ขนมปัง.....3
2.1.1 ประเภทของขนมปัง.....3
2.1.2 ขนมปังซอฟต์โรลล์.....3
2.1.3 ส่วนผสมขนมปัง.....4
2.1.4 วิธีการผลิตขนมปัง.....8
2.1.5 ขั้นตอนการทำขนมปัง.....8
2.1.6 การเสียและเสื่อมคุณภาพของขนมปัง.....12
2.1.7 ปัจจัยที่ช่วยลดการเสื่อมคุณภาพขนมปัง.....13
2.1.8 การตรวจสอบคุณภาพขนมปัง.....14
2.2 ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แช่แข็ง.....15
2.3 ขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็ง.....16
2.3.1 การผลิต.....16
2.3.2 ขั้นตอนการอบ.....16
2.3.3 การเก็บรักษา.....17
2.3.4 การอบซ้ำ.....18
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....21
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....27

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....40
5.1 สรุปผลการวิจัย.....40
5.2 ข้อเสนอแนะ.....41

บรรณานุกรม.....42
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ.....46
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางเคมี.....49
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


3.1 สูตรมาตรฐานของขนมปัง.....23

4.1 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบ และค่าความชื้นขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาในการอบแตกต่างกัน.....28

4.2 ค่าปริมาตรจำเพาะ และความแน่นแข็งของเนื้อของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาการอบแตกต่างกัน.....29

4.3 ค่าสีของเปลือกขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาการอบแตกต่างกัน.....30

4.4 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนนของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาการอบแตกต่างกัน.....32

4.5 การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบ และค่าความชื้นของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนระหว่างเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็ง.....34

4.6 ค่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนระหว่างเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็ง.....35

4.7 ค่าสีของเปลือกขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนระหว่างเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็ง.....35

4.8 ค่าเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาการอบแตกต่างกัน.....36

4.9 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งในระหว่างรอให้บริการ.....38

4.10 ความแข็งของเนื้อขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งหลังการอบซ้ำระหว่างรอให้บริการ.....38


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ

**ภาพที่** **หน้า**

2.1 การเปลี่ยนแปลงของขนมปังระหว่างการอบ.....11
3.1 ขั้นตอนการผลิตขนมปัง.....24
4.1 ผลของระยะเวลาในการอบสุกบางส่วนและการอบซ้ำต่อค่าความชื้นและ
ค่าความแข็งของเนื้อขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง.....29
4.2 ผลของระยะเวลาในการอบสุกบางส่วนและการอบซ้ำต่อสีเปลือกและ
ลักษณะปรากฏของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง.....31
4.3 ค่าความแข็งของเนื้อขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งหลังการอบซ้ำ
ระหว่างรอให้บริการ.....39
4.4 แสดงกราฟที่ได้จากการวัดค่าความแข็งของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วน
แช่แข็งหลังการอบซ้ำ.....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนมปังเป็นอาหารหลักประเภทคาร์โบไฮเดรตของชาวตะวันตก โดยรูปแบบของขนมปังจะมีความหลากหลายและแตกต่างกันไป สังคมปัจจุบันมีการผสมผสานของวัฒนธรรมการบริโภคมากขึ้น ทำให้ขนมปังได้รับความนิยมไม่เฉพาะประเทศในแถบตะวันตกเท่านั้น ยังมีการบริโภคทั่วไปในทุกประเทศ รวมถึงประเทศไทยก็มีความนิยมบริโภคขนมปังในหลายรูปแบบ นอกจากนี้อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการ รวมถึงธุรกิจโรงแรมจัดเป็นธุรกิจที่มีการบริโภคขนมปังในปริมาณมาก โดยเฉพาะการบริการอาหารเช้าหรืออาหารมื้ออื่นๆ โรงแรม ภัตตาคาร หรือร้านอาหารขนาดใหญ่จะมีฝ่ายผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบโดยเฉพาะ แต่โรงแรมหรือร้านอาหารขนาดกลางถึงขนาดเล็ก มักจะไม่นิยมลงทุนให้มีแผนกผลิตภัณฑ์ขนมอบโดยตรง แต่จะใช้วิธีสั่งซื้อขนมปังหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากผู้ผลิต อย่างไรก็ตามความต้องการบริการขนมปังสดหรือที่อบสุกใหม่ๆให้กับลูกค้ายังเป็นสิ่งที่ธุรกิจโรงแรมหรือร้านอาหารให้ความสำคัญ การใช้ผลิตภัณฑ์ขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็ง สามารถช่วยให้ลดขั้นตอนในการเตรียมและไม่ต้องลง ทุนอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตขนมปัง ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ความชำนาญเกี่ยวกับขนมปังโดยตรง เพียงแต่มีเตาอบขนมสำหรับอบขนมปังที่ผ่านการอบสุกบางส่วนมาแล้ว และใช้เวลาอบซ้ำเพียงระยะเวลาสั้นๆ ก็สามารถได้ขนมปังสดสำหรับบริการลูกค้าได้ตลอดเวลา อย่างไรก็ตามระดับความสุกของขนมปังในขั้นตอนของการอบสุกบางส่วน (part-baking) ก่อนนำไปแช่แข็งและระยะเวลาในการอบซ้ำ (post-baking) ก่อนเสิร์ฟ มีผลต่อคุณภาพของขนมปังที่ได้ นอกจากนี้การเก็บรักษาขนมปังอบสุกบางส่วนโดยวิธีการแช่แข็งไว้เป็นระยะเวลานานจะมีผลต่อการเปลี่ยน แปลงคุณภาพของขนมปังหลังอบซ้ำได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของสภาวะการอบโดยเฉพาะระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการอบสุกบางส่วนก่อนการแช่แข็ง และระยะเวลาในการอบซ้ำก่อนเสิร์ฟต่อคุณภาพของขนมปังซอฟต์โรลล์ (soft rolls) ที่ได้ นอกจากนี้ยังศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมปังอบสุกบางส่วนในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาผลของระยะเวลาในการอบสุกบางส่วน (part-baking) และการอบซ้ำ (post-baking) ต่อคุณภาพของขนมปังซอฟต์โรลล์

1.2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง

1.2.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งหลังการอบซ้ำในระหว่างการรอให้บริการ

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของระยะเวลาในการอบขนมปังซอฟต์โรลล์ให้สุกบางส่วน (part-baking) ก่อนแช่แข็งแตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 5-11 นาที และการอบซ้ำ (post-baking) ด้วยเวลาแตกต่างกัน 3 ระดับ ในช่วง 3-9 นาที ต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของขนมปังที่ได้ จากนั้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมปังซอฟต์โรลล์หลังการอบซ้ำในระหว่างรอให้บริการ

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง รวมทั้งทราบถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งในระหว่างการเก็บรักษาและระหว่างรอให้บริการซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่ได้ในอุตสาหกรรมขนมอบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ขนมปัง

ขนมปังเป็นอาหารที่ทำจากแป้งสาลีที่ผสมกับน้ำ ยีสต์ และเกลือเป็นส่วนประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีการใช้ส่วนผสมอื่นๆเพื่อแต่งสี รสชาติและกลิ่น แตกต่างกันไปตามแต่ละประเภทของขนมปัง เช่น ไขมัน ไข่ น้ำตาล นมผง เป็นต้น และขึ้นอยู่กับแต่ละประเทศที่ทำ โดยนำส่วนผสมมานวดให้เข้ากันและนำไปอบ ขนมปังมีหลายประเภท เช่น ขนมปังฝรั่งเศส ขนมปังแซนด์วิช ขนมปังซอฟต์โรลล์ ขนมปังหวาน ขนมปังไรน์ เป็นต้น

### 2.1.1 ประเภทของขนมปัง (จิตธนา และ อรอนงค์, 2546)

ขนมปังที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปจะมีรูปแบบต่างๆ เช่น มีลักษณะเป็นแท่ง ก้อน กลม หรือเป็นแถว (loaf) แต่หากจะแบ่งชนิดขนมปังตามปริมาณไขมันที่ใช้เป็นส่วนผสมสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.1.1.1 ขนมปังฝรั่งเศส ขนมปังอิตาเลียน และขนมปังเวียดนาม ขนมปังชนิดนี้จะมีลักษณะผิวและเนื้อค่อนข้างแข็ง ทำจากโดที่มีปริมาณไขมันต่ำประมาณ 0-3 เปอร์เซ็นต์

2.1.1.2 ขนมปังปอนด์หัวกะโหลก ขนมปังแซนด์วิช ขนมปังชนิดนี้จะมีเนื้อละเอียดนุ่ม ทำจากโดที่มีปริมาณไขมันปานกลางประมาณ 3-6 เปอร์เซ็นต์

2.1.1.3 ขนมปังซอฟต์โรลล์ (soft rolls) เป็นขนมปังที่มีเนื้อค่อนข้างนิ่ม นิยมทำเป็นก้อนเล็กๆ มากกว่าที่จะทำเป็นแท่งยาวๆ มีปริมาณไขมันประมาณ 6-12 เปอร์เซ็นต์

2.1.1.4 ขนมปังหวาน (sweet dough) โดที่ทำขนมปังหวานจะมีสูตรที่เข้มข้นกว่าโดที่ทำขนมปังจืดโดยมีปริมาณน้ำตาล นม ไขมัน และไข่สูงกว่าขนมปังจืด มีไขมัน 12-24 เปอร์เซ็นต์

### 2.1.2 ขนมปังซอฟต์โรสล์ (soft rolls)

ขนมปังประเภทนี้มักจะมีขนาดเล็ก และกลม ซึ่งนิยมจัดเป็น side dish คือเอาไว้ทานเคียงคู่กับอาหารจานหลัก หรือมักจะถูกจัดวางไว้ในตะกร้า รูปแบบของการรับประทานจะแตกต่างกันไป หรือใช้เป็นลักษณะของขนมปังแซนวิส โดยการตัดขวางและใส่ไส้ตรงกลาง ขนมปังประเภทนี้ส่วนมากแล้วทำจากโดที่มีความเข้มข้นของส่วนผสมค่อนข้างสูง ปกติจะทำจากโดที่มีน้ำตาลและไขมันมากกว่าขนมปังฝรั่งเศส และขนมปังแซนวิส ปริมาณไข่อาจจะเพิ่มขึ้น หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ไข่ก็ได้ แป้งที่ใช้จะเป็นแป้งที่มีความแข็งปานกลาง ขนมปังที่อบได้จะมีรสหวาน นุ่ม และมีเนื้อละเอียด

ขนมปังประเภทนี้มักมีชื่อเรียกที่หลากหลายขึ้นอยู่กับส่วนผสม วิธีการขึ้นรูปก่อนการอบ ขนาด ท้องถิ่น และการใช้งาน เช่น

แฮมเบอเคอร์ (hamburger) โดชนิดนี้จะมีน้ำหนักประมาณ 50 กรัม นำมาคลึงให้เป็นก้อนกลมๆ วางลงบนถาดอบที่ทาไขมัน เมื่อสุกจะมีลักษณะครึ่งทรงกลม นิยมนำมาตัดขวางและใส่ไส้ คล้ายกับการทำแซนวิส

แบ็บส์ (Baps) จะมีเนื้อขนมปังที่นุ่ม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-6 นิ้ว โดจะมีส่วนผสมที่เป็นไขมัน เช่น น้ำมันหมูหรือเนย ชาวสกอตแลนด์จะกินเป็นอาหารเช้า

ดินเนอร์โรลล์ (dinner roll) ขนมปังชนิดนี้จะมีขนาดเล็ก มีรสหวาน โดจะมีน้ำหนักประมาณ 20 กรัม สูตรการทำก็จะใช้สำหรับทำโรลล์โดยทั่วไป ชาวอเมริกันจะเสิร์ฟมาพร้อมกับมื้ออาหารแบบ hot rolls

ปาร์กเคอร์เฮาส์โรลล์ (parker house roll) โดที่คลึงเป็นก้อนกลมนำมารีดให้ปลายด้านหนึ่งทับปลายอีกด้านหนึ่ง ใช้ฝ่ามือกดให้ติดกันและทิ้งให้ขึ้น แล้วนำเข้าอบ เมื่อขนมปังออกมาจากเตาควรจะรับประทานทันที โดยทาเนยขณะร้อนๆ จะทำให้ได้ขนมปังที่อร่อย (Jarrett, 1986)

**2.1.3 ส่วนผสมขนมปัง**

2.1.3.1 แป้งสาลี

แป้งสาลีเป็นแป้งหลักที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เนื่องจากมีสมบัติเฉพาะที่แป้งชนิดอื่นไม่มี ซึ่งจะประกอบด้วยโปรตีนที่สำคัญ 2 ชนิด คือ กลูเตนินและไกลอะดิน (glutenin and gliadin) เมื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจะเกิดสารที่มีลักษณะยืดหยุ่นเหนียวยืดเป็นยางเรียกว่ากลูเตน (gluten) ซึ่งจะใช้เป็นเกณฑ์บอกถึงความเหมาะสมที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ แป้งสาลีที่ผลิตออกจำหน่ายใช้สำหรับการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยทั่วไปมี 3 ชนิดคือ แป้งขนมปัง แป้งอเนกประสงค์ และแป้งเค้ก สำหรับแป้งที่ใช้ทำขนมปังนั้นจะเป็นแป้งที่มีโปรตีนมากกว่า 10.5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี มีการดูดซึมน้ำได้สูงและทนต่อการผสม ซึ่งแป้งที่นิยมใช้ในการทำขนมปังจะมี 2 ชนิดคือ แป้งขนมปังที่มีโปรตีนสูง 12-14 เปอร์เซ็นต์ โม่จากแป้งสาลีชนิดแข็งจำพวก hard red spring หรือ hard red winter ใช้ในการผลิตขนมปังจืด ขนมปังหวาน ผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยยีสต์ทุกชนิด ชนิดที่สองคือแป้งอเนกประสงค์ที่มีโปรตีนสูงปานกลาง 10-11 เปอร์เซ็นต์ เป็นแป้งที่ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดอ่อนและชนิดแข็งเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม ในการทำผลิตภัณฑ์หลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ขนมปังจืดและหวาน เค้กบางชนิด ปาท่องโก๋ บะหมี่ เพสตรี สารที่ทำให้ขึ้นฟูสำหรับแป้งชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งยีสต์และผงฟู (จิตธนา และ อรอนงค์, 2546)

2.1.3.2 เกลือป่น

เกลือที่เติมลงในขนมปังจะทำหน้าที่ให้รสชาติ และช่วยเน้นรสชาติของส่วนผสมอื่นให้เด่นชัดขึ้น และควบคุมกระบวนการหมักโดยให้ผลทางออสโมติกแก่เซลล์ยีสต์ ทำให้มีผลต่ออัตราการหมัก ถ้ามีแรงดันออสโมติกสูงขึ้นอัตราเร็วในการเกิดการหมักด้วยยีสต์จะลดลง เนื่องจากยีสต์ขาดน้ำแล้วไปมีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) กล่าวคือ ถ้าใช้เกลือมากเกินไปจะขัดขวางกระบวนการหมักไม่ให้เป็นไปอย่างเหมาะสม แต่ถ้าไม่ใส่เกลือในก้อนแป้งเลยจะทำให้การหมักเป็นไปอย่างรวดเร็วเกินไปจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อหยาบและรสชาติไม่ดี (ศิริลักษณ์, 2525)

2.1.3.3 ยีสต์

ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งมีหน้าที่หลักในขนมปังคือ ช่วยให้เกิดการสร้างก๊าซภายในโด ปรับสภาพโดให้เหมาะสมและให้กลิ่นรสแก่ขนมปัง ยีสต์ที่ผสมในโดจะเริ่มเจริญเติบโตเมื่อมีน้ำและอากาศจากการผสม มีอาหารคือน้ำตาลและสารอาหารอื่นจากโด ทำให้ยีสต์เพิ่มจำนวนมากขึ้น พร้อมกันนี้เอนไซม์ต่างๆในยีสต์จะแปรสภาพสารอาหารโดยเฉพาะน้ำตาลให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอล์ ดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ยีสต์}} 2CO_2 + 2C_2H_5OH$$

โดยสภาพที่เกิดขึ้นนี้จะอยู่ในสภาพที่ไม่มีอากาศ เรียกว่าการะบวนการหมัก ซึ่งทำให้ภายในโดมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดันให้โดเกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดโครงสร้างและลักษณะเนื้อของโด พร้อมทั้งให้กลิ่นของแอลกอฮอล์ ขณะที่ความร้อนยังไม่แผ่กระจายเข้าสู่โดมากนัก ยีสต์จะยังทำงานเป็นเหตุให้โดเกิดการขึ้นฟูในเตาอบอีกระยะหนึ่ง จนความร้อนกระจายทั่วก้อนโดทำให้ยีสต์ตายและขนมปังคงรูปร่าง เกิดเป็นกลิ่นรสที่เฉพาะตัวกับผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคพอใจ (อรอนงค์, 2532)

2.1.3.4 น้ำ

น้ำเป็นส่วนสำคัญในการทำขนมปังเนื่องจากน้ำจะช่วยในการรวมตัวของโปรตีนในแป้งสาลีให้เกิดเป็นกลูเตน ที่จะกลายเป็นโดที่มีความนุ่ม ยืดหยุ่นดี น้ำที่จะใช้ได้ดีควรเป็นน้ำทีมีความกระด้างปานกลาง จะช่วยควบคุมความหนืดและอุณหภูมิของโดให้เหมาะสมต่อการทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดก๊าซในกระบวนการหมัก ช่วยละลายส่วนผสมอื่นๆ เช่น เกลือ น้ำตาล เมื่อรวมกับโดแล้วกลายเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำเข้าอบน้ำมีส่วนทำให้สตาร์ชเกิดเจลเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น กลูเตนเกิดการขยายตัว และเปลี่ยนสภาพจากดิบเป็นสุกทำให้ขนมปังเกิดโครงร่างที่มีลักษณะเป็นพองน้ำคงรูปไว้ได้ น้ำที่ยังเหลือจะส่งผลให้ขนมปังนุ่มและยืดอายุการเก็บให้นานขึ้น กล่าวคือถ้าเก็บขนมปังในภาชนะบรรจุที่ไม่เหมาะสม จะทำให้ขนมปังแห้งจากการระเหยของน้ำออกจากภายในเนื้อขนมปัง หรือขนมปังแฉะจนขึ้นราเพราะมีความชื้นในเนื้อขนมปังมากเกินไป ก็จะทำให้ขนมปังนั้นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (จิตธนา และคณะ, 2552)

2.1.3.5 ไขมัน

ไขมันจะเป็นตัวช่วยให้ขนมปังมีความอ่อนนุ่ม ให้กลิ่นรสที่ดี ช่วยในการกักเก็บก๊าซที่เกิดขึ้น โดยทำให้กลูเตนมีความแน่นจนอากาศเข้าไม่ได้ ทำให้ปริมาตรและเปลือกนอกของขนมปังดีขึ้น และช่วยในการหล่อลื่นกลูเตนโดยทำให้ก้อนแป้งยอมให้ก๊าซที่ช่วยในการขึ้นฟูสามารถแพร่กระจายและขยายตัวได้สะดวกขึ้น เป็นผลให้ขนมปังมีปริมาตรเพิ่มขึ้น แต่ถ้าใส่ไขมันในปริมาณที่มากเกินไปก็จะทำให้เนื้อขนมปังแน่นไม่ฟูขึ้นได้ปริมาตรเล็กกว่าปกติ เนื่องจากไขมันทำให้ก้อนแป้งผสมมีลักษณะหนักกว่าปกติก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจึงไม่สามารถดันให้ขึ้นฟูได้ (อรอนงค์, 2532)

2.1.3.6 น้ำตาล

ปริมาณน้ำตาลที่เติมลงในผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับชนิดของขนมปังนั้นๆ น้ำตาลเติมลงไปในปริมาณที่เหมาะสมจะเป็นแหล่งอาหารสำหรับยีสต์ในกระบวนการหมัก แต่ถ้าใช้ในปริมาณสูงเกินไปกลับจะไปขัดขวางกระบวนการนี้ด้วยผลทางออสโมติกต่อเซลล์ยีสต์ น้ำตาลนอกจากจะให้รสชาติแก่ขนมปังแล้วยังมีผลต่อความนุ่มของเนื้อใน ช่วยให้หลังการอบสามารถเก็บกักความชื้นไว้ได้ เนื่องจากน้ำตาลซูโครสที่เติมลงในก้อนโดเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส น้ำตาลฟรุคโตสดูดความชื้นได้ดีมากจึงสามารถกักความชื้นไว้ได้ ทำให้ขนมปังนุ่มนานและยืดอายุการเก็บได้นานขึ้น หน้าที่อีกประการหนึ่งคือในระหว่างการอบจะทำให้ผิวนอกของขนมปังเกิดเป็นสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard) และคาราเมลไลเซชั่น (caramelization) (ศิริลักษณ์, 2525)

2.1.3.7 นม

โดยทั่วไปแล้วนมที่นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ขมมปังจัดเป็น 3 พวกด้วยกัน

1) นมสด เป็นของเหลวที่มีทั้งชนิดมีไขมันเต็ม คือ นมสดบริสุทธิ์ และปราศจากไขมัน หรือเรียกว่าหางนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) นมข้น นมสดที่นำมาระเหยความชื้นออก มีทั้งชนิดนมข้นหวานที่เติมน้ำตาลลงไปประมาณ 41 เปอร์เซ็นต์ และนมข้นจืดที่ไม่มีการเติมน้ำตาล

3) นมผง ได้แก่ นมสดที่มีไขมันเต็ม และหางนมสดที่ปราศจากไขมัน

นมมีบทบาทต่อขนมปังคือ ช่วยเพิ่มความทนทานในการผสมของโด ทำให้ระยะเวลาการหมักยาวนานขึ้น นมจะลดความเป็นกรดให้ต่ำลง ทำให้เกิดกลิ่นหอม และลดความเปรี้ยวลง นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองทองสวย เนื่องจากปริมาณโปรตีนและน้ำตาลในนม ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมปังทำให้เนื้อขนมปังนุ่มสม่ำเสมอ สามารถหั่นเป็นแผ่นได้ดี และเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้ขนมปังอีกด้วย (อุสาห์, 2537)

2.1.3.8 สารเสริมคุณภาพ

หน้าที่ของสารเสริมคุณภาพช่วยเพิ่มความคงตัวของโด คือ ทำให้แป้งสาลีมีคุณภาพในการเกิดก้อนแป้งดีขึ้น โดยจะเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของขนมปัง ทำให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงเก็บก๊าซได้ดีขึ้น โดยขนมปังเมื่ออบแล้วจะมีลักษณะเซลล์อากาศที่เล็กสม่ำเสมอ และช่วยเพิ่มปริมาตรให้กับขนมปัง

1) สารเคมีที่ใช้เสริมคุณภาพ ได้แก่ โพแทสเซียมโบรเมต(potassium bromate) โพแทสเซียมไอโอเดต(potassium iodate) กรดแอสคอร์บิก(ascorbic acid) และอะโซไดคาร์โบนาไมด์(azodicarbonamide) เป็นสารออกซิแดนท์ที่ใช้มากในอุตสาหกรรมขนมอบเพื่อเพิ่มปริมาตรของขนมปัง ซึ่งมีผลในการช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้นและเพิ่มความคงตัวของโด สารเสริมเหล่านี้จะทำปฏิกิริยาในอัตราที่แตกต่างกัน โพแทสเซียมโบรเมตจะทำปฏิกิริยาช้า กรดแอสคอร์บิกจะทำปฏิกิริยาเร็วปานกลาง ส่วนโพแทสเซียมไอโอเดตและอะโซไดคาร์โบนาไมด์จะทำปฏิกิริยาเร็วที่สุด (อณุชิด, 2545)

2) เอนไซม์ที่นำมาใช้ในการผลิตขนมปังมีจุดประสงค์เพื่อเสริมเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติในแป้งสาลีเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของขนมปัง เอนไซม์ที่มีการนำมาใช้ เช่น อะไมเลส(amylase) ช่วยทำให้กระบวนการหมักเกิดได้สูงสุดและป้องกันไม่ให้ขนมปังแห้งแข็ง และเก่าเร็ว โปรติเอส (protease) กลูตามิลทรานส์เฟอเรส (glutamyltransferase) และไดเพปทิเดส (dipeptidase) ช่วยในการปรับปรุงสมบัติด้าน rheology ทำให้โดมีความยืดหยุ่นดี ปรับปรุงปริมาตรของก้อนขนมปัง โครงสร้างของผิวนอกและรักษาความนิ่มของขนมปังระหว่างการเก็บรักษา เฮมิเซลลูเลส (hemicellulase) และเซลลูเลส (cellulose)ทำให้ขนมปังที่ได้มีความชื้นเพิ่มขึ้น (นิธิยา, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.4 วิธีการผลิตขนมปัง**

วิธีการผลิตขนมปังที่นิยมกันทั่วไปมี 3 วิธี คือ (จิตธนา และ อรอนงค์, 2546)

2.1.4.1 วิธีผสมครั้งเดียว (straight dough method) เป็นการผลิตขนมปังโดยการหมักขั้นตอนเดียว โดยการผสมส่วนผสมต่างๆที่ใช้ในสูตรประกอบด้วยแป้งสาลี ยีสต์ น้ำ น้ำตาล เกลือ ไข่ มาผสมรวมกัน แล้วจึงเติมไขมันหลังจากส่วนผสมส่วนแรกเข้ากันแล้วนวดต่อจนกระทั้งโดมีลักษณะแห้งและเรียบเนียน นำไปหมักในอุณหภูมิที่เหมาะสม แล้วนำมาไล่ลมตัดแต่งตามต้องการ หมักครั้งสุดท้าย แล้วจึงนำเข้าอบ

2.1.4.2 วิธีผสมสองครั้ง (sponge dough method) เป็นการผลิตขนมปังโดยมีขั้นตอนการผสมและการหมัก 2 ครั้ง คือการผสมครั้งแรกเป็นการผสมสปันจ์ จะประกอบด้วยแป้งสาลีร้อยละ 80 ของแป้งทั้งหมด น้ำ ยีสต์ และอาหารของยีสต์ (ถ้ามี) ผสมพอให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปหมักประมาณ 2-3 ชั่วโมงหรือนานกว่านั้น การผสมครั้งที่สองโดยนำส่วนผสมที่เหลือทั้งหมดรวมทั้งส่วนของสปันจ์ที่ผ่านการหมักแล้วผสมเข้าด้วยกัน จนมีลักษณะแห้งและเรียบเนียน ขั้นตอนนี้เรียกว่าขั้นการเป็นโด นำไปหมักอีกครั้งโดยใช้เวลาสั้นๆประมาณ 20-30 นาที

2.1.4.3 วิธีผสมแบบทุ่นเวลา (no-time dough method) การผสมขนมปังแบบทุ่นเวลาคือ หลังจากที่ผสมโดแล้ว สามารถนำมาม้วนใส่พิมพ์ได้โดยไม่ต้องผ่านการหมัก เพียงแต่นำโดที่ได้มาพักตัวหลังการผสมแล้วประมาณ 15 นาที แล้วนำมาตัดแบ่ง ชั่งน้ำหนัก รีด ม้วนใส่ในพิมพ์ที่ทาไขมัน แล้วหมักต่อในพิมพ์จนขึ้นเต็มพิมพ์พร้อมที่จะอบได้ การผสมวิธีนี้จำเป็นต้องใช้สารเคมีช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น เช่น การใช้โพแทสเซียมโบรเมตและกรดแอสคอร์บิกรวมกัน ปริมาณการใช้สารเสริมคุณภาพจะใช้ในระดับ 20-40 ส่วนในล้านส่วน ขึ้นอยู่กับชนิดของสารปรับปรุงคุณภาพในแต่ละตัว สารเสริมคุณภาพนี้จะมีผลทำให้เนื้อขนมปังมีความยืดหยุ่นดีขึ้น (Jones, และคณะ, 1974) ในการผลิตโดขนมปังแช่เยือกแข็งโดยวิธีผสมแบบทุ่นเวลาจะเติมอะโซไดคาร์โบนาไมด์และกรดแอสคอร์บิกในอัตราส่วน 15:150 ส่วนในล้านส่วน (สุนีย์, 2540) และวิธีการผสมแบบทุ่นเวลาจะต้องใช้เครื่องผสมที่มีอัตราเร็วของเครื่องสูง แต่สามารถลดเวลาในการทำได้เกือบ 2 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับวิธีผสมแบบสองครั้ง

**2.1.5 ขั้นตอนการทำขนมปัง**

2.1.5.1 การผสม การผสมโดเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ส่วนผสมทั้งหมดผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ในขณะทำการผสมจะทำให้โปรตีนในแป้งรวมตัวกับน้ำ เกิดเป็นกลูเตนขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ทำให้โดมีลักษณะแห้งเรียบเนียนเมื่อผสมได้ที่ หลังจากการผสมได้ที่แล้วควรหยุดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมเพราะถ้าผสมต่อไปจะทำให้โดแฉะและร้อน เนื่องจากกลูเตนเกิดการฉีกขาด ซึ่งจะมีผลในการหมักและอบโดที่ผสมได้พอเหมาะจะมีคุณสมบัติในการอุ้มก๊าซและพองตัวเกิดเป็นโครงสร้างของขนมปัง ทำให้ขนมปังได้คุณภาพ

2.1.5.2 การหมักโด เมื่อผสมส่วนผสมต่างๆจนเป็นโดดีแล้ว จึงนำมาหมักไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยเอนไซด์และยีสต์ ทำให้โดขึ้นฟูจากการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในโด การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญเริ่มจากการที่เอนไซม์ในแป้งสาลี คือ แอลฟา-อะมิเลส (α-amylase) และบีตา-อะมิเลส (β-amylase) ย่อยสตาร์ชให้เป็นเดกซ์ทริน (dextrin) และน้ำตาลมอลโทส โดยยีสต์ใช้น้ำตาลที่เกิดขึ้นเพื่อให้เกิดขั้นตอนการหมัก ได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมกับแอลกอฮอล์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักไม่ได้ทำให้เกิดเซลล์อากาศใหม่ แต่จะทำให้เซลล์อากาศที่เกิดขึ้นในช่วงการผสมขยายตัว ทำให้โครงสร้างของกลูเตนถูกดันให้ยืดขยาย ทั่วไปถือว่าการหมักเกิดขึ้นสมบรูณ์เมื่อปริมาตรเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของปริมาตรเดิม โดยลักษณะของโดก่อนหมักจะเหนียวและขาดง่าย แต่หลังจากการหมักเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมจนโดได้ที่แล้ว จะเหนียวน้อยลงและสามารถยืดตัวได้ดี (Kent, 1983)

2.1.5.3 การไล่อากาศ จากการหมักโดไว้ระยะเวลาหนึ่งจนโดมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัว หรือประมาณร้อยละ 80 เมื่อถึงระยะนี้จำเป็นที่จะต้องลดปริมาตรลง โดยนำไปไล่ลมออกและคลึงโดใหม่ เพราะขณะหมักเซลล์อากาศจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ การไล่ลมจะทำให้เซลล์อากาศเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ อุณหภูมิของก้อนโดเสมอกันทั้งก้อน นอกจากนี้การไล่ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ที่มากเกินไปออก และนำก๊าซบริสุทธิ์เข้ามาแทนที่จะมีผลให้ยีสต์ทำงานได้ดีขึ้นช่วยให้กลูเตนที่ขยายตัวออกเป็นโครงสร้างมีการพักตัวพร้อมที่จะขยายใหม่ได้โครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น

2.1.5.4 การม้วนโดและการใส่พิมพ์ หลังจากโดได้ที่แล้ว ก็นำมารีดเป็นครั้งสุดท้ายโดยอาจรีดด้วยลูกกลิ้งหรือเครื่องรีดให้ก้อนโดเป็นแผ่นหนาหรือบางตามต้องการ เสร็จแล้วจึงม้วนเป็นรูปตามต้องการ สำหรับการปั้นโดมีขั้นตอนดังนี้

1) โรยแป้งบนโต๊ะทำงานบางๆวางก้อนโดที่ตัดชั่งแล้วลงบนแป้งที่โรยไว้

2) กดไล่อากาศออก ตัดหรือพับให้เป็นรูปแบบที่ต้องการ

3) วางใส่พิมพ์หรือภาชนะที่ทาด้วยไขมันบางๆ สม่ำเสมอเพื่อป้องกันขนมปังติดพิมพ์หลังการอบ

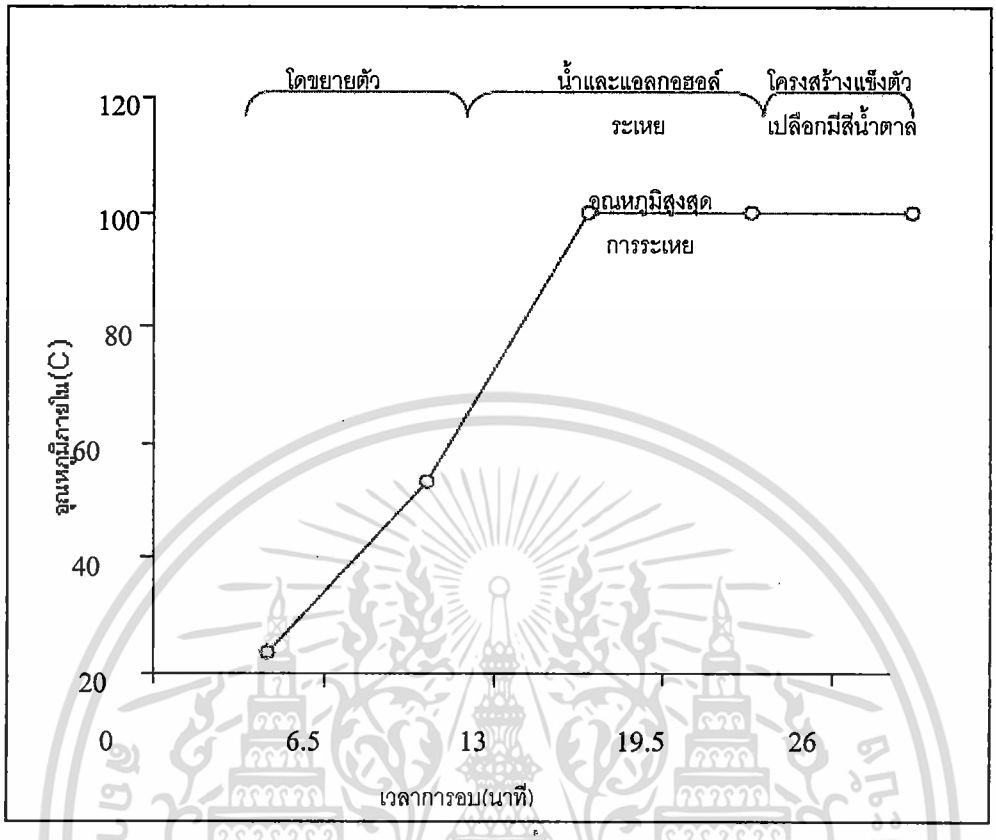
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.5 การพักครั้งสุดท้าย เนื่องจากโดที่ผ่านการไล่ลมเมื่อนำมาปั้นเป็นรูปร่างยังมีขนาดเล็กและแน่น จำเป็นต้องพักไว้อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้โดพองตัวอีกครั้งโดยยีสต์จะได้รับอากาศใหม่เข้าไป ทำให้มีกำลังในการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดจะยืดตัวห่อหุ้มก๊าซใหม่ที่เกิดขึ้นไว้ ทำให้โดขึ้นฟูเป็นครั้งสุดท้ายก่อนอบ โดยจะมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และเวลาให้เหมาะสมคือ 33-54 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-90 (อรอนงค์, 2532)

2.1.5.6 การอบ เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการทำขนมปัง เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนสภาพของโดที่ยังดิบให้สุกด้วยความร้อน ระยะเวลาและระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆคือ ขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ต้องให้ความร้อนอย่างช้าๆ คือใช้อุณหภูมิต่ำแต่อบเป็นเวลานานเพื่อป้องกันมิให้เปลือกนอกไหม้ก่อนที่เนื้อในจะสุก ส่วนขนมปังที่มีขนาดเล็ก อุณหภูมิที่ใช้ในการอบต้องสูงขึ้นและใช้เวลาอบสั้นเพื่อให้เปลือกนอกและเนื้อในสุกพร้อมกัน ในสูตรที่มีน้ำตาลสูงจะต้องลดอุณหภูมิลง เพื่อที่จะไม่ให้เปลือกนอกไหม้เร็วจนเกินไป หรือถ้ามีน้ำตาลอยู่น้อยควรเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น เพื่อให้เปลือกขนมปังมีสีน้ำตาล ความสามารถในการเก็บความร้อนของเตาอบ ถ้าตู้อบร้อนช้าจะทำให้เนื้อในขนมปังขยายตัวมาก แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้เปลือกนอกไหม้เร็ว โดยเฉพาะตามขอบจะทำให้ขนมปังไม่ได้สัดส่วน

กระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับขนมปังขณะอบในการให้ความร้อนนั้นสีและลักษณะของโดเปลี่ยนไปจากสีขาวขุ่น นุ่ม เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างภายนอกแข็งแรง เปลือกนอกจะแห้งและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ภายในอ่อนนุ่ม โปร่งเบา และมีกลิ่นรสเกิดขึ้น ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 2.1** การเปลี่ยนแปลงของขนมปังระหว่างการอบ
**ที่มา** : Pomeranz and Shellenberger, 1971

1) การเปลี่ยนแปลงช่วงแรก อุณหภูมิของโดค่อยๆสูงขึ้น ความร้อนในช่วงแรกช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์และการเจริญเติบโตของยีสต์และแบคทีเรีย ให้เกิดกระบวนการหมักเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้โดขยายขนาดอย่างรวดเร็วหรือเรียกว่าการเกิด " oven spring" (Pomeranz and Shellenberger, 1971) ขณะเดียวกันจะเกิดชั้นบางๆของฟิล์มบนผิวด้านนอกของโด โดยการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะหยุดเมื่ออุณหภูมิภายในโดสูงขึ้นถึง 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากเซลล์ยีสต์จะค่อยๆตายลงที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส (ศิริลักษณ์, 2525)

2) การเปลี่ยนแปลงช่วงกลาง แป้งเริ่มเกิดเจลาติไนซ์ซึ่งเอนไซม์แอลฟา-อะมิเลส จะยังคงย่อยสตาร์ช ต่อจากนั้นจะหยุดทำงานที่อุณหภูมิระหว่าง 70-75 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของโดสูงขึ้นแป้งจะเกิดการเจลาติไนซ์โดยจะดึงน้ำจากโด ทำให้กลูเตนเสียน้ำจึงทำให้เกิดการเสียสภาพ (denaturation) กล่าวคือจากสภาพของกลูเตนที่ยืดหยุ่นจะแข็งตัว เกิดโครงสร้างของเซลล์ที่มีรูพรุนกระจายทั่วทั้งก้อนขนมปัง เมื่ออุณหภูมิภายในโดสูงถึง 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียส น้ำภายในเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอและระเหยออกไป ทำให้ส่วนของเปลือกขนมปังเริ่มแข็งตัว ณ จุดนี้ปริมาตรของขนมปังจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีก (จิตธนา และ อรอนงค์, 2546)

3) การเปลี่ยนแปลงช่วงสุดท้าย เมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงขึ้นถึง 110 องศาเซลเซียส ส่วนของผิวนอกแข็งตัว และจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเกิดจากปฏิกิริยา 2 แบบ คือปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard-type reaction) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโน จากการย่อยสตาร์ชเป็นเดกซ์ทรินโดยเอนไซม์ ทำให้ผิวขนมปังเกิดเป็นสีน้ำตาลไหม้และให้กลิ่นรสของขนมปัง ปฏิกิริยานี้จะมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกขนมปังมากซึ่งขึ้นอยู่กับการทำงานของยีสต์และปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในสูตรขนมปังเป็นหลัก และปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชั่น (Caramelization) ของน้ำตาลซูโครสที่อุณหภูมิสูง ปฏิกิริยานี้จะมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกขนมปังน้อยกว่า ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลที่มีในสูตร ระยะเวลาและระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ

**2.1.6 การเสียและเสื่อมคุณภาพของขนมปัง**

การเสื่อมเสียของขนมปังมีสาเหตุหลายประการที่สำคัญมีดังนี้

2.1.6.1 การเสียจากเชื้อรา ลักษณะที่เห็นได้ชัดคือเห็นมีเชื้อราอยู่บนขนมปัง โดยเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ ถ้าหากสุขลักษณะในการผลิตขนมปังและการเก็บรักษาไม่ดีพอ ขนมปังมีลักษณะที่เชื้อราสามารถเจริญได้ดี เมื่อไรก็ตามที่ขนมปังสัมผัสกับบรรยากาศและถ้าหากความชื้นในบรรยากาศมีสูงเชื้อราก็จะเจริญเติบโตได้เร็วยิ่งขึ้น แต่ถ้าหากความชื้นในบรรยากาศต่ำเชื้อราก็จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ดังนั้นขนมปังที่เก็บรักษาในสภาพที่แห้งและสะอาดก็สามารถป้องกันการเสื่อมเสียจากเชื้อราได้

2.1.6.2 การเสียจากแบคทีเรีย ภายในเนื้อขนมปังจะมีลักษณะเหนียวและสีเปลี่ยนไปจากเดิม นอกจากนี้กลิ่นยังมีลักษณะคล้ายสับปะรดเน่า การเน่าเสียดังกล่าวเกิดจากขนมปังมีเชื้อแบคทีเรียปะปนอยู่ และสปอร์ของเชื้อแบคทีเรียที่สามารถทนต่อความร้อนในเตาอบ ดังนั้นถ้าเก็บขนมปังไว้นานหลังจากออกจากเตาอบประมาณ 12-36 ชั่วโมง จะทำให้เนื้อขนมปังเปลี่ยนสีและมีกลิ่นเน่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสปอร์ของเชื้อแบคทีเรียที่ปะปนอยู่ (จิตธนา และ อรอนงค์, 2546)

2.1.6.3 การเสื่อมคุณภาพ หรือความไม่สดในขนมปัง (bread staling) ขนมปังที่ออกมาจากเตาอบใหม่ๆ เป็นขนมปังที่มีคุณภาพดีที่สุด กล่าวคือ มีลักษณะภายนอกดี เปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกแข็งกรอบสีน้ำตาล เนื้อขนมปังนุ่มสีขาว มีความยืดหยุ่นตัวดี เหนียวเป็นใยทำให้เมื่อเคี้ยวจะเหนียวเล็กน้อย มีกลิ่นหอมและรสชาติดี (อรอนงค์, 2532) หลังจากนั้นขนมปังที่ออกจากเตาจะค่อยๆเย็นตัวลงอย่างช้าๆ จนเกิดการคืนตัวของแป้ง และเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การเกิดความไม่สดในขนมปังขึ้นซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวไม่รวมการเปลี่ยนแปลงหรือการเสื่อมสภาพอันมีสาเหตุมาจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ขนมปังเกิดการเปลี่ยนแปลงในส่วนของลักษณะเนื้อสัมผัส และสูญเสียกลิ่นรส สำหรับการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเนื้อสัมผัสจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือเนื้อใน และเปลือกนอกของขนมปัง

1) เปลือกนอก (bread crust) จะแข็งและเหนียว เกิดจากการที่ความชื้นเคลื่อนย้ายจากเนื้อในขนมปัง ที่มีความชื้นสูงไปยังเปลือกนอกที่มีความชื้นต่ำกว่า ขณะอบใหม่ๆ เปลือกขนมปังจะกรอบและมีความชื้นประมาณร้อยละ 2.5 เมื่อตั้งทิ้งไว้เปลือกจะดูดความชื้นจากเนื้อขนมปัง ทำให้ความกรอบลดลง แต่ความเหนียวเพิ่มขึ้น (Pomeranz และ Schellberger, 1971)

2) เนื้อในขนมปัง (bread crumb) จะแห้ง ร่วน เกิดสีขาวขุ่น การแห้งของเนื้อในขนมปังไม่ได้เกิดจากการสูญเสียความชื้นเท่านั้น เนื้อในขนมปังจะแน่นขึ้นถึงแม้ความชื้นจะไม่สูญหายไป การเกิดลักษณะเนื้อขนมปังที่แน่นขึ้นนี้เกิดจากการตกผลึกอีกครั้งของสตาร์ช เรียกว่า การเกิดรีโทรเกรเดชั่น (retrogradation) การเกิดปฏิกิริยานี้สามารสามารถผันกลับได้ ดังนั้นขนมปังที่นำมาอบใหม่อีกครั้งจะมีคุณภาพดีขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2539)

### 2.1.7 ปัจจัยที่ช่วยลดการเสื่อมคุณภาพของขนมปัง

2.1.7.1 การปรับปรุงสภาวะการเก็บรักษา เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและความชื้นในการเก็บรักษาขนมปังที่บรรจุในถุงพลาสติกธรรมดา วิธีที่เก็บได้นานที่สุดคือ การทำให้แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -20 องศาเซลเซียส ขนมปังจะคงความสดอยู่ได้นาน จนกว่าจะนำมาบริโภค จึงเพิ่มอุณหภูมิให้เท่าอุณหภูมิห้อง แล้วนำเข้าอบใหม่จะทำให้เนื้อขนมปังกลับมาสดใหม่อีกครั้ง หรือ จะเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส ก็จะป้องกันการเสื่อมเสียคุณภาพแต่อาจมีปัญหาเรื่องการเสื่อมเสียเนื่องจากความชื้นและเชื้อรา นอกจากนี้อาจใช้ภาชนะบรรจุแบบพิเศษทำด้วยพลาสติกไนลอน-โพลีโพรพิลีน(nylon-polypropylene) และภายในอัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.1.7.2 การเติมสารเคมี เช่น กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) หรือเกลือของกรดนี้ กรดอะซิติก และกรดซอร์บิก ในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และแบคทีเรีย สารเหล่านี้จะปรับสภาพขนมปังให้เป็นกรดซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (อรอนงค์, 2532)

**2.1.8 การตรวจสอบคุณภาพขนมปัง** (จิตธนา และคณะ, 2552)

การตรวจสอบคุณภาพของขนมปังทำได้โดยการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ขนมปังที่ได้จะนำมาประเมินโดยการให้คะแนน โดยพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ การให้คะแนนมักขึ้นกับการตัดสินใจของแต่ละบุคคล โดยอาจเปรียบเทียบกับขนมปังที่ยึดไว้เป็นมาตรฐาน การประเมินทางประสาทสัมผัสไม่สามารถบอกบอกคุณลักษณะที่แท้จริงได้ เนื่องจากผู้บริโภคที่แตกต่างกันไป คุณภาพที่ถือว่าดีแห่งหนึ่งอาจไม่ใช่คุณภาพที่ดีของผู้บริโภคอีกแห่งหนึ่ง การให้คะแนนปกติแล้วจะไม่มีแบบแผนตายตัว โดยปกติมักมีการให้คะแนนทั่วๆ ไปของขนมปังตามมาตรฐาน

2.1.8.1 ปริมาตรของก้อนขนมปัง

โดยทั่วไปจะมีความสัมพันธ์กันระหว่างน้ำหนักและปริมาตรของขนมปัง จะมีค่าเฉพาะค่าหนึ่งที่ทำให้ขนมปังมีเนื้อสัมผัสและลักษณะเนื้อขนมปังที่น่าพอใจ ปริมาตรจะวัดออกมาเป็นหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตร โดยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดพืชขนาดเล็ก เช่น เมล็ดฝิ่น เมล็ดแมงลัก เมล็ดงา เป็นต้น การพิจารณาปริมาตรของขนมปังต้องพิจารณารูปร่างของขนมปังด้วย ความกว้าง ความยาว ควรมีความสัมพันธ์กัน

2.1.8.2 สีของเปลือก

ปกติแล้วสีของเปลือกขนมปังมีตั้งแต่สีเหลืองทองเข้มตรงส่วนบน ของก้อนขนมปังหรือตรงส่วนที่เรียกว่า กะโหลก จนถึงสีเหลืองทองอ่อนของบริเวณด้านข้างของก้อนขนมปังสีของเปลือกนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการอบ และน้ำตาลที่เหลือในโด ดังนี้

1) ปริมาณน้ำตาลในโดจะขึ้นกับเวลาการหมัก ถ้าหมักนานเกินไปจะได้ขนมปังที่มีเปลือกสีซีด และเปราะเนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลอยู่น้อย ในทางกลับกันถ้าหมักยังไม่ดีลักษณะของเปลือกจะมีสีเข้ม แข็งและหนา

2) สภาพในการอบมีผลต่อสีของเปลือก เช่น ถ้าอบในเตาอบที่มีอุณหภูมิต่ำเกินไป จะได้เปลือกที่แข็งและมีสีไม่สดใส (dull color) อบในเตาอบที่ฉีดพ่นไอน้ำมากเกินไปจะได้เปลือกที่แข็ง เหนียวคล้ายยาง ลักษณะเป็นมันวาวมาก และการกระจายความร้อนในเตาอบไม่สม่ำเสมอจะได้เปลือกที่มีความหนา และสีของเปลือกไม่สม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

เป็นการแสดงถึงความยืดหยุ่นหรือความนุ่มเนื้อของขนมปัง (elasticity or softness) วิธีการที่นิยมใช้ในการทดสอบคือ การทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งผู้ทดสอบมักจะเกิดความสับสนระหว่างการชิม โดยวิธีการทดสอบจะยึดหลักว่า เมื่อเข้าปากแล้วให้ความรู้สึกนุ่ม เหนียวหรือ มีความรู้สึกหยาบ ร่วน แต่ส่วนหนึ่งของความรู้สึกจะรวมถึงคุณภาพในการเคี้ยวของขนมปัง ขนมปังควรเคี้ยวแล้วมีความนุ่ม ยุ่ยง่าย ไม่รวมกันเป็นก้อนในปาก ซึ่งทำให้กลืนยาก และอีกวิธีหนึ่งคือ การทดสอบด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) จะใช้วัดอัตราการเกิดความแน่นแข็งของเนื้อในขนมปังโดยใช้หัววัด (probe) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาสมกดลงบนกลางแผ่นขนมปัง โดยกำหนดระยะทางคงที่และตั้งอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของหัววัด และระยะที่กดอัดลงบนขนมปังอย่างเหมาะสม รายงานผลเป็นค่าความแน่นแข็ง (firmness) ของเนื้อในขนมปัง ซึ่งค่าที่ได้ยิ่งต่ำแสดงว่าเนื้อในขนมปังยิ่งมีความนุ่มขึ้น

2.1.8.4 กลิ่น

คุณภาพของขนมปังนอกจากรูปร่าง เนื้อในของขนมปังแล้ว ยังขึ้นกับความรู้สึกที่เกิดจากกลิ่น (aroma ) ที่บอกลักษณะของกลิ่นแป้ง (wheaty ) กลิ่นยีสต์ กลิ่นเปรี้ยว ( sour ) กลิ่นอับ กลิ่นหืน (rancid ) เป็นต้น

## 2.2 ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แช่แข็ง

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้มีการพัฒนารูปแบบในการผลิต และรูปแบบการเก็บรักษาเพื่อรักษาคุณภาพให้มีลักษณะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ใหม่ และวิธีหนึ่งที่ได้รับการพัฒนาคือการแช่เยือกแข็งเพื่อให้เก็บรักษาได้นานขึ้นและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในแง่ความสะดวกซึ่งจะพบผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แช่เยือกแข็งได้ 2 ประเภท

1) ผลิตภัณฑ์ดิบ จะเป็นลักษณะของโดขนมปังที่ได้ทำเป็นก้อนหรือแผ่นมาแล้ว (sold in block) เวลาใช้จะรีดเป็นแผ่นอีกครั้งหนึ่งให้ได้ขนาดความหนาตามต้องการ โดยอาจจะมีการตัดแต่ง หรือทำรูปร่างเรียบร้อยแล้ว ผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็นชนิดเติมไส้ (filling) และไม่เติมไส้ (without filling) แต่ส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ผ่านการพักขึ้นเป็นสองเท่า เวลาใช้ต้องทำให้ขึ้นเป็นสองเท่าก่อนนำเข้าอบ

2) ผลิตภัณฑ์ที่อบสุกทำได้ 2 รูปแบบคือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำให้สุกในระยะสั้นๆมาก่อนหรือ อบสุกบางส่วนก่อนนำไปแช่แข็ง (part-baked frozen product) ซึ่งจะต้องนำมาทำให้สุกอีกครั้งตามกรรมวิธี ก่อนเสิร์ฟ และอีกรูปแบบหนึ่งคือผลิตภัณฑ์อบสุกพร้อมรับประทานแช่แข็งสามารถรับประทานได้ทันทีหลังจากละลายน้ำแข็งหรืออุ่นให้ร้อนอีกครั้งก่อนเสิร์ฟ ( สุนีย์, 2540 )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 ขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็ง

ขนมปังอบสุกบางส่วน เป็นคำที่ใช้ในการอธิบายการผลิตขนมปังซึ่งเกี่ยวข้องกับการอบแบบ 2 ขั้นตอน ระหว่างการอบขั้นตอนแรกจะอบถึงจุดที่ก้อนโดถึงจุดคงรูป โดยยังไม่มีการสร้างสีของเปลือกขนมปังไม่สมบรูณ์ นำก้อนโดที่อบขั้นตอนที่หนึ่งมาพักให้เย็นลงนำไปบรรจุหีบห่อ แล้วเก็บรักษาด้วยความเย็น ก้อนโดที่อบในครั้งแรกเมื่อนำมาอบครั้งที่ 2 ในระหว่างการอบ เปลือกขนมปังจะแข็งขึ้นมีสี และกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของขนมปังเกิดขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้เทคนิคการผลิตแบบอบสุกบางส่วนแช่แข็ง เช่น โรลส์(rolls) แดนนิชเพสตรี (danish pastries) และ ครัวซอง (crosisants) (Kamel และคณะ, 1993)

### 2.3.1 การผลิต

ขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งสามารถที่จะใช้วิธีการและส่วนผสมของการทำขนมปังแบบดั้งเดิมมาใช้ในการผลิตได้เลย หรืออาจมีการปรับปรุงเพิ่มเติมส่วนผสมเพื่อให้ได้ขนมปังที่มีลักษณะดีขึ้น เช่น การลดปริมาณน้ำในสูตรลงเพื่อให้โดมีความแข็งแรงมากขึ้น การเพิ่มส่วนของเนยขาวในสูตรจะมีผลต่อเนื้อสัมผัสของขนมปัง โดย Carr และ Tadini (2003) ศึกษาอิทธิผลของยีสต์ และเนยขาวต่อคุณภาพทางกายภาพและเนื้อสัมผัสขนมปังฝรั่งเศสอบสุกบางส่วนแช่แข็ง โดยพบว่าการเพิ่มปริมาณยีสต์และเนยขาวทำให้ขนมปังฝรั่งเศสมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เนื่องจากการกิจกรรมของยีสต์ แต่เมื่อนำไปแช่แข็งก่อนการอบซ้ำพบว่าปริมาตรของขนมปังลดลงอาจเป็นเพราะผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นไปทำลายโครงสร้างขนมปัง และการเติมเนยขาวในสูตรจะทำให้ความแน่นและการทนต่อการเคี้ยว (firmness และ chewiness) มีค่าลดลง ซึ่งมีผลทำให้ขนมปังนิ่มขึ้น

### 2.3.2 ขั้นตอนการอบ

ขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งจะแบ่งการอบเป็น 2 ขั้นตอน การอบขั้นตอนแรกจะอบถึงจุดที่ก้อนโดถึงจุดคงรูปได้โดยยังไม่มีการสร้างสีของเปลือกขนมปัง การอบครั้งที่ 2 ในระหว่างการอบเปลือกของขนมปังจะแข็งขึ้นเกิดสีและกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของขนมปังเพิ่มมากขึ้น การทำขนมปังแบบสองขั้นตอนจะส่งผลต่อปริมาณความชื้นในระหว่างการอบครั้งแรกและการอบครั้งที่สองโดยที่ขนมปังที่ผ่านการอบสุกบางส่วนแล้วนำไปแช่แข็งจะมีความชื้นสูงกว่าขนมปังที่อบสุกเต็มที่ (full baked bread) ขนมปังอบสุกบางส่วนจะสูญเสียน้ำหนักจากการอบขั้นแรกและการเก็บรักษา ร้อยละ 13.5 และจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 22.5 เมื่ออยู่ในรูปขนมปังที่อบสุกเต็มที่สำหรับขนมปังฝรั่งเศส (Bonnardel และคณะ, 1990 อ้างอิงโดย Bent, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอบขนมปังแบบสองขั้นตอนจะใช้วิธีการอบ ระยะเวลา และอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยที่ส่วนมากจะทำให้อุณหภูมิศูนย์กลางภายในก้อนโดของการอบสุกบางส่วนจะอยู่ที่ 84 องศาเซลเซียส สภาวะที่ใช้ในการอบสุกบางส่วนจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของเตาอบ ขนาดของขนมปัง และรูปร่างของโด อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบครั้งแรกจะทำให้ผลิตภัณฑ์ออกมาดี คือมีโครงสร้างภายในที่สมบรูณ์ ภายนอกมีการสร้างเปลือกและสีเพิ่มขึ้น (Bent, 2007) โดยระยะเวลาของการอบสุกบางส่วนที่มีผลทำให้คุณภาพดีที่สุดอยู่ในช่วง 74-86 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาการอบทั้งหมด สำหรับขนมปังที่มีน้ำหนัก 50 กรัม อุณหภูมิในการอบที่ 210 องศาเซลเซียส (Fik และ Surowka,2002)

**2.3.3 การเก็บรักษา**

ขนมปังอบสุกบางส่วนสามารถเก็บรักษาในสภาวะปกติ แช่เย็น หรือการแช่แข็งซึ่งอายุการเก็บรักษาก็จะแตกต่างกันตามวิธีการ โดยวิธีหนึ่งที่ช่วยยืดอายุขนมปังอบสุกบางส่วนคือการแช่แข็ง

Leuschner และคณะ (1997) ศึกษาวิธีการเก็บรักษาขนมปัง (Irish brown soda bread) ในสภาวะแช่เย็นที่ 5 องศาเซลเซียส และแช่แข็งที่ -10 องศาเซลเซียส หลังการทำละลายนำมาทดสอบทางด้านความแน่นแข็งของเนื้อและเปลือกของขนมปัง พบว่าในสภาวะแช่เย็นค่าความแน่นแข็งเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และมีอายุการเก็บ 15 วัน เนื่องจากเกิดเชื้อราภายหลังการเก็บวันที่ 15 ในสภาวะแช่แข็งระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ หลังการทำละลายพบว่าค่าความแน่นแข็งของขนมปังเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างการแช่เย็นและแช่แข็งพบว่าอัตราการเกิดความไม่สด (staling) ในขนมปังแช่แข็งจะช้ากว่าการเก็บรักษาแบบแช่เย็น

Vulicevic และคณะ (2003) ศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็ง 4 ชนิด คือ variety, white, multi-grain and rye bread พบว่าการทดสอบประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมยังสามารถยอมรับได้ที่อายุการเก็บในช่วง 12 - 20 สัปดาห์ และการทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัสด้วยวิธีการ Texture Profile Analysis (TPA) คุณภาพจะลดต่ำลงที่ 8-16 สัปดาห์ ในตัวอย่างขนมปังทุกชนิด แต่ในด้านความชื้นของเนื้อและเปลือกขนมปัง ความยืดหยุ่น(springiness) และความรู้สึกในปาก (mouth-feel) ของผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน พบว่าคุณภาพของขนมปังเสื่อมลงหลังการเก็บเป็นเวลา 4 สัปดาห์

120050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bonnardel และคณะ (1990) อ้างอิงโดย Bent (2007) รายงานว่าขนมปังฝรั่งเศสอบสุกบางส่วนที่เก็บที่อุณหภูมิการแช่เข็งที่ -18 องศาเซลเซียส และเก็บในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท และใส่กล่องกระดาษแข็ง จะสามารถเก็บรักษาเป็นเวลา 7 สัปดาห์ โดยไม่มีการสูญเสียความชื้น

**2.3.4 การอบซ้ำ**

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลังการอบซ้ำจะทำให้เปลือกของขนมปังแห้งและแข็งขึ้น มีสีเพิ่มขึ้น ขนมปังเกิดกลิ่นที่มาจากการอบ เนื้อของขนมปังกลับมามีลักษณะสดใหม่อีกครั้ง แต่ปริมาตรของขนมปังที่ได้สำหรับขนมปังฝรั่งเศสจะเล็กลงจากปริมาตรปกติประมาณ 13-15 เปอร์เซ็นต์ ในด้านของคุณภาพของขนมปังที่ได้หลังจากการอบซ้ำจะมีผลทำให้การเกิดความไม่สด (staling) ในขนมปังเร็วกว่าขนมปังที่อบแบบครั้งเดียว ดังนั้นควรบริโภคทันทีหลังจากออกจากเตาอบ (Bent, 2007) การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปังอบสุกบางส่วน หลังการอบซ้ำจะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดทำให้เกิดสีและกลิ่นส่งผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่าขนมปังที่อบแบบขั้นตอนเดียว (Fik และ Surowka, 2002)

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Fik และ Surowka (2002) ศึกษาผลของการอบสุกบางส่วนและการเก็บรักษาแบบแช่แข็งต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี TPA (texture profile analysis) ของขนมปัง โดยแบ่งการอบเป็น 2 ครั้ง การอบครั้งแรกจะใช้เวลา 35, 25 และ 15 นาที (คิดเป็น 100, 71 และ 43 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาการอบทั้งหมด) โดยอบที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส แล้วนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 และ -35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 สัปดาห์ หลังจากผ่านไปสัปดาห์ที่ 2 นำออกมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อบซ้ำที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 10 และ 20 นาทีตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าการอบครั้งแรกที่ 71 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาการอบทั้งหมดได้รับคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการทดสอบด้วยวิธี TPA ไม่แตกต่างกันทั้ง 11 สัปดาห์ โดยมีคุณภาพรวมที่ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังอบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียว (full-baking)

Barcenas และ Rosell (2006) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของขนมปังอบสุกบางส่วนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-25 องศาเซลเซียส) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิแช่เย็น(2 องศาเซลเซียส) พบว่าตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ แช่เย็น จะมีคุณภาพทางเคมีกายภาพดีกว่าตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็ง โดยมีปริมาตรจำเพาะสูงกว่า เนื้อขนมปังยังคงมีความนุ่มมากกว่า รวมถึงอัตราการเกิด staling ช้ากว่าขนมปังที่เก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง อย่างไรก็ตามผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นมีลักษณะปรากฏและกลิ่น ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง แต่มีคะแนนด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสต่ำกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลส (hydroxypropyl-methyl cellulose (HPMC)) ในส่วนผสมขนมปังมีผลช่วยปรับปรุงคุณภาพทางเคมีกายภาพของขนมปังอบสุกบางส่วนในระหว่างการเก็บรักษา โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณ ภาพทางประสาทสัมผัส

Carr และคณะ (2005) ศึกษาลักษณะทางกายภาพ เนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังฝรั่งเศสอบสุกบางส่วนแช่แข็ง (frozen part-baked french bread, FPBFB) โดยการทำขนมปัง FPBFB จะอบสุกบางส่วนที่ 250 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบ 7 นาที หลังจากทำให้เย็นลงนำไปแช่แข็งที่ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ทุกวันจะนำตัวอย่างออกมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง และนำไปอบซ้ำที่ 250 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบ 6 นาที แล้วนำมาวิเคราะห์ผลหลังจากพักไว้ 1 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ผลการทดลองพบว่าน้ำหนักและปริมาตรจำเพาะของ FPBFB กับตัวอย่างควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และปริมาตรจำเพาะของ FPBFB หลังจากการเก็บรักษาวันที่ 4 จะลดต่ำลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนและใช้วิธีทดสอบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมด้านลักษณะปรากฏ ความรู้สึกจากการสัมผัสด้วยมือและความรู้สึกในปาก ผู้ทดสอบสามารถรับรู้ถึงความแตกต่างได้เล็กน้อยในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้วิธีทดสอบแบบ Hedonic scale 9 ระดับคะแนน เปรียบเทียบระหว่างขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งกับขนมปังที่ขายทั่วไป ผลการทดสอบพบว่า ตัวอย่างที่ได้จากการทดลองได้คะแนนรวมในทุกด้านดีกว่าขนมปังที่ขายอยู่ทั่วไป

Karaoglu และ Kotancilar (2006) ศึกษาผลของการอบสุกบางส่วนและการเติมสารกันรา (แคลเซียมโพรพิโอเนต) ต่อคุณภาพของขนมปังปอนด์ โดยการอบขนมปังครั้งแรกที่ 230 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 15 และ 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 7, 14 และ 21 วัน จากนั้นนำมาอบซ้ำอีกครั้งที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15, 10 และ 5 นาที ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าตัวอย่างขนมปังที่เติมแคลเซียมโพรพิโอเนตจะมีค่าความชื้นของเปลือก การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ ปริมาตรจำเพาะ ความสามารถในการดูดซึมน้ำ และความนุ่มของขนมปังลดลงอย่างมีนัยสำคัญในขณะที่ค่าความชื้นของเนื้อขนมปัง ปริมาณกรดทั้งหมด และค่าสี a เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียมโพรพิโอเนต นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาในการอบสุกบางส่วนมีผลต่อคุณภาพของขนมปังที่ได้หลังการอบซ้ำโดยที่การใช้เวลาในการอบสุกบางส่วน 10 นาที จะได้ขนมปังหลังการอบซ้ำที่มีความนุ่มสูงที่สุด การเก็บรักษาขนมปังอบสุกบางส่วนที่ระยะเวลานานขึ้น มีผลทำให้ขนมปังหลังการอบซ้ำมีค่าความชื้น และความนุ่มลดลงแต่มีการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบและปริมาตรจำเพาะเพิ่มขึ้น

Lainez และคณะ(2008) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพ ประสาทสัมผัส และจุลินทรีย์ของขนมปังอบสุกบางส่วนในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 และ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่าตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส หลังจากอบซ้ำมีค่าความแข็งสูงกว่า และคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่ำกว่าตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าหลังจากวันที่ 9 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ขนมปังอบสุกบางส่วนมีการเจริญของราที่ผิวขนมปัง ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ตรวจไม่พบการเจริญของเชื้อราที่ผิวขนมปังตลอดระยะเวลา 28 วันของการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีการ

## 3.1 วัตถุดิบ

### วัตถุดิบในการผลิตขนมปัง

- แป้งสาลีชนิดทำขนมปังตราหงส์ขาว (บริษัท ยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด)
- น้ำตาลทราย (ตรา มิตรผล)
- เกลือป่น (ตรา ปรุงทิพย์)
- นมผง (ตรา สเปเชี่ยล เบเกอร์)
- ไข่ไก่ (เบอร์ 2)
- ยีสต์แห้งชนิดผง (ตรา Saft-Instant)
- มาการีน (ตรา เค้กท็อปปิ้ง)
- เนยขาว (ตรา เค้กท็อปปิ้ง)
- สารเสริมคุณภาพ (แป้งสาลี 96%, กรดแอสคอบิค 3%, อะไมเลสและเฮมิเซลลูเลส 1%) ตรา มาจิมิกซ์ กรีน

## 3.2 อุปกรณ์

### 3.2.1 อุปกรณ์ในการเตรียมขนมปัง

- เครื่องผสมไฟฟ้า (Kitchen Aid รุ่น K5SS)
- เครื่องชั่งชนิดหยาบ ( Mettler, AE204 สวิสเซอร์แลนด์)
- เครื่องชั่งชนิดละเอียด (Mettler, AE3000 สวิสเซอร์แลนด์)
- ตู้บ่มขนมปัง
- เตาอบแก๊ส (กิตติวัฒนา รุ่น KO-04)
- ถาดอบอะลูมิเนียมขนาด 13×18×1 นิ้ว$^3$
- เทอร์โมมิเตอร์
- กะละมัง
- ตะแกรงพักขนม
- ตะแกรงร่อนแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้เก็บรักษา**

- ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส
- เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก (Master Impulse Sealer, 450-5)
- กล่องพลาสติกมีฝา 20×30×12 ซม$^3$.
- ถุงพลาสติก PE ขนาด 6×9.5 นิ้ว$^2$

**3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ**

- เครื่องวัดค่าสี (Minolta Chroma-meter CR-400 ญี่ปุ่น)
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i อังกฤษ)
- ตู้อบลมร้อน (Memmert เยอรมัน)
- บิกเกอร์ 1000 มิลลิลิตร

**3.2.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส**

- อุปกรณ์ในการทดสอบ
  1) จานพลาสติก เส้นผ่านศูนย์กลาง 18 ซม.
  2) ฟิล์มยืดห่อหุ้มอาหาร (ตรา tesco)
  3) ถาดพลาสติก
  4) ดินสอ
  5) แก้วน้ำ
- แบบทดสอบ

## 3.3 ศึกษาผลของระยะเวลาในการอบสุกบางส่วน (part-baking) ก่อนแช่แข็งและการอบซ้ำ (post-baking) ต่อคุณภาพของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง

ทดลองเตรียมขนมปังซอฟต์โรลล์จากสูตรมาตรฐานที่ได้ดัดแปลงจาก จิตธนาและอรอนงค์ (2546) (ตารางที่ 3.1) และมีกระบวนการผลิตดังภาพที่ 3.1 โดยนำก้อนแป้งน้ำหนักก้อนละ 20 กรัม หลังจากคลึงให้กลมเนียนแล้ววางบนถาดอลูมิเนียมขนาด 13×18×1 นิ้ว$^3$ ที่ทาเนยขาวบางๆ โดยวางก้อนแป้งห่างกันประมาณ 2 นิ้ว หลังจากหมักในตู้บ่มขนมปังจนได้ที่แล้วนำเข้าอบในเตาอบที่มีอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ให้สุกบางส่วน โดยแปรระยะเวลาเป็น 3 ระดับ คือ 5, 8, 11 นาที เมื่อครบเวลา นำขนมปังออกจากเตาอบ แซะขนมปังวางบนตะแกรงพักไว้ให้เย็นประมาณ 30 นาที (อุณหภูมิกึ่งกลางก้อนแป้งประมาณ 30 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนที่ได้ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PE ขนาด 6×9.5 นิ้ว$^2$ จำนวน 4 ลูกต่อหนึ่งถุง ปิดปากถุงให้สนิทด้วยความร้อน นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบกำหนด 7 วัน นำตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งออกมาละลายน้ำแข็งโดยวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยไม่ต้องเปิดปากถุง เมื่อครบกำหนดเวลา นำขนมปังมาเรียงบนถาดอลูมิเนียมขนาด 13×18×1 นิ้ว$^3$ ที่ทาเนยขาวบางๆ โดยวางก้อนขนมปังห่างกันประมาณ 1 นิ้ว นำเข้าอบซ้ำ (post-baking) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส โดยแปรเวลาในการอบซ้ำให้ได้ระยะเวลารวมของการอบสุกบางส่วนบวกกับระยะเวลาอบซ้ำเท่ากับ 14 นาที ดังนั้นระยะเวลาในการอบซ้ำของตัวอย่างขนมปังที่ผ่านการอบสุกบางส่วน 5, 8 และ 11 นาที เท่ากับ 9, 6 และ 3 นาที ตามลำดับ พักขนมปังที่ได้บนตะแกรงให้เย็น (อุณหภูมิกึ่งกลางก้อนแป้งประมาณ 30 องศาเซลเซียส) นำตัวอย่างขนมปังที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เวลา 14 นาที โดยไม่ผ่านการแช่แข็ง)

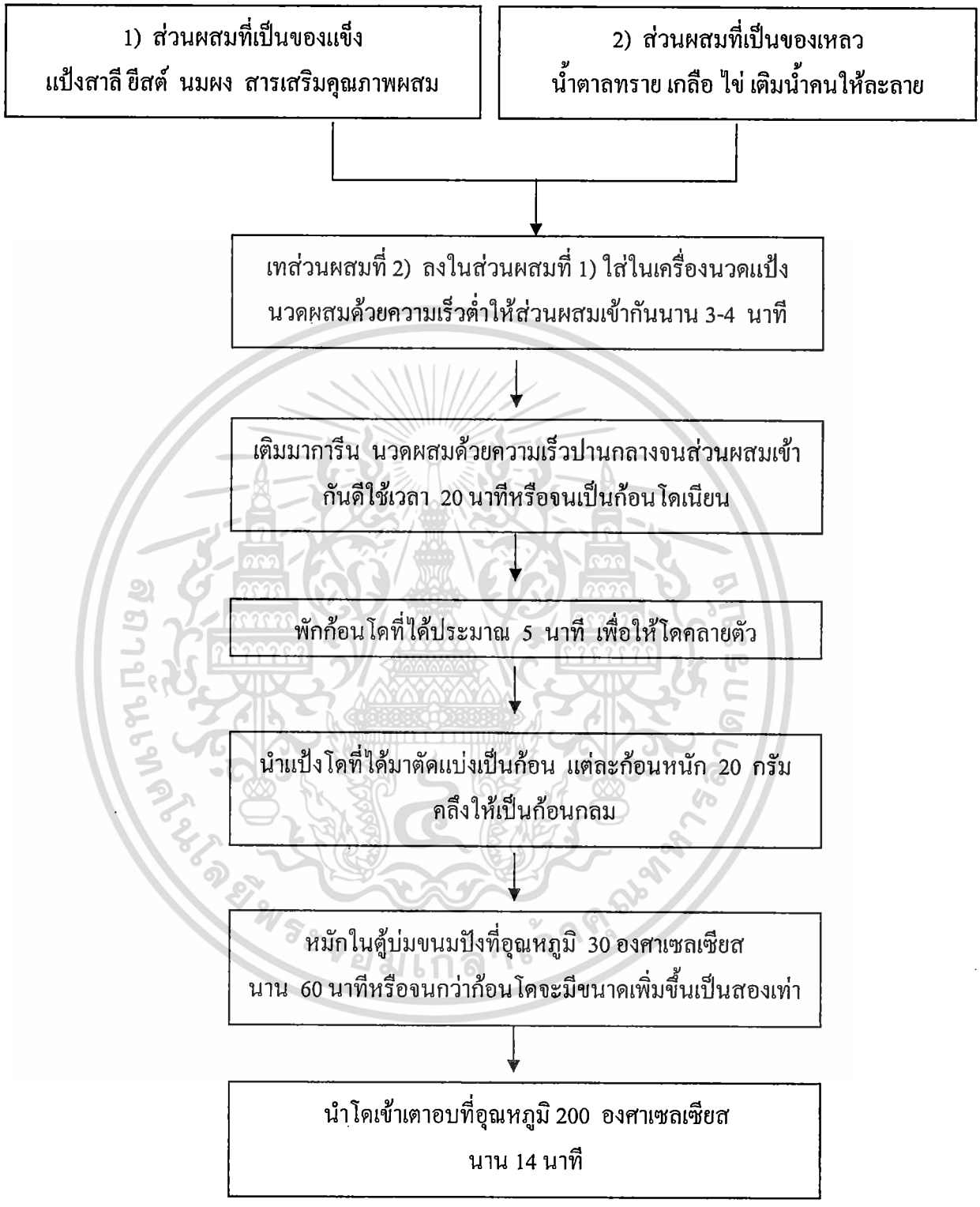
**ตารางที่ 3.1** สูตรมาตรฐานของขนมปัง

| ส่วนผสม | เปอร์เซ็นต์(โดยน้ำหนัก) |
|---|---|
| แป้งสาลี | 100 |
| ยีสต์ผง | 1.4 |
| สารเสริมคุณภาพ (มาจิมิกซ์ กรีน) | 0.5 |
| นมผง | 3 |
| น้ำตาลทราย | 10 |
| เกลือป่น | 1 |
| ไข่ไก่ | 10 |
| มาการีน | 10 |
| น้ำ | 50 |

**ที่มา :** ดัดแปลงจาก จิตธนา และอรอนงค์ (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ขั้นตอนการทำขนมปัง




**ภาพที่ 3.1** ขั้นตอนการผลิตขนมปัง

**ที่มา** : ดัดแปลงจาก จิตธนา และ อรอนงค์ (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.3.1 คุณภาพทางเคมี**

วิเคราะห์หาความชื้นตามวิธี AOAC (1995) Method 925.10

**3.3.2 คุณภาพทางกายภาพ**

3.3.2.1 ชั่งน้ำหนักของขนมปังเพื่อคำนวณหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ( % weight loss) ดัดแปลงจาก AOAC (1995) Method 35.1.13

3.3.2.2 วัดค่าสีของเปลือกนอก (crust) ของขนมปัง ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CR-400) แสดงผลในรูปของค่า L*, a* และ b*

L* = ค่าความสว่าง ( 0 = สีดำ , 100 = สีขาว )

a* = ค่าสีแดง ( + = สีแดง , - = สีเขียว )

b* = ค่าสีเหลือง (+ = สีเหลือง , - = สีน้ำเงิน )

3.3.2.3 วัดปริมาตรจำเพาะของขนมปังด้วยวิธีการแทนที่ปริมาตรด้วยเมล็ดงา ดัดแปลงจากวิธีใน มอก. 374-2524 ข้อ 10.2.2

3.3.2.4 วัดเนื้อสัมผัสด้านความแข็งของเนื้อขนมปัง ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i) โดยดัดแปลงวิธีจาก Carr and Tadini (2003)

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

**3.3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส**

นำขนมปังที่ได้มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมทางด้านลักษณะปรากฏ สีเปลือก กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมของตัวอย่าง ใช้วิธีให้คะแนนการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale 7 ระดับ และใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตรจำนวน 30 คน

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งในระหว่างการเก็บรักษา

ทดลองเตรียมขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วน โดยใช้ระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบสุกบางส่วนตามผลการทดลองที่ได้ในข้อ 3.3 จากนั้นนำตัวอย่างขนมปังที่ได้บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PE ขนาด 6×9.5 นิ้ว$^2$ จำนวน 4 ลูกต่อหนึ่งถุง ปิดปากถุงให้สนิทด้วยความร้อน นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จากนั้นเก็บตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ นำมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อละลายน้ำแข็งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบซ้ำโดยใช้ระยะเวลาในการอบซ้ำที่เหมาะสมซึ่งได้จากผลการทดลองข้อ 3.3 นำตัวอย่างขนมปังมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัส เหมือนการทดลองในข้อ 3.3 ทุกประการ

### 3.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งหลังการอบซ้ำ ในระหว่างการรอให้บริการ

นำตัวอย่างขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนที่เตรียมได้ตามสภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 3.3 ซึ่งเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทุกสัปดาห์นำมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นอบซ้ำโดยใช้ระยะเวลาที่เหมาะสมจากผลการทดลองข้อ 3.3 หลังจากการอบซ้ำและพักบนตะแกรงเป็นเวลา 30, 60, 120 และ 180 นาที นำขนมปังที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมตามระยะเวลาที่กำหนด ดังนี้

3.5.1 ชั่งน้ำหนักของขนมปังเพื่อคำนวณหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (%weight loss) ดัดแปลงจาก AOAC (1995) Method 35.1.13

3.5.2 วัดเนื้อสัมผัสด้านความแข็งของเนื้อขนมปัง ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i) โดยดัดแปลงวิธีจาก Carr and Tadini (2003)

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

## 4.1 การศึกษาระยะเวลาในการอบสุกบางส่วน (part-baking) และการอบซ้ำ (post-baking) ต่อคุณภาพของขนมปังซอฟต์โรลล์

จากการทดลองเตรียมขนมปังซอฟต์โรลล์โดยใช้ระยะเวลาการอบสุกบางส่วนแตกต่างกัน คือ 5, 8 และ 11 นาที ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส หลังจากแช่เย็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน นำขนมปังดังกล่าวมาอบซ้ำที่อุณหภูมิเดียวกันกับการอบครั้งแรก โดยกำหนดให้ระยะเวลารวมของการอบครั้งแรกและการอบซ้ำเท่ากับ 14 นาที ดังนั้นระยะเวลาในการอบซ้ำจึงเท่ากับ 9, 6 และ 3 นาที ตามลำดับ เมื่อพักให้ขนมปังเย็นตัวลงแล้ว นำตัวอย่างไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ขนมปังที่อบสุกเต็มที่ใช้เวลา 14 นาที โดยไม่ผ่านขั้นตอนการแช่เย็ง) ผลการทดลองมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.1-4.5

### 4.1.1 การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบ และค่าความชื้น

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อนำก้อนโดเข้าอบครั้งแรกหรือขั้นตอนการอบสุกบางส่วนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5, 8 และ 11 นาที จะมีผลทำให้การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่การอบสุกบางส่วนเป็นเวลา 5 นาที จะมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบน้อยที่สุด และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการอบสุกบางส่วนเพิ่มขึ้นเป็น 8 และ 11 นาที ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ระยะเวลาการอบที่เพิ่มขึ้นทำให้น้ำที่อยู่ในก้อนโดเกิดการระเหยมากขึ้น โดยเมื่อเริ่มใส่ขนมปังเข้าไปในเตาอบ ความชื้นที่ผิวของ ขนมปังจะระเหยออกไปเนื่องจากความร้อน ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำขึ้น ความชื้นภายในจะเคลื่อนออกมาสู่ผิวนอก ในขณะเดียวกันความชื้นที่ผิวก็ระเหยออกไปตลอดเวลา (วิไล, 2547) ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Karaoglu และ Kotancila (2006) ที่รายงานว่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของขนมปังขาว (white pan bread) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการอบสุกบางส่วนที่ระยะเวลานานขึ้น และใช้เวลาในการอบซ้ำสั้นลงจะมีผลทำให้ขนมปังมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักทั้งหมดหลังการอบซ้ำต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม

นอกจากนี้ ความชื้นของตัวอย่างขนมปังที่ได้หลังการอบซ้ำจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สอดคล้องกับร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบสุกบางส่วนเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความชื้นของตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็ง (ร้อยละ 28.73 – 29.60) มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม (ร้อยละ 28.94)

**ตารางที่ 4.1** ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบ และค่าความชื้นขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง ที่ใช้ระยะเวลาในการอบแตกต่างกัน

| ระยะเวลา (นาที) | | การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบสุกบางส่วน (ร้อยละ) | การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำ (ร้อยละ) | ความชื้นของขนมปังหลังการอบซ้ำ (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| อบสุกบางส่วน | อบซ้ำ | | | |
| 5 | 9 | $7.14^{d} \pm 0.53$ | $14.57^{a} \pm 0.4$ | $28.73^{b} \pm 0.44$ |
| 8 | 6 | $10.76^{c} \pm 0.41$ | $13.74^{b} \pm 0.62$ | $29.60^{a} \pm 0.67$ |
| 11 | 3 | $13.23^{b} \pm 0.93$ | $14.29^{a} \pm 1.39$ | $29.02^{b} \pm 0.52$ |
| 14 (ตัวอย่างควบคุม) * | - | $14.56^{a} \pm 0.45$ | - | $28.94^{b} \pm 0.79$ |

**หมายเหตุ** : a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึงตัวอย่างขนมปังที่อบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียวโดยไม่ผ่านการแช่แข็ง และใช้การอบที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 นาที

### 4.1.2 ปริมาตรจำเพาะ และความแข็งของเนื้อขนมปัง

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าปริมาตรจำเพาะ และความแข็งของเนื้อขนมปังซอฟต์โรลล์ที่ได้เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบสุกบางส่วนและการอบซ้ำแตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าขนมปังซอฟต์โรลล์ อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาและวิธีอบต่างกัน มีค่าปริมาตรจำเพาะหลังการอบซ้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Carr และคณะ (2006) ซึ่งรายงานว่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังฝรั่งเศสอบสุกบางส่วนแช่แข็งมีค่าน้อยกว่าขนมปังฝรั่งเศสที่อบแบบขั้นตอนเดียว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการแช่แข็งมีผลทำให้ผลึกน้ำแข็งทำลายโครงสร้างของขนมปัง (Carr และ Tadini, 2003) จากการเติบโตของผลึกน้ำแข็ง โดยการแช่แข็งอย่างช้าๆ ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดใหญ่ซึ่งจะเกิดที่บริเวณภายนอกเซลล์ (extracellular) น้ำภายในเซลล์จะถูกดึงมาเพิ่มขนาดของผลึกที่ภายนอกเซลล์เป็นผลให้เซลล์หดตัวลดขนาดลงและได้รับความเสียหาย เมื่อเซลล์ถูกทำลายเซลล์จะมีรูปร่างและความแข็งแรงไม่เหมือนเดิม (Hsuและคณะ,1970 อ้างโดย อัมพวัน,2547)

สำหรับค่าความแข็งของเนื้อขนมปังพบว่าการอบสุกบางส่วนที่ 5 นาที (อบซ้ำ 9 นาที) จะมีผลทำให้เนื้อขนมปังมีค่าความแข็งสูงที่สุด ในขณะที่ระยะเวลาการอบสุกบางส่วนที่นานขึ้นเป็น 8 นาที (อบซ้ำ 6 นาที) ขนมปังที่ได้จะมีแนวโน้มของค่าความแข็งใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาในการอบสุกบางส่วนเพิ่มเป็น 11 นาที (อบซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

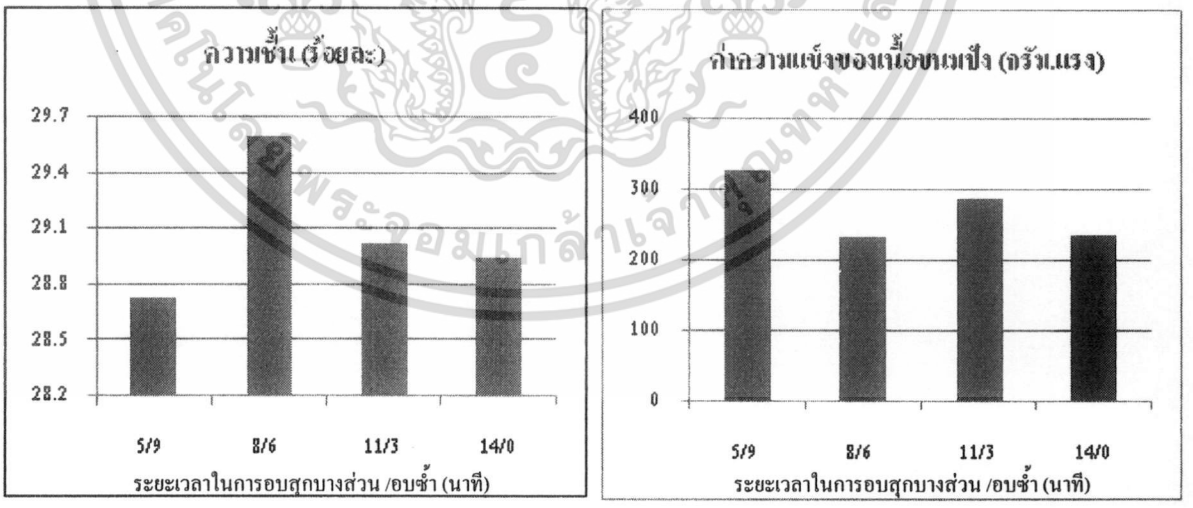
3 นาที) ค่าความแข็งของเนื้อขนมปังจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีก จากภาพที่ 4.1 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของขนมปังและค่าความแข็งของเนื้อขนมปัง จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความชื้นของขนมปังเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความแข็งของเนื้อขนมปังต่ำลง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ He และ Hoseney (1990) ที่รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งของเนื้อขนมปังเกี่ยวข้องกับการลดลงของความชื้น โดยจะแปรผกผันกัน

**ตารางที่ 4.2** ค่าปริมาตรจำเพาะ และความแน่นแข็งของเนื้อของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาการอบแตกต่างกัน

| ระยะเวลา (นาที) | | ค่าปริมาตรจำเพาะ | ความแข็งของเนื้อ |
|---|---|---|---|
| อบสุกบางส่วน | อบซ้ำ | (ลบ.ซม./กรัม) | ขนมปัง (กรัม/แรง) |
| 5 | 9 | 3.76 $^{c}$ ±0.11 | 326.99 $^{a}$ ±39.96 |
| 8 | 6 | 3.93 $^{b}$ ±0.08 | 231.70 $^{c}$ ±24.55 |
| 11 | 3 | 3.93 $^{b}$ ±0.06 | 287.48 $^{b}$ ±29.31 |
| 14 (ตัวอย่างควบคุม) * | - | 4.01 $^{a}$ ±0.07 | 235.81 $^{c}$ ±28.43 |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึงตัวอย่างขนมปังที่อบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียวโดยไม่ผ่านการแช่แข็ง และใช้การอบที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 นาที




**ภาพที่ 4.1** ผลของระยะเวลาในการอบสุกบางส่วนและการอบซ้ำ ต่อค่าความชื้นและค่าความแข็งของเนื้อขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.1.3 ค่าสีของเปลือก

เมื่อพิจารณาค่าสีของเปลือกขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งหลังการอบซ้ำเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ตารางที่ 4.3) จะเห็นว่าระยะเวลาการอบสุกบางส่วนที่ 8 นาที และ 11 นาที จะได้ขนมปังที่มีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) หลังการอบซ้ำไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ในขณะที่ตัวอย่างขนมปังที่อบสุกบางส่วนที่ระยะเวลา 5 นาที (อบซ้ำ 9 นาที) จะมีสีเข้มที่สุด (ภาพที่ 4.2) ซึ่งสอดคล้องกับค่าสีคือ มีค่าความสว่างต่ำที่สุด และมีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองสูงที่สุด

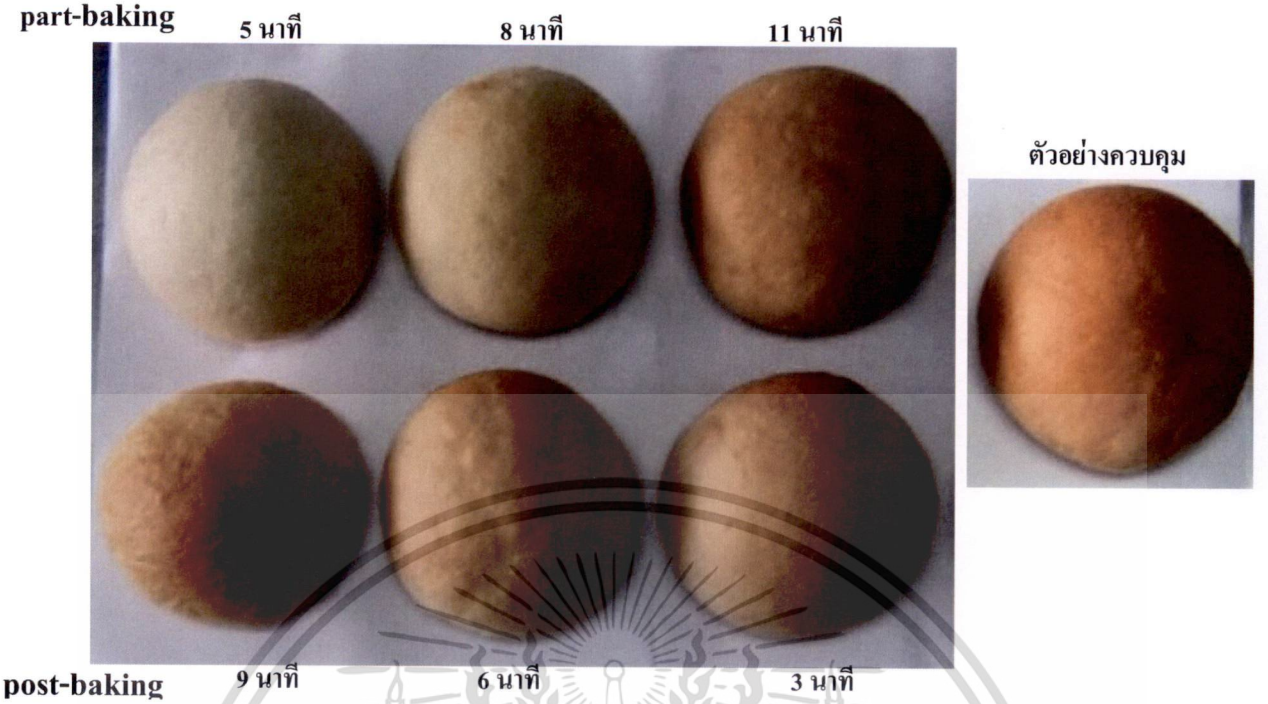
**ตารางที่ 4.3** ค่าสีของเปลือกขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาการอบแตกต่างกัน

| ระยะเวลา (นาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| อบสุกบางส่วน | อบซ้ำ | L* | a* | b* |
| 5 | 9 | $64.93^{b}$ ±5.0 | $16.24^{a}$ ±2.05 | $37.51^{a}$ ±1.30 |
| 8 | 6 | $68.90^{a}$ ±3.46 | $13.64^{c}$ ±1.36 | $36.22^{b}$ ±1.18 |
| 11 | 3 | $67.45^{a}$ ±2.33 | $14.96^{b}$ ±1.42 | $35.88^{b}$ ±1.08 |
| 14 (ตัวอย่างควบคุม) * | - | $66.96^{a}$ ±2.43 | $15.65^{ab}$ ±0.98 | $36.27^{b}$ ±1.23 |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึงตัวอย่างขนมปังที่อบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียวโดยไม่ผ่านการแช่แข็ง และใช้การอบที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.2** ผลของระยะเวลาในการอบสุกบางส่วนและการอบซ้ำต่อสีเปลือกและลักษณะปรากฏของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง

**หมายเหตุ :** ตัวอย่างควบคุม หมายถึงตัวอย่างขนมปังที่อบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียวโดยไม่ผ่านการแช่แข็ง และใช้การอบที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 นาที

**4.1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง**

จากการทดสอบความชอบของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาในการอบต่างกันซึ่งมีลักษณะปรากฏดังภาพที่ 4.1 โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าคะแนนความชอบปัจจัยด้านกลิ่นรสของขนมปังทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ตัวอย่างขนมปังที่อบสุกบางส่วนเป็นเวลา 5 นาที (อบซ้ำ 9 นาที) จะมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สีของเปลือก เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่ำที่สุด ($p\leq0.05$) ในขณะที่ตัวอย่างอื่นๆ มีคะแนนความชอบใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ใช้เวลาอบสุกบางส่วน 8 นาที (อบซ้ำ 6 นาที) มีคะแนนความชอบใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุด โดยคะแนนความชอบในทุกปัจจัยจะอยู่ในช่วงเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Fik และ Surowka (2002) ศึกษาผลของการอบสุกบางส่วนและการเก็บรักษาแบบแช่แข็งต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังโดยการอบสุกบางส่วนจะใช้เวลา 25 และ 15 นาที (คิดเป็น 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 43 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาการอบทั้งหมด) พบว่าระยะเวลาการอบสุกบางส่วนมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยระยะเวลาการอบสุกบางส่วน 71 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาการอบทั้งหมด ได้ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสดีกว่าการอบสุกบางส่วน 43 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาการอบทั้งหมด และมีค่าใกล้เคียงกับขนมปังอบสุกแบบขั้นตอนเดียว

**ตารางที่ 4.4** การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนนของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาการอบแตกต่างกัน

| ระยะเวลา (นาที) | | ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| อบสุกบางส่วน | อบซ้ำ | ลักษณะปรากฏ | สีเปลือก | กลิ่นรส(ns) | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
| 5 | 9 | $3.90^{b} \pm 1.47$ | $4.47^{b} \pm 1.68$ | $3.90 \pm 1.17$ | $3.93^{b} \pm 1.51$ | $4.27^{b} \pm 1.52$ |
| 8 | 6 | $5.10^{a} \pm 1.39$ | $5.30^{a} \pm 1.47$ | $4.13 \pm 1.31$ | $4.57^{a} \pm 1.76$ | $5.00^{a} \pm 1.26$ |
| 11 | 3 | $4.93^{a} \pm 1.08$ | $5.10^{ab} \pm 0.92$ | $4.13 \pm 0.94$ | $4.67^{a} \pm 1.77$ | $4.90^{ab} \pm 1.37$ |
| 14 (ตัวอย่างควบคุม) * | - | $5.17^{a} \pm 0.95$ | $5.33^{a} \pm 0.96$ | $4.37 \pm 1.52$ | $4.53^{a} \pm 1.41$ | $5.03^{a} \pm 1.51$ |

หมายเหตุ : ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึงตัวอย่างขนมปังที่อบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียวโดยไม่ผ่านการแช่แข็ง และใช้การอบที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 นาที

ในการผลิตขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการอบสุกบางส่วนก่อนการแช่แข็งมีผลต่อคุณภาพของขนมปังที่ได้หลังการอบซ้ำ จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง จึงสรุปได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง คือ ใช้ระยะเวลาในการอบสุกบางส่วนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที (คิดเป็นระยะเวลา 57 เปอร์เซ็นต์ของเวลาทั้งหมดที่ใช้การอบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียว และระยะเวลาในการอบซ้ำก่อนเสิร์ฟ 6 นาที โดยจะได้ขนมปังซอฟต์โรลล์ที่มีคุณภาพโดยรวมใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมที่ใช้วิธีอบสุกขั้นตอนเดียว

## 4.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง

จากการทดลองเตรียมขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วน โดยใช้ระยะเวลาในการอบสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางส่วน 8 นาที ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวอย่างขนมปังที่ได้ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทุกสัปดาห์นำตัวอย่างที่ได้หลังการอบซ้ำเป็นเวลา 6 นาทีไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ขนมปังที่อบสุกเต็มที่ใช้เวลา 14 นาที โดยไม่ผ่านขั้นตอนการแช่แข็ง) ผลการทดลองมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.5-4.8

### 4.2.1 การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบ และค่าความชื้น

จากการวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักและความชื้นหลังการอบซ้ำของตัวอย่างขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่ -18 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำหนัก และค่าความชื้นของตัวอย่างขนมปังในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.5 ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Bonnardel และคณะ (1990) อ้างโดย Carr และ Tadini (2003) ซึ่งพบว่าขนมปังฝรั่งเศษที่อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 สัปดาห์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นหลังการอบซ้ำ อย่างไรก็ตาม Vulicevic และคณะ (2003) รายงานว่าความชื้นของขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 สัปดาห์

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำ ในทางทฤษฎีเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำของขนมปังน่าจะมีค่าสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้อธิบายได้ว่าในระหว่างการเก็บรักษาอาหารแช่แข็ง ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กมีแนวโน้มที่จะรวมตัวกันเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มเสถียรภาพ Reid (1993) อ้างโดย วรัญญา (2540) ตามปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Ostwald ripening ผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดใหญ่จึงส่งผลต่อการทำลายโครงสร้างเซลล์หรือเนื้อเยื่อของอาหาร ทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการระเหยของน้ำในระหว่างการอบซ้ำมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ในการทดลองนี้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นและการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำของตัวอย่าง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ศึกษา 4 สัปดาห์ ยังไม่นานพอที่จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของค่าทั้งสองดังกล่าวอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.5** การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบ และค่าความชื้นของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนระหว่างเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็ง

| ระยะเวลา(สัปดาห์) | การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำ (ns) (ร้อยละ) | ความชื้นของขนมปังหลังการอบซ้ำ (ns) (ร้อยละ) |
|---|---|---|
| 0 (ตัวอย่างควบคุม)* | 13.72 ± 0.78 | 29.29 ± 0.94 |
| 1 | 13.53 ± 0.85 | 30.19 ± 0.89 |
| 2 | 13.32 ± 1.19 | 30.38 ± 0.58 |
| 3 | 13.73 ± 0.86 | 29.89 ± 1.44 |
| 4 | 13.82 ± 0.67 | 29.44 ± 1.25 |

**หมายเหตุ** : ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึงตัวอย่างขนมปังที่อบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียวโดยไม่ผ่านการแช่แข็ง และใช้การอบที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 นาที

### 4.2.2 ปริมาตรจำเพาะ และค่าความแข็งของเนื้อขนมปัง

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วน ในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.6) จะเห็นได้ว่าค่าปริมาตรจำเพาะของตัวอย่างที่เก็บรักษาตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย สำหรับค่าความแข็งของเนื้อขนมปังพบว่าจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Barcenas และคณะ (2004) ซึ่งรายงานว่าค่าความแข็งของเนื้อขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งหลังจากอบซ้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามตัวอย่างขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนในการทดลองนี้มีค่าความแข็งใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.6** ค่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนระหว่างเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็ง

| ระยะเวลา(สัปดาห์) | ค่าปริมาตรจำเพาะ (ลบ.ซม./กรัม) | ความแข็งของเนื้อขนมปัง ( กรัม/แรง ) |
|---|---|---|
| 0 (ตัวอย่างควบคุม)* | $4.11^{a} \pm 0.19$ | $216.00^{ab} \pm 16.80$ |
| 1 | $3.95^{b} \pm 0.16$ | $211.72^{b} \pm 13.26$ |
| 2 | $3.92^{b} \pm 0.20$ | $213.94^{b} \pm 14.41$ |
| 3 | $3.89^{b} \pm 0.25$ | $226.36^{a} \pm 22.07$ |
| 4 | $3.91^{b} \pm 0.18$ | $227.09^{a} \pm 21.37$ |

**หมายเหตุ** : a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึงตัวอย่างขนมปังที่อบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียวโดยไม่ผ่านการแช่แข็ง และใช้การอบที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 นาที

### 4.2.3 ค่าสีของเปลือกขนมปัง

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเปลือกขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนในระหว่างการเก็บรักษาโดยสภาวะแช่แข็งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.7) จะเห็นได้ว่าค่าความสว่าง(L*) และค่าสีเหลือง(b*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ในขณะที่ค่าสีแดง(a*) จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น

**ตารางที่ 4.7** ค่าสีของเปลือกขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนระหว่างเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็ง

| ระยะเวลา(สัปดาห์) | L*(ns) | a* | b*(ns) |
|---|---|---|---|
| 0 (ตัวอย่างควบคุม)* | 65.93 ± 1.95 | $16.09^{a} \pm 0.69$ | 36.67 ± 1.62 |
| 1 | 66.27 ± 1.94 | $15.16^{b} \pm 1.76$ | 36.36 ± 1.53 |
| 2 | 66.35 ± 2.08 | $15.22^{b} \pm 1.54$ | 36.41 ± 1.32 |
| 3 | 66.12 ± 2.11 | $15.85^{ab} \pm 1.40$ | 36.45 ± 1.38 |
| 4 | 66.16 ± 2.44 | $15.75^{ab} \pm 1.44$ | 36.50 ± 1.34 |

**หมายเหตุ** : ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึงตัวอย่างขนมปังที่อบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียวโดยไม่ผ่านการแช่ แข็ง และใช้การอบที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส**

จากการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าคะแนนความชอบของปัจจัยด้านสีของเปลือกและกลิ่นของขนมปังทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยคะแนนความชอบของตัวอย่างควบคุมจะอยู่ในระดับชอบปานกลาง ในขณะที่ตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งจะได้คะแนนความชอบของปัจจัยทั้งสองดังกล่าวอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย สำหรับความชอบโดยรวมพบว่ามีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างตัวอย่างที่เก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ ถึงแม้ว่าคะแนนความชอบโดยรวมของตัวอย่างควบคุมจะได้รับคะแนนสูงกว่าก็ตาม

จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนสามารถเก็บได้ในสภาวะแช่แข็งอย่างน้อย 4 สัปดาห์ โดยที่คุณภาพทางด้านกายภาพและทางประสาทสัมผัสของขนมปังหลังการอบซ้ำยังคงใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม

**ตารางที่ 4.8** ค่าเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาการอบแตกต่างกัน

| ระยะเวลา (สัปดาห์) | ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ลักษณะปรากฏ | สีเปลือก(ns) | กลิ่นรส(ns) | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
| 0(ตัวอย่างควบคุม) | $6.07^{a}$ ±1.34 | 5.17 ± 1.72 | 5.00 ± 1.55 | $5.98^{a}$ ± 1.06 | $6.17^{a}$ ±0.87 |
| 1 | $5.41^{ab}$ ± 1.40 | 5.22 ± 1.71 | 4.90 ± 1.06 | $5.53^{ab}$ ± 1.55 | $5.27^{b}$ ±1.39 |
| 2 | $5.47^{ab}$ ± 1.14 | 5.27 ± 1.39 | 5.00 ± 1.02 | $5.10^{bc}$ ± 1.83 | $5.32^{b}$ ± 1.97 |
| 3 | $5.23^{b}$ ± 1.50 | 5.12 ±1.36 | 4.83 ± 1.23 | $4.60^{c}$ ± 1.10 | $5.25^{b}$ ± 1.06 |
| 4 | $5.01^{b}$ ± 1.61 | 5.20 ±1.13 | 5.03 ± 1.65 | $4.67^{c}$ ± 1.86 | $5.13^{b}$ ± 1.31 |

**หมายเหตุ** : ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึงตัวอย่างขนมปังที่อบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียวโดยไม่ผ่านการแช่แข็ง และใช้การอบที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งหลังการอบซ้ำ ในระหว่างการรอให้บริการ

จากการทดลองเตรียมขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนโดยใช้ระยะเวลาในการอบสุกบางส่วน 8 นาที ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวอย่างขนมปังที่ได้ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทุกสัปดาห์นำตัวอย่างที่ได้มาอบซ้ำเป็นเวลา 6 นาที หลังจากการอบซ้ำและพักบนตะแกรงเป็นเวลา 30, 60, 120 และ 180 นาที นำขนมปังที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คือ การสูญเสียน้ำหนักและค่าความแข็งของเนื้อขนมปังเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ขนมปังที่อบสุกเต็มที่ใช้เวลา 14 นาที โดยไม่ผ่านขั้นตอนการแช่แข็ง) ผลการทดลองมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.9 - 4.10

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.9, 4.10 และ ภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าทั้งตัวอย่างควบคุมตัวอย่างขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งหลังการอบซ้ำและพักไว้บนตะแกรงเป็นระยะเวลาต่างๆกัน จะมีแนวโน้มของค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก และค่าความแข็งของเนื้อขนมปังเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาในการรอให้บริการนานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการพักขนมปังไว้บนตะแกรงจะทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นจากผิวขนมปัง นอกจากนี้ตัวอย่างขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนที่เก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลานานขึ้น การสูญเสียน้ำหนักและค่าความแข็งของเนื้อขนมปังหลังการอบซ้ำจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการพักรอให้บริการ อย่างไรก็ตาม ค่าการสูญเสียน้ำหนักและค่าความแข็งของเนื้อขนมปังของตัวอย่างขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนที่เก็บรักษาไว้ 1-4 สัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม เมื่อพักบนตะแกรงหลังการอบซ้ำไม่เกิน 60 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.9** ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งในระหว่างรอให้บริการ

| ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์) | การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำ (ร้อยละ) และพักบนตะแกรง | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 30 นาที | 60 นาที | 120 นาที | 180 นาที |
| 0 (*ตัวอย่างควบคุม) | 12.35±1.46 a (C) | 12.82 ±1.44 ab (BC) | 13.37±1.46 a (AB) | 13.89±1.47 b (A) |
| 1 | 11.62±0.77 b (C) | 12.30 ±0.79 b (B) | 12.79±1.00 b (B) | 13.44±1.17 b (A) |
| 2 | 12.31±0.62 a (B) | 12.75 ±0.82 ab (B) | 13.42±0.83 a (A) | 13.89±1.55 b (A) |
| 3 | 12.35 ±0.52 a (D) | 12.72 ±0.45 ab (C) | 13.63±0.67 a (B) | 14.80 ±0.62 a (A) |
| 4 | 12.64 ±1.10 a (C) | 13.24 ±1.14 a (BC) | 13.94 ±1.19 a (B) | 14.98 ±1.27 a (A) |

หมายเหตุ : a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* ตัวอย่างควบคุม หมายถึงตัวอย่างขนมปังที่อบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียวโดยไม่ผ่านการแช่แข็งและ ใช้การอบที่ 200องศาเซลเซียส เวลา 14 นาที

**ตารางที่ 4.10** ความแข็งของเนื้อขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งหลังการอบซ้ำระหว่างรอให้บริการ

| ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์) | ค่าความแข็งของเนื้อขนมปัง (กรัม.แรง) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 30 นาที | 60 นาที | 120 นาที | 180 นาที |
| 0 (*ตัวอย่างควบคุม) | 214.52±16.00 ab (NS) | 216.60±10.72 abc | 221.42±11.95 b | 222.15 ±12.07 b |
| 1 | 205.63 ±15.02 b (C) | 214.20 ±14.90 bc (BC) | 222.12±13.85 b (AB) | 227.33 ±21.16 b (A) |
| 2 | 208.16± 8.93 b (C) | 210.91 ±11.12 c (C) | 221.93±10.35 b (B) | 237.96 ±18.60 a (A) |
| 3 | 222.81±10.04 a (C) | 223.12 ± 7.85 a (C) | 232.50±14.17 a (B) | 243.86±19.31 a (A) |
| 4 | 218.37±16.25 a (C) | 220.67 ± 5.84 ab (C) | 235.64±12.80 a (B) | 247.21 ± 8.19 a (A) |

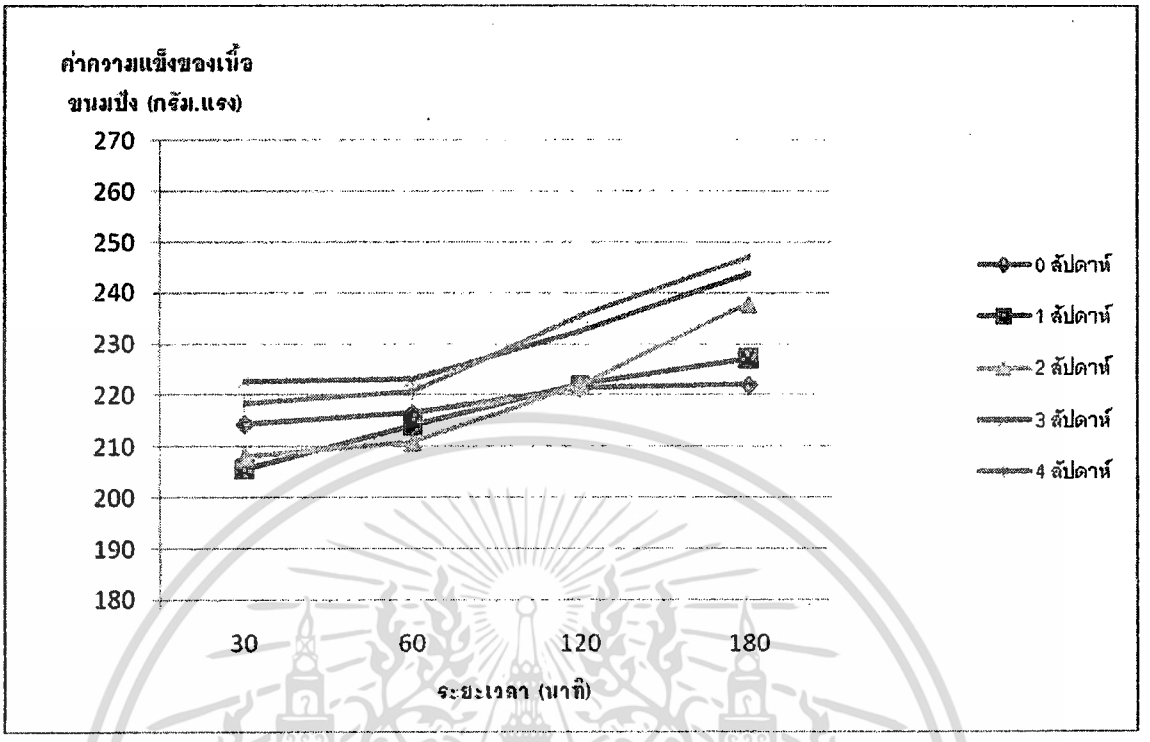
หมายเหตุ : a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตาม*แนวตั้ง*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตาม*แนวนอน*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

*ตัวอย่างควบคุม หมายถึงตัวอย่างขนมปังที่อบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียวโดยไม่ผ่านการแช่แข็ง และใช้การอบที่ 200 องศาเซลเซียส เวลา14 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.3** ค่าความแข็งของเนื้อขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งหลังการอบซ้ำระหว่างรอให้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การศึกษาระยะเวลาในการอบสุกบางส่วน และการอบซ้ำต่อคุณภาพของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการอบสุกบางส่วนก่อนการแช่แข็งมีผลต่อคุณภาพของขนมปังที่ได้หลังการอบซ้ำ จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง พบว่าขนมปังซอฟต์โรลล์ที่ผ่านการอบสุกบางส่วนอย่างน้อย 8 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำ ค่าความชื้น ปริมาตรจำเพาะ ความแข็งของเนื้อ สีของเปลือกขนมปัง และคุณภาพทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมที่ใช้วิธีอบขั้นตอนเดียว (14 นาที) สามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาในการอบสุกบางส่วนที่เหมาะสมควรมีระยะเวลาไม่น้อยกว่า 57 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาที่ใช้ในการอบสุกแบบขั้นตอนเดียว

5.1.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบาง ส่วนแช่แข็ง พบว่าระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบซ้ำ ค่าความ ชื้น ค่าสี ปริมาตรจำเพาะ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส สำหรับค่าความแข็งของเนื้อขนมปังพบว่าจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบ คุม ระหว่างการเก็บรักษาจะพบว่าค่าความแข็งและคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม ขณะที่ปริมาตรจำเพาะจะมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย

5.1.4 การพักขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งหลังการอบซ้ำไว้บนตะแกรงในระหว่างการรอให้บริการ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหลังจากการอบซ้ำแล้วการพักขนมปังซอฟต์โรลล์ไว้บนตะแกรงเพื่อรอให้บริการไม่ควรใช้เวลาเกิน 60 นาที เพราะจะมีผลต่อการสูญเสียความชื้น และค่าความแข็งของเนื้อขนมปังที่เพิ่มขึ้น หรือถ้าจะต้องใช้เวลานานกว่า 60 นาที ก็ควรเก็บขนมปังไว้ในภาชนะบรรจุที่ไม่ทำให้เกิดการสูญเสียความชื้น จะช่วยรักษาคุณภาพเนื้อสัมผัสของขนมปังซอฟต์โรลล์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการทดลองเก็บรักษาขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็ง พบว่ามีแนวโน้มว่าสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า 4 สัปดาห์ เพื่อให้ระบุได้อย่างชัดเจนว่าจะสามารถเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งได้นานเท่าใด จึงควรศึกษาอายุการเก็บให้นานขึ้น

5.2.2 ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ เพื่อการเก็บรักษาคุณภาพของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนในสภาวะแช่แข็ง

5.3.3 ศึกษาผลของการใช้สารเติมแต่ง เช่น กัม(gum) หรือวัตถุดิบในการผลิต เช่น เนยหรือไขมัน ต่อคุณภาพของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนที่เก็บรักษาในสภาวะแช่แข็ง เพื่อเพิ่มความคงตัวของโครงสร้างระหว่างแช่แข็งและหลังการอบซ้ำ

5.4.4 ศึกษาการทำละลายน้ำแข็งในขนมปังด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การใช้ไมโครเวฟ ก่อนการอบซ้ำ เพื่อช่วยลดระยะเวลาในทำการละลายให้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2539. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตธนา แจ่มเฒม และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2546. **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่5. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตธนา แจ่มเฒม, อรอนงค์ นัยวิกุล และ ปริศนา สุวรรณาภรณ์. 2552. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2551. **เคมีอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. 2524. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมข้าวสาลีชนิดทำขนมปัง (มอก. 374-2524).** กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

วรัญญา โชติช่วง. 2540. **การผลิตมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิไล รังสาดทอง. 2547. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สภาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2525. **ทฤษฎีอาหารเล่ม 1 หลักการประกอบอาหาร.** กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุนีย์ ชลนากิจกุล. 2540. **การผลิตโดขนมปังแช่เยือกแข็ง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อณุชิด พันธุรักษ์. 2545. **ผลของกรดแอสคอร์บิก, กลูเตนจากแป้ง และคาร์ราจีแนนต่อความคงตัวในการคืนรูปจากเยือกแข็งในผลิตภัณฑ์โดแช่เยือกแข็งที่ผลิตจากแป้งข้าวสาลียังไม่ผ่านการปรับปรุงสภาพ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. **ข้าวสาลี วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัมพวัน ลิขิตหัตถศิลป์. 2547. **ผลของการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของกะหรี่ปั๊บไส้ไก่.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อุสาห์ เจริญวัฒนา. 2537. **เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เบเกอรี่.** ขอนแก่น: ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

A.O.A.C. 1995. **Official Methods of Analysis.** 15th ed. Washington D.C: Association of Official Analytical Chemists.

Barcenas, M.E., Benedito, C. and Rosell, C.M. 2004. Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. **Food Hydrocolloids.** 18 : 769-774.

Barcenas, M.E. and Rosell, C.M. 2006. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperatures and HPMC addition. **Journal of Food Engineering.** 72 : 92–99.

Bent, A.J. 2007. Speciality Fermented Goods. *In* **Technology of Bread making**. (Cauvain,S.p., and Young,L.S.,ed). New York : Springer Science and Businees Medis, LLC. pp. 255-265.

Carr, L. G. and Tadini, C. C. 2003. Influence of yeast and vegetable shortening on physical and textural parameters of frozen partbaked French bread. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie**. 36 : 609–614.

Carr, L.G., Rodasb, M.AB., Della Torreb, J.C.M. and Tadini, C.C. 2005. Physical, textural and sensory characteristics of 7-day frozen part-baked French bread. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie.** 39 : 540-547.

Fik, M. and Surowka, K. 2002. Effect of prebaking and frozen storage on the sensory quality and instrumental texture of bread. **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 82 : 1268-1275.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

He, H. and Hoseney, R.C. 1990. Changes in bread firmness and moisture during long-term storage. **Cereal Chem.** 67(6) : 603-605.

Junes, F.R., Phillips, J.W. and Hird, F.J.R. 1974. The estimation of rheologically important thiol and disulfide groups in dough. **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 25 : 1-10.

Kamel, B.S. and Stauffer, C.E. 1993. **Advances in Baking Technology.** Glasgow : Blackie Academic & Professional.

Karaoglu, M.M. and Kotancila, G.H. 2006. Effect of partial baking, storage and rebaking process on the quality of white pan bread. **International Journal of Food Science and Technology.** 41 : 108–114.

Lainez, E., Vergara, F. and Barcenas, M.E. 2008. Quality and microbial stability of partially baked bread during refrigerated storage. **Journal of Food Engineering.** 89 : 414-418.

Leuschner, R.G.K., O'Callaghan, M.J.A. and Arendt, E.K. 1997. Optimisation of baking parameters of part-baked and rebaked Irish brown soda bread by evaluation of some quality characteristics. **International Journal of Food Science and Technology.** 32 : 487-493.

Pomeranz, Y. and Shellenberger. 1971. **Bread Science and Technology.** Westport : The AVI Publishing Company, Inc.

Vulicevic, I.R., Abdel-Aal, E-S.M., Mittal, G.S. and Lu, X. 2003. Quality and storage life of par-baked frozen breads. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie.** 37 : 205-213.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

# การวิเคราะห์ทางกายภาพ

## ก.1 การวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะของขนมปัง ตามวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่อง แป้งสาลีชนิดทำขนมปัง ข้อ 10.2.2.2 (มอก.374-2524)

อุปกรณ์

1. เมล็ดงา
2. ภาชนะรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาดใหญ่กว่าขนมปัง
3. กระบอกตวง
4. เครื่องชั่ง ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1. เมื่ออบขนมปังเสร็จแล้ว นำออกจากมาพักให้ขนมปังเย็นตัวลง ชั่งน้ำหนักของขนมปัง
2. บรรจุขนมปังลงในภาชนะรูปทรงสี่เหลี่ยมที่รู้ปริมาตรแน่นอน เติมเมล็ดงาให้เต็มภาชนะ ปาดให้เมล็ดงาเรียบเสมอกับขอบภาชนะ
3. คำนวณค่าปริมาตรจำเพาะโดย

$$\text{ปริมาตรจำเพาะของขนมปัง } (cm^3/g) = \frac{\text{ปริมาตรภาชนะ} - \text{ปริมาตรเมล็ดงา}}{\text{น้ำหนักขนมปัง}}$$

## ก.2 การหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการอบ (%weight loss)

ดัดแปลงจาก AOAC (1995) Method 35.1.13

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างหลังการปั้นโดเสร็จเรียบร้อย ซึ่งพร้อมที่จะนำไปหมัก บันทึกค่าที่ได้ (M1)
2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างหลังการอบ เมื่อวัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางภายในโดได้ 30 องศาเซลเซียส บันทึกค่าที่ได้ (M2)

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการอบ} = \frac{(M1-M2) * 100}{M1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ก.3 การวิเคราะห์ค่าความแข็งของขนมปัง โดยดัดแปลงวิธีจาก** Carr and Tadini (2003)

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส(Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i)
2. หัวกดแบบกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 25 mm (P/25)
3. ไม้บรรทัด
4. มีดแบบฟันเลื่อย

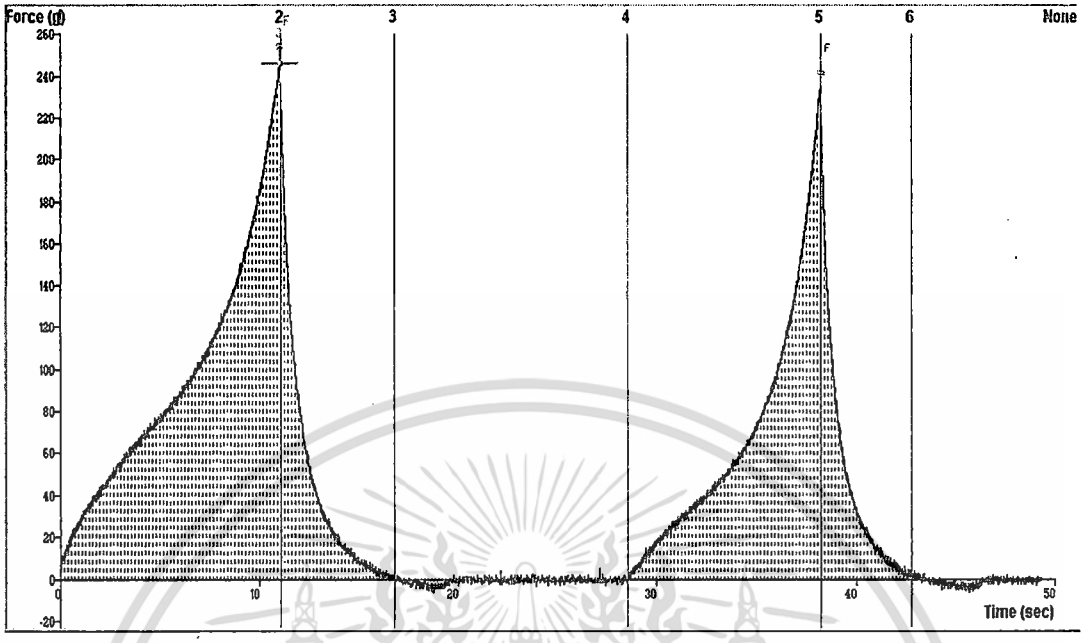
<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. นำขนมปังหั่นให้มีขนาด 3×3×3 cm ที่บริเวณกึ่งกลางของขนมปัง
2. ทดสอบค่าความแข็งของเนื้อขนมปังโดยเครื่อง Texture Analyzer โดยการวัดแรงที่ใช้ในการกดตัวอย่างขนมปังลงไปเป็นระยะทาง 50 % และมีรายละเอียดการตั้งค่าต่างๆ ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| TA-XT2 Settings | Mode : | TPA |
| | Option : | Return to start |
| | Pre-test Speed : | 1.0 mm/s |
| | Test Speed : | 1.7 mm/s |
| | Post-test Speed : | 1.0 mm/s |
| | Strain : | 50 % |
| | Trigger Type : | Auto |
| | Force : | 5 g |

3. วางชิ้นตัวอย่างตรงกึ่งกลางของหัวกด ทำซ้ำโดยการเปลี่ยนชิ้นตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง
4. วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Texture Profile Analysis (TPA) ในตำแหน่ง peak force

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ภาพที่ 4.4 แสดงกราฟที่ได้จากการวัดค่าความแข็งของขนมปังซอฟต์โรลล์อบสุกบางส่วนแช่แข็งหลังการอบซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

# การวิเคราะห์ทางเคมี

**การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)**

อุปกรณ์

1. ตู้อบ (hot air oven)
2. โถดูดความชื้น
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก
4. aluminium can

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียม aluminium can นำมาอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 3-5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก ใส่ใน aluminium can
3. นำไปอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
4. ปิดฝาทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น
5. นำมาชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละปริมาณความชื้น} = \frac{(W1 - W2)*100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เมื่อ W1 คือ น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W2 คือ น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

# การทดสอบทางประสาทสัมผัส

## แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ ..... วันที่ .....

ชื่อผลิตภัณฑ์ ขนมปัง

คำชี้แจง โปรดทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบ ในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างตามคำอธิบายคะแนนความชอบด้านล่างนี้ (สามารถให้คะแนนได้ละเอียดถึงทศนิยม 1 ตำแหน่ง)

1 = ไม่ชอบมาก
2 = ไม่ชอบปานกลาง
3 = ไม่ชอบเล็กน้อย
4 = เฉยๆ
5 = ชอบเล็กน้อย
6 = ชอบปานกลาง
7 = ชอบมาก

| ลักษณะการประเมิน | รหัสตัวอย่าง | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 1. ลักษณะปรากฏโดยรวม | | | |
| 2. สีของเปลือก | | | |
| 3. กลิ่นรส | | | |
| 4. เนื้อสัมผัส | | | |
| 5. ความชอบโดยรวม | | | |

**ข้อเสนอแนะ** .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้