การปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งสุก

Improving Bread Quality by Gelatinized Starch

ชัชวาล อรัญนารถ

CHATCHAWARN ARANYANATH

จิรัชญา นุ่มลมูล

JIRACHAYA NUMLAMUN

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2561

การปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งสุก

Improving Bread Quality by Gelatinized Starch

ชัชวาล อรัญนารถ

CHATCHAWARN ARANYANATH

จิรัชญา นุ่มลมูล

JIRACHAYA NUMLAMUN

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อโครงงานพิเศษ	การปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งสุก
ชื่อ นามสกุล	จิรัชญา นุ่มลมูล และชัชวาล อรัญนารถ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษได้ให้ความเห็นชอบโครงงานพิเศษฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชมภูนุช เผื่อนพิภพ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์)

โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....

(อาจารย์ดวงกมล ตั้งสถิตพร)
หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
วันที่ ๒ เดือน เม.ย. พ.ศ. ๒๕๖๒

.....

(อาจารย์ปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล)
คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
วันที่ ๒ เดือน เม.ย. พ.ศ. ๒๕๖๒

ชื่อโครงงานพิเศษ การปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งสุก
ชื่อผู้เขียน ชัชวาล อรัญนารถ และจิรัชญา นุ่มลมูล
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาและคณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีความชื้นที่ต่ำ ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งและเหนียวยากต่อการรับประทาน จึงทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งสุกจากแป้งทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวเหนียว โดยนำไปทำให้เกิดเจล พบว่าการเติมแป้งสุก มีผลทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะและความชื้นเพิ่มขึ้น และมีความหนาแน่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบขนมปังที่มีการเติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลังมากที่สุด โดยเฉพาะด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม จึงเลือกแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลังในการปรับปรุงคุณภาพขนมปัง โดยศึกษาปริมาณของแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลัง (0 20 30 40 และ50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด) พบว่าการเติมแป้งสุกในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ขนมปังมีคุณภาพด้านปริมาตรจำเพาะ ความชื้น ความหนาแน่น และคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) แต่คุณภาพดังกล่าวจะลดลงเมื่อเติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: ขนมปัง, แป้งสุก, เบเกอรี

Special project Improving Bread Quality by Gelatinized Starch
Authors Chatchawarn Aranyanath and Jirachaya Numlamun
Degree Bachelor of Science
Major program Food Science and Technology
Faculty Home Economics Technology
Academic year 2018

ABTRACT

Bread is a bakery product with low moisture content. It have a hard and sticky texture that cause difficult to eat. Therefore, in the present study the effect of gelatinized starch (wheat, corn, rice, tapioca and glutinous starch) to improve of bread quality was determined. Starch were gelatinized and added as bread ingredients. Gelatinized starch influenced the quality of bread. The bread obtained gelatinized starch with high specific volume and moisture content but low density ($p \leq 0.05$). Sensory evaluation showed that the bread which contained from gelatinized tapioca starch obtained highest score especially texture and overall acceptance from the panelists. Tapioca gel has been used as texture improving agent in bead. The effect of tapioca gel on the quality of bread were determined. The tapioca gel (0, 20, 30, 40 and 50% of wheat starch) was used in the formulation of the bread. Increasing tapioca gel improved specific volume, moisture content, density and sensory quality ($p \leq 0.05$); however, these quality were deteriorated as add tapioca gel up to 50% ($p \leq 0.05$).

Keyword: Bread, Gelatinized Starch, Bekery

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษ เรื่องการปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งสุกฉบับนี้สมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร.วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการแนะนำข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ตลอดจนการตรวจและแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นตลอดจนสนับสนุนเงินทุนที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณโครงงานส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ประจำปีงบประมาณ 2561 สถาบันวิจัยและพัฒนา และคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย สถานที่ และอุปกรณ์เครื่องมือในการปฏิบัติการทดลองโครงงานพิเศษครั้งนี้

ขอกราบขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชมภูนุช เผื่อนพิภพ และอาจารย์ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง ในการให้คำแนะนำ และคำปรึกษา ท่านได้สละเวลาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ทำให้โครงงานพิเศษฉบับนี้สมบูรณ์อย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบคุณ อาจารย์ดวงกมล ตั้งสถิตพร หัวหน้าสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และให้คำแนะนำในการใช้งานมาเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษา ขอบคุณคนในครอบครัวที่คอยอบรม ดูแล เอาใจใส่ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ให้กำลังใจและการสนับสนุนเป็นอย่างดีจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ทุกคนที่มีส่วนช่วยในเรื่องการทดสอบทางประสาทสัมผัสรวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ ผู้ศึกษาจึงขอกราบขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จิรัชญา นุ่มลมูล

ชัชวาล อรัญนารถ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญภาพ	(7)
สารบัญแผนภาพ	(8)
บทที่1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ขนมปัง	3
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของขนมปัง	5
2.3 การเกิดเจลาทิไนเซชัน	16
2.4 การเกิด Staling ในขนมปัง	18
บทที่3 วิธีดำเนินการ	22
3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	22
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	22
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	23
3.4 สถานที่และระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง	27
บทที่4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	28
4.1 ผลการศึกษาชนิดของแป้งที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของขนมปัง	28
4.2 ผลการศึกษาปริมาณแป้งสุกที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพของขนมปัง	32
บทที่5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผล	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	40
ภาคผนวก ก สูตร กรรมวิธีการเตรียมแป้งสุก และการปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งสุก	41
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ	46
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาททสัมผัส	49
ภาคผนวก ง ฉลากผลิตภัณฑ์ขนมปัง	52
ภาคผนวก จ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมปัง (มผช.747/2555)	54
ประวัติผู้ศึกษา	61

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางอาหารของขนมปังส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม	4
2.2	องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวสาลี	6
2.3	สมบัติสำคัญของสตาร์ชบางชนิด	18
3.1	สูตรพื้นฐานในการผลิตขนมปัง	24
3.2	ปริมาณของแป้งสุก 5 ระดับ ได้แก่ 0 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด	26
4.1	ปริมาตรจำเพาะ ความหนาแน่น และความชื้นของขนมปังเติมแป้งสุกชนิดต่างๆ	29
4.2	ค่าสีของเนื้อของขนมปังเติมแป้งสุกชนิดต่างๆ	30
4.3	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังเติมแป้งสุกชนิดต่างๆ	31
4.4	ปริมาตรจำเพาะ ความหนาแน่น และความชื้นของขนมปังเติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ	33
4.5	ค่าสีขนมปังเติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ	33
4.6	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังเติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ	34

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กราฟการเปลี่ยนแปลงของขนมปังขณะอบ	13
2.2	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของขนมปังขณะอบ	14
2.3	การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม	16
2.4	ระยะในการเกิดเจลาทิไนเซชัน	17
4.1	ขนมปังที่มีการเติมแป้งสุกชนิดทั้ง 5 ชนิด	28
4.2	ขนมปังที่มีการเติมแป้งสุกของน้ำหนักแป้งข้าวสาลีในระดับต่างๆ	32

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่	หน้า
3.1 กรรมวิธีผลิตขนมปังหัวกะโหลก	24

บทที่1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนมปังเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นอาหารแบบเร่งด่วนในสังคมที่มีความเร่งรีบ ทดแทนการบริโภคข้าวโดยเฉพาะอาหารเช้า ขนมปังทำจากแป้งข้าวสาลีที่ผสมกับน้ำและยีสต์ หรือผงฟู แล้วทำการนวดผสมทำให้ได้กลูเตนซึ่งมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น สามารถเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ได้ขนมปังที่มีความนุ่มฟู นอกจากนี้ยังมีการใช้ส่วนผสมอื่นๆ เพื่อแต่งสี รสชาติและกลิ่น แตกต่างกันไปตามแต่ละประเภทของขนมปัง ขนมปังมีหลายประเภท เช่น ขนมปังฝรั่งเศส ขนมปังไรย์ เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ขนมปังส่วนใหญ่ได้จากการอบ ซึ่งทำให้มีความชื้นที่ต่ำ ทำให้แข็งเหนียวและยากที่จะรับประทานหรือยากที่จะกลืน (Sugiura et al., 2017) เนื่องจากขนมปังจะดูดซับน้ำลายภายในปากทำให้เกิดอาการฝืดคอ เคี้ยวยาก และกลืนยาก อาจทำให้เกิดการสำลักอาหาร และไปขัดขวางการหายใจทำให้เสียชีวิตได้ ซึ่งมักพบปัญหาในผู้สูงอายุ ผู้ที่มีความสามารถผลิตน้ำลายในปากได้น้อย และคนทั่วไป การเพิ่มความชื้นในอาหารให้มากขึ้นสามารถทำให้การดูดซับน้ำลายในปากลดลง มีผลทำให้เคี้ยวและกลืนง่ายขึ้น (Sugiura et al., 2017) การเพิ่มความชื้นในขนมปังสามารถทำได้โดยการเพิ่มน้ำในส่วนผสม แต่มีผลทำให้เนื้อของขนมปังแน่น และมีปริมาตรลดลง Naito et al. (2005) และ Yamauchi et al. (2014) พบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำในระหว่างการนวดผสม โดยการเติมน้ำร้อนในระหว่างนวดผสมแป้งในอัตราส่วน น้ำต่อแป้งเท่ากับ 1 ต่อ 1 ทำให้แป้งบางส่วนเป็นเจลและสามารถอุ้มน้ำบางส่วนไว้ในโครงสร้าง และมีผลทำให้ขนมปังที่ได้มีความนุ่มฟู และมีความชื้นสูงขึ้นมีผลทำให้สามารถเคี้ยวและกลืนได้ง่ายขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sugiura et al. (2017) ซึ่งพบว่าการใช้แป้งที่ทำให้เกิดเจลบางเป็นส่วนผสมในการผลิตขนมปังทำให้ขนมปังมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในกระบวนการผลิตขนมปังทั่วไปมีน้ำเป็นส่วนผสมประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด (Belton, 2012) ในการผลิตขนมปังที่มีการใช้แป้งชนิดอื่นทดแทนแป้งข้าวสาลี เพื่อลดการใช้และนำเข้าแป้งข้าวสาลี และเพื่อปรับปรุงคุณภาพของขนมปัง Tsai et al. (2012) พบว่าการเติมเจลจากแป้งข้าวมีผลทำให้ชะลออัตราการเกิดการแน่นแข็งของขนมปังได้ นอกจากนี้การใช้แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง ทดแทนแป้งข้าวสาลีบางส่วนในการผลิตขนมปังทำให้มีขนมปัง มีปริมาตรเพิ่มขึ้น และมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้รับการยอมรับจาก

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพิ่มขึ้น (Hibi, 2001; Miyazaki et al. 2005) เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของขนมปังให้มีความนุ่มฟู และลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น จึงทำการศึกษาการเพิ่มปริมาณน้ำในขนมปังโดยเพิ่มน้ำในโครงสร้างของเจลในแป้งสุกจากแป้งชนิดต่างๆ และปริมาณของแป้งสุกที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังให้มีคุณภาพดีขึ้น ไม่แห้ง เคี้ยวและกลืนง่ายขึ้น เหมาะสมกับผู้บริโภคทุกวัย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาชนิดของแป้งที่ใช้ในการเตรียมเป็นแป้งสุกในการปรับปรุงคุณภาพของขนมปัง

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณแป้งสุกที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของขนมปัง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ในการทดลองนี้ใช้แป้งสุกที่เตรียมให้เป็นเจล โดยเตรียมน้ำแป้งความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ (w/w) แล้วนำไปให้ความร้อนจนเป็นเจลที่ได้จากแป้งข้าวสาลี แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวเหนียว ทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำไปเป็นส่วนผสมในการผลิตขนมปัง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบปริมาณแป้งสุกที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงคุณภาพของขนมปัง

1.4.2 ได้ขนมปังที่มีความนุ่มฟูและลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี

1.4.3 ได้ผลิตภัณฑ์ขนมปังที่สามารถเคี้ยวและกลืนง่าย

บทที่2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมปัง

2.1.1 นิยาม

ขนมปังถูกผลิตขึ้นจากแป้งข้าวสาลีผสมกับน้ำ ยีสต์ หรือ ผงฟู นอกจากนี้ในขนมปังยังมีการใช้ส่วนผสมอย่างอื่นเพื่อแต่งสี รสชาติ และกลิ่นเพื่อให้แตกต่างกันในแต่ละประเภทของขนมปังและแต่ละประเทศที่ทำโดยการนำส่วนผสมทั้งหมดมาตีให้เข้ากันและนำเข้าอบในอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยขนมปังนั้นก็จะมีหลายประเภท แต่ที่คนทั่วไปรู้จักกันเป็นอย่างดีก็ได้แก่ ขนมปังฝรั่งเศส ขนมปังแซนวิช ขนมปังหวาน ขนมปังไรน์ เป็นต้น ซึ่งอันที่จริงแล้วขนมปังนั้นเป็นอาหารไม่ใช่ขนมอย่างที่คนไทยเรียกกัน แต่ขนมปังถือเป็นอาหารหลักที่มีคุณค่าให้พลังงานแก่ร่างกาย แต่เมื่อตอนที่ขนมปังเข้ามาในเมืองไทยครั้งแรกนั้น คนไทยมองว่าขนมปังไม่ใช่ข้าวซึ่งไม่น่าจะเป็นอาหารหลักได้ ดังนั้นคนไทยจึงเรียกขนมปังนับตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา (จำลองลักษณ์, 2552) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์ ได้แก่ ขนมปังชนิดต่างๆ และโดนัท ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ประกอบด้วยส่วนผสมหลักสำคัญ ได้แก่ แป้งข้าวสาลี ยีสต์ เกลือ และน้ำ นอกจากนี้แล้วก็อาจจะเติมส่วนผสมอื่น เช่น น้ำตาล นมผง ไขมัน ไข่ ผลไม้แห้ง เชื่อม เนยแข็ง เครื่องเทศ และสารให้กลิ่นเฉพาะอย่างเข้าไปในส่วนผสมหลักทำให้เกิดเป็นขนมปังชนิดต่างๆ (จิตธนา และอรอนงค์, 2552) ขนมปังเป็นอาหารที่ผลิตจากแป้งข้าวสาลี น้ำ ไขมัน หรือน้ำมันเล็กน้อย แต่ที่ขาดไม่ได้ คือยีสต์เมื่อผสมแล้วพักไว้จึงนำไปอบ (Bateman et al., 2006) ขนมปังเป็นอาหารอบที่ผลิตจากข้าวสาลี มีวิวัฒนาการมายาวนานโดยมีผู้นำแป้งที่ผสมไว้ไปวางลืมไว้บนก้อนหินที่มีความร้อนจนทำให้เกิดการอบ และเป็นจุดเริ่มต้นของการผสม การหมักแป้งข้าวสาลีกับน้ำ และยีสต์ในอากาศและการผสมที่ทำให้เกิดกลูเตนจนเป็นวิวัฒนาการต่อมา (Rinsky and Laura, 2009)

2.1.2 ประเภทของขนมปัง

2.1.2.1 ขนมปังผิวแข็ง ขนมปังที่มีปริมาณน้ำตาล 0-2 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนประกอบ ขนมปังชนิดนี้มีรูปร่างลักษณะเป็นทั้งท่อนกลมยาวหรือท่อนกลมสั้น ลักษณะผิวและเนื้อค่อนข้างแข็ง เช่น ขนมปังฝรั่งเศษ ขนมปังขาไก่ ขนมปังเวียนนา เป็นต้น ซึ่งถ้าขนมปังมีรูปร่างลักษณะเป็นก้อนกลมจะนิยมเรียกกันว่า “ฮาร์ดโรล” (Hard Roll)

2.1.2.2 ขนมปังจืด (Loaf Bread) ขนมปังที่มีปริมาณน้ำตาล 4-10 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 6-12 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนประกอบ ขนมปังชนิดนี้มีรูปร่างลักษณะคล้ายกับรูปร่างของหัวกะโหลกและรูปร่าง ในแบบ สี่เหลี่ยมจัตุรัส ในส่วนของผิวและเนื้อขนมปังจะนุ่มกว่า ขนมปังผิวแข็งอย่างชัดเจน อย่างเช่น ขนมปังแซนด์วิช ขนมปังหัวกะโหลก ขนมปังรำ เป็นต้น

2.1.2.3 ขนมปังซอฟต์โรล (Soft Roll) ขนมปังที่มีปริมาณน้ำตาล 10-15 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 6-12 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนประกอบ ลักษณะของเนื้อขนมปังนุ่มกว่าขนมปังใน 2 ชนิดแรก รวมทั้งรสชาติของขนมปังนั้นจะมีรสชาติที่หวานอย่างชัดเจน ขนมปังชนิดนี้จะอยู่ในรูปของขนมปังชนิดหวานต่างๆ เช่น ซอฟต์บัน ขนมปังลูกเกด ขนมปังไส้หมูหยอง

2.1.2.4 ขนมปังหวาน (Sweet Dough) ขนมปังที่มีลักษณะคล้ายกับขนมปังชนิดซอฟต์โรล แต่จะต่างกันตรงที่ภายในขนมปังชนิดนี้มีรสชาติที่หวานกว่า เพราะมีน้ำตาลมากกว่า 16 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 12-24 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นขนมปังหวานชนิดเดียวที่สามารถดัดแปลงให้เป็นรูปร่างต่างๆ มากมาย สร้างความสวยงามให้น่ามอง เช่น ขนมปังมะพร้าว ซินนามอนบัน เป็นต้น (ปริทัศน์, 2557)

2.1.3 คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของขนมปังส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ	
พลังงาน	328.00	กิโลแคลอรี่
ความชื้น	20.00	กรัม
โปรตีน	12.00	กรัม
ไขมัน	3.30	กรัม
เถ้า	1.90	กรัม
ใยอาหาร	0.30	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	62.50	กรัม
แคลเซียม	22.00	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	121.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	2.00	มิลลิกรัม
วิตามินบี1 (ไทอามีน)	0.21	มิลลิกรัม
วิตามินบี2 (ไรโบฟลาวิน)	0.16	มิลลิกรัม
ไนอาซีน	1.40	มิลลิกรัม

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2535

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของขนมปัง

2.2.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบในการผลิตขนมปังประกอบด้วยแป้งข้าวสาลีชนิดแข็ง (Hard Red Spring) หรือเรียกโดยทั่วไปว่า แป้งขนมปัง ซึ่งถือว่าเป็นวัตถุดิบหลัก รองลงมาคือ น้ำ ยีสต์ และเกลือ วัตถุดิบทั้ง 4 ชนิดนี้ จำเป็นต้องมีในสูตรของการผลิตขนมปัง และนอกจากนี้อาจมีการใส่วัตถุดิบอื่นลงไปด้วยเพื่อเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำตาล นมผง ไขมัน ไข่ ผลไม้แห้งเชื่อม เนยแข็ง เครื่องเทศ เป็นต้น

2.2.1.1 แป้งข้าวสาลี

แป้งข้าวสาลี ที่ใช้ในการผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ผลิตจากเมล็ดข้าวสาลี แป้งข้าวสาลีมีโปรตีนอยู่ 2 ชนิดที่รวมกันอยู่คือ กลูเตนิน (Glutenin) และ ไกลอะดิน (Gliadin) โดยผ่านการนวดกับน้ำและส่วนผสมอื่นๆ ในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า กลูเตน (Gluten) เป็นยางเหนียวยืดหยุ่นได้ และเป็นตัวเก็บก๊าซเอาไว้ทำให้เกิดโครงร่างของผลิตภัณฑ์เป็นโครงร่างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากการอบผลิตภัณฑ์

สีแป้งข้าวสาลีขนมปังทั่วไปจะมีสีขาวขุ่น คล้ายสีครีมแต่สามารถทำให้ขาวได้โดยการฟอกสีแต่ปัจจุบันผู้บริโภคนิยมรับประทานขนมปังที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ใช้แป้งที่ไม่ผ่านการฟอกสีซึ่งทำให้สารอาหารบางตัวไม่หายไป การเลือกใช้แป้งจึงขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคเป็นสำคัญ

ความเหนียว หมายถึง ความสามารถในการอุ้มก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักและการขึ้นฟูเป็นก้อนโดได้

ดูดซึมน้ำได้สูง คือ ความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ในก้อนโดได้มาก โดยที่จะทำให้ขนมปังมีเนื้อนุ่ม เพราะมีปริมาณน้ำมาก ถ้าแป้ง 100 กรัม

แป้งข้าวสาลีในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ 3 ชนิดที่สำคัญคือ แป้งข้าวสาลีขนมปัง แป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ และแป้งข้าวสาลีเค้ก ซึ่งแต่ละชนิดมีสมบัติและลักษณะรวมถึงการใช้ประโยชน์ต่างกันคือ

1) แป้งข้าวสาลีขนมปัง มีโปรตีนสูง 12-14 เปอร์เซ็นต์ ใช้ทำผลิตภัณฑ์พวกขนมปังและผลิตภัณฑ์ที่ใช้การหมักด้วยยีสต์ทุกชนิด ลักษณะของแป้งชนิดนี้มีเนื้อหยาบ

มีสีครีมขาว แป้งจะไม่เกาะตัวกันเมื่อใช้นิ้วกดแป้งชนิดนี้ใช้ยีสต์เป็นตัวทำให้ขึ้นฟู เพราะยีสต์จะทำให้ก้อนโดพองตัวได้ดี

2) แป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ มีโปรตีนสูงปานกลาง 10-11 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมกับการผลิต คุกกี้ ขนมปังและขนมเค้กบางชนิด ที่มีเนื้อแน่น ตัวที่ทำให้ขึ้นฟูสำหรับแป้งชนิดสามารถใช้ได้ทั้งยีสต์และผงฟู

3) แป้งข้าวสาลีเค้ก มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำประมาณ 7-9 เปอร์เซ็นต์ ใช้ทำเค้ก คุกกี้ ลักษณะของแป้งจะอ่อนนุ่ม มีสีขาวมากและแป้งจะเกาะรวมกันเป็นก้อน เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้งและยังคงเป็นรอยนิ้วมือไว้ แป้งชนิดนี้ใช้สารเคมีช่วยทำให้ขึ้นฟูเท่านั้น ซึ่งสารเคมีได้แก่ ผงฟู เบกกิ้งโซดา เป็นต้น (เจตนิพัทธ์, 2560)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวสาลี

องค์ประกอบ	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
ความชื้น	14
แป้ง	64
โปรตีน	12.5
ไขมัน	1.65
เส้นใย	2.5
เถ้า	1.75
น้ำตาลและกัม	3.6

ที่มา: กล้าณรงค์ และเกื้อกลู, 2546

2.2.1.2 น้ำ

น้ำจัดว่าเป็นส่วนผสมที่สำคัญมากสิ่งหนึ่ง ซึ่งถ้าปราศจากน้ำ การผลิตขนมปังจะเกิดขึ้นไม่ได้ น้ำที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่นั้นอาจเป็นน้ำทั่วๆไปหรือเป็นน้ำที่อยู่ในนมหรือน้ำผลไม้ก็ได้ คือเป็นของเหลวที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ น้ำเป็นส่วนผสมที่จัดว่าราคาถูกที่สุดในการทำ ขนมปัง และเป็นส่วนผสมที่สำคัญมากขาดไม่ได้ เนื่องจากน้ำมีหน้าที่รวมตัวกับโปรตีนในแป้งให้เกิดเป็นกลูเตน และยังช่วยละลายส่วนผสมอื่นๆ (เจตนิพัทธ์, 2560)

น้ำที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์อาหาร ควรเป็นน้ำบริสุทธิ์ ปราศจากการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย และพยาธิต่างๆ สามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้น้ำที่มี

ความกระด้างเป็น 0 มักใช้ทำเค้กและบิสกิต เพราะจะให้ผลิตภัณฑ์ที่สม่ำเสมอและให้ผลดี สำหรับน้ำที่มีความด้างปานกลางใช้ได้ดีในการทำขนมปัง

น้ำอ่อนได้แก่ น้ำกลั่น หรือน้ำฝน ซึ่งปราศจากแร่ธาตุอื่นปนอยู่ น้ำเหล่านี้จะไม่มีการผลิตก๊าซเมื่อใช้ในการทำขนมปัง ควรใช้สารเคมีช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของก้อนโด แป้งผสมซึ่งเป็นอาหารของยีสต์ จะมีพวกเกลือแร่อยู่ด้วย และควรเพิ่มเกลือลงไปในสูตร 2-5 เปอร์เซ็นต์ เพราะโดที่ทำจากน้ำอ่อน มักมีลักษณะเหนอะ แฉะ ขนมปังที่ได้จะแบนราบ น้ำอ่อนมักจะทำให้กลูเตน อ่อนตัว ดังนั้นจึงต้องใช้ยีสต์และเพิ่มเกลือให้มากขึ้นด้วย ส่วนน้ำกระด้างจะมี พวกเกลือแร่อยู่แล้ว และถ้ามีไม่มากเกินไปก็จะใช้ได้ดี สำหรับการทำขนมปัง การผลิตก๊าซจะเป็นไปตามปกติ และกลูเตนจะเก็บก๊าซได้ดี (เจตนิพัทธ์, 2560)

2.2.1.3 ยีสต์

เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ขยายพันโดยการแตกหน่อหรือแบ่งตัว อาหารที่จำเป็นคือน้ำตาล อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตคือ 21-40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีมากกว่า 3000 ชนิด ในจำนวนนี้มีเพียงไม่กี่ชนิดที่เหมาะสมในการทำขนมปัง เพื่อทำให้ขนมปังเกิดการขึ้นฟู และยังเพิ่มปริมาตรหรือขนาดของขนมปังให้ใหญ่ขึ้น เราสามารถจำแนกยีสต์ได้ 3 ชนิด

1) ยีสต์สด (Fresh Yeast) ยีสต์สดมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอ่อน อัดแน่นหรือห่อเป็นก้อน ประกอบด้วยยีสต์ 30 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณและต้องเก็บในอุณหภูมิต่ำประมาณ 4-6 องศาเซลเซียส หากแช่ไว้ในตู้เย็นจะเก็บได้ 1-2 สัปดาห์

2) ยีสต์แห้งชนิดเม็ด (Compressed Yeast) เป็นยีสต์ที่อัดรวมกันเป็นเม็ด มีลักษณะเป็นเม็ดกลมเล็กๆ สีครีม มีความชื้นต่ำประมาณ 5-8 เปอร์เซ็นต์ เก็บในกล่องหรือถุงที่เป็นภาชนะสะอาดปิดสนิท มีอายุการเก็บรักษาหลายเดือนต้องเก็บในที่แห้งและเย็น การนำมาใช้ต้องละลายในน้ำอุ่นก่อน ประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณการใช้ยีสต์คือ 1.5-2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง

3) ยีสต์แห้งสำเร็จรูป (Instant Dry Yeast) เป็นยีสต์บริสุทธิ์ไม่มีสารอื่นเจือปน มีกำลังสูงในการทำให้ขึ้นฟู ใช้ในปริมาณน้อยกว่าชนิดที่สองกว่าครึ่ง นิยมหีบห่อในถุงอะลูมิเนียมบรรจุด้วยระบบสุญญากาศ มีอายุการเก็บ 18-24 เดือน โดยไม่จำเป็นต้องเก็บเข้าตู้เย็นถ้ายังไม่มีการเปิดใช้ กรณีที่เปิดใช้แล้วจะต้องเก็บไว้ในตู้เย็นตลอดเวลา (จำลองลักษณ์, 2552)

2.2.1.4 น้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึก ละลายได้ดีในน้ำและมีรสหวาน จัดอยู่ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลที่มีขายในตลาดนั้นเป็นน้ำตาลทรายขาวที่ผลิตจากอ้อย น้ำตาลนี้เป็นซูโครสที่บริสุทธิ์ 99.9 เปอร์เซ็นต์ มีอยู่หลายชนิด แต่ที่นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ทั่วๆไป มี 5 ชนิดด้วยกัน คือ

1) น้ำตาลทรายขาว (Granulated Sugar) ใช้กันมากในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่น้ำตาลทรายมีขนาดความละเอียดต่างๆกัน ผลึกใหญ่หยาบ ขนาดธรรมดา และเป็นผงละเอียด น้ำตาลทรายที่ใช้ได้ผลดีต่อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ควรมีความละเอียดและขาว ผสมเข้ากับส่วนผสมอื่นๆ ได้ดี ถ้าน้ำตาลที่ใช้มีขนาดผลึกใหญ่และหยาบ จะผสมกับเนยไม่ได้ดีเพราะผลึกที่ใหญ่ของมันจะไม่ละลายหมดและมักจะคงอยู่ในรูปเมล็ด ผลึกของน้ำตาลจะไม่ละลายโดยความร้อนจากเตาอบและน้ำตาลที่อยู่ใกล้ๆ ผิวขนมจะเกิดเป็นจุดขาวขึ้น บนผิวหน้าขนมเค้ก นอกจากนั้นผลึกน้ำตาลที่หยาบจะไปขูดโลหะที่เคลือบเครื่องผสมทำให้เกิดสีเทาขึ้นในผลิตภัณฑ์ โอกาสที่จะใช้น้ำตาลทรายหยาบมีมาก เช่น ใช้ในการโรยไปบนคุกกี้ ใช้ทำไส้ขนมและน้ำเชื่อม

2) น้ำตาลไอซิ่ง (Icing Sugar) น้ำตาลชนิดนี้เป็นผงละเอียดที่มีแป้งข้าวโพดผสมอยู่ด้วยประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ เพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อน หรือป้องกันการเป็นผลึกของน้ำตาล ส่วนมากใช้ไอวิ่งและผสมกับแป้งทำเค้กสำเร็จรูป ความละเอียดของน้ำตาลชนิดให้ผสมง่ายขึ้น

3) น้ำตาลทรายแดง (Yellow or Brown Sugar) น้ำตาลชนิดนี้จะมีพวกคาราเมลแร่ธาตุ และยังเป็นน้ำตาลที่ไม่บริสุทธิ์หรือเรียกว่าน้ำตาลดิบ น้ำตาลชนิดนี้ กลิ่นรสและสีส่วนใหญ่ใช้ในการทำคุกกี้และเค้กบางชนิด เช่น ฟรุตเค้กหรือคุกกี้บางชนิด ไม่ใช้ในการทำเค้กที่มีความเบาตัว ถ้าจำเป็นต้องใช้ต้องเพิ่มความระมัดระวังให้มากในการที่จะผสม

4) น้ำตาลป่น (Confectionery Sugar) นำน้ำตาลทรายขาวมาบดและร่อนเหมาะสำหรับการทำเค้กและคุกกี้ เพราะการผสมจะขึ้นฟูและละลายได้รวดเร็ว

5) น้ำตาลข้าวโพด หรือเดกซ์โทรส (Corn Sugar or Dextrose) เป็นน้ำตาลที่ทำจากแป้งข้าวโพด น้ำตาลเดกซ์โทรสนี้จะมีความหวานประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลทรายซูโครส

ส่วนมากใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมปังหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์ เพราะยีสต์สามารถนำน้ำตาลนี้ไปใช้เป็นอาหารของยีสต์ในการเจริญเติบโตและแบ่งเซลล์ผลิตก๊าซทำให้ขนมปังขึ้นฟูโดยตรง ทำให้เกิดการหมักเร็วขึ้น น้ำตาลจากนม หรือแล็กโตส เป็นน้ำตาลที่มีอยู่ในนมสดหรือในหางนม ช่วยเพิ่มความหวานและกลิ่นรสให้แก่ผลิตภัณฑ์ (เจตนิพัทธ์, 2560)

2.2.1.5 เกลือ

เกลือปริมาณที่ใช้ในสูตรขนมปังอยู่ในช่วง 1.5-2.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ซึ่งปริมาณนี้จะทำให้ความเข้มข้นของเกลือในขนมปังอยู่ในช่วง 1.1-1.4 เปอร์เซ็นต์ (Kent, 1983)

2.2.1.6 ไขมัน

การใช้ไขมันในการทำขนมปังก็เพื่อให้ขนมปังมีความนุ่มมากยิ่งขึ้น ช่วยให้รูพรุนในเนื้อขนมปังสม่ำเสมอ และยังทำให้ขนมปังมีความมันเงา ลักษณะของเนื้อขนมปังมีสี รสชาติและกลิ่น ที่หอมของไขมันหรือเนยแต่ละชนิดที่ใช้ทำขนมปัง (จำลองลักษณ์, 2552)

1) เนยสด (Butter) ทำจากส่วนที่เป็นไขมันของน้ำนมวัว ประกอบด้วยไขมัน 80 เปอร์เซ็นต์ มีสีเหลือง มีกลิ่น รสหวาน มีลักษณะแข็งที่อุณหภูมิห้อง เนยสดนั้นใช้ได้ดีที่สุดในการตีครีม คือ เนยสดจะตีเป็นครีม ไม่ดี และขาดความเป็นเนื้อเดียวกัน เค้กที่ทำจากเนยสดล้วนๆ โดยทั่วไปจึงมีปริมาตรต่ำเนื้อเค้กหยาบ แต่มีรสชาติหอมน่ารับประทาน

2) มาร์การีน (Margarine) มีมากมายหลายชนิดตามความสามารถในการละลาย การใช้ประโยชน์โดยทั่วไปจัดเป็น 3 ชนิดคือ มาร์การีนอ่อน, มาร์การีนสำหรับทำขนมอบทั่วๆไป และเพสตรีมาร์การีน ใช้ทำเพสตรีโดยเฉพาะ

3) ชอร์ตเทนนิ่ง (Shortening) การใช้ชอร์ตเทนนิ่ง (เนยขาว) ที่มีคุณภาพดีเป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะเป็นการเน้นถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่อบด้วยชอร์ตเทนนิ่ง จำแนกออกเป็นชนิดต่างๆ ตามการใช้ประโยชน์

3.1) ชอร์ตเทนนิ่งอเนกประสงค์ เป็นไขมันแข็งที่ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ทั่วๆไป มีความคงตัวสูง ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หลายอย่าง เช่น ขนมปังหวาน อาหารว่างต่างๆ

3.2) ชอร์ตเทนนิ่งที่มีความคงตัวสูง (Hight Stability Shortening) เป็นไขมันชนิดพิเศษที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์พวกแครกเกอร์ สวีทบิสกิต

3.3) ไฮ-เรโชชอร์ตเทนนิ่ง เป็นไขมันแข็งที่ผสมพวกสารอิมัลซิไฟด์ลงไป ทำให้ไขมันมีคุณสมบัติพิเศษในการที่จะอุ้มน้ำได้ในสัดส่วนที่สูงเพื่อใช้กับสูตรขนมเค้กที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลต่อแป้งและส่วนอื่นๆสูง

3.4) ชอร์ตเทนนิ่งที่ใช้สำหรับขนมปัง (Bread and Sweet Dough) ใช้สำหรับทำโดของขนมปังจืดและขนมปังหวานโดยเฉพาะ (จำลองลักษณ์, 2552)

2.2.2 กระบวนการผลิต

2.2.2.1 ขั้นตอนการผลิตและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

1) การผสม เพื่อให้ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันดี และเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นของโด สำหรับวิธีการผสมมี 2 แบบคือ แบบผสมขั้นตอนเดียว และ แบบผสม 2 ขั้นตอน โดยการผสมแบบขั้นตอนเดียวจะผสมส่วนผสมทั้งหมดรวมกันทีเดียว จนได้ลักษณะโดที่ดี และการผสม 2 ขั้นตอนจะแบ่งการผสมเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 จะผสมแป้งส่วนใหญ่กับน้ำและยีสต์ เพื่อให้เข้ากันเท่านั้นแล้วหมักทิ้งไว้ เรียกส่วนนี้ว่าส่วน “สปันจ์” ซึ่งใช้เวลาหมักประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วจึงทำการผสมในขั้นตอนที่2 โดยผสมส่วนของสปันจ์รวมกับแป้งที่เหลือและส่วนผสมอื่นจนได้โดที่เรียบเนียน เพราะฉะนั้นสิ่งที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผสมคือ การเกิดโด ซึ่งเกิดจากส่วนผสมแป้งกับน้ำรวมกับส่วนผสมอื่นจนเข้ากันดี ลักษณะของโดที่ดีจะต้องมีความหยืดหยุ่น สามารถดึงไว้เป็นแผ่นฟิล์มบางๆมีเนื้อเนียนเป็นมัน มีความยืดตัวดี (อรอนงค์, 2532) ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเกิดจากการนวดโดอย่างทั่วถึงจนเป็นเนื้อเดียวกัน เนื้อโดประกอบด้วย 4 ส่วนใหญ่ๆโดย 2 ส่วนแรกเป็นส่วนต่อเนื่อง (Continuous Phase) ได้แก่ ส่วนของโครงสร้าง (Network) ของกลูเตนที่ดูดซับน้ำไว้ในโมเลกุลและส่วนที่สารต่างๆละลายอยู่ในน้ำอิสระ (Free Water) อีก 2 ส่วนเป็นส่วนไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Phase) ได้แก่ ส่วนของเม็ดแป้งที่ถูกยึดกันไว้ด้วยกลูเตนและส่วนของอากาศที่ถูกกักและกระจายตัวอยู่ในโดซึ่งเกิดจากการนวด (Alais and Linden, 1991)

การผสมด้วยมือ ถ้าผสมแป้งในปริมาณน้อยก็สามารถที่จะใช้มือผสมได้ แต่จะใช้แรงมากต้องระมัดระวังเพราะมือเราจะร้อนอาจทำให้ก้อนโดเพิ่มอุณหภูมิได้เป็นการกระตุ้นให้ยีสต์เริ่มการทำงาน จะส่งผลเสียต่อการเกิดกลูเตน เพราะต้องใช้เวลานานกว่าที่แป้งจะเข้ากับส่วนผสมอื่นๆ สำหรับการผสมแต่ละครั้ง นอกจากนั้นปริมาณของเหลวที่ใช้ควรมีความเย็น

การผสมด้วยเครื่องในปัจจุบันนิยมใช้เครื่องผสมไฟฟ้า ซึ่งสามารถทุ่นแรงและประหยัดเวลาได้อีกมาก อีกทั้งสามารถผสมแป้งได้ในปริมาณที่มากต่อการผสมแต่ละครั้ง (เจตนิพัทธ์, 2560)

2) การพักโดระยะสั้น ใช้เวลาพักประมาณ 8-12 นาที ให้โดได้พักคลายตัวหลังจากตัดและปั้นกลมทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่างได้สัดส่วน เพราะก้อนโดมีขนาดสม่ำเสมอ เนื้อของผลิตภัณฑ์จะมีความสำเสมอ ไม่มีปุ่มปม จะได้เนื้อขนมปังที่มีเซลล์อากาศที่เล็กสม่ำเสมอตลอดทั้งก้อน ทำให้กลูเตนยืดตัวอย่างช้าๆ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาตรเพิ่มขึ้น

3) การตัดแบ่งก้อนโด เพื่อให้ได้ก้อนโดที่มีขนาดเท่ากันตามลักษณะของชนิดขนมปัง เมื่อตัดแล้วต้องปั้นคลึงก้อนโดให้กลม เพราะเป็นการทำให้ก้อนโดที่ถูกตัดแบ่งมามีผิวเรียบทั้งก้อนป้องกันไม่ให้ก๊าซออกทางผิวที่ถูกตัด เป็นผลทำให้ก้อนโดสามารถอุ้มก๊าซไว้ได้ดียิ่งขึ้น และทำให้ก้อนโดมีผิวนอกเรียบ ตึงและ เนียนเหมาะแก่การนำมาปั้นขึ้นรูป

4) การรีดไล่อากาศ เพื่อทำให้โดมีอุณหภูมิเท่ากันหมดทั้งก้อนเป็นการไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีมากเกินไปออก และเพื่อนำอากาศบริสุทธิ์ให้เข้าไปแทนที่ช่วยกลูเตนที่ขยายตัวออกเป็นโครงสร้างมีการพักตัวพร้อมที่จะขยายใหม่ได้โครงสร้างที่แข็งแรงขึ้นส่งผลต่อคุณภาพขนมปัง

5) การม้วนโด และการนำใส่พิมพ์หลังจากพักโดได้ที่แล้วก็นำมารีดเป็นครั้งสุดท้ายเพื่อให้ลักษณะและขนาดของเซลอากาศภายในก้อนโดมีขนาดเท่าๆกัน เสร็จแล้วจึงม้วนให้เป็นรูปร่างตามต้องการ และเพื่อให้ขนมปังมีรูปร่างและขนาดเท่ากันและสุกอย่างสม่ำเสมอ โดยนำก้อนโดที่ปั้นเป็นรูปร่างแล้วใส่ลงพิมพ์ที่ทาเนยขาวเพื่อไม่ให้ขนมปังติดพิมพ์เมื่อสุก

6) การหมัก เพื่อให้ก้อนโดเกิดการพองตัวเนื่องจากการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพราะยีสต์ในส่วนผสมเกิดการเจริญเติบโต และเปลี่ยนองค์ประกอบของสารอาหารในแป้งบางส่วน ข้างในเป็นก๊าซดังกล่าวมีผลให้ก้อนโดขยายตัวขึ้นเป็นสองเท่า การพักก้อนโดไว้ให้เกิดการหมักเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สามารถแบ่งออกเป็นสองช่วงคือ

6.1) ช่วงแรก ในการหมักโดช่วงนี้จะมีเอนไซม์ต่างๆที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้แก่ เอนไซม์เบต้าอะไมเลส, แอลฟาอะไมเลสจากแป้ง, เอนไซม์ maltase, เอนไซม์ Invertase และเอนไซม์ Zymase Complex จากยีสต์ (Kent, 1983) ในช่วงแรกนี้ยีสต์จะใช้น้ำตาลอิสระที่มีอยู่

ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ในแป้ง (Alais and Linder, 1991) เพื่อให้เกิดการหมักโดยขณะที่เอนไซม์เบต้าอะไมเลส และแอลฟาอะไมเลส จะย่อยคาร์โบไฮเดรตจากเม็ดแป้งที่เสียหายจากการโม่ระหว่างการผลิตแป้งทำให้ได้น้ำตาลมอลโทสและเด็กทริน และถูกย่อยต่อด้วยเอนไซม์ Maltase ให้เป็นกลูโคส และฟรักโทส โดยยีสต์จะใช้น้ำตาลที่เกิดขึ้นเพื่อให้เกิดขั้นตอนการหมักช่วงที่สองต่อไป

6.2) ช่วงสอง การหมักจากเอ็นไซม์ Zymase Complex ในยีสต์เปลี่ยนกลูโคสเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอล์ ซึ่งมีผลต่อขนาดขนมปังนอกจากนั้นยังสามารถผลิตสารประกอบคาร์บอนิล เอสเทอร์ และกรดอินทรีย์บางตัว เช่น กรดอะซิติค กรดแลคติค กรดโพรพิโอนิค และกรดไพรูวิก ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติเฉพาะของขนมปังขึ้น (Kent, 1983; Alais and Linder, 1991)

7) การอบ โดที่พักได้ที่แล้วในเตาอบที่มีอุณหภูมิระหว่าง 160 – 204 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาประมาณ 25 – 60 นาที ขึ้นอยู่กับชนิดของเตาอบและขนาดของผลิตภัณฑ์ที่อบ ความร้อนขนาดนี้พอที่จะทำให้โดสุกได้ที่ดี ในขณะที่นำโดเข้าอบโดก็ยังมีการหมักตัวอยู่และอัตราการหมักนั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับ อุณหภูมิสูงขึ้นจากเตาอบทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโดขึ้นฟูเต็มที่เป็นผลให้ปริมาตรของโดในเตาอบเพิ่มสูงขึ้นนอกจากนี้ความร้อนยังช่วยระเหยน้ำออกจากผิวนอกของโดและทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเปลือกนอกเป็นสีน้ำตาลของปฏิกิริยาเมลลาร์ด

ยีสต์จะหยุดทำงานที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส และจะตายไปที่อุณหภูมิประมาณ 54 องศาเซลเซียส เม็ดแป้งที่มีอยู่ในกลูเต็นจะเหนียวขึ้นที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลโดยเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งจะมีการทำงานต่อไปจนถึงอุณหภูมิประมาณ 70 – 75 องศาเซลเซียส กลูเตนจะแข็งตัวที่อุณหภูมิ 73 – 74 องศาเซลเซียส เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างภายนอกแข็ง และภายในโปร่งเบา อ่อนนุ่มน่ารับประทาน (จิตธนา และอรอนงค์, 2553)

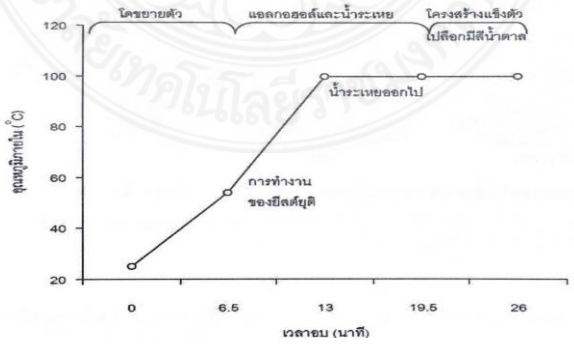
7.1) ช่วงแรกของการอบ อุณหภูมิของโดค่อยๆสูงขึ้นความร้อนในช่วงแรกช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และการเจริญเติบโตของยีสต์เกิดกระบวนการหมักทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลให้โดขยายขนาดอย่างรวดเร็วหรือที่เรียกกันว่าการเกิด “Oven Spring” (Pomeranz and Shalllenberger, 1971) ขณะเดียวกันจะเกิดชั้น

บางของฟิล์มบนผิวด้านนอกของโด โดยการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะหยุดเมื่ออุณหภูมิภายในโดสูงขึ้น 60 องศาเซลเซียส ซึ่งในช่วงนี้แอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจะระเหยออกไป

7.2) เมื่ออุณหภูมิของโดสูงขึ้นถึง 70 องศาเซลเซียส แป้งจะเป็นเจลาติไนซ์โดยจะดึงน้ำออกจากโดทำให้กลูเตนเสียน้ำจึงทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (Denature) กล่าวคือ จากสภาพของกลูเตนที่ยืดหยุนจะแข็งตัวทำให้เกิดโครงสร้างของเซลที่มีรูพรุนกระจายทั่วทั้งก้อนขนมปัง นอกจากนั้นการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งทำให้เม็ดแป้งพองตัวและแตกออกอะมิโลสในแป้งละลายออกมาจับกับโปรตีนทำให้เกิดการฟอร์มตัวของโครงสร้างขนมปัง

7.3) เมื่ออุณหภูมิของโดสูงขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียส น้ำภายในโดเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอและระเหยออกไปทำให้ส่วนของเปลือกขนมปังเริ่มแข็งตัว ณ จุดนี้ปริมาตรของขนมปังจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีก

7.4) เมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงขึ้นเป็น 110 องศาเซลเซียส ผิวนอกของขนมปังจะเกิดปฏิกิริยา Dextrinization และ Caramelization ก่อให้เกิดลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบคือ ผิวนอกของผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลของการไหม้และมีความมันเงาบนผิวของเปลือกขนมปัง (Alais and Linden, 1991) จากนั้นเมื่ออบใกล้เสร็จอุณหภูมิภายนอกของขนมปังจะสูงประมาณ 170 – 230 องศาเซลเซียส เกิดปฏิกิริยา Mellaed ของกรดอะมิโน และรีดิวซิงคาร์โบไฮเดรต ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลเรียกว่า Melanoidin ปฏิกิริยาดังกล่าวจัดเป็นการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzymatuc Browning Reaction) ทำให้เปลือกของขนมปังเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและให้กลิ่นรสของขนมปัง (อรอนงค์, 2532) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับขนมปังขณะอบดังกล่าวสามารถสรุปได้ดังภาพ



ภาพที่ 2.1 กราฟการเปลี่ยนแปลงของขนมปังขณะอบ

ที่มา : Pomeranz and Shellenberger, 1971

การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างขนมปังที่ผ่านการอบเป็นระยะเวลาต่างๆ ดังภาพที่ 2.2 ขณะที่เริ่มอบโดมีก๊าซแทรกอยู่ทั่วไป มีลักษณะฟูเบาแต่ยังมีปริมาตรน้อยเมื่ออบเป็นเวลา 2 นาที อุณหภูมิของโดค่อยๆสูงขึ้นความร้อนที่ไม่สูงมากในช่วงแรก จะช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์และการเจริญเติบโตของยีสต์ทำให้เกิดกระบวนการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้โดขยายขนาดอย่างรวดเร็วในช่วงตั้งแต่เริ่มอบถึงปริมาณนาทีที่ 7 ของการอบจากนั้นความร้อนที่สูงขึ้นทำให้ยีสต์ตาย ขณะเดียวกันแป้งในขนมปังเกิดเจลาติไนซ์ และโปรตีนกลูเตนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติทำให้เกิดฟอร์มตัวของโครงสร้างขนมปังขึ้น ในช่วงนี้โครงสร้างของขนมปังยังไม่แข็งแรง เมื่อเวลาของการอบเพิ่มขึ้นเป็น 8 นาที สังเกตว่าปริมาตรของขนมปังจะไม่เพิ่มขึ้นอีก จากนั้นเมื่ออบขนมปังเป็นเวลา 24 นาที โครงสร้างขนมปังแข็งตัวเปลือกของขนมปังมีความหนาเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

ภาพที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของขนมปังขณะอบ

ที่มา : Hoseney, 1994

เมื่อนำขนมปังเข้าเตาอบแล้วขนมปังยังขยายตัวได้อีกการดันตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะแทรกเข้าไปทั่วก้อนโดทั้งหมดของขนมปัง แทรกซึมอยู่ทั่วโครงสร้างของกลูเตนปริมาตรขยายใหญ่ขึ้นเนื่องจากอัตราการเกิดและขยายตัวของก๊าซที่อุณหภูมิสูงเพิ่มมากขึ้น เซลล์ของยีสต์จะถูกทำลายหมดที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส ทำให้ไม่สามารถสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ อีกต่อไปโมเลกุลเม็ดแป้งจะแข็งตัวขึ้นน้ำตาลที่ผิวของแป้งเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลซ์กลายเป็นเปลือกสีน้ำตาลดังนั้นขนมปังที่ดีควรใช้อุณหภูมิให้เหมาะสมในการอบขนมปังหากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบต่ำเกินไป จะต้องใช้เวลานานขึ้นโดขนมปังจากแข็งเสียรูป หลังจากทำให้เย็นเนื้อขนมปังจะแฉะ แน่น ร่วนและหยาบอุณหภูมิในการอบที่เหมาะสมอยู่ใน

ช่วง 180 ถึง 250 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้ประมาณ 15 ถึง 60 นาที ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดขนาดของเตาอบที่ใช้

อุณหภูมิในการอบมีผลต่อคุณภาพและลักษณะของขนมปัง สอดคล้องกับลดาวัลย์ (2547) ซึ่งทำการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้อบขนมปังที่แตกต่างกันพบว่าคุณลักษณะด้านค่าสีของเปลือกขนมปังค่าความแข็ง ค่าความทนทานต่อการเคี้ยว และปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสีของเปลือกขนมปังที่อุณหภูมิในการอบ 125 องศาเซลเซียส ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการอบ 1 ชั่วโมง 15 นาที มีค่าความสว่างสูงสุด คือสีเปลือกขนมปัง มีสีอ่อนสุดมีค่าความแข็ง ค่าความทนทานต่อการเคี้ยวมากที่สุดปริมาตรจำเพาะต่ำสุดเนื่องจากขนมปังที่ใช้อุณหภูมิในการอบต่ำทำให้โครงสร้างของขนมปังไม่มีแรงดันมากพอที่จะทำให้เกิดโพรงอากาศขนาดใหญ่เมื่อได้รับความร้อนกำลังขยายและโครงสร้างของกลูเตนไม่แข็งแรง ทำให้ขนมปังที่ได้มีปริมาตรต่ำขึ้นฟูไม่ดีเนื้อขนมปังแน่นแข็งและร่วน

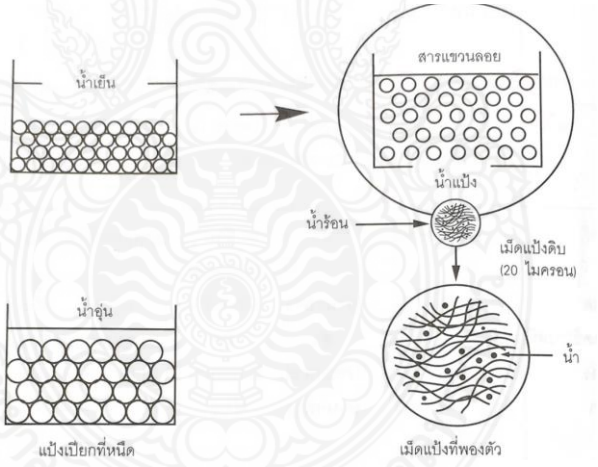
2.2.3 การเก็บรักษา

เมื่ออบขนมปังสุกแล้วจะต้องเคาะออกจากพิมพ์ทันที หลังจากที่นำออกจากตู้อบเพื่อป้องกันไม่ให้มีการอบต่อไปโดยความร้อนจากพิมพ์ ขนมปังที่ออกจากพิมพ์แล้วจะต้องทิ้งไว้ให้เย็นลงก่อนเพื่อที่จะลดอุณหภูมิภายในเนื้อขนมปัง ในเหลือประมาณ 27 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิขนาดนี้จะเหมาะสำหรับการหั่นที่เรียบสม่ำเสมอ ถ้าตัดหรือหั่นขนมปังที่ยังร้อนอยู่จะทำให้ขนมปังที่ตัดได้มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ ต่อจากนั้นนำมาห่อด้วยถุงพลาสติก และควรเก็บขนมปังไว้ในห้องที่มีสภาพไม่แห้งจนเกินไป และมีความเย็นพอเหมาะ

การเก็บรักษาขนมปังที่ได้จากการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะในด้านต่างๆ สอดคล้องกับ รุ่งฤดี (2547) ซึ่งศึกษาคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี และ ค่า a_w ของขนมปังที่ทดแทนแป้งข้าวสาลีด้วยแป้งพรีเจลาติไนซ์ ที่เก็บรักษาที่ระยะเวลา 0 1 และ 2 วัน พบว่ามีค่าความแข็ง Hardness และค่าSpringiness มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสี และค่า aw มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น จึงได้มีการปรับปรุงคุณภาพของขนมปังที่เกี่ยวข้องกับอายุการเก็บรักษา สอดคล้องกับสุเมธ (2546) ซึ่งศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการผลิตขนมปังหวานที่มีการใช้แป้งดัดแปร 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใช้สารปรับปรุงคุณภาพแพตโก้ -3 ปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักขนมปัง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น ในวันที่ 2 4 6 8 พบว่ายังไม่เกิดการเสื่อมเสียโดยคุณลักษณะด้านกลิ่น และรสชาติ

2.3 การเกิดเจลาทิไนเซชัน

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl Groups) จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห (Mi-Cells) ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซับน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย (Leach และคณะ, 1959) แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ดังแสดงในภาพที่ 3.8 ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาทิไนเซชัน (Gelatinization) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลาทิไนซ์ เมื่อตรวจวัดโดยเครื่องมือวัดความหนืด มักจะเรียกจุดนี้ว่า อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting Temperature) หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting Time) ซึ่งจะแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด แป้งจากพืชหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่งจะมีอุณหภูมิเริ่มเจลาทิไนซ์ต่ำกว่าอุณหภูมิจากแป้งธัญพืช



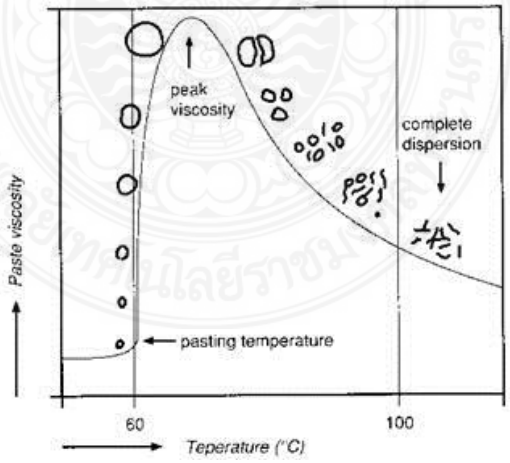
ภาพที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Sanders, 1996

การเกิดเจลาทิไนเซชันของเม็ดแป้งแบ่งได้ 3 ระยะ (ดังภาพที่ 2.4) คือระยะแรกเม็ดแป้ง จะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่างไมเซลล์ (Mi-Celles) ยืดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างแบบที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ (Birefringence) เมื่อใส่สารเคมีหรือเพิ่มอุณหภูมิให้สารละลายน้ำแป้งจนถึงประมาณ 65 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิที่แท้จริงขึ้นอยู่กับ

ชนิดของแป้ง) เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่างไมเซลล์ภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำมามากและเกิดการพองตัวแบบ ผันกลับไม่ได้ เรียกว่าการเกิดเจลาทิไนเซชัน เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนรูปร่างและโครงสร้างแบบที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมา ซึ่งถ้าเหวี่ยงแยกส่วนใสและหยดสารละลายไอโอดีนลงในส่วนใสจะเกิดสีน้ำเงินขึ้น เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีกจนเข้าสู่ระยะที่ 3 รูปร่างเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล การเกิดเจลาทิไนเซชันของแป้งจะทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ได้ดีขึ้น รวมทั้งพร้อมที่จะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่างๆ ได้ดีกว่า

ความหนืดสูงสุดของสารละลายแป้งในระหว่างเจลาทิไนซ์จะแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของแป้ง แป้งมันฝรั่งจะมีความหนืดสูงสุด (Peak Viscosity) สูงที่สุด และมีความสามารถในการทำให้ข้นหนืด (Thickening Power) สูงด้วย ในขณะที่แป้งข้าวโพดและแป้งข้าวสาลีจะมีความหนืดสูงสุดต่ำ เนื่องจากเม็ดแป้งมีกำลังการพองตัวอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณอะมิโลสและไขมัน นอกจากนี้ระดับอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนเซชันจะแตกต่างกันไปตามชนิดและองค์ประกอบของแป้ง เช่น ปริมาณไขมัน สัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน การจัดเรียงตัวและขนาดของเม็ดแป้ง เนื่องจากการจัดเรียงตัวของอะมิโลสและอะมิโลเพกตินภายในเม็ดแป้งมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอกันทำให้ เม็ดแป้งมีขนาดต่างกัน แป้งชนิดต่างๆ มีลักษณะการเกิดเจลที่ต่างกันไป



ภาพที่ 2.4 ระยะในการเกิดเจลาทิไนเซชัน

ที่มา : Sanders, 1996

ตารางที่ 2.3 สมบัติสำคัญของสตาร์ชบางชนิด

คุณสมบัติ	ข้าวโพด	มันฝรั่ง	ข้าวเหนียว	ข้าวสาลี	ข้าวเจ้า	มันสำปะหลัง
อัตราส่วนอะมิโลส ต่ออะมิโลเพกทิน (เปอร์เซ็นต์)	26:74	22:78	22:78	25:75	17:83	17:83
อุณหภูมิเจลาทิไนเซชัน (องศาเซลเซียส)	62-74	56-69	56-69	52-64	61-78	52-64
ขนาดสตาร์ชเพสต์หรือแป้งเหนียว	5-25	15-100	15-100	2-35	3-8	5-35
ความหนืด	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก	ต่ำปานกลาง	ต่ำปานกลาง	สูง
ลักษณะเนื้อสัมผัส[1]	สั้น	ยาว	ยาว	สั้น	สั้น	ยาว
ความใส	ทึบแสง	ใส	ใส	ทึบแสง	ทึบแสง	ใส
ความเสถียรของเพสต์ต่อ						
การแช่เยือกแข็ง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
กรด	ต่ำ	ต่ำมาก	ต่ำมาก	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ
เฉือน[2]	สูงปานกลาง	สูงปานกลาง	สูงปานกลาง	สูงปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำปานกลาง

(1) ort flow และยาว คือ long flow

(2) เฉือน คือ shear

ที่มา : Ranaille and Vanhemelruck, 2001

2.4 การเกิด Staling ในขนมปัง

การเกิด Staling ในขนมปังทำให้เนื้อของขนมปังแข็งขึ้นและแห้งลง เนื้อขนมปังมีสีขาวขุ่นนั้นไม่ได้เกิดจากการที่เนื้อขนมปังสูญเสียความชื้นไป แต่เป็นผลมาจากปรากฏการณ์การคืนตัวของแป้ง (Pomeranz and Shallenberger, 1971; Munzing and Brack, 1991; Hoseney, 1994) แสดงว่าการคืนตัวของแป้ง ซึ่งเกี่ยวข้องกับบทบาทของแป้ง อะมิโลสและอะมิโลเพกตินในแป้งเป็นส่วนสำคัญของการเกิด Staling ในขนมปัง (Zobel and Kulp, 1996; Morgan et al., 1997)

2.4.1 บทบาทของแป้งต่อการเกิด Staling ในขนมปัง

กลไกการเปลี่ยนแปลงเริ่มขึ้นตั้งแต่ตอนอบ โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนและน้ำจะทำให้เม็ดแป้ง (Starch granule) ซึ่งถูกล้อมรอบด้วยชั้นบางๆของโปรตีนกลูเตน เกิดการพองตัวและเจลาติไนซ์ อะมิโลสในเม็ดแป้งจะละลายออกมา (leach out) อยู่ในส่วนของน้ำที่ล้อมรอบเม็ดแป้งโดยมีโปรตีนกลูเตนทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม (Binder) เม็ดแป้งที่สุกเอาไว้ สายของอะมิโลเพกติน คล้ายตัวเคลื่อนออกมาอยู่บริเวณผิวของเม็ดแป้ง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้แป้งเปียก (Starch Paste) ที่เจลาติไนซ์ และยังร้อนประกอบไปด้วยเม็ดแป้งที่พองตัวแขวนลอยอยู่ และมีโมเลกุลของอะมิโลสแพร่กระจายอยู่โดยรอบ จนเมื่ออุณหภูมิขนมปังเริ่มลดลง โมเลกุลอะมิโลสที่ละลายออกมาจากเม็ดแป้งจะจับกับใหม่ด้วยพันธะไฮโดเจนอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงของขนมปังขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึง 55-60 องศาเซลเซียส โมเลกุลของอะมิโลเพกติน จะเคลื่อนเข้ามาเกาะกันเองบางส่วน และโมเลกุลของอะมิโลสเคลื่อนที่เข้ามาเกาะกับส่วนกิ่ง (Branch) ของโมเลกุลอะมิโลเพกตินบนผิวของเม็ดแป้งเกิดปรากฏการณ์ที่เม็ดแป้งเข้ามาจัดเรียงตัวกันใหม่ (Reorder) ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลทำให้เกิดร่างแห 3 มิติโดยโครงสร้างใหม่ของเม็ดแป้งที่สารารถอุ้มน้ำได้และไม่มีการดูดน้ำเข้ามาในโมเลกุลอีกเรียกว่า การเกิดการคืนตัวของแป้ง (กล้าณรงค์ และเกื้อกลู, 2543; Zobel and Kulp, 1996)

2.4.2 บทบาทของอะมิโลสและอะมิโลเพกตินต่อการเกิด Staling ในขนมปัง

การคืนตัวของอะมิโลสจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังการอบขนมปัง ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างที่แข็งแรง การคืนตัวของอะมิโลสนี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องภายใน 24 ชั่วโมง หลังการอบจากนั้นอะมิโลเพกตินจะเกิดการคืนตัวอย่างช้าๆ (Knightly, 1996; Zobel and Kulp, 1996) จะพบในการทำให้อะมิโลสที่คืนตัวกลับมาละลายได้อีกครั้งต้องใช้อุณหภูมิ 100-160 องศาเซลเซียส ในขณะที่อะมิโลเพกตินที่คืนตัวจะกลับมาละลายได้ในช่วงอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ดังนั้นการนำขนมปังที่เกิด Staling มาให้ความร้อนอีกครั้งหนึ่งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งส่งผลให้ขนมปังนุ่มขึ้นและผู้บริโภคยอมรับได้ บ่งชี้ได้ว่าสาเหตุหลักของการเกิด Staling ในขนมปังเกิดการคืนตัวของอะมิโลเพกติน (กล้าณรงค์ และเกื้อกลู, 2543; Zobel and Kulp, 1996)

2.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด Staling

2.4.3.1 ระยะเวลาในการเก็บ

ขนมปังจะเกิด Staling ภายใน 3-4 วัน (Pyler, 1973) ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยเกิดจาก Starch เข้าร่วมเชื่อมต่อกับร่างแหโปรตีนเพื่อกักเก็บฟองอากาศตั้งแต่ช่วงการฟอร์มโด และการหมัก แต่การเปลี่ยนแปลงของ Starch จะเกิดขึ้นในช่วงการอบ เนื่องจากที่การให้ความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 160-180 องศาเซลเซียส และเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) แล้วเกิดการไหลออก (Leaching Out) ของอะมิโลสและเชื่อมประสานเม็ด Starch granule เข้าด้วยกัน น้ำเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของโครงสร้างขนมปัง โดยจะมีส่วนเข้ามาเกี่ยวข้องในการทำให้เม็ด Starch สุก และเกิดเจลาติไนเซชัน ปกติเม็ด Starch สมบูรณ์จะไม่ละลายน้ำ แต่เมื่อให้ ความร้อนเกิดกว่าอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน จะทำให้เม็ด Starch ไฮเดรตน้ำไว้และขยายพองตัว โครงสร้างที่มีระเบียบภายในเม็ด Starch ถูกทำลาย เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติแบบไม่ผันกลับ และเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานโมเลกุลที่อยู่ใน Starch ต้มสุก จะเริ่มมีการรวมกลุ่มเพื่อให้เกิดระเบียบอีกครั้ง และเกิดเป็นลักษณะแบบผลึก (Crystalline) เรียกว่า รีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) กระบวนการนี้จะทำให้เนื้อขนมปังมีความแน่น (Firm) ในระหว่างการเก็บรักษา อาจกล่าวว่าโครงสร้างของเนื้อขนมปังอบสุก เกิดจากโครงสร้างของร่างแหโปรตีน และ Starch ที่เกิดเจลาจิไนเซชัน ในภาวะที่มีน้ำและพลังงานความร้อน โดยมีฟองอากาศขนาดสม่ำเสมอแทรกอยู่ภายใน

2.4.3.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา

การแห้งของขนมปัง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ โดยเฉพาะในส่วนประกอบของแป้ง ซึ่งในขณะทำการอบนั้น แป้งข้าวสาลีที่มีน้ำแทรกอยู่แล้วเมื่อได้รับความร้อนจะมีผลทำให้เกิดเจล และคุณสมบัติของเจลนี้จะไม่เปลี่ยนแปลงถ้าหากเก็บรักษาขนมปังที่อุณหภูมิสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส แต่การเก็บขนมปังที่อุณหภูมิต่ำลงมาและใช้เวลาในการเก็บนานขึ้น ส่วนของอะมิโลเพกตินก็จะเกิดตะกอนขุ่น เจลมีลักษณะแข็งขึ้นและมีการขับน้ำออกมาจากเจลทำให้ขนมปังแห้ง

2.4.3.3 ปริมาณความชื้น

การแห้งของขนมปังเพราะการสูญเสียความชื้น เนื่องจากในขนมปังจะมีความชื้นประมาณ 40-45 เปอร์เซ็นต์ ขนมปังสามารถดูดความชื้นในบรรยากาศได้ ข้างในบรรยากาศ

มีความชื้นสัมพัทธ์เกิน 70 เปอร์เซ็นต์ ขนมปังจะสูญเสียความชื้นไปหากความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการป้องกันการแห้งของขนมปังนอกจากการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์แล้วยังมีวิธีการอื่นๆ คือ การใช้น้ำในส่วนผสมให้มากที่สุดในการผสมแป้ง ใช้ระยะเวลาในการอบให้สั้นลง ทำให้ขนมปังเย็นอย่างถูกต้อง คือ ในห้องที่มีอุณหภูมิประมาณ 21 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ การสูญเสียความชื้นภายในขนมปังเกิดขึ้นซึ่งความแตกต่างของความดันระหว่างภายในและภายนอกของขนมปังโดยหลังจากที่ขนมปังผ่านกระบวนการอบแล้วทั้งไว้ให้เย็นลงอย่าง ช้าๆ พบว่าที่บริเวณเปลือกนอก (Crust) ของขนมปังมีอุณหภูมิต่ำว่าเนื้อในของขนมปังทำให้ความดันไอของน้ำภายในก้อนขนมปังสูงกว่าบริเวณเปลือกนอกจึงเกิดการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจากเนื้อในไปยังเปลือกนอกทำให้เปลือกนอกของขนมปังซึ่งเดิมกรอบมีความนุ่ม และเหนียวมากขึ้น ส่วนเนื้อในของขนมปังจะมีลักษณะแห้งและแข็งขึ้นโดยการเปลี่ยนแปลงนี้มักเกิดขึ้นพร้อมกับการสูญเสียกลิ่นรสเนื่องจากมีการระเหยของสารให้กลิ่นรสออกไป และเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโมเลกุลของ Starch และเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่นานขึ้น จะทำให้ขนมปังเกิดกลิ่นอับ (stale flavor) เกิดขึ้น (Eliasson and Larson, 1993)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 แป้งข้าวสาลี (ตรา หงส์ขาว)

3.1.2 ยีสต์สำเร็จรูป (ตรา SAF INSTANT)

3.1.3 น้ำตาลทรายขาว (ตรา มิตรผล)

3.1.4 เกลือ (ตรา ปรุงทิพย์)

3.1.5 น้ำมันรำข้าวแบบช็อตเทรนนิ่ง (ตรา king)

3.1.6 แป้งข้าวโพด (ตราคนอร์)

3.1.7 แป้งข้าวเจ้า (ตรา ช้างสามเศียร)

3.1.8 แป้งมันสำปะหลัง (ตรา ปลามังกร)

3.1.9 แป้งข้าวเหนียว (ตรา ช้างสามเศียร)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตขนมปัง

3.2.1.1 เครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการผลิตขนมปัง ยี่ห้อ HENNY PENNY รุ่น HC-906

3.2.1.2 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น secura

3.2.1.3 เครื่องผสม ยี่ห้อ KENWOOD รุ่น KMM710

3.2.1.4 ตู้อบขนมปัง ยี่ห้อ FAGOR รุ่น CONCEP

3.2.1.5 พิมพ์ขนมปัง ขนาด 2.8×5×2.2 นิ้ว (กว้าง×ยาว×สูง)

3.2.1.6 ถุงซิปล็อกขนาด 23×35 นิ้ว

3.2.1.7 หม้อ

3.2.1.8 ไม้พาย

3.2.1.9 ไม้นวดแป้ง

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.2.2.1 เครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer) ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CM-3500d โปรแกรมเวอร์ชัน CM-S100 W1.700.0001

3.2.2.2 ชุดวัดค่าปริมาตรจำเพาะ

1) กล่องพลาสติกใส ขนาด 3.5×6.2×4.0 นิ้ว

2) กระบอกตวงขนาด 10±0.2 มิลลิลิตร , 100±1 มิลลิลิตร

3) สปาตูล่า

4) งาดำ (ตรา ไร่ทิพย์)

3.2.2.3 เครื่องวิเคราะห์ความชื้นแบบอินฟราเรด(Moisture Determination Balance) ยี่ห้อ Sartorius รุ่น FD-620

3.2.2.4 โถปั่นเอนกประสงค์ ยี่ห้อ VITAMIX รุ่น DRINK MACHINE HIGH PERFORMANCE COMMERCIAL BLENDER

3.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.2.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.2.3.2 แบบประเมินผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3.1 ศึกษาชนิดของแป้งที่ใช้ในการเตรียมเป็นแป้งสุกในการปรับปรุงคุณภาพของขนมปัง

ศึกษาชนิดของแป้งเพื่อทำการหาชนิดของแป้งเพื่อเตรียมเป็นแป้งสุก ได้แก่ แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเหนียวโดยนำแป้งผสมกับน้ำทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 52-64 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตขนมปังโดยเติมแป้งสุก 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตขนมปัง วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยมีสูตรพื้นฐานในการผลิตขนมปังดังตารางที่ 3.1 และมีขั้นตอนการผลิตขนมปัง ดังแผนภาพที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรพื้นฐานในการผลิตขนมปัง

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กรัม)
แป้งข้าวสาลี	250
แป้งสุก	75
น้ำเย็น	125
ยีสต์	2.50
น้ำตาลทรายขาว	25
เกลือ	2.50
เนยขาว	25

ที่มา : ดัดแปลงจาก (จุฑามาศ และวรลักษณ์, 2559)

ผสมแป้งสุก ยีสต์ แป้งข้าวสาลี เกลือ น้ำตาลทรายขาว ตามลำดับ จากนั้นค่อยๆเติมน้ำเย็น

↓

ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วต่ำ (เบอร์ 1) เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเติมเนยขาว

↓

ตีผสมต่อด้วยความเร็วปานกลาง (เบอร์ 3) เป็นเวลา 25 นาที จนได้โดที่เนียนและดึงเป็นฟิล์ม

↓

นำก้อนแป้งที่ปั่นเสร็จแล้วมาวางพักให้กลูเตนของแป้งคลายตัว 10 นาที

↓

ตัดแบ่งแป้งเป็น 4 ก้อน ก้อนละ 105 กรัม คลึงเป็นก้อนกลมและผิวเนียน พักโดทิ้งไว้ 10 นาที

↓

ไล่อากาศด้วยไม้นวดขนมปัง ขึ้นรูปโดยการม้วนและเก็บมุมใส่ลงในพิมพ์ที่ทาเนยขาว
ทำการบ่มโดที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

↓

อบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

↓

นำขนมปังออกจากพิมพ์และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

↓

ขนมปัง

แผนภาพที่ 3.1 กรรมวิธีผลิตขนมปังหัวกะโหลก

ที่มา : ดัดแปลงจาก (จุฑามาศ และวรลักษณ์, 2559)

ทำการตรวจสอบคุณภาพของขนมปังดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่

1.1) ค่าสีของขนมปังโดยเครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer) โดยตัดขอบของขนมปังออกด้านละประมาณ 1 เซนติเมตร ให้เหลือแต่ส่วนเนื้อของขนมปัง จากนั้นปั่นตัวอย่างขนมปังด้วยโถปั่นเอนกประสงค์ ยี่ห้อ VITAMIX รุ่น DRINK MACHINE HIGH PERFORMANCE COMMERCIAL BLENDER โดยใช้ความเร็วสูงที่สุด เป็นเวลา 10 วินาที จนได้เนื้อขนมปังที่ละเอียด นำไปวัดค่าสี โดยใส่ตัวอย่างลงใน Target (ภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง) ทำการวัดค่าสีซึ่งแสดงผลในรูปค่าความสว่างคือ (L*) ค่าสีแดงคือ (a*) ค่าสีเหลืองคือ (b*)

1.2) ปริมาณจำเพาะของขนมปัง โดยวิธีการดัดแปลงจาก AACC (2000)

1.3) ความหนาแน่นของขนมปัง (Shogren et al., 2003) (ภาคผนวก ง)

1.4) วิเคราะห์หาค่าความชื้น (ภาคผนวก ง)

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยตัดหัวท้ายขนมปังออกด้านละ 0.5 เซนติเมตร หั่นตัวอย่างให้มีความหนา 2 เซนติเมตร ทำการใส่ในถุงพลาสติก PE แบบปิดสนิท และจัดเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง ทดสอบด้านลักษณะที่ปรากฏของโพรงอากาศ ความหนาของเปลือก สีเนื้อของขนมปัง สีของเปลือกขนมปัง กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Completely Block Design, RCBD) วิธีการให้คะแนนความชอบ 7 ระดับ (7-point hedonic scale) ซึ่งใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 60 คน โดยเป็นอาจารย์และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Veriance - ANOVA) และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)

3.3.2 ศึกษาปริมาณแป้งสุกที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของขนมปัง

ศึกษาปริมาณแป้งสุก เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพของขนมปังโดยทำการเติมแป้งสุกในระหว่างการผลิต โดยนำแป้งสุกจากข้อ 3.1.1 มาทำการศึกษาปริมาณของแป้งที่เหมาะสม 5 ระดับ ได้แก่ 0 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย

วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยมีสูตรพื้นฐานในการผลิตขนมปัง ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ปริมาณของแป้งสุก 5 ระดับ ได้แก่ 0 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด

วัตถุดิบ	**ปริมาณแป้งสุก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด)**				
(กรัม)	**0**	**20**	**30**	**40**	**50**
แป้งข้าวสาลี	250	250	250	250	250
แป้งสุก	0	50	75	100	125
น้ำเย็น	125	125	125	125	125
ยีสต์	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
น้ำตาลทรายขาว	25	25	25	25	25
เกลือ	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
เนยขาว	25	25	25	25	25

ที่มา : ดัดแปลงจาก (จุฑามาศ และวรลักษณ์, 2559)

ทำการตรวจสอบคุณภาพของขนมปังดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่

1.1) ค่าสีของขนมปังโดยเครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer) โดยตัดขอบของขนมปังออกด้านละประมาณ 1 เซนติเมตร ให้เหลือแต่ส่วนเนื้อของขนมปัง จากนั้นปั่นตัวอย่างขนมปังด้วยโถปั่นเอนกประสงค์ ยี่ห้อ VITAMIX รุ่น DRINK MACHINE HIGH PERFORMANCE COMMERCIAL BLENDER โดยใช้ความเร็วสูงที่สุด เป็นเวลา 10 วินาที จนได้เนื้อขนมปังที่ละเอียด นำไปวัดค่าสี โดยใส่ตัวอย่างลงใน Target (ภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง) ทำการวัดค่าสีซึ่งแสดงผลในรูปค่าความสว่างคือ (L*) ค่าสีแดงคือ (a*) ค่าสีเหลืองคือ (b*)

1.2) ปริมาณจำเพาะของขนมปัง โดยวิธีการดัดแปลงจาก AACC (2000)

1.3) ความหนาแน่นของขนมปัง (Shogren et al., 2003) (ภาคผนวก ง)

1.4) วิเคราะห์หาค่าความชื้น (ภาคผนวก ง)

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยตัดหัวท้ายขนมปังออกด้านละ 0.5 เซนติเมตร หั่นตัวอย่างให้มีความหนา 2 เซนติเมตร ทำการใส่ในถุงพลาสติก PE แบบปิดสนิท และจัดเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง ทดสอบด้านลักษณะที่ปรากฏของโพรงอากาศ ความหนาของเปลือก สีเนื้อของขนมปัง สีของเปลือกขนมปัง กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Completely Block Design, RCBD) วิธีการให้คะแนนความชอบ 7 ระดับ (7-point hedonic scale) ซึ่งใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 60 คน โดยเป็นอาจารย์และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Veriance - ANOVA) และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3.4 สถานที่และระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง

3.4.1 สถานที่ทำการทดลอง

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ห้องปฏิบัติการ 521 621 622 และ1401

3.4.2 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง

การทดลองนี้เริ่มตั้งแต่ สิงหาคม 2561 ถึง กุมภาพันธ์ 2562

บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาชนิดของแป้งที่ใช้ในการเตรียมเป็นแป้งสุกในการปรับปรุงคุณภาพของขนมปัง

ขนมปังที่มีการเติมแป้งสุกที่ต่างชนิดกันทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวเหนียวที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด มีผลต่อคุณภาพของขนมปัง พบว่าขนมปังที่มีการเติมแป้งสุกชนิดต่างๆ ทำให้ขนมปังมีขนาดของฟองอากาศที่ใหญ่กว่าขนมปังตัวควบคุม ดังภาพที่ 4.1

Control แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว

ภาพที่ 4.1 ขนมปังที่มีการเติมแป้งสุกทั้ง 5 ชนิด

การเติมแป้งสุกมีผลทำให้มีปริมาตรจำเพาะของขนมปังเพิ่มขึ้นและความหนาแน่นของขนมปังลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Naito et al. (2005) โดยทำการทดลองใช้แป้งที่เป็นเจลโดยการนวดแป้งกับน้ำร้อนแล้วนำไปเป็นส่วนผสมในการผลิตขนมปัง พบว่าการผสมแป้งที่เป็นเจลบางส่วนมีผลทำให้ฟองอากาศในขนมปังมีรูปร่างกลมและมีขนาดใหญ่กว่าขนมปังสูตรควบคุม เนื่องจากแป้งที่เป็นเจลทำให้โดมีความยืดหยุ่นมากขึ้นสามารถกักเก็บอากาศที่เกิดขึ้นในระหว่างการอบได้มาก แต่ทำให้ความแข็งแรงของกลูเตนลดลงผนังของฟองอากาศไม่แข็งแรงทำให้ผนังของฟองอากาศแตกออก และมีขนาดใหญ่กว่าตัวอย่างควบคุม (Ishida et al., 2001) ซึ่งในขนมปังตัวอย่างควบคุมลักษณะเนื้อแน่นมากกว่าเนื่องจากปริมาณของน้ำในส่วนผสมไม่เพียงพอทำให้แป้งเป็นเจลได้เพียงบางส่วน จึงส่งผลให้สตาร์ช

ยึดเกาะกันแน่นกับกลูเตน เมื่อมีแรงดันของอากาศเกิดขึ้นระหว่างอบจึงกักเก็บอากาศได้น้อย (Naito et al., 2005) นอกจากนี้การเติมแป้งสุกเป็นส่วนผสมในการผลิตขนมปัง มีผลทำให้ความชื้นของขนมปังสูงขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเกิดจากน้ำที่อยู่ในโครงสร้างของเจลทำให้มีน้ำในส่วนผสมเพิ่มขึ้น แป้งข้าวสาลีในส่วนผสมจึงสามารถกลายเป็นเจลในระหว่างการอบได้มากขึ้น ทำให้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นจึงสามารถกักเก็บอากาศได้มากขึ้น

ตารางที่ 4.1 ปริมาตรจำเพาะ ความหนาแน่น และความชื้นของขนมปังเติมแป้งสุกชนิดต่างๆ

ชนิดแป้งสุก	ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ความชื้น (%)
Control	$5.74^{c} \pm 0.12$	$0.174^{a} \pm 0.004$	$25.67^{b} \pm 0.77$
แป้งข้าวโพด	$5.84^{c} \pm 0.27$	$0.172^{a} \pm 0.008$	$31.52^{a} \pm 0.60$
แป้งข้าวสาลี	$6.19^{b} \pm 0.20$	$0.162^{b} \pm 0.004$	$31.22^{a} \pm 0.53$
แป้งข้าวเจ้า	$6.20^{b} \pm 0.21$	$0.161^{b} \pm 0.005$	$31.54^{a} \pm 0.58$
แป้งมันสำปะหลัง	$6.34^{a} \pm 0.19$	$0.158^{c} \pm 0.005$	$31.41^{a} \pm 0.50$
แป้งข้าวเหนียว	$6.21^{b} \pm 0.29$	$0.161^{b} \pm 0.008$	$31.28^{a} \pm 0.84$

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 พบว่า แป้งสุกแต่ละชนิดมีผลทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะ ความหนาแน่น และความชื้นแตกต่างการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งที่นำมาเตรียมเป็นแป้งสุกมีปริมาณอะมิโลเพคตินแตกต่างกัน การใช้แป้งมันสำปะหลังเตรียมเป็นแป้งสุกที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตขนมปัง เป็นผลให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะมากที่สุดแต่มีความหนาแน่นน้อยที่สุด เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะมิโลเพคตินสูงกว่าแป้งชนิดอื่น (Rapaille and Banhemelruck, 2001) เมื่อนำไปทำแป้งสุกจะให้แป้งสุกที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้มาก ทำให้มีความหนืดและความยืดหยุ่นสูง เป็นผลทำให้สามารถกักเก็บอากาศที่เกิดขึ้นระหว่างการอบได้ดีกว่าแป้งชนิดอื่นๆ

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของเนื้อของขนมปังเติมแป้งสุกชนิดต่างๆ

ชนิดแป้งสุก	ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
Control	81.99^{a}±0.35	0.74^{b}±0.10	14.97^{b}±0.25
แป้งข้าวโพด	79.12^{c}±0.52	0.63^{c}±0.12	14.73^{c}±0.47
แป้งข้าวสาลี	79.96^{b}±0.29	0.94^{a}±0.12	15.34^{a}±0.34
แป้งข้าวเจ้า	79.71^{b}±0.96	0.73^{b}±0.11	14.71^{c}±0.24
แป้งมันสำปะหลัง	78.82^{c}±0.73	0.70^{b}±0.10	14.43^{d}±0.39
แป้งข้าวเหนียว	79.68^{b}±0.38	0.91^{a}±0.15	15.34^{a}±0.27

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า เมื่อมีการเติมแป้งสุกแต่ละชนิดเข้าไปเป็นส่วนผสมในการผลิตขนมปัง มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการเกิดเจลาทิไนเซชันของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อน โครงสร้างผลึกของแป้งและกลูเตนถูกทำลาย ความแข็งแรงของโครงสร้างลดลง มีความยืดหยุ่นสูง อะมิโลสและอะมิโลเพคตินเกิดการกระจายตัว และสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้ (Sanders, 1996) แป้งจึงมีความใสมากขึ้น จึงทำให้ค่าความสว่างมีค่าลดลง

ตารางที่ 4.3 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังเติมแป้งสุกชนิดต่างๆ

ชนิดแป้งสุก	Control	ข้าวโพด	ข้าวสาลี	ข้าวเจ้า	มันสำปะหลัง	ข้าวเหนียว
ลักษณะที่ปรากฏ (โพรงอากาศ) ^{ns}	5.50±1.36	5.58±1.36	5.35±1.42	5.52±1.44	5.88±1.09	5.37±1.55
ความหนาของเปลือก^{ns}	5.75±1.17	5.62±1.33	5.70±1.24	5.68±1.40	5.92±1.05	5.68±1.28
สี (เนื้อขนมปัง)	5.68^{ab}±1.41	5.47^{b}±1.50	5.53^{b}±1.30	5.58^{b}±1.27	5.92^{a}±1.11	5.43^{b}±1.47
สี (เปลือกขนมปัง) ^{ns}	5.75±1.43	5.55±1.37	5.80±1.32	5.68±1.16	5.67±1.27	5.33±1.50
กลิ่น^{ns}	5.45±1.71	5.40±1.25	5.12±1.34	5.17±1.53	5.48±1.44	5.03±1.65
กลิ่นรส	5.40^{b}±1.55	5.37^{b}±1.43	5.25^{b}±1.49	5.13^{b}±1.65	5.82^{a}±1.19	5.33^{b}±1.60
รสชาติ	5.27^{b}±1.69	5.50^{b}±1.33	5.25^{b}±1.46	5.40^{b}±1.71	6.13^{a}±1.08	5.30^{b}±1.59
ลักษณะเนื้อสัมผัส	5.20^{c}±1.52	5.78^{ab}±1.38	5.45^{bc}±1.37	5.57^{bc}±1.42	6.20^{a}±1.16	5.78^{ab}±1.37
ความชอบโดยรวม	5.40^{b}±1.52	5.60^{c}±1.40	5.37^{b}±1.31	5.60^{b}±1.33	6.42^{a}±0.83	5.53^{b}±1.46

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบของขนมปังที่มีการเติมแป้งสุกเป็นส่วนผสมในการผลิตขนมปังที่แตกต่างกัน โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏของโพรงอากาศ ความหนาของเปลือก สีของเปลือกขนมปัง และกลิ่น แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และให้คะแนนความชอบในด้านสีของเนื้อขนมปัง กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปัง และความชอบโดยรวม ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการเติมแป้งสุกมีผลทำให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างควบคุม โดยเฉพาะด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปัง โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่มีการเติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลังมากที่สุด แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับขนมปังที่มีการเติมแป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเหนียว ซึ่งแป้งทั้ง 3 ชนิดจัดอยู่ในกลุ่มของแป้งที่มีปริมาณอะมิโลเพคตินสูง (Ranaille and Vanhemelruck, 2001) จึงทำให้สามารถกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างของเจลได้มากทำให้มีปริมาตรจำเพาะเพิ่มขึ้นและความหนาแน่นลดลง ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งอาจเป็นผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังนุ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Miyazaki et al. (2005) ซึ่งทำการทดลองใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรเป็นส่วนผสมในการผลิตขนมปัง จึงทำให้ขนมปังเคี้ยวและกลืนได้ง่าย นอกจากนี้ผู้ทดสอบชิมยังให้คะแนน

ความชอบด้านสีของเนื้อขนมปัง รสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของขนมปังที่ใช้แป้งสุกจากมันสำปะหลังในส่วนผสมมากที่สุด จึงเลือกขนมปังที่เติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความชอบจากผู้ทดสอบ เพื่อใช้ในการศึกษาปริมาณแป้งสุกที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังต่อไป

4.2 ผลการศึกษาปริมาณแป้งสุกที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพของขนมปัง

ผลการนำแป้งมันสำปะหลังมาเตรียมเป็นแป้งสุกเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในกระบวนการผลิตขนมปังทั้ง 5 ระดับ ได้แก่ 0 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด มีผลต่อคุณภาพขนมปัง โดยทำให้ปริมาตรจำเพาะและความชื้นของขนมปังเพิ่มขึ้น แต่ความหนาแน่นของขนมปังลดลง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งสุกในส่วนผสมของการผลิตขนมปังทำให้ปริมาตรของขนมปังเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นสูงที่สุดเมื่อเติมแป้งสุกที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ดังภาพที่ 4.2 และตารางที่ 4.4 การเติมแป้งสุกเป็นส่วนผสมในการผลิตขนมปังเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำในส่วนผสมเพิ่มขึ้น จึงทำให้แป้งสามารถเป็นเจลได้มากขึ้น มีความยืดหยุ่นมากขึ้น ทำให้สามารถกักเก็บอากาศระหว่างการอบได้มากขึ้น (Naito et al., 2005) ส่งผลทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะ และความชื้นของขนมปังเพิ่มขึ้น แต่ความหนาแน่นของขนมปังลดลง เมื่อเติมแป้งสุกที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดทำให้ปริมาตรจำเพาะลดลง แต่ความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำในส่วนผสมมีมากเกินไปแป้งจึงเป็นเจลได้มากขึ้นทำให้สามารถกักเก็บอากาศได้มาก แต่ผนังของฟองอากาศมีความแข็งแรงลดลงทำให้ผนังของฟองอากาศแตกออกเกิดฟองอากาศขนาดใหญ่ขึ้นในระหว่างการอบและเนื้อของขนมปังเกิดการเสียความคงตัว ทำให้ขนมปังมีการยุบตัวลง

0% 20% 30% 40% 50%

ภาพที่ 4.2 ขนมปังที่มีการเติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลังของน้ำหนักแป้งข้าวสาลีในระดับต่าง

ตารางที่ 4.4 ปริมาตรจำเพาะ ความหนาแน่น และความชื้นของขนมปังเติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ

แป้งสุก (%)	ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ความชื้น (%)
0	4.39^{e} ±0.19	0.23^{a} ±0.01	29.31^{e} ±0.51
20	5.61^{c} ±0.16	0.18^{c} ±0.01	30.35^{d} ±0.10
30	6.11^{b} ±0.10	0.17^{d} ±0.01	32.15^{c} ±0.20
40	6.42^{a} ±0.15	0.16^{e} ±0.01	32.81^{b} ±0.45
50	4.93^{d} ±0.12	0.21^{b} ±0.01	34.26^{a} ±0.27

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ค่าสีของขนมปังเติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ

แป้งสุก (%)	ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)^{ns}	ค่าสีเหลือง (b^*)
0	81.20^{a} ±0.12	0.59±0.13	14.96^{a} ±0.27
20	79.61^{b} ±0.49	0.59±0.06	14.32^{b} ±0.18
30	79.14^{b} ±0.59	0.57±0.09	14.50^{b} ±0.24
40	78.37^{c} ±0.48	0.51±0.11	14.15^{b} ±0.22
50	77.40^{d} ±0.48	0.47±0.69	14.56^{b} ±0.13

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าเมื่อมีการเติมแป้งสุกในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ค่าสีแดง (a*) ความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งการเติมแป้งสุกในปริมาณที่มากขึ้น ปริมาณน้ำในส่วนผสมจะมากขึ้น แป้งจึงสามารถเป็นเจลในระหว่างการอบได้มากขึ้น เนื่องจากโครงสร้างผลึกของแป้งและกลูเตนถูกทำลาย ส่งผลให้ความแข็งแรงของโครงสร้างลดลง มีความยืดหยุ่นสูง อะมิโลสและอะมิโลเพคตินเกิดการกระจายตัว สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้โครงสร้างได้มากขึ้น (Sanders, 1996) แป้งจึงมีความใสมากขึ้น จึงทำให้ค่าความสว่างมีค่าลดลง

ตารางที่ 4.6 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังเติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ

แป้งสุก(%)	0	20	30	40	50
ลักษณะที่ปรากฏ (โพรงอากาศ)	5.58^{a}±1.25	5.77^{a}±1.03	5.62^{a}±1.09	5.80^{a}±1.10	4.98^{b}±1.24
ความหนาของเปลือก^{ns}	5.53±1.36	5.78±1.03	5.70±1.12	5.83±0.76	5.52±1.1
สี (เนื้อขนมปัง)	5.75±1.07	5.87±1.05	6.02±0.81	5.90±0.86	5.63±1.18
สี (เปลือกขนมปัง)^{ns}	5.85±1.04	5.90±0.99	6.08±0.83	5.95±0.93	5.75±1.08
กลิ่น^{ns}	5.30±1.28	5.17±1.29	5.25±1.40	5.25±1.20	4.97±1.52
กลิ่นรส	5.08^{c}±1.33	5.23^{bc}±1.27	5.52^{ab}±1.35	5.82^{a}±1.14	5.15^{c}±1.40
รสชาติ	5.13^{c}±1.35	5.52^{ab}±1.13	5.40^{bc}±1.34	5.82^{a}±1.16	5.28^{bc}±1.28
ลักษณะเนื้อสัมผัส	5.05^{c}±1.37	5.52^{b}±1.19	5.50^{b}±1.38	6.15^{a}±1.15	5.43^{b}±1.44
ความชอบโดยรวม	5.08^{c}±1.39	5.72^{b}±0.89	5.70^{b}±1.24	6.30^{a}±0.83	5.35^{c}±1.34

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อนำขนมปังมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบของขนมปังที่แตกต่างกัน โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านความหนาของเปลือกขนมปัง สีของเปลือกขนมปัง และกลิ่น แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และให้คะแนนความชอบในด้านสีของเนื้อขนมปัง กลิ่นรส รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปัง และความชอบโดยรวม ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเติมแป้งสุกที่ระดับ 0-40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดไม่มีผลต่อการให้คะแนนความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏของโพรงอากาศ ที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเติมแป้งสุกที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏของโพรงอากาศลดลง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งพบว่าเมื่อปริมาณแป้งสุกเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบเพิ่มขึ้นในทุกคุณลักษณะ โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบสูงสุดเมื่อมีการเติมแป้งสุกที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ 4.4 โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบของขนมปังด้านลักษณะเนื้อสัมผัสมากที่สุด เนื่องจากขนมปังมีปริมาตรจำเพาะสูงทำให้ขนมปังมีความนุ่มมากที่สุด และมีความหนาแน่นน้อยที่สุด ทำให้สามารถเคี้ยวและกลืนได้ง่ายขึ้น จึงทำการเลือกขนมปังที่มีการเติมแป้งสุกที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก

แป้งทั้งหมด เพราะมีปริมาตรจำเพาะสูงที่สุด แต่ความหนาแน่นต่ำที่สุด และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 ขนมปังที่มีการเติมแป้งสุกที่ต่างชนิดกันทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวเหนียว มีผลทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะ และความชื้นเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีผลทำให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าขนมปังที่เติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลัง มีปริมาตรจำเพาะสูงที่สุด ความหนาแน่นต่ำที่สุด และมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด

5.1.2 ขนมปังที่มีการเติมแป้งสุกที่เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลังสามารถเติมแป้งสุกจากแป้งมันสำปะหลังได้สูงสุดคือ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ซึ่งทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะและความชื้นเพิ่มขึ้น แต่มีความหนาแน่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังจากผู้ทดสอบชิมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพระหว่างการเก็บรักษาของขนมปัง

5.2.2 ควรทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาขนมปัง

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข. (2535). **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. โรงพิมพ์องค์กรทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ. 97 น.

กฤติมา มาลานนท์. (2544). **ผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองและอนุพันธ์ของเซลลูโลสชนิด Hydroxypropylmethylcellulose ต่อคุณภาพของขนมปังที่ใช้แป้งผสมจากแป้งสาลีและแป้งมันสำปะหลัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกลู ปิยะจอมขวัญ. (2546). **เทคโนโลยีของแป้ง** (พิมพ์ครั้งที่3). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 102 น.

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. (2553). **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น** (พิมพ์ครั้งที่ 10). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จุฑามาศ พีรพัชระ และ วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์. (2559). การใช้ประโยชน์จากเนื้อตาลสุกของชุมชนจังหวัดเพชรบุรีเพื่อผลิตขนมปัง. **วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร.** 10:168-178.

เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์. (2560). **เบเกอรี**. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 42-43 น.

จำลองลักษณ์ หุ้นชิ้น, อภิสิทธิ์ ประสงค์สุข, สุธาสินี นามบุตร และปราโมทย์ ทองขาว. (2552). **The Bread Book.** แม่บ้าน, กรุงเทพฯ

ปริทัศน์ มีชัย. (2557). **ธุรกิจเบเกอรี่พารวย**. บริษัท ส.เอเชียเพรส(1989) จำกัด, กรุงเทพฯ. 267 น.

ลดาวัลย์ เจริญรัตนศรีสุข. (2547). **การพัฒนาแป้งขนมปังเสริมโปรตีนและใยอาหารพร้อมใช้**. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุเมธ ลี้สุวรรณ. (2546). **การใช้แป้งดัดแปรทดแทนแป้งสาลีในขนมปังหวาน**. วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2532). **คุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และการคำนวณเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมอบ.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 290 น.

AACC. (2000). **Approved Methods of the AACC.** 10th ed. Minnesota : American Association of Cereal Chemists.

Alais, C., and Linden, G. (1991). **Food Biochemistry**. New York : Ellis Horwood.

AOAC. (2000). **Official Method of Analysis of AOAC International.** 17th ed. Washington D.C.,U.S.A.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Bateman, H. Howard, S. and Katy, m. (2006). **Dictionary of Food Science and Nutrition.** A & C Black Publishers Ltd, ltaly.

Belton, P.S. (2012). **The molecular basis of dough rheology.** In Stanley, P.C. (ed), Breadmaking Improving Quality. Woodhead Pubishing, Cambridge. Pp.338-341.

Eliasson, A.C. and K. Larsson. (1993). Bread, p. 342. In A.C. Eliasson and K. Larsson (eds.). **Cereal in Breadmaking.** Marcel Dekker, Inc., New York.

Hathorn, C.S., Biswas, M.A., Gichuhi, P.N. and Bovell-Benjamin, A.C. (2007). **Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweet potato flour and high-gluten dough enhancers**. LWT. 41: 803-815.

HiBi, Y. (2001). Effect of retrograded waxy corn starch on bread staling. **Starch.** 53: 227-234.

Hoseney, R.C. (1994). **Principles of Cereal Sciencee and Technology**. 2nd ed. Minnesota : American Association of Cereal Chemists.

Huttner, E.K., Belo, F.D. and Arendt, E.K. (2010). Rheological properties and bread making performance of commercial whole grain oat flours. **Journal of Cereal Science**. 52: 65-71.

Kent, N.L. (1983). **Technology of Cereals**. 3rded. Oxford : Pergamon Press

Knightly, W. H. (1996). Surfactants. In R. E. Hebeda and H. F. Zobel (eds.), **Baked Goods Freshness**, pp. 65-103. New York : Marcel Dekker.

Miyazaki, M., Maeda, T. and Morita, N. (2005). Starch retrogradation and firming of bread substituted with hydrozypropylated, acetlated and phosphorylated cross-linked tapioca starches for wheat flour. **Cereal Chemistry**. 82: 639-644.

Morgan, K. R., Hutt, L., Gerrard, J., Every, D., Ross, M. and Gilpin, M. (1997). Staling in Starch breads: the effect of antistaling α-amylase. **Starch/Starke** 49 (2): 54-59.

Munzing, K. and Brack, G. (1991). DSC-studies of flour confectionery. **Thermochimica Acta** 187 (1): 167-173.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Naito, S., Fukami, S., Mizokami, Y., Hirose, R., Kawashima, K., Takano, H., Ishida, N., Koizumi, M. and Kano, H. (2005). The effect of gelatinized starch on baking bread. **Food Science and Technology Research**. 11: 194-201.

Pomeranz, Y., and Shallenberger, J.A. (1971). **Bread Science and Technology**. Connecticut : The AVI Publishing.

Pyler, E.J. (1973). **Baking Science and Technology** *Vol I*. Siebel Publishing Co., Chicago.

Ranaille, A. and Vanhemelruck, J. (2001). **Modified starch. In Thickening and Gelling Agents for Foods**, A. Imeson (Editor). Blackie Academic & Professional, New York.

Rinsky, D. and Laura, H.R. (2009).**The Pastry chef's companion : a comprehensive resource guide for the baking and Pastry professional.** John Wiley & Sons, lnc. : New Jersey United States of America.

Sanders, J.P.M. (1996). **Starch manufacturing in the world**. In Advanced Post Academic Course on Tapioca Starch Tecnology. Jan. 22-26 & Feb. 19-23, 1996. AIT Center, Bangkok.

Sugiura, F., Ito, S., and Arai, E. (2017). Effect of pregelatinized starch paste on the ease of swallowing high-moisture content bread. **Journal of Food Engineering.** 214: 209217.

Tsai, C.I., Sugiyama, J., Shibata, M., Kokawa, M., Fujita, K., Tsuta, M., Navetani, H. and Araki, T. (2012). Changes in the texture and viscoelastic properties of bread containing rice porridge during storage. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**. 76: 331-335.

Zobel, H.F. and K.Kulp. (1996). The staling mechanism, pp. 1-64 In R.E. Hebeda And H.F.Zobel(eds.). **Baked Good Freshness.** Marcell Dekker, Inc., New York.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สูตร กรรมวิธีการเตรียมแป้งสุก และการปรับปรุงคุณภาพขนมปัง
โดยใช้แป้งสุก

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาททสัมผัส

ภาคผนวก ง ฉลากผลิตภัณฑ์ขนมปัง

ภาคผนวก จ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมปัง (มผช.747/2555)

ภาคผนวก ก

สูตร กรรมวิธีการเตรียมแป้งสุก และการปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งสุก

สูตร กรรมวิธีการเตรียมแป้งสุก และการปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งสุก

1. สูตรการปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งสุก (สูตรแป้งสุก40 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากแป้งมันสำปะหลัง)

แป้งข้าวสาลี	250	กรัม
แป้งสุก	100	กรัม
น้ำเย็น	125	กรัม
ยีสต์	2.50	กรัม
น้ำตาลทรายขาว	25	กรัม
เกลือ	2.50	กรัม
เนยขาว	25	กรัม

ที่มา : ดัดแปลงจาก (จุฑามาศ และวรลักษณ์, 2559)

2. กรรมวิธีการเตรียมแป้งสุก

ทำการผสมแป้ง 30% กับ น้ำ 70% คนจนแป้งละลาย

ยกขึ้นตั้งไฟให้อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 52-64 องศาเซลเซียส (Ranaille and Vanhemelruck, 2001) เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นพักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที

แผนภาพที่ ค.1 กรรมวิธีการเตรียมแป้งสุก

3. กรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งสุก

ผสมแป้งสุก ยีสต์ แป้งข้าวสาลี เกลือ น้ำตาลทรายขาว ตามลำดับ จากนั้นค่อยๆเติมน้ำเย็น

↓

ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วต่ำ (เบอร์ 1) เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเติมเนยขาว

↓

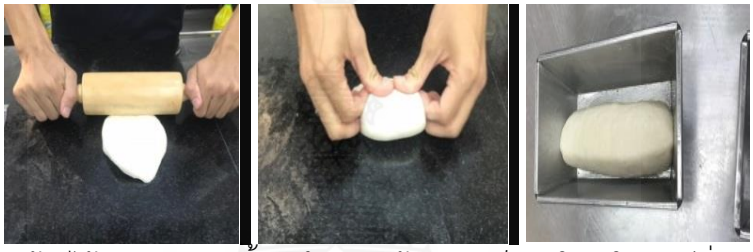
ตีผสมต่อด้วยความเร็วปานกลาง (เบอร์ 3) เป็นเวลา 25 นาที จนได้โดที่เนียนและดึงเป็นฟิล์ม

↓

นำก้อนแป้งที่ปั่นเสร็จแล้วมาวางพักให้กลูเตนของแป้งคลายตัว 10 นาที

↓

ตัดแบ่งแป้งเป็น 4 ก้อน ก้อนละ 105 กรัมคลึงเป็นก้อนกลมและผิวเนียน พักโดทิ้งไว้ 10นาที



ไล่อากาศด้วยไม้นวดขนมปัง ขึ้นรูปโดยการม้วนและเก็บมุมใส่ลงในพิมพ์ที่ทาเนยขาว

ทำการบ่มโดที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

อบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส 15 นาที

นำขนมปังออกจากพิมพ์และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

ขนมปัง

แผนภาพที่ ค.2 กรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งสุก

ที่มา : ดัดแปลงจาก(จุฑามาศ และ วรลักษณ์, 2559)

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าสี (Spectrophotometer) รุ่น CM-3500d

วิธีการวิเคราะห์

1) เปิดสวิตซ์เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดค่าสี
2) เข้าโปรแกรม Spectra Magic ที่หน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์
3) คลิกที่ปุ่ม Connect (ที่แถบข้างบน) เพื่อเป็นการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดค่าสีจากนั้นลองสังเกตที่แถบข้างล่างขวาเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว
4) ทำการคาริเบตเครื่อง (Calibration) โดยคลิกที่ปุ่ม Calibration (ที่แถบข้างบน) ใส่แผ่นกระจกใสไว้ที่ช่องข้างบนภายใน Target Mask
5) เมื่อคาริเบตเสร็จแล้วให้คลิกที่ปุ่ม Measure Target ตั้งชื่อตัวอย่างใหม่พร้อมกับใส่ตัวอย่างชนิดแห้งหรือชนิดเหลวลงใน Target (ภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง)
6) จากนั้นปิดด้วยกระบอกสีดำข้างบน (กรณีที่วัดการสะท้อนของวัตถุด้านบน), ปิดด้วยตลับสีขาวด้านบน (กรณีวัดการส่งผ่านของวัตถุด้านบน)
7) จากนั้นเข้าที่ปุ่ม Measure Targe ตั้งชื่อซ้ำของตัวอย่างเดิม (กรณีเป็นของตัวอย่าง)

จากนั้นทำตามข้อ 6 บันทึกผลการทดลองจากตารางในคอมพิวเตอร์ค่า L* a* b*

การแสดงค่าสีประกอบด้วย

1) ค่า L* หมายถึงค่าความสว่างมีค่าจาก 0 คือสีดำถึง 100 คือสีเขียว
2) ค่า a* หมายถึงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียวโดยค่าบวกแสดงถึงความเป็นสีแดงและค่าลบแสดงถึงความเป็นสีเขียว
3) ค่า b* หมายถึงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงินโดยค่าบวกแสดงถึงความเป็นสีเหลืองและค่าลบแสดงเป็นสีน้ำเงิน

การวิเคราะห์ค่าปริมาตรจำเพาะ ดัดแปลงจาก AACC (2000)

นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก หาปริมาตรของตัวอย่างโดยใช้วิธีการแทนด้วยเมล็ดงา เริ่มจากวัดปริมาตรของภาชนะที่มีรูปทรงที่แน่น โดยบรรจุเมล็ดงาให้เต็มภาชนะปาดผิวหน้าให้เรียบ วัดปริมาตรของเมล็ดงาที่เหลือในภาชนะโดยใช้กระบอกตวงขนาดต่างๆ บันทึกเป็นปริมาตรของภาชนะ บรรจุเมล็ดงาลงในภาชนะเดิมประมาณ 1/4 นำตัวอย่างใส่ลงไป บรรจุเมล็ดงาให้เต็มภาชนะ ปาดผิวหน้าให้เรียบ เทเมล็ดงาและตัวอย่างออกจากภาชนะ วัดปริมาตรของเมล็ดงาด้วยกระบอกตวง บันทึกเป็นปริมาตรของอากาศในภาชนะ คำนวณหาปริมาตรจำเพาะของตัวอย่างโดยเทียบจากปริมาตร 1 มิลลิลิตร เท่ากับ 1 ตารางเซนติเมตร จากสมการ (Penfield and Campbell, 1990)

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ } (cm^3/g) = \frac{\text{ปริมาตรขนมปัง}}{\text{น้ำหนักขนมปัง}}$$

การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่น

คำนวณหาความหนาแน่นของตัวอย่างโดยเทียบจากปริมาตร 1 มิลลิลิตร เท่ากับ 1 ตารางเซนติเมตร จากสมการ (Shogren et al., 2003)

$$\text{ความหนาแน่น } (g/cm^3) = \frac{\text{น้ำหนักขนมปัง}}{\text{ปริมาตรขนมปัง}}$$

การวิเคราะห์ค่าความชื้นแบบอินฟาเรด (Infrared Moisture Determination Balance; IR*)* รุ่น Kett FD-620

วิธีการวิเคราะห์

1) เสียบปลั๊กเครื่องอินฟาเรด
2) เตรียมตัวอย่างให้เป็นผง
3) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ตัวอย่างลงบนถาด แล้วนำไปวางบนเครื่อง Infrared Moisture Determination Balance; IR รุ่น Kett FD-620 เพื่อวัดค่าความชื้น
4) รอเครื่องเสียงดัง แล้วทำการอ่านค่าความชื้น
5) ทำการวัดค่า 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาททสัมผัส

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบรายงานการทดสอบ

เรื่อง การประเมินความชอบ

ผลิตภัณฑ์.....

วันที่.....เวลา.....ชุดที่.....

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาทดสอบตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่างตามลำดับการนำเสนอ โดยทำการทดสอบตัวอย่างทีละตัวอย่าง(กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง) พร้อมกับให้คะแนนความชอบตามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ตามระดับความรู้สึก ดังนี้

7 คะแนน = ชอบมากที่สุด

6 คะแนน = ชอบมาก

5 คะแนน = ชอบเล็กน้อย

4 คะแนน =เฉยๆบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

3 คะแนน = ไม่ชอบเล็กน้อย

2 คะแนน = ไม่ชอบมาก

1 คะแนน = ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	**คะแนนความชอบ**					
	รหัส.....	**รหัส.....**	**รหัส.....**	**รหัส.....**	**รหัส.....**	**รหัส.....**
ลักษณะที่ปรากฏของโพรงอากาศ						
ความหนาของเปลือก						
สีเนื้อของขนมปัง						
สีเปลือกของขนมปัง						
กลิ่น						
กลิ่นรส						
รสชาติ						
ลักษณะเนื้อสัมผัส						
ความชอบโดยรวม						

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบคำถาม

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบรายงานการทดสอบ

เรื่อง การประเมินความชอบ

ผลิตภัณฑ์.....

วันที่.....เวลา.....ชุดที่.....

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาทดสอบตัวอย่างทั้งหมด 5 ตัวอย่างตามลำดับการนำเสนอ โดยทำการทดสอบตัวอย่างทีละตัวอย่าง(กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง) พร้อมกับให้คะแนนความชอบตามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ตามระดับความรู้สึก ดังนี้

7 คะแนน = ชอบมากที่สุด

6 คะแนน = ชอบมาก

5 คะแนน = ชอบเล็กน้อย

4 คะแนน =เฉยๆบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

3 คะแนน = ไม่ชอบเล็กน้อย

2 คะแนน = ไม่ชอบมาก

1 คะแนน = ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	**คะแนนความชอบ**				
	รหัส.....	**รหัส.....**	**รหัส.....**	**รหัส.....**	**รหัส.....**
ลักษณะที่ปรากฏของโพรงอากาศ					
ความหนาของเปลือก					
สีเนื้อของขนมปัง					
สีเปลือกของขนมปัง					
กลิ่น					
กลิ่นรส					
รสชาติ					
ลักษณะเนื้อสัมผัส					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบคำถาม

ภาคผนวก ง

ฉลากผลิตภัณฑ์ขนมปัง

ภาพที่ ฉ.1 ฉลากผลิตภัณฑ์ขนมปัง (ด้านหน้า)

องค์ประกอบ	
แป้งข้าวสาลี	**47.2 %**
แป้งสุก	**18.9 %**
น้ำเย็น	**23.5 %**
ยีสต์	**0.5 %**
น้ำตาลทราย	**4.7 %**
เกลือ	**0.5 %**
เนยขาว	**4.7 %**

ภาพที่ ฉ.2 ฉลากผลิตภัณฑ์ขนมปัง (ด้านหลัง)

ภาคผนวก จ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมปัง

(มผช.747/2555)

มผช.747/2555

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมปัง

1. ขอบขาย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะขนมปังที่ไม่มีไส้ และบรรจุในภาชนะบรรจุ โดยไม่ครอบคลุม ขนมปังที่มีการปรุงแต่งหน้า

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ขนมปัง

หมายถึง ขนมอบชนิดหนึ่งที่ทำจากแป้งข้าวสาลีหรือแป้งข้าวสาลีผสมแป้งชนิดอื่น น้ำ เกลือ ยีสต์หรือ สารที่ช่วยทำให้ขึ้นฟู และส่วนผสมอื่น เช่น น้ำตาล นม ไขมัน วัตถุแต่งกลิ่นรส นวดผสมให้เข้ากัน อาจมี ส่วนประกอบอื่นผสมในเนื้อแป้ง เช่น ธัญพืช ผลไม้แห้ง ช็อกโกแลต ผักหรือพืชสมุนไพร ทำให้เป็น รูปทรงที่ต้องการโดยการปั้นหรือใส่ในพิมพ์ หมักจนได้ที่ แล้วนำไปอบจนสุกมีลักษณะรูปทรงต่างๆ เช่น สี่เหลี่ยม เป็นก้อนกลม และรูปทรงอื่นๆ เช่น ขนมปังปอนด์ ขนมปังกะโหลก ขนมปังโฮลวีท ขนมปังนม ขนมปังฝรั่งเศส ครัวซองต์

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องมีรูปทรงที่ดีตามลักษณะของขนมปังนั้นไม่ไหม้เกรียม หากมีการตัดเป็นแผ่นต้องมีความหนา ใกล้เคียงกัน ขอบเรียบ ไม่เป็นขุย หากมีส่วนประกอบอื่นในเนื้อแป้งต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

ต้องมีเนื้อภายในเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น และไม่แห้งหรือแข็งกระด้าง ส่วนผิวด้านนอกต้องเป็นไปตาม ลักษณะเฉพาะของขนมปังนั้น การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและชิม

3.3 สี

ต้องมีสีดีตามธรรมชาติของขนมปังและส่วนประกอบที่ใช้

3.4 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมปังและส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืนเมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้ว ต้องไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.5 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูล จากสัตว์ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.6 วัตถุเจือปนอาหาร

หากมีการใช้สีและวัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

3.7 จุลินทรีย์

3.7.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า 1 × 104 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.7.2 *แซลโมเนลลา* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

3.7.3 *สแตฟิโลคอกคัส ออเรียส* ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.7.4 *บาซิลลัส ซีเรียส* ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.7.5 *คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์* ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.7.6 *เอสเชอริเชีย โคไล* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.7.7 ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนต่อตัวอย่าง 1 กรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำขนมปัง สถานประกอบการต้องได้รับอนุญาตจากกระทรวงสาธารณสุข และให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุขนมปังในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันสิ่งปนเปื้อนจากภายนอกได้การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

5.2 น้ำหนักสุทธิของขนมปังในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก การทดสอบให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุขนมปังทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือ เครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้ เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ (ตาม มผช.) อาจตามด้วยชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ขนมปังกะโหลก ขนมปังนม ขนมปังแซนด์วิช

(2) ส่วนประกอบที่สำคัญ เป็นร้อยละของน้ำหนักโดยประมาณและเรียงจากมากไปน้อย

(3) กรณีใช้วัตถุกันเสีย ให้ระบุข้อความว่า “ใช้วัตถุกันเสีย”

(4) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัมหรือกิโลกรัม

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

(6) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา (ถ้ามี)

(7) เลขสารบบอาหาร

(8) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ขนมปังที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกันในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป ลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่นรส สิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.5 ข้อ 5. และข้อ 6. จึงจะถือว่าขนมปังรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจาก รุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวม ตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.6 จึงจะถือว่าขนมปังรุ่นนั้นเป็นไปตาม เกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่ม โดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.7 จึงจะถือว่าขนมปังรุ่นนั้นเป็นไปตาม เกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสิน ตัวอย่างขนมปังต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 และข้อ 7.2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าขนมปังรุ่นนั้นเป็นไป ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบสีและกลิ่นรส

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบขนมปังอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 วางตัวอย่างขนมปังลงบนจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ 8.1.3)

ลักษณะที่	ระดับการตัดสิน	คะแนนที่ได้รับ
สี	สีดีตามธรรมชาติของขนมปังและส่วนประกอบที่ใช้	3
	สีพอใช้ใกล้เคียงกับสีตามธรรมชาติของขนมปังและส่วนประกอบที่ใช้	2
	สีผิดปกติหรือมีการเปลี่ยนสี	1
กลิ่นรส	กลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมปังและส่วนประกอบที่ใช้	3
	กลิ่นรสพอใช้ใกล้เคียงกับกลิ่นรสตามธรรมชาติของขนมปังและส่วนประกอบที่ใช้	2
	กลิ่นรสผิดปกติหรือมกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน	1

ภาคผนวก ก.

สุขลักษณะ

(ข้อ 4.1)

ก.1 สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคาร และที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.1.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขัง แฉะ และสกปรก

ก.1.1.2 อยู่ห่างจากบริเวณหรอสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน

ก.1.1.3 ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่ที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.1.2 อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษาการทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.1.2.1 พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำก่อสร้างด้วย วัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และ ซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.1.2.2 แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน สำหรับวัตถุดิบ วัสดุบรรจุ ผลิตภัณฑ์รอการบรรจุ และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขาซึ่งเปิดสู่บริเวณที่ทำโดยตรง ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้ว หรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.1.2.3 พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.1.2.4 ห้องสุขา อ่างล้างมือมีจำนวนเหมาะสม มีอุปกรณ์เครื่องใช้สำหรับ ทำความสะอาด หรือฆ่าเชื้อโรค

ก.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความ สะอาดได้ง่าย

ก.2.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด ก่อนและหลังการใช้งานต้องทำความสะอาด เหมาะสมกับการใช้งานไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถ ทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง และเก็บไว้ในที่เหมาะสม

ก.3 การควบคุมกระบวนการทำ

ก.3.1 วัตถุดิบและส่วนผสม ในการทำต้องสะอาด ที่มีคุณภาพดี ได้จากแหล่งที่เชื่อถือได้ ปลอดภัย จัดเก็บใน ภาชนะสะอาด ป้องกันการปนเปื้อนได้ แยกเก็บเป็นสัดส่วน

ก.3.2 การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่งให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.3.3 เครื่องชั่งที่ใช้ต้องตรวจสอบได้เที่ยงตรง

ก.4 การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.4.1 น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณ เพียงพอ

ก.4.2 มีวิธีการป้องกัน และกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลง และฝุ่นผงในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.4.3 มีวิธีการป้องกันไม่ให้สัตว์เลี้ยง เช่น สุนัข แมว เข้าไปในบริเวณที่ทำ

ก.4.4 มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.4.5 สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และ เก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.5 บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ก.5.1 ผู้ทำทุกคนต้องมีสุขภาพดีทั้งร่างกายและจิตใจรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาด ทุกครั้งก่อนปฏิบัติงานหลังการใช้ห้องสุขา และเมื่อมือสกปรก

ก.5.2 ผู้ทำทุกคน ต้องไม่กระทำการใดๆ ที่ไม่ถูกสุขลักษณะในสถานที่ทำ เช่น รับประทานอาหาร สูบบุหรี่

ประวัติผู้ศึกษา

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ นามสกุล นายชัชวาล อรัญนารถ

วัน เดือน ปีเกิด 7 มีนาคม 2540

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 79/53 ถ.พระราม6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10400

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ระดับปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2561
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย	2557
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร	2554
ประถม	โรงเรียนเบญจมบพิตร	2551

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ นามสกุล นางสาวจิรัชญา นุ่มลมูล

วัน เดือน ปีเกิด 10 สิงหาคม 2539

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 409 ถ.พุทธมณฑลสาย1 แขวงบางด้วน เขตภาษีเจริญ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10160

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ระดับปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2561
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนจันทรประดิษฐารามวิทยาคม	2557
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนจันทรประดิษฐารามวิทยาคม	2554
ประถม	โรงเรียนวัดนิมมานรดี	2551