หองสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาปัจจัยกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพขนมปังทุ่นเวลา

(Study on the factors of baking process affecting the qualities of no-time bread)

จัดทำโดย

น.ส. ฐิติยวดี วงศ์ธิดา รหัสนักศึกษา 45040191

น.ส.อุทุมพร ปั้นงา รหัสนักศึกษา 45040872

นาย อนันตศักดิ์ เสียมทอง รหัสนักศึกษา 45040885

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....(ผศ.ชัยณัฐ เกียงคำ)..... 24 / มี.ค. / 2549

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผศ.ชัยณัฐ เกียงคำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21067

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาปัจจัยกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพขนมปังทุ่นเวลา

(Study on the factors of baking process affecting the qualities of no-time bread)

T096666

จัดทำโดย

น.ส. ฐิติยวดี วงศ์ธิดา รหัสนักศึกษา 45040191

น.ส.อุทุมพร ปั้นงา รหัสนักศึกษา 45040872

นาย อนันตศักดิ์ เสียมทอง รหัสนักศึกษา 45040885

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์นภัสรพี เหลืองสกุล

ป.พ.
สี3591
เลขหมู่ 25 A6
เลขทะเบียน 96666
วัน,เดือน,ปี 4 JUN 2009

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐิติยวดี วงศ์ธิดา , อุทุมพร ปั้นงา และ อนันตศักดิ์ เสียมทอง. 2548 : การศึกษาปัจจัยกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพขนมปังทุ่นเวลา(Study on the factors of baking process affecting the quality of no-time bread). สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. อาจารย์ที่ปรึกษา: อาจารย์นภัสรพี เหลืองสกุล. กรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ , รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย , ผศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ และ อาจารย์ สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา

บทคัดย่อ

จากการศึกษาปัจจัยกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพขนมปังทุ่นเวลา โดยใช้สูตรในการทำขนมปัง 2 สูตร ที่ระดับการตีผสมต่างๆ กันดังนี้คือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที พบว่า ที่ระดับการตีผสมต่างๆกันทั้งสูตร 1 และสูตร 2 เมื่อนำโดมารีดจะทำให้ค่าแรงยืดตัวของโดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากโดมีความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อนำมาศึกษาสมบัติทางกายภาพของขนมปัง พบว่าขนมปังสูตร 1 ที่ระดับการตีผสม 2,15 รีด มีค่า %Oven Spring มากที่สุด และเมื่อนำมาวัดค่าความแข็ง(Hardness) ของขนมปัง พบว่าขนมปังสูตร 1 ที่ระดับการตีผสมเดียวกัน เมื่อนำมารีดจะมีค่าแรงต้านการกดมากขึ้น ส่วนขนมปังสูตร 2 จะมีค่าแรงต้านการกดลดลงเนื่องจากใช้น้ำเป็นส่วนผสมมาก ทำให้เนื้อขนมปังมีลักษณะของเนื้อแฉะ ไม่ขึ้นฟู และเมื่อเก็บขนมปังไว้ 5 วัน พบว่าขนมปังมีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้นในทุกๆระดับการตีผสม จึงเลือกใช้สูตร 1 ระดับการตีผสม 2,15 รีด เป็นสูตรพื้นฐาน เมื่อนำมาศึกษาระดับน้ำหนักโดต่างๆกันพบว่า เมื่อใช้น้ำหนักโดเพิ่มมากขึ้น จะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังคือ %Oven Spring มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่วนปริมาตรจำเพาะมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อนำมาวัดค่าความแข็ง(Hardness) พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเก็บขนมปังไว้ 5 วัน พบว่าค่าความแข็ง(Hardness) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน จึงเลือกใช้น้ำหนักโดที่ 60 g. ซึ่งให้ค่า %Oven Spring และค่าความแข็ง(Hardness)มากที่สุด เนื่องจากทำให้ขนมปังมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี มีค่าแรงต้านการกดสูง และขึ้นฟูดี มีการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศละเอียดเป็นน้ำหนักพื้นฐาน และเมื่อนำมาศึกษาอุณหภูมิในการหมักโดยนำโดมาหมักที่อุณหภูมิต่างๆกัน พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น %Oven Spring และปริมาตรจำเพาะมีค่าลดลง และเมื่อนำมาวัดค่าความแข็ง (Hardness) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้น แต่ที่อุณหภูมิ 40 ˚C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า %Oven Spring และค่าปริมาตรจำเพาะมากที่สุด โดยขนมปังที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัส และมีการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศที่ดีที่สุด

ฐิติยวดี วงศ์ธิดา ..... ลายมือชื่อนักศึกษา

อุทุมพร ปั้นงา ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

อนันตศักดิ์ เสียมทอง ..... วัน/เดือน/ปี 24 มี.ค. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องการศึกษาปัจจัยกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพขนมปังทุ่นเวลาสำเร็จลงได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์นภัสรพี เหลืองสกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ท่านกรุณาสละเวลาอันมีค่ามาคอยแนะนำ ให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางในการทำปัญหาพิเศษ รวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนทุนทรัพย์ในการจัดทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

มีนาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ-ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 โด (Dough)	2
2.2 ขนมปัง	7
2.3 วิธีการผสม	10
2.4 ข้อดีและข้อเสียของการทำขนมปังในแต่ละวิธี	12
2.5 ขั้นตอนการทำขนมปัง	13
2.6 การเสื่อมเสียของขนมปัง	17
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
3. วัสดุอุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง	25
3.1 วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง	25
3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	25
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	30
5. สรุปผลการทดลอง	56
ภาคผนวก	57
ภาคผนวก ก	57
เอกสารอ้างอิง	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	พันธะสำคัญของโปรตีนที่สำคัญในโปรตีนของโด	5
3.1	สูตรในการทำขนมปัง	26
3.2	เวลาที่ใช้ในการตีผสมในเครื่อง Mixer	26
4.1	ผลการวิเคราะห์หาค่าแรงยืดตัวของโดขนมปังสูตร 1 ที่ระดับตีผสมต่างๆ กันดังนี้คือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที	30
4.2	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังสูตร 1 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันดังนี้คือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที	32
4.3	ผลการวิเคราะห์หาค่าแรงยืดตัวของโดขนมปังสูตร 2 ที่ระดับตีผสมต่างๆ กันดังนี้คือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที	38
4.4	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังสูตร 2 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันดังนี้คือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที	39
4.5	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆกันดังนี้คือ 40 , 50 และ 60g	45
4.6	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังที่ระดับอุณหภูมิในการหมักต่างๆกันดังนี้คือ 30 , 40 , 50 , 60 และ 70 °C	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การเปลี่ยนแปลงของแป้งสาลี(A) กลายเป็นโด(B) มองผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสแกนนิง(Scanning Electron Microscope)	3
2.2	ฟิล์มของโดที่ผสมได้เหมาะสมดี	3
2.3	โครงร่างของแผ่นฟิล์มกลูเตน ซึ่งมีน้ำโปรตีนและลิพอโปรตีนร่วมกันอยู่	4
2.4	ลักษณะการเกาะเกี่ยวของกลูตามีนด้วยพันธะไฮโดเจน	6
2.5	การเปลี่ยนแปลงโครงร่างและการเคลื่อนย้ายพันธะไดซัลไฟด์ของกรดอะมิโนในกลูเตน	6
3.1	ขั้นตอนการทำขนมปัง	27
4.1	ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร1 ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีด ตามลำดับ Hardness 0 วัน	33
4.2	ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร1 ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีด ตามลำดับ Hardness 5 วัน	34
4.3	ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร1 ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 รีด ตามลำดับ Hardness 0 วัน	35
4.4	ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร1 ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 รีด ตามลำดับ Hardness 5 วัน	36
4.5	ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร2 ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีด ตามลำดับ Hardness 0 วัน	40
4.6	ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร2 ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีด ตามลำดับ Hardness 5 วัน	41
4.7	ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร2 ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 รีด ตามลำดับ Hardness 0 วัน	42
4.8	ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร2 ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 รีด ตามลำดับ Hardness 5 วัน	43
4.9	ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆกัน ดังนี้คือ 40 , 50 และ 60 g. ตามลำดับ Hardness 0 วัน	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.10	ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆกัน ดังนี้คือ 40 , 50 และ 60 g. ตามลำดับ Hardness 5 วัน	47
4.11	ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังที่อุณหภูมิในการหมักต่างๆ กัน ดังนี้คือ 30 , 40 , 50 , 60 และ 70 °C ตามลำดับ Hardness 0 วัน	50
4.12	ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังที่อุณหภูมิในการหมักต่างๆ กัน ดังนี้คือ 30 , 40 , 50 , 60 และ 70 °C ตามลำดับ Hardness 5 วัน	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ประชากรในแถบเอเชียนิยมบริโภคเพิ่มขึ้น ควบคู่ไปกับการรับประทานข้าว ในประเทศไทยปัจจุบันมีการบริโภคขนมปังกันอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เนื่องจากความสะดวกสบาย หาซื้อได้ง่าย ได้ประโยชน์และมีคุณค่าทางอาหารสูง เนื่องจากในแป้งสาลีซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในการทำขนมปังนั้น มีปริมาณของโปรตีนสูง หน้าที่ของแป้งสาลีในขนมปังคือเป็นโครงร่างสำคัญ มีความยืดหยุ่นในขณะผสม ขึ้นฟูขณะหมัก และในที่สุดแข็งตัวเป็นโครงร่างของขนมปังเนื้อนุ่ม เหนียวต่อการเคี้ยว เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงเกิดจากองค์ประกอบทางเคมีในแป้งสาลี ที่สำคัญคือ สตาร์ช และกลูเตน รวมทั้งองค์ประกอบอื่น เช่น ไขมัน เพนโทแซน น้ำตาล และอื่นๆ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงเมื่อผสมแป้งกับน้ำ ยีสต์ และเกลือ เข้าด้วยกันจนเป็นโดทั้ง 4 อย่างนี้ จัดเป็นส่วนผสมหลัก ซึ่งจำเป็นต้องมีในสูตรทำขนมปังทั่วไป นอกจากนั้นอาจใส่สารอื่น เพื่อปรับปรุงลักษณะของขนมปังให้แตกต่างไปตามความต้องการของผู้บริโภค ได้แก่ ไขมัน แป้ง มอลต์ แป้งถั่วเหลือง ธัญชาติอื่นๆ อาหารยีสต์ สารที่ทำให้น้ำกับน้ำมันเข้ากันได้(emulsifiers) น้ำนม และผลิตภัณฑ์จากน้ำนม ผลไม้ และกลูเตน เป็นต้น

สำหรับในงานวิจัยนี้เราได้ทำการศึกษาถึงขั้นตอนและกระบวนการในการผลิต ที่จะส่งผลกระทบต่อลักษณะปรากฏในด้านต่างๆ และได้มีการปรับปรุงกระบวนการในการทำขนมปัง เพื่อลดระยะเวลาและต้นทุนในการผลิต โดยให้ขนมปังที่ผลิตได้นั้นมีคุณภาพมากขึ้นด้วย ทั้งทางด้านรสชาติ และลักษณะทางประสาทสัมผัส

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของโดและคุณภาพของขนมปังในขั้นตอนการผสม
2. ศึกษาคุณภาพของขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆกัน
3. ศึกษาคุณภาพของขนมปังเมื่อนำโดมาหมักไว้ที่อุณหภูมิต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

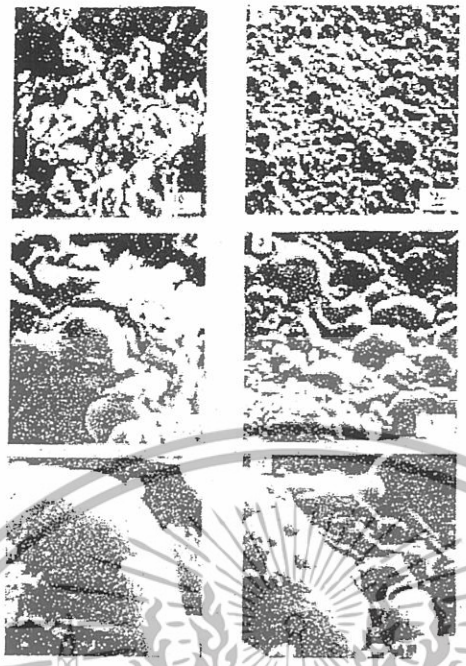
2.1 โด (Dough)

2.1.1 คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพของโด (อรอนงค์, 2540)

เมื่อนวดแป้งกับน้ำ จะเกิดการจับกันของแป้งกับน้ำจะกลายเป็นก้อนโด ซึ่งมีคุณสมบัติของความยืดหยุ่น(elastic) ความหนืดข้น(viscous) และลักษณะของพลาสติกร่วมกัน ซึ่งเป็นผลจากความเปลี่ยนแปลงภายในของแป้ง ทั้งในทางเคมี กายภาพและชีวภาพ(ภาพที่2.1) เรียกว่า การเกิดรีโอโลยีของโด (dough rheology) ซึ่งเป็นผลมาจากแรงแค้น (stress) แรงเฉือน (shear) และแรงดึง (tensile) ต่อโด ในระยะเวลาและอุณหภูมิเหมาะสม จึงจะได้โดลักษณะยืดหยุ่นดี ซึ่งทำให้เกิดการผิดรูป(deformation) แบบนอนนิวโทเนียน (non-newtonian) มีลักษณะผสมผสานระหว่างความหนืดและความยืดหยุ่น เป็นผลให้โครงร่างและองค์ประกอบทางเคมีในโดเปลี่ยนแปลง โดยมีน้ำที่เติมลงไปเป็นตัวกลางสำคัญ

เมื่อเติมน้ำลงไปในแป้งนั้น น้ำจะไม่ซึมเข้าไปในแป้งทันที แต่จะเกิดเป็นฟิล์มบางๆ บนผิวแป้ง พอออกแรงนวดหรือใช้เครื่องผสม เกิดแรงแค้นและแรงเฉือน ทำให้น้ำซึมเข้าไปในแป้ง อยู่ระหว่างเม็ดแป้งเกิดแรงดึงดูดระหว่างแป้งกับน้ำ เป็นผลจากโปรตีนในองค์ประกอบของแป้ง เกิดการรวมตัวของโปรตีนโดยมีน้ำเป็นตัวเชื่อม กลายเป็นร่างแหของกลูเตนคลุมเม็ดสตาร์ชซึ่งจะยังไม่ดูดน้ำที่อุณหภูมิของการผสมโดนี้ ขณะผสมจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกลูเตนไปเรื่อยๆ จนถึงจุดที่กลูเตนมีความยืดหยุ่นเหมาะสม ทำให้โดไม่ติดมือ หรือติดภาชนะที่ใช้ผสม สามารถดึงยืดให้เป็นฟิล์มบางๆ ได้(ภาพที่2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



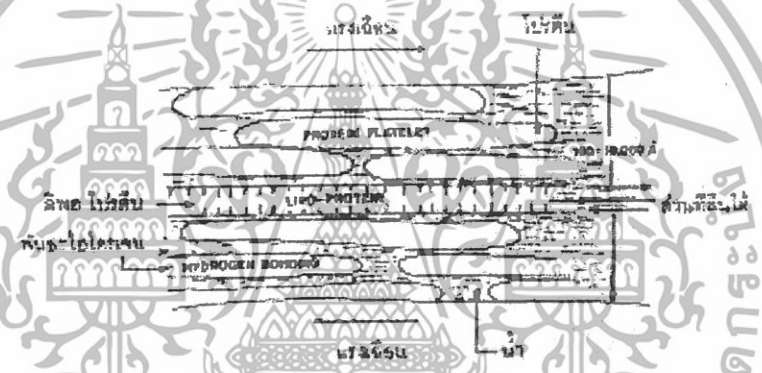
ภาพที่2.1 การเปลี่ยนแปลงของแป้งสาลี(A) กลายเป็นโด(B) มองผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสแกนนิง(Scanning Electron Microscope)
ที่มา: Pyler (1973)

ภาพที่2.2 ฟิล์มของโดที่ผสมได้เหมาะสมดี
ที่มา: Pyler (1973)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าทำการผสมต่อไปอีก จะทำให้เกิดแรงเฉือนและแรงเค้นรวมทั้งแรงดึงร่วมกัน มีผลให้กลูเตนฟิล์มหมดความยืดหยุ่นตัว ทำให้ขาดลงเป็นสาย โดเหนอะหนะติดมือและไหลได้ เนื่องจากการผสมมากเกินไป

ปริมาณน้ำที่เติมให้ได้โดที่เหมาะสมนั้น ต้องพิจารณาจากปริมาณความชื้นเดิมของแป้ง ซึ่งเป็นปริมาณน้ำชนิดที่เกาะเกี่ยวกับสารอื่นรวมกับน้ำอิสระ โดยทั่วไปมีอยู่ประมาณ 14% ดังนั้นน้ำที่เติมลงไปจะช่วยให้เกิดการเกาะเกี่ยวของน้ำกับสารอื่นจนถึง 25% ของความชื้นหรือเท่ากับ 0.33 กรัม ของน้ำต่อน้ำหนักแป้ง 1 กรัม และเมื่อมีน้ำถึง 0.54 กรัมของน้ำต่อน้ำหนักแป้ง 1 กรัม (ประมาณ 35% ของความชื้น) โดจะมีลักษณะที่เหมาะสม โดยมีส่วนของน้ำอิสระประมาณ 10% (0.11 กรัมของน้ำต่อน้ำหนักแป้ง 1 กรัม) และน้ำอิสระที่เพิ่มขึ้นนี้จะมีผลทำให้โดอ่อนนุ่ม และมีความลื่นไม่ติดมือ(ภาพที่2.3) และสามารถยืดเป็นฟิล์มได้



ภาพที่2.3 โครงร่างของแผ่นฟิล์มกลูเตน ซึ่งมีน้ำโปรตีนและลิพอโปรตีนร่วมกันอยู่
ที่มา: Pyler (1973)

กลูเตน เกิดจากการรวมตัวของไกลอะดีนในปริมาณใกล้เคียงกัน ปริมาณกลูเตนที่เกิดขึ้นนับว่าเป็นส่วนใหญ่ของโปรตีน(80-90%) ในแป้ง ไกลอะดีนและกลูตานินก่อให้เกิดลักษณะโครงร่างของกลูเตนจากการนวดโด ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวของพันธะทางเคมีระหว่างกรดอะมิโนหลายรูปแบบ ได้แก่ พันธะโควาเลนต์(covalent) พันธะอิออนิก(ionic) พันธะไฮโดรเจน และพันธะแวนเดอร์ วอว์ล(van der walls) ตารางที่2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.1 พันธะสำคัญของโปรตีนที่สำคัญในโปรตีนของโค

ชนิดของพันธะ	ลักษณะการเกิด	พลังงาน(กิโลแคลอรี่/โมล)
โควาเลนต์	พันธะระหว่างอะตอมด้วยคู่อิเล็กตรอน	30-100
อิออนิก	พันธะระหว่างประจุตรงข้าม	10-100
ไฮโดรเจน	พันธะในลักษณะอิเล็กโทรเนกะทีฟของอะตอมระหว่างไฮโดรเจน (กับออกซิเจน)	2-5
แวนเดอร์ วอว์ล	พันธะที่เกิดระหว่างกลุ่มที่ไม่มีประจุ	มากถึง 0.5

ที่มา: Pyler (1973)

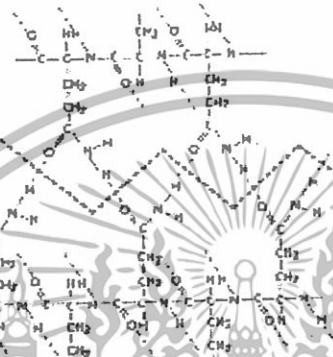
พันธะโควาเลนต์ในโครงร่างของกลูเตน ก็คือพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมระหว่างกรดอะมิโน ทั้งลักษณะภายในและภายนอกของโมเลกุล ด้วยการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างสองอะตอม ทำให้มีพลังงานสูงในการเชื่อมกันเป็นพันธะรวมทั้งพันธะระหว่างซัลเฟอร์ เรียกว่า ไดซัลไฟด์(disulfide linkage) ของกรดอะมิโนซีสทีนในโปรตีนโมเลกุล ซึ่งนับเป็นพันธะที่มีความสำคัญต่อความยืดหยุ่นของกลูเตน

พันธะอิออนิกหรือพันธะเกลือ เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างกลุ่มที่มีประจุตรงกันข้ามกัน เป็นพันธะที่มีจำนวนน้อยในกลูเตน ส่วนพันธะไฮโดรเจนเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโปรตีนของไฮโดรเจนกับอะตอมของไนโตรเจนหรือออกซิเจนซึ่งถึงแม้ว่าจะมีแรงยึดเหนี่ยวต่ำ แต่ก็มีจำนวนมากในกลูเตน จึงมีความสำคัญต่อลักษณะโครงสร้างของกลูเตนมากกว่าพันธะชนิดอื่น สำหรับพันธะแวนเดอร์ วอว์ล นั้นเกิดระหว่างกรดอะมิโนที่ไม่มีประจุกับกรดไขมันหรือระหว่างสตาร์ชกับกลีเซอไรด์ ซึ่งพันธะนี้นับว่ามีกำลังอ่อนที่สุด แต่ก็มีผลต่อลักษณะของกลูเตนโดยก่อให้เกิดลักษณะไม่ชอบน้ำ(hydrophobic bonds) ระหว่างกลุ่มของโปรตีนที่ไม่มีประจุ(nonpolar group) ได้

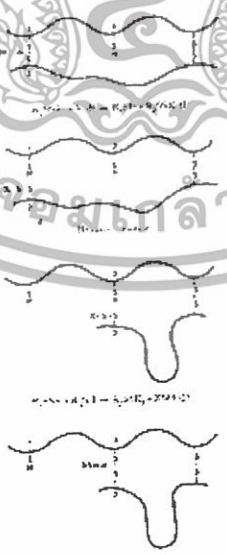
จากภาพที่2.4 จะเห็นได้ว่า พันธะไฮโดรเจนมีความสำคัญต่อโครงร่างของกลูเตนมาก เนื่องจากมีจำนวนมากถึง 42% และมักเกิดขึ้นระหว่างกรดอะมิโนกลูทามิกในรูปกลูทามีน ส่วนกรดอะมิโนโปรลีนมีผลทำให้เกิดการหักหรือเป็นเกลียว(helix) ของพอลิเพปไทด์ซึ่งมีอยู่ประมาณ 14% สำหรับพันธะที่เกิดระหว่างกลุ่มกรดอะมิโนที่ไม่มีประจุ จะมีอยู่ 7% ส่วนที่เกิดพันธะระหว่างประจุบวกหรือประจุลบมีจำนวนน้อย พันธะสำคัญอีกชนิดที่มีผลต่อโครงร่างของกลูเตนคือ พันธะไดซัลไฟด์ เนื่องจากเป็นพันธะที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ โดยวิธีทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทางเคมี ซึ่งวิธีทางกายภาพหมายถึงการผสม การนวดจนเป็นโด มีส่วนให้เกิดการเคลื่อนที่ของพันธะ(Brownian motion) จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ทำให้โครงร่างกลูเตนมีความยืดหยุ่นมากขึ้น (ภาพที่2.5) ส่วนวิธีทางเคมีหมายถึงการเติมสารเคมี ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณพันธะไดซัลไฟด์เพิ่มขึ้นหรือลดลง กลูเตนจึงมีความยืดหยุ่นน้อยลง ส่วนสารประกอบออกซิไดซ์ เช่น สารที่มีไอโดเดต และโบรเมตเป็นองค์ประกอบ จะช่วยให้มีพันธะไดซัลไฟด์ในกลูเตนเพิ่มขึ้น



ภาพที่2.4 ลักษณะการเกาะเกี่ยวของกลูตามีนด้วยพันธะไฮโดเจน
ที่มา: Krull and Inglett (1971)



ภาพที่2.5 การเปลี่ยนแปลงโครงร่างและการเคลื่อนย้ายพันธะไดซัลไฟด์ของกรดอะมิโนในกลูเตน
ที่มา: Pyler (1973)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่ทั้งไกลอะดินและกลูเตนิน ซึ่งมีพันธะไดซัลไฟด์เหมือนกันนั้น ปรากฏว่าลักษณะพันธะของไกลอะดินจะเป็นแบบเชื่อมกันภายในโมเลกุลมาก(intra molecular bonding) ส่วนกลูเตนินมีพันธะแบบเชื่อมภายนอกโมเลกุลมากกว่าแบบแรก(inter molecular bonding) ลักษณะที่ต่างกันนี้เนื่องจากองค์ประกอบของกรดอะมิโน ที่เรียงลำดับในสายพอลิเพปไทด์ที่ต่างกัน มีผลทำให้โครงร่างและลักษณะของไกลอะดิน และกลูเตนินต่างกันในทางกายภาพ กล่าวคือ ไกลอะดินจะมีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 20,000 ถึง 40,000 เนื่องจากมีพันธะเชื่อมภายในเป็นส่วนมาก ส่วนกลูเตนินจะมีน้ำหนักโมเลกุลมากระหว่าง 50,000 ถึง 1,000,000 หรือมากกว่า ดังนั้นไกลอะดินจึงมีคุณสมบัติในการไหลยืดได้ดีกว่ากลูเตนิน ซึ่งมีลักษณะคล้ายยาง แต่เมื่อรวมกันเป็นกลูเตนจะได้ลักษณะเหมาะสม มีความยืดหยุ่นพอดี

ลักษณะพิเศษของกลูเตนดังกล่าวมาแล้วนี้เอง ทำให้แป้งสาลีเหมาะสมในการทำเป็นขนมปังได้ดีกว่าแป้งชนิดอื่นที่ไม่มีกลูเตนหรือกลูเตน แต่สัดส่วนขององค์ประกอบไม่เหมาะสม เนื่องจากในกระบวนการทำขนมปังนั้น ต้องการโครงร่างของกลูเตนที่แข็งแรง ยืดหยุ่น สามารถอุ้มก๊าซที่เกิดจากกระบวนการหมัก และคงรูปร่างเมื่อเข้าเตาอบ ได้เป็นขนมปังที่มีเนื้อขนมเหนียวพอดี เป็นเส้นใย ซึ่งผู้บริโภคยอมรับ

2.2 ขนมปัง

2.2.1 ส่วนผสมของขนมปัง (จิตธนา และอรอนงค์, 2539)

ประกอบด้วยแป้งสาลีโปรตีนสูง หรือที่เรียกทั่วไปว่า แป้งสาลีชนิดทำขนมปัง ผสมกับน้ำ ยีสต์ และเกลือ ทั้ง 4 อย่างนี้ จัดเป็นส่วนผสมหลัก ซึ่งจำเป็นต้องมีในสูตรทำขนมปังทั่วไป นอกจากนั้นอาจใส่สารอื่นเพื่อปรับปรุงลักษณะของขนมปังให้แตกต่างไปตามความต้องการของผู้บริโภค ได้แก่ ไขมัน แป้ง มอลต์ แป้งถั่วเหลือง ธัญชาติอื่นๆ อาหารยีสต์ สารที่ทำให้น้ำกับน้ำมันเข้ากันได้(emulsifiers) น้ำนม และผลิตภัณฑ์จากน้ำนม ผลไม้ และกลูเตน เป็นต้น

2.2.1.1 แป้งสาลี

ที่ใช้ทำขนมปัง เป็นแป้งโม่จากข้าวสาลีธรรมดาชนิดหนึ่งที่มีโปรตีนสูง (12-14%) ในบางประเทศ อาจใช้แป้งโม่ข้าวสาลีชนิดดูรัมโปรตีนสูง เพื่อทำเป็นขนมปังแบนแบบอาหรับ แต่โดยทั่วไปแล้ว แป้งที่ใช้จะมีสีขาวนวล มีความชื้นไม่เกิน 14% เป็นแป้งที่ดูดซึมน้ำได้มาก(60-65%) มีเถ้า 0.40-0.50% และโปรตีน 10-16% มีลักษณะทางกายภาพเหมาะสม วัดได้จากเครื่องอะมิโลกราฟ โดยรายละเอียดลักษณะคุณภาพของแป้งที่เหมาะสมในการทำขนมปังแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของแป้งสาลีในขนมปัง คือเป็นโครงร่างสำคัญ มีความยืดหยุ่นในขณะผสม ขึ้นฟูขณะหมัก และในที่สุดแข็งตัวเป็นโครงร่างของขนมปังเนื้อนุ่ม เหนียวต่อการเคี้ยว เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงเกิดจากองค์ประกอบทางเคมีในแป้งสาลี ที่สำคัญคือ สตาร์ช และกลูเตน รวมทั้งองค์ประกอบอื่น เช่น ไขมัน เพนโทแซน น้ำตาล และอื่นๆ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงเมื่อผสมแป้งกับน้ำ ยีสต์ และเกลือ เข้าด้วยกันจนเป็นโด

2.2.1.2 น้ำ

เป็นส่วนผสมหลักสำคัญ ทำให้แป้งกลายเป็นโด และมีผลต่อลักษณะของโดโดยตรง กล่าวคือโดจะมีความนุ่มยืดหยุ่น และไม่ติดมือ ถ้าน้ำที่ใช้เป็นน้ำกระด้างปานกลาง ซึ่งมีแร่ธาตุบางชนิดปนอยู่อย่างเหมาะสม จะช่วยให้โดมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นตัวดี ถ้าน้ำกระด้างมากหรือถาวร จะทำให้โดแข็งเกินไป ส่วนน้ำอ่อนก็มีผลทำให้โดนุ่มเกินไปอาจแฉะติดมือง่าย ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพของน้ำก่อนนำไปใช้ทำขนมปังจึงจำเป็น เพื่อการปรับปรุงแก้ไขสภาพน้ำให้เหมาะสม โดยใช้เกลือ และอาหารยีสต์ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบแร่ธาตุชนิดต่างๆ เข้าช่วย เช่น ถ้าน้ำอ่อนมากก็ควรเพิ่มเกลือและอาหารยีสต์ในสูตร แต่ถ้าน้ำกระด้างมากก็ลดเกลือ ลดอาหารยีสต์ และเพิ่มปริมาณยีสต์ พร้อมทั้งใช้เวลาในการหมักนานขึ้น เป็นต้น โดยปริมาณน้ำที่เติมในสูตรจะอยู่ในช่วง 55-56% ขึ้นอยู่กับชนิดของขนมปัง

กล่าวได้ว่า น้ำมีผลต่อการทำขนมปังมาก เริ่มจากทำหน้าที่ละลายเกลือ ยีสต์ หรือส่วนผสมอื่น ให้สามารถผสมเข้าไปในเนื้อโดอย่างสม่ำเสมอ หลังจากการนวดแป้งกับน้ำจนกลายเป็นโด จะมีกลูเตนเกิดขึ้น ให้ความยืดหยุ่นดี มีอุณหภูมิของโดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ซึ่งทำงานได้ เนื่องจากน้ำในส่วนผสมจนเกิดก๊าซ ทำให้โดพองฟูขึ้นขณะหมัก เมื่อนำเข้าอบ น้ำมีส่วนให้สตาร์ชเกิดเจลเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น กลูเตนขยายตัว และส่วนอื่นเปลี่ยนสภาพจากดิบเป็นสุก และคงรูปร่างของขนมปัง ส่วนน้ำที่ยังเหลืออยู่จะทำให้ขนมปังนุ่มเมื่อใช้มือกด และเนื้อขนมปังเหนียวเคี้ยวอร่อย จนในที่สุดมีผลต่อการเก็บรักษาขนมปัง กล่าวคือ ถ้าเก็บขนมปังในภาชนะบรรจุที่ไม่เหมาะสม ทำให้ขนมปังแห้ง จากการระเหยน้ำออกจากภายในเนื้อขนมปัง หรือขนมปังแฉะจนขึ้นรา เพราะมีความชื้นในขนมปังมากเกินไป ก็จะทำให้ขนมปังนั้นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.2.1.3 เกลือ

ที่เติมลงไปในส่วนผสมขนมปัง เพื่อจุดประสงค์ 3 ประการ ที่สำคัญคือ ทำให้ขนมปังมีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ประการที่สองคือ ช่วยให้กลูเตนแข็งแรงและคงทนเพิ่มขึ้น ทำให้โดไม่แฉะ ประการที่สามคือ มีส่วนในการควบคุมการทำงานของยีสต์ให้ช้าลง มีการหมักนานขึ้น ทำให้ขนมปังขึ้นฟูสม่ำเสมอ และมีโครงร่างดี ปริมาณเกลือที่ใส่อยู่ระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.75-2.2% ซึ่งเป็นเกลือป่นธรรมดาชนิดใส่อาหาร ประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ 99% โดยมีน้ำและซัลเฟตของธาตุอื่นปนอีก 1%

2.2.1.4 ยีสต์

เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharomyces cerevisiae* หรือมีชื่อทั่วไปว่า ยีสต์ สำหรับช่างทำขนมอบ(Baker' yeast) ซึ่งมีหน้าที่หลักในส่วนผสมขนมปัง 3 อย่างคือ ช่วยให้เกิดก๊าซภายในโด ปรับสภาพโดให้เหมาะสม และให้กลิ่นรสแก่ขนมปัง

ยีสต์ที่ผสมอยู่ในโด จะเริ่มเติบโตเนื่องจากมีน้ำและอากาศจากการผสม และมีอาหารคือน้ำตาล และสารอาหารอื่นจากโด ทำให้ยีสต์เพิ่มจำนวนมากขึ้น พร้อมกันนี้เอนไซม์ต่างๆ ในยีสต์จะแปรสภาพสารอาหารโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ น้ำตาลให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์และพลังงาน ดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ยีสต์}} 2CO_2 + 2C_2H_5OH + 27 \text{ แคลอรี}$$

100 ส่วนของน้ำตาลกลูโคส → 48.9 ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ + 51.1 ส่วนแอลกอฮอล์

โดยกระบวนการที่เกิดนี้จะอยู่ในสภาพที่ไม่มีอากาศ เรียกว่า กระบวนการหมัก ซึ่งเป็นผลให้ภายในโดมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดันให้โดพองตัวขึ้นจากเดิมหลายเท่า ในขณะเดียวกันก็ปรับสภาพโด ให้ยืดตัว มีก๊าซแทรกอยู่พร้อมทั้งให้กลิ่นหมักของแอลกอฮอล์ ร่วมกับกลิ่นอื่นๆ เมื่อนำโดเข้าเตาอบขณะที่ความร้อนยังไม่แผ่กระจายเข้าสู่โดมากนัก ยีสต์จะยังทำงานเป็นเหตุให้โดขึ้นฟูในเตาอบอีกระยะหนึ่ง จนในที่สุดความร้อนกระจายทั่วก้อนโด ทำให้ยีสต์ตายและขนมปังคงรูปร่างขึ้นฟู พร้อมกับมีกลิ่นหมัก กลิ่นยีสต์และสารอื่น เป็นกลิ่นเฉพาะของขนมปังที่ผู้บริโภคพอใจ

ยีสต์ที่ใช้ในปัจจุบันมี 2 ลักษณะคือ สด และแห้ง ยีสต์สด เป็นยีสต์อัดก้อนสี่เหลี่ยมผืนผ้า ยังมีความชื้นอยู่มาก(70%) ต้องใช้ปริมาณมาก ให้กลิ่นรสของขนมปังดี ส่วนยีสต์แห้ง จะเป็นยีสต์สายพันธุ์พิเศษ ทนความแห้งได้ดีกว่าชนิดที่ใช้ยีสต์สด ยีสต์แห้งนี้จะมีความชื้นต่ำมาก(7.5-9%) จึงสามารถเก็บได้นานกว่ายีสต์สด ทั้งในสภาพเย็นและสภาพอุณหภูมิปกติ ใช้สะดวก โดยผสมลงในแป้งได้เลยในปริมาณน้อยกว่ายีสต์สดมาก เนื่องจากอยู่ในสภาพที่แห้ง น้ำหนักเพียงเล็กน้อยก็มียีสต์มากเท่ายีสต์ที่ที่มีน้ำหนักมาก จึงต้องใช้ยีสต์สดมากกว่า 3-4 เท่าของยีสต์แห้ง นอกจากนี้ปริมาณยีสต์ที่ใส่ในขนมปังแต่ละชนิดก็ยังไม่เท่ากันอีกด้วย เนื่องจากขั้นตอนการทำ โดยเฉพาะขั้นตอนการหมักนั้น ใช้เวลาแตกต่างกัน ถ้าเป็นวิธีหมักนานก็จะใช้ยีสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อย แต่ถ้าหมักไม่นานจะใช้ยีสต์มากกว่า ส่วนการทำงานของยีสต์ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของโด ถ้าอุณหภูมิสูง(80°C ขึ้นไป) จะทำให้ยีสต์ทำงานเร็วกว่าในสภาพที่โดมีอุณหภูมิต่ำ

2.2.1.5 ส่วนผสมอื่นๆ

ไขมัน เป็นส่วนผสมที่นิยมใส่ จนดูเหมือนว่าเป็นส่วนผสมจำเป็น เนื่องจากไขมันช่วยในการหล่อลื่นกลูเตน ให้ยืดหยุ่นได้ดี เก็บก๊าซได้เหมาะสม ทำให้เนื้อขนมปังนุ่ม มีเซลล์บาง มีปริมาตรมากขึ้น และให้กลิ่นรสดีของขนมปัง เช่นเดียวกับอิมัลซิไฟเออร์ที่ใส่ในขนมปังบางชนิด แป้งมอลต์ ช่วยปรับสภาพเอนไซม์ในแป้งให้เหมาะสม แป้งถั่วเหลือง ช่วยเพิ่มคุณค่าอาหาร อาหารยีสต์และน้ำตาล ช่วยให้การทำงานของยีสต์ดีขึ้น น้ำนมและผลิตภัณฑ์ จะเสริมคุณค่าอาหาร และช่วยให้ขนมปังมีรสชาติดีขึ้น กลูเตนช่วยเสริมลักษณะของโดให้ดีขึ้น ส่วนธัญชาติอื่น และผลไม้ต่างๆ มีผลให้ขนมปังมีรสชาติ และรูปร่างแปลกไปหลายๆ แบบ

2.3 วิธีการผสม

2.3.1 วิธีผสมแบบขั้นตอนเดียว (Straight Dough Mixing Method)(www.bakery.in.th)

เป็นวิธีที่ใช้ทั่วไป ทำโดยนำส่วนผสม ต่างๆ ที่มีในสูตรพร้อมทั้งหมด ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2.3.1.1 ชั่งตวงส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในสูตร

2.3.1.2 ละลายน้ำตาล เกลือ ในน้ำเย็น

2.3.1.3 เทแป้งและยีสต์ นมผง ลงในอ่างผสม

2.3.1.4 เติมสารละลายในน้ำตาล เกลือ ลงไปผสมด้วยความเร็วต่ำของเครื่องตี ตีพอเข้ากัน

2.3.1.5 เติมไข่ไก่และเนยลงไป ผสมต่อด้วยความเร็วปานกลาง จนกระทั่งมีลักษณะเนียน และเหนียวได้ที่ ใช้เวลาตีประมาณ 20 นาที จะได้ก้อนแป้งโด ควรหมักไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 82-85 องศาฟาเรนไฮต์

2.3.1.6 นำก้อนแป้งโด มาหมักต่ออีกประมาณ 1 - 2 ชั่วโมง นำมาไล่ลม แล้วหมักต่ออีกประมาณ 15-20 นาที ตัดแบ่งแป้งตามน้ำหนักที่ต้องการ ปั้นเป็นรูปร่างต่างๆ ตามชนิดของขนมปัง หมักต่ออีกประมาณ 50-60 นาที หรือจนขึ้นเป็น 2 เท่า จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 380-400 องศาฟาเรนไฮต์ แล้วแต่ชนิดของขนมปังจนกระทั่งสุก

2.3.2 วิธีผสมแบบสองขั้นตอน (Sponge – Dough Method) มีขั้นตอนดังนี้คือ

การผสมแบบขั้นตอนแรก (สปันจ์) คือการนำเอาแป้ง (ประมาณ 80%ของน้ำหนักที่มีอยู่ในสูตร) ยีสต์และน้ำ (ประมาณ 55% ของน้ำหนักแป้งที่มีอยู่ในสปันจ์) ลงไปผสมในอ่างผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้ความเร็วต่ำของเครื่องผสมประมาณ 4-5 นาที พอให้เข้ากันดี ไม้ต้องถึงขั้นแป้งโดเนียน อุณหภูมิของสปันจ์ควรอยู่ประมาณ 80-85 องศาฟาเรนไฮต์ ผสมเพื่อให้เกิดกลูเตนมากพอที่จะอุ้มก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักได้เพียงพอ ก้อนแป้งโดที่ได้จากการผสมครั้งนี้ เรียกว่า สปันจ์ (Sponge)

นำสปันจ์ไปหมักประมาณ 2 –3 ชั่วโมง หรือมากกว่านั้น สปันจ์ที่หมักได้ที่ดีจะมีโครงสร้างข้างในเป็นร่างแหที่ละเอียดและเห้ง ถ้าละเอียดมากไปแสดงว่ายังหมักไม่ได้ที่ ซึ่งอาจจะตรวจสอบได้โดยการดึงส่วนของสปันจ์มาก้อนเล็กๆ แล้วยืดดูด้วยมือ ถ้าสปันจ์ขาดง่าย และขาดอย่างเรียบร้อย โดยมีแรงต้านการดึงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แสดงว่าหมักได้ที่ ถ้าดึงแล้วขาดออกและขาดไม่เป็นระเบียบ อีกทั้งยังฝืดและฝืนการดึงออกมาก แสดงว่าหมักไม่ได้ที่ แต่ถ้าหมักนานเกินไปเมื่อดึงก้านสปันจ์ก็จะขาดง่ายและรุ่ย ไม่เป็นระเบียบเช่นกัน

การผสมขั้นตอนที่สอง หรือ โด เมื่อหมักสปันจ์ได้ที่แล้ว นำมาเข้าเครื่องผสมอีกครั้งหนึ่ง เติมส่วนผสมที่เหลือทั้งหมดในสูตรลงไป ซึ่งได้แก่ แป้งที่เหลือ น้ำที่เหลือ น้ำตาลทราย นมผง ไข่ไก่ เนย ผสมพอเข้ากันเติมไขมัน ผสมต่อจนเข้ากันดี จะได้โดที่มีลักษณะเรียบเนียน เมื่อตรวจสอบโดยการดึงก้อนแป้ง (โด) มาเล็กน้อย แล้วนำมายืด โดจะแผ่เป็นแผ่นบางใส ไม่ขาดออกจากกัน ขั้นตอนนี้เรียกว่าโด ซึ่งอุณหภูมิควรอยู่ประมาณ 80-83 องศาฟาเรนไฮต์ นำกลับไปหมักต่ออีก 20 นาที แล้วนำมาตัดแบ่งน้ำหนักตามชอบ ปั้นเป็นรูปร่างตามชนิดของขนมปัง หมักต่อให้ขึ้นเป็น 2 เท่า ประมาณ 50-60 นาที จากนั้นนำไปอบอุณหภูมิ 380-400 องศาฟาเรนไฮต์ แล้วแต่ชนิดของขนมปัง

2.3.3 วิธีผสมแบบทุ่นเวลา (No – Time Dough Method)

"โนไทม์โด" เป็นการทำขนมปังที่มีขั้นตอนไม่ต่างจากวิธีที่ 1 แต่จะมีการเพิ่มสารบางอย่างเพื่อให้ก้อนโตเร็วขึ้น เพิ่มยีสต์ให้มากขึ้นหลังจากผสมแล้วทิ้งไว้ประมาณ 15 นาทีจึงตัดเป็นก้อนโดตามขนาดที่ต้องการ ปั้นเป็นรูปต่างๆใส่พิมพ์ พักก้อนโดครั้งสุดท้ายประมาณ 1-2 ชม. ขนมปังที่ทำด้วยวิธีนี้จะมีเนื้อหยาบแต่ประหยัดเวลา

มีขั้นตอนดังนี้

2.3.3.1 ผสมส่วนผสมทั้งหมด ยกเว้นไขมัน ลงไปในเครื่องโดยใช้อัตราความเร็วต่ำประมาณ 2 นาที

2.3.3.2 ใส่ไขมันลงไป ปรับความเร็วปานกลาง ผสมต่อไปอีกประมาณ 2-3 นาที

2.3.3.3 นำโดที่ได้ไปเข้าเครื่องรีดจนเรียบ

2.3.3.4 ตัดแบ่งเป็นก้อนกลมพักไว้ 10 นาที

2.3.3.5 ปั้นเป็นรูปใส่พิมพ์

2.3.3.6 หมักโดในพิมพ์ประมาณ 2 ชั่วโมง จึงนำไปอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการผสมโดยวิธีนี้ ไม่เป็นที่นิยมนักสำหรับเบเกอรี่ในประเทศไทย เพราะต้องใช้สารเคมีช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น และไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเร่งเวลาในการผลิต นอกจากกรณีฉุกเฉินเท่านั้นจึงจะใช้วิธีนี้

2.4 ข้อดีและข้อเสียของการทำขนมปังในแต่ละวิธี

2.4.1 การทำขนมปังแบบขั้นตอนเดียว(Straight Dough Mixing Method)

นิยมแบบมีไส้

ข้อดี

- ระยะเวลาในการหมักสั้น
- ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับคนงานน้อย
- ทำครั้งละมากๆ ได้เนื่องจากการใช้ระยะเวลาหมักน้อย
- ต้องการพื้นที่น้อยในระหว่างการหมัก

ข้อเสีย

- คุณสมบัติของโดไม่ดี เนื่องจากใช้ระยะเวลาหมักน้อย
- ยากที่จะปรับปรุงคุณภาพของโด
- โดมีกลิ่น
- รส น้อยเกินไป
- ผู้บริโภคไม่ค่อยชอบ

2.4.2 การทำขนมปังแบบสองขั้นตอน (Sponge – Dough Method)

นิยมแบบไม่มีไส้ เช่น ขนมปังแซนวิช ขนมปังปอนด์

ข้อดี

- ใช้ยีสต์น้อย
- สปันจ์โดมีความทนทานสูง กล่าวคือสามารถทิ้งไว้ได้นานหลังจากผสมแล้ว
- เมื่อโดมีอุณหภูมิสูงหลังจากผสมครั้งแรกแล้ว สามารถลดอุณหภูมิได้โดยการเติมน้ำหรือน้ำแข็งในขั้นของการผสมครั้งที่สอง
- แป้งสาลีที่ใช้ ใช้ได้หลายระดับ
- สปันจ์ โดใช้ทำผลิตภัณฑ์ได้หลายอย่าง เช่น ทำขนมปัง หรือโรลและอื่นๆ

2.4.3 การทำขนมปังแบบโนไทม์ (No – Time Dough Method)

ข้อดีและข้อเสียของการทำขนมปังแบบวิธีดังกล่าวไม่เป็นที่ทราบกันกระจ่างนัก แต่พอจะพูดได้ว่า การทำขนมปังแบบนี้ส่วนใหญ่จะใช้เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ผู้ใช้สามารถนำไปใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี

- ทุ่นเวลาในการหมัก
- ปริมาณโดที่หมักไม่ต้องมาก

ข้อเสีย

- ต้องใช้สารเคมีอื่นๆ ช่วยมากในการปรับปรุงคุณภาพของโด
- จำเป็นต้องใช้เครื่องมือช่วย เช่น เครื่องผสมที่มีความเร็วสูงและอื่นๆ

2.5 ขั้นตอนการทำขนมปัง

2.5.1 การผสม (จิตธนา และอรอนงค์, 2539)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการทำขนมปัง เพื่อจุดประสงค์ 2 ประการคือ เพื่อผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันดีอย่างสม่ำเสมอทั่วกันทุกส่วน และช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพ เกิดกลูเตนในโดให้ความยืดหยุ่นเหมาะสมในการทำขนมปัง

ในขณะผสมนี้สามารถแบ่งลักษณะการผสมเป็น 6 ขั้น คือ

2.5.1.1 การผสมให้เข้ากัน(Pickup stage) เป็นการเริ่มผสม จะเห็นว่าส่วนผสมแห้งคือ แป้งจะเริ่มดูดซึมของเหลวคือ น้ำ เข้ามารวมกันเป็นก้อน โดที่ยังหยาบและไม่สม่ำเสมอ

2.5.1.2 การทำความสะอาดอ่าง(Cleanup stage) หมายถึง ส่วนผสมของโดเริ่มจับตัวกันมากขึ้น ทำให้อ่างที่ใช้สะอาดไม่มีโดติดอยู่อีกต่อไป

2.5.1.3 โดเริ่มมีลักษณะดี(Development stage) เมื่อผสมนานขึ้น โดจะเริ่มมีความยืดหยุ่น สามารถดึงได้ แต่ยังขาดง่ายอยู่ ผิวเรียบและเนียนขึ้น

2.5.1.4 ลักษณะโดเหมาะสม(Final stage) เป็นระยะที่โดได้รับการผสมถึงจุดเหมาะสมที่สุด มีความยืดหยุ่นดี สามารถดึงได้เป็นฟิล์มบาง แสงส่องผ่านได้ มีเนื้อเนียนเป็นมัน มีความนิ่มตัวดี ดังนั้นเมื่อผสมถึงจุดนี้จึงควรหยุดได้ เพราะได้ลักษณะโดที่สามารถอุ้มก๊าซได้ดีที่สุดแล้ว

2.5.1.5 โดเริ่มขาดง่าย(Letdown stage) ถ้าผสมโดต่อจากขั้นที่ 4 จะมีผลทำให้โครงร่างของโดเริ่มอ่อนแอ ขาดง่าย และมีลักษณะแฉะ เป็นโดไม่ดีอีกต่อไป

2.5.1.6 โดขาดง่ายและไหลได้(Breakdown stage) เป็นขั้นที่โดขาดไม่มีชิ้นดี จนสามารถไหลได้ แฉะมาก ไม่สามารถนำไปทำขนมปังได้ จึงไม่ควรผสมนานเกินไปถึงขั้นนี้

2.5.2 การหมัก

เมื่อผสมส่วนผสมต่างๆ จนเป็นโดดีแล้ว จึงนำมาหมักระยะหนึ่งเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยเอนไซม์และยีสต์ ทำให้โดมีสภาพขึ้นฟู จากการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในโด การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญเริ่มจากเอนไซม์ย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ แอลฟา- และ บีตา- อะมีเลส รวมทั้งเอนไซม์อื่น เช่น ไดเอสเทส มอลเทส อินเวอร์เทส ไซเมส ซึ่งเป็นเอนไซม์หลายชนิด(ประมาณ 14 ชนิด) ที่มีในยีสต์ ทำการย่อยสตาร์ช โดยเฉพาะสตาร์ชเสียหาย จะย่อยได้มากและเร็ว ทำให้ได้น้ำตาลกลูโคส ซึ่งกลุ่มเอนไซม์ไซเมสในยีสต์จะแปรสภาพเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมกับกลิ่นแอลกอฮอล์ ทำให้สภาพของโดเปลี่ยนไป มีความฟูตัวขึ้น ช่วยให้เก็บก๊าซไว้ได้ ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์กันระหว่างการเกิดก๊าซ และการเก็บก๊าซของโดควรจะเหมาะสมกัน เพื่อให้ได้ขนมปังเนื้อนุ่ม เป็นรูพรุน ซึ่งควบคุมได้จากปริมาณเอนไซม์หรือปฏิกิริยาการหมักกับระยะเวลาที่ใช้หมักต้องพอดี จึงจะได้ลักษณะโดหลังหมักที่ดี ซึ่งโดยทั่วไปในระหว่างการหมักถึงระยะหนึ่ง จะมีการนำโดมาไล่ลม(punching) โดยการนวดโดให้ยุบตัวลง ไล่ก๊าซออกจากโด ปรับสภาพอุณหภูมิภายในโดใหม่ นวดให้โดมีโครงร่างแข็งแรงอีกครั้ง เพิ่มอากาศเข้าไปในโด เพื่อให้ยีสต์ได้ใช้ในการเจริญเติบโต ช่วยให้โดมีความยืดหยุ่นในการอุ้มก๊าซได้ดีขึ้น เมื่อทำการหมักต่อไปอีก จะได้ลักษณะโดดี มีโครงร่างเป็นร่างแหดึงยืดได้ ไม่แฉะ แสดงว่าหมักได้ที่แล้ว

สิ่งที่ควรคำนึงถึงในขั้นตอนการหมัก ก็คือ ตู้หมัก หรือสภาพห้องหมัก เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม มีส่วนช่วยให้กระบวนการหมักดำเนินไปได้ด้วยดีตามเวลาที่ต้องการ โดยอุณหภูมิของโดขณะหมัก ควรจะประมาณ 25-26 °C (77-79°F) และอุณหภูมิห้องควรจะเป็น 27-29 °C (80-85 °F) และความชื้นสัมพัทธ์ 75% ถ้าอุณหภูมิสูงไปจะทำให้เร่งการทำงานของเอนไซม์และยีสต์ ส่วนอุณหภูมิต่ำไป จะเกิดกระบวนการหมักช้าไป นอกจากนี้ช่างทำขนมอบยังต้องคำนึงถึง น้ำหนักโดที่หายไปขณะหมัก เนื่องจากการหมักทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในโด เนื่องจากอุณหภูมิโดเพิ่ม อุณหภูมิห้องสูง เป็นต้น จึงมีผลให้น้ำหนักลดลงประมาณ 0.5-3 % ขึ้นอยู่กับวิธีการทำ เวลาที่ใช้หมัก ปริมาณยีสต์ และเอนไซม์ที่มีในสูตร สภาพห้องหมัก และอื่นๆ แต่โดยทั่วไป น้ำหนักโดที่หายไปจะประมาณ 1% เท่านั้น

2.5.3 การปั้น-แต่งโด(Dough make-up)

เป็นขั้นตอนเตรียมโด หลังการหมักไปจนถึงก่อนเข้าเตาอบ ประกอบด้วยการทำงานเป็นลำดับดังนี้

2.5.3.1 การตัดแบ่ง นำโดที่หมักดีแล้วมาตัดแบ่งเป็นก้อน น้ำหนักเท่าๆ กันตามต้องการ

2.5.3.2 การคลึงให้กลม นำก้อนโดที่ตัดแบ่งแล้วมาคลึงให้กลม เป็นการไล่อากาศและปั้นโดใหม่ให้มีผิวหน้าเรียบและตึง จะได้เก็บก๊าซอีกครั้ง และเพื่อไม่ให้โดเหนียวติดมืออาจใช้แป้งนวลโรยบางๆ ขณะคลึงให้กลม

2.5.3.3 การพักโด เพื่อให้โดที่กลมนี้ได้พักตัว และเกิดการหมักอีกระยะหนึ่ง เนื่องจากในการตัดและคลึง มีผลให้ก๊าซออกจากโด และโดหดตัวลง จึงต้องพักโดให้ปรับสภาพอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้ง และให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอีกประมาณ 2-20 นาที แล้วแต่ชนิดของขนมปังที่ต้องการ ถ้าระยะพักตัวนาน จะนำเข้าไว้ในตู้พักพิเศษควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เช่นเดียวกับตู้หมัก

2.5.3.4 การปั้นรูปร่างเมื่อโดพักตัวดีแล้ว นำมาปั้นให้เป็นรูปร่างตามต้องการ โดยเริ่มจากการรีดให้เป็นแผ่นยาวเพื่อเป็นการไล่ลมด้วย ทำได้โดยใช้ไม้รูปกลมและทรงกระบอก หรือเข้าเครื่องรีดประกอบด้วยลูกกลิ้ง 2 ตัวหมุนเข้าหากัน โดยมีระยะห่างตั้งได้ 2-3 ครั้ง จนได้ขนาดแผ่นที่ต้องการ ต่อมาจึงนำไปม้วนให้เป็นรูปร่างทรงกระบอกปิดรอยม้วนทุกด้านให้เรียบร้อย

2.5.3.5 ใส่ลงพิมพ์ นำม้วนโดมาใส่พิมพ์ทาด้วยไขมันบางๆ เพื่อไม่ให้ขนมติดพิมพ์ ต้องให้ส่วนรอยม้วนด้านยาวอยู่ที่ก้นพิมพ์ จึงจะได้ขนมปังขึ้นสวย

2.5.3.6 การพักโดครั้งสุดท้าย เนื่องจากรูปร่างมีผลให้โดหดตัว และไม่มีอากาศอยู่ภายในอีกครั้ง จึงจำเป็นต้องพักโดเพื่อให้เกิดการหมัก มีก๊าซขึ้น ทำให้โดขึ้นฟูในพิมพ์เป็นครั้งสุดท้ายก่อนอบ ขั้นตอนนี้นับว่าสำคัญมาก จึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และเวลาให้เหมาะสม โดยมีอุณหภูมิ 33-54°C(90-130°F) ความชื้นสัมพัทธ์ 60-90% และเวลาประมาณ 55-65 นาที จึงจะควบคุมไว้ที่ใดแน่นอนนั้น ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และลักษณะของขนมปังที่ต้องการด้วย

2.5.4 การอบ

เป็นขั้นตอนสุดท้ายและสำคัญที่สุดในการทำขนมปัง เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนสภาพของโดที่ยังดิบให้สุกโดยความร้อน จนได้ขนมปังที่กินได้ในที่สุด ปัจจัยสำคัญในการอบคือ การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และเวลาให้เหมาะสม เพราะมีผลต่อการสุกของขนมปัง โดยเฉพาะเนื้อในส่วนกลางของขนมปัง ควรจะสุกพอดีกับเปลือกนอกที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลสวย มีกลิ่นรสดี ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเตาอบจะมีอุณหภูมิระหว่าง 191-232°C(375-450°F) โดยอาจจะแบ่งอุณหภูมิของเตาเป็นช่วงๆ 3-4 ช่วง ขึ้นอยู่กับชนิดของเตาอบ ถ้าเป็นแบบอุโมงค์ยาวอาจมี 4 ช่วง เริ่มจากอุณหภูมิ 210 , 274 , 260 และ 271 °C หรือ 217 , 272 , 228 และ 232 °C เป็นต้น ส่วนความชื้นสัมพัทธ์อาจแตกต่างกันมาก จากความชื้นต่ำจนถึงความชื้นสูง ด้วยการพ่นไอน้ำเข้าไปในเตาเป็นช่วงๆ แล้วแต่ชนิดของขนมปังและเวลาในการอบจะอยู่ระหว่าง 18-35 นาที ซึ่งจะใช้เวลานานแค่ไหน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและขนาดของขนมปังที่จะอบ กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิของเตาอบต่ำจะใช้เวลานานกว่าเมื่ออุณหภูมิเตาอบสูง ทำนองเดียวกัน ถ้าขนมปังก้อนใหญ่ จะใช้เวลาอบนานกว่าขนมปังก้อนเล็ก ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีภายในโดขณะอยู่ในเตาอบนั้น จะเริ่มจากความร้อนภายในเตาแผ่กระจายไปยังโด กระตุ้นให้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีแรงดันน้ำในโดกลายเป็นไอ และแอลกอฮอล์ขยายตัว ช่วยกันดันโครงร่างของโดให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกัน ความร้อนในช่วงแรกจะช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์และยีสต์ให้เกิดกระบวนการหมักเพิ่มขึ้นอีก มีก๊าซและแอลกอฮอล์เสริมในการขยายตัวของโด เมื่อความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้นสตาร์ชภายในโดจะเกิดการพองตัวและกลายเป็นเจล ในขณะขนมปังสุกนี้ องค์ประกอบของสตาร์ชเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะส่วนอะมิโลส จะเคลื่อนย้ายออกจากสตาร์ช เมื่อทำให้ขนมปังเย็นและทิ้งไว้นาน อะมิโลสจะเปลี่ยนกลับ มีลักษณะขุ่นเป็นตะกอนขาวอีกครั้ง ซึ่งถือเป็นลักษณะการเสื่อมเสียที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับอย่างหนึ่ง

ในระหว่างที่สตาร์ชเกิดการเจลาติไนซ์ จะดึงน้ำจากโดมา ทำให้กลูเตนสูญเสียน้ำเปลี่ยนสภาพจากเดิมที่เคยยืดหยุ่นกลับแข็งตัวขึ้น เป็นโครงร่างของเซลล์ มีรูพรุน ผนังเซลล์บางเป็นใยเชื่อมกัน รูปรีบ้าง กลมบ้าง กระจายทั่วก้อนขนมปัง ในขณะที่เอนไซม์และยีสต์ค่อยๆ ตายไปเนื่องจากทนความร้อนเพิ่มมากขึ้นไม่ได้

ส่วนผิวนอกของขนมปัง ก็จะเริ่มเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีน้ำตาลทั้ง 2 แบบ คือ การเกิดคาราเมล เนื่องจากความร้อน ทำให้น้ำตาลที่ผิวโดเปลี่ยนสภาพให้สีน้ำตาล และการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด(Maillard reaction) จากน้ำตาลและกรดอะมิโน ให้สารสีน้ำตาล เรียกว่า มิลานอยดิน (Melanoidin) พร้อมกันนี้จะเกิดสารให้กลิ่นรสแก่ขนมปัง และในที่สุดขนมปังก็สุก โดยมีน้ำหนักลดลงจากเดิม 9-10% เนื่องจากการระเหยของน้ำและสารอื่นๆ

2.5.5 การทำให้เย็นและการบรรจุ

เมื่อนำขนมปังออกจากเตาอบนั้น ถือว่าเป็นขนมปังที่มีคุณภาพดีที่สุด มีกลิ่นหอมรสชาติดี เปลือกนอกกรอบแข็งสีน้ำตาล เนื้อในนุ่ม มีความเหนียวเมื่อเคี้ยว แต่เราจะได้บริโภคขนมปังเช่นนี้ต่อเมื่อเราทำเองเท่านั้น ในทางการค้าแล้ว จำเป็นต้องนำขนมปังมาทำให้เย็นสนิทเสียก่อนที่จะตัดเป็นชิ้น และบรรจุใส่ภาชนะบรรจุที่เหมาะสม ซึ่งนิยมใส่ถุงพลาสติก หรือ กระดาษไข

ขนมปังที่ออกมาจากเตาอบ จะมีอุณหภูมิภายในเนื้อขนมปังประมาณ 98°C(208°F) และมีความชื้นประมาณ 45% ส่วนด้านนอกที่เป็นเปลือกของขนมปัง จะมีอุณหภูมิประมาณ 150°C(302°F) และมีความชื้นประมาณ 43% ดังนั้นจึงควรลดอุณหภูมิของขนมปังลงให้ปกติโดยใช้ลมเป่าอัตรา 600-800 ฟุตต่อนาที ด้วยอุณหภูมิ 21°C(70°F) และความชื้นสัมพัทธ์ 80% เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับขนาดและปริมาณของขนมปัง ในขณะที่ลมเย็นเป่าขนมปังนั้น ความร้อนและความชื้นภายในเนื้อขนมปังจะระเหยมายังผิวเปลือก ทำให้เปลือกที่เคยกรอบและแข็งกลับนุ่มเหนียวคล้ายหนัง ถ้าทิ้งไว้นานเกินไป น้ำหนักขนมปังจะลดลงมาก และทำให้เนื้อขนมปังแข็งได้ แต่ถ้าใช้เวลาในการทำให้เย็นน้อยไป ขนมปังยังไม่เย็น เมื่อนำมาตัดจะได้ชิ้นขนมเหนียวและติดกันตัดยากไม่เป็นชิ้น เมื่อนำไปบรรจุในถุงพลาสติก จะเกิดเหงื่อในถุง และความชื้นย้อนกลับเข้าสู่ขนมปัง ทำให้เกิดจุลินทรีย์ในขนมปังได้ง่าย ดังนั้นจึงควรระวังในการทำให้เย็นเพื่อให้ได้ขนมปังคุณภาพดีในการเก็บรักษาก่อนถึงผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การเสื่อมเสียของขนมปัง

2.6.1 การเสื่อมเสียของขนมปังเนื่องจากเชื้อรา และแบคทีเรีย(www.bakery.in.th)

อาหารหลายชนิดที่เน่าเสียหรือเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อรา การเสียหายดังกล่าวสืบเนื่องจากการเก็บรักษาไม่ดีพอ ลักษณะของการเน่าเสียดังกล่าวจะเห็นได้ชัดเจนคือ เห็นมีเชื้อราขึ้นอยู่ ขนมปังก็เช่นเดียวกับอาหารอื่นๆ ซึ่งเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้และผู้ที่ประกอบการเกี่ยวกับขนมปังจะประสบปัญหาเกี่ยวกับขนมปังจะประสบปัญหาเกี่ยวกับเชื้อรานี้เป็นประจำ ถ้าหากสุขลักษณะภายในโรงงานไม่ดีพอ เชื้อรานอกจากจะให้โทษคือทำให้อาหารเสื่อมแล้ว ยังมีเชื้อราหลายชนิดที่ให้ประโยชน์ เช่น ใช้ปฏิชีวนะ ได้แก่ เพนนิซิลิน หรืออาจจะใช้ในอุตสาหกรรมหมักดอง ได้แก่ พวกเนยแข็ง เป็นต้น

- **ไมซีเลีย** เป็นลักษณะคล้ายๆ เส้นไหม ขึ้นปกคลุมอยู่บนอาหารอาจเป็นหย่อมๆ หรือแผ่เป็นวงกว้างก็ได้

- **สปอร์** เป็นเม็ดสำหรับขยายพันธ์ของเชื้อรา ซึ่งเม็ดดังกล่าวมีน้ำหนักเบาสามารถจะปลิวไปในอากาศได้ ดังนั้นสปอร์ของเชื้อราจึงมีอยู่ทุกหนทุกแห่ง เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ในที่ที่มีความชื้นต่ำ ซึ่งปริมาณความชื้นดังกล่าว .....พวกแบคทีเรียและพวกเชื้อยีสต์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีความเป็นกรด ขนมปังที่มีลักษณะที่เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดี เมื่อไรก็ตามที่ขนมปังสัมผัสกับบรรยากาศและถ้าความชื้นภายในบรรยากาศมีสูง เชื้อราก็จะเจริญเติบโตเร็วยิ่งขึ้น แต่ถ้าหากความชื้นภายในบรรยากาศต่ำเชื้อราก็ไม่สามารถจะเจริญเติบโตได้ แต่สปอร์ก็อาจจะเกาะอยู่บนผิวของก้อนขนมปัง ดังนั้นขนมปังที่เก็บรักษาไว้ในสภาพที่แห้งและสะอาดก็จะสามารถป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อราได้ บางทีท่านอาจจะสงสัยว่าภายในแป้งซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำขนมปัง มีสปอร์ของเชื้อราอยู่เป็นจำนวนมาก อาจจะเป็นตัวการทำให้ขนมปังเกิดการเน่าเสียได้ สาเหตุจากวัตถุดิบที่จะทำขนมปังเกิดการเน่าเสียมีน้อยมาก เนื่องจากวัตถุดิบดังกล่าวต้องผ่านขบวนการหลายขั้นตอน นอกจากนั้นในขั้นตอนสุดท้ายยังต้องผ่านเตาอบซึ่งมีอุณหภูมิสูงไม่มีเชื้อราใดๆ สามารถทนทานได้ และเพื่อใช้ฆ่าเชื้อราได้ตายหมดแล้ว

ดังนั้นปัญหาต่างๆ ที่จะต้องคำนึงถึง คือ

- **สถานที่เก็บรักษาขนมปัง** สถานที่เก็บรักษาขนมปังควรจะสะอาดมีการระบายอากาศได้ดีและถ้าห้องที่เก็บขนมปังนั้นมีอุณหภูมิของบรรยากาศด้วยยิ่งดีมากขึ้นข้อสำคัญอากาศที่ระบายถ่ายเทนั้นควรจะปราศจากฝุ่นผงและอื่นๆ

- **เครื่องหั่นขนมปัง** ใบมีดของเครื่องหั่นขนมปังควรจะทำความสะอาดบ่อยๆ โดยใช้แอลกอฮอล์เช็ดให้สะอาด เพราะว่าโอกาสที่สปอร์ของเชื้อแบคทีเรียติดอยู่กับใบมีด จะทำให้เนื้อภายในขนมปังมีโอกาสติดเชื้อดังกล่าวทำให้ขนมปังเน่าเสียได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96666

- **วัสดุหีบห่อ** วัสดุหีบห่อโดยทั่วไปควรจะเป็นกระดาษไขหรือพลาสติกชนิดใส หุ้มขนมปัง เมื่อขนมปังห่อเรียบร้อยแล้ว ภายในห่อนั้นโดยทั่วไป จะมีความชื้นสะสมอยู่สูง ดังนั้น ถ้าหากมีสปอร์ของเชื้อราหรือแบคทีเรียปะปนอยู่ก็จะทำให้ขนมปังเน่าเสียเร็วขึ้น วิธีการป้องกันการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อราที่ทำกันทั่วๆ ไป ก็คือการระมัดระวังเกี่ยวกับสุขลักษณะของโรงงาน ควรสะอาดและมีสภาพที่เก็บควรจะมีอุณหภูมิต่ำ และที่สำคัญคือควรทำให้ก้อนขนมปังเย็นลงอย่างรวดเร็วภายหลังที่ขนมปังออกจากเตาอบ นอกจากวิธีการป้องกันดังกล่าว อาจจะใช้สารเคมีบางอย่างก็ได้ โดยใช้ปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และสารเคมีดังกล่าวที่ใส่ลงไปนั้นไม่ได้เป็นตัวทำลายหรือฆ่าพวกเชื้อรา เพียงแต่เป็นตัวชะลอการเน่าเสียของขนมปังได้ประมาณ 2-3 วัน สารเคมีดังกล่าว จะให้ผลดีถ้าหากโดที่ผสมแล้วมีความเป็นกรด ความเป็นกรดของโดสามารถจะเพิ่มขึ้นได้โดยการเพิ่มเกลือแอมโมเนียคลอไรด์ ลงไปประมาณ 30 กรัม ต่อเกลือ 100 กรัม

ดังกล่าวมีประโยชน์ 2 ประการ คือ

ก. เป็นอาหารของเชื้อ (ยีสต์) ให้เจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น

ข. เพิ่มความเป็นกรดในโด สารเคมีที่นิยมใช้กันและเป็นที่ยอมรับกัน คือ ชนิดของสารเคมี ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้ใช้

- โปรปีออนิค แอซิด 300 กรัม / 100 ก.ก.
- แคลเซียมโปรมิเนต 377 กรัม / 100 ก.ก.
- โซเดียมโปรปีออเนต 399 กรัม / 100 ก.ก.

สารเคมีดังกล่าวอาจจะใช้น้อยกว่าปริมาณดังกล่าวก็ได้ เช่น แคลเซียมโปรปีออเนตใช้กันเพียง 200 กรัม ต่อ 100 ก.ก. แป้งเท่านั้น เนื่องจากสารเคมีดังกล่าวถ้าใช้มากเกินไปจะทำให้ระยะเวลาในการหมักมากขึ้น ดังนั้นถ้าเรามีการใช้สารเคมีดังกล่าว ควรเริ่มปริมาณของเชื้อยีสต์อีกประมาณ 1% สีของเชื้อราที่ขึ้นบนขนมปังมีหลายสี เช่น สีน้ำตาล แดงส้ม เหลือง เขียว น้ำเงินชมพู ขาว และสีดำ เป็นต้น แบคทีเรีย การเน่าเสียของขนมปังซึ่งติดจากเชื้อแบคทีเรียพบทั่วๆ ไปที่เรียกว่า โรปี ซึ่งการเน่าเสียนี้จะเห็นได้ชัด คือ ภายในเนื้อของขนมปังจะมีลักษณะเหนียวและสีจะเปลี่ยนไปจากเดิม นอกจากนั้นกลิ่นยังมีลักษณะคล้ายกับสับปะรดเน่า การเน่าเสียดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากขนมปังยังมีเชื้อแบคทีเรียปะปนอยู่ สปอร์ของเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวสามารถทนทานต่อความร้อนภายในเตาอบได้ ดังนั้นเชื้อแบคทีเรียจะเจริญเติบโตภายในขนมปังและจะทำลายพวกสารโปรตีนและแป้งภายในขนมปัง ทำให้เนื้อของขนมปังเปลี่ยนสีและมีกลิ่นเน่า ระยะเวลาหลังจากขนมปังออกจากเตาอบจนเกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวประมาณ 12-36 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสปอร์เชื้อแบคทีเรียปะปนอยู่ แบคทีเรียดังกล่าวส่วนใหญ่จะอยู่ในดินและในบรรยากาศ ดังนั้นสาเหตุของการเน่าเสียดังกล่าวส่วนใหญ่จะเกิดกับวัตถุดิบไม่สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ลักษณะทางกายภาพ ที่แสดงให้ทราบว่าขนมปังนั้นเกิดการเน่าเสีย มีลักษณะดังนี้

2.6.2.1 มีกลิ่นและรสผิดปกติคล้ายๆ กับสับปะรดที่สุกเกินไป

2.6.2.2 เนื้อภายในขนมปังจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล หรือสีดำ

2.6.2.3 เนื้อภายในขนมปังจะมีลักษณะเหนียว

2.6.2.4 สีของผิวบนสุดของขนมปังจะมีสีแดง

ในปัจจุบันเป็นที่นิยมกันดีว่าลักษณะการเน่าเสียดังกล่าวไม่ค่อยพบ แต่ถ้าหากเกิดขึ้น สามารถจะป้องกันได้ดังนี้

ก. เพิ่มความเป็นกรดในโดทั่วๆ ไป ใช้สารละลายของกรดน้ำส้ม ซึ่งมีความเข้มข้น 12.5% (1 กก. ต่อแป้ง 100 กก.) หรืออาจใช้โซเดียมไอออะซีเตทประมาณ 110 กรัม ต่อแป้ง 100 กก. ก็ได้

ข. ในขณะผสมแป้งกับส่วนประกอบอื่นๆ ให้ลดปริมาณน้ำลงเล็กน้อยเพื่อให้โดมีลักษณะแข็งขึ้น

ค. ลดปริมาณน้ำตาลที่ใช้ลงเล็กน้อย

ง. ใช้โดที่หมักแล้วผสมลงเล็กน้อยเพื่อให้เพิ่มความเป็นกรดในโดที่ผสมใหม่ๆ

จ. ลดอุณหภูมิในเตาอบเล็กน้อยและใช้เวลาในการอบให้นานขึ้นอีกเล็กน้อย

ฉ. ขนมปังหลังจากออกจากเตาอบ ควรทำให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ก่อนที่จะทำการบรรจุหีบห่อ นอกจากนั้นก็ควรระมัดระวังรักษาความสะอาดของเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ตลอดจนคนงานและทำความสะอาดพื้นโรงงานอยู่เสมอ การทำความสะอาดเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ และพื้นโรงงาน ทำได้โดยใช้สารละลายเจือจางของน้ำส้ม

2.6.3 สาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับขนมปัง

สาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับขนมปัง มีดังนี้

ก. แป้งข้าวสาลีมีอยู่หลายระดับ มีความแตกต่างกัน

ข. ปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบอื่นๆ ที่นำมาทำเป็นขนมปังก็อาจจะเป็นสาเหตุให้ขนมปังที่ได้ผิดปกติ

ระหว่างขบวนการผลิตตั้งแต่ขั้นของการผสมจนถึงอบได้ขนมปัง อาจจะมีการผิดพลาดขั้นตอนใดๆ ก็ได้ สิ่งผิดปกติของขนมปังอาจจะแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

- สิ่งผิดปกติภายนอกขนมปัง
- สิ่งผิดปกติภายในขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 สิ่งผิดปกติภายนอกขนมปัง

2.6.4.1 ปริมาณของก้อนขนมปังเล็กกว่าที่ควร เนื่องจาก

- สัดส่วนของวัตถุดิบไม่ได้สัดส่วน
- แป้งที่ผสมแล้วคือ โด มีลักษณะแน่นหรือแข็งเกินไป ซึ่งเป็นสาเหตุให้ได้ขนมปังมีขนาดเล็กผิดปกติ แต่สามารถแก้ไขได้โดยยืดระยะเวลาการหมักขั้นสุดท้ายให้นานขึ้น
- อัตราเร็วของการหมักเกิดการหยุดชะงัก เช่น สิ่งแวดล้อมเย็นเกินไป
- ใช้เชื้อยีสต์น้อยเกินไป
- ใช้เกลือมากไป
- อุณหภูมิภายในเตาอบสูงเกินไป
- ปริมาณน้ำตาลภายในแป้งอาจจะน้อยเกินไป ทำให้เชื้อยีสต์ผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อย
- ใช้เวลาในการหมักขั้นแรกนานเกินไป ทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกิดการหมักขั้นสุดท้ายมีน้อย
- ใช้สารเคมีในการปรับปรุงคุณภาพของแป้งมากเกินไป

2.6.4.2 ปริมาตรของขนมปังก้อนโตเกินไป เนื่องจาก

- อัตราความเร็วของการหมักแป้งผสมเร็วมาก
- อุณหภูมิภายในเตาอบน้อยกว่าปกติ
- ปริมาณเกลือที่ใช้น้อยเกินไป ทำให้ความคงตัวของกลูเตนภายในแป้งลดลง
- ระยะเวลาในการหมักขั้นสุดท้ายมากเกินไป
- การม้วนแป้งผสม ม้วนไม่แน่นหรือหลวมเกินไปทำให้ความคงตัวของกลูเตนลดลงได้

2.6.4.3 สีของผิวบนสุดของขนมปังมีสีซีด สาเหตุมีดังนี้ คือ

- หมักแป้งผสมนานเกินไป
- ใช้เกลือน้อยเกินไป
- ใช้น้ำมากเกินไป
- น้ำตาลภายในแป้งมีน้อยเกินไป
- ความชื้นภายในห้องหมักสุดท้ายมีน้อยเกินไป ทำให้ผิวหน้าของขนมปังแห้ง เมื่ออบแล้ว จะทำให้ผิวบนสุดของขนมปังมีสีซีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21067

2.6.4.4 ผิวบนสุดของขนมปังร่อน สาเหตุเนื่องจาก

- ระยะเวลาในการหมักแป้งที่ผสมแล้วน้อยเกินไป
- ระยะเวลาในการหมักขั้นสุดท้ายน้อยเกินไป
- น้ำตาลภายในแป้งมีน้อยเกินไป

2.6.5 สิ่งผิดปกติภายในขนมปัง

2.6.5.1 รูหรือโพรงภายในก้อนขนมปัง สาเหตุคือ

- คุณภาพของกลูเตนไม่ดี
- ใช้ยีสต์มากเกินไปทำให้ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป
- ใช้น้ำมันหรือเนยในการผสมแป้งมากเกินไป
- ในขณะม้วนแป้งผสมหรือโดหลังจากหมักแล้วใช้แป้งนวลเกินไป
- อุณหภูมิภายในเตาอบสูงเกินไป
- ใช้แป้งที่มีปริมาณกลูเตนมากเกินไป และระยะเวลาในการหมักน้อยเกินไป
- ปริมาณของเชื้อยีสต์และเกลือไม่สมดุลกัน
- เอนไซม์ภายในแป้งสูงเกินไป

2.6.5.2 ลักษณะก้อนแข็งภายในเนื้อขนมปัง สาเหตุเนื่องมาจาก

- ผสมแป้งไม่ทั่วถึง
- ความชื้นภายในห้องหมักน้อยเกินไป
- ใช้แป้งในขณะม้วนโดมากเกินไป
- ไม่ได้ร่อนแป้งก่อนนำมาใช้

2.6.5.3 ขนมปังมีลักษณะแห้งเร็วเกินไป สาเหตุดังนี้คือ

- โดหรือแป้งที่ผสมแล้วแน่นหรือแข็งเกินไป
- ความชื้นภายในห้องหมักน้อยเกินไป ทำให้น้ำระเหยออกไปมากในขณะการหมักกำลังดำเนินอยู่
- ใช้เกลือมากเกินไป
- ระยะเวลาในการหมักมากเกินไป
- ใช้สารเคมีสำหรับปรุงคุณภาพของแป้งมากเกินไป ทำให้โดที่ผสมแล้วมีลักษณะแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
หลักสูตรเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

2.6.5.4 เนื้อภายในขนมปังมีลักษณะเหนียวหรือแฉะ สาเหตุมีดังนี้

- ปริมาณน้ำตาลในแป้งมีมากเกินไป
- ความชื้นภายในเตาอบสูงเกินไป
- ใช้แป้งซึ่งมีกลูเตนน้อยเกินไป พร้อมใช้เกลือมากเกินไป
- ถ้าหากเนื้อภายในขนมปังเปลี่ยนสีแสดงว่ามีเชื้อจุลินทรีย์ปะปนอยู่
- อาจจะใส่พวกนมลงไปมากเกินไป (โปรตีนในนมจะไปรวมตัวกับกลูเตนในแป้งทำให้ได้เนื้อขนมปังที่แน่นพร้อมๆ กับมีลักษณะเหนียวด้วย)

2.6.5.5 ลักษณะร่วนภายในเนื้อขนมปัง

- ระยะเวลาในการหมักน้อยเกินไปทำให้กลูเตนแข็ง
- ระยะเวลาในการหมักมากเกินไปทำให้กลูเตนขาดออกจากกันหลังจากอบแล้ว ทำให้กลูเตนมีความคงตัวไม่สม่ำเสมอ
- ใช้สารเคมีปรับปรุงคุณภาพของแป้งมากเกินไปทำให้โดมีลักษณะแข็งหรือร่วน
- ใช้เกลือน้อยเกินไปทำให้ความคงตัวของกลูเตนลดลง
- อาจจะใช้ไขมันหรือเนยมากเกินไปทำให้การเกาะกันของกลูเตนลดลง การแห้งของขนมปัง

2.6.6 สาเหตุที่ทำให้ขนมปังแห้ง มี 2 ประการ

ก. การสูญเสียความชื้นในก้อนขนมปัง

ข. การแห้งเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีภายในก้อนขนมปัง

2.6.6.1 การสูญเสียความชื้น

สารทุกชนิดที่วางอยู่ในบรรยากาศจะเกิดการสูญเสียความชื้นหรือได้รับความชื้นในบรรยากาศจนกระทั่งถึงจุดสมดุลซึ่งเราจะเรียกว่าความชื้นสมดุล โดยทั่วไปๆ ไปแล้วขนมปังที่อยู่ในสภาพดีนั้นจะมีความชื้นอย่างต่ำ 30% แต่ขนมปังที่ออกจากโรงงานจะมีความชื้น ประมาณ 40-45% ขนมปังสามารถจะดูดซึมน้ำในบรรยากาศได้ ดังนั้นขนมปังมีโอกาสสูญเสียความชื้นไปมาก ขนมปังที่มีความชื้นสูงในตอนแรกโดยเฉพาะในเนื้อของก้อนขนมปังนั้นสามารถจะเก็บได้หลายวัน ถ้ามีความชื้นในก้อนขนมปังสูง เพราะถ้าหากเป็นเช่นนี้แล้วจะเกิดการเน่าเสียได้เร็วขึ้นโดยเฉพาะเกิดจากเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้องกันหรือการยืดอายุของการแห้งนั้น มีองค์ประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก. ควรใส่น้ำให้มากที่สุดในขณะทำการผสมแป้ง และควรใช้แป้งชนิดโปรตีนสูง ทั้งนี้เพื่อให้การดูดซับน้ำดำเนินไปด้วยดี แต่การใส่น้ำจะต้องระวังไม่ควรจะให้มากเกินไป เพราะจะทำให้โดเหนียว สามารถแก้ไขได้เช่น

- การใช้ลมเป่าที่โดในขั้นการม้วนโด เพื่อให้ผิวนอกของโดแห้งเล็กน้อย
- ใช้สารเคมีบางอย่าง

ข. ระยะเวลาในการอบควรสั้น

ค. ควรทำให้ขนมปังเย็นอย่างถูกต้อง

2.6.6.2 การแห้งเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี

การแห้งของขนมปังซึ่งเกิดขึ้นโดยทางเคมีนั้น เป็นที่เชื่อกันว่าการแห้งของขนมปังนั้นเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของแป้งภายในขนมปังอย่างช้าๆ โดยเฉพาะส่วนประกอบของแป้ง การบรรจุและการหีบห่อขนมปัง หลังจากที่อบขนมปังสุกแล้ว จะต้องแซะขนมปังออกจากพิมพ์ทันที เพื่อป้องกันมิให้มีการอบต่อไป ขนมปังที่เอาออกจากพิมพ์แล้วจะถูกทำให้เย็นก่อนที่จะนำไปหั่น การที่ทำให้ขนมปังเย็นก่อนเมื่อลดอุณหภูมิภายในเนื้อขนมปังให้เหลือ 80 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะในการหั่น ทำให้รอยที่ถูกตัดสม่ำเสมอ ถ้าหั่นในขณะที่ขนมปังร้อนจะมีรอยไม่สม่ำเสมอ หลังจากขนมปังเย็นแล้ว บรรจุใส่ห่อโดยใช้

- ถุงพลาสติก ชนิดใส ชนิดขุ่น
- กระดาษไขเคลือบขี้ผึ้ง
- ห่อกระดาษฟอยล์
- กล่องที่เป็นชิ้นๆ
- พลาสติกสำหรับห่อบางชนิดจะมีการเคลือบยากันราไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nemeth, Paulley และ Preston (1997) ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงคุณภาพของแป้งขนมปังแช่แข็ง (frozen dough) ที่ได้มาจากส่วนผสมและสภาวะขบวนการผลิตขนมปังโดยการใช้แป้งสาลีพันธุ์ Canada Western Red Spring (CWRS) ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลานานๆ (ตั้งแต่ 2 วันถึง 26 สัปดาห์) ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้แป้งสาลี NO.1 พันธุ์ (WRS) เป็นวัตถุดิบที่ได้มาจาก รัฐ Manitoba, ประเทศ แคนาดา โดยนำแป้งสาลีพันธุ์นี้ไปผสมกับส่วนผสมต่างๆ จนได้แป้งขนมปังที่มีอุณหภูมิประมาณ 18-20 ^{0}C จากนั้น แบ่งแป้งขนมปังออกเป็น 7 ส่วน นำไปแช่แข็งแล้วจึงนำแป้งขนมปังแช่แข็ง (frozen dough) ที่เก็บไว้ในระยะเวลาที่ต่างกัน ได้แก่ เป็นเวลา 2 วัน หรือหลังจาก 2 , 8 , 14 , 20 และ 26 สัปดาห์ นำมาปล่อยให้ละลายที่อุณหภูมิห้องแล้วจึงนำไปอบเป็นขนมปังตามกระบวนการผลิตขนมปัง จากนั้นจึงจะศึกษาจากขนมปังที่ทำจากแป้งแช่แข็งที่เก็บไว้ในระยะเวลาต่างกันดูจากลักษณะภายนอก เส้นใยเนื้อขนมปัง สี โดยในการทดลองผู้วิจัยได้ทดลองทำขนมปังจากแป้งแช่แข็ง (frozen dough) ที่เก็บรักษาในระยะเวลาที่ต่างกัน 6 ประเภท (หลังจาก 2 วัน และหลังจาก 2 , 8 , 14 , 20 และ 26 สัปดาห์ ตามลำดับ) โดยเปรียบเทียบกับขนมปังที่ได้จากการใช้แป้งขนมปังที่ใช้กันทั่วไปตามปกติ ผลการทดลองที่ได้พบว่าขนมปังที่ได้จากแป้งแช่แข็ง (frozen dough) ที่เก็บรักษาไว้ในระยะเวลาที่ต่างกัน มีผลกระทบต่อคุณภาพของขนมปังอย่างมีนัยสำคัญ ในเรื่องของเนื้อขนมปังไม่ขึ้นฟูเท่าที่ควร โดยขนมปังจะมีคุณภาพต่ำลงหากใช้แป้งขนมปังแช่แข็งที่ผ่านการเก็บรักษาหรือแช่แข็งมานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

3.1 วัสดุ และอุปกรณ์การทดลอง

3.1.1 อุปกรณ์

1) เครื่อง Texture Analyzer
2) เครื่องรีดแป้ง
3) เครื่อง Mixer
4) ตู้บ่ม
5) ภาชนะอลูมิเนียม
6) เตาอบ
7) ภาชนะใส่วัตถุดิบสแตนเลส

3.1.2 วัตถุดิบ

1) แป้งสาลีตราใบไม้แดง
2) น้ำตาลทราย
3) เกลือ
4) เนยมาการีน
5) ยีสต์แห้ง
6) น้ำ

3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.2.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของโดและคุณภาพของขนมปังในขั้นตอนการผสม

ทำการทดลองเป็น 2 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยแต่ละสูตรที่ทดลองจะแปรปัจจัยการทดลองคือเวลาที่ตีผสม (ดังแสดงในตารางที่ 3.2) และโดที่ผ่านเครื่องรีดและไม่รีดนำมาทำขนมปังดังในขั้นตอนการทำที่แสดงในภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3.1 สูตรในการทำขนมปัง

ส่วนผสม	สูตรที่ 1 (กรัม)	สูตรที่ 2 (กรัม)
แป้ง	100	100
น้ำตาล	18	18
ยีสต์	2	2
เกลือ	1	1
เนย	5	5
น้ำ	50	55

ตารางที่3.2 เวลาที่ใช้ในการตีผสมในเครื่อง Mixer

เวลาที่ใช้ (นาที)	
ความเร็วต่ำ	ความเร็วปานกลาง
2	5
2	10
2	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1: ขั้นตอนการทำขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของโด โดย

- วัดค่าการยืดตัวของโด โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer

ทำการตรวจสอบคุณภาพของขนมปัง โดย

- วัดน้ำหนักของขนมปังโดยวิธีการชั่งน้ำหนัก ขณะที่ขนมปังยังร้อน
- ปริมาตรของขนมปัง โดยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงาดำ
- ค่าความแข็งของขนมปัง(Hardness) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ใช้หัว Probe แบบหัวกดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 mm.(P/50)
- Oven spring โดยหาความแตกต่างของความสูงของโดก่อนและหลังอบขนมปัง
- ดูลักษณะการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปัง

ศึกษาคุณภาพของขนมปังที่เก็บไว้นาน 5 วัน แล้วตรวจสอบดังนี้

- ค่าความแข็งของขนมปัง(Hardness) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ใช้หัว Probe แบบหัวกดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 mm.(P/50)
- ดูลักษณะการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปัง

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติและประเมินผลหาความแตกต่าง โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนของสมบัติของโดและขนมปังโดยวิธี Analysis of Variance(ANOVA) และสมบัติทางกายภาพของโดและขนมปัง วางแผนการทดลองแบบ Two-Factor Analysis of Variance ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบ 2 ปัจจัยโดยให้ปัจจัยที่1 คือ เวลาที่ตีผสม และปัจจัยที่2 คือการรีดและไม่รีดโด

3.2.2 ศึกษาคุณภาพของขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆกัน

จากการทดลองที่ได้จากข้อ 3.2.1 เลือกสูตรการทำขนมปังสูตรที่ดีที่สุด เป็นสูตรพื้นฐานเพื่อนำมาทำการศึกษาน้ำหนักโดขนมปังที่แตกต่างกัน ดังนี้ คือ 40x5 , 50x5 และ 60x5 g. ต่อ1พิมพ์ โดยนำมาทำเป็นขนมปังดังขั้นตอนในภาพที่ 3.1

ทำการตรวจสอบคุณภาพของขนมปังเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติและประเมินผลหาความแตกต่าง โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนคุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังโดยวิธี Analysis of Variance(ANOVA) โดยมีตัวแปรคือน้ำหนักของโดขนมปัง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randommized Design(CRD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ศึกษาคุณภาพของขนมปังเมื่อนำโดมาหมักไว้ที่อุณหภูมิต่างๆกัน

จากการทดลองที่ได้จากข้อ 3.2.2 เลือกใช้น้ำหนักของโดที่ทำให้ขนมปังมีคุณภาพดีที่สุด มาทำการศึกษาอุณหภูมิในการหมักที่แตกต่างกันดังนี้คือ 30 , 40 , 50 , 60 และ 70 องศาเซลเซียสตามลำดับ โดยนำมาทำเป็นขนมปังดังขั้นตอนในภาพที่ 3.1

ทำการตรวจสอบคุณภาพของขนมปังเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติและประเมินผลหาความแตกต่าง โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนคุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังโดยวิธี Analysis of Variance(ANOVA) โดยมีอุณหภูมิในการหมักเป็นตัวแปร วางแผนการทดลองแบบ Completely Randommized Design(CRD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของโดและคุณภาพของขนมปังในขั้นตอนการผสม

4.1.1 การวิเคราะห์หาค่าแรงยืดตัวของโดขนมปังสูตร 1

ตารางที่4.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าแรงยืดตัวของโดขนมปังสูตร 1 ที่ระดับดีผสมต่างๆ กันดังนี้คือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

ระดับดีผสม	ไม่รีดและรีด	แรงยืดตัวของโด (g)	ระยะทางยืดตัวของโด (mm)	แรง/ระยะทาง (g/mm)
2,5	ไม่รีด	$43.0\pm8.1_b^B$	$-21.2\pm0.3_b^A$	$2.0\pm0.4_{ns}^B$
	รีด	$78.0\pm5.3_a^B$	$-59.0\pm4.4_a^A$	1.3 ± 0.2^B
2,10	ไม่รีด	$34.3\pm7.2_b^A$	$-19.7\pm3.9_b^B$	1.8 ± 0.7^A
	รีด	$127.5\pm12.8_a^A$	$-30.9\pm0.2_a^B$	4.1 ± 0.4^A
2,15	ไม่รีด	$76.6\pm1.0_b^A$	$-25.0\pm2.4_b^B$	3.1 ± 0.3^A
	รีด	$89.1\pm0.5_a^A$	$-34.4\pm3.1_a^B$	2.6 ± 0.3^A

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ระดับดีผสมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง การรีดไม่รีดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.1 ค่าแรงยืดตัวของโด(g) พบว่าที่ระดับการตีผสมต่างๆ กันทั้งไม่รีดและรีด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือ ที่ระดับตีผสม2,5 ไม่รีดเท่ากับ43.0±8.1 และรีดเท่ากับ78.0±5.3 , ที่ระดับตีผสม2,10 ไม่รีดเท่ากับ34.3±7.2 และรีดเท่ากับ127.5±12.8 และที่ระดับตีผสม2,15 ไม่รีดเท่ากับ76.6±1.0 และรีดเท่ากับ89.1±0.5 จะเห็นได้ว่าค่าแรงยืดตัวของโดจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นที่ระดับการตีเดียวกันเมื่อนำมารีด แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำมารีดจะส่งผลต่อโด คือทำให้โดมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น

4.1.1.2 ระยะทางยืดตัวของโด (mm) พบว่าที่ระดับการตีผสมต่างๆ กันทั้งไม่รีดและรีด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับตีผสม2,5 ไม่รีดเท่ากับ-21.2±0.3 และรีดเท่ากับ-59.0±4.4 , ที่ระดับตีผสม2,10 ไม่รีดเท่ากับ-19.7±3.9และรีดเท่ากับ -30.9±0.2 และที่ระดับตีผสม2,15 ไม่รีดเท่ากับ-25.0±2.4 และรีดเท่ากับ-34.4±3.1จะเห็นได้ว่าค่าระยะทางยืดตัวของโดจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นที่ระดับการตีเดียวกันเมื่อนำมารีด ส่วนเครื่องหมายลบแสดงถึงทิศทางของระยะทาง

4.1.1.3 ค่าแรง/ระยะทาง(g/mm) พบว่าที่ระดับการตีผสมต่างๆ กัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับตีผสม2,5 ไม่รีดเท่ากับ2.0±0.4และรีดเท่ากับ1.3±0.2 , ที่ระดับตีผสม2,10 ไม่รีดเท่ากับ1.8±0.7และรีดเท่ากับ 4.1±0.4และที่ระดับตีผสม2,15 ไม่รีดเท่ากับ 3.1±0.3 และรีดเท่ากับ2.6±0.3 โดยค่าแรง/ระยะทางจะแสดงถึงว่าในระยะทางหนึ่งหน่วยใช้แรงไปเท่าไหร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของขนมปังสูตร 1

ตารางที่4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังสูตร 1 ที่ระดับตีผสมต่างๆกัน ดังนี้คือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

ระดับตีผสม	ไม่รีดและรีด	Oven Spring (%)	ปริมาตรจำเพาะ (ml/g)	Hardness 0 วัน (g)	Hardness 5 วัน (g)
2,5	ไม่รีด	$-5.32\pm0.09_{b}^{C}$	$7.87\pm0.06_{ns}^{B}$	$203.4\pm45.4_{ns}^{ns}$	$2036.7\pm808.4_{ns}^{ns}$
	รีด	$7.29\pm0.42_{a}^{C}$	8.89 ± 0.01^{B}	284.9 ± 5.8	747.5 ± 43.1
2,10	ไม่รีด	$4.66\pm0.13_{b}^{B}$	7.78 ± 0.25^{C}	166.5 ± 9.4	814.1 ± 116.4
	รีด	$6.07\pm0.06_{a}^{B}$	8.25 ± 0.23^{C}	255.9 ± 29.5	740.6 ± 193.9
2,15	ไม่รีด	$5.50\pm0.02_{b}^{A}$	8.69 ± 0.07^{A}	158.1 ± 4.2	1047.3 ± 183.5
	รีด	$8.47\pm0.24_{a}^{A}$	8.94 ± 0.16^{A}	244.5 ± 23.8	706.1 ± 68.5

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ระดับตีผสมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

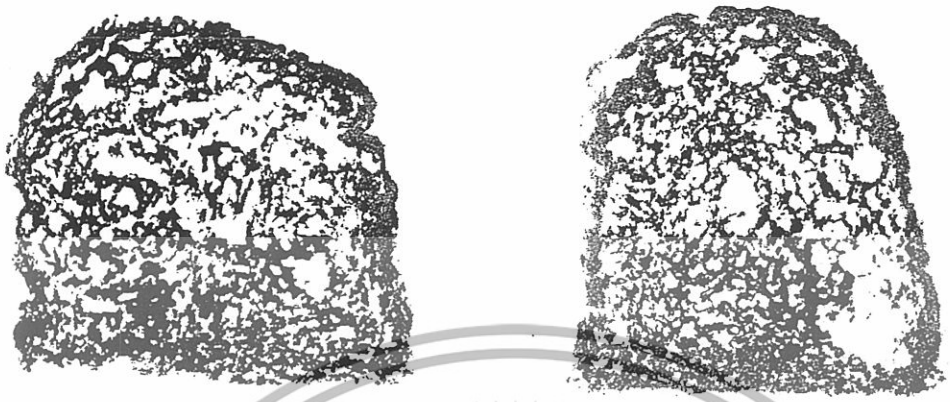
ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง การรีดไม่รีดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

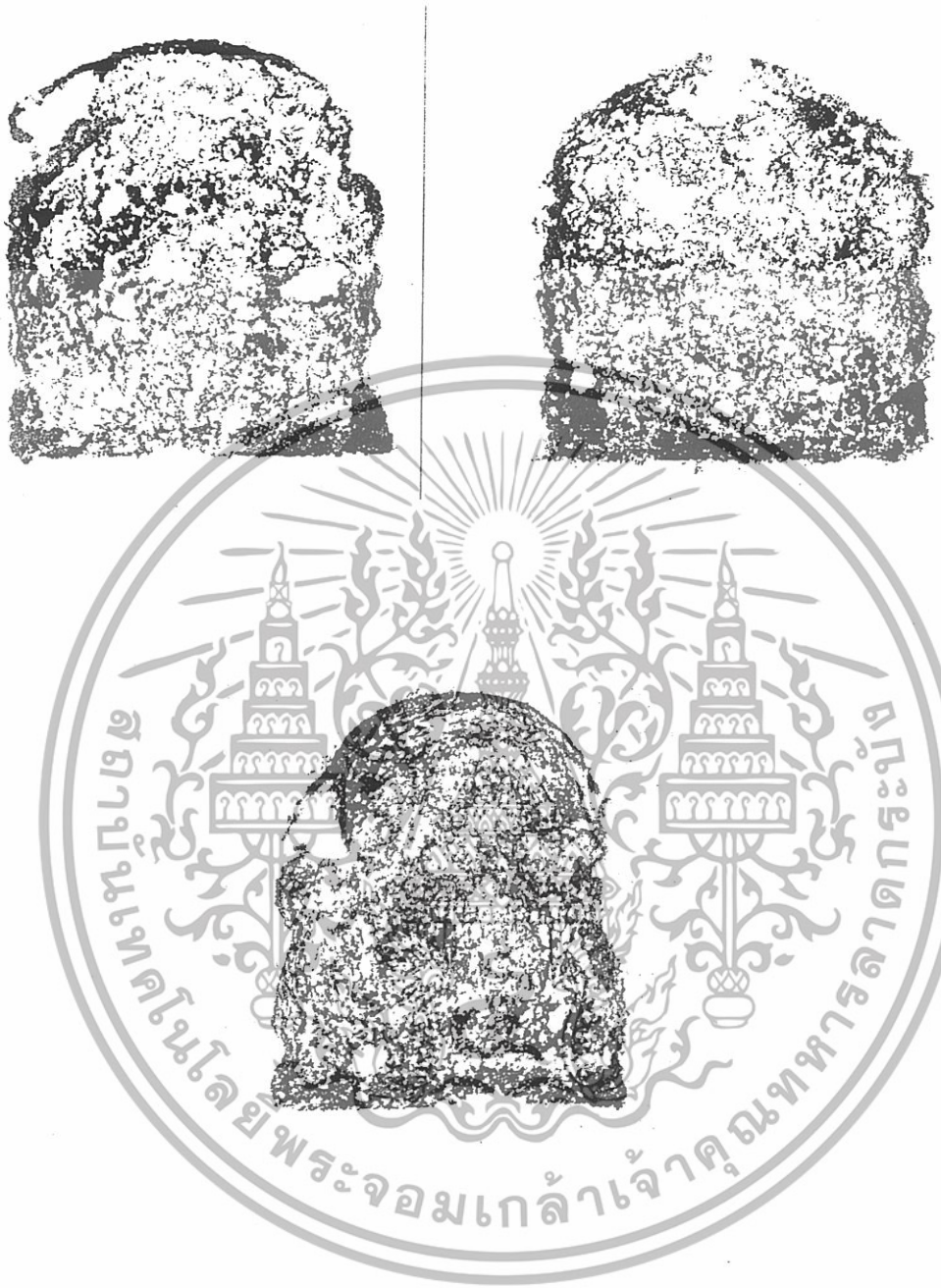
ภาพที่4.1 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร1
ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีด ตามลำดับ Hardness 0 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



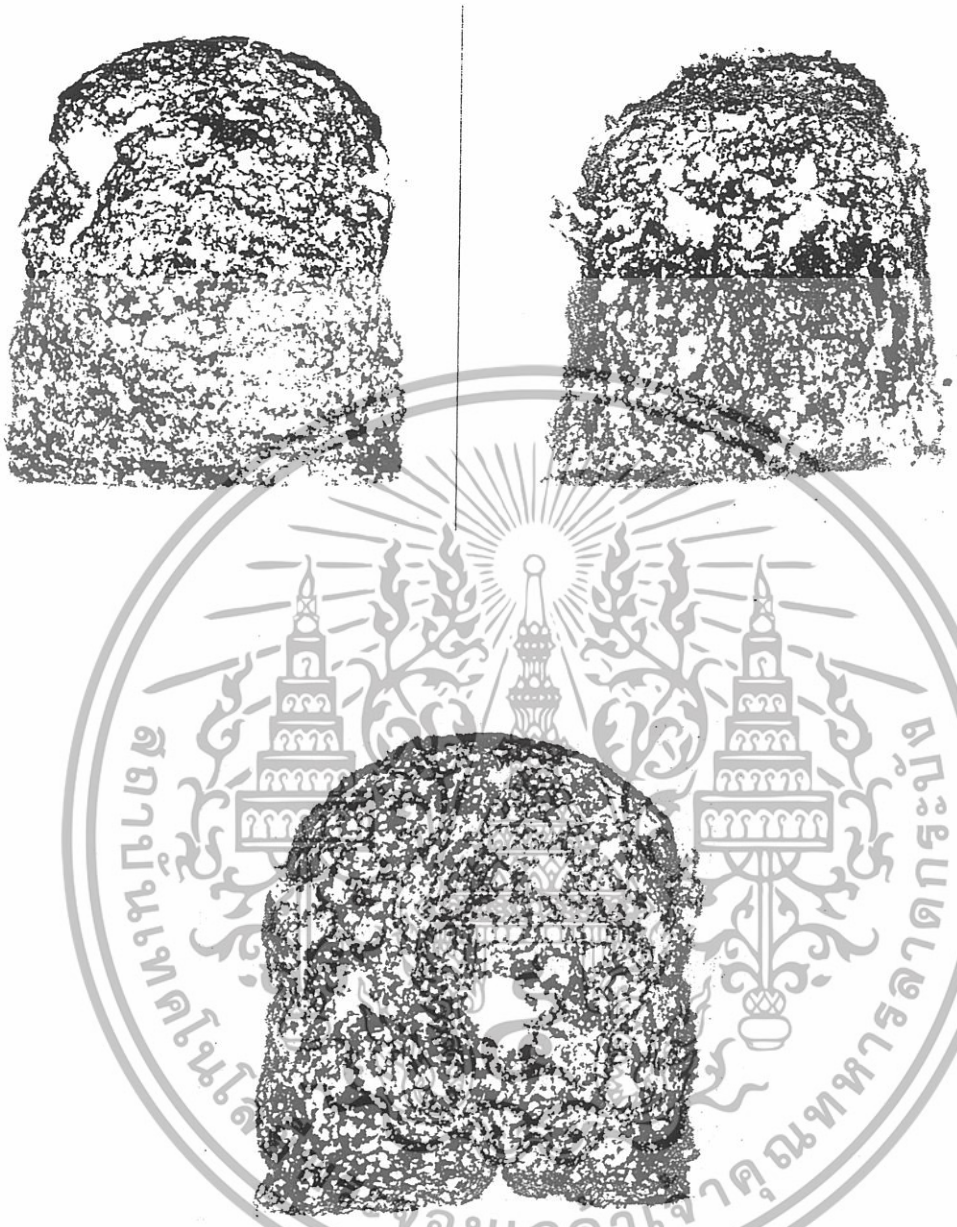
ภาพที่4.2 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร1
ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีด ตามลำดับ Hardness 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.3 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร1
ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 รีด ตามลำดับ Hardness 0 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.4 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร1
ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 รีด ตามลำดับ Hardness 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.1 Oven Spring(%) พบว่าขนมปังที่ระดับการตีผสมต่างๆ กัน ทั้งไม่รีดและรีด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับตีผสม2,5 ไม่รีดเท่ากับ-5.32$\pm$0.09 และรีดเท่ากับ7.29$\pm$0.42 , ที่ระดับตีผสม2,10 ไม่รีดเท่ากับ4.66$\pm$0.13และรีดเท่ากับ 6.07$\pm$0.06และที่ระดับตีผสม2,15 ไม่รีดเท่ากับ5.50$\pm$0.02 และรีดเท่ากับ8.47$\pm$0.24 จะเห็นได้ว่าค่า Oven Spring(%) จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นที่ระดับการตีเดียวกันเมื่อนำมารีด แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำมารีดจะส่งผลต่อขนมปังคือทำให้ขนมปังภายหลังอบมีลักษณะขึ้นฟูมากขึ้น

4.1.2.2 ปริมาตรจำเพาะ(ml/g) พบว่าขนมปังที่ระดับการตีผสมต่างๆ กัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับตีผสม 2,5ไม่รีดเท่ากับ 7.87$\pm$0.06 และรีดเท่ากับ8.89$\pm$0.01 , ที่ระดับตีผสม2,10 ไม่รีดเท่ากับ7.78$\pm$0.25และรีดเท่ากับ8.25$\pm$0.23และที่ระดับตีผสม2,15 ไม่รีดเท่ากับ8.69$\pm$0.07 และรีดเท่ากับ8.94$\pm$0.16จะเห็นได้ว่าปริมาตรจำเพาะ(ml/g) จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นที่ระดับการตีเดียวกันเมื่อนำมารีด

4.1.2.3 Hardness 0 วัน(g) พบว่าที่ระดับการตีผสมต่างๆ กันทั้งไม่รีดและรีด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

4.1.2.4 Hardness 5 วัน(g) พบว่าที่ระดับการตีผสมต่างๆ กันทั้งไม่รีดและรีด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

4.1.2.5 การจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปัง 0 วัน พบว่าขนมปังที่นำโดมารีด จะมีผนังเซลล์อากาศบางกว่า มีรูของเซลล์อากาศขนาดเล็ก ละเอียดกว่า

4.1.2.6 การจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปัง 5 วัน พบว่าทั้งขนมปังที่นำโดมารีดและไม่รีดมีผนังเซลล์อากาศแน่นทึบขึ้นเหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การวิเคราะห์หาค่าแรงยึดตัวของโดขนมปังสูตร 2

ตารางที่4.3 ผลการวิเคราะห์หาค่าแรงยึดตัวของโดขนมปังสูตร 2 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันดังนี้คือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

ระดับตีผสม	ไม่รีดและรีด	แรงยึดตัวของโด (g)	ระยะทางยึดตัวของโด (mm)	แรง/ระยะทาง (g/mm)
2,5	ไม่รีด	$33.0\pm6.2_{b}^{ns}$	$-18.6\pm0.5_{b}^{ns}$	$1.8\pm0.4_{ns}^{ns}$
	รีด	$60.6\pm3.3_{a}$	$-42.2\pm3.5_{a}$	1.4 ± 0.0
2,10	ไม่รีด	$28.0\pm3.7_{b}$	$-20.5\pm3.7_{b}$	1.4 ± 0.1
	รีด	$80.2\pm1.8_{a}$	$-48.2\pm5.6_{a}$	1.7 ± 0.2
2,15	ไม่รีด	$28.1\pm5.8_{b}$	$-24.8\pm4.8_{b}$	1.1 ± 0.0
	รีด	$62.5\pm6.9_{a}$	$-46.8\pm11.1_{a}$	1.4 ± 0.5

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ระดับตีผสมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง การรีดไม่รีดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.1.3.1 ค่าแรงยึดตัวของโด(g) พบว่า ทั้งไม่รีดและรีด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$) ดังนี้คือ ที่ระดับตีผสม2,5 ไม่รีดเท่ากับ33.0±6.2 และรีดเท่ากับ60.6±3.3 , ที่ระดับตีผสม2,10 ไม่รีดเท่ากับ28.0±3.7 และรีดเท่ากับ80.2±1.8 และที่ระดับตีผสม2,15 ไม่รีดเท่ากับ 28.1±5.8และรีดเท่ากับ62.5±6.9จะเห็นได้ว่าค่าแรงยึดตัวของโดจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นที่ระดับการตีเดียวกันเมื่อนำมารีด แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำมารีดจะส่งผลต่อโดคือทำให้โดมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 ระยะทางยืดตัวของโด (mm) พบว่า ทั้งไม่รีดและรีด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับตีผสม2,5 ไม่รีดเท่ากับ18.6±0.5 และรีดเท่ากับ42.2±3.5 , ที่ระดับตีผสม2,10 ไม่รีดเท่ากับ20.5±3.7และรีดเท่ากับ 48.2±5.6และที่ระดับตีผสม2,15 ไม่รีดเท่ากับ24.8±4.8และรีดเท่ากับ46.8±11.1จะเห็นได้ว่าค่าระยะทางยืดตัวของโดจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นที่ระดับการตีเดียวกันเมื่อนำมารีด ส่วนเครื่องหมายลบแสดงถึงทิศทางของระยะทาง

4.1.3.3 ค่าแรง/ระยะทาง(g/mm) พบว่าที่ระดับการตีผสมต่างๆ กันทั้งไม่รีดและรีด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

4.1.4 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของขนมปังสูตร 2

ตารางที่4.4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังสูตร 2 ที่ระดับตีผสมต่างๆกัน ดังนี้คือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

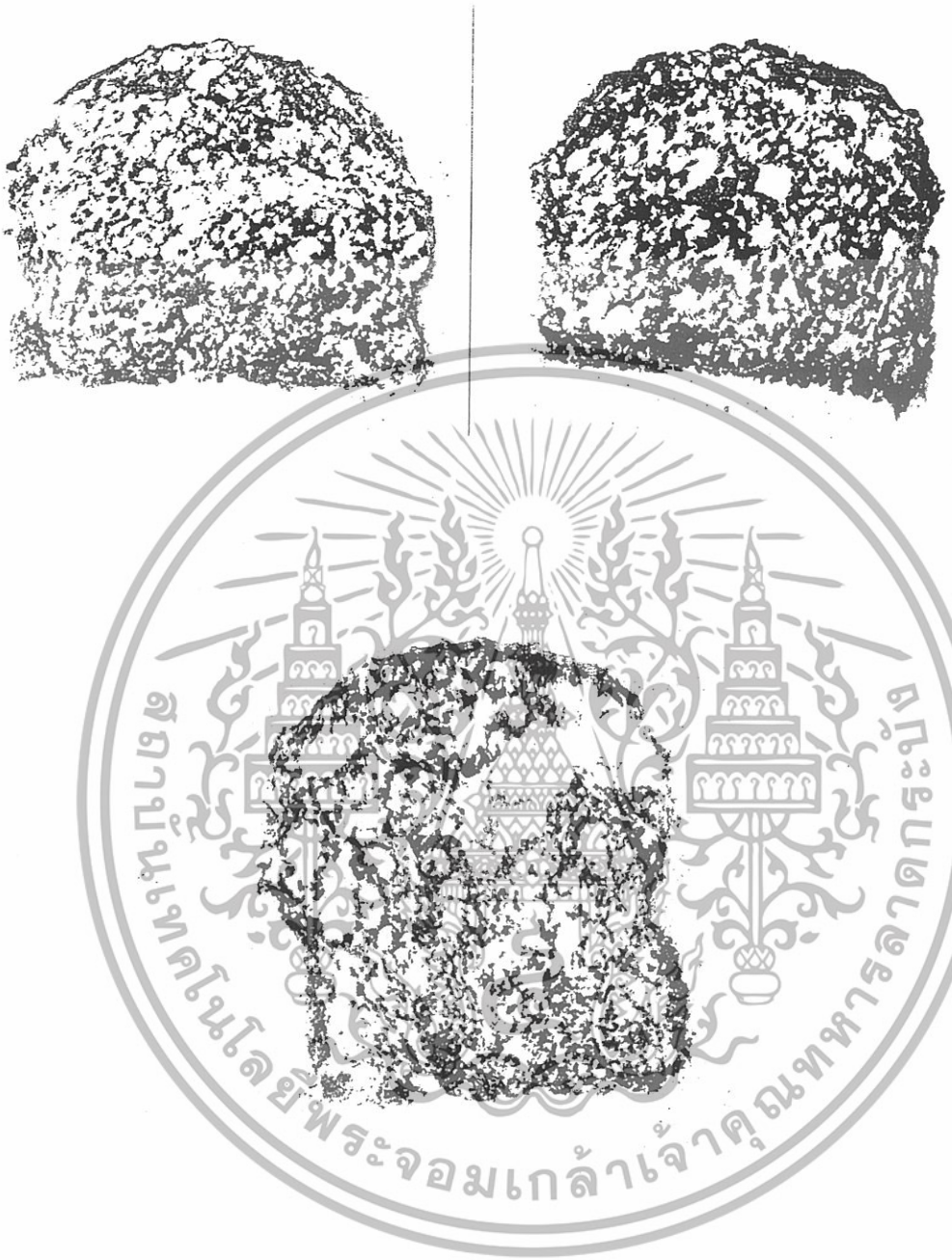
ระดับตีผสม	ไม่รีดและรีด	Oven Spring (%)	ปริมาตรจำเพาะ (ml/g)	Hardness 0 วัน (g)	Hardness 5 วัน (g)
2,5	ไม่รีด	$-4.67 \pm 0.69_b^A$	$8.33 \pm 0.10_b^{ns}$	$458.5 \pm 19.8_a^A$	$852.9 \pm 142.8_a^{ns}$
	รีด	$4.95 \pm 0.12_a^A$	$8.13 \pm 0.17_a$	$137.6 \pm 7.6_b^A$	$912.0 \pm 166.5_b$
2,10	ไม่รีด	$-6.50 \pm 0.61_b^B$	$8.28 \pm 0.05_b$	$315.2 \pm 88.1_a^{AB}$	$1254.7 \pm 272.9_a$
	รีด	$2.23 \pm 0.07_a^B$	$8.37 \pm 0.12_a$	$163.5 \pm 18.4_b^{AB}$	$689.6 \pm 63.4_b$
2,15	ไม่รีด	$-5.76 \pm 0.72_b^A$	$7.41 \pm 0.37_b$	$193.1 \pm 50.0_a^C$	$982.7 \pm 62.7_a$
	รีด	$5.31 \pm 0.45_a^A$	$8.53 \pm 0.22_a$	$140.2 \pm 12.5_b^C$	$577.4 \pm 45.4_b$

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ระดับตีผสมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง การรีดไม่รีดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

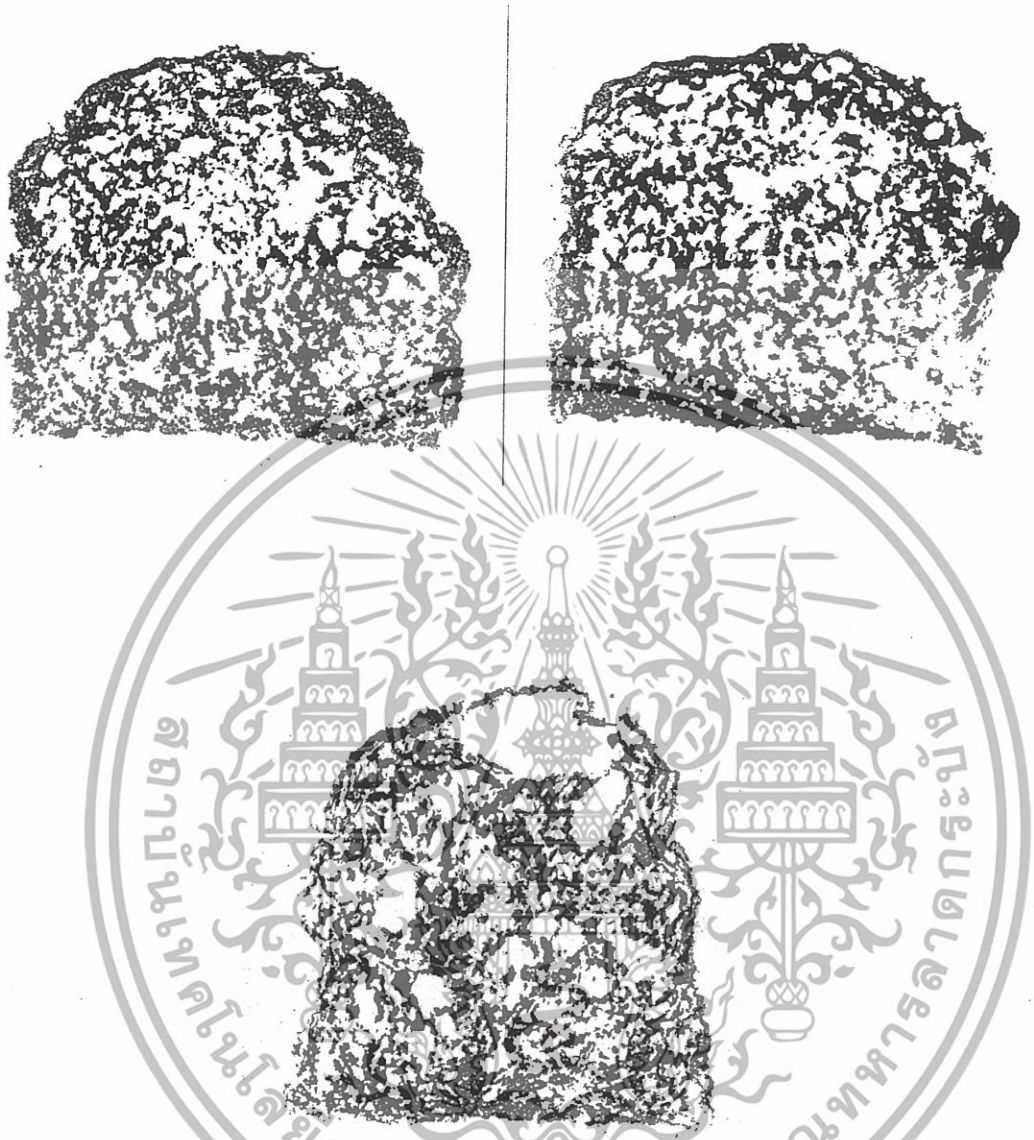
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



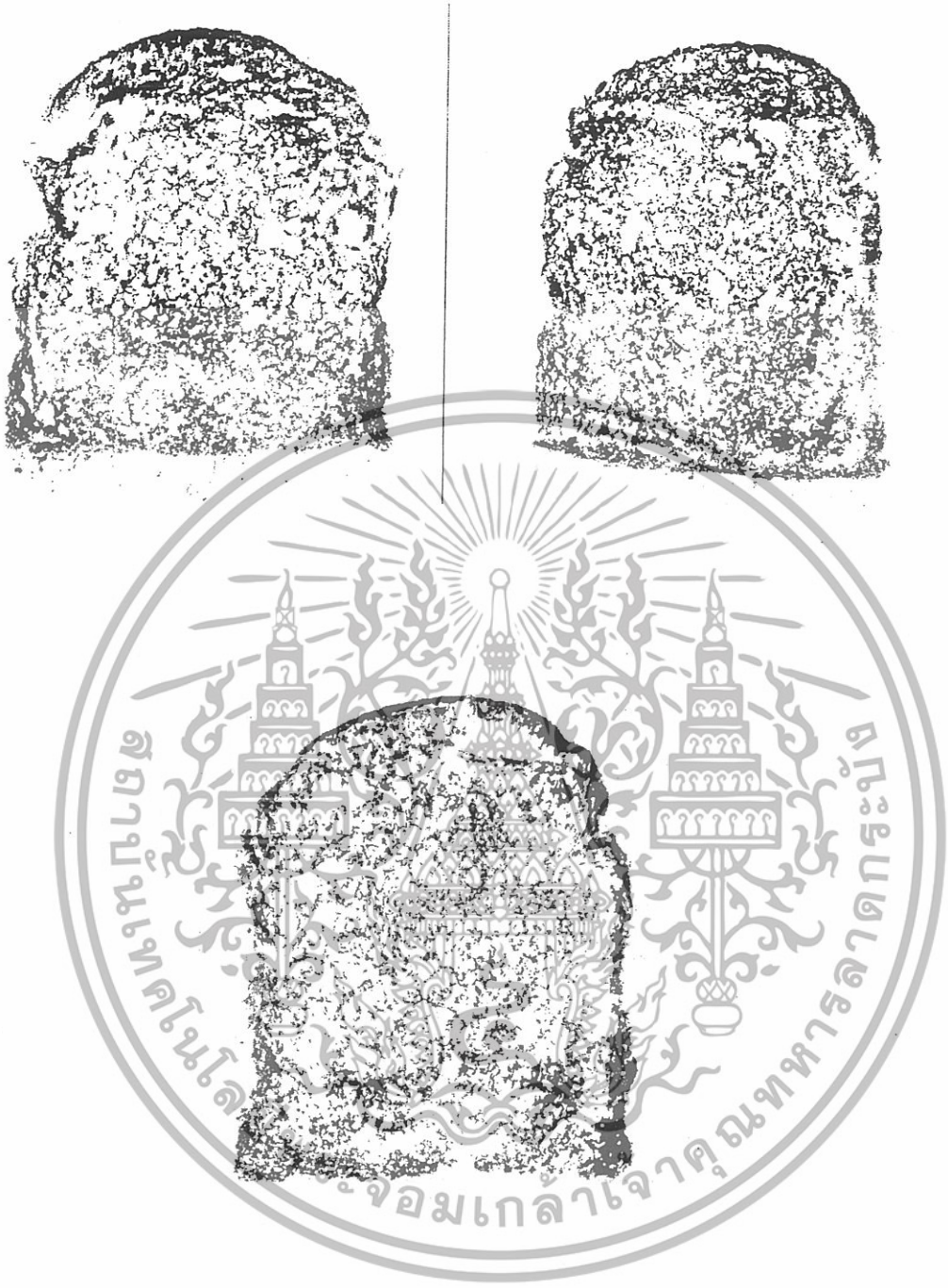
ภาพที่4.5 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร2
ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีด ตามลำดับ Hardness 0 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



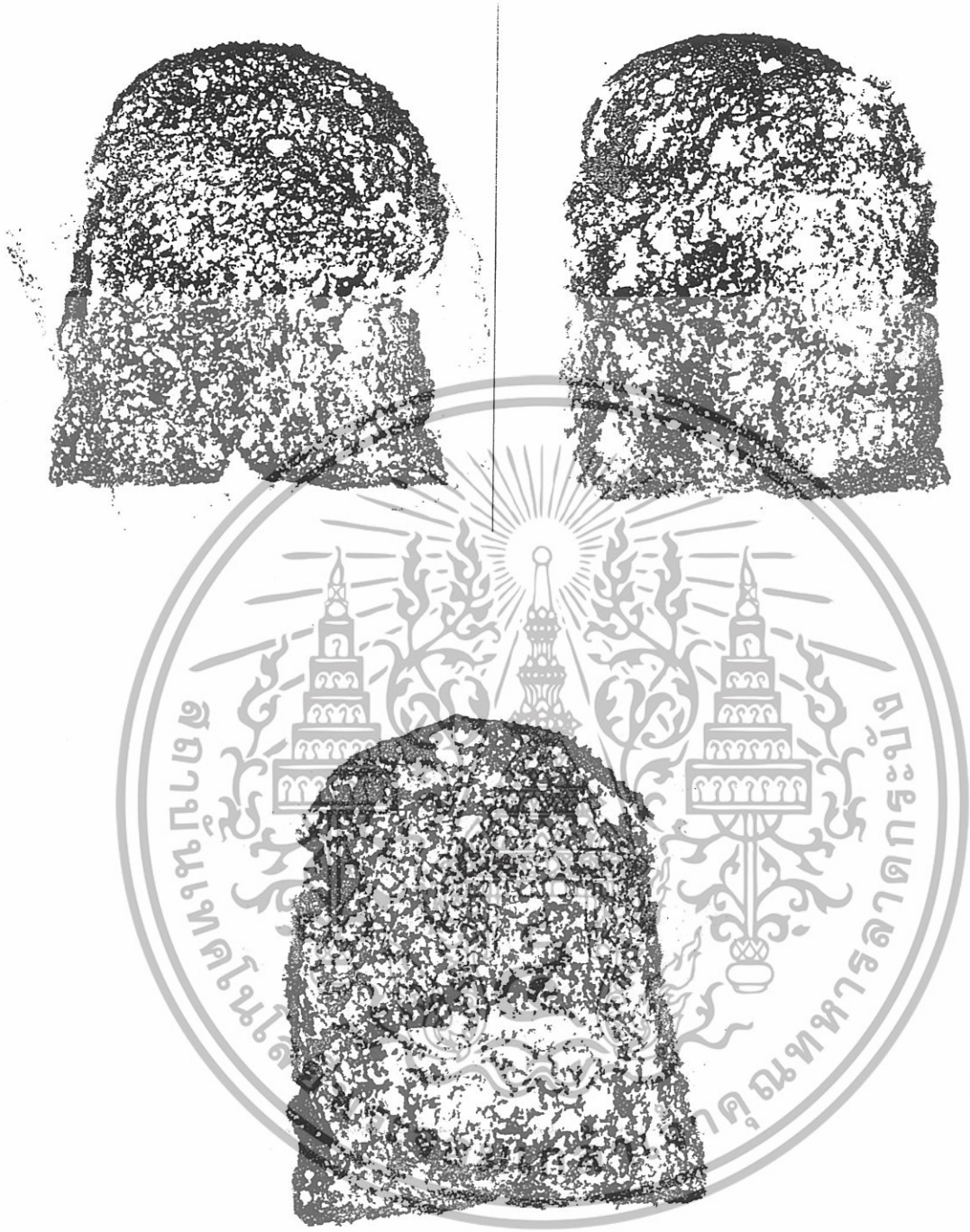
ภาพที่4.6 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร2
ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีด ตามลำดับ Hardness 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.7 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร2
ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 รีด ตามลำดับ Hardness 0 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.8 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังสูตร2
ระดับการตี 2,5 2,10 และ 2,15 รีด ตามลำดับ Hardness 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4.1 Oven Spring(%) พบว่าขนมปังที่ระดับการตีผสมต่างๆ กัน ทั้งไม่รีดและรีด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับตีผสม2,5 ไม่รีดเท่ากับ-4.67$\pm$0.69 และรีดเท่ากับ4.95$\pm$0.12 , ที่ระดับตีผสม2,10 ไม่รีดเท่ากับ-6.50$\pm$0.61และรีดเท่ากับ 2.23$\pm$0.07และที่ระดับตีผสม2,15 ไม่รีดเท่ากับ-5.76$\pm$0.72 และรีดเท่ากับ5.31$\pm$0.45 จะเห็นได้ว่าค่า Oven Spring(%) จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นที่ระดับการตีเดียวกันเมื่อนำมารีด แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำมารีดจะส่งผลต่อขนมปังคือทำให้ขนมปังภายหลังอบมีลักษณะขึ้นฟูมากขึ้น

4.1.4.2 ปริมาตรจำเพาะ(ml/g) พบว่าขนมปัง ทั้งไม่รีดและรีด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับตีผสม 2,5ไม่รีดเท่ากับ 8.33$\pm$0.10 และรีดเท่ากับ8.13 $\pm$0.17, ที่ระดับตีผสม2,10 ไม่รีดเท่ากับ8.28$\pm$0.05และรีดเท่ากับ8.37$\pm$0.12และที่ระดับตีผสม2,15 ไม่รีดเท่ากับ7.41$\pm$0.37 และรีดเท่ากับ8.53$\pm$0.22จะเห็นได้ว่าปริมาตรจำเพาะ(ml/g) จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นที่ระดับการตีเดียวกันเมื่อนำมารีด

4.1.4.3 Hardness 0 วัน(g) พบว่าที่ระดับการตีผสมต่างๆ กันทั้งไม่รีดและรีด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)ดังนี้คือ ที่ระดับตีผสม2,5 ไม่รีดเท่ากับ458.5$\pm$19.8และรีดเท่ากับ137.6$\pm$7.6 , ที่ระดับตีผสม2,10 ไม่รีดเท่ากับ315.2$\pm$88.1 และรีดเท่ากับ163.5$\pm$18.4และที่ระดับตีผสม2,15 ไม่รีดเท่ากับ193.1$\pm$50.0และรีดเท่ากับ140.2$\pm$12.5จะเห็นได้ว่าค่าความแข็งของขนมปัง 0 วันจะมีแนวโน้มลดลงที่ระดับการตีเดียวกันเมื่อนำมารีด

4.1.4.4 Hardness 5 วัน(g) พบว่า ทั้งไม่รีดและรีด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือ ที่ระดับตีผสม2,5 ไม่รีดเท่ากับ852.9$\pm$142.8 และรีดเท่ากับ912.0$\pm$166.5 , ที่ระดับตีผสม2,10 ไม่รีดเท่ากับ1254.7$\pm$272.9 และรีดเท่ากับ 689.6$\pm$63.4และที่ระดับตีผสม2,15 ไม่รีดเท่ากับ982.7$\pm$62.7 และรีดเท่ากับ577.4$\pm$45.4จะเห็นได้ว่าค่าความแข็งของขนมปัง 5 วันจะมีแนวโน้มลดลงที่ระดับการตีเดียวกันเมื่อนำมารีด

4.1.4.5 การจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปัง 0 วัน พบว่าขนมปังที่นำโดมารีด จะมีผนังเซลล์อากาศบางกว่า มีรูของเซลล์อากาศขนาดเล็ก ละเอียดกว่า

4.1.4.6 การจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปัง 5 วัน พบว่าทั้งขนมปังที่นำโดมารีดและไม่รีดมีผนังเซลล์อากาศแน่นทึบขึ้นเหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4.6 การจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปัง 5 วัน พบว่าทั้งขนมปังที่นำโดมารีดและไม่รีดมีผนังเซลล์อากาศแน่นทึบขึ้นเหมือนกัน

จากผลการทดลองที่ 4.1 พบว่าที่ระดับการตีผสมต่างๆกันทั้งสูตร 1 และสูตร 2 เมื่อนำโดมารีดจะทำให้ค่าแรงยืดตัวของโดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากโดมีความหนืดเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าระยะทางยืดตัวของโดมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย และเมื่อนำมาศึกษาสมบัติทางกายภาพของขนมปังพบว่าขนมปังสูตร 1 ที่ระดับการตีผสม 2,15 รีด มีค่า %Oven Spring มากที่สุด ส่วนปริมาตรจำเพาะของขนมปังทั้ง 2 สูตร พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อนำมาวัดค่าความแข็ง(Hardness) ของขนมปัง พบว่าขนมปังสูตร 1 ที่ระดับการตีผสมเดียวกัน เมื่อนำมารีดจะมีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเก็บขนมปังไว้ 5 วัน พบว่าขนมปังมีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้นในทุกๆระดับการตีผสม ดังนั้นจึงเลือกสูตร 1 ระดับการตีผสม 2,15 รีด เป็นสูตรพื้นฐานเพื่อนำมาศึกษาน้ำหนักโดขนมปังที่แตกต่างกันต่อไป

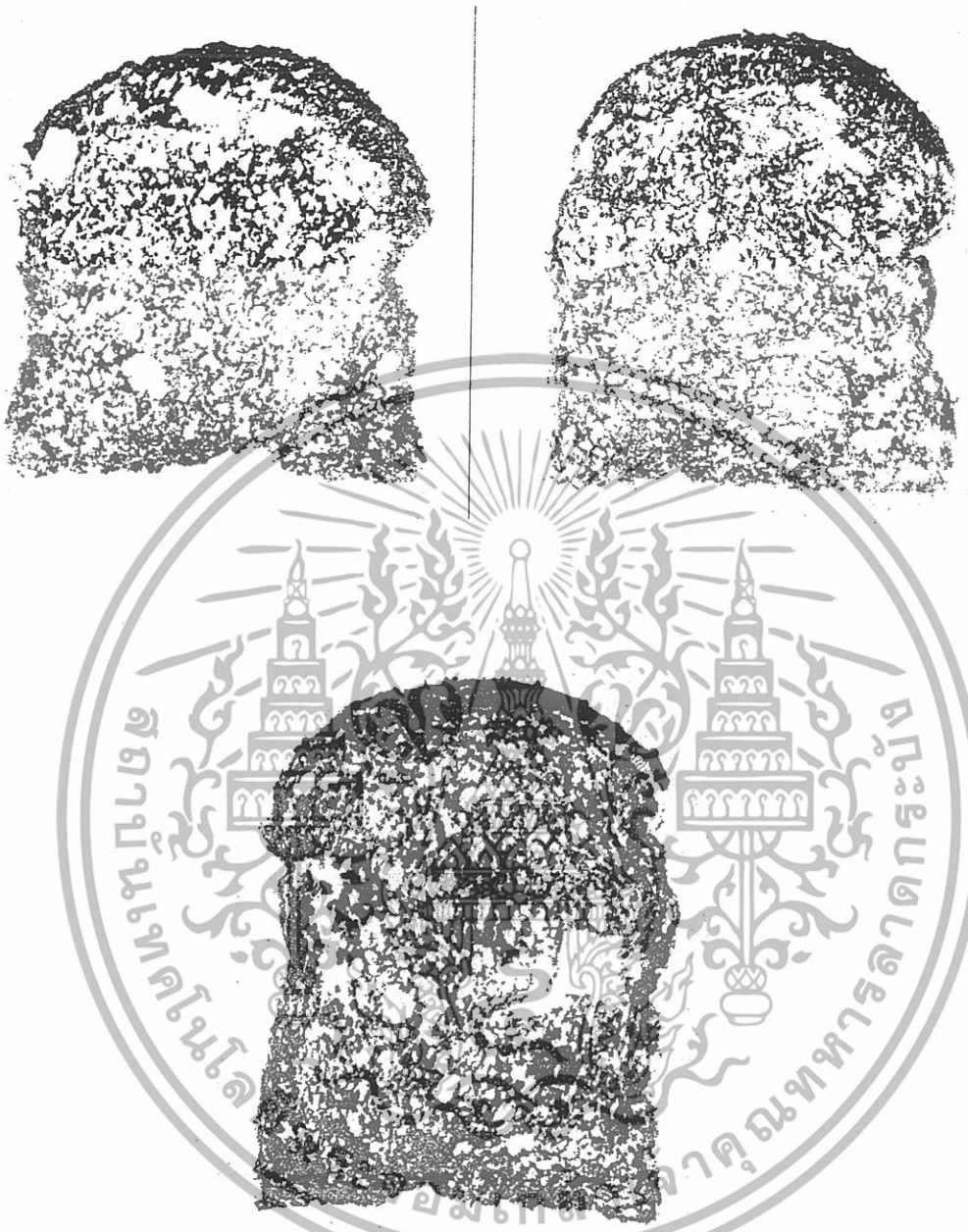
4.2 ศึกษาคุณภาพของขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆกัน

ตารางที่4.5 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆกันดังนี้คือ 40 , 50 และ 60g. ตามลำดับ

น้ำหนักโด (g)	Oven Spring (%)	ปริมาตรจำเพาะ (ml/g)	Hardness 0 วัน (g)	Hardness 5 วัน (g)
40	0.05±0.00^{c}	9.74±0.29^{a}	90.2±0.6^{b}	689.1±103.1^{b}
50	9.76±0.14^{b}	9.84±0.07^{a}	145.3±11.9^{a}	828.5±47.7^{ab}
60	10.49±0.13^{a}	9.15±0.10^{b}	164.4±0.9^{a}	950.9±33.5^{a}

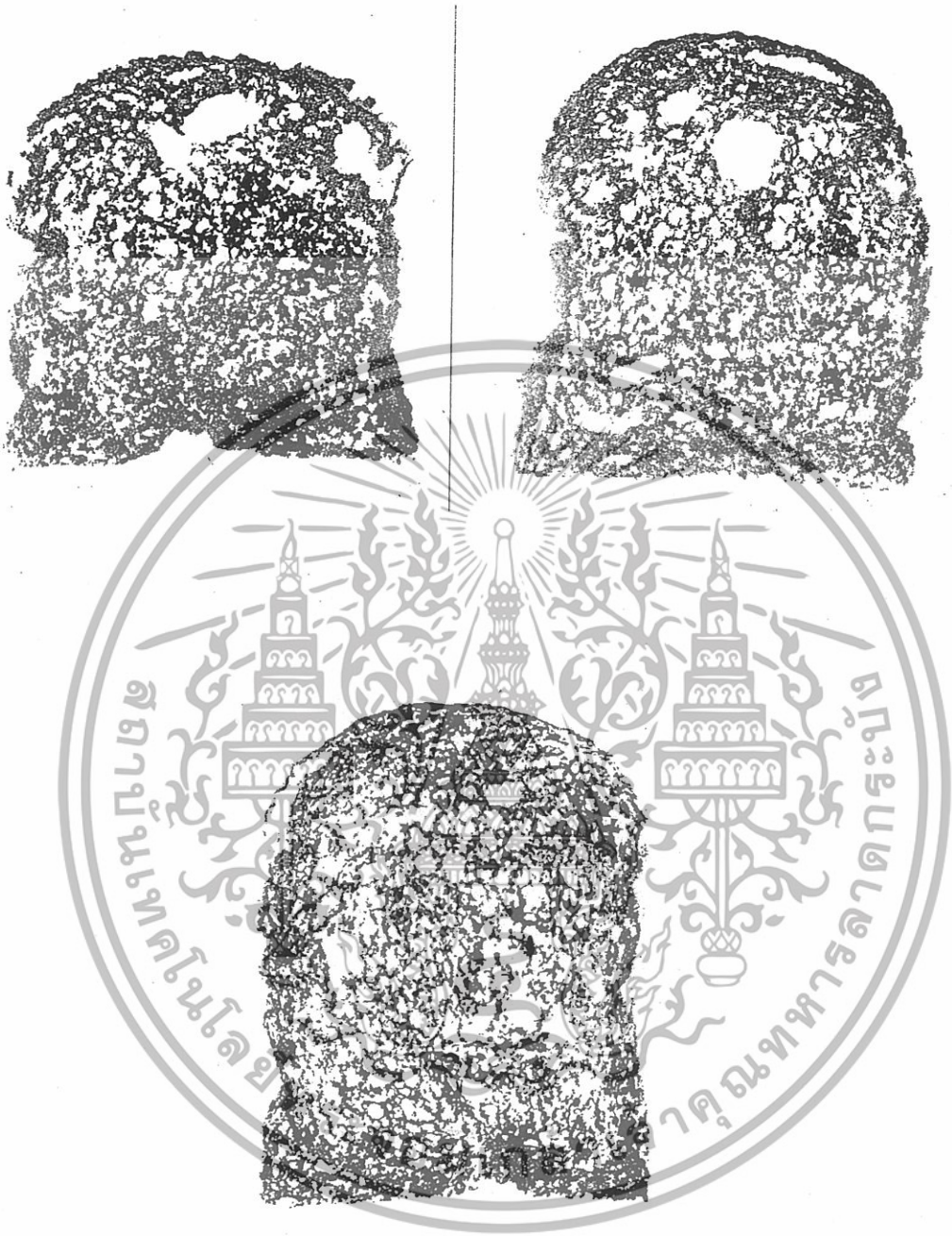
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.9 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังที่ระดับน้ำหนัก
โดต่างๆกัน ดังนี้คือ 40 , 50 และ 60 g. ตามลำดับ Hardness 0 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.10 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังที่ระดับน้ำหนัก
โดต่างๆกัน ดังนี้คือ 40 , 50 และ 60 g. ตามลำดับ Hardness 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 Oven Spring(%) พบว่าขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆ กัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับน้ำหนักโด 40 g เท่ากับ 0.05 ± 0.00 ที่ระดับน้ำหนักโด 50 g เท่ากับ 9.76 ± 0.14 และที่ระดับน้ำหนักโด 60 g เท่ากับ 10.49 ± 0.13 จะเห็นได้ว่าค่า Oven Spring(%) จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับน้ำหนักโดเพิ่มขึ้น

4.2.2 ปริมาตรจำเพาะ(ml/g) พบว่าขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆ กัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับน้ำหนักโด 40 g เท่ากับ 9.74 ± 0.29 ที่ระดับน้ำหนักโด 50 g เท่ากับ 9.84 ± 0.07 และที่ระดับน้ำหนักโด 60 g เท่ากับ 9.15 ± 0.10 จะเห็นได้ว่าค่าปริมาตรจำเพาะ(ml/g)จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับน้ำหนักโดเพิ่มขึ้น

4.2.3 Hardness 0 วัน(g) พบว่าขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆ กัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับน้ำหนักโด 40 g เท่ากับ 90.2 ± 0.6ที่ระดับน้ำหนักโด 50 g เท่ากับ 145.3 ± 11.9 และที่ระดับน้ำหนักโด 60 g เท่ากับ 164.4 ± 0.9 จะเห็นได้ว่าค่า Hardness 0 วัน(g) จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับน้ำหนักโดเพิ่มขึ้น

4.2.4 Hardness 5 วัน(g) พบว่าขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆ กัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับน้ำหนักโด 40 g เท่ากับ 689.1 ± 103.1ที่ระดับน้ำหนักโด 50 g เท่ากับ 828.5 ± 47.7 และที่ระดับน้ำหนักโด 60 g เท่ากับ 950.9 ± 33.5 จะเห็นได้ว่าค่า Hardness 0 วัน(g) จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับน้ำหนักโดเพิ่มขึ้น

4.2.5 การจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปัง 0 วัน พบว่าเมื่อเพิ่มระดับน้ำหนักโดมากขึ้น ขนมปังจะมีผนังของเซลล์อากาศละเอียดมากขึ้น มีความแน่นเนื้อมากขึ้น

4.2.6 การจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปัง 5 วัน พบว่าเมื่อเพิ่มระดับน้ำหนักโดมากขึ้น ที่ระดับน้ำหนักโดทุกระดับจะมีผนังเซลล์ของอากาศทึบมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองที่ 4.2 พบว่าที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆกัน เมื่อใช้น้ำหนักโดเพิ่มมากขึ้น จะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังคือ %Oven Spring มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่วนปริมาตรจำเพาะมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อนำมาวัดค่าความแข็ง(Hardness) พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเก็บขนมปังไว้ 5 วัน พบว่าค่าความแข็ง(Hardness) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นจึงเลือกใช้น้ำหนักโดที่ 60 g ซึ่งให้ค่า %Oven Spring และค่าความแข็ง(Hardness)มากที่สุด เนื่องจากทำให้ขนมปังมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี มีความแน่นเนื้อสูง และขึ้นฟูดี มีการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศละเอียด เป็นน้ำหนักพื้นฐานเพื่อนำมาศึกษาอุณหภูมิในการหมักที่แตกต่างกันต่อไป

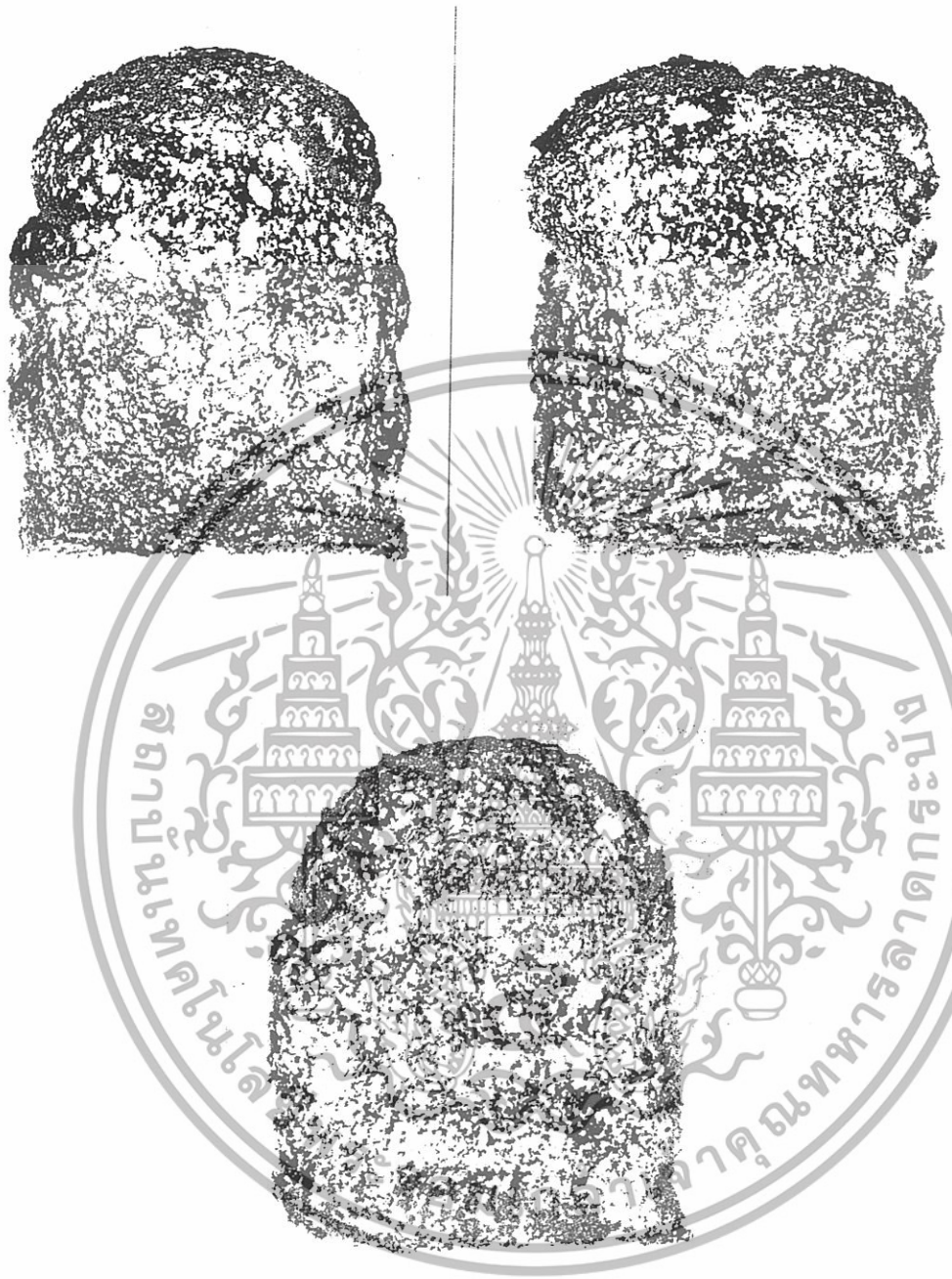
4.3 ศึกษาคุณภาพของขนมปังเมื่อนำโดมาหมักไว้ที่อุณหภูมิต่างๆกัน

ตารางที่4.6 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังที่ระดับอุณหภูมิในการหมักต่างๆกันดังนี้คือ 30 , 40 , 50 , 60 และ 70 C ตามลำดับ

อุณหภูมิในการหมัก(g)	Oven Spring (%)	ปริมาตรจำเพาะ (ml/g)	Hardness 0 วัน (g)	Hardness 5 วัน (g)
30	4.08±0.03^{b}	8.39±0.06^{c}	143.1±3.1^{b}	715.6±35.1^{c}
40	5.49±0.26^{a}	8.95±0.08^{a}	178.5±12.9^{b}	810.7±15.8^{c}
50	4.00±0.05^{b}	8.72±0.10^{b}	253.0±15.7^{b}	908.1±60.6^{c}
60	2.82±0.13^{e}	7.68±0.07^{d}	174.2±22.7^{b}	1131.3±109.3^{b}
70	-7.74±0.91^{d}	6.02±0.05^{e}	734.1±186.3^{a}	4043.6±142.2^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

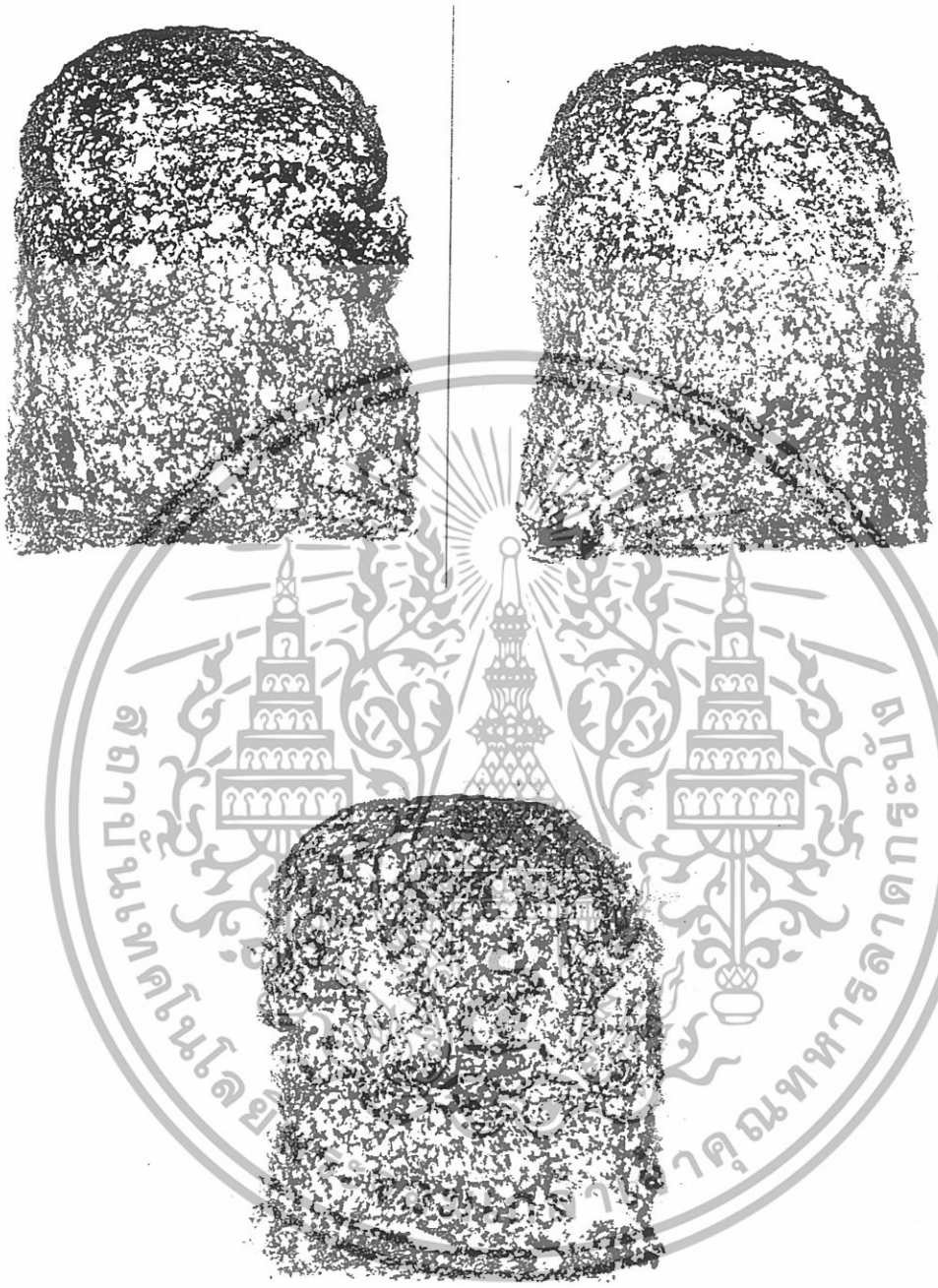


ภาพที่4.11 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังที่อุณหภูมิในการหมักต่างๆ กัน ดังนี้คือ 30 , 40 , 50 , 60 และ 70 °C ตามลำดับ Hardness 0 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่4.11 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังที่อุณหภูมิในการหมัก ต่างๆ กัน ดังนี้คือ 30 , 40 , 50 , 60 และ 70 °C ตามลำดับ Hardness 0 วัน(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.12 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังที่อุณหภูมิในการหมักต่างๆ กัน ดังนี้คือ 30 , 40 , 50 , 60 และ 70 °C ตามลำดับ Hardness 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่4.12 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปังที่อุณหภูมิในการหมัก
ต่างๆ กัน ดังนี้คือ 30 , 40 , 50 , 60 และ 70 °C ตามลำดับ Hardness 5 วัน(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 Oven Spring(%) พบว่าขนมปังที่ระดับอุณหภูมิต่างๆกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับอุณหภูมิ 30 °C เท่ากับ 4.08±0.03 ที่ระดับอุณหภูมิ 40 °C เท่ากับ 5.49±0.26 ที่ระดับอุณหภูมิ 50 °C เท่ากับ 4.00±0.05 ที่ระดับอุณหภูมิ 60 °C เท่ากับ 2.82±0.13 และที่ระดับอุณหภูมิ 70 °C เท่ากับ -7.74±0.91 จะเห็นได้ว่าค่า Oven Spring(%) จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้น

4.3.2 ปริมาตรจำเพาะ(ml/g) พบว่าขนมปังที่ระดับอุณหภูมิต่างๆกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับอุณหภูมิ 30 °C เท่ากับ 8.39±0.06 ที่ระดับอุณหภูมิ 40 °C เท่ากับ 8.95±0.08 ที่ระดับอุณหภูมิ 50 °C เท่ากับ 8.72±0.10 ที่ระดับอุณหภูมิ 60 °C เท่ากับ 7.68±0.07 และที่ระดับอุณหภูมิ 70 °C เท่ากับ 6.02±0.05 จะเห็นได้ว่าค่า ปริมาตรจำเพาะ(ml/g) จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้น

4.3.3 Hardness 0 วัน(g) พบว่าขนมปังที่ระดับอุณหภูมิต่างๆกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับอุณหภูมิ 30 °C เท่ากับ 143.1±3.1 ที่ระดับอุณหภูมิ 40 °C เท่ากับ 178.5±12.9 ที่ระดับอุณหภูมิ 50 °C เท่ากับ 253.0±15.7 ที่ระดับอุณหภูมิ 60 °C เท่ากับ 174.2±22.7 และที่ระดับอุณหภูมิ 70 °C เท่ากับ 734.1±186.3 จะเห็นได้ว่าค่า Hardness 0 วัน(g) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้น

4.3.4 Hardness 5 วัน(g)พบว่าขนมปังที่ระดับอุณหภูมิต่างๆกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังนี้คือที่ระดับอุณหภูมิ 30 °C เท่ากับ 715.6±35.1 ที่ระดับอุณหภูมิ 40 °C เท่ากับ 810.7±15.8 ที่ระดับอุณหภูมิ 50 °C เท่ากับ 908.1±60.6 ที่ระดับอุณหภูมิ 60 °C เท่ากับ 1131.3±109.3 และที่ระดับอุณหภูมิ 70 °C เท่ากับ 4043.6±142.2 จะเห็นได้ว่าค่า Hardness 0 วัน(g) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้น

4.3.5 การจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปัง 0 วัน พบว่าขนมปังจะมีผนังของเซลล์อากาศละเอียด โดยที่อุณหภูมิ70 °C มีเซลล์อากาศทึบแน่นผนังเซลล์อากาศหนามากที่สุด

4.3.6 การจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศของขนมปัง 5 วัน พบว่ามีผนังเซลล์ของอากาศทึบมากขึ้น ในทุกๆ อุณหภูมิของการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองที่ 4.3 เมื่อนำโดมาหมักที่อุณหภูมิต่างๆกัน พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น %Oven Spring และปริมาตรจำเพาะมีค่าลดลง และเมื่อนำมาวัดค่าความแข็ง (Hardness) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้น แต่ที่อุณหภูมิ 40 ˚C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า %Oven Spring และค่าปริมาตรจำเพาะมากที่สุด โดยขนมปังมีลักษณะเนื้อสัมผัสและมีการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาปัจจัยกระบวนการผลิตที่มีผลต่อขนมปังทุ่นเวลา มีขั้นตอนการดำเนินงานคือ ศึกษาสมบัติทางกายภาพของโดและคุณภาพของขนมปังในขั้นตอนการผสม ศึกษาคุณภาพของขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆ กัน และศึกษาคุณภาพของขนมปังเมื่อนำโดมาหมักไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ผลการดำเนินงานสามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากการทำขนมปังโดยใช้สูตรในการทำขนมปัง 2 สูตร ที่ระดับการตีผสมต่างๆกัน พบว่าทั้งสูตร 1 และสูตร 2 เมื่อนำโดมารีดจะทำให้ค่าแรงยืดตัวของโดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากโดมีความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อนำมาศึกษาสมบัติทางกายภาพของขนมปังพบว่าขนมปังสูตร 1 ที่ระดับการตีผสม 2,15 รีด มีค่า %Oven Spring มากที่สุด และเมื่อนำมาวัดค่าความแข็ง(Hardness) ของขนมปัง พบว่าขนมปังสูตร 1 ที่ระดับการตีผสมเดียวกัน เมื่อนำมารีดจะมีค่าแรงต้านการกดมากขึ้น ส่วนขนมปังสูตร 2 จะมีค่าแรงต้านการกดลดลง เนื่องจากใช้น้ำเป็นส่วนผสมมาก ทำให้เนื้อขนมปังมีลักษณะแฉะ ไม่ขึ้นฟู และเมื่อเก็บขนมปังไว้ 5 วัน พบว่าขนมปังมีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้นทั้ง 2 สูตร ดังนั้นจึงเลือกใช้สูตร 1 ระดับการตีผสม 2,15 รีด เป็นสูตรพื้นฐาน

2. จากการศึกษาคุณภาพของขนมปังที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆ กัน พบว่าเมื่อใช้น้ำหนักโดเพิ่มมากขึ้น จะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังคือ %Oven Spring มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อนำมาวัดค่าความแข็ง(Hardness) พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเก็บขนมปังไว้ 5 วัน พบว่าค่าความแข็ง(Hardness) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นจึงเลือกใช้น้ำหนักโดที่ 60 g ซึ่งให้ค่า %Oven Spring และค่าความแข็ง(Hardness)มากที่สุด เนื่องจากทำให้ขนมปังมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี มีความแน่นเนื้อสูง และขึ้นฟูดี มีการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศละเอียด เป็นน้ำหนักพื้นฐาน

3. จากการศึกษาคุณภาพของขนมปังเมื่อนำโดมาหมักไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ กันพบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น %Oven Spring และปริมาตรจำเพาะมีค่าลดลง และเมื่อนำมาวัดค่าความแข็ง(Hardness) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้น แต่ที่อุณหภูมิ 40 ˚C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า %Oven Spring และค่าปริมาตรจำเพาะมากที่สุด โดยขนมปังมีลักษณะเนื้อสัมผัส และมีการจัดเรียงตัวของเซลล์อากาศดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

อรอนงค์ นัยวิกุล.2540. ข้าวสาลี . พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2539. เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Nemeth, L. J., Paulley, F. G. and Preston, K.R. (1996). Effect of ingredients and processing conditions on the frozen dough bread quality of a Canada Western Red Spring wheat flour during prolonged storage. *Food Research International.* 29(7), 609-616.

Pyler E.J. 1973. Baking science and technology . 2nd ed. Chicago : Siebel publishing Company.

Krull L.H. and G.E. Inglett. 1971. Industrial uses of gluten. *Cereal Science* 16:232.

"Bakery สานฝันเบเกอร์รี." [Online].Available:http://www.bakery.in.th/articledetail.asp?ai=1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางผนวกที่ ก.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าแรงยึดตัวของโดขนมปังสูตร 1 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	3470.952	2	1735.476	33.365	.001
การตีผสม	1218.803	2	609.402	11.716	.008
การรีด	6606.712	1	6606.712	127.014	.000
Error	312.092	6	52.015		
Total	78644.659	12			
Corrected Total	11608.559	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าระยะทางของโดขนมปังสูตร 1 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	507.603	2	253.802	30.375	.001
การตีผสม	462.818	2	231.409	27.695	.001
การรีด	1133.799	1	1133.799	135.695	.000
Error	50.133	6	8.356		
Total	14200.040	12			
Corrected Total	2154.353	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าแรงต่อระยะทางของโดขนมปังสูตร 1 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	5.646	2	2.823	15.977	.004
การตีผสม	4.046	2	2.023	11.450	.009
การรีด	.441	1	.441	2.495	.165
Error	1.060	6	.177		
Total	86.024	12			
Corrected Total	11.194	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่า %Oven Springของขนมปังสูตร 1 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	73.652	2	36.826	830.989	.000
การตีผสม	77.121	2	38.560	870.123	.000
การรีด	96.203	1	96.203	2170.838	.000
Error	.266	6	.044		
Total	484.419	12			
Corrected Total	247.242	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังสูตร 1 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	1.285	2	.643	25.516	.001
การตีผสม	1.275	2	.637	25.313	.001
การรีด	.028	1	.028	1.102	.334
Error	.151	6	.025		
Total	850.047	12			
Corrected Total	2.739	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าความแข็ง 0 วันของขนมปังสูตร 1 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	19123.875	2	9561.938	15.749	.004
การตีผสม	4027.528	2	2013.764	3.317	.107
การรีด	2970.453	1	2970.453	4.893	.069
Error	3642.797	6	607.133		
Total	604654.724	12			
Corrected Total	29764.653	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าความแข็ง 5 วันของขนมปังสูตร 1 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	976059.264	2	488029.632	3.931	.081
การตีผสม	871190.221	2	435595.111	3.509	.098
การรีด	808025.911	1	808025.911	6.509	.043
Error	744891.432	6	124148.572		
Total	15772230.91	12			
Corrected Total	3400166.828	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าแรงยืดตัวของโดขนมปังสูตร 2 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	323.370	2	161.685	6.612	.030
การตีผสม	177.976	2	88.988	3.639	.092
การรีด	4347.860	1	4347.860	177.799	.000
Error	146.722	6	24.454		
Total	33457.864	12			
Corrected Total	4995.928	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าระยะทางของโดขนมปังสูตร 2 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	16.999	2	8.499	.250	.786
การตีผสม	62.764	2	31.382	.924	.447
การรีด	1790.279	1	1790.279	52.719	.000
Error	203.755	6	33.959		
Total	15553.932	12			
Corrected Total	2073.797	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าแรงต่อระยะทางของโดขนมปังสูตร 2 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	.263	2	.131	1.951	.222
การตีผสม	.261	2	.131	1.939	.224
การรีด	.017	1	.017	.245	.638
Error	.404	6	.067		
Total	26.643	12			
Corrected Total	.944	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่า %Oven Springของขนมปังสูตร 2 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	2.771	2	1.385	5.253	.048
การตีผสม	11.988	2	5.994	22.728	.002
การรีด	288.365	1	288.365	1093.361	.000
Error	1.582	6	.264		
Total	311.259	12			
Corrected Total	304.707	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังสูตร 2 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	.967	2	.483	15.234	.004
การตีผสม	.268	2	.134	4.219	.072
การรีด	.332	1	.332	10.450	.018
Error	.190	6	.032		
Total	803.904	12			
Corrected Total	1.757	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าความแข็ง 0 วันของขนมปังสูตร 2 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	36734.516	2	18367.258	9.831	.013
การตีผสม	34681.105	2	17340.552	9.281	.015
การรีด	92029.940	1	92029.940	49.257	.000
Error	11210.270	6	1868.378		
Total	835435.394	12			
Corrected Total	174655.831	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าความแข็ง 5 วันของขนมปังสูตร 2 ที่ระดับตีผสมต่างๆกันคือ 2,5 2,10 และ 2,15 ไม่รีดหรือรีด 5 นาที

-	ss	df	MS	F	Sig.
การตีผสม * การรีด	210274.265	2	105137.133	4.757	.058
การตีผสม	73917.980	2	36958.990	1.672	.265
การรีด	276832.588	1	276832.588	12.527	.012
Error	132596.576	6	22099.429		
Total	9949088.899	12			
Corrected Total	693621.409	11			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่า %Oven Springของขนมปัง ที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆกันคือ 40,50 และ 60 g. ตามลำดับ

-	ss	df	MS	F	Sig.
น้ำหนักโด	135.950	2	67.975	5614.590	.000
Error	.036	3	.012		
Total	135.986	5			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าปริมาตรจำเพาะของขนมปัง ที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆกันคือ 40,50 และ 60 g. ตามลำดับ

-	ss	df	MS	F	Sig.
น้ำหนักโด	.560	2	.280	8.541	.058
Error	.098	3	.033		
Total	.658	5			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าความแข็งของขนมปัง 0 วัน ที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆกันคือ 40,50 และ 60 g. ตามลำดับ

-	ss	df	MS	F	Sig.
น้ำหนักโด	5933.690	2	2966.845	62.290	.004
Error	142.888	3	47.629		
Total	6076.578	5			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก.18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าความแข็งของขนมปัง 5 วัน ที่ระดับน้ำหนักโดต่างๆกันคือ 40,50 และ 60 g. ตามลำดับ

-	ss	df	MS	F	Sig.
น้ำหนักโด	68653.870	2	34326.935	7.347	.070
Error	14017.060	3	4672.353		
Total	82670.930	5			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่า %Oven Springของขนมปัง ที่ระดับอุณหภูมิในการหมักต่างๆกันคือ 30,40,50,60 และ 70 ˚C ตามลำดับ

-	ss	df	MS	F	Sig.
อุณหภูมิการหมัก	231.406	4	57.851	315.500	.000
Error	.917	5	.183		
Total	232.323	9			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าปริมาตรจำเพาะของขนมปัง ที่ระดับอุณหภูมิในการหมักต่างๆกันคือ 30,40,50,60 และ 70 ˚C ตามลำดับ

-	ss	df	MS	F	Sig.
อุณหภูมิการหมัก	11.207	4	2.802	544.326	.000
Error	.026	5	.005		
Total	11.233	9			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าความแข็งของขนมปัง 0 วัน ที่ระดับอุณหภูมิในการหมักต่างๆกันคือ 30,40,50,60 และ 70 ˚C ตามลำดับ

-	ss	df	MS	F	Sig.
อุณหภูมิการหมัก	491574.750	4	122893.687	17.247	.004
Error	35627.926	5	7125.585		
Total	527202.676	9			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางกายภาพของค่าความแข็งของขนมปัง 5 วัน ที่ระดับอุณหภูมิในการหมักต่างๆกันคือ 30,40,50,60 และ 70 ˚C ตามลำดับ

-	SS	df	MS	F	Sig.
อุณหภูมิการหมัก	16088411.23	4	4022102.808	538.963	.000
Error	37313.382	5	7462.676		
Total	16125724.61	9			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้