ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อคุณภาพของแป้งกากมะพร้าวและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์พิซซ่าปราศจากกลูเตน

EFFECT OF DRYING TEMPERATURE AND TIME ON THE QUALITY OF COCONUT RESIDUE FLOUR AND ITS USE IN GLUTEN-FREE PIZZA PRODUCT

กมลทิพย์ จั่นพา

ณัฐชา จันทร์ปาน

ณัฐพงศ์ เสนคำสอน

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อคุณภาพของแป้งกากมะพร้าวและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์พิซซ่าปราศจากกลูเตน

EFFECT OF DRYING TEMPERATURE AND TIME ON THE QUALITY OF COCONUT RESIDUE FLOUR AND ITS USE IN GLUTEN-FREE PIZZA PRODUCT

จัดทำโดย

กมลทิพย์ จันพา รหัสนักศึกษา 62080001

ณัฐชา จันทร์ปาน รหัสนักศึกษา 62080019

ณัฐพงศ์ เสนคำสอน รหัสนักศึกษา 62080020

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../9/5/2013.....

(ผศ.ดร. ยุพร พืชกมุทร)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อคุณภาพของแป้งกากมะพร้าว และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์พิซซ่าปราศจากกลูเตน
ชื่อนักศึกษา	กมลทิพย์ จั่นพา รหัสนักศึกษา 62080001
	ณัฐชา จันทร์ปาน รหัสนักศึกษา 62080019
	ณัฐพงศ์ เสนคำสอน รหัสนักศึกษา 62080020
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ยุพร พืชกมุทร

บทคัดย่อ

กากมะพร้าวที่ได้หลังจากการผลิตน้ำกะทิในอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่จะถูกทิ้งหรือนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ งานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการนำกากมะพร้าวสดที่เหลือทิ้งจากโรงงานผลิตกะทิ มาศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมแป้งกากมะพร้าวและนำไปผลิตเป็นพิซซ่าปราศจากกลูเตน โดยศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งกากมะพร้าว ซึ่งอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง คือ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกากมะพร้าวที่ผลิตได้ และนำแป้งกากมะพร้าวไปทดแทนแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง และแป้งมันสำปะหลังในปริมาณร้อยละ 10 และ 20 ที่ใช้ในการทำพิซซ่าปราศจากกลูเตน วิเคราะห์คุณภาพของพิซซ่าและทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งจะส่งผลต่อค่าสีและค่าเพอร์ออกไซด์ของแป้งกากมะพร้าว ในการทดลองได้เลือกแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำไปผลิตเป็นพิซซ่าปราศจากกลูเตน พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งกากมะพร้าวทำให้สมบัติด้านความหนืดของแป้งผสมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) พบว่าค่าความหนืดสูงสุดของแป้งลดลงเมื่อปริมาณการทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวเพิ่มขึ้น และผลการวิเคราะห์คุณภาพของพิซซ่า พบว่าการใช้แป้งกากมะพร้าวทดแทนแป้งผสมในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ความเหนียวของก้อนโดลดลง แป้งพิซซ่ามีสีเหลือง ความฟูของแป้งพิซซ่าลดลง เนื้อสัมผัสมีความแข็งและแน่นเนื้อมากขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพิซซ่าทั้ง 3 สูตร พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) จึงสรุปได้ว่าพิซซ่าปราศจากกลูเตนสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 20 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาผลิตเป็นพิซซ่าปราศจากกลูเตนจากแป้งกากมะพร้าว

คำสำคัญ: การอบแห้ง แป้งกากมะพร้าว พิซซ่าปราศจากกลูเตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Effect of drying temperature and time on the quality of coconut residue flour and its use in gluten-free pizza product
Student name	Kamonthip Chanpha Student ID 62080001
	Natcha Janpan Student ID 62080019
	Nattapong Saenkamson Student ID 62080020
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology
Year	2023
Advisor	Assist.Prof.Dr. Yuporn Puechkamut

ABSTRACT

Coconut residue after coconut milk production in the industry is mostly discarded or used as animal feed. This research aims to study the preparation of coconut residue into flour and its use in making gluten-free pizza. The study investigates the effect of temperature and time on the drying process of coconut residue to produce coconut residue flour at temperatures of 80, 100, and 120 ° C for 6, 5, and 4 hours, respectively. The chemical and physical properties of the coconut residue flour were analyzed. Then, the coconut residue flour was used to substitute 10% and 20% of the mixed flour between the rice flour, brown rice flour, and tapioca flour in making gluten-free pizza. The quality of the pizza and sensory test were analyzed. It was found that using high temperatures during the drying process influenced the color and peroxide value of coconut residue flour. In this experiment, the condition of 100 ° C for 5 hours to prepare coconut residue flour was selected to produce gluten-free pizza. It was found that increasing the amount of coconut residue flour significantly affected the pasting properties of the mixed flour ($p \geq 0.05$). The maximum viscosity of mixed flour was found to decrease when the amount of coconut residue flour used as a replacement for mixed flour increased. The result of the pizza quality analysis found that using a higher amount of coconut residue flour as a substitute for mixed flour caused the stickiness of the mixed dough deceased, the fluffiness of the pizza dough decreased, and the pizza dough became yellow. Moreover, the texture was harder and firmer. The sensory test results of all three pizza recipes showed no statistically significant difference ($p \geq 0.05$), concluding that a gluten-free pizza substituted with 20% coconut residue flour was the most suitable recipe to produce a gluten-free pizza from coconut residue flour.

Keywords: Drying, Coconut residue flour, Gluten-free pizza.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อคุณภาพของแป้งกากมะพร้าวและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์พิซซ่าปราศจากกลูเตน เพื่อการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สามารถดำเนินการจนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร ที่ได้ให้คำปรึกษา ความรู้ แนวคิด ข้อเสนอแนะ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานและเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ และช่วยให้คำปรึกษาแนะนำที่ดีต่อการทำวิจัยครั้งนี้ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

กมลทิพย์ จั่นพา
ณัฐชา จันทร์ปาน
ณัฐพงศ์ เสนคำสอน
6 เมษายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VII

สารบัญภาพ..... VIII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 กากมะพร้าว..... 3

2.1.1 กากมะพร้าวที่ได้จากการสกัดน้ำกะทิ 3

2.1.2 กากมะพร้าวที่ได้จากการสกัดน้ำมันมะพร้าว 4

2.2 แป้งกากมะพร้าว..... 4

2.3 กลูเตน..... 5

2.4 แป้ง..... 6

2.4.1 ชนิดของแป้ง 7

2.4.2 ลักษณะของเม็ดแป้ง 7

2.4.3 องค์ประกอบของแป้ง 7

2.4.4 สมบัติของแป้ง 8

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 11

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 13

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี..... 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 อุปกรณ์	13
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	17
3.3.1 กากทำแป้งจากกากมะพร้าว	17
3.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพแป้งกากมะพร้าว	18
3.3.3 การวิเคราะห์สมบัติของแป้งผสม และการทำพิซซ่าปราศจากกลูเตน	21
3.3.4 การวางแผนการทดลอง	25
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	26
4.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้เวลาในการอบแห้งกากมะพร้าว เพื่อผลิตเป็นแป้งกากมะพร้าว	26
4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแป้งกากมะพร้าว	28
4.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งกากมะพร้าว	28
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของแป้งกากมะพร้าว	29
4.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของแป้งกากมะพร้าว	30
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของแป้งกากมะพร้าว	30
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์	31
4.4 ผลของการทดแทนแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง และแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกากมะพร้าวต่อคุณภาพของพิซซ่าปราศจากกลูเตน	33
4.4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืดของแป้งผสม	33
4.4.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของก้อนโด	36
4.4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งพิซซ่าหลังอบ	38
4.4.4 ผลการวิเคราะห์ความฟูของแป้งพิซซ่าหลังอบ	39
4.4.5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งพิซซ่าหลังอบ	41
4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	42
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก	49
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	50
ภาคผนวก ข ขั้นตอนการทำพิซซ่าปราศจากกลูเตน	57
แบบประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พิซซ่าปราศจากกลูเตนเสริมแป้งกากมะพร้าว	61
ประวัติผู้เขียน	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าวจากกระบวนการสกัดน้ำกะทิ	3
2.2	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าวจากกระบวนการสกัดน้ำมันมะพร้าว	4
2.3	องค์ประกอบของแป้งกากมะพร้าว	5
3.1	สูตรแป้งพิซซ่าปราศจากกลูเตน (สูตรควบคุม)	22
3.2	สูตรแป้งพิซซ่าปราศจากกลูเตนเสริมแป้งกากมะพร้าว	22
4.1	Color of coconut residue flour prepared at 3 drying conditions.	28
4.2	Water and oil absorption capacity of coconut residue flour prepared at 3 drying conditions.	29
4.3	Moisture content and water activity of coconut residue flour prepared at 3 drying conditions.	30
4.4	Peroxide value of coconut residue flour prepared at 3 drying conditions.	31
4.5	Pasting properties of mixed flour and mix flour replaced by coconut residue flour.	33
4.6	Effect of coconut residue flour substitution in different ratios to tensile strength of pizza dough.	37
4.7	Effect of coconut residue flour substitution in different ratios to color of gluten-free pizza	38
4.8	Effect of coconut residue flour substitution in different ratios to fluffiness of gluten free pizza.	40
4.9	Effect of coconut residue flour substitution in different ratios to texture profile of gluten free pizza.	41
4.10	Effect of coconut residue flour substitution in different ratios to sensory of gluten free pizza.	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงโครงสร้างโปรตีนกลูเตนซึ่งประกอบด้วยกลูทินินกับไกอะดิน	5
2.2	แสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งระหว่างการต้มสุก	9
2.3	แสดงกระบวนการเกิดรีโทรเกรเดชันของอะไมโลส	10
4.1	กราฟการอบแห้ง (Drying curve) ของกากมะพร้าวที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส	26
4.2	แป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80, 100 และ120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ	27
4.3	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งผสม (a) สูตรควบคุม, (b) สูตรทดแทนด้วยแป้ง กากมะพร้าวร้อยละ 10 และ (c) สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 20	34
4.4	ก้อนโดก่อนรีดสูตรควบคุม (a) สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าว 10% (b) และสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าว 20% (c) ก้อนโดหลังรีดสูตรควบคุม (d) สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าว 10% (e) และสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าว 20% (f)	37
4.5	ความหนาของแป้งพิซซ่าหลังอบ สูตรควบคุม (ล่าง), สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 (กลาง) และสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 20 (บน)	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะพร้าว (*Cocos nucifera L.*) เป็นพืชยืนต้นชนิดหนึ่ง ที่เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย เนื่องจากทุกส่วนของมะพร้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ และสามารถแปรรูปได้หลากหลาย จากข้อมูลพื้นที่ปลูกมะพร้าวแกงทั้งประเทศปี 2562 ของไทย มีจำนวน 847,881 ไร่ ความต้องการใช้มะพร้าวผลในประเทศของผลผลิตทั้งหมดที่เป็นความต้องการใช้เพื่อการบริโภคโดยตรงร้อยละ35 อีกร้อยละ 65 ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูป (สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร,2563) เนื่องจากทุกส่วนของมะพร้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่ใบมะพร้าวทั้งอ่อนและแก่ ตลอดจนก้านใบใช้มุงหลังคา เครื่องจักสาน ไม้กวาดทางมะพร้าวยอดอ่อนนำมาทำอาหาร กะลาใช้ทำภาชนะตักของเหลว ผลเล็กที่ตกหล่นสามารถนำมาผลิตชิ้นงานสร้างมูลค่าเพิ่ม เปลือกมะพร้าวนำไปแยกเอาเส้นใยใช้ทำเชือก วัสดุทำเบาะและที่นอน ขุยมะพร้าวใช้ทำวัสดุเพาะชำต้นไม้ ผลบริโภคสดๆคั้นน้ำกะทิแปรรูปทำอาหารทั้งคาว หวาน เคี่ยวทำน้ำมัน และ ลำต้นก็ยังสามารถนำมาแปรรูปทำเป็นไม้สร้างที่อยู่อาศัย (ทรงวุฒ และคณะ, 2012) หนึ่งในการแปรรูปที่สำคัญของมะพร้าวคือการผลิตกะทิ โดยในอุตสาหกรรมการผลิตกะทิ สิ่งที่เหลือจากกระบวนการผลิตคือกากมะพร้าว ส่วนใหญ่จะนิยมนำไปเป็นอาหารสัตว์ราคาต่ำหรือปล่อยทิ้งให้เป็นของเสียจากกระบวนการผลิต จากข้อมูล ประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์มะพร้าวไปยังประเทศต่างๆทั่วโลก ในปี 2562 มีการส่งออกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปมากที่สุด โดยมีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 12,766 ล้านบาท (สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร,2563)

กากมะพร้าวมีคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะปริมาณเส้นใยอาหารที่สูง เหมาะกับการนำไปเพิ่มมูลค่า โดยการเพิ่มมูลค่าที่ง่ายที่สุดคือการผลิตเป็นแป้ง จากข้อมูล แป้งกากมะพร้าวมีปริมาณไฟเบอร์อยู่ที่ 60 g/100g โดยที่ ร้อยละ 56 เป็นเส้นใยไม่ละลายน้ำ และร้อยละ 4 เป็นเส้นใยละลายในน้ำ และพบว่าปริมาณไฟเบอร์มากกว่าข้าวสาลี 2 เท่าและมากกว่าข้าวโอ๊ตถึง 4 เท่า และแป้งมะพร้าวยังมีความแตกต่างกับแป้งชนิดอื่นๆตรงที่ไม่มีกรดไฟติกซึ่งจะพบมากในแป้งที่ทำมาจากธัญพืช โดยสารตัวนี้จะเข้าไปยับยั้งการดูดซึมของแร่ธาตุบางชนิดยกตัวอย่างเช่น เหล็ก เป็นต้น (ปริญญา และคณะ,2565)

แป้งกากมะพร้าวเหมาะสำหรับนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารปราศจากกลูเตน เนื่องจากกลูเตนที่มักพบในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนประกอบ กลุ่มคนบางส่วนไม่สามารถบริโภคได้ เช่น ผู้ป่วยโรคซิลิแอคที่ภูมิคุ้มกันบกพร่อง ในภาวะที่ถูกกระตุ้นจากการกินโปรตีนกลูเตน และคนที่แพ้กลูเตน ในปัจจุบันพิซซ่าถือเป็นอาหารยอดนิยมสำหรับคนทุกวัย มีรสชาติรับประทานง่าย มีหน้าให้เลือกหลากหลาย ดังนั้นในงานวิจัยจึงศึกษากระบวนการในการเตรียมแป้งจากกากมะพร้าวจากโรงงานน้ำกะทิเทพผดุงพรมะพร้าว โดยศึกษาผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอุณหภูมิและเวลาต่อคุณภาพของแป้งกากมะพร้าว จากนั้นนำแป้งไปใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง และแป้งมันสำปะหลังในการผลิตพิซซ่าปราศจากกลูเตน พร้อมทั้งเป็นการลดต้นทุนในการผลิต และเพิ่มมูลค่าให้กับกากมะพร้าวในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งต่อคุณภาพของแป้งกากมะพร้าว

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณภาพของพิซซ่าปราศจากกลูเตนจากแป้งกากมะพร้าว

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เพิ่มการใช้ประโยชน์ให้กับกากมะพร้าว

1.3.2 ทราบถึงลักษณะทางเคมีกายภาพของแป้งกากมะพร้าว

1.3.3 เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์พิซซ่า

1.3.4 ทราบถึงอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งกากมะพร้าวเพื่อผลิตแป้งกากมะพร้าว

1.3.5 ทราบถึงปริมาณแป้งจากกากมะพร้าวที่ใช้ในการทดแทนแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง และแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์พิซซ่าปราศจากกลูเตนที่เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กากมะพร้าว

กากมะพร้าวเป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นปริมาณมากจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำกะทิ และน้ำมันมะพร้าว ผลพลอยได้ดังกล่าวมีราคาถูก นิยมนำมาผลิตเป็นอาหารสัตว์ หรือถูกปล่อยให้เน่าเสียไปซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาขยะเน่าเสีย ซึ่งส่งผลให้เกิดมลภาวะและเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ แต่อย่างไรก็ตามกากมะพร้าวยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง (Eadmusik และคณะ, 2021) กากมะพร้าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1.1 กากมะพร้าวที่ได้จากการสกัดน้ำกะทิ

กากมะพร้าวที่ได้จากการสกัดน้ำกะทิเป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิต จากการศึกษาพบว่าหลังจากกระบวนการสกัดน้ำกะทิกากมะพร้าวยังคงมีปริมาณของไขมันเหลืออยู่สูง (ดังตารางที่ 7.1) เนื่องจากกระบวนการสกัดน้ำกะทิทำโดยการสกัดจากน้ำ ส่งผลให้ไขมันในกากมะพร้าวไม่สามารถสกัดออกมาได้หมด ปริมาณไขมันที่สูงในกากมะพร้าวมีผลต่อกลิ่น รส อายุการเก็บรักษาและการเหม็นหืน

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าวอบแห้งจากกระบวนการสกัดน้ำกะทิ

Constituent %	Coconut milk residue
Moisture	2.5 ± 0.3
Fat	42.6 ± 1.2
Protein	4.2 ± 0.2
Sugar	7.1 ± 0.5
Ash	1.2 ± 0.1
Crude fiber	23.2 ± 0.8
Carbohydrates	19.2 ± 3.2

ที่มา : Yalegama และคณะ (2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 กากมะพร้าวที่ได้จากการสกัดน้ำมันมะพร้าว

กากมะพร้าวที่ได้จากการสกัดน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันมะพร้าว จากการศึกษาหลังจากกระบวนการสกัดน้ำมันมะพร้าว พบว่ากากมะพร้าวมีปริมาณใยอาหารและโปรตีนสูงและมีปริมาณของไขมันต่ำเนื่องจากกระบวนการสกัดมีวิธีที่ทำให้มีไขมันตกค้างในกากมะพร้าวน้อยที่สุด แสดงดังตารางที่ 7.2

ตางรางที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าวอบแห้งจากกระบวนการสกัดน้ำมันมะพร้าว

Constituent %	Coconut milk residue
Moisture	4.2 ± 0.4
Fat	9.2 ± 0.2
Protein	12.6 ± 0.3
Sugar	13.7 ± 0.4
Ash	8.2 ± 0.2
Crude fiber	13.0 ± 0.3
Carbohydrates	39.1 ± 1.8

ที่มา : Yalegama และคณะ (2556).

2.2 แป้งกากมะพร้าว

แป้งกากมะพร้าวได้มาจากการสกัดน้ำมันหรือน้ำกะทิออกจากเนื้อมะพร้าว โดยนำมาอบแห้งและกำจัดไขมันออก หลังจากนั้นนำมาบดให้เป็นผง ซึ่งยังคงรักษาคุณค่า และกลิ่นรสของมะพร้าวไว้ โดยเมื่อนำกากมะพร้าวมาทำเป็นแป้งมะพร้าว จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ แต่มีปริมาณโปรตีนสูง และมีใยอาหารสูง เมื่อเทียบกับแป้งจากธัญพืช สามารถช่วยลดปริมาณไขมันและระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ลดอัตราเสี่ยงการเป็นโรคหัวใจ ช่วยลดความอ้วน ป้องกันมะเร็งลำไส้ ช่วยในการขับถ่าย และยังช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด เป็นแป้งที่ไม่มีกลูเตน จึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตน (สมัชญา, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

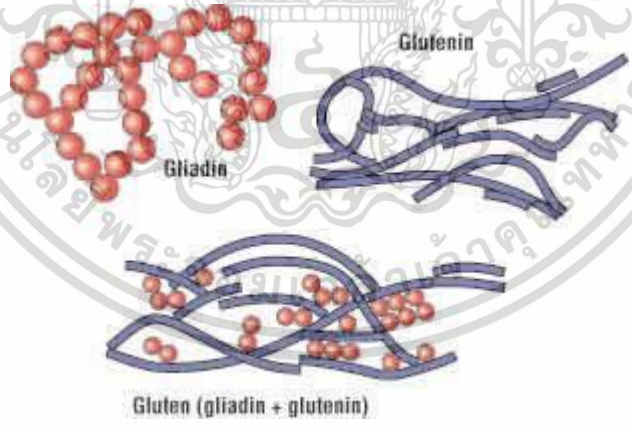
ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกากมะพร้าว

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
ความชื้น	4.25 ± 0.03
โปรตีน	11.96 ± 0.50
เส้นใย	14.08 ± 0.56
ไขมัน	5.41 ± 0.33
เถ้า	1.58 ± 0.03

ที่มา : สมัชญา, (2558)

2.3 กลูเตน

กลูเตน (Gluten) เป็นโปรตีนในแป้งที่สามารถจับตัวเป็นโครงสร้างของโดที่มีสมบัติด้านความหนืดและยืดหยุ่น (Elasticity) โดยการเกิดพันธะไดซัลไฟด์ระหว่างโมเลกุลของกรดอะมิโน (Gallagher, Gormley, & Arendt, 2004) กลูเตน ประกอบด้วย โปรตีนกลูตินิน (glutenin) ซึ่งมีสมบัติสำคัญต่อลักษณะความยืดหยุ่นของโด และ โปรตีนไกลอะดิน (gliadin) ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 30 ของโปรตีนข้าวสาลี จัดเป็นโปรตีนที่สามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ มีความสำคัญในการปรับและควบคุมลักษณะความข้นหนืดของกลูเตนโด (Xu et al, 2550)



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างโปรตีนกลูเตนซึ่งประกอบด้วยกลูตินินกับไกลอะดิน

ที่มา : Margaret Hill (2555)

โปรตีนไกลอะดินมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันและเป็นพิษต่อผู้ป่วยที่เป็นโรคแพ้กลูเตน “Coeliac Disease” (CD) (Elii et al., 2546) ซึ่งสาเหตุของโรคอาจเกิดจากพันธุกรรม หรือจากการกระตุ้นโดยสารที่อยู่สภาวะแวดล้อม รวมทั้งไวรัสและการติดเชื้อ หรือจากสภาวะเครียด หรือการตั้งครรภ์ นอกจากนี้มีรายงานว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เด็กทารกแรกเกิดที่ได้รับอาหารที่มีกลูเตนในช่วง 3 เดือนแรกจะมีโอกาสเป็นโรคแพ้กลูเตนสูงถึง 5 เท่าของทารกที่ได้รับกลูเตนในช่วง 4 ถึง 6 เดือนต่อมา (วิภา, 2556)

โรคแพ้กลูเตน เป็นอาการตอบสนองแบบไม่พึงประสงค์ของระบบร่างกายที่มีต่อสิ่งแปลกปลอมที่มากระตุ้น อาการแพ้กลูเตน สามารถแบ่งย่อยได้ออกเป็น 2 กลุ่มสำคัญ คือ

1.) Gluten intolerance เป็นอาการแพ้กลูเตนที่ไม่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันแต่ร่างกายของผู้ป่วยไม่สามารถย่อยโปรตีนชนิดนี้ได้ เช่นเดียวกับอาการ lactose intolerance ทำให้เกิดอากการท้องอืด มีก๊าซในกระเพาะ และอาจมีอาการท้องเสีย แต่ไม่มีอาการอักเสบของลำไส้

2.) Gluten hypersensitivity เป็นอาการแพ้กลูเตนที่เกิดจากระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายหรือมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า Celiac disease ซึ่งจะเกิดอาการเมื่อบริโภคอาหารที่มีแป้งสาลี ข้าวไรย์ ข้าวบาร์เลย์ และข้าวโอ๊ต อาการแพ้มีผลต่อการทำงานของลำไส้เล็ก หากมีอาการมากๆจะส่งผลถึงสุขภาพ

อาการ gluten allergy เป็นอาการแพ้กลูเตนที่เกิดจากระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายอีกประเภทหนึ่ง เมื่อได้รับอาหารที่มีการปนเปื้อนกลูเตนจะมีอาการบวมแดงหรือผื่นแดงที่ผิว ปวดท้อง อาเจียน คันบริเวณช่องปาก รวมถึงอาการทางระบบหายใจ เช่น มีน้ำมูก จาม หอบ แน่นหน้าอก (ประจงเวท, 2561)

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากกลูเตนได้รับความนิยมสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของผู้ที่มีอาการแพ้กลูเตนมีเพิ่มสูงมากขึ้น รวมถึงผู้ที่เลือกรับประทานอาหารปราศจากกลูเตนเอง เพื่อป้องกันอาการแพ้ที่อาจเกิดขึ้น (ประจงเวท, 2561) การพัฒนาอาหารชนิดปราศจากกลูเตนยังคงอยู่ในกลุ่มอาหารหลัก โดยเป็นผลิตภัณฑ์จากธัญพืช เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทขนมปัง และเส้นพาสต้า จะเน้นการพัฒนาปรับปรุงด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ปกติ (วิภา, 2556)

2.4 แป้ง

แป้งเป็นโพลิแซคคาไรด์ประกอบด้วยกลูโคสจำนวนหลายพันโมเลกุลมาต่อกัน มีโครงสร้างทั้งแบบสายยาวและกิ่งก้านสาขา โดยมีอะไมโลสและอะไมโลเพคตินเป็นส่วนประกอบหลักในโมเลกุลของแป้ง แป้งพบได้ในพืชอาหารประเภทเมล็ดและหัว สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารได้อย่างกว้างขวาง โดยทำหน้าที่เป็นสารให้ความข้นหนืด (thickening agent) สารช่วยคงตัวของคอลลอยด์ (colloid stabilizer) สารที่ทำให้เกิดลักษณะที่เป็นเจล (gel-forming agent) และสารที่เป็นตัวเชื่อมส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ (binder) สมบัติที่แตกต่างกันของแป้งขึ้นกับแหล่งที่มา วิธีการโม่ และวิธีการดัดแปรสมบัติของแป้ง โดยพืชแต่ละชนิดหรือปลูกในสภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน เมื่อนำมาทำแป้งอาจจะได้แป้งที่มีสมบัติต่างกัน เนื่องจากสภาพอากาศและดินระหว่างการปลูก องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณอะไมโลสและโครงสร้างของเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน (วิจิตรา และคณะ, 2563) โดยทั่วไปมีอะไมโลเพคตินเป็นองค์ประกอบหลัก (60-90%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รองลงมา คือ อะไมโลส (10-40%) นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น โปรตีน (< 1%) ไขมัน (< 1%) และเกลือแร่ชนิดต่างๆ ในปริมาณเล็กน้อย (ฌัชษชี และคณะ, 2559)

2.4.1 ชนิดของแป้ง (สุทธินี, 2563)

แป้งในธรรมชาติมีคุณลักษณะ ขนาด และรูปร่างของเม็ดแป้งที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง สามารถแบ่งแป้งตามองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสน้อย ได้แก่ แป้งที่ผลิตจากพืชหัว เช่น แป้งมันฝรั่ง แป้งที่ผลิตจากราก เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันเทศ แป้งเท้ายายม่อม และแป้งที่ผลิตจากลำต้น เช่น แป้งสาคู

2. แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสมาก ได้แก่ แป้งที่ผลิตจากธัญพืชทั่วไป เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวฟ่าง และแป้งข้าวเจ้า

3. แป้งที่ไม่มีอะไมโลสหรือมีอะไมโลเพกทินเกือบ 100% ได้แก่ แป้งข้าวโพดเหนียว (waxy maize) แป้งข้าวฟ่างเหนียว (waxy sorghum) และแป้งข้าวเหนียว (waxy rice)

2.4.2 ลักษณะของเม็ดแป้ง (สุทธินี, 2563)

ภายในเม็ดแป้งมีอะไมโลสและอะไมโลเพกทินเป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีปริมาณอะไมโลสประมาณ 20-30% และอะไมโลเพกทินประมาณ 70-80% แต่พืชบางชนิดก็มีปริมาณอะไมโลสสูงถึง 50-80% เช่น แป้งถั่ว หรือแป้งข้าวโพดบางสายพันธุ์ ที่เรียกว่า แป้งข้าวโพดที่มีอะไมโลสสูง (amylomaize) และข้าวโพดบางสายพันธุ์ก็ไม่มีอะไมโลสเลย เรียกว่า แป้งข้าวโพดเหนียว (waxy maize) จากความแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด ทำให้รูปร่างของเม็ดแป้งมีความแตกต่างกัน แป้งมันฝรั่งมีลักษณะของเม็ดแป้งเป็นวงรีคล้ายไข่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15-100 ไมโครเมตรและมีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบทำให้เม็ดแป้งดูดน้ำและพองตัวได้ง่าย ส่วนเม็ดแป้งข้าวโพดจะมีขนาดเล็ก มีลักษณะเหลี่ยมและกลมรวมกันหลากหลายรูปแบบ แป้งสาลีมีเม็ดแป้งที่แบนกลมคล้ายเลนส์ มีขนาดประมาณ 2-35 ไมโครเมตร และแป้งข้าวเจ้ามีเม็ดแป้งค่อนข้างเล็ก มีความหนาแน่นน้อยทำให้สุกได้ง่าย

2.4.3 องค์ประกอบของแป้ง

แป้งมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งมีโครงสร้างที่ประกอบด้วย คาร์บอน : ไฮโดรเจน : ออกซิเจน ในอัตราส่วน 6 : 10 : 5 อนุพันธ์ของแป้งเกิดจากการรวมกันของกลูโคสเป็นพอลิเมอร์สายยาว โดยมีหน่วยของน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glucosidic linkage)ภายในเม็ดแป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ อะไมโลส และอะไมโลเพกทิน แป้งแต่ละชนิดมีสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินที่แตกต่างกัน ทำให้คุณสมบัติของแป้งในพืชแต่ละชนิดนั้นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 สมบัติของแป้ง

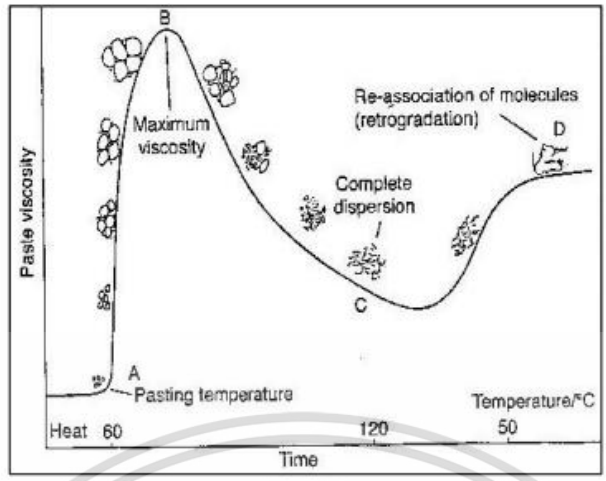
1.) การดูดซับน้ำ การพองตัวและการละลาย

น้ำที่อยู่ในเม็ดแป้งมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ น้ำในผลึก น้ำในรูปที่ไม่อิสระ (bound water) และน้ำในรูปอิสระ (free water) โดยมีการจับกับแป้งได้แน่นตามลำดับ และแป้งที่มีความชื้น 8 ถึง 10% สามารถจับกับน้ำได้แน่นกว่าแป้งที่มีความชื้นสูงกว่านี้ น้ำหรือของเหลวชนิดอื่นสามารถแพร่และผ่านเข้าไปในร่างแหของไมเซลล์ (micelles) ในเม็ดแป้งได้อย่างอิสระ เม็ดแป้งประกอบด้วยรูพรุนจำนวนมากซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวคัดขนาดโมเลกุล (molecular sieve) รูพรุนเหล่านี้อาจจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการทำแห้งในกระบวนการผลิตแป้ง หรืออาจจะมีอยู่แล้วในแป้งธรรมชาติ แป้งดิบจะไม่ละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ เมื่ออุณหภูมิของสารผสมน้ำแป้งเพิ่มสูงกว่าช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ พันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งเกิดการพองตัว ทำให้การละลาย ความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวและบางส่วนของแป้งจะละลายออกมา กำลังการพองตัวของแป้งจะแสดงเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายจะแสดงเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายได้ ซึ่งคุณสมบัติทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กัน ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้ง คือ ชนิดของแป้ง, ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง, สิ่งเจือปนในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต, คุณสมบัติหลังการดัดแปรทางเคมี และปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสภาวะที่เกิดการพองตัว

2.) ความหนืด

เมื่อเม็ดแป้งได้รับความร้อนจะดูดซึมน้ำและพองตัวขยายใหญ่ขึ้น น้ำบริเวณรอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง ทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยาก เกิดความหนืดขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่มีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เป็นจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ และเมื่ออุณหภูมิและเวลาต่อไปอีกมีการการอย่างต่อเนื่อง ทำให้โครงสร้างภายในแตกออก ความหนืดลดลง ต่อมาลดอุณหภูมิลง ทำให้เกิดการรีโทรเกรเดชัน ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งเป็นความหนืดที่เกิดจากการเรียงตัวกันใหม่ของโมเลกุลอะมิโลสที่หลุดออกจากเม็ดแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งระหว่างการต้มสุก
ที่มา : พิมเพ็ญและนิธิยา (2553)

3.) การเกิดเจลาติไนเซชัน

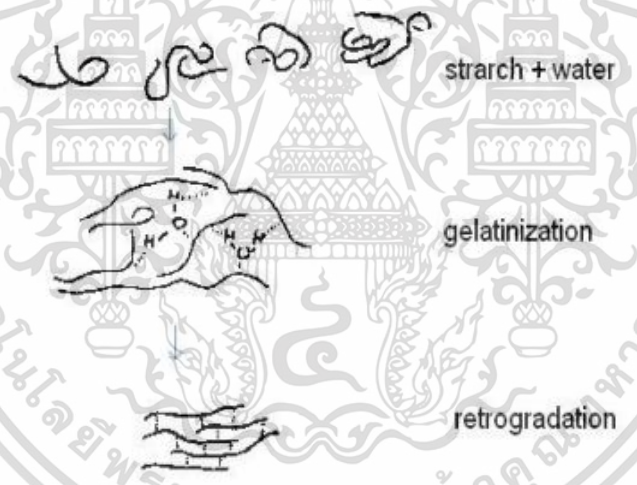
โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl groups) จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห (micelles) การจัดเรียงตัวจะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะถูกดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย (Leach และคณะ, 2502) แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะถูกดูดน้ำแล้วพองตัว ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “การเกิดเจลาติไนเซชัน”

การเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งแบ่งได้ 3 ระยะ คือ ระยะแรกเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างแบบที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ (birefringence) ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหภายในเซลล์เม็ดแป้งจะอ่อนแอลง พันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามากและเกิดการพองตัว เรียกว่าการเกิดเจลาติไนเซชัน เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนรูปร่างและโครงสร้างแบบที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมา ระยะที่ 3 รูปร่างเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล การเกิดเจลาติไนเซชันแป้งจะทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ได้ดีขึ้น รวมทั้งพร้อมที่จะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่างๆ ได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) การเกิดรีโทรเกรเดชัน

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้ว จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะมิโลสขนาดเล็กจะกระจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัว โมเลกุลของอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจน เกิดเป็นร่างแหสามมิติ โครงสร้างใหม่นี้สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียว เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “การเกิดรีโทรเกรดดชัน (retrogradation) หรือการคืนตัว (setback) (Smith, 1979) เมื่อลดอุณหภูมิต่ำลงอีกลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล เรียกว่า syneresis ปรากฏการณ์ทั้งสองนี้จะทำให้เจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดมากขึ้นปริมาณและขนาดของอะมิโลสมีความสำคัญต่อการคืนตัวของแป้ง แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะเกิดการคืนตัวได้มากและรวดเร็วกว่าแป้งที่มีปริมาณอะมิโลเพกทินสูง อัตราการคืนตัวจะสูงสุด อะมิโลเพกทินจะมีผลทำให้เกิดการคืนตัวน้อยมาก ดังนั้นแป้งแต่ละชนิดจะมีอัตราการคืนตัวที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2.3 แสดงกระบวนการเกิดรีโทรเกรเดชันของอะไมโลส

ที่มา : พิมพ์พ็ญและนิธิญา (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Eadmusik, S. และคณะ (2021) ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินค่าแป้งกากมะพร้าว โดยการแทนที่แป้งสาลีบางส่วนในโดนัททอดและบัตเตอร์คุกกี้ และศึกษาว่าระดับการทดแทนแป้งกากมะพร้าวที่แตกต่างกันส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เหล่านี้อย่างไร โดยทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในโดนัททอด (5%, 10% และ 15%) และบัตเตอร์คุกกี้ (10%, 15% และ 20%) พบว่าแป้งกากมะพร้าวสามารถทดแทนแป้งสาลีในโดนัทได้ 10% และในบัตเตอร์คุกกี้ 15% โดนัทที่มีระดับการทดแทนสูงกว่าจะมีปริมาตรจำเพาะที่ต่ำกว่า แต่ค่า L*, a*, ΔE* ความแข็งและความต้านทานการเคี้ยวสูงกว่า สำหรับบัตเตอร์คุกกี้ ระดับการแทนที่แป้งกากมะพร้าวที่เพิ่มขึ้นนำไปสู่ความแข็งที่สูงขึ้น แต่ก็ไม่ได้ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการแตกหักและค่า ΔE*-value การเพิ่มระดับการทดแทนแป้งกากมะพร้าวยังลดคะแนนความชอบโดยรวมอีกด้วย คะแนนความชอบโดยรวมของโดนัททอดที่มีระดับการทดแทนที่ 10% และบัตเตอร์คุกกี้ที่ระดับการแทนที่ 15% เท่ากับ 6.43 (ชอบเล็กน้อย) และ 7.00 (ชอบปานกลาง) ตามลำดับ การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มมูลค่าของขยะทางการเกษตร เช่น กากมะพร้าว โดยการประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหาร

Raczyk, M และคณะ (2021) ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินผลของการแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งกากมะพร้าวหรือแป้งเกาลัด (ระดับการแทนที่ของแป้ง : 5, 10, 15, 30 และ 50% โดยน้ำหนัก) โดยมีการประเมินในแง่ของปริมาตร เนื้อสัมผัส สี คุณค่าทางโภชนาการของขนมปัง องค์ประกอบและเส้นใยอาหาร และมีการประเมินทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินศักยภาพต่อการยอมรับของผู้บริโภค จากการรับรู้ของผู้บริโภค การยอมรับโดยรวมของขนมปังที่มีแป้งกากมะพร้าวและแป้งเกาลัด 15% โดยน้ำหนัก ถือว่ามีประโยชน์มากกว่าตัวอย่างกลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ที่ทดสอบทั้งหมด ขนมปังที่มีการทดแทนแป้งกากมะพร้าวหรือแป้งเกาลัด 5, 10 และ 15% ยังคงมีคุณภาพดีเมื่อเทียบกับขนมปังข้าวสาลีและมีปริมาณเส้นใยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ปริญญา และคณะ (2022) ได้ทำการศึกษาการเตรียมแป้งจากกากมะพร้าวเพื่อนำไปผลิตเป็นเค้กปราศจากกลูเตน โดยการนำแป้งจากกากมะพร้าวที่ได้จากการเตรียมมาสกัดไขมันและวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ โดยใช้แป้งจากกากมะพร้าวในการทดแทนแป้งข้าวกล้องในการผลิตเค้กปราศจากกลูเตนในปริมาณที่แตกต่างกันที่ร้อยละ 10, 20 และ 30% พบว่าสมบัติด้านความหนืดของแป้งลดลงเมื่อปริมาณกากมะพร้าวในแป้งผสมมากขึ้น การใช้แป้งจากกากมะพร้าวทดแทนแป้งข้าวกลองในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้การขึ้นฟูของเค้กลดลง และเค้กมีเนื้อสัมผัสที่ร่วนและแข็งขึ้น ค่าสีเหลืองของเค้กเพิ่มมากขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเค้กทั้ง 3 สูตร พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และเมื่อนำเค้กปราศจากกลูเตนสูตรทดแทนแป้งจากกากมะพร้าว 30% ไปทำการเก็บรักษาในกล่องพลาสติก PP ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิห้อง พบว่าค่า Water activity ลดลงและค่า Hardness, Chewiness, Gumminess และ Softness เพิ่มขึ้น ขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

Jongyingcharoen, J.S และคณะ (2019) อายุการเก็บรักษาที่ยาวที่สุดและสั้นที่สุดของกากมะพร้าวจากการวิเคราะห์จุลินทรีย์มีมากกว่า 140 วัน และน้อยกว่า 3 วัน เมื่อมีความชื้นตั้งแต่ 0.03 ถึง 0.25 กรัมน้ำ / กรัมวัตถุแห้งตามลำดับ ลักษณะการอบแห้งและคุณภาพของกากมะพร้าวคือกำหนดที่อุณหภูมิการอบแห้งต่างๆ (50-80 ℃) และความหนาของชั้น (5-10 มม.) เหล่านี้ปัจจัยการอบแห้งส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อเวลาการอบแห้งความขาวและปริมาณน้ำมันของกากมะพร้าวอุณหภูมิสูงสุดและความหนาที่เล็กที่สุดส่งผลให้เวลาในการอบแห้งสั้นที่สุด (70 นาที) เมื่อเทียบกับตัวอย่างสดการอบแห้งน้อยกว่า 200 นาทีทำให้มะพร้าวขาวขึ้นและตัวอย่างแห้งทั้งหมดมีปริมาณน้ำมันสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตแป้งกากมะพร้าว

1) กากมะพร้าวสดจากโรงงานกะทิ (บริษัทเทพผดุงพรมะพร้าว จำกัด จังหวัดนครปฐม)

3.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตพิซซ่าปราศจากกลูเตน

1) แป้งกากมะพร้าว
2) แป้งข้าวเจ้า ตรา เหรียญทองก้าวหน้า
3) แป้งข้าวกล้อง ตรา B-NATURAL
4) แป้งมันสำปะหลัง ตรา ปลาไทย 5 ดาว
5) เกลือ
6) แซนแทนกัม
7) ผงฟู
8) ยีสต์
9) น้ำมันถั่วเหลือง
10) น้ำตาล
11) น้ำ
12) ซอสพิซซ่า ตรา PURE FOODS
13) ออริกาโน่แห้ง
14) มอสเซอเรลลาชีส
15) แฮม ตรา TGM
16) สับปะรดแว่นกระป๋อง ตรา McGarrett

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมกากมะพร้าว

1) กล่องโฟม
2) กะละมัง
3) หม้อนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) กระชอน

5) ผ้าขาวบาง

6) ทัพพี

7) ถาดอะลูมิเนียม

8) ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์

9) เครื่องชั่ง

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแห้งกากมะพร้าว

1) ตู้อบลมร้อน (Tray Dryer : Patch/663)

2) ถาด Tray Dryer

3) ทัพพี

4) Blender แบบแห้ง

5) ถาดอะลูมิเนียม

6) ผ้าขาวบาง

7) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

8) กะละมัง

9) ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ทึบแสง

10) เครื่องซีล

3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดไขมันออกจากกากมะพร้าว

1) เครื่องปั่นเหวี่ยง Refrigerated centrifuge (Eppendorf : 5910R)

2) ขวด centrifuge

3) เครื่องผสม Overhead Stirrer

4) ใบกวน 4 แฉก

5) บีกเกอร์ 5000 มิลลิลิตร

6) กระบอกตวง 1000 มิลลิลิตร

7) ช้อนตวงสาร

8) ผ้าขาวบาง

9) ถาดอะลูมิเนียม

10) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) เครื่องซีล

12) ถังใส่ Waste hexane

13) ตู้ดูดควัน (Fume hood)

3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแป้งกากมะพร้าว

1) เครื่องบดละเอียด Pin mill (Retsch : ZM 1000)

2) ตะแกรงกรอง (Sieve) ขนาด 0.25 มิลลิเมตร

3) เครื่องเป่าลม

4) ถาดอะลูมิเนียม

5) ช้อนตักสาร

6) แปรง

7) ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ทึบแสง

3.2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1) เครื่องวัดสี (Chromameter) : CR-400 Chroma Meter

2) หลอดเซนตริฟิวจ์ (Centrifuge tube)

3) เครื่องเขย่าสาร (Vortex Mixer) : GENIE 20

4) เครื่องปั่นเหวี่ยง Refrigerated centrifuge (Eppendorf : 5910R)

5) เครื่องชั่งความละเอียดสูง 4 ตำแหน่ง

6) ถ้วยอะลูมิเนียม (Aluminium can)

7) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

8) โถดูดความชื้น (Desicator)

9) ที่คีบ (Tong)

10) บิวเรต (Burrete glass) ขนาด 10 และ 50 มิลลิลิตร

11) ขาตั้งเหล็ก (Stand)

12) กระบอกน้ำกลั่น (Wash bottle)

13) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร

14) Boiling chip

15) บีกเกอร์ (Beaker)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16) ปิเปต (Pipette) ขนาด 2, 5 และ 10 มิลลิลิตร

17) หลอดทดลองพร้อมฝาเกลียว (Test tube screw cap)

18) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)

19) เครื่องวัดค่าความหนืด (Brabender viscoamylograph) : Viscograph E

20) เครื่องวัดค่า Water activity (a_w)

3.2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตพิซซ่าปราศจากกลูเตน

1) เตาอบ (Oven)

2) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

3) เครื่องผสม (Kitchen aid)

4) ตะแกรงร่อนแป้ง

5) พายยาง

6) กะละมัง

7) ไม้นวดแป้ง

8) ช้อน

9) มีด

10) เขียง

11) ถาดอะลูมิเนียม

12) ตะกร้อมือ

13) เตาแก๊ส

14) ถาดอบพิซซ่า

15) ถ้วยอะลูมิเนียม

3.2.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพพิซซ่าปราศจากกลูเตน

1) เครื่องวัดปริมาตรเวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier caliper)

2) เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter) : CR-400 Chroma Meter

3) เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) : Stable Micro Systems TA-XT plus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การทำแป้งจากกากมะพร้าว

3.3.1.1 การเตรียมกากมะพร้าวจากบริษัทเทพผดุงพรมะพร้าว จำกัด

กากมะพร้าวสดที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำกะทิที่ได้จากบริษัทเทพผดุงพรมะพร้าว จำกัด จะถูกขนส่งโดยการจัดเก็บโดยการแพ็คใส่กล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็ง หลังจากนั้นนำกากมะพร้าวมาล้างทำความสะอาด โดยใช้น้ำ 10 ลิตร ต่อกากมะพร้าว 1 กิโลกรัม หลังจากนั้นสะเด็ดน้ำและผึ่งลมให้กากมะพร้าวแห้งแล้วนำไปนึ่งเพื่อทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์บรรจุถุงละ 1000 กรัม ปิดผนึกด้วยเครื่องซีลถุง จากนั้นนำไปเก็บรักษาต่อในตู้แช่แข็ง (ดัดแปลงจาก ปริญญา และคณะ, 2565)

3.3.1.2 การทำแห้งกากมะพร้าว (ดัดแปลงจาก ปริญญา และคณะ, 2565)

นำตัวอย่างกากมะพร้าวที่เตรียมไว้มาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำแห้งกากมะพร้าวโดยการใช้เครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer : Patch/663) โดยเปิดเครื่องอบลมร้อนแบบถาดแล้วตั้งอุณหภูมิที่ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส เมื่อความร้อนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ นำตัวอย่างเข้าเครื่อง โดยใส่ถาดละ 1 กิโลกรัม โดยใช้ผ้าขาวบางรองที่ถาดก่อนใส่กากมะพร้าว ทำแห้งเป็นเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ (ดัดแปลงจาก ปริญญา และคณะ, 2565)

3.3.1.3 การสกัดไขมันออกจากกากมะพร้าว (Defatted coconut residue flour)

นำกากมะพร้าวที่ผ่านการทำแห้งมาลดขนาดด้วยโถปั่นแบบแห้ง (Blender) ที่ความเร็วสูงสุด โดยการลดขนาด 1 รอบ จะใช้กากมะพร้าว 20 กรัม ต่อเวลา 40 วินาที จากนั้นนำไปสกัดไขมัน โดยการใช้อัตราส่วนระหว่างกากมะพร้าวต่อเฮกเซนเป็นสัดส่วน 1 : 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) สกัดด้วยเครื่องผสม Overhead Stirrer โดยใช้ใบกวน 4 แฉก ที่ความเร็ว 800 รอบ/นาที (rpm) เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปสกัดไขมันด้วยการแยกเฮกเซนออกด้วยเครื่อง Refrigerated centrifuge (Eppendorf : 5910R) ที่ความเร็ว 8000 g (rcf) อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำไประเหยเฮกเซนออกในตู้ดูดควันข้ามคืน ทำการสกัดไขมัน 2 ครั้ง จะได้กากมะพร้าวที่สกัดไขมัน แล้วจึงบรรจุใส่ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ทึบแสง ถุงละ 500 กรัม ปิดผนึกถุงด้วยเครื่องซีล (ดัดแปลงจาก Wang และคณะ, 1999)

3.3.1.4 การทำแป้งกากมะพร้าว (ดัดแปลงจาก Gunathilake และคณะ, 2009)

นำกากมะพร้าวที่ผ่านการสกัดไขมันมาเตรียมเป็นแป้ง ดัดแปลงจากวิธีการของ Gunathilake และคณะ (2009) โดยนำกากมะพร้าวมาบดด้วยเครื่องบด Pin Mill (Retsch : ZM1000) ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sieve 0.25 มิลลิเมตร จากนั้นบรรจุใส่ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ทึบแสง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาแป้งกากมะพร้าวไว้ในตู้เย็นเป็นเวลานาน ทำให้ความชื้นของแป้งกากมะพร้าวสูงขึ้น จึงต้องนำแป้งกากมะพร้าวเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำแป้งกากมะพร้าวไปวิเคราะห์คุณภาพและทำพิซซ่าปราศกลูเตน

จากนั้นนำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงบรรจุใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ทึยแสง แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

3.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพแป้งกากมะพร้าว

3.3.2.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

โดยการนำแป้งกากมะพร้าวที่อบแห้งอุณหภูมิ 80, 100 และ 120 เป็นเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ดังนี้

1.) การวิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีของแป้งจากกากมะพร้าวโดยใช้เครื่อง Colorimeter (CR-400 Chroma Meter) ระบบ CIE lab ก่อนวัดจะต้อง calibrate กับแผ่นสีมาตรฐาน แล้วจึงนำมาวัดค่าสีตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยจะวัดค่า L*, a* และ b*

L* หมายถึง ค่าความสว่าง (lightness)	โดย 0 คือสีดำ และ 100 คือสีขาว
a* หมายถึง ค่าสีแดงและสีเขียว	เมื่อค่า a* เป็นบวกหมายถึงสีแดง
	เมื่อค่า a* เป็นลบหมายถึงสีเขียว
b* หมายถึง ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน	เมื่อค่า b* เป็นบวกหมายถึงเหลือง
	เมื่อค่า b* เป็นค่าลบหมายถึงสีน้ำเงิน

2.) การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water absorption capacity) (ดัดแปลงจาก ปริญญา และคณะ, 2565)

ก. ชั่งแป้งกากมะพร้าว 1 กรัม ใส่ลงในหลอดเซนทริฟิวจ์ที่มีน้ำอยู่ 20 มิลลิลิตร

ข. เขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร (Vortex Mixer GENIE 20) เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

ค. พักตัวอย่างเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge (retofix 32A) ที่ความเร็วรอบ 1500 g เป็นเวลา 30 นาที

ง. วัดปริมาณน้ำส่วนใสเหนือตะกอน

จ. คำนวณความสามารถในการดูดซับน้ำ จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ความสามารถในการดูดซับน้ำ (\%)} = \frac{\text{ปริมาตรน้ำที่เติม} - \text{ปริมตรน้ำที่แยกชั้นเหนือตะกอน}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}} \times 100$$

3.) การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (Oil adsorption capacity) (ดัดแปลงจาก ปริญญา และคณะ, 2565) มีรายละเอียดดังนี้

ก. ชั่งแป้งจากมะพร้าว 1 กรัม ใส่ลงในหลอดเซนทริฟิวจ์ที่มีน้ำมันถั่วเหลือง 12 มิลลิลิตร

ข. เขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร (Vortex Mixer GENIE 20) เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

ค. พักตัวอย่างเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Refrigerated Centrifuge (retofix 32A) ที่ความเร็วรอบ 1500 g เป็นเวลา 30 นาที

ง. วัดปริมาณน้ำมันส่วนใสเหนือตะกอน

จ. คำนวณความสามารถในการดูดซับน้ำมัน จากสมการ

$$\text{ความสามารถในการดูซับน้ำมัน (\%)} = \frac{\text{ปริมาตรน้ำมันที่เติม} - \text{ปริมตรน้ำมันที่แยกชั้นเหนือตะกอน}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}} \times 100$$

3.3.2.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

โดยการนำแป้งกากมะพร้าวที่อบแห้งอุณหภูมิ 80, 100 และ 120 เป็นเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ดังนี้

1) การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2011)

ก. นำถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาไปอบไล่ความชื้นโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปใส่โถดูดความชื้น รอทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักที่แน่นอน (W)

ข. ชั่งน้ำหนักแป้งกากมะพร้าว 3 กรัมลงในถ้วยอะลูมิเนียม บันทึกน้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมกับแป้งกากมะพร้าว (W_1)

ค. นำเข้าอบความชื้นในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาถ้วยอะลูมิเนียมไว้

ง. เมื่อครบเวลา นำถ้วยอะลูมิเนียมออกจากตู้อบโดยปิดฝาทันที แล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน อบซ้ำอีกครั้ง ครั้งละครึ่งชั่วโมงจนผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 0.005 กรัม (W_2)

จ. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแป้ง จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ความชื้น (\%)} = \left[\frac{(W-W_1)-(W-W_2)}{W-W1}\right] \times 100$$

W = น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียม (กรัม)

W_1 = น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียม และตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียม และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity : a_w) (ดัดแปลงจาก ปริญญา และคณะ, 2565)

ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เป็นค่าที่แสดงระดับพลังงานของน้ำมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา การเสื่อมเสีย และความปลอดภัยของอาหาร เครื่องวัดค่า Water Activity (a_w) วิธีการใช้เครื่องมีดังนี้

1. เปิดเครื่อง Water activity จากนั้นรอเครื่องวอร์มให้สร็จ
2. ทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใส่ตลับเกลือ 75 (NaCl 0.75)
3. กดไปที่เมนู

เลือกเมนูที่ 2 เปิดให้มีการ Calibration > กด set > เลื่อนลูกศรไปที่ yes > enter

เลือกเมนูที่ 3 > enter > เลื่อนลูกศรไปที่ yes > enter

3. ทำการวัดตัวอย่างโดยใส่ตัวอย่างแป้งกากมะพร้าวใส่ตลับให้พอดี ปิดฝาล็อคให้สนิท กดปุ่ม start ค้างไว้ จะมีไฟขึ้นที่ Analyzing เมื่อวิเคราะห์เสร็จไฟจะขึ้นที่ OK ที่จอจะแสดงค่า a_w เวลา (ขั้นต่ำจะไม่ต่ำกว่า 2 นาทีครึ่ง) และอุณหภูมิ ทำซ้ำ 3 ครั้ง
4. กดค้างที่ปุ่ม stop และสามารถปิดสวิตช์ด้านหลังเพื่อปิดเครื่อง และถอดปลั๊ก
5. นำตลับที่ใส่ซิลิก้าเจลใส่ในเครื่องเพื่อป้องกันความชื้นและมด
6. ล้างทำความสะอาดภาชนะใส่ตัวอย่าง เช็ดให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู่และนำไปเก็บให้เรียบร้อย

3) การวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (AOAC, 2000)

ค่าเพอร์ออกไซด์ เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำมันและไขมันโดยวัดความว่องไวของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งเกิดจากการเติมออกซิเจนที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในสภาวะที่มีเอนไซม์ ความชื้น แสง ความร้อน หรือสารโลหะหนัก สามารถวัดได้ดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักแป้งกากมะพร้าว 2.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายผสมกรดแอซีติกกับคลอโรฟอร์ม 25 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างละลาย
3. เติมสารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1 มิลลิลิตร ปิดจุกพร้อมเขย่านาน 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาที
4. เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร เพื่อให้เห็นสีที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.01 N พร้อมเขย่าจนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้ง 0.5 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทต่อจนสีน้ำเงินหมดไป

6. ทำ blank ตามข้อที่ ก-จ โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่าง

7. คำนวณค่าเพอร์ออกไซด์ จากสมการ

$$\text{ค่าเพอร์ออกไซด์} = \frac{(a-b) \times N \times 1000}{W}$$

A = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรทกับ blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (N)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

3.3.3 การวิเคราะห์สมบัติของแป้งผสม และการทำพิซซ่าปราศจากกลูเตน

3.3.3.1 พิซซ่าปราศจากกลูเตน (สูตรควบคุม)

ทำการผลิตพิซซ่าปราศจากกลูเตนสูตรควบคุมดังตารางที่ 3.1 เพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับแป้งพิซซ่าสูตรที่ทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าว โดยมีรายละเอียดและวิธีการทำ ดังนี้

1. ผสมยีสต์ น้ำตาล และน้ำเข้าด้วยกัน ตั้งทิ้งไว้ 45 นาที

2. ผสมแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง แป้งมันสำปะหลัง เกลือ แซนแทนกัม และผงฟู แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรง

3. เติมยีสต์ที่เตรียมไว้ลงไปในส่วนผสม จากนั้นใส่น้ำมันถั่วเหลือง และนวดผสมให้แป้งเข้ากันจนเกิดเป็นก้อนโด และพักโดทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อให้โดขึ้นฟู

4. ทาน้ำมันถั่วเหลืองลงบนถาดอบ จากนั้นนำโดมารีดด้วยไม้นวดแป้ง จนได้แผ่นแป้งลักษณะกลมที่มีความหนาสม่ำเสมอกัน 5 มิลลิเมตร

5. เปิดเตาอบ ตั้งอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เพื่อทำการอุ่นเครื่องให้อุณหภูมิคงที่ จากนั้นนำแป้งพิซซ่าเข้าเตาอบชั้นล่างสุดเป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบเวลา ทาซอสพิซซ่าลงบนแผ่นแป้งให้ทั่วแผ่น โรยด้วยเครื่องโรยหน้าที่เตรียมไว้ แล้วนำพิซซ่าขึ้นเข้าอบที่เตาชั้นบน 10 นาที เมื่อครบเวลาให้นำพิซซ่าออกจากเตาอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 สูตรแป้งพิซซ่าปราศจากกลูเตน (สูตรควบคุม)

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กรัม)
แป้งข้าวเจ้า	52
แป้งข้าวกล้อง	70
แป้งมันสำปะหลัง	80
เกลือ	2
แซนแทนกัม	1.35
ผงฟู	0.8
ยีสต์	4.5
น้ำมันถั่วเหลือง	5
น้ำตาล	11
น้ำ	133

ที่มา : ดัดแปลงจาก อพิชญา (2565)

3.3.3.2 พิซซ่าปราศจากกลูเตนจากแป้งกากมะพร้าว

ตารางที่ 3.2 สูตรแป้งพิซซ่าปราศจากกลูเตนเสริมแป้งกากมะพร้าว

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1 (10%)	สูตรที่ 2 (20%)
แป้งข้าวเจ้า	46.8	41.6
แป้งข้าวกล้อง	63	56
แป้งมันสำปะหลัง	72	64
แป้งกากมะพร้าว	20.2	40.4
เกลือ	2	2
แซนแทนกัม	1.35	1.35
ผงฟู	0.8	0.8
ยีสต์	4.5	4.5
น้ำมันถั่วเหลือง	5	5
น้ำตาล	11	11
น้ำ	133	133

ที่มา : ดัดแปลงจาก อพิชญา (2565)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการผลิตพิซซ่าปราศจากกลูเตนดังตารางที่ 3.2 เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งกากมะพร้าวทดแทนแป้งผสมจากแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง และแป้งมันสำปะหลังในสัดส่วนต่างๆต่อคุณภาพของพิซซ่าปราศจากกลูเตน โดยมีรายละเอียดของการทดลองดังต่อไปนี้

3.3.3.3 การวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืด (Pasting properties) ของแป้งผสม (ดัดแปลงจากปริญญา และคณะ, 2565)

ก. นำแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง แป้งมันสำปะหลัง และแป้งผสมที่ใช้แป้งกากมะพร้าวทดแทนในสัดส่วน 10% และ 20% ปริมาณ 50 กรัม มาผสมกับน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์

ข. วิเคราะห์สมบัติการให้ความหนืด ด้วยเครื่อง Brabender viscoamylograph : Viscograph E โดยตั้งโปรแกรม เพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นในอัตราส่วน 1.5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่งอุณหภูมิสูงถึง 95 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้อุณหภูมินี้คงที่นาน 20 นาที แล้วจึงค่อยๆลดอุณหภูมิลงจนถึง 30 องศาเซลเซียส และคงที่นาน 20 นาที

ค. บันทึกค่าการทดสอบของอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด (Pasting Temperature), ค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity), ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุด และความหนืดต่ำสุด (Breakdown viscosity), ค่าความหนืดคืนตัว (Setback viscosity) และค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity)

3.3.3.4 การวิเคราะห์คุณภาพของพิซซ่าปราศจากกลูเตน

นำพิซซ่าปราศจากกลูเตนสูตรควบคุมและสูตรที่ผลิตจากแป้งกากมะพร้าวทดแทนแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง และแป้งมันสำปะหลังในปริมาณต่างๆมาทดสอบคุณภาพ ดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพของก้อนโด

1.) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

โดยการนำตัวอย่างก้อนโด มาทำการตัดให้มีขนาดที่เท่ากัน แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง Texture analyzer ด้วยวิธีมาตรฐาน AACC 2010 โดยวัดค่า tensile strength วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพของพิซซ่าปราศจากกลูเตน

1.) การวิเคราะห์ค่าสี

โดยการนำตัวอย่างพิซซ่าปราศจากกลูเตนมาวัดค่าสีด้วยเครื่อง Colorimeter โดยจะทำการวัดค่า L*, a* และ b*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L* เป็นค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ช่วง 0 ถึง 100
a* เป็นค่าสีแดงและสีเขียว	เมื่อ a* มีค่าบวก เป็นสีแดง
	เมื่อ a* มีค่าลบ เป็นสีเขียว
b* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน	เมื่อ b* มีค่าบวก เป็นสีเหลือง
	เมื่อ b* มีค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน

ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีมาตรฐานแล้วจึงนำมาวัดสีของตัวอย่าง ทำซ้ำ 3 ครั้ง สำหรับแต่ละตัวอย่างแล้วหาค่าเฉลี่ย

2.) การวิเคราะห์ปริมาตรและความสม่ำเสมอ (ดัดแปลงจาก ปริญญา และคณะ, 2565)

โดยการนำตัวอย่างพิซซ่าหลังอบไปทำการวัดความกว้าง ความหนาตรงกลางพิซซ่า ความหนาครึ่งหนึ่งของกลางพิซซ่า และตรงขอบพิซซ่าด้วยเครื่อง Vernier caliper ทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยใช้หน่วยมิลลิเมตร

3.) การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (AACC, 2010)

โดยการนำตัวอย่างพิซซ่าที่ได้มาทำการตัดให้มีขนาดเท่ากันที่ขนาด 2×4 เซนติเมตร แล้วนำไปวัดค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่าง (Firmness), ค่าความเหนียวของตัวอย่าง(Toughness) และ ค่าความแข็งของตัวย่าง (Hardness) ด้วยเครื่อง Texture analyzer ด้วยวิธีมาตรฐาน AACC 2010 โดยใช้หัวทดสอบ Knife edge with slotted Insert (HDP/PS) พร้อมกับฐานทดสอบ Heavy Duty Platform (HDP/90) โดยใช้ความเร็วของใบมีดในการกด 2 มิลลิเมตร/วินาที กดลงไปในตัวอย่าง 15 มิลลิเมตร โดยทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4.) การทดสอบทางประสาทสัมผัส

โดยทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 7-point hedonic scale จากผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน และมีคุณลักษณะที่ทดสอบ คือ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เพื่อเลือกสูตรที่เป็นที่ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยนำข้อมูลที่ได้รับมาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของสถิติโดยใช้ Ducan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นการทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD)

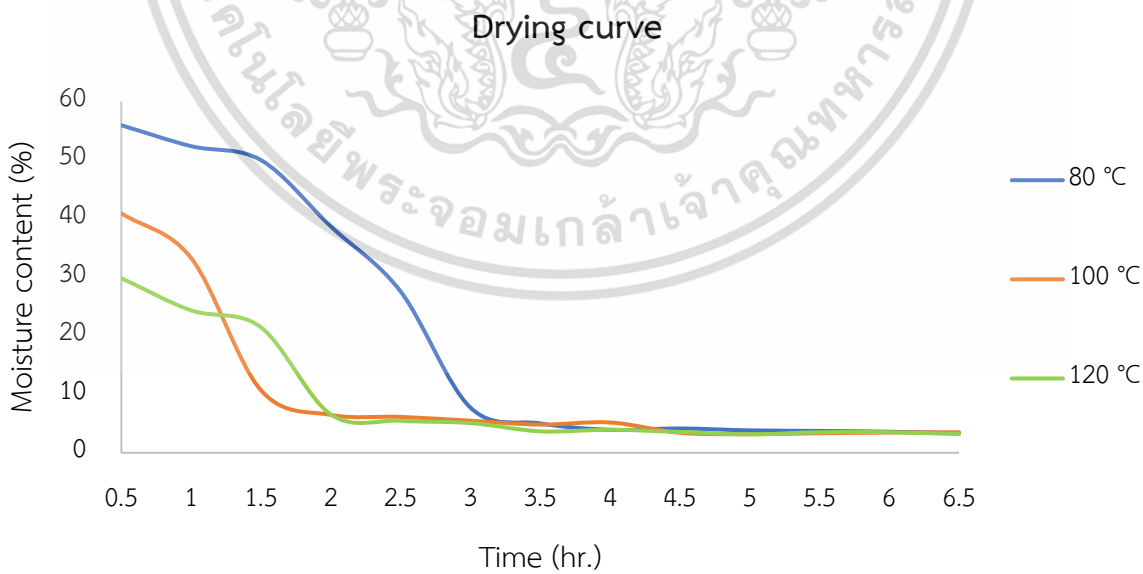
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งกากมะพร้าว เพื่อผลิตเป็นแป้งกากมะพร้าว

จากการศึกษาการนำกากมะพร้าวสดที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำกะทิของบริษัท เทพผดุงพรมะพร้าว จำกัด จังหวัดนครปฐม ขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมกากมะพร้าวก่อนเข้าสู่กระบวนการทำแห้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อล้างสิ่งสกปรกที่อาจติดมากับกากมะพร้าว โดยใช้อัตราส่วนของกากมะพร้าวต่อน้ำเป็น 1:10 แล้วนำไปนึ่งเพื่อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

จากนั้นเข้าสู่กระบวนการทำแห้ง โดยนำกากมะพร้าวที่ผ่านการล้างและนึ่งแล้วมาทำแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้ง Tray dryer ใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งกากมะพร้าวที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยกำหนดความหนาของกากมะพร้าว 1 เซนติเมตร จากรายงานของ จินตนาพร และคณะ (2012) ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและความหนาของชั้นวัสดุต่อคุณภาพของกากมะพร้าว พบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะลดลง เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นและใช้ชั้นของวัสดุบาง



ภาพที่ 4.1 กราฟการอบแห้ง (Drying curve) ของกากมะพร้าวที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.1 แสดงกราฟการอบแห้งกากมะพร้าวที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า การใช้อุณหภูมิสูง 120 °C ทำให้ค่าความชื้นของกากมะพร้าวลดลงอย่างรวดเร็ว โดยจะพบว่าความชื้นของกากมะพร้าวเข้าสู่สมดุลเมื่อเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง เมื่อให้อุณหภูมิในการอบเท่ากับ 80 100 และ 120 °C ตามลำดับ

จากนั้นนำกากมะพร้าวอบแห้งไปลดขนาดโดยการปั่นด้วยโถปั่นอาหารแบบแห้ง (Blender) เป็นเวลา 40 วินาที จำนวน 1 ครั้ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดไขมัน จากการศึกษาของ Sulaiman และคณะ (2013) พบว่าการลดขนาดอนุภาคของกากมะพร้าวมีผลต่อการลดลงของปริมาณไขมันในกากมะพร้าวที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำกะทิด้วยเฮกเซน โดยกากมะพร้าวที่มีอนุภาคเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร จะสามารถสกัดไขมันออกมาได้มากกว่ากากมะพร้าวที่มีอนุภาคขนาดใหญ่

จากนั้นเข้าสู่กระบวนการสกัดไขมัน กากมะพร้าวที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำกะทิมีปริมาณไขมันหลงเหลืออยู่ในปริมาณสูง เนื่องจากขั้นตอนการสกัดกะทิด้วยน้ำทำให้ไขมันไม่สามารถถูกสกัดออกได้หมด (Yalegama และคณะ, 2013) ส่งผลทำให้ยากต่อการเก็บรักษา และเหม็นหืนได้ง่าย จึงนำกากมะพร้าวอบแห้งไปสกัดไขมันด้วยวิธีการสกัดของเหลวออกจากของแข็งด้วยตัวทำละลาย (solid liquid extraction) โดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Refrigerated centrifuge (Eppendorf : 5910R) จำนวน 2 รอบ แล้วตั้งทิ้งไว้ระเหยข้ามคืน จากการศึกษาของมาลี (2000) ศึกษาการเตรียมแป้งมะพร้าวจากกากมะพร้าวส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูป พบว่าการเพิ่มจำนวนครั้งในการสกัดไขมันด้วยเฮกเซน จะสามารถสกัดไขมันในกากมะพร้าวได้เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดไขมันมีผลต่อปริมาณไขมันที่สกัดออกมาจากกากมะพร้าว จากนั้นนำกากมะพร้าวที่สกัดไขมันแล้วไปบดเป็นแป้งด้วยเครื่องบดแห้ง Pin Mill (Retsch : ZM 100) ขนาด sieve 0.25 มิลลิเมตร โดยแป้งกากมะพร้าวที่ได้จากกระบวนการผลิตแสดงดังภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.2 แป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80, 100 และ120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแป้งกากมะพร้าว

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งกากมะพร้าว

จากการทดลองวัดค่าสีของแป้งกากมะพร้าวที่อบแห้งอุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ด้วยเครื่อง Chroma meter รุ่น CR400 โดยใช้ระบบ CIE L*a*b* ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งกากมะพร้าวแสดงดังตารางที่ 4.1

Table 4.1 Color of coconut residue flour prepared at 3 drying conditions.

Parameters	Coconut residue flour		
	80 : 6	**100 : 5**	**120 : 4**
L*	91.79 ± 0.37^{a}	91.38 ± 0.19^{ab}	91.03 ± 0.40^{b}
a*	-0.01 ± 0.06^{ns}	-0.08 ± 0.03^{ns}	-0.04 ± 0.05^{ns}
b*	4.21 ± 0.18^{b}	4.56 ± 0.13^{a}	4.79 ± 0.09^{a}

Note: 80: 6; dry at 80 ℃ for 6 hours, 100: 5; dry at 100 ℃ for 5 hours, 120: 4; dry at 120 ℃ for 4 hours. $^{a, b}$ Values followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other ($p < 0.05$). ^{ns} Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different ($p \geq 0.05$). Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3).

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของแป้งกากมะพร้าวที่อบแห้งอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความสว่างของแป้งกากมะพร้าวที่อบแห้งในสภาวะอื่นๆ และแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีค่าความสว่าง (L*) มากกว่าแป้งกากมะพร้าวที่อบแห้งอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของแป้งกากมะพร้าว พบว่าค่าสีแดง (a*) ของแป้งกากมะพร้าวที่อบแห้งทั้ง 3 สภาวะ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และค่าสีเหลือง (b*) ของแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง มีค่าน้อยกว่าแป้งกากมะพร้าวที่อบแห้งในสภาวะอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างโปรตีนกับน้ำตาลรีดิวส์ในแป้งกากมะพร้าว เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non enzymatic browning reaction) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (Reducing sugar) กับกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2564) อัตราเร็วของปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็ว เนื่องจากเกิด autocatalytic และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราเร็วของปฏิกิริยานี้จะเพิ่มขึ้นเป็น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก 10 องศาเซลเซียส (อรอนุช, 2535) ดังนั้นเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น จะทำให้แป้งกากมะพร้าวมีค่าความสว่างลดลง และมีสีเหลืองมากขึ้น

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของแป้งกากมะพร้าว

จากการทดลองหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAC) และการดูดซับน้ำมัน (OAC) ของแป้งกากมะพร้าวที่ผ่านการสกัดไขมันและการบดเป็นแป้งแล้วเทียบกันทั้ง 3 สภาวะ คือ แป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

Table 4.2 Water and oil absorption capacity of coconut residue flour prepared at 3 drying conditions.

Parameters	Coconut residue flour		
	80 : 6	**100 : 5**	**120 : 4**
WAC (g/100g)	1004.23 ± 34.84^{ns}	961.05 ± 28.87^{ns}	983.14 ± 89.34^{ns}
OAC (g/100g)	380.34 ± 3.08^{ns}	378.81 ± 37.64^{ns}	382.09 ± 3.44^{ns}

Note: WAC; Water absorption capacity, OAC; Oil absorption capacity, 80: 6; dry at 80 °C for 6 hours, 100: 5; dry at 100 °C for 5 hours, 120: 4; dry at 120 °C for 4 hours. ^{ns} Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different ($p \geq 0.05$). Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3).

จากตารางที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของแป้งกากมะพร้าวที่ผ่านการสกัดไขมันแล้ว พบว่า แป้งกากมะพร้าวอบแห้งทั้ง 3 สภาวะ มีค่าการดูดซับน้ำและน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นไม่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของแป้งกากมะพร้าว

เมื่อเปรียบเทียบแป้งกากมะพร้าวทั้ง 3 สภาวะกับแป้งข้าวโพด ผลจากการศึกษาของ ปริญญา และคณะ, 2565 พบว่า แป้งข้าวโพดมีค่าการดูดซับน้ำ 100.07 ± 12.81 และมีค่าการดูดซับน้ำมันเท่ากับ 1123.89 ± 20.72 แสดงให้เห็นว่าแป้งกากมะพร้าวมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีกว่าแป้งข้าวโพด เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีปริมาณอะไมโลสสูง ทำให้โครงสร้างร่างแหภายในเม็ดแป้งมีความแข็งแรงมาก ทำให้เม็ดแป้งพองตัวได้น้อย (สุทธินี, 2563) และความสามารถในการดูดซับน้ำมัน พบว่า แป้งข้าวโพดมีความสามารถในการดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันได้ดีกว่าแป้งกากมะพร้าว เนื่องจากแป้งกากมะพร้าวมีปริมาณของใยอาหารสูงกว่าแป้งข้าวโพด ซึ่งตามรายงานของจารุวรรณ์ รายงานว่าแป้งข้าวโพดมีปริมาณใยอาหารเท่ากับ 3.65% และตามรายงานของ Marianna et al. (2564) รายงานว่าแป้งกากมะพร้าวมีปริมาณใยอาหารเท่ากับ 32.77% ซึ่งในแป้งกากมะพร้าวมีใยอาหารที่มีองค์ประกอบหลักเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจะประกอบไปด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและพองตัว เมื่อมีใยอาหารปริมาณมาก ใยอาหารจะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำบริเวณผิวระหว่างการให้ความร้อน ทำให้เกิดช่องว่างที่จะให้น้ำมันเข้าไปแทนที่ได้น้อยลง (สุรีย์พร, 2564) ส่งผลให้แป้งกากมะพร้าวมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันน้อยกว่าแป้งข้าวโพด

4.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของแป้งกากมะพร้าว

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของแป้งกากมะพร้าว

จากการทดลองวิเคราะห์ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) ของแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC (2011) และเครื่อง Water activity meter (RTD502) ผลการวิเคราะห์ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของแป้งกากมะพร้าวแสดงดังตารางที่ 4.3

Table 4.3 Moisture content and water activity of coconut residue flour prepared at 3 drying conditions.

Parameters	Coconut residue flour		
	80 : 6	100 : 5	120 : 4
Moisture content (%)	4.29 ± 0.09^{ns}	4.78 ± 0.52^{ns}	4.86 ± 0.80^{ns}
Water activity	0.34 ± 0.03^{ns}	0.34 ± 0.03^{ns}	0.36 ± 0.01^{ns}

Note: 80: 6; dry at 80 ℃ for 6 hours, 100: 5; dry at 100 ℃ for 5 hours, 120: 4; dry at 120 ℃ for 4 hours. ^{ns} Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different ($p \geq 0.05$). Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3).

จากตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของแป้งกากมะพร้าวอบแห้งทั้ง 3 สภาวะ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจเนื่องมาจากอัตราการทำแห้งของอาหาร ขึ้นอยู่กับสภาพธรรมชาติของอาหารเริ่มต้นก่อนการทำแห้ง และสภาวะแวดล้อมระหว่างการทำแห้ง เช่น ชนิดของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิ เวลา (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2553) จากภาพที่ 4.1 กราฟการอบแห้ง (Drying curve) ของกากมะพร้าว แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้ง 3 สภาวะอยู่ในจุดที่ไม่ทำให้แป้งกากมะพร้าวมีการสูญเสียความชื้นแล้ว (Equilibrium moisture content) ซึ่งแป้งกากมะพร้าวมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 4.20 - 5.66 โดยพบว่าปริมาณความชื้นของแป้งกากมะพร้าวไม่ควรเกินร้อยละ 14 (มอก. 374, 2524)

ค่า Water Activity เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่า Water Activity เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ (นิรนาม, 2546) โดยแป้งกากมะพร้าวมีค่า Water activity อยู่ระหว่าง 0.31-0.37 ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดไว้ที่ 0.60 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 144 (พ.ศ.2535)) จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้ง 3 สภาวะ ไม่มีผลต่อความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของแป้งกากมะพร้าว

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ของแป้งกากมะพร้าว

จากการทดลองนำแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6, 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ นำมาวิเคราะห์หาค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ซึ่งค่าเพอร์ออกไซด์ เป็นค่าบ่งบอก degree of lipid oxidation โดยการหาปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นในไขมันหรือน้ำมัน สารเพอร์ออกไซด์เกิดขึ้นอย่างช้าๆระหว่างที่ไขมันหรือน้ำมันสัมผัสกับอากาศเรียกว่าเกิด oxidative rancidity โดยเป็นปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันที่เกิดขึ้นระหว่างพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (ฤดีมาศ, 2555) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียของน้ำมันและไขมันรวมทั้งอาหารที่มีไขมันสูง จากข้อมูลของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 421 พ.ศ.2564 ว่าด้วยเรื่องน้ำมันและไขมัน กำหนดให้น้ำมันและไขมันจากพืชที่ผ่านกรรมวิธีมีค่าเพอร์ออกไซด์ไม่เกิน 10 มิลลิสมมูล ต่อน้ำมันหรือไขมัน 1 กิโลกรัม ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4

Table 4.4 Peroxide value of coconut residue flour prepared at 3 drying conditions.

Parameters	Coconut residue flour		
	80 : 6	**100 : 5**	**120 : 4**
PV	1.12 ± 0.59^{b}	1.78 ± 0.52^{ab}	2.72 ± 0.23^{a}

Note: PV; Peroxide value, 80: 6; dry at 80 °C for 6 hours, 100: 5; dry at 100 °C for 5 hours, 120: 4; dry at 120 °C for 4 hours. $^{a, b}$ Values followed by different lowercase superscripts in the same

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

row are significantly different from each other ($p < 0.05$). [ns] Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different ($p \geq 0.05$). Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3).

จากตารางที่ 4.4 พบว่าแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าเพอร์ออกไซด์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง อาจเป็นผลมาจากการอบแห้งกากมะพร้าวใช้อุณหภูมิสูงกว่า จึงทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี ส่งผลให้ค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามรายงานของไพจิตร และคณะ (2527) รายงานว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันหรือไขมันเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความร้อนเป็นสาเหตุสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสลายตัว ความร้อนทำให้เกิด free radicals group ทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดเพอร์ออกไซด์อย่างรวดเร็ว

จากผลการทดลองผู้วิจัยใช้ค่าเพอร์ออกไซด์ และค่าสีมาช่วยพิจารณาในการเลือกแป้งกากมะพร้าวที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาผลิตพิซซ่าปราศจากกลูเตน เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง กับ แป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าค่าเพอร์ออกไซด์ของแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งบ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียของไขมันในแป้งและอาจทำให้แป้งเกิดกลิ่นหืนได้ง่าย และค่าความสว่าง (L*) น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างโปรตีนกับน้ำตาลรีดิวส์ในแป้งกากมะพร้าว จึงทำให้แป้งมีสีคล้ำ ซึ่งไม่เหมาะแก่การนำไปผลิตเป็นพิซซ่าปราศจากกลูเตน แป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ มีสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อนำไปผลิตเป็นพิซซ่าปราศจากกลูเตน เพราะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งกากมะพร้าวสั้นกว่า ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียพลังงานในระหว่างการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลของการทดแทนแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง และแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกากมะพร้าวต่อคุณภาพของพิซซ่าปราศจากกลูเตน

4.4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืดของแป้งผสม

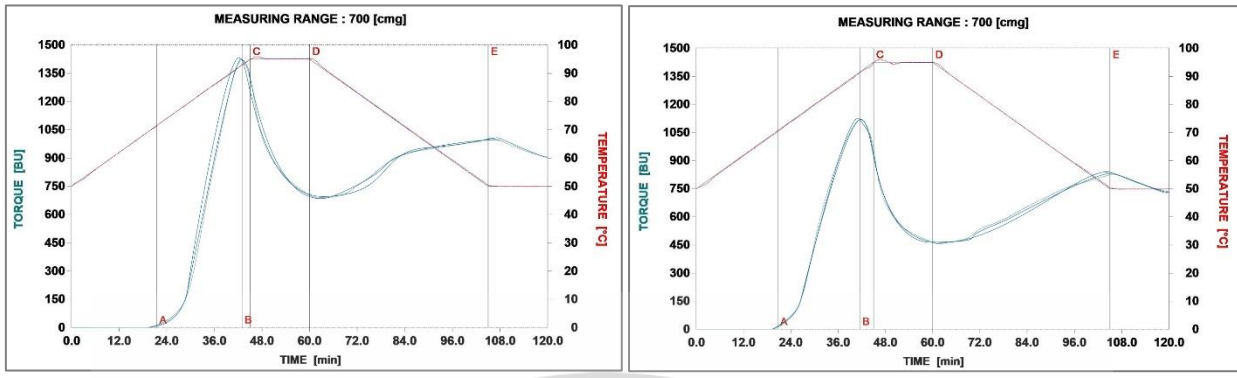
ผลของการศึกษาสมบัติด้านความหนืดของแป้ง เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีหรือกายภาพของสารละลายน้ำแป้ง เมื่อน้ำแป้งได้รับความร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในโมเลกุลของเม็ดแป้ง น้ำจะแพร่ผ่านผนังของเม็ดแป้งเข้าไป ทำให้เม็ดแป้งพองตัวขึ้น และขยายตัว (สุพีรยา, 2564) โดยนำแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวกล้อง แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งกากมะพร้าวทดแทนในสัดส่วนร้อยละ 10 และ 20 นำมาผสมกับน้ำแล้วทำการวัดด้วยเครื่อง Brabender viscograph ซึ่งติดตามพฤติกรรมความหนืดของแป้งตลอดช่วงการให้ความร้อนและการทำให้เย็นลงโดยแสดงผลในรูปของความหนืดที่เปลี่ยนไปกับเวลา (นันทนา, 2563) ทำให้สามารถประเมินลักษณะการอบและความเหมาะสมในการใช้งานต่างๆ ได้ เหมาะสำหรับการทดสอบและควบคุมการผลิตแป้งผสม เมื่อความหนืดเกิดการเปลี่ยนแปลงจะมีตัวแปรที่ต้องพิจารณาคุณภาพของแป้งในระบบอาหาร ได้แก่ Pasting Temperature (PT) หมายถึง อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด, Peak viscosity (PV) หมายถึง ค่าความหนืดสูงสุด, Breakdown viscosity (BDV) หมายถึง ผลต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด, Setback viscosity (SBV) หมายถึง ผลต่างของความหนืดหลังลดอุณหภูมิและความหนืดต่ำสุด และ Final viscosity (FV) หมายถึง ค่าความหนืดสุดท้ายหลังลดอุณหภูมิ

Table 4.5 Pasting properties of mixed flour and mix flour replaced by coconut residue flour.

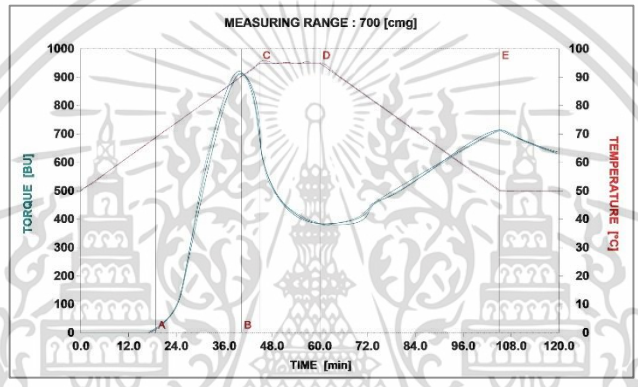
Parameters	Control	10 - CRF	20 - CRF
PT (˚C)	71.4 ± 0.23^{a}	70.15 ± 0.14^{b}	68.85 ± 0.04^{c}
PV (BU)	1412.00 ± 2.00^{a}	1122.00 ± 2.00^{b}	913.67 ± 0.57^{c}
BDV (BU)	722.67 ± 1.15^{a}	655.33 ± 0.57^{b}	531.67 ± 2.08^{c}
SBV (BU)	300 ± 2.00^{c}	364 ± 3.00^{a}	326.67 ± 2.31^{b}
FV (BU)	902.67 ± 2.08^{a}	735.30 ± 1.73^{b}	629.67 ± 3.05^{c}

Note: PT; Pasting temperature, PV; Peak viscosity, BDV; Breakdown viscosity, SBV; Setback viscosity, FV; Final viscosity, Control; Mixed brown rice flour, rice flour and tapioca flour, 10-, 20-CRF; Mixed flour was replaced with coconut residue flour at 10,20% respectively. ^{a,b,c} Values followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other ($p < 0.05$). Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) (b)



(c)

ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งผสม (a) สูตรควบคุม, (b) สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 และ (c) สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 20

จากตารางที่ 4.5 แสดงสมบัติด้านความหนืดของแป้งผสมทั้ง 3 สูตร ได้แก่ แป้งสูตรควบคุม (แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง และแป้งมันสำปะหลัง) แป้งสูตรที่ 1 (แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง แป้งมันสำปะหลัง และแป้งกากมะพร้าวทดแทนที่อัตราส่วน 10%) และแป้งสูตรที่ 2 (แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง แป้งมันสำปะหลัง และแป้งกากมะพร้าวทดแทนที่อัตราส่วน 20%) เมื่อเปรียบเทียบสมบัติด้านความหนืดของแป้งผสมทั้ง 3 สูตร พบว่าแป้งผสมทั้ง 3 สูตรมีสมบัติด้านความหนืดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงความหนืด (PT) ของแป้งควบคุมมีค่าสูงสุด เพราะเมื่อมีการแทนที่แป้งผสมด้วยแป้งกากมะพร้าว ทำให้ค่า PT ลดลง เช่น PT ของแป้งควบคุม เท่ากับ 71.4 °C ในขณะที่แป้งผสมที่ทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าว 20% เท่ากับ 68.85 °C สาเหตุเนื่องจาก การทดแทนแป้งผสมด้วยแป้งจากกากมะพร้าว ทำให้มีปริมาณของเนื้อ starch ในแป้งลดลง ความร้อนที่ต้องทำให้เม็ดแป้งแตกตัวจึงน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้พบว่าแป้งสูตรควบคุมมีความหนืดสูงที่สุด เมื่อมีการนำแป้งกากมะพร้าวทดแทนในปริมาณที่สูงขึ้น ส่งผลให้ความหนืดของแป้งผสมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปตามรายงานของ ปิติพร และคณะ (2550) รายงานว่าเมื่อน้ำแป้งถูกให้ความร้อนแล้วทิ้งให้เย็น แป้งข้าวเจ้าจะเกิดเจลได้ดีที่สุด แต่ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงที่สุดในการทำให้แป้งสุก เป็นผลมาจากขนาดของเม็ดแป้งและการพองตัว โดยเม็ดแป้งที่มีขนาดใหญ่จะเกิดเจลาติไนซ์ได้เร็วกว่าเม็ดแป้งขนาดเล็ก และแป้งที่มีกำลังการพองตัวสูงจะเกิดเจลติไนซ์ได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งที่มีกำลังการพองตัวต่ำ ค่ากำลังการพองตัวของแป้งอุณหภูมิ 95°C แป้งมันสำปะหลังมีค่ามากกว่าแป้งข้าวเจ้า ในขณะที่การเกิดเจลของแป้งแปรผันโดยตรงกับปริมาณอะโลส โดยแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสมากจะมีค่าความหนืดสุดท้ายมากและมีแนวโน้มที่จะเกิดเจลได้ดี การที่แป้งข้าวเจ้าซึ่งมีปริมาณอะไมโลสต่ำแต่มีค่าความหนืดสุดท้ายสูงมากเป็นเพราะปริมาณไขมันที่มีอยู่ในแป้งข้าวเจ้าสามารถจับตัวกับอะไมโลสเป็น amylose-lipid complex ซึ่งไปเสริมความแข็งแรงให้แก่แป้ง แป้งแต่ละชนิดมีพฤติกรรมด้านความหนืดเฉพาะตัว การนำแป้งแต่ละชนิดมาผสมกันไม่สามารถจะให้ลักษณะที่เหมือนแป้งชนิดใดชนิดหนึ่งได้ แต่สามารถให้ลักษณะที่ใกล้เคียงกันได้ (Marianna, 2021) แป้งสูตรควบคุมมีความหนืดสูงที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 อาจเป็นผลมาจากสูตรควบคุมมีปริมาณแป้งข้าวเจ้ามากที่สุดจึงทำให้ต้องใช้เวลานานในการเกิดเจล เมื่อมีการนำแป้งกากมะพร้าวมาทดแทนในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณของแป้งข้าวเจ้าลดลงส่งผลให้คุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้าลดลง และแป้งกากมะพร้าวมีปริมาณของเส้นใยอาหารที่สูง และมีปริมาณสตาร์ชที่ต่ำส่งผลให้ความสามารถในการเกิดเจลของแป้งผสมลดน้อยลง

Breakdown viscosity (BDV) คือ ค่าผลต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด บ่งบอกถึงความเสถียรของแป้งระหว่างการกวนผสม ยิ่งมีค่ามากแสดงให้แป้งมีความเสถียรน้อยลงและง่ายต่อการแตกตัว (ปริญญา, 2565) และค่าน้อยบ่งบอกถึงความแข็งแรงของเม็ดแป้งที่บวมจะแตกยากในระหว่างที่มีความร้อนและมีการกวน และมีผลจากโครงสร้างของแป้งที่แข็งแรงมากเนื่องจากอิทธิพลของไขมัน โดยไขมันจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอะไมโลสทำให้ช่วยเสริมความแข็งแรงของเม็ดแป้ง (จารุวรรณ์, 2556) จากตารางที่ 4.5 พบว่า ค่า BDV ของแป้งผสมทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแป้งผสมสูตรควบคุมมีค่าสูงที่สุด และเมื่อนำแป้งกากมะพร้าวมาทดแทนในปริมาณที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนืดสุดท้ายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากรายงานของ Jumoke et al. พบว่า เมื่อมีการใช้แป้งกากมะพร้าวทดแทนแป้งข้าวโพดผสมในการเตรียมอาหารในปริมาณการทดแทนที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่า BDV ต่ำลง ทำให้แป้งมีความเสถียร ส่งผลให้แป้งมีความสามารถทนต่อความร้อนและแรงเฉือนระหว่างการแปรรูปอาหาร

Setback viscosity (SBV) คือ ค่าการคืนตัวของแป้ง เป็นผลต่างของความหนืดหลังลดอุณหภูมิ (Final viscosity) และความหนืดต่ำสุด (Trough viscosity) เมื่อเม็ดแป้งแตกหักและโมเลกุลของแป้งที่ละลายออกมาจากเม็ดแป้งเป็นอิสระ ถ้าโมเลกุลอิสระนี้มีขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมจะสามารถเคลื่อนที่เข้ามาจับกันและกักน้ำไว้ได้อีกครั้ง ทำให้ความหนืดสูงขึ้นอีก หรืออาจจะเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า retrogradation (จารุวรรณ์,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

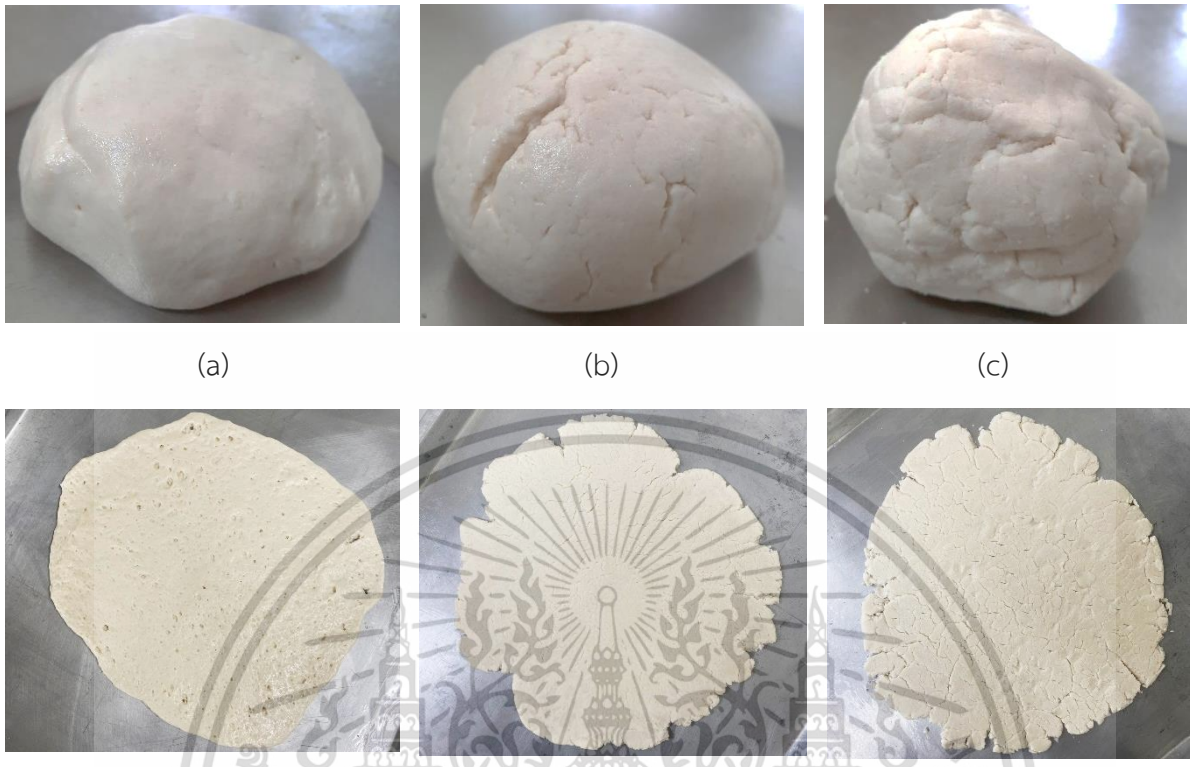
2556) ที่ความเข้มข้นแป้งต่ำ ๆ เม็ดแป้งที่พองตัวและโมเลกุลแป้งโดยเฉพาะอะไมโลสที่หลุดออกมาจากเม็ดแป้งมีการกระจัดกระจายตัวสูง เนื่องจากการกลับมาเรียงตัวใหม่ของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินนั้นจะดึงดูดกันด้วยแรงประเภทแวนเดอร์วาล์ว (Van der Waals Force) และพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond) ซึ่งต้องมีระยะในการดึงดูดกันใกล้ในระดับหนึ่ง ดังนั้นโอกาสที่จะกลับมารวมตัวกันเกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย (network) ก็มีน้อย แต่เมื่อความเข้มข้นแป้งสูงขึ้นระยะห่างระหว่างเม็ดแป้งที่พองตัว ชิ้นส่วนของเม็ดแป้งจากการแตกของเม็ดแป้ง อะไมโลสและอะไมโลเพคตินที่กระจัดกระจายออกมาจะลดลง การกลับมาจัดเรียงตัวกันใหม่จึงเกิดได้ง่ายขึ้น แป้งสุกจึงมีค่า Setback เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นแป้งเพิ่มขึ้นการคืนตัวของแป้งจะเกิดเร็วขึ้นและเพิ่มขึ้น โดยดูได้จากค่า Setback (กสิภูมิ และคณะ, 2557) จากตารางที่ 4.5 พบว่า ค่าSBV ของแป้งทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อมีการทดแทนของกากแป้งกากมะพร้าวสูงขึ้นส่งผลให้ค่าการคืนตัวของแป้งลดลง ซึ่งจากรายงานของ Folasade และ Ayobami พบว่า เมื่อนำแป้งกากมะพร้าวไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบในปริมาณที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าการคืนตัวของแป้งลดลง

Final viscosity (FV) คือ ค่าความหนืดสุดท้ายหลังลดอุณหภูมิ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ลักษณะของแป้งหรือผลิตภัณฑ์เมื่อได้รับความร้อนและให้ความเย็น (ปิติพร และคณะ, 2546) จากตารางที่ 4.5 พบว่า ค่า FV ของแป้งผสมทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแป้งผสมสูตรควบคุมมีค่าสูงที่สุด และเมื่อนำแป้งกากมะพร้าวมาทนแทนในปริมาณที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนืดสุดท้ายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากรายงานของ Folasade และ Ayobami พบว่า เมื่อนำแป้งกากมะพร้าวไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบในปริมาณที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนืดของแป้งลดลงซึ่งการแปรผันของค่าเหล่านี้อาจเกิดจากความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของแป้งและภายในโครงสร้างภายในของแป้ง

4.4.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของก้อนโด

วิเคราะห์ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดแสดงถึงความเหนียว ความยืดหยุ่นของก้อนโด โดยนำก้อนโดสูตรควบคุม สูตรที่ทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 ไปวัดค่า tensile strength ซึ่งจะวัดค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้เส้นโดขาดจากกัน (peak force) และระยะทางที่ยืดจนขาด (distance) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) รุ่น TA-XT plus โดยวิธีมาตรฐาน AACC ภาพที่ 4.4 ก้อนโดก่อนรีดและหลังรีดของแป้งพิซซ่าทั้ง 3 สูตร และผลการวิเคราะห์ค่า tensile strength ของก้อนโดแสดงค่าดังตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

ภาพที่ 4.4 ก้อนโดก่อนรีดสูตรควบคุม (a) สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าว 10% (b) และสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าว 20% (c) ก้อนโดหลังรีดสูตรควบคุม (d) สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าว 10% (e) และสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าว 20% (f)

Table 4.6 Effect of coconut residue flour substitution in different ratios to tensile strength of pizza dough.

Parameters	Control	10-CRF	20-CRF
Force (g)	134.90 ± 19.82^{a}	117.98 ± 29.12^{ab}	101.14 ± 17.27^{b}
Distance (mm)	22.09 ± 0.22^{ns}	21.99 ± 0.03^{ns}	22.03 ± 0.07^{ns}

Note: Control; Mixed rice flour, brown rice flour and cassava flour without coconut residue flour. 10-, 20-CRF; Mixed flour was replaced with coconut residue flour at 10, 20% respectively. $^{a, b}$ Value followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other ($p<0.05$). ^{ns} Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different ($p>0.05$). Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงดึงสูงสุด (peak force) ที่ทำให้เส้นโดขาดจากกันทั้ง 3 สูตร พบว่าแป้งโดสูตรควบคุมใช้แรงในการดึงมากกว่าแป้งโดสูตร 20 % โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าแรงดึงสูงสุดของแป้งโดสูตร 10 % ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งโดทั้ง 2 สูตร อาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งกากมะพร้าวที่แตกต่างจากแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง และแป้งมันสำปะหลัง โดยพบว่าแป้งกากมะพร้าวมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ แต่มีปริมาณโปรตีนสูง และมีใยอาหารสูงถึงร้อยละ 32.77 (Marianna et al. ,2564) ซึ่งสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งทั้ง 3 ชนิด เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการดูดซับน้ำของแป้ง ซึ่งการดูดซับน้ำของไฟเบอร์เพิ่มขึ้นจะทำให้แป้งแน่นขึ้นและเหนียวน้อยลงและทำให้ขึ้นรูปแป้งได้ยากขึ้น (B. Ghoshal และคณะ, 2006) ทำให้แป้งโดสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 20 มีความเหนียวและความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งโดสูตรควบคุม ส่วนค่าระยะยืดตัวของแป้งโด (distance) พบว่าแป้งโดทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าระยะการยืดอยู่ที่ 22.31 - 21.96 มิลลิเมตร

4.4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งพิซซ่าหลังอบ

จากการทดลองวิเคราะห์ค่าสีของแป้งพิซซ่าปราศจากกลูเตนสูตรควบคุม สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 ด้วยเครื่อง Chroma meter รุ่น CR400 โดยใช้ระบบ CIE L*a*b* ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งกากมะพร้าวแสดงดังตารางที่ 4.7

Table 4.7 Effect of coconut residue flour substitution in different ratios to color of gluten-free pizza

Parameters	Control	10-CRF	20-CRF
L*	85.25 ± 0.36^{a}	83.72 ± 0.19^{b}	81.95 ± 0.35^{c}
a*	0.01 ± 0.02^{b}	0.07 ± 0.08^{b}	0.29 ± 0.12^{a}
b*	9.43 ± 0.85^{b}	11.13 ± 0.20^{b}	14.53 ± 1.68^{a}

Note: Control; Mixed brown rice flour, rice flour, and cassava flour, 10-, 20-DCRF; Mixed flour was replaced with coconut residue flour at 10 and 20% respectively. $^{a, b, c}$ Values followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other ($p < 0.05$). Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.7 เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่าง (L*) ของแป้งพิซซ่าปราศจากกลูเตนสูตรควบคุม สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 พบว่าแป้งพิซซ่าปราศจากกลูเตนทั้ง 3 สูตร มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแป้งพิซซ่าสูตรควบคุมมีค่าความสว่างสูงที่สุด และเมื่อทดแทนแป้งกากมะพร้าวในปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปตามรายงานของ Gunathilake and Yalegama (2009) รายงานว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบที่เสริมด้วยแป้งจากกากมะพร้าวจะมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากกรดอะมิโนไลซีนและน้ำตาลฟรุกโตสที่มีอยู่ในแป้งก่อให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ในระหว่างการอบ ดังนั้นการทดแทนแป้งกากมะพร้าวในปริมาณสูงขึ้น จะทำให้แป้งพิซซ่ามีความสว่างลดลง

เมื่อพิจารณาค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) พบว่าแป้งพิซซ่าสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 20 มีค่าสีแดงและสีเหลืองสูงที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งพิซซ่าสูตรควบคุมและสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 อาจเป็นผลมาจากแป้งกากมะพร้าวมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 12 (สมัชญา, 2558) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกากมะพร้าว จึงเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) ทำให้ค่าสีแดงและสีเหลืองสูงขึ้น จากรายงานของ สุนิษา และจิราพร(2554) แป้งกากมะพร้าวจะมีสีเหลืองอ่อนและอาจทำให้ขนมอบมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อยเมื่อใช้ในปริมาณเล็กน้อย หากใช้ในปริมาณที่มากขึ้น แป้งจะทำให้สีของขนมอบเข้มขึ้นอย่างมาก ทำให้ดูเป็นสีน้ำตาลมากขึ้น เนื่องจากแป้งกากมะพร้าวมีสารสีธรรมชาติ เช่น แทนนินและฟีนอลิก ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับส่วนผสมอื่นๆในสูตรและทำให้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายมีสีเข้มขึ้น

4.4.4 ผลการวิเคราะห์ความฟูของแป้งพิซซ่าหลังอบ

วิเคราะห์ความฟูของแป้งพิซซ่าหลังอบ โดยกำหนดความหนาของแป้งหลังการรีดที่ 5 มิลลิเมตร แล้วทำการวัดความหนาตรงกลางพิซซ่า ความหนาครึ่งหนึ่งของกลางพิซซ่า และความหนาขอบพิซซ่าหลังผ่านการอบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความฟูของแป้งพิซซ่าสูตรควบคุม สูตรทดแทนแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 แสดงดังภาพที่ 4.5 และผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.5 ความหนาของแป้งพิซซ่าหลังอบ สูตรควบคุม (ล่าง), สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 (กลาง) และสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 20 (บน)

Table 4.8 Effect of coconut residue flour substitution in different ratios to fluffiness of gluten free pizza.

Parameters	Control	10-CRF	20-CRF
middle thickness (mm)	7.87 ± 0.34^{a}	5.81 ± 0.62^{b}	5.80 ± 0.56^{b}
middle haft thickness (mm)	7.64 ± 0.30^{a}	5.80 ± 0.97^{b}	5.75 ± 0.30^{b}
Edge thickness (mm)	7.05 ± 0.53^{a}	6.25 ± 0.40^{b}	5.75 ± 0.60^{b}
Average thickness (cm^{3})	7.52 ± 0.13^{a}	5.95 ± 0.34^{b}	5.77 ± 0.23^{b}

Note: Control; Mixed rice flour, brown rice flour and cassava flour without coconut residue flour. 10-, 20-CRF; Mixed flour was replaced with coconut residue flour at 10, 20% respectively. $^{a, b}$ Value followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other ($p<0.05$) Data are expressed as mean+- standard deviation (n=3).

จากตารางที่ 4.8 เมื่อเปรียบเทียบความฟูของแป้งพิซซ่าทั้ง 3 สูตรพบว่าแป้งพิซซ่าสูตรควบคุมมีความหนามากที่สุด โดยมีความหนาที่เพิ่มขึ้นจากเดิม 2.52 ± 0.13 มิลลิเมตร แป้งพิซซ่าสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าว 10% และ 20% มีความหนาที่เพิ่มขึ้นจากเดิม 0.80 ± 0.97 และ 0.75 ± 0.30 ตามลำดับ โดยทั้งสองสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้ว่าแป้งกากมะพร้าวมีไขมันและโปรตีนสูง ซึ่งเป็นส่วนผสมที่ทำให้เกิดความฟูขึ้นในผลิตภัณฑ์ แต่ถ้าผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีกลูเตนเป็นส่วนผสม อาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่มีความฟูหรือมีความฟูน้อยลง เนื่องจากกลูเตนเป็นสารที่ช่วยเพิ่มความฟูและนุ่มของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ดังนั้นการใช้แป้งกากมะพร้าวที่มีเส้นใยอาหารสูงดูดซับน้ำไว้ได้มากในผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีกลูเตนอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่มีความฟูเหมือนเดิมหรือมีความฟูน้อยลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งพิซซ่าหลังอบ

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งพิซซ่าปราศจากกลูเตนหลังการอบทั้ง 3 สูตร ได้แก่ สูตรควบคุม สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 โดยการวัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ค่าความเหนียว (toughness) และค่าความแข็ง (hardness) ของแป้งพิซซ่า ใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) รุ่น TA-XT plus โดยวิธีมาตรฐาน AACC, 2010 ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9

Table 4.9 Effect of coconut residue flour substitution in different ratios to texture profile of gluten free pizza.

Parameters	Control	10-CRF	20-CRF
Firmness	4798.60 ± 136.17^{b}	6975.55 ± 128.19^{b}	13048.04 ± 250.41^{a}
Hardness	6546.94 ± 105.23^{b}	7622.81 ± 93.51^{b}	10956.89 ± 210.45^{a}
Toughness	33865.83 ± 229.19^{a}	21940.81 ± 109.21^{b}	18419.80 ± 117.32^{b}

Note: Control; Mixed rice flour, brown rice flour and cassava flour without coconut residue flour. 10-, 20-DCRF; Mixed flour was replaced with coconut residue flour at 10, 20% respectively. $^{a, b}$ Value followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other ($p<0.05$). Data are expressed as mean+- standard deviation (n=3).

จากตารางที่ 4.9 เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์วิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแป้งพิซซ่าปราศจากกลูเตน สูตรควบคุม สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 พบว่าค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และค่าความแข็ง (hardness) ของแป้งพิซซ่าสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 20 มีค่าสูงที่สุด และแป้งพิซซ่าสูตรควบคุมกับสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รายงานของปรัศนีย์ และคณะ (2565) พบว่าแป้งกากมะพร้าวมีใยอาหารสูง เมื่อเพิ่มเส้นใยลงในผลิตภัณฑ์สามารถเพิ่มความแข็งได้ เพราะใยอาหารดูดซับความชื้นและบวม ทำให้ผลิตภัณฑ์หนาแน่นและแข็งขึ้น โดยเฉพาะเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นเมื่อทดแทนแป้งกากมะพร้าวในปริมาณสูงขึ้น เป็นการเพิ่มปริมาณเส้นใยเพิ่มลงในแป้ง จึงทำให้แป้งพิซซ่ามีความแข็งและแน่นเนื้อมากขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าความเหนียว (Toughness) พบว่าแป้งพิซซ่าสูตรควบคุมมีความเหนียวสูงที่สุด และแป้งพิซซ่าสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 ค่าความเหนียวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากแป้งกากมะพร้าวมีใยอาหารสูงถึงร้อยละ 32.77 (Marianna et al. ,2564) เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการดูดซับน้ำ ซึ่งการดูดซับน้ำของเส้นใยเพิ่มขึ้นจะทำให้แป้งแน่นขึ้นและ

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหนียวน้อยลง (B. Ghoshal และคณะ, 2006) ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกากมะพร้าวก็เป็นการเพิ่มเส้นใยให้กับแป้งพิซซ่า จึงทำให้แป้งพิซซ่าสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวมีความเหนียวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งพิซซ่าสูตรควบคุม

4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของพิซซ่าปราศจากกลูเตน โดยทำการทดสอบ 3 สูตร ได้แก่ พิซซ่าปราศจากกลูเตนสูตรควบคุม สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 ด้วยวิธี 7-point Hedonic scale โดยให้คะแนน 1=ไม่ชอบที่สุด และ 7=ชอบมากที่สุด ซึ่งใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน เพื่อหาพิซซ่าสูตรที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.10

Table 4.10 Effect of coconut residue flour substitution in different ratios to sensory of gluten free pizza.

Sensory properties	Likeness score		
	Control	10-CRF	20-CRF
Appearance	5.83 ± 1.21^{ns}	5.77 ± 1.13^{ns}	5.63 ± 1.21^{ns}
Color	5.60 ± 1.40^{ns}	5.53 ± 1.46^{ns}	5.20 ± 1.35 ^{ns}
Flavor	4.83 ± 1.37 ^{ns}	5.07 ± 1.32^{ns}	5.30 ± 1.64 ^{ns}
Taste	5.73 ± 1.20 ^{ns}	5.33 ± 1.42^{ns}	5.10 ± 1.37^{ns}
Texture	5.17 ± 1.37^{a}	4.33 ± 1.49^{b}	3.77 ± 1.28^{b}
Overall	5.37 ± 1.30^{ns}	4.93 ± 1.39 ^{ns}	4.83 ± 1.31^{ns}

Note: Control; Mixed rice flour, brown rice flour and cassava flour without coconut residue flour. 10-, 20-DCRF; Mixed flour was replaced with coconut residue flour at 10, 20% respectively. $^{a, b}$ Value followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other ($p<0.05$). ^{ns} Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different ($p\geq0.05$). Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่แสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่าพิซซ่าปราศจากกลูเตนทั้ง 3 สูตร ได้รับคะแนนการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนับสำคัญทางสถิติ โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย เนื่องจากต้องการนำแป้งกากมะพร้าวมาทดแทนแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง และแป้งมันสำปะหลังในปริมาณมากที่สุดและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงสรุปได้ว่าพิซซ่าปราศจากกลูเตนสูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 20 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาผลิตเป็นพิซซ่าปราศจากกลูเตนจากแป้งกากมะพร้าว การทดแทนแป้งกากมะพร้าวลงในผลิตภัณฑ์พิซซ่าปราศจากกลูเตน ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแป้งกากมะพร้าวมีใยอาหารและโปรตีนสูงถึงร้อยละ 14.08 และ 11.96 ตามลำดับ (สมัชญา, 2558) ทำให้ผลิตภัณฑ์พิซซ่าปราศจากกลูเตนมีใยอาหารและโปรตีนสูงขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับบุคคลทั่วไปที่ต้องการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพและบุคคลที่ไม่สามารถรับประทานอาหารที่มีกลูเตนได้ อีกทั้งการนำกากมะพร้าวมาผลิตเป็นแป้งกากมะพร้าวเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ยังช่วยลดของเสียจากกระบวนการผลิตและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมแป้งกากมะพร้าวและนำไปผลิตเป็นพิซซ่าปราศจากกลูเตน โดยศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งกากมะพร้าว เพื่อผลิตเป็นแป้งกากมะพร้าว พบว่า อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งไม่ส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมัน ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระของแป้งกากมะพร้าวแต่ส่งผลต่อค่าสี และค่าเพอร์ออกไซด์ของแป้ง พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างโปรตีนกับน้ำตาลรีดิวส์ในแป้งกากมะพร้าว ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) และอัตราเร็วของปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จึงทำให้แป้งกากมะพร้าวที่อบแห้งในอุณหภูมิสูงมีค่าความสว่างลดลงและค่าสีเหลืองสูงขึ้น ค่าเพอร์ออกไซด์ของแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ส่งผลให้ค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งบ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียของไขมันในแป้งและอาจทำให้แป้งเกิดกลิ่นหืนได้ง่าย ต่อมาผู้วิจัยได้เลือกแป้งกากมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อนำมาผลิตเป็นพิซซ่าปราศจากกลูเตน โดยนำแป้งกากมะพร้าวไปทดแทนแป้งข้าวกล้อง แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลังในปริมาณร้อยละ 10 และ 20 พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งกากมะพร้าวส่งผลให้พิซซ่ามีค่าความสว่าง ความฟู ความยืดหยุ่น และสมบัติด้านความหนืดของก้อนโดลดลง แต่จะทำให้เนื้อสัมผัสของพิซซ่ามีความแข็งและแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากแป้งกากมะพร้าวมีปริมาณเส้นใยสูง ซึ่งเส้นใยสามารถดูดซับน้ำได้ดี ดังนั้นเมื่อเพิ่มเส้นใยลงในผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแน่นเนื้อและแข็งขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของพิซซ่าปราศจากกลูเตน โดยทำการทดสอบ 3 สูตร ได้แก่ พิซซ่าปราศจากกลูเตนสูตรควบคุม สูตรทดแทนด้วยแป้งกากมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 พบว่า คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อพิซซ่าปราศจากกลูเตนทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีคะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย แต่เนื่องด้วยวัตถุประสงค์ของการทดแทนแป้งกากมะพร้าวคือการเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์และลดของเสียในกระบวนการผลิตกระทิ ทางผู้วิจัยจึงเลือกการทดแทนแป้งกากมะพร้าวในผลิตภัณฑ์พิซซ่าปราศจากกลูเตนร้อยละ 20 ซึ่งเป็นสูตรที่มีปริมาณแป้งมะพร้าวสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการวัดปริมาณไขมันของกากมะพร้าวอบแห้งก่อนสกัดไขมัน และหลังสกัดไขมันทั้ง 3 สภาวะ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณไขมันในแป้งกากมะพร้าวที่สกัดได้แต่ละสภาวะ

5.2.2 ทดลองปรับปรุงเนื้อสัมผัสของก้อนโดที่มีการใช้แป้งกากมะพร้าวโดยอาจเติมสารไฮโดรคอลลอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม. 2555. การพัฒนาแป้งผสมสำเร็จรูปที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพจากผลิตผลเกษตร. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการแปรรูปผลิตผลเกษตร. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร.

ณัชษชี ณัชปภาส์มณ, สันทณีย์ ปัญจอานนท์ และดุษฎี อุตภาพ. 2559. ผลของการดัดแปรแป้งด้วยวิธีการใช้ความร้อนชื้นต่อสมบัติและโครงสร้างของแป้งที่มีโครงสร้างผลึกแบบ A และ B. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ทิพวรรณ ทองสุข และสิริลักษณ์ ชัยจำรัส. 2556. โครงการกานพัฒนากระบวนการผลิตสารเสริมใยอาหารจากกากมะพร้าวดัดแปรและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร. สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร

ทรงวุฒิ ทานันท์, พัชรีพร อุทา และฐานุตรา โวยหยื่อ. 2555. คุกกี้ทูเลย์จากแป้งกากมะพร้าว.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.cvc.ac.th/cvc2011/files/1309240992911393_1309300110245.pdf. 9 พฤศจิกายน 2565.

ประจงเวท สาตมาลี. 2561. ผลิตภัณฑ์เบเกอรีปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว ในระดับครัวเรือน. วารสารอาหาร, 48(2): 57-60.

ประกาศกระทรวงสาธาณะสุข. พ.ศ.2564. (2564,4 กุมภาพันธ์). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม138 ตอนพิเศษ 31. หน้า 27-33.

ปริญญา แหทรัพย์, ปิญาพร สุขเกตุ และสิริญาพร กวางอุเสน. 2565. สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งจากกากมะพร้าวสกัดไขมันและการใช้ประโยชน์ในการผลิตเค้กปราศจากกลูเตน. ปริญญาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2555. อัตราการทำแห้ง.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0663/drying-rate-%E0. 1 เมษายน 2566.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2555. ปฏิกิริยาเมลลาร์ด.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0397/maillard-reaction-%E0. 4 เมษายน 2566.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาลี ซิ้มศรีสกุล. 2546. การศึกษาการเตรียมแป้งมะพร้าวจากกากมะพร้าวส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูป. คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,:ม.ป.ท.

มุก ลิ้มมณี และพิณทิพย์ รัมภกาภรณ์. 2560. การเตรียมกากมะพร้าวจากกากคั้นกะทิเพื่อนำไปดัดแปรทางเคมีและเสริมในผลิตภัณฑ์อาหาร.กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฤดีมาศ พุ่มกล่ำ. 2555. ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารสกัดจากเปลือกอบเชยอินโดนีเซีย. ปริญญาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2556. โรคแพ้กลูเตนและความสำคัญของอาหารปราศจากกลูเตน. วารสารอาหาร, 43 (3): 16-21

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, พิชญอร ไหมสุทธิสกุล และเหมือนหมาย อภินทนาพงศ์. 2559. สมบัติทางเคมีกายภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันรวมทั้งสมบัติของแป้งหลังการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเงาะที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา.

วิจิตรา เหลียวตระกูล และวชิรญา เหลียวตระกูล. 2563. ผลของวิธีกากดัดแปรแป้งด้วยกรดและพรีเจลาติไนเซชันต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกระจับ. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยสยาม. 2: 86-92.

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. 2003. Water Activity กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://www.phtnet.org/2003/09/26/. 1 เมษายน 2566.

สุทธินี สีสังข์. 2563. คุณสมบัติของแป้งที่มีผลต่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20200722153849_1_file.pdf. 10 พฤศจิกายน 2565.

สมัชญา ตาทองศรี. (2558). หมี่ซั่วเสริมใยอาหารจากแป้งมะพร้าว. วารสารอาหาร, 45 (3) ,21-27

สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 2563. สถานการณ์การผลิตมะพร้าว.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/10/สถานการณ์มะพร้าว_กรกฎาคม63.pdf. 9 พฤศจิกายน 2563

สุนิษา วิไลพัฒน์ และจีราพร อัคคีสุวรรณ์. 2555. การใช้กากมะพร้าวในขนมทองม้วน ปริญญาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์อาหารและโภชนาการ. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยราชมงคลพระนคร.

อรวรรณ โศภณัฐยานนท์, จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์, ฤทธิชัย อัศวราชันย์ และอรรถพล นุ่มหอม. ในการประชุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 31 มีนาคม – 1 เมษายน 2554 ณ ชลจันทร์ พัทยา รีสอร์ท จังหวัดชลบุรี. หน้า 4-5.

Adeloye, J.B., Osho, H. and Idris, L.O. 2020. Defatted coconut flour improved the bioactive components, dietary fibre, antioxidant and sensory properties of nixtamalized maize flour. Journal of Agriculture and Food Research. 2: 100042.

Jongyingcharoen, J.S., Wuttigarn, P. and Assawarachan, R. 2019. Hot air drying of coconut residue: shelf life, drying characteristics, and product quality. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 301: 012033.

MAKINDE, F.M. and EYITAYO, A.O. 2019. The evaluation of nutritional composition and functional and pasting properties of wheat flour-coconut flour blends. Croatian journal of food science and technology, 11 (1), 21-29.

Yalegama, L.L.W.C., Karunaratne, D.N., Sivakanesan R. and Jayasekara, C. 2013. Chemical and functional properties of fibre concentrates obtained from by-products of coconut kernel. Department of chemistry, faculty of science, university of Peradeniya, Peradeniya, Sri Lanka.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

รูปที่ ก.1 ตู้อบลมร้อน (Tray dryer)

รูปที่ ก.2 เครื่องปั่นแบบแห้ง (Blender)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 เครื่องวัดความชื้น (Moisture halogen) ยี่ห้อ Mettler Toledo : รุ่น HX204

รูปที่ ก.4 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity meter) ยี่ห้อ Novasina : รุ่น RTD502

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.6 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Refrigerated Centrifuge) ยี่ห้อ eppendorf : รุ่น 5910R

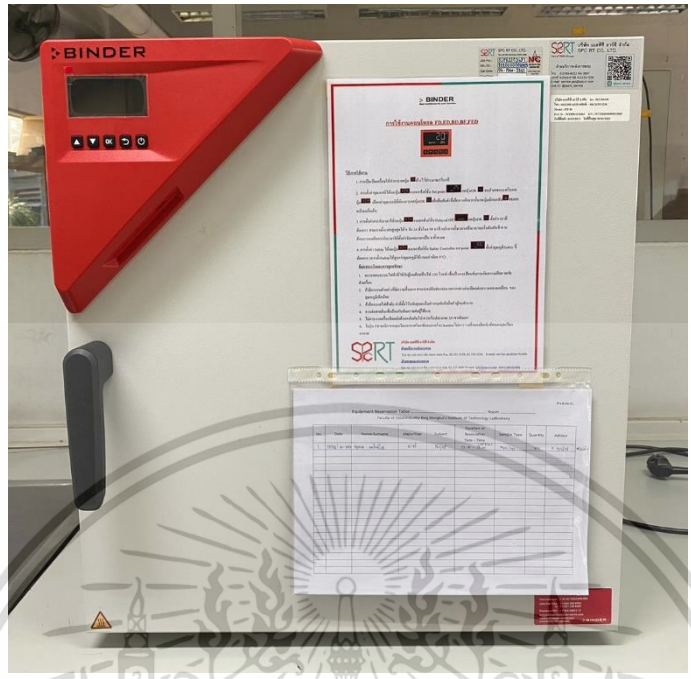
รูปที่ ก.7 เครื่องหมุนเหวี่ยง ไม่ควบคุมอุณหภูมิ 6000 rpm (Centrifuge) ยี่ห้อ Hettich : รุ่น rotofix 32 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.8 อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

รูปที่ ก.9 เครื่องบดละเอียด (Pin Mill) รุ่น Retsch : ZM 1000

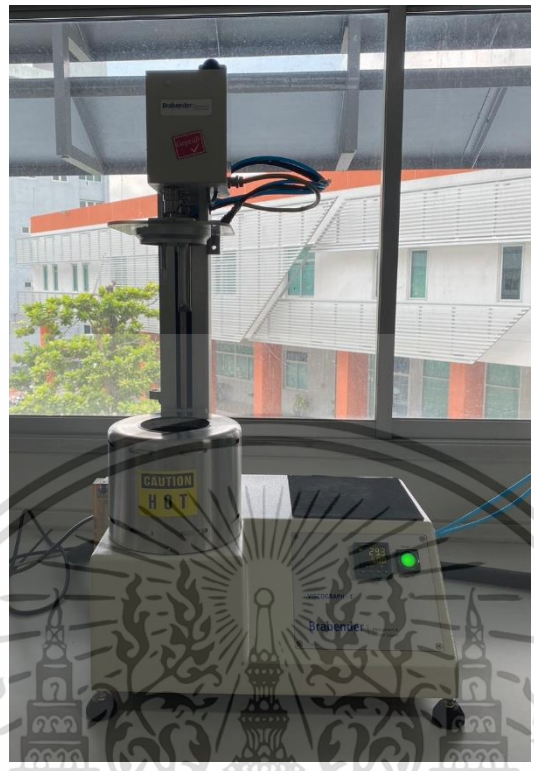
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.10 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

รูปที่ ก.11 ตู้ดูดควัน (Fume hood)

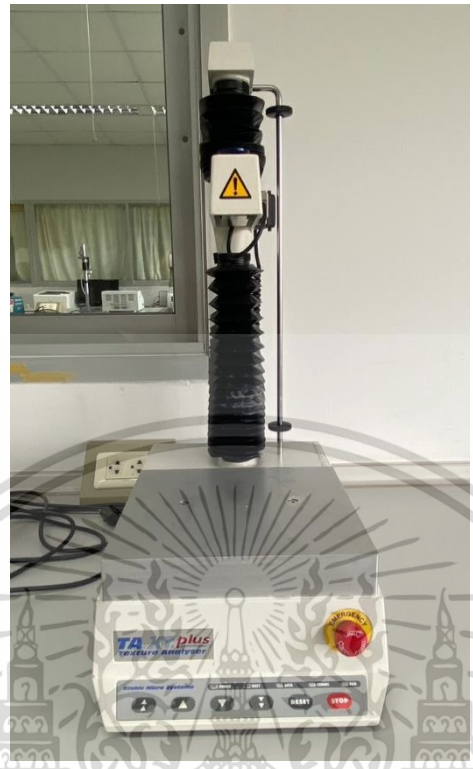
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.12 เครื่องวัดความหนืดของแป้ง (Brabender Viscograph) รุ่น Viscograph E

รูปที่ ก.13 (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro Systems : รุ่น TA – HD plus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.14 (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro Systems : รุ่น TA – XT plus

รูปที่ ก.15 เตาอบ (Oven)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ขั้นตอนการทำพิซซ่าปราศจากกลูเตน

สูตรควบคุม

รูปที่ ข.1 ชั่งเตรียมวัตถุดิบ

รูปที่ ข.2 ผสมยีสต์ น้ำตาล และน้ำเข้าด้วยกัน และพักทิ้งไว้ 45 นาที

รูปที่ ข.3 ร่อนแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้อง แป้งมันสำปะหลัง เกลือ ผงฟู และแซนแทนกัมเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.4 เติมยีสต์ที่พัก 45 นาทีลงในส่วนผสมที่ร่อนไว้นวนผสมให้เข้ากัน จากนั้นใส่น้ำมันถั่วเหลืองและนวดส่วนผสมให้เข้ากันจนเกิดเป็นก้อนโด และพักโดไว้ 10 นาที เพื่อให้โดขึ้นฟู

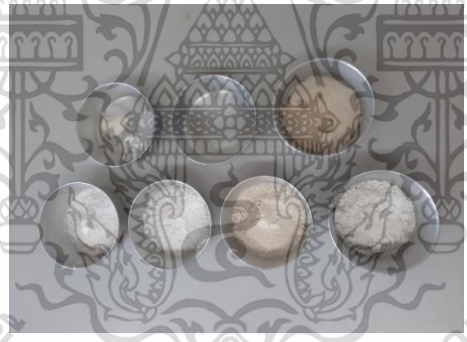
รูปที่ ข.5 ทาน้ำมันถั่วเหลืองบนถาดอบ จากนั้นนำโดมารีดให้มีความหนาสม่ำเสมอกันที่ 5 มิลลิเมตร

รูปที่ ข.6 ทาซอสพิซซ่าลงแผ่นแป้งให้ทั่วแผ่น และโรยด้วยเครื่องที่เตรียมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.6 นำแผ่นแป้งเข้าเตาอบที่ผ่านการวอร์มมาแล้ว 15 นาที อุณหภูมิ 2 00 องศาเซลเซียส โดยนำถาดอบไว้ชั้นล่างสุดอบเป็นเวลา 5 นาที และนำขึ้นชั้นบนอบต่ออีก 10 นาที และนำออกจากเตาอบ

สูตรที่ 1 (ใช้แป้งกากมะพร้าวทดแทนที่ 10%) และสูตรที่ 2 (ใช้แป้งกากมะพร้าวทดแทนที่ 20%) มีขั้นตอนในการทำทั้งหมดเช่นเดียวกับสูตรควบคุม มีเพียงวัตถุดิบที่แตกต่างกัน คือ มีแป้งกากมะพร้าวเพิ่มขึ้น



รูปที่ ข.7 วัตถุดิบที่ใช้ในสูตรที่ 1

รูปที่ ข.8 วัตถุดิบที่ใช้ในสูตรที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.9 ลักษณะของแผ่นแป้งสูตรควบคุมเมื่ออบครบ 15 นาที

รูปที่ ข.10 ลักษณะของแผ่นแป้งสูตรที่ 1 เมื่ออบครบ 15 นาที

รูปที่ ข.12 ลักษณะของแผ่นแป้งสูตรที่ 2 เมื่ออบครบ 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พิซซ่าปราศจากกลูเตนเสริมแป้งกากมะพร้าว

ชื่อ..... **วันที่**.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ พิซซ่าปราศจากกลูเตนเสริมแป้งกากมะพร้าว

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหาสูตรพิซซ่าปราศจากกลูเตนเสริมแป้งกากมะพร้าวที่ผู้ชิมยอมรับ

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ตามรหัสแล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะ ให้ตรงกับความรู้สึกของท่านโดยกำหนดคะแนน ดังนี้

1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบปานกลาง 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 4 = เฉยๆ

5 = ชอบเล็กน้อย 6 = ชอบปานกลาง 7 = ชอบมาก

คุณลักษณะ	**คะแนนความชอบ**		
	รหัสตัวอย่าง.....	รหัสตัวอย่าง.....	รหัสตัวอย่าง.....
ลักษณะปรากฏ			
สี			
กลิ่นรส			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

คำแนะนำเพิ่มเติม

.....

.....

.....

☐ ข้าพเจ้ายินยอมในการทดสอบการประเมินความชอบและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นประโยชน์แก่ทีมผู้วิจัยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	กมลทิพย์ จั่นพา
วัน เดือน ปี เกิด	25 ธันวาคม 2543
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2566 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล	ณัฐชา จันทร์ปาน
วัน เดือน ปี เกิด	17 สิงหาคม 2543
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2566 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล	ณัฐพงศ์ เสนคำสอน
วัน เดือน ปี เกิด	8 พฤศจิกายน 2543
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2566 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้