โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ	การยับยั้งเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในขนมปังโดยใช้สารจากธรรมชาติ
ชื่อนิสิต	นางสาว สุชัญญา กิตติกุดีกุล นางสาว อภิชญา ธนญชัยกุล
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
ปีการศึกษา	2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การยับยั้งเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในขนมปังโดยใช้สารจากธรรมชาติ

โดย

นางสาว สุชัญญา กิตติฤดีกุล

นางสาว อภิชญา ธนญชัยกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดริษ กวักเพฑูรย์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประจำปีการศึกษา 2562

INHIBITION OF FUNGAL CAUSING SPOILAGE IN BREAD BY NATURAL PRODUCT

Suchanya Kittirudeekul
Apichaya Thanonchaikul

Project Advisor

Asst. Prof. Daris Kuakpetoon, Ph.D.

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

หัวข้องานวิจัย การยับยั้งเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในขนมปังโดยใช้สารจากธรรมชาติ

โดย นางสาว สุชัญญา กิตติฤดีกุล

นางสาว อภิชญา ธนญชัยกุล

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดริษ กวักเพชูรย์

ปีการศึกษา 2562

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ประจำปีการศึกษา 2562

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดริษ กวักเพชูรย์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย การยับยั้งเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในขนมปังโดยใช้สารจากธรรมชาติ
โดย นางสาว สุชัญญา กิตติฤดีกุล
นางสาว อภิชญา ธนญชัยกุล
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดริษ กวักเพชูรย์
ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารผสมของกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆที่ได้จากการหมัก (Verdad Powder N6, Verdad F520 และ Purac FCC8) ในการยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของขนมปัง และผลจากการใช้สารดังกล่าวที่มีต่อคุณภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษาขนมปัง ให้สามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียสโดยไม่ใส่วัตถุกันเสีย เนื่องจากขนมปังเป็นอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อชีวิตคนในปัจจุบัน ซึ่งหาซื้อง่าย สะดวกและมีหลากหลายชนิดและรูปแบบตามความต้องการ แต่เนื่องจากมีการใส่สารป้องกันเชื้อราลงในขนมปัง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น เช่น กรดโพรพิโอเนต เกลือโพรพิโอเนต แคลเซียมโพรพิโอเนต ซึ่งการบริโภคอาหารที่มีสารเหล่านี้ในปริมาณสูงติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน สามารถส่งผลกระทบเชิงลบต่อร่างกายได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทดลองใส่สารผสมของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดลงในขนมปัง ในปริมาณที่แตกต่างกันดังนี้ Verdad F520 1% + Purac 0.2%, Verdad F520 1%, Verdad F520 2% + Purac 0.2%, Verdad F520 2%, Verdad F520 1.5% + Purac 1% และ Verdad N6 1.5% และนำผลการทดลองของขนมปังทั้ง 6 สูตร เปรียบเทียบกับขนมปังสูตรควบคุมที่ไม่ใส่สารกันเสียและสูตรที่ใส่ Calcium propionate 0.35% จากผลการทดลองพบว่าการใส่ Verdad F520 และ Verdad N6 มีผลต่อการยืดอายุการเก็บของขนมปังจาก 5 วัน เป็นอย่างน้อย 25 วัน ซึ่งความสามารถในการเป็นสารต้านเชื้อราขึ้นกับสภาวะความเป็นกรดที่เหมาะสม และมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของขนมปัง โดยเนื้อขนมปังจะมีความแข็งมากกว่า สีเนื้อและเปลือกของขนมปังเข้มกว่าสูตรควบคุม การเติมกรดอินทรีย์จะสามารถเพิ่มปริมาตรของขนมปังได้ ซึ่งอาจเนื่องมาจากการอ่อนตัวลงของโครงสร้างกลูเตน ทำให้ขนมปังสามารถขยายตัวได้มากขึ้น แต่ในทางกลับกันกรดอินทรีย์อาจจะลดประสิทธิภาพการทำงานของยีสต์ได้ ส่งผลให้ปริมาตรของขนมปังลดน้อยลง โดที่มีการเติม Verdad F520 1% จะสามารถขึ้นฟูในอัตราที่เร็วกว่าโดสูตรควบคุม จากการทดสอบอายุการเก็บ ลักษณะทางกายภาพ และการยอมรับจากผู้บริโภค พบว่า Verdad F520 1% เหมาะกับการนำมาใช้แทน Calcium propionate เพื่อยืดอายุการเก็บของขนมปังมากที่สุด

Project Title Inhibition of fungal causing spoilage in bread by natural product

Student Suchanya Kittirudeekul

Apichaya Thanonchaikul

Study Program Bachelor of Science in Food Technology

Advisor Asst. Prof. Daris Kuakpetoon, Ph.D.

Academic Year 2019

ABSTRACT

This research aims to study using organic acid substances by fermentation (Verdad Powder N6, Verdad F520 and Purac FCC8) for inhibition of fungal causing spoilage in bread and the effect of using the substances on quality, sensory properties and shelf life of bread to be able to be stored at 30±2°C without using preservatives. Nowadays, bread is an important food which is easy to find, convenient and has various types. In order to prolong shelf life, bread always added with preservatives such as propionic acid, propionate salt and calcium propionate. The consumption of foods that contain these substances in high amounts for a long time can have a negative impact on health.

In this research, three organic acid mixtures were added to bread in different amounts which were 1% Verdad F520 + 0.2% Purac, 1% Verdad F520, 2% Verdad F520 + 0.2% Purac, 2% Verdad F520, 1.5% Verdad F520 + 1% Purac and 1.5% Verdad N6. The properties of breads added with organics were compared to those of control bread (without adding preservatives) and bread added with 0.35% calcium propionate. The results showed that adding Verdad F520 and Verdad N6 effectively extended the shelf life of the control bread from 5 days to at least 25 days. The organic acids would effectively exhibit antifungal activity in an acidic condition and had a slightly negative effect on the physical properties of bread. The breads added with organic acids were denser, harder and darker in both crust and crumb than the control bread. Adding organic acids might weaken gluten network in the dough resulting in an increased bread volume. On contrary, organic acids also decrease yeast activity resulting in a decreased bread volume. However, dough with 1% Verdad F520 raised at a faster rate than the

control dough. Based on the shelf life, physical properties and sensory evaluation of bread, 1% Verdad F520 is the most suitable to replace calcium propionate for shelf life extension of bread.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการยับยั้งเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในขนมปังโดยใช้สารจากธรรมชาติ เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากงบประมาณของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2562 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดริษ กวักเพฑูรย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

คณะวิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดริษ กวักเพฑูรย์ ที่ให้คอยให้คำปรึกษาแนะนำ และให้การช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนตรวจและปรับแก้โครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บริษัท Purac Asia Pacific Pte Ltd. ที่ให้การอนุเคราะห์สารจากธรรมชาติ ที่ใช้ในการวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณเหล่าคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ถ่ายทอดความรู้ตลอดหลักสูตรการศึกษา ให้ผู้วิจัยสามารถนำไปประยุกต์และบูรณาการให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่งานวิจัยนี้ อีกทั้งยังให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ ให้สามารถดำเนินโครงการนี้ได้อย่างราบรื่น

ขอบกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการประกันคุณภาพ ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร และห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร รุ่นพี่นิสิต รุ่นน้องนิสิต และเพื่อนนิสิตทุกท่าน ทั้งในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารและภาควิชาอื่นๆ ที่ช่วยอำนวยความสะดวก ให้ความช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในทุกๆด้าน ให้การดำเนินโครงการสำเร็จผ่านไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และคนในครอบครัวของคณะผู้วิจัย ที่ให้การสนันสนุนในทุกๆด้าน ตลอดจนส่งเสริมด้านโอกาสทางการศึกษา จนโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการวิจัยแก่ผู้ที่สนใจในหัวข้อที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคต ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นางสาว สุชัญญา กิตติฤดีกุล

นางสาว อภิชญา ธนญชัยกุล

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญ		จ
สารบัญตาราง		ช
สารบัญภาพ		ฌ
บทที่ 1 บทนำ		1
1.1	ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3	กรอบแนวคิดของการวิจัย	2
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์		3
2.1	ขนมปัง	3
2.2	ยีสต์	3
2.3	การเน่าเสียของขนมปัง	3
2.4	สารกันเสียกลุ่มโพรพิโอเนต	4
2.5	กรดแลคติก	4
2.6	กรดแอซิติก	5
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย		6
3.1	วัตถุดิบที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย	6
3.2	สารเคมีที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย	6
3.3	อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	7
3.4	เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	7
3.5	วิธีการทดลอง	7
3.6	วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์	9
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล		12
4.1	การศึกษาผลของการใส่ Preservatives ลงในขนมปังต่อสมบัติทางเคมี	12

4.2 การศึกษาผลของการใส่ Preservatives ลงในขนมปังต่อการขึ้นฟูของโด 13
4.3 การศึกษาผลของการใส่ Preservatives ลงในขนมปังต่อสมบัติทางกายภาพ 14
4.4 การศึกษาผลของการใส่ Preservatives ลงในขนมปังต่ออายุการเก็บ 20
4.5 การศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) 22
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 24
5.1 สรุปผลการวิจัย 24
5.2 ข้อเสนอแนะ 24
เอกสารอ้างอิง 25
ภาคผนวก 27
ภาคผนวก ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 28
ภาคผนวก ข ระยะเวลาในการดำเนินงาน 30
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 32
ภาคผนวก ง Texture profile analysis graph 43
ภาคผนวก จ กรดอินทรีย์ 45
ภาคผนวก ฉ ประวัติผู้วิจัย 49

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณ preservative ที่ใช้ในขนมปังแต่ละสูตร	7
2	สูตร sponge สำหรับนำไปผสมต่อเป็น dough	8
3	สูตร dough สำหรับนำไปผสมกับ sponge	8
4	ค่า pH ของโดและขนมปัง	12
5	ความชื้นและค่า water activity ของขนมปัง	13
6	ลักษณะภายนอกและขนาดของขนมปัง	15
7	น้ำหนักและปริมาตรจำเพาะของขนมปัง	17
8	สีของเปลือกและเนื้อของขนมปัง	18
9	ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปัง	19
10	อายุการเก็บของขนมปัง	20
11	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	23
ข.1	ระยะเวลาดำเนินงาน	31
ค.1	ค่า pH dough	33
ค.2	ค่า pH ขนมปัง	33
ค.3	ค่า water activity	34
ค.4	ค่า moisture content	34
ค.5	น้ำหนัก	35
ค.6	ปริมาตรจำเพาะ	35
ค.7	ปริมาตร	36
ค.8	ค่า L* ของเปลือกขนมปัง	36
ค.9	ค่า a* ของเปลือกขนมปัง	37
ค.10	ค่า b* ของเปลือกขนมปัง	37
ค.11	ค่า E* ของเปลือกขนมปัง	38
ค.12	ค่า L* ของเนื้อขนมปัง	38
ค.13	ค่า a* ของเนื้อขนมปัง	39
ค.14	ค่า b* ของเนื้อขนมปัง	39

ค.15 ค่า E* ของเนื้อขนมปัง 40
ค.16 ค่า Hardness 40
ค.17 ค่า Springiness 41
ค.18 ค่า Cohesiveness 41
ค.19 ค่า Gumminess 42
ค.20 ค่า Chewiness 42

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเน่าเสียของขนมปังจากรา	4
2	ลักษณะการขึ้นฟูของโด (Proofing time)	14
3	การประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)	23
4	Texture profile analysis graph	44
5	กรดอินทรีย์ Verdad F520	46
6	กรดอินทรีย์ Verdad N6	47
7	กรดอินทรีย์ Purac FCC8	48

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันคนส่วนใหญ่ต้องใช้ชีวิตด้วยความเร่งรีบ เพื่อแข่งกับเวลา ทั้งสภาพที่อยู่อาศัย และลักษณะนิสัยในการบริโภคอาหารก็เปลี่ยนไปจากอดีต ขนมปังจึงเป็นอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อชีวิตมากขึ้น เพราะหาซื้อง่าย สะดวกและมีหลากหลายชนิดให้เลือกตามความต้องการ ขนมปังนอกจากมีสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายแล้ว ผู้ผลิตบางรายยังใส่สารป้องกันเชื้อรา เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีอายุที่ยาวนานขึ้น สารที่นิยมใช้เป็นสารกันเชื้อราในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เช่น กรดโพรพิโอเนต เกลือโพรพิโอเนต แคลเซียมโพรพิโอเนต ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสารปรุงแต่งอาหารที่ปลอดภัยตามประกาศของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ปี 2547 โดยเติมลงในอาหารได้ในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งหมายถึงปริมาณที่น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดผลที่ต้องการภายใต้กระบวนการผลิตที่ดี (GMP) แม้ว่ากฎหมายจะไม่ได้ระบุปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ได้ เนื่องจากกรดโพรพิโอนิก และเกลือโพรพิโอเนตไม่ทำให้เกิดพิษที่เฉียบพลันหรือรุนแรงหากบริโภคในปริมาณน้อย แต่มีรายงานการวิจัยว่าการบริโภคอาหารที่มีสารแคลเซียมโพรพิโอเนตปริมาณสูงติดต่อกันเป็นเวลานาน จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตในสัตว์ทดลอง และอาจส่งผลให้เกิดภาวะบกพร่องของระบบเมตาบอลิซึมในเด็ก (Pena, L., and Burton, B. K.,2012) ในประเทศไทยเคยมีระบุปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527) และฉบับที่ 119 (พ.ศ.2532) อนุญาตให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 0.2 (สุรินทร์ อยู่ยง,2557) ทางผู้จัดทำจึงต้องการหาแนวทางในการใช้สารจากธรรมชาติ ได้แก่ กรดแอซิติก, กรดแลคติก ในการยืดอายุการเก็บของขนมปังแทนการใช้สารกันเชื้อราในกลุ่มสารปรุงแต่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้สารจากธรรมชาติในการยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของขนมปัง
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้ กรดแลกติกและกรดแอซิติก ที่มีต่อคุณภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปัง
3. เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาขนมปัง ให้สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส โดยไม่ใช้วัตถุกันเสีย

1.3 กรอบแนวคิดของการวิจัย

เนื่องจากขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำและอาหารเพียงพอต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะ รา เป็นสาเหตุหลักในการเน่าเสียของขนมปัง ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มักใช้สารกันเสียกลุ่มโพรพิโอเนต แต่เนื่องจากมีรายงานวิจัยว่าการบริโภคอาหารที่มีสารกลุ่มโพรพิโอเนตปริมาณมากเป็นระยะเวลานานจะส่งผลเสียต่อสุขภาพ ด้วยเหตุนี้ทางผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะนำสารจากธรรมชาติที่ไม่เป็นโทษต่อสุขภาพของผู้บริโภค มาใช้ในการยืดอายุการเก็บของขนมปังแทนการใช้สารกันเสีย ซึ่งได้แก่ กรดแลคติก และ กรดแอซิติก การหมัก Sourdough ด้วยเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* จะผลิตกรดแลคติกขึ้นมา และพบว่ากรดแลคติกนี้สามารถยังยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อันเป็นสาเหตุของการเน่าเสียในขนมปัง (Rehman S. et al.,2007) นอกจากนี้กรดแลคติกยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้หลายชนิด เช่น เนื้อสด, ปลาแห้ง, ผักและผลไม้สด เป็นต้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สูตรของขนมปังที่มีการเติมกรดอินทรีย์ที่ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย
2. ทราบถึงผลกระทบของกรดอินทรีย์ต่อลักษณะทางกายภาพของขนมปัง
3. ทราบถึงผลกระทบของกรดอินทรีย์ต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อขนมปัง
4. สามารถยืดอายุการเก็บของขนมปังที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลามากกว่า 10 วัน โดยไม่ใส่วัตถุกันเสีย

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ขนมปัง

ขนมปัง (bread) เป็น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) โดยทั่วไปจะมีลักษณะคือ เปลือกสีน้ำตาล เนื้อข้างในสีขาวนุ่ม มีวัตถุดิบหลัก คือ แป้งสาลี (wheat flour) ผสมกับน้ำแล้วนวด (knead) โดยใช้วิธีทำแบบ Sponge and dough มักขึ้นฟูได้ด้วยยีสต์ (baker yeast) สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งจะหมักน้ำตาลให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ แล้วนำไปอบ (baking) หลังจากอบแล้วต้องทิ้งขนมปังให้เย็น ตัดให้เป็นแผ่น และนำไปบรรจุ สามารถนำไปผลิตเป็นแซนวิชต่อ
โครงสร้าง, พฤติกรรมเชิงกล และ คุณภาพของขนมปัง ขึ้นอยู่กับสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสตาร์ชกับโปรตีน ซึ่งทำหน้าที่ห่อหุ้มอากาศที่ได้จากการหมักของยีสต์ จึงทำให้เนื้อขนมปังมีความพรุน ดังนั้นหากใช้แป้งสาลีที่ไม่มีโปรตีน จะไม่สามารถเกิดโครงร่างตาข่ายของโปรตีนกลูเตน ซึ่งจะส่งผลต่อโดขนมปังที่ไม่แข็งแรง และคุณภาพในเชิงลบของขนมปัง

2.2 ยีสต์

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ ชนิดหนึ่งอยู่ในอาณาจักรฟังไจ (fungi) ซึ่งเป็นอาณาจักรเดียวกันรา (mold) สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน ยีสต์ที่เจริญได้ในภาวะที่มีออกซิเจนเรียกว่า ออกซิเดทีฟยีสต์ (oxidative yeast) โดยเกิดเป็นฟิล์มที่ผิวหน้าของอาหารเหลว ส่วนยีสต์ที่เจริญได้ทั้งภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจนเจริญได้ทุกส่วนของอาหารจัดเป็นพวกยีสต์เฟอร์เมนเตทีฟ (fermentative yeast) ซึ่งยีสต์สายพันธุ์ที่ใช้ในการหมักขนมปัง (baker yeast) คือ *Saccharomyces cerevisae* ใช้ในการหมักเพื่อทำให้เนื้อแป้งขนมปังมีช่องว่างโปร่ง เนื่องจากปฏิกิริยาการหมัก เกิดจากน้ำย่อยจากยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลและแป้งบางชนิดในส่วนผสมของขนมปัง ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ ยีสต์ที่ใช้อาจอยู่ในรูปยีสต์สดหรือยีสต์แห้ง

2.3 การเน่าเสียของขนมปัง

ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำและอาหารเพียงพอที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ในการขยายพันธุ์ ได้ปริมาณน้ำอิสระซึ่งคิดเป็นค่า water acitivity (a_W) ในช่วง 0.93-0.98 เหมาะแก่การเจริญของ รา จึงทำให้เกิดการเน่าเสียง่าย และอาจมีการปนเปื้อนของราจากอากาศโดยการสัมผัส หรือจากผิวสัมผัสของบรรจุภัณฑ์ ราที่พบมีหลายชนิด เช่น Mucor, Geotrichum, Aspergillus เรียกโดยรวมว่าราขนมปัง ราเหล่านี้มีเส้นใยสีขาว สปอร์มีสีดำ เขียว ชมพู หรือม่วงน้ำตาล โดยราบางชนิดสามารถสารพิษ (mycotoxins) มาปนอยู่ในอาหารได้ นอกจากราแล้วขนมปังยังอาจปนเปื้อนจุลินทรีย์อื่นที่มากับ

วัตถุดิบ เช่น แป้งและน้ำตาล จะมีแบคทีเรียกลุ่ม Bacillus ได้แก่ B. subtilis หรือ B, cereus ซึ่งทำให้เกิดโรคทางเดินอาหาร

ภาพที่ 1 การเน่าเสียของขนมปังจากรา

2.4 สารกันเสียกลุ่ม โพรพิโอเนต

เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ใช้เติมในอาหาร เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์ที่จะทำให้อาหารเน่าเสียและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร สารกันเสียที่ใช้ในขนมปัง คือ สารกันเสียกลุ่มโพรพิโอเนต เช่น กรดโพรพิโอนิก,โซเดียมโพรพิโอเนต, แคลเซียมโพรพิโอเนต เป็นต้น เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) มีหน้าที่เป็นสารกันเสีย (preservative) ใช้เป็นสารกันราป้องกันการเจริญของรา (mold) ในขนมปัง ผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดมีความจำเป็นที่ต้องใช้สารกันบูดนั้น แต่การใช้สารกันเสียในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขการใช้ที่กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 281) พ.ศ.2547 เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร โดยต้องเป็นสารกันเสียชนิดที่อนุญาตให้ใช้ได้ในอาหารชนิดนั้นและใช้ได้ไม่เกินปริมาณสูงสุดที่ให้ใช้ได้ตามกฎหมายเพื่อไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค

2.5 กรดแลคติก

กรดแลคติก (Lactic acid) เป็นกรดที่ผลิตได้จากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีหรือการเมทาบอลิสซึมของจุลินทรีย์ *Lactobacillus bulgaricus* มีลักษณะเป็นของเหลวไม่มีสี ละลายในน้ำ และตัวทำละลายได้ดี และสามารถตกผลึกได้หากมีความเข้มข้นสูง มักใช้มากในภาคอุตสาหกรรม มีชื่อทางเคมีคือ 2-hydroxypropanoic acid มีสูตรโมเลกุล CH3CHOHCOOH แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. ชนิด L+ ผลิตได้จากการสังเคราะห์ จุลินทรีย์ และในร่างกายมนุษย์
2. ชนิด D- ผลิตได้จากการสังเคราะห์ และจุลินทรีย์
3. ชนิด DL ผลิตได้จากการสังเคราะห์ และจุลินทรีย์

อุตสาหกรรมอาหารถือเป็นอุตสาหกรรมที่นำกรดแลคติกมาใช้ประโยชน์มากที่สุด ซึ่งสามารถผลิตขึ้นได้เองหรือการเติมในกระบวนการหมักอาหารในอุตสาหกรรมหลายชนิด อาทิ นมเปรี้ยว โยเกิร์ต ขนมปัง เบียร์ เนยเทียม ผักผลไม้ดอง ไส้กรอก และเครื่องดื่มบางชนิด เป็นต้น นอกจากนั้นยังใช้เติมในอาหารเพื่อให้มีกลิ่น และรสเปรี้ยวที่น่ารับประทานหรือเพื่อป้องกันการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อื่นที่ทำให้อาหารบูดเน่า และใช้กรดแลคติกผสมในเครื่องดื่มนิยมใช้ในรูปแคลเซียมแลคเตทเพื่อเสริมเกลือแร่และแคลเซียม

สำหรับการถนอมอาหารอาจมีการใช้กรดแลคติกร่วมกับกรดอะซิติกสำหรับป้องกันการเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งจะทำให้มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้กรดแลคติกเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีการใช้กรดแลคติกในรูปของเกลือสำหรับป้องกันการบูดเน่า เช่น โซเดียม และโพแทสเซียมแลคเตท ทำให้มีรสเค็มเล็กน้อย นิยมใช้ในอาหารประเภทเนื้อต่างๆ อาทิ เนื้อไก่ เนื้อปลา อาหารทะเล เป็นต้น

2.6 กรดแอซิติก

กรดแอซีติก มีชื่อตามระบบว่า กรดเอทาโนอิก เป็นสารประกอบอินทรีย์ในสถานะของเหลวไร้สี มีสูตรเคมีว่า CH3COOH น้ำส้มสายชูมีกรดแอซีติกตั้งแต่ 4% ต่อปริมาตรขึ้นไป ทำให้กรดแอซีติกเป็นส่วนประกอบหลักของน้ำส้มสายชูนอกจากน้ำ จัดเป็นกรดอ่อนเนื่องจากแตกตัวบางส่วนในสารละลาย แต่กรดแอซีติกเข้มข้นมีฤทธิ์กัดกร่อนและสามารถระคายเคืองผิวหนังได้ กรดอะซิติกจัดเป็นกรดออแกนิกที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อรา แต่ก็สามารถส่งผลกระทบต่อรสชาติของขนมปังได้เนื่องจากกรดแอซีติกมีรสเปรี้ยวและกลิ่นฉุนเฉพาะตัว

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 แป้งขนมปัง

แป้งข้าวสาลีที่อุดมไปด้วยโปรตีน เหมาะสำหรับทำขนมปัง มีโปรตีนสูง 13.5%-14.0% ตรา หงส์ขาว จัดจำหน่ายโดย บริษัทยูเอฟเอ็มฟู้ดเซ็นเตอร์ จำกัด

3.1.2 ยีสต์

ยีสต์สำเร็จรูป ประกอบด้วยยีสต์ผงจากกลุ่ม แซ็กคาโรไมซีส เซรีวิซิอี ตรา เพอร์เฟค

3.1.3 เกลือ

เกลือบริโภค เสริมไอโอดีน ผลิตจากเกลือธรรมชาติ เม็ดร่วนแห้งสนิท ขาวสะอาด ไม่ใส่สารฟอกสี ผ่านกระบวนการสะบัดน้ำและอบแห้ง บรรจุด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ ตรา ปรุงทิพย์ ผลิตโดย บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด จัดจำหน่ายโดย บริษัท สหพัฒนพิบูล จำกัด (มหาชน)

3.1.4 น้ำตาล

น้ำตาลทรายขาว Low chemical ปราศจากสารฟอกสี ไม่มีสารเติมแต่ง และไม่มีสารกันบูด ตรา วังขนาย

3.1.5 เนยขาว

เนยขาว ตรา Crisco ทำจากน้ำมันพืชผ่านกระบวนการ

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 Verdad Powder N6 (Purac Asia Pacific Pte Ltd.)

น้ำส้มสายชูในรูปแบบผง ที่ได้จากการหมักโดยจุลินทรีย์ ประกอบด้วย กรดอะซิติกและโซเดียมอะซิเตท

3.2.2 Verdad 520 (Purac Asia Pacific Pte Ltd.)

น้ำส้มสายชูผสมน้ำตาลอ้อยหมัก ในรูปของเหลว ประกอบด้วย กรดอะซิติก เกลืออะซิเตทและเกลือโพพิโอเนตที่ได้จากการหมัก

3.2.3 Purac FCC 88 (Purac Asia Pacific Pte Ltd.)

กรดแลคติก 88% ในรูปของเหลวใส

3.2.4 Calcium propionate

3.2.5 Sodium Stearoyl Lactylate (SSL)

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

- กะละมังสเตนเลส
- ถาดสเตนเลส
- ช้อนตักสาร
- บีกเกอร์ 250 ml
- กระบอกตวง 250 ml
- แปรงทาไขมัน
- ไม้นวดแป้ง
- ผ้าขาวบาง
- มีดฟันเลื่อย
- กล่องพลาสติกมีฝาปิดสนิท

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

- ตู้อบ
- เครื่องนวดแป้ง
- ตู้หมักแป้ง
- เครื่องชั่ง
- เครื่องวัด Texture (Texture Analyzer TA-XT2i บริษัท จาร์พา เท็คเซ็นเตอร์ จำกัด)
- เครื่องวัด Water activity (Water activity meter AquaLab Model : Series3 TE, USA)
- เครื่องวัด pH (pH meter Mettler Toledo FE20)
- เครื่องวัดสีระบบ CIE- L*a*b* (Spectrophotometer Konica Minolta CM-600d)

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 สูตรที่ใช้ในการศึกษาชนิดและปริมาณของ Preservative ต่ออายุการเก็บ

ตารางที่ 1 ปริมาณ Preservative ที่ใช้ในขนมปังแต่ละสูตร

สูตร	Preservative	Purac (Acid)	pH
T1	F520 1%	0.2%	5.2
T2	F520 1%	0%	5.6
T3	F520 2%	0.2%	5.2
T4	F520 2%	0%	5.6

T5	F520 1.5%	1%	5.4
T6	N6 1.5%	0%	5.4
T7	0%	0%	5.4
T8	Cal Pro 0.35%	0%	5.4

3.5.2 การทำขนมปังแซนด์วิชแบบ Sponge and Dough

วิธีทำ Sponge

ตารางที่ 2 สูตร Sponge สำหรับนำไปผสมต่อเป็น Dough

ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์	น้ำหนัก (กรัม)
แป้งขนมปัง	65	325
ยีสต์	1	5
น้ำกรอง	40	200

เทส่วนผสมของ sponge ทั้งหมด ตามสูตรใน **ตารางที่ 2** ลงในชามผสมของเครื่องนวด แล้วนวดที่ความเร็วต่ำ(ระดับ 1)ให้พอเข้ากัน ใช้เวลา ประมาณ 10 นาที จากนั้นเทใส่ลงในกะละมังแสตนเลส แล้วคลุมด้วยผ้าขาวบางชุบน้ำหมาดๆ หมักไว้ 2 ชั่วโมง

วิธีทำ Dough

ตารางที่ 3 สูตร Dough สำหรับนำไปผสมกับ Sponge

ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์	น้ำหนัก (กรัม)
แป้งขนมปัง	35	175
น้ำกรอง	20	100
เกลือ	1.5	7.5
น้ำตาลทราย	5	25
เนยขาว	5	25
Emulsifier: SSL	0.5	2.5

ชั่งส่วนผสมต่างๆ ตามสูตรใน **ตารางที่ 3** จากนั้นเทแป้งลงในชามผสม ละลายเกลือ, น้ำตาล และ Preservative ของแต่ละสูตรตาม**ตารางที่** 1 ลงในน้ำ แล้วค่อยๆเทลงในชามผสมขณะนวดผสม

ด้วยความเร็วต่ำ (ระดับ 2) ประมาณ 2 นาที จนพอเข้ากัน แล้วใส่ Sponge ที่หมักแล้วจาก ลงไปในชามผสม ผสมด้วยความเร็วต่ำ (ระดับ 2) นานประมาณ 5-10 นาที จนสังเกตเห็นว่าส่วนผสมเริ่มเข้ากันดี และไม่ติดภาชนะ เติมเนยขาวและ SSL แล้วนวดด้วยความเร็วปานกลาง (ระดับ 5) ประมาณ 18-20 นาที จนได้โดที่เรียบ เนียน หมักโดไว้ 0.5 ชั่วโมง ในกะละมังสแตนเลสที่ปิดด้วยผ้าขาวบางชุบน้ำหมาดๆ นำโดที่ผ่านการหมักแล้ว มาตัดแบ่งเป็นก้อน หนักก้อนละ 250 กรัม คลึงเป็นก้อนกลมให้ผิวตึงเรียบ พักไว้ 5 นาที จากนั้นใช้ลูกกลิ้งไม้คลึงแป้งออกเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า แล้วม้วนแผ่นโดเป็นท่อนกลมยาวเท่า พิมพ์ขนมปัง วางโดที่ผ่านการม้วนแล้วลงในพิมพ์ที่ทาเนยขาวไว้รอบด้าน โดยวางให้ส่วนรอยทบอยู่ด้านล่าง วางไว้บนโต๊ะเพื่อรอให้ขึ้นจนเต็มพิมพ์ ใช้ เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง นำไปอบที่อุณหภูมิ 200 °C เป็นเวลา 25 นาที จึงนำออกจากพิมพ์ พักไว้จนเย็น แล้วจึงนำไปสไลซ์เป็นแผ่น

3.6 วิธีการวิเคราะห์

3.6.1 เวลาที่ใช้ในการหมักโด

นำโดที่ได้หลังจากขั้นตอนการผสม Dough และ Sponge จากแต่ละ Treatment น้ำหนัก 10 กรัม ปั้นให้มีลักษณะเป็นทรงกลม และใส่ลงในถ้วยตวงปริมาตร 30 ml เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน จากนั้นนำไปบ่มในตู้หมักแป้งอุณหภูมิ 40°c และบันทึกความสูงที่เพิ่มขึ้นทุก 5 นาที เป็นเวลา 30 นาที และทุก10 นาที เป็นเวลา 90 นาที จากนั้นนำมาทำกราฟระหว่างความสูงที่เพิ่มขึ้นละเวลาที่ใช้เพื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

3.6.2 การวัดปริมาตรของขนมปัง (ดัดแปลงจาก AACC, 2000)

หาปริมาตรของขนมปัง โดยใช้วิธีการแทนที่ด้วยข้าวบาร์เล่โดยเริ่มจากชั่งน้ำหนักของภาชนะที่มีรูปทรงแน่นอน แล้วรู้ปริมาตร (V_1) โดยบรรจุข้าวบาร์เล่ให้เต็มภาชนะปาดผิวหน้าให้เรียบ (W_1) จากนั้นนำขนมปังใส่ลงไปแทนที่ข้าวบาร์เล่ในภาชนะ และชั่งน้ำหนักของข้าวบาร์เล่ที่เหลือ (W_2) คำนวณหาปริมาตรของขนมปัง จากสมการ

$$\text{ปริมาตร } (cm^3) = \frac{V_1}{W_1} x\ (W_1 - W_2)$$

3.6.3 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) (ดัดแปลงจาก AACC,02-52,2000)

วัดโดยใช้ pH meter ชั่งตัวอย่างโด และ ขนมปังไม่รวมขอบ 15 กรัม และน้ำกลั่น 100 mL ใส่ในเครื่องปั่นที่แห้งและปั่นในระดับต่ำเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 10 นาทีเพื่อให้เกิดการแยกชั้น แล้วจึงนำไปวัด pH ด้วย pH meter

3.6.4 ความชื้น (moisture content) (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

นำถาดอะลูมิเนียมฟอยล์ไปอบที่อุณหภูมิ 105°c เป็นเวลา 3 ชั่วโมงจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ และนำถาดไปชั่งน้ำหนัก(W1) จากนั้นชั่งตัวอย่างขนมปังลงในถาดฟอยล์ (W2) จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105°c เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ จากนั้นนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนัก (W3)

$$moisture\ (\%) = (W_2 - W_3)x\frac{100}{W_2 - W_1}$$

W_1 = น้ำหนักถาดอลูมิเนียมฟอยล์

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบรวมถาด

W_3= น้ำหนักตัวอย่างหลังอบรวมถาด

3.6.5 การวัดสี

วัดทั้งส่วนเปลือกและเนื้อด้านใน วัดโดยใช้ digital colorimeter ตามระบบสี CIE- L*a*b* ค่าที่อ่านได้คือ L* a* และ b* แสดงถึงค่า ความสว่าง, ความเขียว-แดง และ ความเหลือง-ฟ้า ตามลำดับ

3.6.6 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Chen Yan et al, 2019)

ตัดชิ้นตัวอย่างสูง 2cm เท่ากันตลอดทั้งชิ้น จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่อง Texture profile analysis (TPA) โดยใช้หัววัด P/36, trigger type ตั้งเป็น auto, trigger force 5 กรัม, ความเร็วของหัววัดก่อนเริ่มวัด 60mm/min ,ความเร็วขณะวัดและหลังวัด 100mm/min และกำหนด compression degree ที่ 50%

3.6.7 ศึกษาการเน่าเสียของขนมปังและอายุการเก็บ

เก็บขนมปังสไลซ์จำนวน 2 ชิ้นไว้ในถุงพลาสติกชนิด PP และซีลปากถุงให้ปิดสนิท จากนั้นเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) เพื่อศึกษาอายุการเก็บของขนมปังโดยสังเกตวันที่เริ่มมีจุดราขึ้นบนชิ้นขนมปัง

3.6.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

ใช้การวิเคราะห์แบบ 7-point hedonic โดยจะทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

3.6.9 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ใช้การประมวลผลโดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS (Statistical Packages for the Social Science) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Analysis of variance; One way ANOVA) และเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan ที่

ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในการวิเคราะห์ ปริมาตรจำเพาะ, ค่า pH, ความชื้น, ค่า water activity, การวัดสี และลักษณะเนื้อสัมผัส

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้การประมวลผลโดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS (Statistical Packages for the Social Science) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Analysis of variance; One way ANOVA) และเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในการวิเคราะห์การทดสอบ 7-point hedonic

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การศึกษาผลของการใส่ Preservatives ลงในขนมปังต่อสมบัติทางเคมี

4.1.1 ผลต่อความเป็นกรดเบส

การใส่ Verdad F520, Verdad N6 และ Calcium propionate ส่งผลให้ค่า pH ของโดและขนมปังเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบจากสูตรควบคุม (T7) โดยการเติม Purac สามารถช่วยปรับค่า pH ของโดและขนมปังสูตรที่ใส่ Verdad F520 และ Verdad N6 ให้ต่ำลง ซึ่งขนมปังสูตรที่เติม F520 1% กับ Purac 0.2% (T1) มีค่า pH ต่ำที่สุด ส่วนสูตรที่เติม N6 1.5% กับ Purac 0% (T6) มีค่า pH สูงที่สุด

ตารางที่ 4 ค่า pH ของโดและขนมปัง[1]

Treatment	pH dough	pH bread
T1 (1% F520, 0.2% Purac)	5.25 ^{ab}±0.34	5.14 ^{a}±0.07
T2 (1% F520, 0% Purac)	5.30 ^{ab}±0.19	5.38 ^{bc}±0.00
T3 (2% F520, 0.2% Purac)	5.01 ^{a}±0.11	5.23 ^{ab}±0.04
T4 (2% F520, 0% Purac)	5.32 ^{ab}±0.08	5.44 ^{bc}±0.02
T5 (1.5% F520, 0.1% Purac)	5.21 ^{ab}±0.06	5.25 ^{ab}±0.00
T6 (1.5% N6, 0% Purac)	5.56 ^{b}±0.20	5.68 ^{d}±0.07
T7 (Control)	5.25 ^{ab}±0.03	5.26 ^{ab}±0.13
T8 (0.35% Cal Pro)	5.48 ^{b}±0.02	5.51 ^{bc}±0.07

[1]ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับอยู่ในคอลลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.1.2 ผลต่อความชื้นและค่า water activity

ขนมปังทุกสูตรมีความชื้นและ water activity (a_w) ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม (T7) แต่สูตรที่ใส่ Verdad F520, Verdad N6 รวมทั้งสูตรที่มีการใส่สารทั้งสองชนิดร่วมกับ Purac มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าสูตรควบคุมเล็กน้อย อาจเนื่องมาจาก สารทั้งสามชนิดประกอบด้วยกรดอินทรีย์ ซึ่งเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสมจะมีความสามารถในไฮโดรไลซ์โปรตีนและเร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์กลูเตน ทำให้โครงสร้างกลูเตนอ่อนแอลงและมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำลงจึงทำให้ขนมปังมีปริมาณความชื้นต่ำลง (Curti, Carini, and Vittadini, 2016)

ตารางที่ 5 ความชื้นและค่า water activity ของขนมปัง[1]

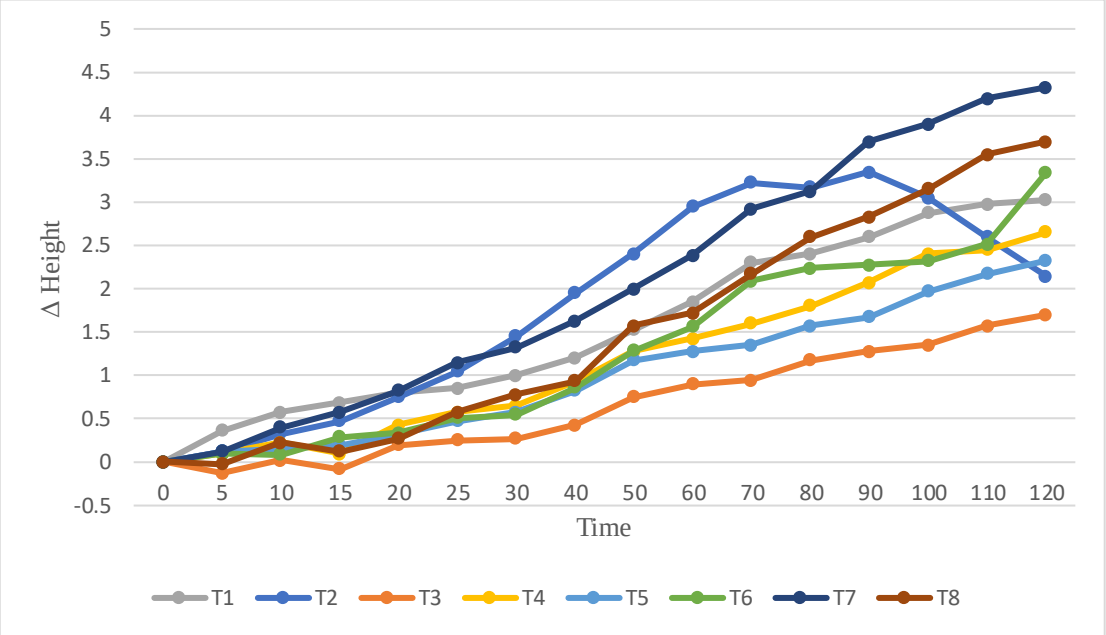
Treatment	% Moisture content (dry basis)	Aw
T1 (1% F520, 0.2% Purac)	49.44 [a]±2.65	0.95 [a]±0.00
T2 (1% F520, 0% Purac)	49.24 [a]±0.75	0.95 [a]±0.01
T3 (2% F520, 0.2% Purac)	48.81 [a]±1.92	0.95 [a]±0.01
T4 (2% F520, 0% Purac)	49.40 [a]±3.13	0.95 [a]±0.01
T5 (1.5% F520, 0.1% Purac)	46.55 [a]±6.04	0.96 [a]±0.01
T6 (1.5% N6, 0% Purac)	49.38 [a]±3.74	0.96 [a]±0.02
T7 (Control)	49.70 [a]±3.62	0.95 [a]±0.01
T8 (0.35% Cal Pro)	51.06 [a]±2.97	0.96 [a]±0.01

[1]ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับอยู่ในคอลลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2 การศึกษาผลของการใส่ Preservatives ลงในขนมปังต่อการขึ้นฟูของโด

จากการศึกษาการทำงานของยีสต์ในระหว่างการหมักโดในสูตรต่างๆพบว่า สูตร T1, T3, T4, T5 และ T6 มีอัตราการขึ้นฟูของโดต่ำกว่าสูตรควบคุมและสูตรที่เติม Calcium propionate (ภาพที่2) เนื่องมาจากมีการเติมสารผสมของกรดแอซิติกซึ่งมีความสามารถในการต่อต้านยีสต์ โดยกรดแอซิติกที่ไม่แตกตัวจะสามารถแพร่ผ่านเซลล์เมมเบรนเข้าสู่เซลล์ของยีสต์ (Piper et al.,2001) และเกิดการแตกตัวภายในไซโทพลาสซึม เกิดการปลดปล่อยโปรตอนออกมาภายในเซลล์และรบกวนสมดุลประจุภายในเซลล์ซึ่งจะลดความสามารถในการเจริญและความสามารถในการหมักของยีสต์ลง นอกจากนี้การเติม Purac จะส่งผลให้ pH ของโดลดลง (ตารางที่ 4) ซึ่งช่วยเสริมการทำงานของกรดแอซิติกให้สูงขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Verdad F520 และ Purac จึงส่งผลให้อัตราการขึ้นฟูของโดลดลง นอกจากนี้จะเห็นได้ว่า สูตร T2 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาตรของโดสูงสุดในช่วงแรก (0 – 70 นาที) โดยสูงกว่าสูตรควบคุมและสูตรที่เติม Calcium propionate และมีปริมาตรลดลงหลังจากนาทีที่ 70 เนื่องจากสูตร T2 มีการเติม Verdad F520 1% ซึ่งเป็นกรดความเข้มข้นต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ จึงส่งผลกระทบต่อการเจริญและทำงานของยีสต์ต่ำกว่าสูตรอื่นๆ ในขณะเดียวกันการเติม Verdad F520 ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมช่วยทำให้โครงสร้างของกลูเตนอ่อนตัวลงและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จึงสามารถขยายตัวได้ง่ายขึ้นเมื่อยีสต์สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Su et al., 2019) จึงมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาตร

ในช่วงต้นสูงกว่าสูตรอื่นๆ แต่หลังจากนาทีที่ 70 ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการเพิ่มมากขึ้น จนโครงสร้างกลูเตนไม่สามารถกักเก็บไว้ได้ จึงเกิดการรั่วของโดขึ้นทำให้ปริมาตรเริ่มลดลง

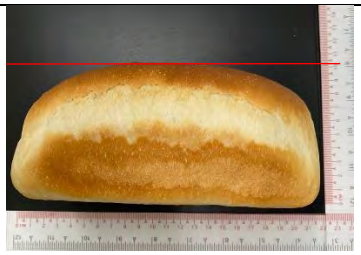


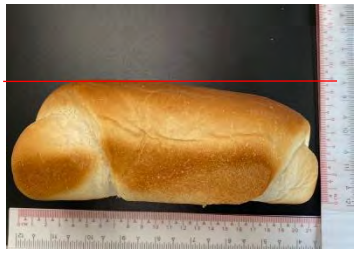
ภาพที่ 2 ลักษณะการขึ้นฟูของโด (Proofing time)

4.3 การศึกษาผลของการใส่ Preservatives ลงในขนมปังต่อสมบัติทางกายภาพ

จากการศึกษาลักษณะของเนื้อขนมปังพบว่าขนมปังสูตรที่เติม Verdad F520 และ Verdad N6 มีโพรงอากาศขนาดเล็กและจัดเรียงตัวกันแน่นกว่า จึงทำให้มีเนื้อขนมปังที่แน่นกว่าสูตรควบคุมและสูตรที่เติม Calcium Propionate ดังแสดงในตารางที่ 6 เนื่องมาจาก กรดแอซิติกส่งผลให้โดมีโครงสร้างกลูเตนที่อ่อนแอลง เมื่อทำการนวดและรีด โดจึงมีความสามารถในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการหมักได้น้อยลง นอกจากนี้จากภาพที่ 2 จะเห็นว่าเมื่อหมักโดเป็นเวลา 30 นาที สูตร T1, T3, T4, T5 และ T6 มีอัตราการขึ้นฟูของโดน้อยกว่า เนื่องจากการทำงานของยีสต์ต่ำลง จึงส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในโพรงอากาศมีปริมาณน้อยลง โพรงอากาศจึงมีขนาดเล็กกว่าสูตรควบคุม นอกจากนี้การเติม Verdad F520 และ Verdad N6 ซึ่งประกอบด้วยกรดแอซิติกเป็นหลัก ส่งผลให้สีของเนื้อขนมปังเข้มขึ้น อย่างไรก็ตามสูตรที่เติม Verdad F520 1% มีลักษณะภายนอกไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม

ตารางที่ 6 ลักษณะภายนอกและขนาดของขนมปัง

Treatment	Width and length	Height	Aircell
T1 (1% F520, 0.2%Purac)	Width 10.1 cm Length 20.3 cm	 Height 10.4 cm	
T2 (1% F520, 0% Purac)	Width 10.6 cm Length 19.5 cm	Height 10.5 cm	
T3 (2% F520, 0.2% Purac)	Width 10.5 cm Length 21 cm	Height 8.5 cm	
T4 (2% F520, 0% Purac)	Width 11 cm Length 19.1 cm	Height 10.7 cm	

T5 (1.5% F520, 0.1%Purac)	 Width 11 cm Length 19.1 cm	 Height 8.5 cm	
T6 (1.5% N6, 0% Purac)	 Width 10.2 cm Length 19.9 cm	 Height 8.9 cm	
T7 (Control)	 Width 11.5 cm Length 21.3 cm	 Height 11.2 cm	
T8 (0.35% Cal Pro)	 Width 10.8 cm Length 21.1 cm	 Height 11.1 cm	

การเติม Verdad F520 1% , Verdad F520 1% ร่วมกับ Purac 0.2% (T1, T2) ส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะของขนมปังเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม อาจเนื่องมาจากกรดแอซิติกทำให้ความหนาแน่นของโครงสร้างกลูเตนลดลง จึงลดความสามารถในการต้านการพองตัวเมื่อเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Su et al., 2019) ทำให้การขยายตัวของโพรงอากาศเกิดได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Verdad F520 เป็น 2% พบว่าผลเป็นไปในทางเดียวกันแต่ปริมาตรจำเพาะมีค่าต่ำกว่า T1 และ T2 เนื่องจากความเข้มข้นของกรดแอซิติกที่ใช้เริ่มส่งผลกระทบต่อการทำงานของยีสต์ ในทางกลับกันหากความเข้มข้นของกรดสูงเกินไป อาจทำให้โครงสร้างกลูเตนอ่อนแอลงจนไม่สามารถกักเก็บก๊าซได้ (Blanco et al., 2011) รวมถึงลดประสิทธิภาพในการทำงานของยีสต์ จึงมีจำนวนโพรงอากาศน้อยลงและขนาดของโพรงเล็กลง ทำให้ปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่มีการเติม Verdad F520 2% ร่วมกับ Purac 0.2% และ N6 1.5% (T3 และ T6) มีค่าต่ำกว่าสูตรควบคุม

ตารางที่ 7 น้ำหนักและปริมาตรจำเพาะของขนมปัง[1]

Treatment	Weight(g)	Volume(cm^3)	Specific volume (cm^3/g)
T1 (1% F520, 0.2% Purac)	226.25 ^{a}±5.15	770.68 ^{b}±15.94	3.40 ^{a}±0.15
T2 (1% F520, 0% Purac)	225.54 ^{a}±1.42	763.74 ^{ab}±22.38	3.38 ^{a}±0.12
T3 (2% F520, 0.2% Purac)	229.84 ^{a}±1.80	645.56 ^{a}±2.14	2.81 ^{a}±0.03
T4 (2% F520, 0% Purac)	227.37 ^{a}±6.59	746.40 ^{ab}±58.93	3.29 ^{a}±0.35
T5 (1.5% F520, 0.1% Purac)	225.74 ^{a}±0.72	716.60 ^{ab}±52.55	3.18 ^{a}±0.25
T6 (1.5% N6, 0% Purac)	230.10 ^{a}±1.19	676.61 ^{ab}±9.49	2.94 ^{a}±0.06
T7 (Control)	226.58 ^{a}±1.36	692.29 ^{ab}±43.32	3.06 ^{a}±0.20
T8 (0.35% Cal Pro)	228.78 ^{a}±1.65	728.78 ^{ab}±96.13	3.18 ^{a}±0.44

[1]ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับอยู่ในคอลลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ขนมปังสูตรที่เติม Verdad F520 และ Verdad N6 มีสีของเปลือกสว่างกว่าและมีสีของเนื้อเข้มกว่า ขนมปังสูตรควบคุมและสูตรที่เติม Calcium propionate และยังทำให้สีของเปลือกและเนื้อของขนมปังมีความแดง-เหลืองมากกว่า นั่นคือมีความเป็นสีน้ำตาลมากกว่า โดยการเติม Purac ลงไปพบว่าส่งผลให้ความแตกต่างของสีมีมากขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรที่ใส่ Verdad F520 ปริมาณเท่ากัน อย่างไรก็ตาม ขนมปังสูตรที่เติม Verdad F520 1% ยังคงมีสีไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม

ตารางที่ 8 สีของเปลือกและเนื้อของขนมปัง[1]

	Crust			
Treatment	l* (Lightness)	a*(green to red)	b* (yellow to blue)	ΔE*
T1 (1% F520, 0.2% Purac)	49.84[a]±2.40	16.08[a]±3.05	26.66[a]±0.86	4.91 [a]±1.90
T2 (1% F520, 0% Purac)	48.54[a]±3.96	16.34[a]±2.69	28.55[a]±2.83	3.91 [a]±3.00
T3 (2% F520, 0.2% Purac)	46.20[a]±4.55	17.86[a]±0.22	28.42[a]±3.76	5.82 [a]±4.06
T4 (2% F520, 0% Purac)	49.57[a]±2.43	18.44[a]±0.18	31.10[a]±3.69	8.55 [a]±0.94
T5 (1.5% F520, 0.1% Purac)	45.77[a]±4.28	17.99[a]±0.57	29.01[a]±1.58	8.75 [a]±6.81
T6 (1.5% N6, 0% Purac)	44.97[a]±0.61	18.50[a]±1.12	30.96[a]±0.40	6.67 [a]±6.21
T7 (Control)	51.29[a]±7.06	15.67[a]±3.09	30.35[a]±1.57	1.49 [a]±0.25
T8 (0.35% Cal Pro)	50.51[a]±7.77	16.30[a]±2.24	29.65[a]±1.00	-

	Crumb			
Treatment	l* (Lightness)	a*(green to red)	b* (yellow to blue)	ΔE*
T1 (1% F520, 0.2% Purac)	75.84[a]±4.33	1.24[a]±3.31	11.30[a]±0.41	2.77 [a]±1.27
T2 (1% F520, 0% Purac)	75.81[a]±4.88	-0.44[a]±0.99	12.09[a]±1.07	1.17 [a]±0.41
T3 (2% F520, 0.2% Purac)	77.51[a]±1.81	4.22[a]±0.47	9.94[a]±0.83	5.77 [a]±0.77
T4 (2% F520, 0% Purac)	73.51[a]±1.22	1.97[a]±2.49	11.37[a]±1.81	4.31 [a]±5.35
T5 (1.5% F520, 0.1% Purac)	74.57[a]±0.83	3.77[a]±0.25	10.09[a]±1.88	5.80 [a]±3.01
T6 (1.5% N6, 0% Purac)	78.04[a]±0.54	2.13[a]±2.58	11.85[a]±2.29	5.23 [a]±0.65
T7 (Control)	78.07[a]±2.47	1.35[a]±3.38	10.76[a]±0.64	3.08 [a]±3.07
T8 (0.35% Cal Pro)	76.88[a]±5.42	-0.52[a]±0.94	11.71[a]±0.83	-

[1]ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับอยู่ในคอลลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังพบว่าสูตรที่เติม Verdad F520 และ Verdad N6 มีค่าความแข็งมากกว่าสูตรควบคุมและสูตรที่ใส่ Calcium propionate เนื่องมาจากกรดแอซิติกมีความสามารถในการทำให้ของเหลวในกลูเตนเกิดการแตกตัว จึงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงประจุบนผิวของโปรตีน (Damodaran,1996) และเกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลของโปรตีนทำให้สายพอลิเมอร์เกิดการรวมตัวกัน (McCann et al.,2009) นอกจากนี้ยังเกิดพันธะเชื่อมข้ามระหว่างหมู่ซัลเฟอร์บนโมเลกุลของโปรตีน (Sidhu et al.,1980) จึงอาจทำให้เนื้อสัมผัสของขนมปังมีความแข็งขึ้นหลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 1 วัน

ตารางที่ 9 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปัง[1]

Bread Formula	Hardness (kg)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess (kg)	Chewiness (kg)
T1 (1% F520, 0.2% Purac)	0.52 ^{ab}±0.02	0.90 ^{a}±0.05	0.54 ^{a}±0.12	0.28 ^{a}±0.05	0.25 ^{a}±0.06
T2 (1% F520, 0% Purac)	0.49 ^{a}±0.21	0.88 ^{a}±0.04	0.72 ^{a}± 0.16	0.35 ^{ab}±0.10	0.31 ^{ab}±0.07
T3 (2% F520, 0.2% Purac)	1.01 ^{d}±0.07	0.84 ^{a}±0.00	0.56 ^{a}±0.01	0.56 ^{c}±0.02	0.47 ^{c}±0.02
T4 (2% F520, 0% Purac)	0.66 ^{bc}±0.50	0.88 ^{a}±0.17	0.60 ^{a}±0.00	0.38 ^{ab}±0.00	0.33 ^{ab}±0.00
T5 (1.5% F520, 0.1% Purac)	0.57 ^{ab}±0.17	0.88 ^{a}±0.00	0.63 ^{a}±0.02	0.36 ^{ab}±0.09	0.31 ^{ab}±0.08
T6 (1.5% N6, 0% Purac)	0.79 ^{c}±0.01	0.87 ^{a}±0.02	0.59 ^{a}±0.01	0.46 ^{bc}±0.01	0.40 ^{bc}±0.00
T7 (Control)	0.54 ^{ab}±0.01	0.86 ^{a}±0.01	0.68 ^{a}±0.06	0.37 ^{ab}±0.04	0.31 ^{ab}±0.03
T8 (0.35% Cal Pro)	0.47 ^{a}±0.01	0.87 ^{a}±0.04	0.72 ^{a}±0.11	0.34 ^{ab}±0.06	0.29 ^{ab}±0.04

[1]ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับอยู่ในคอลลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.4 การศึกษาผลของการใส่ Preservatives ลงในขนมปังต่ออายุการเก็บ

จากการศึกษาอายุการเก็บของขนมปังสูตรต่างๆที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่า ขนมปังสูตรควบคุมสามารถเก็บได้ 5 วันโดยที่ไม่ขึ้นรา โดยที่หลังจากวันที่ 5 ทั้ง 5 ถุงมีราปรากฏที่ผิวหน้าของขนมปัง ในขณะที่ขนมปังสูตรที่เติม Calcium Propionate สามารถเก็บได้มากกว่า 25 วันโดยที่ไม่ขึ้นรา ส่วนขนมปังสูตรที่เติม Verdad F520 และ Verdad N6 สามารถยืดอายุการเก็บได้ถึง 14 วันโดยขึ้นกับความเข้มข้นและการเติม Purac โดยที่ T2 และ T3 มีอายุการเก็บมากกว่า 25 วัน ในขณะที่ T4 มีอายุการเก็บเพียง 15 วันแม้ว่า T4 มีความเข้มข้นของ Verdad F520 สูง แต่ผลจากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าขนมปังสูตร T4 มีค่า pH สูงกว่าสูตรอื่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก Verdad F520 มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของราได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด จึงส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อราลดลง

เช่นเดียวกับขนมปังสูตรที่เติม Verdad N6 และไม่เติม Purac (T6) มีค่า pH สูง ซึ่งอาจส่งผลต่อความสามารถในการยับยั้งการเจริญของราลดลง จึงทำให้มีอายุการเก็บสั้น

ตารางที่ 10 อายุการเก็บของขนมปัง

Replicate 1

	Number of bags exhibiting visible mold spot							
Formula / Day	T1 (1% F520, 0.2% Purac)	T2 (1% F520, 0% Purac)	T3 (2% F520, 0.2% Purac)	T4 (2% F520, 0% Purac)	T5 (1.5% F520, 0.1% Purac)	T6 (1.5% N6, 0% Purac)	T7 (Control)	T8 (0.35% Cal Pro)
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	5	-
7	-	-	-	-	-	-	5	-
8	-	-	-	-	-	-	5	-
9	-	-	-	-	-	-	5	-
10	-	-	-	-	-	-	5	-
11	-	-	-	-	-	-	5	-
12	-	-	-	-	-	-	5	-
13	-	-	-	-	-	-	5	-
14	-	-	-	-	-	-	5	-

	Number of bags exhibiting visible mold spot							
Formula / Day	T1 (1% F520, 0.2% Purac)	T2 (1% F520, 0% Purac)	T3 (2% F520, 0.2% Purac)	T4 (2% F520, 0% Purac)	T5 (1.5% F520, 0.1% Purac)	T6 (1.5% N6, 0% Purac)	T7 (Control)	T8 (0.35% Cal Pro)
15	-	-	-	-	-	-	5	-
16	-	-	-	2	-	1	5	-
17	-	-	-	3	1	1	5	-
18	-	-	-	3	1	1	5	-
19	-	-	-	3	1	1	5	-
20	-	-	-	3	1	1	5	-
21	-	-	-	3	1	1	5	-
22	-	-	-	3	1	1	5	-
23	-	-	-	3	1	1	5	-
24	-	-	-	3	1	1	5	-
25	-	-	-	3	1	1	5	-

Replicate 2

	Number of bags exhibiting visible mold spot							
Formula / Day	T1 (1% F520, 0.2% Purac)	T2 (1% F520, 0% Purac)	T3 (2% F520, 0.2% Purac)	T4 (2% F520, 0% Purac)	T5 (1.5% F520, 0.1% Purac)	T6 (1.5% N6, 0% Purac)	T7 (Control)	T8 (0.35% Cal Pro)
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	4	-
7	-	-	-	-	-	-	5	-
8	-	-	-	-	-	-	5	-
9	-	-	-	-	-	-	5	-
10	-	-	-	-	-	-	5	-
11	-	-	-	-	-	-	5	-

	Number of bags exhibiting visible mold spot							
Formula / Day	T1 (1% F520, 0.2% Purac)	T2 (1% F520, 0% Purac)	T3 (2% F520, 0.2% Purac)	T4 (2% F520, 0% Purac)	T5 (1.5% F520, 0.1% Purac)	T6 (1.5% N6, 0% Purac)	T7 (Control)	T8 (0.35% Cal Pro)
12	-	-	-	-	-	-	5	-
13	-	-	-	-	-	-	5	-
14	2	-	-	-	-	-	5	-
15	2	-	-	-	-	-	5	-
16	2	-	-	2	-	1	5	-
17	2	-	-	3	1	1	5	-
18	2	-	-	3	1	1	5	-
19	2	-	-	3	1	1	5	-
20	2	-	-	3	1	1	5	-
21	2	-	-	3	1	1	5	-
22	2	-	-	3	1	1	5	-
23	2	-	-	3	1	1	5	-
24	2	-	-	3	1	1	5	-
25	2	-	-	3	1	1	5	-

4.5 การศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

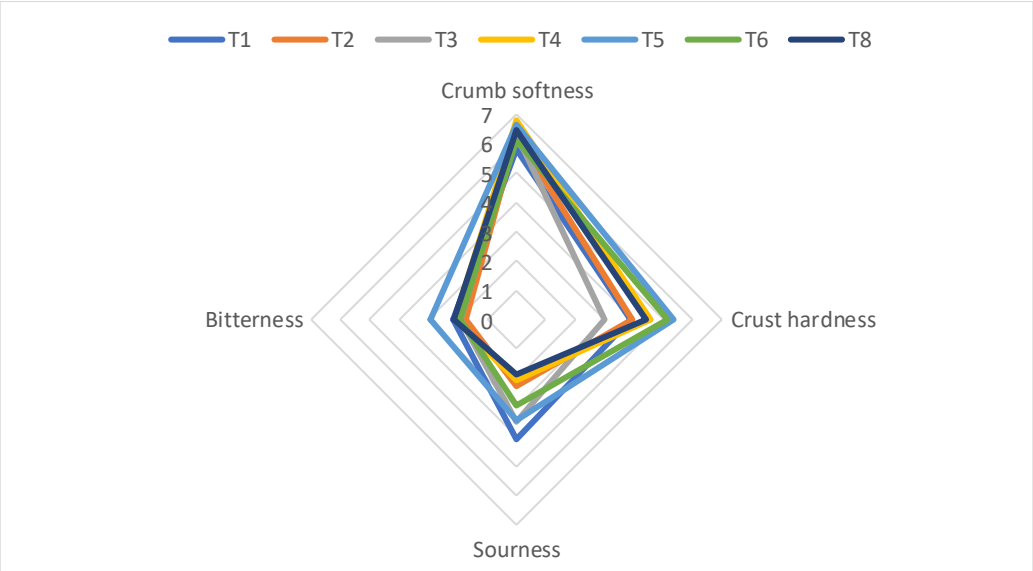
จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบมีความชอบด้านรสชาติพบว่าขนมปังทุกสูตรมีความชอบด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน แต่ผู้ทดสอบมีความชอบโดยรวมต่อขนมปังสูตรที่ใส่ F520 2% และไม่ใส่ Purac (T4) มากที่สุด ในขณะที่ขนมปังสูตรอื่นมีความชอบโดยรวมที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาพบว่าขนมปังสูตร T1, T3 และ T5 มีระดับความเปรี้ยวมากกว่าขนมปังสูตรที่ใส่ Calcium propionate อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนขนมปังสูตร T2 และ T4 มีระดับความเปรี้ยวไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส[1]

Bread formula	Color		Odor
	Crumb	Crust	
T1 (1% F520, 0.2% Purac)	5.3 ^{a}±1.2	5.1 ^{b}±1.3	4.7 ^{a}±1.4
T2 (1% F520, 0% Purac)	5.6 ^{ab}±1.1	5.5 ^{b}±1.3	4.7 ^{a}±1.5
T3 (2% F520, 0.2% Purac)	5.1 ^{a}±1.3	5.2 ^{b}±1.1	4.5 ^{a}±1.3
T4 (2% F520, 0% Purac)	5.5 ^{ab}±1.1	5.4 ^{b}±1.2	4.6 ^{a}±1.3
T5 (1.5% F520, 0.1% Purac)	5.4 ^{a}±0.9	5.1 ^{b}±1.2	4.1 ^{a}±1.5
T6 (1.5% N6, 0% Purac)	5.1 ^{a}±1.2	4.4 ^{a}±1.4	4.9 ^{a}±1.4
T8 (0.35% Cal Pro)	5.9 ^{b}±1.0	5.6 ^{b}±1.1	4.4 ^{a}±15

Bread formula	Texture	Taste	Overall
T1 (1% F520, 0.2% Purac)	4.9 ^{a}±1.2	4.1 ^{a}±1.7	4.6 ^{a}±1.3
T2 (1% F520, 0% Purac)	5.3 ^{a}±1.1	4.4 ^{ab}±1.5	4.7 ^{ab}±1.2
T3 (2% F520, 0.2% Purac)	5.2 ^{a}±1.1	4.6 ^{bc}±1.2	4.8 ^{abc}±1.0
T4 (2% F520, 0% Purac)	5.0 ^{a}±1.4	5.1 ^{d}±1.2	5.2 ^{c}±1.1
T5 (1.5% F520, 0.1% Purac)	5.1 ^{a}±1.2	4.4 ^{ab}±1.2	4.6 ^{a}±1.1
T6 (1.5% N6, 0% Purac)	5.1 ^{a}±1.0	4.9 ^{d}±1.4	4.9 ^{abc}±0.9
T8 (0.35% Cal Pro)	5.2 ^{a}±1.2	4.9 ^{cd}±1.2	5.1 ^{bc}±1.0

[1]ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับอยู่ในคอลลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 3 การประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การใส่ Verdad F520 และ Verdad N6 มีผลต่อการยืดอายุการเก็บของขนมปังจาก 5 วันเป็นอย่างน้อย 25 วันเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม การใส่สารผสมของกรดแอซิติกเหล่านี้จึงสามารถนำมาใช้แทนการใช้ Calcium propionate เพื่อยับยั้งการเจริญของรา อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการเป็นสารต้านการเจริญของราขึ้นกับค่า pH ของขนมปังและความสภาวะความเป็นกรด การเติมสารเหล่านี้มักทำให้ค่า pH เพิ่มดังนั้นการเติม Purac จึงมีความจำเป็นเพื่อลดค่า pH ให้มีสภาวะที่เหมาะสม

การใส่ Verdad F520 และ Verdad N6 ส่งผลลบต่อลักษณะทางกายภาพของขนมปัง เนื่องจากกรดแอซิติกทำให้เนื้อขนมปังมีความแข็งมากกว่าและมีสีเนื้อและเปลือกของขนมปังที่เข้มกว่าสูตรควบคุมเล็กน้อย แต่จากการทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภคพบว่า ขนมปังสูตรที่ใส่ Verdad F520 1% มีลักษณะทางกายภาพที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม

จากสมบัติการยืดอายุการเก็บและลักษณะทางกายภาพของขนมปัง โดยสูตร T2 และ T3 สามารถยืดอายุการเก็บได้อย่างน้อย 25 วันเท่ากัน โดยสูตรที่เหมาะสมกับการมาใช้ในขนมปังคือ สูตร T2 ที่มีการใส่ Verdad F520 1% และไม่ใส่ Purac เนื่องจากการใส่ Purac 0.2% และเพิ่มความเข้มข้นของ Verdad F520 เป็น 2% ทำให้ผู้ทดสอบรับรู้ถึงรสชาติเปรี้ยวต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการเติม Purac เพื่อปรับค่า pH จึงไม่มีความจำเป็น เนื่องจาก Verdad F520 1% สามารถทำหน้าที่เป็นการต้านการเจริญของราได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทดสอบราโดยการสังเกตจุดราบนขนมปังเป็นเพียงวิธีในการทดสอบอายุการเก็บของขนมปังเบื้องต้น ในการนำไปใช้จริงควรทำการทดสอบเชื้อรา ด้วยวิธี Direct examination, Dilution plating method หรือ Direct plating method เพื่อให้มีความแม่นยำในการทดสอบอายุการเก็บขนมปังเพิ่มขึ้น และสามารถรายงานเป็นปริมาณ CFU/g เนื่องจากเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กำหนดให้อาหารประเภทขนมปังมีเชื้อราและยีสต์หลงเหลือได้ไม่เกิน 100 CFU/g

บรรณานุกรม

ธีระพงค์ หมวดศรี. วิธีการใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) วัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีทดสอบแบบ TPA. [ออนไลน์]. 2561. แหล่งที่มา : http://agro-industry.rmutsv.ac.th/agro/th/taxonomy-vocabulary-1-terms-75 [4 กุมภาพันธ์ 2563]

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร ฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร ฉบับที่ 119 (พ.ศ. 2532)

ปวีนา น้อยทัพ, เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และ โอรส รักชาติ. การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษา

ปลาช่อนแดดเดียวโดยใช้สารต้านจุลชีพจากกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2553

มณฑารพ ยมาภัย. การผลิตและพัฒนาเอนไซม์ไคติเนสเพื่อใช้เป็นชีววัตถุในการกำจัดเชื้อราก่อโรคในพืช. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สำนักวิชา เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2554.

สุรินทร์ อยู่ยง. สารกันราในขนมปัง. [ออนไลน์]. 2557. แหล่งที่มา : https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/191/สารกันราในขนมปัง/ [9 กันยายน 2562]

อัจฉรา พุ่มฉัตร. จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 47 (พฤษภาคม 2542).

Apeldoorn, M. E. V., Speijers, G. J. A. Maltogenic amylase.[online]. 1998. Available from : http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v040je06.htm [2019, September 11]

Debonne, E., et al., The influence of natural oils of blackcurrant, black cumin seed, thyme and wheat germ on dough and bread technological and microbiological quality. Food science and Technology. 93: 212-219, 2018.

Holmquist, G. U., Walker, H. W.,and Stahr, H. M. Inflience of temperature, pH, Water Activity and Antifungal Agents on Growth of Aspergillus flavus and A. parasiticus. Journal of food science 48 : 778-782, 1983.

Jamilah, M.B., Abbas, K.A., and Rahman, R.A. A Review on some organic acids additives as shelf life extenders of fresh beef cuts. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 3 (3): 566-574, 2008.

Mikuš, L., Kováčová, M., Dodok, L., Medveďová, A., Mikušová, L.,and Šturdík, E. Effects of enzymes and hydrocolloids on physical, sensory and shelf-life properties of wheat bread. In Institute of Chemistry - Slovak Academy of Sciences. Bratislava : Versita, 2012.

Millar, K.A., Barry-Ryan, C., Burke, R., McCarthy, S., and Gallagher, E. Dough properties and baking characteristics of white bread, as affected by addition of raw, germinated and toasted pea flour. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 56: 102189, 2019.

Molano, J., Polacheck, I., Duran, A.,and Cabib, E. An Endochitinase from Wheat Germ activity on nascent and preformed chitin. The Journal of Biological Chemistry. 254. 11 (June 1979) : 4901-4907.

Pena, L., and Burton, B. K. Survey of health status and complications among propionic acidemia patients. American Journal of Medical Genetics Part A. 158 : 1641-1646, 2012.

Rehman, S., Nawaz, H., Hussian, S., Ahmad, M.M., Murtaza, M.A., and Ahmad M.S. Effect of Sourdough Bacteria on the Quality and Shelf Life of Bread. Pakistan Journal of Nutrition 6 (6): 562-565, 2007

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

วันที่ทดสอบ.....

ชื่อ..... เพศ..... อายุ.....

คำแนะนำ : โปรดทดสอบตัวอย่างขนมปังโดยเรียงลำดับจากซ้ายไปขวา และแสดงเครื่องหมาย √ ในระดับการยอมรับที่ตรงกับใจท่านมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง.....

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก
ความชอบด้านสี							
• สีของเนื้อขนมปัง(Crumb)							
• สีของเปลือก (Crust)							
ความชอบด้านกลิ่น							
ความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส							
ความชอบด้านรสชาติ							
ความชอบโดยรวม							

คำแนะนำ : โปรดประเมินความเข้มลักษณะต่างๆของตัวอย่างขนมปัง โดยการขีดระดับคะแนนในสเกลตามความรู้สึกของท่าน

	0	5	10
ความนุ่มของเนื้อขนมปัง	น้อยมาก		มาก
ความแข็งของเปลือกขนมปัง	น้อยมาก		มาก
ความเปรี้ยว	ไม่มี		มาก
ความฝาด	ไม่มี		มาก

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข
ระยะเวลาในการดำเนินงาน

ระยะเวลาดำเนินงาน

ตาราง ข. ระยะเวลาดำเนินงาน

	มิ.ย. 61	ก.ค. 61	ส.ค. 61	ก.ย. 61	ต.ค. 61	พ.ย. 61	ธ.ค. 61	ม.ค. 62	ก.พ. 62	มี.ค. 62	เม.ย. 62
ค้นคว้า รวบรวมข้อมูล และวางแผนการทดลอง											
ทดลองสูตรพื้นฐานและคุณสมบัติต่างๆ ของขนมปัง											
ทดลองสูตรขนมปังด้วยการใส่สารจากธรรมชาติ											
ทดสอบลักษณะทางกายภาพ เคมีและลักษณะทางประสาทสัมผัส											
วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง											
สรุปผลการทดลอง เขียนรายงาน เตรียมการนำเสนอ											

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1) การวิเคราะห์ผลการใส่ Preservatives ลงในขนมปังต่อสมบัติทางเคมี

ตาราง ง.1 ค่า pH dough

Tests of Between-Subjects Effects

pHdough

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.386[a]	7	.055	2.077	.164
Intercept	449.228	1	449.228	16904.159	.000
Trt	.386	7	.055	2.077	.164
Error	.213	8	.027		
Total	449.827	16			
Corrected Total	.599	15			

a. R Squared = .645 (Adjusted R Squared = .334)

ตาราง ง.2 ค่า pH ขนมปัง

Tests of Between-Subjects Effects

pHbread

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.440[a]	7	.063	15.026	.001
Intercept	459.995	1	459.995	110013.813	.000
Trt	.440	7	.063	15.026	.001
Error	.033	8	.004		
Total	460.469	16			
Corrected Total	.473	15			

a. R Squared = .929 (Adjusted R Squared = .867)

ตาราง ง.3 ค่า water activity

Tests of Between-Subjects Effects

Aw

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.000[a]	7	3.756E-5	.289	.940
Intercept	14.556	1	14.556	112024.108	.000
Trt	.000	7	3.756E-5	.289	.940
Error	.001	8	.000		
Total	14.557	16			
Corrected Total	.001	15			

a. R Squared = .202 (Adjusted R Squared = -.496)

ตาราง ง.4 ค่า moisture content

Tests of Between-Subjects Effects

MC

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	22.097[a]	7	3.157	.270	.949
Intercept	38727.977	1	38727.977	3317.577	.000
Trt	22.097	7	3.157	.270	.949
Error	93.389	8	11.674		
Total	38843.462	16			
Corrected Total	115.485	15			

a. R Squared = .191 (Adjusted R Squared = -.516)

2) การวิเคราะห์ผลการใส่ Preservatives ลงในขนมปังต่อน้ำหนักและปริมาตร

ตาราง ง.5 น้ำหนัก

Tests of Between-Subjects Effects

Weight

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	40.301[a]	7	5.757	.564	.768
Intercept	829210.572	1	829210.572	81185.713	.000
Trt	40.301	7	5.757	.564	.768
Error	81.710	8	10.214		
Total	829332.583	16			
Corrected Total	122.011	15			

a. R Squared = .330 (Adjusted R Squared = -.256)

ตาราง ง.6 ปริมาตรจำเพาะ

Tests of Between-Subjects Effects

sp.vol

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.611[a]	7	.087	1.495	.292
Intercept	159.201	1	159.201	2725.758	.000
trt	.611	7	.087	1.495	.292
Error	.467	8	.058		
Total	160.280	16			
Corrected Total	1.079	15			

a. R Squared = .567 (Adjusted R Squared = .188)

ตาราง ง.7 ปริมาตร

Tests of Between-Subjects Effects

vol

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	26823.352[a]	7	3831.907	1.684	.240
Intercept	8238823.012	1	8238823.012	3621.092	.000
trt	26823.352	7	3831.907	1.684	.240
Error	18201.855	8	2275.232		
Total	8283848.220	16			
Corrected Total	45025.208	15			

a. R Squared = .596 (Adjusted R Squared = .242)

3) การวิเคราะห์ผลการใส่ Preservatives ลงในขนมปังต่อสีเปลือกและเนื้อของขนมปัง

ตาราง ง.8 ค่า L* ของเปลือกขนมปัง

Tests of Between-Subjects Effects

Lcrust

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	79.464[a]	7	11.352	.514	.802
Intercept	37384.222	1	37384.222	1691.280	.000
Trt	79.464	7	11.352	.514	.802
Error	176.833	8	22.104		
Total	37640.519	16			
Corrected Total	256.297	15			

a. R Squared = .310 (Adjusted R Squared = -.294)

ตาราง ง.9 ค่า a* ของเปลือกขนมปัง

Tests of Between-Subjects Effects

Acrust

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18.876[a]	7	2.697	.659	.702
Intercept	4703.559	1	4703.559	1150.254	.000
Trt	18.876	7	2.697	.659	.702
Error	32.713	8	4.089		
Total	4755.148	16			
Corrected Total	51.589	15			

a. R Squared = .366 (Adjusted R Squared = -.189)

ตาราง ง.10 ค่า b* ของเปลือกขนมปัง

Tests of Between-Subjects Effects

Bcrust

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	31.153[a]	7	4.450	.836	.587
Intercept	13779.825	1	13779.825	2588.876	.000
Trt	31.153	7	4.450	.836	.587
Error	42.582	8	5.323		
Total	13853.560	16			
Corrected Total	73.735	15			

a. R Squared = .423 (Adjusted R Squared = -.083)

ตาราง ง.11 ค่า E* ของเปลือกขนมปัง

Tests of Between-Subjects Effects

ECrust

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	79.741[a]	6	13.290	.810	.593
Intercept	459.661	1	459.661	28.010	.001
Trt	79.741	6	13.290	.810	.593
Error	114.874	7	16.411		
Total	654.276	14			
Corrected Total	194.616	13			

a. R Squared = .410 (Adjusted R Squared = -.096)

ตาราง ง.12 ค่า L* ของเนื้อขนมปัง

Tests of Between-Subjects Effects

Lcrumb

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	38.454[a]	7	5.493	.524	.795
Intercept	93091.349	1	93091.349	8885.927	.000
Trt	38.454	7	5.493	.524	.795
Error	83.810	8	10.476		
Total	93213.614	16			
Corrected Total	122.265	15			

a. R Squared = .315 (Adjusted R Squared = -.285)

ตาราง ง.13 ค่า a* ของเนื้อขนมปัง

Tests of Between-Subjects Effects

Acrumb

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	41.404[a]	7	5.915	1.266	.371
Intercept	47.128	1	47.128	10.088	.013
Trt	41.404	7	5.915	1.266	.371
Error	37.373	8	4.672		
Total	125.906	16			
Corrected Total	78.778	15			

a. R Squared = .526 (Adjusted R Squared = .110)

ตาราง ง.14 ค่า b* ของเนื้อขนมปัง

Tests of Between-Subjects Effects

Bcrumb

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9.017[a]	7	1.288	.682	.687
Intercept	1985.259	1	1985.259	1050.841	.000
Trt	9.017	7	1.288	.682	.687
Error	15.114	8	1.889		
Total	2009.390	16			
Corrected Total	24.130	15			

a. R Squared = .374 (Adjusted R Squared = -.174)

ตาราง ง.15 ค่า E* ของเนื้อขนมปัง

Tests of Between-Subjects Effects

ECrumb

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	36.618[a]	6	6.103	.857	.567
Intercept	226.181	1	226.181	31.749	.001
Trt	36.618	6	6.103	.857	.567
Error	49.868	7	7.124		
Total	312.668	14			
Corrected Total	86.486	13			

a. R Squared = .423 (Adjusted R Squared = -.071)

4) การวิเคราะห์ผลการใส่ Preservatives ลงในขนมปังต่อลักษณะเนื้อสัมผัส

ตาราง ง.16 ค่า Hardness

Tests of Between-Subjects Effects

Hardness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.478[a]	7	.068	15.079	.001
Intercept	6.372	1	6.372	1407.680	.000
Trt	.478	7	.068	15.079	.001
Error	.036	8	.005		
Total	6.886	16			
Corrected Total	.514	15			

a. R Squared = .930 (Adjusted R Squared = .868)

ตาราง ง.17 ค่า Springiness

Tests of Between-Subjects Effects

Springiness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.005[a]	7	.001	.786	.618
Intercept	12.146	1	12.146	14212.046	.000
Trt	.005	7	.001	.786	.618
Error	.007	8	.001		
Total	12.157	16			
Corrected Total	.012	15			

a. R Squared = .407 (Adjusted R Squared = -.111)

ตาราง ง.18 ค่า Cohesiveness

Tests of Between-Subjects Effects

Cohesiveness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.067[a]	7	.010	1.407	.320
Intercept	6.343	1	6.343	927.607	.000
Trt	.067	7	.010	1.407	.320
Error	.055	8	.007		
Total	6.466	16			
Corrected Total	.122	15			

a. R Squared = .552 (Adjusted R Squared = .160)

ตาราง ง.19 ค่า Gumminess

Tests of Between-Subjects Effects

Gumminess

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.109[a]	7	.016	4.962	.019
Intercept	2.401	1	2.401	768.075	.000
Trt	.109	7	.016	4.962	.019
Error	.025	8	.003		
Total	2.534	16			
Corrected Total	.134	15			

a. R Squared = .813 (Adjusted R Squared = .649)

ตาราง ง.20 ค่า Chewiness

Tests of Between-Subjects Effects

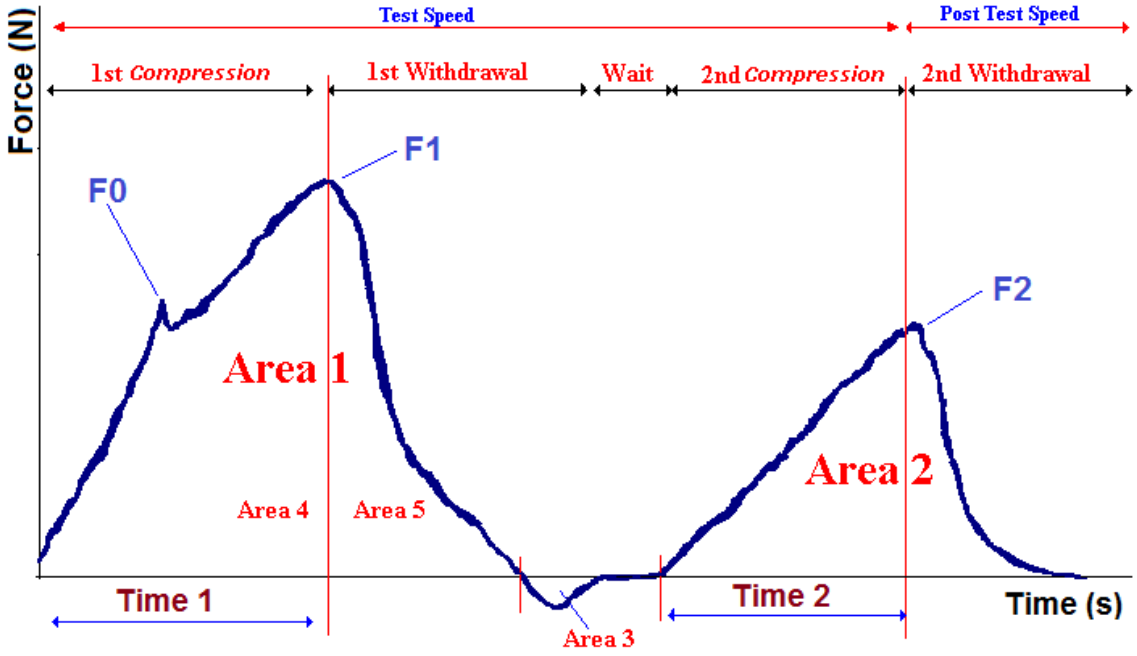
Chewiness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.068[a]	7	.010	4.678	.023
Intercept	1.804	1	1.804	866.576	.000
Trt	.068	7	.010	4.678	.023
Error	.017	8	.002		
Total	1.889	16			
Corrected Total	.085	15			

a. R Squared = .804 (Adjusted R Squared = .632)

ภาพผนวก ง

Texture profile analysis graph



ภาพที่ 4 Texture profile analysis graph

Hardness คือ แรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดหรือเทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก

Cohesiveness คือ พลังงานยึดเกาะกันในเนื้ออาหาร หาได้จาก อันตราส่วนของพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่เป็นค่าบวกของการกดหรือการเคี้ยวครั้งที่ 2 และครั้งที่ 1 (Area2/Area1)

Gumminess คือ พลังงานที่ทำให้อาหาร ซึ่งมีค่าความแข็งน้อย แต่พลังงานยึดเกาะกันภายในสูง แตกออกทำให้สามารถกลืนได้ (Hardness x Cohesiveness)

Springiness คือ ค่าที่บอกถึงความสามารถในการคืนตัวของตัวอย่างหลังการเสียรูปจากการกดครั้งแรก (Time2/Time1)

Chewiness คือ พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร (Gumminess x Springiness)

ภาพผนวก จ

กรดอินทรีย์

Corbion

Product Data
Rev.No. 1/4529
Print date 11-July-2019

Verdad® F520

Description Verdad F520 is a vinegar and cultured (cane) sugar intended for food application.

	Product	vinegar, cultured sugar
	Intended use	food
Specification	Form	liquid
	Color	brown
	Vinegar	52.0 - 58.0 % (w/w)
	Dry matter	48.0 - 52.0 % (w/w)
	Cultured sugar	42.0 - 48.0 % (w/w)
	Free acidity (as acetic acid)	4.0 - 7.0 % (w/w)
	Sodium	3.0 - 7.0 % (w/w)
	pH (10% solution)	5.0-5.4
	Purity	
	Arsenic	max. 2 mg/kg
	Lead	max. 2 mg/kg
	Cadmium	max. 1 mg/kg
	Mercury	max. 1 mg/kg
	Microbiology	
	TAMC	max. 5000 counts/g
	TYMC	max. 100 counts/g
	Salmonella	absent in 25 gram
	E.Coli	absent in 10 gram
	Enterobacteriaceae	absent in 10 gram
	Staphylococcus	absent in 10 gram
Suggested labeling	Labeling	vinegar and cultured or fermented sugar [1)]

[1)] Suggested labeling depends upon the intended use and local regulations. The food manufacturer is responsible for food label compliance.

Copyright © Corbion. All rights reserved. No part of this publication may be copied, downloaded, reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopied, recorded or otherwise, without permission of the publisher. No representation or warranty is made as to the truth or accuracy of any data, information or opinions contained herein or as to their suitability for any purpose, condition or application. None of the data, information or opinions contained herein may be relied upon for any purpose or reason. Corbion disclaims any liability, damages, losses or other consequences suffered or incurred in connection with the use of the data, information or opinions contained herein. In addition, nothing contained herein shall be construed as a recommendation to use any products in conflict with existing patents covering any material or its use.

ภาพที่ 5 กรดอินทรีย์ Verdad F520

Corbion

Product Data
Rev.No. 7/4558
Print date 07-Mar-2019

Verdad® Powder N6

Description

Verdad Powder N6 is the powder form of a natural product based on a label friendly ingredient: white distilled / spirit vinegar.
The vinegar is produced by fermentation using specifically selected food cultures. Verdad Powder N6 is the powder form of vinegar, has a mild vinegar taste and is intended to be used in food products.

	Product	vinegar
	Intended use	food
Specification	Form	powder
	Appearance (visual)	off white
	Moisture content	9-15 % (w/w)
	Free acidity	5-7 % (w/v)
	pH (10% solution)	5.8-6.2
	Particle size max. 1500 µm	min. 95 %
	Purity	
	Heavy metals	max. 10 mg/kg
	Sulfites	max. 10 mg/kg
	Microbiology	
	TAMC	max. 100 counts/g
	TYMC	max. 100 counts/g
Regulatory / Registration	CAS number	8028-52-2 (vinegar)
	GRAS status	vinegar is GRAS
	Patent application pending in	BR, CA, US
	Patent granted in	EP (EP2880146B1)
Suggested labeling	Labeling	vinegar or vinegar powder [1)]

[1)] Suggested labeling depends upon the intended use and local regulations. The food manufacturer is responsible for food label compliance.

Copyright © Corbion. All rights reserved. No part of this publication may be copied, downloaded, reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopied, recorded or otherwise, without permission of the publisher. No representation or warranty is made as to the truth or accuracy of any data, information or opinions contained herein or as to their suitability for any purpose. Condition or application. None of the data, information or opinions contained herein may be relied upon for any purpose or reason. Corbion disclaims any liability, damages, losses or other consequences suffered or incurred in connection with the use of the data, information or opinions contained herein. In addition, nothing contained herein shall be construed as a recommendation to use any products in conflict with existing patents covering any material or its use.

ภาพที่ 6 กรดอินทรีย์ Verdad N6

ภาพที่ 7 กรดอินทรีย์ Purac

ภาคผนวก ฉ
ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวอภิชญา ธนญชัยกุล
ตำแหน่งหัวหน้าโครงการ
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา 2562
โทรศัพท์ 099-153-1113
Email apichayathanonchaikul@hotmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวสุชัญญา กิตติฤดีกุล
ตำแหน่งผู้วิจัยร่วม
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา 2562
โทรศัพท์ 087-711-6699
Email mild.suchanya@hotmail.com