

การศึกษาผลของวิธีการทำแห้งจิ้งหรีดและปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพของ
ขนมปังปราศจากกลูเตน

The effects of drying methods and the cricket powder
contents on the quality of gluten-free bread



เสาวรส ตังซัว

อรรัมภา พจน์วิวัฒน์

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การศึกษาผลของวิธีการทำแห้งจิ้งหรีดและปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพของขนมปังปราศจากกลูเตน

The effects of drying methods and the cricket powder contents on the quality of gluten-free bread

จัดทำโดย

เสาวรส ตั้งข้าว

รหัสนักศึกษา 59080053

อรรัมภา พจนวิวัฒน์

รหัสนักศึกษา 59080057

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

สพ.รยา ๓๒๓

(ดร. สุพีรยา อาษา)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

28 / พ.ค. / 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|------------------|--|-----------------------|
| หัวข้อปัญหาพิเศษ | การศึกษาผลของวิธีการทำแห้งจิ้งหรีดและปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพของขนมปังปราศจากกลูเตน | |
| ชื่อนักศึกษา | เสาวรส ตั้งข้าว | รหัสนักศึกษา 59080053 |
| | อรรธมา พจนวิวัฒน์ | รหัสนักศึกษา 59080057 |
| หลักสูตร | วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร | |
| พ.ศ. | 2563 | |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ดร. สุพีรยา อาษา | |

บทคัดย่อ

ปัญหาการแพ้กลูเตนในผลิตภัณฑ์ขนมปังกำลังเป็นที่สนใจของโลก เนื่องจากเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตของประชากรในทวีปยุโรป ผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนจึงได้รับความสนใจจากผู้บริโภคเพิ่มขึ้น แหล่งโปรตีนใหม่ที่น่าสนใจในปัจจุบันคือโปรตีนจากแมลง จึงทำการศึกษากการใช้จิ้งหรีดสายพันธุ์สะตั้งทดแทนโปรตีนจากกลูเตนจากแป้งสาลี โดยจิ้งหรีดจะถูกทำแห้งด้วยวิธีการและสภาวะที่แตกต่างกัน ดังนี้วิธีอบลมร้อนที่สภาวะ 60 °C 5 ชั่วโมง และ 90 °C 2 ชั่วโมง วิธีไมโครเวฟสภาวะ 540 วัตต์ 12 นาที และ 900 วัตต์ 8 นาที และวิธีทอดสภาวะ 150 °C 3 นาที และ 180 °C 2 นาที ผงจิ้งหรีด 10% จะถูกนำทดแทนแป้งในขนมปังสูตรปราศจากกลูเตน จากนั้นนำขนมปังมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point hedonic scale และการเรียงลำดับความชอบด้วยวิธี Ranking โดยสภาวะที่ได้รับคะแนนสูงสุดคือ วิธีอบลมร้อน 90 °C 2 ชั่วโมง วิธีไมโครเวฟสภาวะ 540 วัตต์ 12 นาที และวิธีทอดสภาวะ 150 °C 3 นาที จากนั้นจึงศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดไปทดแทนแป้งในขนมปังปราศจากกลูเตน 10% และ 20% พบว่าปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้นและส่งผลให้เนื้อสัมผัสของขนมปังมีความแข็งเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง และเพิ่มค่าสีแดง (a^*) ของขนมปัง ($P < 0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีอบลมร้อน 90 °C 2 ชั่วโมง ปริมาณ 10% ได้คะแนนในด้านลักษณะปรากฏที่ประเมินด้วยสายตา สี และความชอบโดยรวมสูงกว่าขนมปังที่เตรียมจากสภาวะอื่น ๆ

คำสำคัญ: ผงจิ้งหรีด, การทำแห้ง, ขนมปังปราศจากกลูเตน, โปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|-----------------------|---|
| Special problem title | The effects of drying methods and the cricket powder contents on the quality of gluten-free bread |
| Student name | Saowaros Tungchua Student ID 59080053 Aonrumpa Pochwiwat Student ID 59080057 |
| Program | Bachelor of Science in Food Science and Technology |
| Year | 2020 |
| Advisor | Dr. Supeeraya Arsa |

ABSTRACT

The problem of gluten intolerance in bread products, which is currently gaining worldwide attention. Since it is the main food source for the population in Europe. People are turning to a gluten-free diet due to gluten intolerance. Therefore, insect protein is a new protein source which is interested. The effects of drying methods and cricket contents in gluten-free bread are studied. The cricket powder was prepared by hot air drying method at 60 °C for 5 hours and 90 °C for 2 hours, microwave method at 540 watts for 12 minutes and 900 watts for 8 minutes and frying method at 150 °C for 3 minutes and 180 °C for 2 minutes. 10% of cricket powder of each method was added into gluten-free bread. The 9-point hedonic scale and ranking test of bread which added cricket powder were determined. Then 10% and 20% of cricket powder prepared from hot air drying 90 °C for 2 hours, microwave at 540 watts 12 minutes and frying at 150 °C for 3 minutes were selected for further study. It was found that protein and fat contents increased as increased the amount of cricket powder ($P \leq 0.05$). The increasing of cricket powder resulted in increasing of bread hardness ($P \leq 0.05$). Moreover, the brightness (L^*) decreased while the redness (a^*) increased as increased the amount of cricket powder. The sensory test showed that the bread that prepared by 10% cricket powder from the hot air drying 90 °C had highest score in appearance, color, and overall liking.

Keywords: Crickets powder, Drying, Gluten-free bread, Protein

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอการศึกษาผลของวิธีการทำแห้งจิ้งหรีดและปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพของขนมปังปราศจากกลูเตน หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ดร.สุพิรยา อาษา ซึ่งให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษแก่ข้าพเจ้าและได้กรุณาสละเวลามาคอยแนะนำให้คำปรึกษารวมทั้งแก้ไขให้งานปัญหาพิเศษฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ยุพร พิษกมฺุท ซึ่งให้เกียรติเป็นกรรมการสอบให้แก่ข้าพเจ้า และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำและช่วยให้ปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าในฐานะผู้จัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่พี่สาวน้องสาว เพื่อน ๆ และทุก ๆ ท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ให้ข้อคิดและให้กำลังใจตลอดมา จนทำให้ปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เสาวรส ตั้งข้าว

อรรัมภา พจนวิวัฒน์

16 พฤษภาคม 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญตาราง..... | VI |
| สารบัญภาพ..... | VII |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... | 1 |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 1 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 2 |
| 2.1 ขนมห้าง..... | 3 |
| 2.2 แป้งสาลี..... | 5 |
| 2.3 แป้งข้าวเจ้า..... | 6 |
| 2.4 แป้งมันสำปะหลัง..... | 7 |
| 2.5 สารให้ความคงตัว..... | 7 |
| 2.6 กลูเตน..... | 8 |
| 2.7 โรคแพ้กลูเตน..... | 8 |
| 2.8 โปรตีนทดแทนจากจิ้งหรีด..... | 9 |
| 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 10 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... | 12 |
| 3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี..... | 12 |
| 3.2 อุปกรณ์..... | 13 |
| 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง..... | 14 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... | 21 |
| 4.1 ผลการศึกษาการทำแห้งจิ้งหรีด..... | 21 |
| 4.2 ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งจิ้งหรีดต่อตัวอย่างขนมปังปราศจากกลูเตน..... | 24 |
| 4.3 ศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดต่อการเตรียมตัวอย่างขนมปังปราศจากกลูเตน..... | 25 |
| บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... | 32 |
| บรรณานุกรม..... | 33 |
| ภาคผนวก..... | 36 |
| ภาคผนวก ก..... | 37 |
| ภาคผนวก ข..... | 39 |
| ภาคผนวก ค..... | 42 |
| ภาคผนวก ง..... | 47 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 50 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 3.1 | สูตรขนมปังปราศจากกลูเตน..... | 15 |
| 3.2 | สูตรขนมปังปราศจากกลูเตน..... | 16 |
| 4.1 | องค์ประกอบทางเคมีของผงจิ้งหรีดที่เตรียมจากสภาวะแตกต่างกัน (น้ำหนักแห้ง) | 21 |
| 4.2 | สีของผงจิ้งหรีดที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ..... | 23 |
| 4.3 | ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคโดยการทดสอบความชอบด้านกลิ่นของผงจิ้งหรีด | 24 |
| 4.4 | ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคโดยการทดสอบความชอบของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด | 25 |
| 4.5 | องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด..... | 26 |
| 4.6 | ค่าสีของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด..... | 28 |
| 4.7 | ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด.... | 29 |
| 4.8 | ปริมาณจำเพาะของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด..... | 30 |
| 4.9 | ผลการวิเคราะห์การยอมรับของผู้บริโภคโดยการทดสอบความชอบต่อขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด | 31 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 2.1 | แสดงการยึดกันของโปรตีนไกลอะดิน (gliadin) และกลูเตนิน (glutenin) ด้วยพันธะไดซัลไฟท์ (disulfide bond) เกิดเป็นกลูเตนที่เหนียวและยืดหยุ่น | 8 |
| 2.2 | จิ้งหรีด | 10 |
| 4.1 | รูปตัวอย่างผงจิ้งหรีดที่เตรียมจากวิธีอบแห้งจากสภาวะที่แตกต่างกัน โดย (a) วิธีอบลมร้อนที่สภาวะ 60 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง (b) วิธีอบลมร้อนที่สภาวะ 90 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง (c) วิธีไมโครเวฟที่สภาวะ 540 วัตต์ 12 นาที (d) วิธีไมโครเวฟที่สภาวะ 540 วัตต์ 8 นาที (e) วิธีทอดที่สภาวะ 150 องศาเซลเซียส 3 นาที (f) วิธีทอดที่สภาวะ 180 องศาเซลเซียส 2 นาที | 22 |
| 4.2 | สีและลักษณะเนื้อขนมปังที่เตรียมจากวิธีอบแห้งจากสภาวะและปริมาณผงจิ้งหรีดที่แตกต่างกัน โดย (a) ขนมปังควบคุม (b) ขนมปังจากวิธีอบลมร้อน 10% (c) ขนมปังจากวิธีอบลมร้อน 20% (d) ขนมปังจากวิธีไมโครเวฟ 10% (e) ขนมปังจากวิธีไมโครเวฟ 20% (f) ขนมปังจากวิธีทอด 10% (g) ขนมปังจากวิธีทอด 20% | 27 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนมปังเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตซึ่งประชากรฝั่งยุโรปนิยมรับประทานเป็นอาหารหลัก ขนมปังสามารถทานได้ทุกเพศทุกวัยและหาทานง่าย แต่เนื่องจากมีประชากรทั้งยุโรปและเอเชียที่แพ้กลูเตนเพิ่มสูงขึ้นทำให้ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีกระแสเกี่ยวกับการรับประทานอาหารปราศจากกลูเตนมากขึ้น ขนมปังปราศจากกลูเตนจึงเป็นหนึ่งในทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการทานขนมปัง

กลูเตนเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่พบได้ในข้าวสาลี ข้าวไรย์ และข้าวบาร์เลย์ เกิดมาจากการรวมตัวของกลูเตนินและไกลอะดินช่วยสร้างความเหนียวให้กับก้อนโด ทำให้อาหารมีความยืดหยุ่นและทำให้ขนมปังเหนียวนุ่มอร่อย (นิรนาม, 2561)

องค์การสหประชาชาติได้ประเมินว่าในปี 2593 ประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นเป็น 9.7 ล้านคน และอาหารที่ใช้เลี้ยงคนจะใช้ปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจากปัจจุบัน แต่ปริมาณอาหารที่เป็นแหล่งของโปรตีนยังมีจำกัดทำให้ต้องหาแหล่งโปรตีนมาใช้ทดแทนโปรตีนจากปศุสัตว์ ซึ่งก็คือแมลงเพราะเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง

แมลงเป็นแหล่งโปรตีนใหม่ หนึ่งในนั้นคือจิ้งหรีดซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เพาะเลี้ยงได้ง่าย ใช้เวลาไม่นาน มีต้นทุนการผลิตต่ำ สิ้นเปลืองพลังงานและทรัพยากรน้อยกว่าปศุสัตว์ทั่วไป ทำให้ลดการทำลายสิ่งแวดล้อม จึงเหมาะสมสำหรับการเป็นอาหารแห่งอนาคต ปัจจุบันแมลงที่รับประทานได้มีจำนวนมากกว่า 2,000 ชนิด เช่น แมลงปีกแข็ง ตัวบุง ตัวง ตัวมึง ตัวต่อ มด ตั๊กแตน จิ้งหรีด จักจั่น เป็นต้น

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแมลงที่จะได้รับความนิยม ก็คือ การนำไปทำเป็นแป้งและนำไปผลิตเป็นอาหารประเภทต่าง ๆ เช่น ขนมปัง บิสกิต คุกกี้ ขนมปังมัฟฟิน ขนมหวาน ซุป และพาสต้า ส่วนใหญ่ทำจากจิ้งหรีดและหนอนนก (ผู้จัดการออนไลน์, 2562)

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการให้ความร้อนด้วยวิธีการ อบ ทอด และไมโครเวฟ ที่ส่งผลต่อการลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ของจิ้งหรีด

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณของผงจิ้งหรีดที่เหมาะสมต่อคุณลักษณะของขนมปัง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เข้าใจว่าการให้ความร้อนและวิธีที่แตกต่างกันมีผลต่อการลดกลิ่นของจิ้งหรีด

1.3.2 เข้าใจถึงการใชปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกันมีผลต่อขนมปังทั้งลักษณะทางกายภาพและเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมปัง

ขนมปัง (bread) เป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) ที่มีวัตถุดิบหลัก คือแป้งสาลี (wheat flour) ผสมกับน้ำแล้วนวด (knead) ให้เกิดโด (dough) มักขึ้นฟูได้ด้วยยีสต์ (baker yeast) สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งจะหมักน้ำตาลให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ แล้วนำไปอบ (baking) (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2560)

2.1.1 ประเภทของขนมปัง

OTTO kitchen club (2562) อธิบายว่า ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ทำมาจากแป้งสาลี น้ำตาล ไขมัน เกลือ ของเหลว และสารปรุงแต่งต่าง ๆ เราสามารถแบ่งประเภทของขนมปังออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ Quick Bread เป็นขนมปังที่ขึ้นฟูด้วยผงฟู หรือเบคกิ้งโซดา เช่น มัฟฟิน แพนเค้ก เป็นต้น และอีกประเภทหนึ่งคือ Yeast Bread เป็นขนมปังที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ เช่น ขนมปังชนิดต่าง ๆ ซาลาเปา พิซซา เป็นต้น โดยเราสามารถแบ่งประเภทของขนมปังตามปริมาณน้ำตาลและไขมันในส่วนผสมได้เป็น 4 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้

1) ขนมปังผิวแข็ง (Hard Bread) เป็นขนมปังที่มีโปรตีนสูง ทนต่อการหมัก การพักตัวและการขึ้นฟูของโด มีปริมาณน้ำตาล 0-2% ปริมาณไขมัน 0-3% มีรูปร่างเป็นท่อนกลมยาวหรือสั้น ลักษณะผิวและเนื้อค่อนข้างแข็ง เช่น ขนมปังฝรั่งเศส ขนมปังขาไก่ ขนมปังเวียนนา ถ้าเป็นก้อนกลมเรียกว่า “ฮาร์ดโรล” (Hard Roll)

2) ขนมปังจืด (Loaf Bread) เป็นขนมปังที่มีปริมาณน้ำตาล 4-10% ไขมัน 3-6% ผิวและเนื้อขนมปังจะนุ่มกว่าชนิดแรก (ความนุ่มขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งที่ใช้) มีรูปร่างเป็นกะโหลก และแบบสี่เหลี่ยม เพราะมักใช้พิมพ์ขนาดยาวแคบ เพื่อบังคับรูปร่างและปริมาตรของโดให้เสมอกัน ขนมปังประเภทนี้ได้แก่พวกขนมปังจืดต่าง ๆ มักใช้ทำแซนวิช เช่น ขนมปังปอนด์แบบแถว ขนมปังแซนด์วิช ขนมปังหัวกะโหลก ขนมปังรำ เป็นต้น

3) ขนมปังซอฟต์โรล (Soft Roll) หรือขนมปังกึ่งหวาน ขนมปังทำจากแป้งที่มีปริมาณโปรตีนปานกลาง มีปริมาณน้ำตาล 10-15% ไขมัน 6-12% มีลักษณะเนื้อนุ่มกว่าขนมปังปอนด์ มีรสหวานเล็กน้อย นิยมนำมาทำขนมปังที่มีไส้ เช่น ซอฟต์บัน ขนมปังลูกเกด ขนมปังไส้หมูหยอง ขนมปังไส้ไก่ เป็นต้น

4) ขนมปังหวาน (Sweet Dough) เป็นขนมปังที่มีปริมาณโปรตีนปานกลางและใช้ยีสต์มากที่สุด ลักษณะคล้ายกับ Soft Roll ต่างกันตรงที่หวานกว่า มีปริมาณน้ำตาล 16-22% ไขมัน 12-24% ขนมปังชนิดนี้มักใส่ส่วนผสมที่เข้ากันได้ดีกับรสหวาน เช่นส่วนผสมพวก ผลไม้แห้ง ถั่วป่น อบเชย เป็นต้น เป็นขนมปังที่คนไทยนิยมบริโภคมากที่สุดด้วยรสชาติที่เข้มข้นกว่าขนมปังชนิดอื่น เนื่องจากขนมปังประเภทนี้จะใช้ปริมาณน้ำตาล นม ไขมันและไข่ สูงกว่าขนมปังชนิดอื่น ๆ ขนมปังหวานสูตรเดียวสามารถดัดแปลงให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ มากมาย อีกทั้งยังสามารถบรรจุไส้ต่าง ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มรสชาติ ส่วนการตั้งชื่อขนมปังนั้น ส่วนใหญ่จะเรียกชื่อตามไส้ที่บรรจุ เช่น ขนมปังมะพร้าว ขนมปังซินนามอน ขนมปังสังขยา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 วัตถุประสงค์ในการทำขนมปัง

2.1.2.1 แป้งสาลี (wheat flour) เป็นแป้งที่ใช้ทำขนมอบทุกชนิดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญที่ช่วยให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปอยู่ได้เมื่ออบเสร็จแล้ว ไม่มีแป้งชนิดอื่นที่นำมาใช้แทนกันได้ ถึงแทนกันได้คุณสมบัติจะไม่เหมือนแป้งสาลี ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือกลูเตนินและไกลอะดิน (Glutenin และ Gliadin) ซึ่งเมื่อนำแป้งสาลีผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่ง เรียกว่า “กลูเตน” (Gluten) มีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเตนินจะเป็นตัวเก็บอากาศเอาไว้ทำให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์และจะเป็นโครงสร้างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ เนื่องจากเกิดการเชื่อมโยงของพันธะเคมีหลายชนิด ได้แก่ พันธะโควาเลนต์ ไฮโดรเจน โพลาร์ ไบโพลาร์, แวนเดอร์วาลส์ และพันธะข้ามของไดซัลไฟด์ โดยเฉพาะพันธะไดซัลไฟด์นี้มีการเคลื่อนย้ายก่อให้เกิดความยืดตัวของกลูเตนได้ เรียกว่าการเคลื่อนตัวแบบบราวเนียน (Brownian motion) (จิตธนา และอรอนงค์, 2539)

2.1.2.2 น้ำตาล สารประกอบผลึกชนิดหนึ่ง สามารถละลายน้ำได้ดี ให้รสชาติหวาน เป็นอาหารของยีสต์ระหว่างการหมัก ช่วยเก็บความชุ่มชื้นของขนม ช่วยตีครีมและไข่ให้คงตัวและทำให้สีผิวของขนมสวยขึ้น แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ น้ำตาลทรายขาว น้ำตาลทรายแดง และน้ำตาลไอซิ่ง

2.1.2.3 ไขมัน สารประกอบอย่างหนึ่งที่ประกอบด้วยกรดไขมันกับกลีเซอรอล มีหน้าที่ช่วยจับอากาศในระหว่างการผสมช่วยเก็บก๊าซที่เกิดขึ้น ป้องกันการจับตัวของกลูเตน ทำให้ขนมปังอ่อนนุ่ม มีกลิ่นและรสชาติดี แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ไขมันจากสัตว์ ได้แก่ ไขมันเนย ไขมันหมู ไขมันปลา และไขมันจากพืช ได้แก่ มาร์การีน น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันจากเมล็ดพืชต่าง ๆ

2.1.2.4 เกลือ แร่ธาตุชนิดหนึ่งที่ให้รสชาติเค็ม ซึ่งประเภทที่ใช้ในเบเกอรี่ทั่ว ๆ ไป คือ โซเดียมคลอไรด์ ที่มีความปนละเอียด ความชื้นต่ำ สามารถกระจายตัวได้ดีในขณะตวง ใช้เพิ่มรสชาติของขนม ควบคุมการทำงานของยีสต์ในการหมัก ช่วยทำให้กลูเตนของโดมีพลังในการยืดตัวและแข็งแรงให้กลูเตนและป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการตอนหมัก

2.1.2.5 ยีสต์ เชื้อรากลุ่มหนึ่งที่มีส่วนใหญมีการดำรงชีวิตเป็นเซลล์เดี่ยว ใช้เป็นอาหารของน้ำตาลในการหมักขนมปัง โดยยีสต์จะกินและเจริญเติบโตในแป้งขนมปังและสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นมาจึงทำให้ขนมขึ้นฟูและมีเนื้อนุ่ม แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ยีสต์สด ยีสต์แห้งชนิดเม็ด และยีสต์แห้งสำเร็จรูป

2.1.3 กระบวนการผลิตขนมปัง

2.1.3.1 การผสมแป้ง (sponge mixing)

โดยผสมแป้งข้าวสาลีชนิดแป้งขนมปัง กับยีสต์ น้ำตาลและน้ำ คลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อแป้งสาลีรวมกับน้ำจะทำให้เกิดกลูเตน (gluten) ซึ่งทำให้แป้งเกิดลักษณะเหนียว ยืดหยุ่นและการผสมยังทำให้ยีสต์ได้รับออกซิเจนและเริ่มเจริญแบ่งเซลล์ ใช้น้ำตาลเป็นอาหารและผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.1.3.2 การหมักสปองจ์ (sponge fermentation)

แป้งผสม (sponge) จะถูกหมัก โดยตั้งทิ้งไว้ในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญของยีสต์ (อุณหภูมิ ประมาณ 26-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80%) ในช่วงนี้เม็ดแป้งข้าวสาลีจะดูดน้ำเต็มที่ โปรตีนในแป้งข้าวสาลีเมื่อรวมกับน้ำจะเกิดเป็นเอนไซม์เป็นเอนไซม์ที่สวงเวียนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตหนาไปเซประเษยนดานการคาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของกลูเตนซึ่งเหนียว ยืดหยุ่น สามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ยีสต์ ผลิตได้จากการหมักน้ำตาล การหมักจะค่อย ๆ เกิดขึ้น ทำให้แป้งผสมมีปริมาตรเพิ่มขึ้น มีรูอากาศ (air cell) กระจายอยู่ภายในก้อนแป้ง มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ จึงเรียกว่า สปองจ์ (sponge) ซึ่งแปลว่าฟองน้ำ

2.1.3.3 การผสมโด (dough mixing)

เป็นการผสมส่วนผสมอื่น ๆ ที่เหลือ ได้แก่ ไขมัน ซึ่งมักใช้ เนยขาว (shortening) น้ำตาล และส่วนผสมอื่น ๆ ขั้นตอนนี้จะเป็นการนวดผสม (kneading) เพื่อให้เกิดโด (dough) ซึ่งหมายถึงก้อนแป้งที่มีลักษณะยืดหยุ่นได้ดี เหนียว นุ่ม ไม่ขาดง่าย ไขมันจะใส่หลังจากที่แป้งดูดซึมน้ำเข้าไปในเม็ดแป้ง (starch granule) เต็มที่ และทั่วถึงแล้ว ซึ่งไขมันมีหน้าที่เพื่อให้ความชุ่มชื้นโดยไปหุ้มเม็ดแป้ง (starch granule) ทำให้โด (dough) เหนียวนุ่ม ยืดหยุ่นพอดี dough ที่ดีต้องชุ่มชื้นแต่ไม่แฉะไม่ติดมือหรือภาชนะผสมโดที่ดีต้องสามารถดึงเป็นแผ่นบางได้โดยไม่ฉีกขาด

2.1.3.4 การแบ่งก้อนโด (dough dividing) และปั้นให้เป็นก้อนกลม (rounding)

หลังการนวดผสมเพื่อให้โดได้แล้ว แป้งโดจะถูกแบ่งให้เป็นก้อนตามขนาดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ แล้วคลึงให้เป็นก้อนกลม การนวดคลึง ทำให้เนื้อโดแน่น รูอากาศ (air cell) สม่ำเสมอ และผิวหน้าก้อนโด เรียบตึง เพื่อให้กักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ยีสต์ผลิตไว้ในก้อนโดได้ดี

2.1.3.5 การหมักก้อนโด (Intermediate proofing)

เป็นการให้แป้งโดขึ้นฟูอีกครั้งหลังจากรูปแล้ว โดยพักไว้ที่อุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียสจนแป้งโดขึ้นเป็นสองเท่า แป้งโดที่พูนฟูได้ที่แล้วเมื่อใช้นิ้วกดเบา ๆ ผิวแป้งจะยุบลงและค่อย ๆ พองกลับขึ้นมาเหมือนเดิม ถ้ากดแล้วไม่ยุบลงให้พักต่อไป

2.1.3.6 การอบ (baking)

อุณหภูมิที่ใช้อบขนมปังอยู่ที่ประมาณ 180-220 องศาเซลเซียสขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของขนมปัง เช่น ขนมปังที่มีไขมันหรือน้ำตาลสูงจะอบอุณหภูมิต่ำ เพราะไหม้ง่าย หรือถ้าขนมปังก้อนใหญ่ต้องอบอุณหภูมิต่ำลง แต่ใช้เวลาอบนานขึ้น ก่อนอบขนมปังบางชนิดอาจทาด้วยไข่ไก่เพื่อให้ขนมปังมีสีเหลืองสวย

2.1.3.7 การแกะออกจากพิมพ์ (depanning) และทำให้เย็น (cooling)

ขนมปังอบเสร็จใหม่ ๆ นำมาพักบนตะแกรงเพื่อระบายความร้อนไม่ให้ด้านล่างขนมปังแฉะ ทำให้โครงสร้างขนมปังด้านในเซตตัว

2.1.3.8 การเก็บขนมปัง (storing)

ขนมปังที่บริโภคในวันเดียวกันสามารถตั้งไว้ด้านนอกได้โดยไม่เสียคุณภาพ แต่หากไม่บริโภคทันทีให้ห่อด้วยพลาสติกแร็ป นำเข้าตู้เย็นช่องแช่แข็ง ก่อนบริโภคนำมาพักไว้ในตู้เย็นช่องธรรมดา 1 คืน แล้วจึงนำไปอบขนมปังจะสดใหม่เหมือนเดิม

2.2 แป้งสาลี

ณัฐพล และวิภาวรรณ (2546) กล่าวว่า แป้งสาลี เป็นผงที่มนุษย์ใช้บริโภค ทำจากการบด ข้าวสาลี แป้งสาลีเป็นแป้งประกอบอาหารที่ผลิตมากที่สุด ข้าวสาลีมีหลายประเภทตามปริมาณกลูเตน ข้าวสาลีแข็งหรือข้าวสาลีขนมปัง มีปริมาณกลูเตนสูงระหว่าง 12% ถึง 14% และมีความเหนียว ยืดหยุ่นที่รักษารูปทรงได้ดีเมื่อเอกลากรนี้เป็นเอกลากรที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบ แป้งอ่อนมีกลูเตนค่อนข้างต่ำจึงให้เนื้อที่ละเอียดหรือร่วนกว่า แป้ง อ่อนตามปกติแบ่งได้เป็นแป้งเค้ก ซึ่งมีปริมาณกลูเตนต่ำสุด และแป้งพาสต้า ซึ่งมีกลูเตนมากกว่าแป้งเค้ก เล็กน้อย

2.2.1 ประเภทของแป้งสาลี

อรอนงค์ (2532) ได้อธิบายเกี่ยวกับประเภทของแป้งสาลีว่ามี 3 ประเภท ดังนี้

2.2.1.1 แป้งเค้ก (Cake Flour/ Soft Flour) แป้งเค้ก โม้จากข้าวสาลีชนิดอ่อน ใช้ ทำเค้ก คุกกี้ ลักษณะของแป้งเมื่ออุ้ด้วยนิ้วจะรู้สึกอ่อนนุ่มละเอียด สีขาว เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะเกาะรวมกัน เป็นก้อน และคงรอยนิ้วมือไว้

2.2.1.2 แป้งขนมปัง (Bread Flour/ Strong Flour / Hard Flour) แป้งขนมปัง โม้จากข้าว สาลีชนิดแข็ง ใช้ทำผลิตภัณฑ์พวก ขนมปังจืด ขนมปังหวาน และผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยยีสต์ทุกชนิด ลักษณะ ของแป้งชนิดนี้คือ เมื่อกดด้วยมือจะรู้สึกกระคายมือคล้ายมีกรวด หรือหยาบเหมือนทราย มีสีครีม ไม่ขาว เมื่อกด นิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะไม่เกาะตัวกัน

2.2.1.3 แป้งอเนกประสงค์ (All Purpose Flour / Plain Flour) แป้ง อเนกประสงค์ เป็น แป้งที่ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งกับข้าวสาลีชนิดอ่อนเข้าด้วยกัน ในสัดส่วนที่ เหมาะสมในการทำ ผลิตภัณฑ์หลาย ๆ ชนิด ใช้ทำผลิตภัณฑ์ได้หลาย ๆ อย่าง เช่น ขนมปังจืด ขนมปัง หวาน ขนมเค้กบางชนิด ปาท่องโก๋ บะหมี่ เพสตรี ลักษณะของแป้งชนิดนี้จะมีลักษณะของแป้งขนมปัง และแป้งเค้กรวมกัน

2.2.2 องค์ประกอบของแป้งสาลี

อรอนงค์ (2532) ได้อธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบของแป้งสาลี ดังนี้

2.2.2.1 คาร์โบไฮเดรต เป็นองค์ประกอบสำคัญและมีปริมาณมากที่สุดในแป้งสาลี คือ ประมาณร้อยละ 70 คาร์โบไฮเดรตที่มีในแป้งสาลีได้แก่ สตาร์ช เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพนโทเซน และ น้ำตาล

2.2.2.2 โปรตีน ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีชนิดต่าง ๆ นั้นไม่เท่ากัน อยู่ในเกณฑ์ร้อยละ 8-13 โดยทั่วไปแป้งทำขนมปังจะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 12-13 แป้งอเนกประสงค์มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10-11 แป้งเค้กมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 8-9

2.2.2.3 ไขมัน ปริมาณไขมันที่พบในแป้งข้าวสาลีมีปริมาณร้อยละ 1

2.2.2.4 วิตามิน ชนิดวิตามินที่พบในข้าวสาลีส่วนมากคือ วิตามินบีรวม และวิตามินอี ส่วน วิตามินเอ พบในปริมาณที่น้อยมาก

2.2.2.5 แร่ธาตุ ในแป้งสาลีจะประกอบไปด้วยแร่ธาตุ แมกนีเซียม แมงกานีส โคบอลต์ ฟอสฟอรัส แคลเซียม โพแทสเซียม สังกะสี ทองแดง และโซเดียม

2.3 แป้งข้าวเจ้า

เป็นแป้งที่ทำมาจากเมล็ดข้าวเจ้า มีลักษณะสีขาว จับแล้วสากมือเล็กน้อย ทำให้สุกและทิ้งให้เย็นตัวลง จะมีลักษณะเป็นก้อนอยู่ตัวแต่ไม่เหนียว นิยมใช้ทำอาหารที่ต้องการความอยู่ตัว ไม่เหนียวหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 แป้งมันสำปะหลัง

ทำมาจากหัวมันสำปะหลัง มีลักษณะเป็นผงสีขาว จับผิวสัมผัสของแป้งจะเนียน ลื่นมือ เมื่อทำให้สุกจะเหลวเหนียวหนืด เมื่อพักให้เย็นจะมีลักษณะเหนียวเหนอะหนะคงตัว นิยมนำมาผสมกับอาหารที่ต้องการความเหนียวหนืดและใส

2.5 สารให้ความคงตัว

นิธิยา (2534) กล่าวว่าไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) คือโพลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่ได้จากพืช สัตว์จุลินทรีย์ รวมถึงโพลิเมอร์ดัดแปรจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ โดยทั่วไปจะเป็นโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซี (-OH) และอาจจะเป็น polyelectrolyte อื่น ๆ โพลิเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืดทำให้เกิดเจล เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัว เป็นต้น

ส่วนใหญ่ไฮโดรคอลลอยด์ที่นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติและดัดแปรจากธรรมชาติ ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกันเมื่อนำมาใช้จะสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น เป็นสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) สารเพิ่มความหนืด (thickener) สารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) และหน้าที่อื่น ๆ ซึ่งไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากธรรมชาติ มีดังนี้

2.5.1 Plant seed gums

เป็นกลุ่มของ galactomannan gums ที่สกัดได้จากเมล็ดของพืช *Ceratonia* และ *Cyamopsis* คือ Locust bean gum และ Guar gum ตามลำดับ

2.5.2 Xanthan gum

Xanthan gum เป็น gum ที่ได้โดยการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ คือ *Xanthomonas campestris* หลังจากกระบวนการหมักแล้วจะนำมาตกตะกอนด้วย isopropyl alcohol แยกเอา xanthan gum ออกมาทำให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด Xanthan gum หรือ เรียกชื่อทางการค้าว่า Keltol

Xanthan gum ละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและ pH ความหนืดของสารละลาย Xanthan gum จะคงที่ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100 °C หรือ pH จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-13 ก็ตาม นอกจากนั้นสารละลาย Xanthan gum ยังมีคุณสมบัติเป็น pseudoplastic ซึ่งมีความสำคัญต่อกลิ่น ลักษณะปรากฏและความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปาก (mouthfeel)

Xanthan gum ใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืดเพิ่มความคงตัวและทำให้อุณหภูมิแขวนลอยได้ดี เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีม ถ้านำ Xanthan gum มาผสมกับ Locust bean gum จะนิยมนำมาใช้กับอาหารประเภท ขนมหวาน ซอสมะเขือเทศสำหรับพิซซ่า ไข่ข้นมอบ และไส้พาย เป็นต้น นอกจากนั้นยังผสมกับทั้ง Locust bean gum และ Guar gum ในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความข้นหนืดและคุณสมบัติเฉพาะตามความต้องการสำหรับอาหารชนิดในหนึ่ง ๆ เช่น ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภท frozen desserts, pasteurized, pasteurized process cheese spread, cottage cheese, salad dressing, sour cream และ fruit syrups เป็นต้น

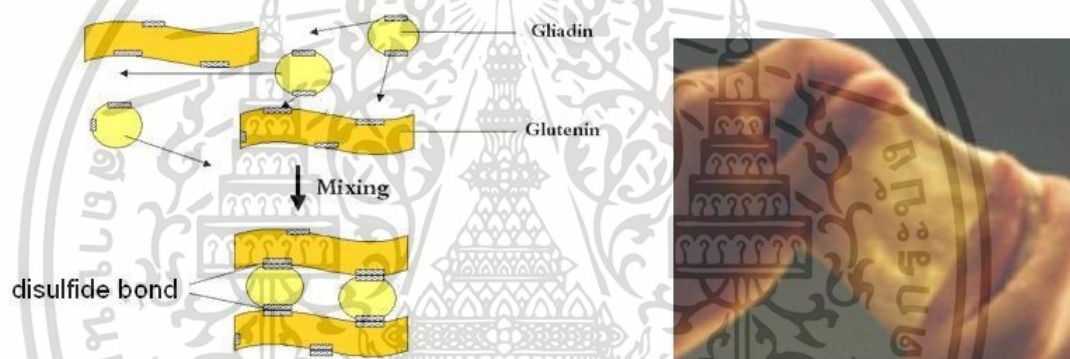
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy Methyl Cellulose (CMC))

นิธิยา (2545) กล่าวว่า CMC ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดหรือสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหาร ใช้เติมใน ไอศกรีมช่วยให้อุ้มน้ำ ลดการเคลื่อนตัวของโมเลกุลน้ำ ทำให้ไอศกรีมเนียนนุ่ม เนียน ไม่เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่

2.6 กลูเตน (Gluten)

กลูเตนเป็นโกลโคโปรตีนที่พบในส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มของธัญพืช (cereal grain) บางชนิด เช่น ข้าวสาลี (wheat) ข้าวบาร์เลย์ เกิดจากการรวมตัวของโปรตีนกลูเตนิน (glutenin) และไกลอะดีน (gliadin) ในสัดส่วนเท่า ๆ กัน โดยจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) (รูปที่ 2.1) ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ไม่ละลายในน้ำ โดยทั่วไปกลูเตนสกัดได้จากการนำแป้งข้าวสาลีมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้เกิดโด (dough) แล้วนำโดที่ได้มาล้างด้วยน้ำ มีส่วนประกอบหลักเป็น โปรตีนในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ กลูเตนสามารถเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นโดยยีสต์ (yeast) หรือผงฟูเอาไว้ได้ ทำให้รักษารูปร่างของผลิตภัณฑ์ เช่น ขนมปัง (bread) โดนัท (doughnut) ขนมเค้ก (cake)



รูปที่ 2.1 แสดงการยึดกันของโปรตีนไกลอะดีน (gliadin) และกลูเตนิน (glutenin) ด้วยพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) เกิดเป็นกลูเตนที่เหนียวและยืดหยุ่น

ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา (2560)

2.7 โรคแพ้กลูเตน (Celiac disease)

วิภา (2556) กล่าวว่า โปรตีนไกลอะดีนมีผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกันและเป็นพิษต่อผู้ป่วยที่เป็นโรคแพ้กลูเตน “Coeliac Disease” ซึ่งสาเหตุของโรคอาจเกิดจากพันธุกรรม หรือจากการกระตุ้นโดยสารที่อยู่ในสถานะแวดล้อมรวมทั้งไวรัสและการติดเชื้อหรือจากสภาวะเครียดหรือการตั้งครรภ์ นอกจากนี้มีรายงานว่าเด็กทารกแรกเกิดที่ได้รับอาหารที่มีกลูเตนในช่วง 3 เดือนแรกจะมีโอกาสเป็นโรคแพ้กลูเตนถึง 5 เท่าของทารกที่ได้รับกลูเตนในช่วง 4 – 6 เดือนต่อมา โรคแพ้กลูเตน (Celiac disease) เป็นอาการตอบสนองแบบไม่พึงประสงค์ของระบบร่างกายที่มีต่อสิ่งแปลกปลอมที่มากระตุ้น ในกรณีนี้เกิดจากการที่ร่างกายได้รับอาหารที่มีกลูเตนและเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสารอาหารดังกล่าวจะผ่านเข้าสู่ส่วนของลำไส้เล็กซึ่งมีวิลไล (Villi) ทำหน้าที่ช่วยดูดซึมสารอาหารในผู้ที่แพ้กลูเตน ระบบภูมิคุ้มกันอัตโนมัติของร่างกายจะผลิตแอนติบอดีออกมาการไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอบสนองต่อไวรัสที่มีกลูเตนเกาะอยู่ที่เซลล์ผิวเสมือนเป็นสิ่งแปลกปลอมและทำลายไวรัสทำให้เกิดการบวมแดง อักเสบ และมีอาการต่าง ๆ ตามมา ได้แก่อาการ ปวดท้อง คลื่นไส้ มีลมในกระเพาะ เจ็บป่วย ท้องเสียหรือ ท้องผูก กินอาหารได้น้อย และน้ำหนักลด การที่เนื้อเยื่อในลำไส้เล็กเกิดการอักเสบและถูกทำลายทำให้ไม่สามารถทำหน้าที่ดูดซึมสารอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพดังเดิมส่งผลให้ร่างกายขาดสารอาหารชนิดต่าง ๆ รวมทั้งเกลือแร่และวิตามิน ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพหลายประการมีรายงานว่าในผู้ที่แพ้งลูเตนมักจะมี ภาวะขาดแคลเซียมทำให้เป็นโรคกระดูกพรุนและขาดธาตุเหล็ก โดยพบว่าเด็กที่เป็นโรคแพ้งลูเตนมีภาวะโรค โลหิตจางสูงถึงร้อยละ 5 เด็กมีการเจริญเติบโตช้าและมีพัฒนาการช้ากว่าปกติ นอกจากนี้ยังมีผลก่อให้เกิดโรค อื่น ๆ อีกด้วย เช่น มะเร็งกระเพาะอาหาร ภาวะกระดูกพรุน อาการเสื่อมสมรรถภาพทางเพศ เบาหวาน (type1) และไทรอยด์ โรคแพ้งลูเตนจัดเป็นโรคเรื้อรังตลอดชีวิต ปัจจุบันยังไม่มียารักษา วิธีป้องกันที่ดีที่สุดคือ หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีส่วนผสมของกลูเตน หรืออีกนัยหนึ่งคือต้องรับประทานอาหารชนิด ปราศจากกลูเตน โดยทั่วไปผู้ป่วยที่แพ้งลูเตน (Celiac Disease) ไม่ควรบริโภคอาหารที่มีกลูเตนเกิน 20 มิลลิกรัมต่อวัน (WHO/FAO)

2.8 โพรตีนทดแทนจากจิ้งหรีด

การบริโภคแมลงไม่ใช่เรื่องแปลกเนื่องจากมีการบริโภคแมลงชนิดต่าง ๆ กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2544; สุรเชษฐ และคณะ, ม.ป.ป.; DeFoliart, 1999) เช่น แถบ แอฟริกาจะบริโภคตั๊กแตนชนิดต่าง ๆ และปลวก ในอเมริกาจะบริโภคมด ในเกาะนิวกีนิจะบริโภคจิ้งจก จักจั่น ชาวพื้นเมืองออสเตรเลียบริโภคหนอนบางชนิดและมดน้ำหวาน (honeypot ant) ชาวเกาหลีบริโภคตั๊กแตนและ หนอนไหม ส่วนคนไทยนิยมบริโภคแมลงดานาตัวผู้ซึ่งมีรสชาติและกลิ่นเฉพาะตัวจากต่อมฟีโรโมนส์เพศ แต่อย่างไรก็ตามผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังคงปฏิเสธการบริโภคแมลง เนื่องจากมีความกลัว ความขยะแขยงและการ รับรู้ถึงอาการข้างเคียงหรืออันตรายที่เกิดขึ้นจากการบริโภคแมลง ทำให้มีเฉพาะบางพื้นที่หรือบางท้องถิ่นใน ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้เท่านั้นที่บริโภคแมลงมานานแล้ว (กัณฑ์วีร์, 2542; Chen และคณะ, 1998)

แมลงเป็นแหล่งอาหารโปรตีนทดแทน ในปัจจุบันการบริโภคอาหารประเภทโปรตีนจากเนื้อสัตว์ เช่น หมู โค สัตว์ปีก และสัตว์น้ำมีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับสารเคมีและสารพิษชนิดต่าง ๆ ปนเปื้อนเข้าไปด้วย เช่น สารเร่งเนื้อแดง ฮอร์โมน พอร์มาลิน ยาปฏิชีวนะ เป็นต้น ดังนั้นแมลงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ ที่ต้องการบริโภคอาหารประเภทโปรตีน มีการศึกษามากมายที่รายงานว่า แมลงที่รับประทานได้ส่วนใหญ่มี โปรตีนค่อนข้างสูง (กัณฑ์วีร์, 2542; ทศนีย์ และคณะ, 2544ก; ยาวดี, 2545) และไม่มีปัญหาเรื่องสารพิษ ตกค้างเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนจากเนื้อสัตว์ชนิดอื่น

จิ้งหรีด (รูปที่ 2.2) เป็นแมลงขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ หนวดยาว ลักษณะของปาก เป็นแบบปากกัด มีตารวม ขาคู่หลังมีความแข็งแรงใช้ในการกระโดด เพศผู้สามารถ ส่งเสียงได้จากการเสียดสีของปีกคู่หน้า เพศ เมียปีกเรียวยาว มีอวัยวะวางไข่แหลมคล้ายเข็ม มีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากแมลงชนิดอื่น ๆ คือ มีการส่งเสียงร้อง และเพศเมีย จะเป็นฝ่ายคร่อมเพศผู้ในการผสมพันธุ์ พบได้ตามธรรมชาติทั่วทั้งเขตร้อน เช่น ป่าโปร่ง ทุ่งหญ้า และในทะเลทราย (อภิชาติ และทองพูล, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดมีจุดประสงค์ในการเป็นแหล่งโปรตีนเพื่อการบริโภค เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารที่สูง แต่เมื่อมีปริมาณการเพาะเลี้ยงที่มากขึ้น จิ้งหรีดยังนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสัตว์ที่ดีได้เช่นกัน เนื่องจากต้นทุนต่ำ และมีปริมาณโปรตีนสูงเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีนอื่น ๆ และจิ้งหรีดยังเป็นวัตถุดิบที่ปลอดภัยจากสารเคมี เนื่องจากจิ้งหรีดมีความไวต่อสารเคมี ซึ่งอาจจะทำให้จิ้งหรีดตายได้จึงส่งผลให้การเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดปลอดภัยจากสารเคมี

จิ้งหรีดเป็นหนึ่งในแมลงชนิดที่มีโปรตีนสูงและยังเป็นแมลงที่มีการเพาะเลี้ยงเชิงการค้ามากที่สุดชนิดหนึ่ง (สมสมร, 2562) สามารถนำมาทำเป็นโปรตีนจิ้งหรีดที่สามารถให้คุณค่าทางสารอาหารได้ไม่แพ้โปรตีนที่ได้จากเนื้อสัตว์ โดยจิ้งหรีดนั้นเป็นแมลงที่องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ยกให้เป็นแหล่งโปรตีนที่มีความยั่งยืน (Smart SME, 2561)

ในประเทศตะวันตก การบริโภคแมลงที่สามารถรับประทานได้กำลังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการแหล่งพลังงานสูง ปราศจากกลูเตน และต้องการจะปกป้องธรรมชาติในอีกทางหนึ่งด้วย เนื่องจากการทำฟาร์มแมลงใช้พื้นที่น้ำและอาหารน้อยกว่าฟาร์มปศุสัตว์ขนาดใหญ่ส่งผลให้ของเสียที่เกิดขึ้นน้อยลงตามไปด้วย (The Standard, 2560)



รูปที่ 2.2 จิ้งหรีด

ที่มา: Journalist club (2562)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Machado และคณะ, (2019) ทำการศึกษาการใช้ผงจิ้งหรีด (*Gryllus assimilis*) เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนใหม่ในขนมปังปราศจากกลูเตนเปรียบเทียบกับการใช้แป้งถั่วเลนทิลและแป้งบัควีท โดยใช้แต่ละแหล่งโปรตีนในปริมาณ 10% และ 20% ในรูปแบบที่ใส่น้ำมันและไม่ใส่น้ำมันแล้วนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างอ้างอิงแล้วนำไปตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของขนมปัง จากผลการวิจัยพบว่า การเสริมคุณค่าด้วยผงจิ้งหรีดสามารถนำไปสู่การผลิตขนมปังที่ปราศจากกลูเตนที่มีโปรตีนและไขมันสูงกว่าแป้งถั่วเลนทิลและบัควีทโดยแนะนำให้ใช้ผงจิ้งหรีดที่ปราศจากน้ำมัน ขนมปังที่เมื่อมีส่วนผสมของผงจิ้งหรีดจะพบว่าเนื้อขนมปังมีความแข็ง (Hardness) และแรงที่ใช้เคี้ยว (Chewiness) สูงกว่าตัวอย่างอ้างอิง

Pauter และคณะ, (2019) ศึกษาผลของการแทนที่แป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดต่อคุณลักษณะของมัฟฟิน โดยแทนที่ผงจิ้งหรีดในปริมาณ 2% 5% และ 10% แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างอ้างอิงแล้วนำไปไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบคุณสมบัติทาง กายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของขนมปัง จากผลการวิจัยพบว่า การเติมผงจิ้งหรีดในมัทพินจะเพิ่มปริมาณโปรตีนและเถ้าแต่ลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตของมัทพิน ค่าความแข็ง (Hardness) แรงที่ใช้เคี้ยว (Chewiness) การกลับคืนตัว (Springiness) และอัตราส่วนพลังงานการคืนตัว (Resilience) ของเนื้อมัทพินลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีด ค่าความสว่าง สีแดงและสีเหลืองก็ลดลงเช่นกัน โดยมัทพินที่มีส่วนผสมของผงจิ้งหรีดในปริมาณ 2% และ 5% เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

Gonzalez และคณะ, (2018) ศึกษาการใช้ประโยชน์จากแป้งแมลงซึ่งเป็นส่วนผสมที่อุดมด้วยโปรตีน ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยแมลง *Hermetia illucens*, *Acheta domestica* และ *Tenebrio molitor* จะถูกนำมาบดเป็นแป้งและใช้ทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนร้อยละ 5 ในขนมปัง จากผลการวิจัยพบว่าปริมาณโปรตีนและไขมันของแมลงสูงกว่าแป้งสาลี และขนมปังที่มีส่วนผสมของแมลงชนิด *Acheta domestica* มีปริมาตรและเนื้อสัมผัสเทียบเท่ากับขนมปังที่ทำจากแป้งสาลี แต่มีปริมาณโปรตีนและเส้นใยสูงกว่าขนมปังที่ทำจากแป้งสาลี

Kowalczewski และคณะ, (2019) ศึกษาการนำผงจิ้งหรีดจากชนิด *Acheta domestica* เพิ่มลงในแป้งสาลีเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยจะใช้แป้งสาลีผสมกับผงจิ้งหรีดในปริมาณ 10 หรือ 30% และยีสต์ขนมปังและ / หรือแป้งเปรี้ยว ทำการวิเคราะห์ทางเทคโนโลยีจุลชีววิทยา เคมีและทางประสาทสัมผัส จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังควบคุมที่ผลิตด้วยแป้งสาลี ขนมปังที่มีผงจิ้งหรีดมีปริมาณโปรตีนองค์ประกอบของกรดไขมันและกรดอะมิโนที่จำเป็นสูงกว่า และในส่วนของขนมปังที่มีส่วนผสมของผงจิ้งหรีดในปริมาณ 10% ได้รับความชื่นชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1 วัสดุ

3.1.1.1 จิ้งหรีด (สด) จากตลาดคลองเตย กรุงเทพฯ ประเทศไทย เก็บรักษาในตู้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3.1.1.2 น้ำมันปาล์ม ตรา หยก จากบริษัท ล้ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) จ.สมุทรปราการ ประเทศไทย

3.1.1.3 แป้งข้าวเจ้า ตราช่างสามเศียร จากบริษัท โรงเส้นหมี่ขอเฮง จำกัด จ.นครปฐม ประเทศไทย

3.1.1.4 แป้งมันสำปะหลัง ตราปลาไทย 5 ดาว อี. ที. ซี. เอียบตงจัน บริษัทจำกัด จ.นนทบุรี ประเทศไทย

3.1.1.5 น้ำตาลทราย ตราลิน จากกลุ่มบริษัท น้ำตาลไทยรุ่งเรือง (THAI ROONG RUANG SUGAR GROUP) กรุงเทพฯ ประเทศไทย

3.1.1.6 เกลือ ตรารุ่งทิพย์ จากบริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด กรุงเทพฯ ประเทศไทย

3.1.1.7 ยีสต์ ตราราชอินสแตนท์ นำเข้าจากฝรั่งเศส จากห้างหุ้นส่วนจำกัด เค เอ ซี ยูนิค ประเทศไทยฝรั่งเศส

3.1.1.8 มาร์การีน ตรา Best Foods จากบริษัท ยูนิลีเวอร์ กรุงเทพฯ ประเทศไทย

3.1.1.9 แชนแทนกัม จากร้านชวนชมเบเกอรี่ กรุงเทพฯ ประเทศไทย

3.1.1.10 งาดำ ตรารัทธิพิศ จากบริษัท ไทยซีเรียลส์เวิลด์ จำกัด กรุงเทพฯ ประเทศไทย

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 Sulfuric acid 96% For analysis-ISO (Val de Reuil, France)

3.1.2.2 Boric Acid RPE – For analysis – ISO – ACS (Val de Reuil, France)

3.1.2.3 Hydrochloric acid 37% (Bangkok, Thailand)

3.1.2.4 Sodium hydroxide RPE – For analysis – ISO – ACS (Val de Reuil, France)

3.1.2.5 Copper(II) sulphate ACS -For analysis (Val de Reuil, France)

3.1.2.6 Potassium sulfate Pure (Val de Reuil, France)

3.1.2.7 0.1% Methylene blue in 95% alcohol

3.1.2.8 0.1% Methyl red in 95% alcohol

3.1.2.9 Petroleum ether 40-60 (Bangkok, Thailand)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์

- 3.2.1 เครื่องแก้ว (glassware)
- 3.2.2 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (PGW2502e) (Oxford, England)
- 3.2.3 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (ML204) (Küsnacht, Switzerland)
- 3.2.4 ตู้อบลมร้อน Tray dryer (5302023) (Bangkok, Thailand)
- 3.2.5 ถาด Tray dry
- 3.2.6 เครื่องปั่นแบบแห้ง
- 3.2.7 เตอบไมโครเวฟอิลิคโทรลักซ์ ขนาด 30 ลิตร (รุ่น EMS3087X) (Stockholm, Sweden)
- 3.2.8 ตะแกรงร่อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.5 เซนติเมตร
- 3.2.9 ตะแกรงร่อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26.5 เซนติเมตร
- 3.2.10 กระชาะ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 เซนติเมตร (Bangkok, Thailand)
- 3.2.11 Thermometer infrared (IR4) (Indiana, USA)
- 3.2.12 เครื่องสกัดน้ำมัน Wasino (CE-03) (Samut Prakan, Thailand)
- 3.2.13 ตะแกรงพัก
- 3.2.14 เตอบไฟฟ้า TECNOPLUS (TNP SO863 B-BLACK) (West Bengal, India)
- 3.2.15 กระชอนพัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร
- 3.2.16 เครื่อง Water activity (4TE) (Ubon Ratchathani, Thailand)
- 3.2.17 ตู้อบลมร้อน hot air oven ยี่ห้อ Memmert (UM 500) (Tuttlingen, Germany)
- 3.2.18 เตาเผา carbolite (CWF1100) (Hope, England)
- 3.2.19 เครื่องย่อยไนโตรเจน ยี่ห้อ Gerhardt (TUR/K) (Königswinter, Germany)
- 3.2.20 เครื่องสกัดไนโตรเจน ยี่ห้อ Gerhardt (VAP300) (Königswinter, Germany)
- 3.2.21 Texture analyzer ยี่ห้อ Stable Micro systems Ltd. (TA.XT.Plus) (Godalming, United Kingdom)
- 3.2.22 เครื่องวัดสี Chroma Meter ยี่ห้อ Minolta (CR-400) (Shenzhen, China)
- 3.2.23 ชุดวัดผง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50x25 มม. ยี่ห้อ 3nh (Shenzhen, China)
- 3.2.24 เครื่องสกัดไขมัน (SOX416 and S306AK) (Königswinter, Germany)
- 3.2.25 อ่างทำความเย็น (CBD 30) (Königswinter, Germany)
- 3.2.26 พิมพ์ขนมปัง ขนาด 5x12.5x5.5 เซนติเมตร
- 3.2.27 ถาดอลูมิเนียม ขนาด 30x44x2 เซนติเมตร
- 3.2.28 กะละมังสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร
- 3.2.29 มีดยาว ขนาด 33 เซนติเมตร
- 3.2.30 เขียงพลาสติก ขนาด 24.5x35.5x1 เซนติเมตร
- 3.2.31 พายพลาสติก ขนาด 32.7 เซนติเมตร
- 3.2.32 ผ้าขาวบาง
- 3.2.33 ถ้วยพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.2.34 ซ้อนพลาสติก ยาว 18.5 เซนติเมตร
- 3.2.35 เครื่องตีแป้ง Hand Mixer 350 watt (Hom-12KP81) (Bangkok, Thailand)
- 3.2.36 ถาดอลูมิเนียม ขนาด 23x30x4 เซนติเมตร (Bangkok, Thailand)
- 3.2.37 กระบอกตวง ขนาด 100 ml. (Bangkok, Thailand)
- 3.2.38 ถาดอลูมิเนียม ขนาด 30x44x2 เซนติเมตร
- 3.2.39 ถ้วยพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร
- 3.2.40 อลูมิเนียมฟอยล์ トラไมคอนด์ ขนาด 45.7x7.62 เมตร (Richmond, Virginia, United States)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างผงจิ้งหรีด

ซื้อจิ้งหรีดสดจากตลาดสดคลองเตย กรุงเทพมหานคร นำจิ้งหรีดสดซึ่งน้ำหนัก 50 กรัม นำไปล้างน้ำให้สะอาดจากนั้นผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปศึกษาการทำแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

3.3.1.1 วิธีอบแห้ง

นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำจิ้งหรีดไปลดขนาดด้วยเครื่องบดอาหารแห้งด้วยความเร็วเบอร์ 3 เป็นเวลา 30 วินาที โดยหยุดทุก ๆ 10 วินาที ร้อนผ่านตะแกรง 80 mesh แล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ เก็บโดยการแช่แข็งจนกว่าจะมีการใช้งาน

3.3.1.2 วิธีอบไมโครเวฟ

นำไปอบไมโครเวฟที่ 540 วัตต์ เป็นเวลา 12 นาที และ 900 วัตต์ เป็นเวลา 6 นาที โดยวางบั้งหรีดบนกระดาษซับน้ำมัน เมื่อครบทุก ๆ 1 นาทีจะเปิดไมโครเวฟเพื่อช่วยให้แมลงกระจายตัว หลังจากนั้นนำจิ้งหรีดไปลดขนาดด้วยเครื่องบดอาหารแห้งด้วยความเร็วเบอร์ 3 เป็นเวลา 30 วินาที โดยหยุดทุก ๆ 10 วินาที ร้อนผ่านตะแกรง 80 mesh แล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ เก็บโดยการแช่แข็งจนกว่าจะมีการใช้งาน

3.3.1.3 วิธีการทอด

นำไปทอด โดยใช้การทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep fry) และใช้น้ำมันปาล์ม ทอดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที สะเด็ดน้ำมันบนตะแกรงรองนหาयरร้อน นำไปไล่น้ำมันด้วยการนำแมลงใส่ผ้าขาวบางแล้วเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นนำจิ้งหรีดไปลดขนาดด้วยเครื่องบดอาหารแห้งด้วยความเร็วเบอร์ 3 เป็นเวลา 30 วินาที โดยหยุดทุก ๆ 10 วินาที ร้อนผ่านตะแกรง 80 mesh แล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติกแบบสุญญากาศเก็บโดยการแช่แข็งจนกว่าจะมีการใช้งาน

นำผงจิ้งหรีดที่ได้จากการทำแห้งทั้ง 3 วิธีมาศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะต่าง ๆ โดยวัดสี ทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและประเมินผลทางสถิติ ดังข้อ 3.3.4.1, 3.3.4.2, 3.3.4.3 และ 3.3.5 ตามลำดับ จากนั้นจะพิจารณาเลือกผงจิ้งหรีดที่ได้รับความนิยมมากที่สุดเพื่อนำไปศึกษาในการใช้ในขนมปังต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งจิ้งหรีดต่อตัวอย่างขนมปังปราศจากกลูเตน

นำผงจิ้งหรีดที่ถูการทำแห้งทั้ง 6 สภาวะมาทำขนมปังเปรียบเทียบกับตัวอย่างอ้างอิงที่ไม่ใส่ผงจิ้งหรีด ตามสูตรในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรขนมปังปราศจากกลูเตน

| ส่วนผสม | กรัม | |
|------------|---------------------|----------------------|
| | ตัวอย่างควบคุม (0%) | สูตรผงจิ้งหรีด (10%) |
| แป้งผสม* | 471 | 424 |
| ผงจิ้งหรีด | - | 47 |
| น้ำตาล | 30 | 30 |
| เกลือ | 8 | 8 |
| ยีสต์ | 12 | 12 |
| แซนแทนกัม | 4 | 4 |
| มาการีน | 60 | 60 |
| น้ำ | 589 | 589 |

*แป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันสำปะหลัง

ที่มา : ดัดแปลงจาก นุชนันท์ โอสถานนท์ (2562)

โดยมีวิธีการทำขนมปัง ดังนี้

ชั่งแป้งข้าวเจ้า 450 กรัม และชั่งแป้งมันสำปะหลัง 60 กรัมใส่ลงในอ่างผสมเดียวกันกับแป้งข้าวเจ้า นำพายปาดแป้งมาคนให้เข้ากันแล้วนำแป้งผสมที่ได้ไปร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.5 เซนติเมตรที่มีความถี่ของตะแกรง 80 mesh เมื่อร่อนแป้งในอ่างผสมจนหมดแล้วตั้งพักไว้แล้วไปชั่งส่วนผสมของแห้งและของเปียก ดังนี้

ส่วนผสมของแห้ง ได้แก่ แป้งผสม ยีสต์ แซนแทนกัม น้ำตาลทราย เกลือและผงจิ้งหรีด

ส่วนผสมของเปียก ได้แก่ มาการีนและน้ำ

นำส่วนผสมของแห้งที่ชั่งเตรียมไว้ทั้งหมดเทลงในอ่างผสม จากนั้นตีด้วยเครื่องผสมแป้ง Hand mixer 350 watt ที่เบอร์ 1 จนเข้ากันเป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นค่อย ๆ เทน้ำและมาการีนลงไปในอ่างผสม ตีให้เข้ากันเป็นเวลา 2 นาที ไม่ควรใส่น้ำและมาการีนเข้าเกินไปเพราะอาจทำให้ส่วนผสมเข้ากันได้ไม่ดีพอ เมื่อตีส่วนผสมทั้งหมดเสร็จแล้วให้พักแป้งไว้ในอ่างผสม โดยนำผ้าขาวบางชุบน้ำบิดหมาดมาคลุมอ่างผสมแล้วพักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบ 1 ชั่วโมงให้นำแป้งที่อยู่ในอ่างผสมเทลงใส่พิมพ์ขนมปังที่ทามาคารีนในพิมพ์แล้วในปริมาณ 530 กรัม ควรทามาคารีนในพิมพ์ขนมปังเนื่องจากเวลาขนมปังสุกจะสามารถนำออกมาจากพิมพ์ได้ง่ายและไม่ทำให้เสียรูปทรงขนมปัง นำผ้าขาวบางไปชุบน้ำบิดหมาดอีกครั้งแล้วคลุมไว้บนพิมพ์ขนมปังพักไว้อีก 1 ชั่วโมง จากนั้นนอร์มเตาอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที เมื่อพักขนมปังครบ 1 ชั่วโมงแล้ว ให้นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 40 นาที หลังจากนั้นนำขนมปังออกจากเตา แล้วนำออกจากพิมพ์ พักให้เย็นบนตะแกรงแล้วเก็บใส่บรรจุภัณฑ์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำขนมปังที่ได้มาศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะต่าง ๆ โดยวัดสี และทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังข้อ 3.3.4.1 และ 3.3.4.2 ตามลำดับ แล้วทำการเลือกตัวอย่างจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อนำไปศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดต่อการเตรียมตัวอย่างขนมปังปราศจากกลูเตน

3.3.3 ศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดต่อการเตรียมตัวอย่างขนมปังปราศจากกลูเตน

นำผงจิ้งหรีดที่ถูกคัดเลือกทั้ง 3 สภาวะมาแทนที่แบ่งในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 10% และ 20% ของน้ำหนักแป้งตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สูตรขนมปังปราศจากกลูเตน

| ส่วนผสม (% ทั้งหมด) | กรัม | | |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | ตัวอย่าง ควบคุม (0%) | สูตรผงจิ้งหรีด (10%) | สูตรผงจิ้งหรีด (20%) |
| แป้งผสม* | 471 | 424 | 377 |
| ผงจิ้งหรีด | - | 47 | 94 |
| น้ำตาล | 30 | 30 | 30 |
| เกลือ | 8 | 8 | 8 |
| ยีสต์ | 12 | 12 | 12 |
| แซนแทนกัม | 4 | 4 | 4 |
| มาการีน | 60 | 60 | 60 |
| น้ำ | 589 | 589 | 589 |

*แป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันสำปะหลัง

ที่มา : ดัดแปลงจาก Gourmet and cuisine (2562)

เตรียมขนมปังดังการทดลองที่ 3.3.2 จากนั้นนำขนมปังที่ได้มาศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะต่าง ๆ โดยวัดสี ทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี หาปริมาณจำเพาะ และวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ดังข้อ 3.3.4.1, 3.3.4.2, 3.3.4.3, 3.3.4.4 และ 3.3.4.5 ตามลำดับ

ทำการพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ลักษณะเนื้อสัมผัส และองค์ประกอบทางเคมีเพื่อคัดเลือกปริมาณผงจิ้งหรีดที่เหมาะสมที่จะใช้ในขนมปังปราศจากกลูเตน

3.3.4 การวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของผงจิ้งหรีดและขนมปังปราศจากกลูเตน

3.3.4.1 การวัดสี

ใช้ Chroma meter CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan) ความแตกต่างของสีถูกบันทึกไว้ในระดับ CIE L* a* b* ในแง่ของความสว่าง (L*) และสี (a* - สีแดง, b* - สีเหลือง)

L* คือค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับงานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไปลงเผยแพร่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
a* เป็นค่าสีแดงและสีเขียว เมื่อ a* มีค่าบวก เป็นสีแดง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ a^* มีค่าลบ เป็นสีเขียว
 b^* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน เมื่อ b^* มีค่าบวก เป็นสีเหลือง
 เมื่อ b^* มีค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน

ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (calibration) โดยใช้แผ่นสีมาตรฐาน แล้วจึงวัดสีของผลิตภัณฑ์ทำซ้ำ 3 ครั้งสำหรับแต่ละตัวอย่างแล้วหาค่าเฉลี่ย

ความแตกต่างของสีทั้งหมด (ΔE) ถูกคำนวณโดยใช้สูตร

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

โดยที่ ΔL^* , Δa^* และ Δb^* มีความแตกต่างในค่า L^* , a^* , b^* ระหว่างตัวอย่างอ้างอิงและตัวอย่างทดสอบตามลำดับ

ในกรณีตัวอย่างที่ใช้วัดเป็นผง จะใช้หีบปลายปิดและมีอุปกรณ์เสริมคือชุดวัดผงหรือถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่างแบบผง

ในกรณีตัวอย่างที่ใช้วัดเป็นของแข็ง จะใช้หีบปลายเปิด โดยตัวอย่างขนมปังจะถูกตัดเป็นขนาด 2x2x2 เซนติเมตร

3.3.4.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การเตรียมตัวอย่างก่อนเสิร์ฟ ผงจิ้งหรีดถูกเตรียมโดยบรรจุผงจิ้งหรีด 1 กรัมใส่ขวดสีชาไว้สำหรับดม ส่วนตัวอย่างขนมปังจะถูกตัดเป็นขนาด 2x2x2 เซนติเมตรบรรจุใส่ถ้วยพลาสติกใส ขนาด 2 ออนซ์ปิดด้วยฟอยล์

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผงจิ้งหรีดและด้านกลิ่น สี เนื้อสัมผัสของขนมปังโดยวิธีการทดสอบความชอบแบบ Hedonic Scaling 9 point

กำหนดสเกลความชอบดังนี้

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 6 = ชอบเล็กน้อย |
| 2 = ไม่ชอบมาก | 7 = ชอบปานกลาง |
| 3 = ไม่ชอบปานกลาง | 8 = ชอบมาก |
| 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 9 = ชอบมากที่สุด |
| 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ | |

และวิธีการเรียงลำดับความชอบจากมากไปน้อย โดย 1 = ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบน้อยที่สุด โดยให้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนทั้งหมด 40 คน

3.3.4.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์แต่ละวิธีจะใช้ตัวอย่างผงจิ้งหรีด 1 กรัม และตัวอย่างขนมปัง 2 กรัม

3.3.4.3.1 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

การย่อย ชั่งตัวอย่าง 1-2 กรัม (4 ตำแหน่ง) ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน เติมตัวเร่ง 10 กรัม (ได้แก่ copper(II) sulphate 14 กรัม : Potassium sulfate 266 กรัม) เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 2-3 ลูก นำหลอดย่อยโปรตีนวางลงในแลค (rack) ก่อนนำไปประกอบเข้ากับเครื่องเอกซเรย์ ปิดที่บังความร้อน (heat shield) และสวมที่ดูดควันที่ต่อเข้ากับชุดกำจัดไอกรด (exhaust) ก่อนเปิดไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์ (power on) ตั้งอุณหภูมิที่ใช้อยู่ 380-400 องศาเซลเซียส ทำการย่อยจนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส ซึ่งเวลาในการย่อยขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ ปิดสวิตช์ พร้อมยกแลคที่มีหลอดย่อยตัวอย่างขึ้นพัก รอให้สารละลายสีฟ้าเย็นลง ซึ่งในช่วงนี้ยังคงเปิดชุดกำจัดไอกรดไว้จนไม่มีไอกรด (สังเกตจากควันสีขาว) ก่อนนำไปต่อเข้ากับชุดกลั่น

การกลั่น นำหลอดย่อยตัวอย่างต่อเข้ากับชุดกลั่นโปรตีน ตรวจสอบเช็คความเรียบร้อยของระบบ น้ำสำหรับหล่อเย็น ถังน้ำกลั่น ถังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32% โดยสายยางต้องจุ่มลงในถังของน้ำกลั่นหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ เติมกรดบอริกเข้มข้น 2% ปริมาณ 60 มิลลิลิตรใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ทั้งสอง อย่างละ 1 หยดจะได้สารละลายสีชมพูม่วง วางขวดชมพู่ลงในชุดกลั่นเสียบท่อพลาสติกที่ต่อจากคอนเตนเซอร์ลงในกรดบอริก เพื่อดักจับแก๊สแอมโมเนียที่กลั่นออกมาได้ เปิดเครื่องเพื่อเติมน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในหลอดย่อย สารละลายในหลอดย่อยจะเปลี่ยนเป็นสีดำ เปิดไอน้ำและตั้งเวลาในการกลั่น เวลาที่ใช้ในการกลั่นขึ้นกับปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง

การไตเตรท นำขวดชมพู่ที่บรรจุสารละลายที่กลั่นเสร็จแล้วซึ่งมีสีเขียวมาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 หรือ 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนไปเป็นสีชมพูม่วง บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ นำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง} = \frac{(A-B) \times N \times 14 \times 100}{W \times 1000}$$

เมื่อ

A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (normal)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่าง จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่าง} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

3.3.4.3.2 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น

นำถ้วยอลูมิเนียมไปอบไล่ความชื้นที่ 105 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบ ใส่ในโถดูดความชื้น รอทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักแน่นอน (4 ตำแหน่ง) (W) ใส่ตัวอย่างอาหารที่บดแล้วลงในถ้วยอลูมิเนียม 1-2 กรัม บันทึกน้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียมกับตัวอย่าง (W₁) นำเข้าไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาถ้วยอลูมิเนียม เมื่อครบเวลานำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก อบซ้ำอีกครั้ง ๆ ละครึ่งชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ หรือผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้งต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.003-0.005 กรัม (W₂) แล้วนำไปคำนวณ จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารเริ่มต้น (W-W}_1) - \text{น้ำหนักอาหารแห้ง (W-W}_2) \times 100}{\text{น้ำหนักอาหารเริ่มต้น (W-W}_1)}$$

3.3.4.3.3 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน

อบปีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_1) ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดอบไล่ความชื้นแล้ว 1-2 กรัม (ปริมาณของตัวอย่างขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันในตัวอย่าง ถ้าปริมาณไขมันน้อยให้ใช้ตัวอย่างมาก) บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_1) ห่อด้วยกระดาษกรองใส่ทิมเบล (extraction thimble) ตวงตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์จำนวน 140-180 มิลลิลิตร ใส่ในปีกเกอร์ไขมัน ต่อทิมเบลใส่ตัวอย่างและปีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง เมื่อครบเวลาเมื่อครบเวลานำปีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 30 นาที เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก นำปีกเกอร์ไขมันใส่ในโถดูดความชื้น เพื่อรอให้เย็น ก่อนนำปีกเกอร์ไขมันไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W_2) คำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{W_2 - W_1}{W} \times 100$$

เมื่อ

W = น้ำหนักตัวอย่าง

W_1 = น้ำหนักของปีกเกอร์ไขมันก่อนสกัด

W_2 = น้ำหนักของปีกเกอร์ไขมันหลังสกัด

3.3.4.3.4 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า

เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักละเอียด (4 ตำแหน่ง) บันทึก (W) และชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 1-2 กรัม (4 ตำแหน่ง) ใส่ในถ้วยกระเบื้อง (W_1) เผาตัวอย่างบนเตาไฟฟ้า (ทำในตู้ดูดควัน) จนหมดควัน นำไปเผาที่เตาเผาไฟฟ้าที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทา รอให้เตาเผาไฟฟ้าเย็นลง จึงคีบถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผาไฟฟ้า ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา (W_2) คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้าของอาหาร จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{W_2 - W}{W_1} \times 100$$

เมื่อ

W = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

W_1 = น้ำหนักน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

W_2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าหลังเผา

3.3.4.3.5 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตถูกคำนวณโดยการลบปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้นและเถ้าทั้งหมดจาก 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.4 การหาค่าปริมาตรจำเพาะของขนมปัง

การตรวจสอบค่าปริมาตรจำเพาะ (specific volume) ของขนมปัง ใช้วิธี rapeseed displacement โดยใช้ในการแทนที่ (ดัดแปลงจาก AACC, 2000) การวัดค่าปริมาตรมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก (W_s) จากนั้นหาปริมาตรของตัวอย่างโดยใช้วิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา โดยจะวัดปริมาตรของภาชนะที่มีรูปทรงแน่นอน โดยบรรจุเมล็ดงาให้เต็มภาชนะ ปาดผิวหน้าให้เรียบเทใส่กระบอกลวด บันทึกรูปเป็นปริมาตรของภาชนะ (V_1) จากนั้นบรรจุเมล็ดงาในภาชนะใบเดิมประมาณ $\frac{1}{4}$ นำตัวอย่างใส่ลงไป เทเมล็ดงาให้เต็มภาชนะ ปาดผิวหน้าให้เรียบ นำตัวอย่างออกจากภาชนะแล้ววัดปริมาตรของเมล็ดงาที่เหลืออยู่ในภาชนะด้วยกระบอกลวด บันทึกรูปเป็นปริมาตรเมล็ดงาที่เหลืออยู่ในภาชนะในภาชนะ (V_2) คำนวณหาปริมาตรจำเพาะของตัวอย่างโดยเทียบจากปริมาตร 1 มล. เท่ากับ 1 ซม.³ จากสมการ

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ (ซม.}^3\text{/กรัม)} = \frac{V_1 - V_2}{W_s}$$

3.3.4.5 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

ตัวอย่างขนมปังจะถูกตัดเป็นชิ้นขนาด 2x2x2 เซนติเมตร และถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน หลังจากอบ แล้วจึงนำมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA.XTplus โดยกำหนดตัววัดแรง (load cell) ที่ 1 kg และใช้หัววัดชนิด cylinder probe ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร ตั้งค่า Pre-test speed เท่ากับ 1 mm/sec, Test speed เท่ากับ 5.00 mm/sec และ Strain 50% ซึ่งการกำหนดค่า Strain คือเปอร์เซ็นต์ความสูงของตัวอย่างที่ต้องการให้หัววัดกดลงไป เมื่อให้ความสูงของตัวอย่างทั้งหมดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต้องกำหนดค่าเปอร์เซ็นต์ Strain อย่างน้อยให้เท่ากับครึ่งหนึ่งของความสูงตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการวัดซ้ำ 6 ครั้ง แล้วบันทึกผลค่าความแข็ง (Hardness), การกลับคืนตัว (Springiness), แรงที่ใช้เคี้ยว (Chewiness) และความสามารถเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness)

3.3.5 การประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลเพื่อหาความแตกต่างทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาการทำแห้งจิ้งหรีด

จากการศึกษาการทำแห้งจิ้งหรีดโดยการนำไปทำแห้งทั้งหมด 3 วิธีที่สภาวะแตกต่างกัน โดยมีวิธีอบลมร้อนที่สภาวะ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงและ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง วิธีไมโครเวฟที่สภาวะ 540 วัตต์ เป็นเวลา 12 นาทีและ 900 วัตต์ เป็นเวลา 8 นาที และวิธีทอดที่สภาวะ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีและ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปอบเป็นผง จากนั้นนำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ค่าสี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังนี้

4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของผงจิ้งหรีด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงจิ้งหรีดแสดงดังตารางที่ 4.1 จากการทำแห้งทั้ง 3 วิธีพบว่าวิธีการทอดสามารถลดความชื้นได้ดีที่สุด ส่วนปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้นั้นแสดงให้เห็นว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำจะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงเล็กน้อย โดยวิธีไมโครเวฟ 540 วัตต์มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด และปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นโดยพบว่าวิธีการทอดที่อุณหภูมิทั้ง 2 ระดับมีปริมาณไขมันสูงที่สุด อาจเนื่องมาจากมีการเพิ่มขึ้นของไขมันที่มาจากน้ำมันระหว่างการทอดจึงส่งผลทำให้ปริมาณไขมันมีค่าสูงกว่าการทำแห้งโดยวิธีอื่น ๆ

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของผงจิ้งหรีดที่เตรียมจากสภาวะแตกต่างกัน (น้ำหนักแห้ง)

| วิธีทำแห้ง | สภาวะ | ความชื้น (%) | โปรตีน (%) | ไขมัน (%) | เถ้า (%) | คาร์โบไฮเดรต (%) |
|------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| จิ้งหรีดสด | - | 73.12±1.55 ^a | 68.68±1.09 ^{ab} | 8.14±0.19 ^d | 13.46±0.19 ^a | 9.72±1.15 ^b |
| อบลมร้อน | 60 °C ที่ 5 ชม. | 6.17±0.17 ^d | 65.84±0.89 ^c | 17.85±0.98 ^{bc} | 3.50±0.26 ^c | 12.81±1.27 ^a |
| | 90 °C ที่ 2 ชม. | 4.70±0.23 ^e | 65.28±0.47 ^c | 18.87±0.61 ^b | 3.49±0.34 ^c | 12.36±0.72 ^a |
| ไมโครเวฟ | 540 W ที่ 12 นาที | 11.58±0.03 ^b | 69.30±0.69 ^a | 17.77±1.24 ^{bc} | 4.25±0.27 ^b | 8.68±1.83 ^b |
| | 900 W ที่ 8 นาที | 7.24±0.05 ^c | 66.86±0.70 ^{bc} | 16.99±0.71 ^c | 3.63±0.21 ^c | 12.52±1.16 ^a |
| ทอด | 150 °C ที่ 3 นาที | 1.55±0.11 ^f | 44.40±1.93 ^d | 39.72±0.50 ^a | 2.67±0.08 ^d | 13.20±2.23 ^a |
| | 180 °C ที่ 2 นาที | 1.48±0.09 ^f | 43.96±1.52 ^d | 41.11±1.23 ^a | 2.55±0.03 ^d | 12.38±1.14 ^a |

ค่าที่มีการกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ค่าสีของผงจิ้งหรีด

สีของผงจิ้งหรีดแสดงดังรูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 จากภาพแสดงให้เห็นว่าสีของตัวอย่างจากวิธีอบลมร้อนและวิธีไมโครเวฟมีสีที่ใกล้เคียงกันแต่สีตัวอย่างจากวิธีทอดมีสีที่เข้มกว่า จากตารางพบว่าการทำแห้งส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) มีแนวโน้มลดลงเมื่อผ่านการทำแห้งทุกวิธี ส่วนของค่าสีแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีค่าสีเหลือง (b^*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อสังเกตค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) จะเห็นได้ว่าตัวอย่างจากวิธีการทอดมีการเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างจิ้งหรีดสดมากที่สุด คือมีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองน้อยที่สุด

สีผงจิ้งหรีดที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากสภาวะที่ให้ความร้อน อุณหภูมิในการให้ความร้อน รวมไปถึงระยะเวลาการให้ความร้อนแก่จิ้งหรีด



รูปที่ 4.1 รูปตัวอย่างผงจิ้งหรีดที่เตรียมจากวิธีอบแห้งจากสภาวะที่แตกต่างกัน โดย

- (a) วิธีอบลมร้อนที่สภาวะ 60 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง (b) วิธีอบลมร้อนที่สภาวะ 90 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง (c) วิธีไมโครเวฟที่สภาวะ 540 วัตต์ 12 นาที (d) วิธีไมโครเวฟที่สภาวะ 540 วัตต์ 8 นาที (e) วิธีทอดที่สภาวะ 150 องศาเซลเซียส 3 นาที (f) วิธีทอดที่สภาวะ 180 องศาเซลเซียส 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สีของผงจิ้งหรีดที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยวิธีต่าง ๆ

| วิธีทำแห้ง | สถานะ | ค่าความสว่าง (L*) | ค่าสีแดง (a*) | ค่าสีเหลือง (b*) | ความแตกต่างของ สีโดยรวม (ΔE) |
|------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| จิ้งหรีดสด | - | 63.29±0.96 ^a | 1.66±0.05 ^d | 15.95±0.99 ^a | - |
| อบลมร้อน | 60 °C ที่ 5 ชม. | 26.59±0.08 ^b | 2.34±0.00 ^b | 0.31±0.04 ^c | 39.89±0.95 ^{ns} |
| | 90 °C ที่ 2 ชม. | 26.11±0.05 ^b | 2.26±0.02 ^c | 0.15±0.01 ^d | 40.40±0.92 ^{ns} |
| ไมโครเวฟ | 540 W ที่ 12 นาที | 26.27±0.04 ^b | 2.38±0.02 ^{ab} | 0.51±0.04 ^b | 40.11±0.93 ^{ns} |
| | 900 W ที่ 8 นาที | 26.26±0.07 ^b | 2.39±0.02 ^a | 0.49±0.05 ^b | 40.13±0.97 ^{ns} |
| ทอด | 150 °C ที่ 3 นาที | 25.09±0.07 ^c | 2.30±0.02 ^c | -0.62±0.05 ^f | 41.64±0.98 ^{ns} |
| | 180 °C ที่ 2 นาที | 25.26±0.07 ^c | 2.29±0.01 ^c | -0.44±0.06 ^e | 41.41±1.00 ^{ns} |

ค่าที่มีการกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.1.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผงจิ้งหรีด

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผงจิ้งหรีดของผู้บริโภคโดยการทดสอบ

ความชอบด้วยวิธี 9 point hedonic scale และการเรียงลำดับความชอบด้วยวิธี Ranking แสดงดังตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นของผงจิ้งหรีดที่ทำแห้งโดยวิธีอบลมร้อนที่ 90 องศาเซลเซียสมากที่สุด ที่ 5.93 คะแนนและให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของวิธีทอดที่ 150 องศาเซลเซียสน้อยที่สุด ที่ 4.93 คะแนน อาจเป็นเพราะว่าน้ำมันในการทอดที่อาจส่งผลเรื่องของการส่งกลิ่นหืนในขณะที่ตัวอย่างถูกเก็บไว้ขณะรอทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ส่วนการเรียงลำดับความชอบด้วยวิธี Ranking ตัวอย่างที่ได้คะแนนน้อยหมายถึงมีกลิ่นจิ้งหรีดในปริมาณน้อย จากผลการทดสอบพบว่าผู้บริโภคเรียงลำดับให้วิธีทำแห้งโดยวิธีอบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นวิธีที่ลดกลิ่นของจิ้งหรีดได้ดีที่สุด และเรียงลำดับให้วิธีทอดที่ 150 องศาเซลเซียสเป็นวิธีที่ลดกลิ่นของจิ้งหรีดได้น้อยที่สุด

ผลการทดสอบทั้ง 2 วิธี โดยวิธี 9 point hedonic scale บ่งบอกถึงความชอบด้านกลิ่น แต่วิธี Ranking เป็นวิธีเรียงลำดับบ่งบอกถึงระดับกลิ่นของผงจิ้งหรีด จึงไม่สามารถสรุปผลจากวิธีใดวิธีหนึ่งได้ต้องวิเคราะห์ผลโดยรวมของทั้ง 2 วิธี

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคโดยการทดสอบความชอบด้านกลิ่นของผงจิ้งหรีด

| วิธีทำแห้ง | สถานะ | 9-Hedonic test | Ranking test |
|------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| อบลมร้อน | 60 °C ที่ 5 ชม. | 5.85±1.73 ^{ab} | 2.47±1.89 ^c |
| | 90 °C ที่ 2 ชม. | 5.93±1.79 ^a | 3.5±1.45 ^b |
| ไมโครเวฟ | 540 W ที่ 12 นาที | 5.28±1.93 ^{ab} | 2.95±1.25 ^{bc} |
| | 900 W ที่ 8 นาที | 5.38±2.1 ^{ab} | 3.37±1.5 ^b |
| ทอด | 150 °C ที่ 3 นาที | 4.05±1.92 ^c | 4.45±1.5 ^a |
| | 180 °C ที่ 2 นาที | 4.93±2.45 ^{bc} | 4.29±1.8 ^a |

ค่าที่มีการกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.2 ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งจิ้งหรีดต่อตัวอย่างขนมปังปราศจากกลูเตน

นำผงจิ้งหรีดจากการทำแห้งสถานะต่าง ๆ มาแทนที่แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง 10% หลังจากนั้นจึงนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบในด้านกลิ่น สี และเนื้อสัมผัส

4.2.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปัง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผู้บริโภคโดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9 point hedonic scale แสดงดังตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีอบลมร้อนที่ 90 องศาเซลเซียสได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นมากที่สุด 6.38 คะแนน แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับตัวอย่างทั้งหมด ยกเว้นขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีทอดที่ 180 องศาเซลเซียสและขนมปังควบคุมซึ่งได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นน้อยที่สุด 3.35 คะแนน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโปรตีนจากผงจิ้งหรีดจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดสารให้กลิ่นและสีในขนมปังจึงส่งผลให้ขนมปังมีกลิ่นที่ดีขึ้น

ขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีอบลมร้อนที่ 90 องศาเซลเซียสได้รับคะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด 6.53 คะแนน โดยขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ได้คะแนนน้อยที่สุด 5.23 คะแนน อาจเนื่องมาจากความชอบของสีขนมปังส่วนบุคคลแตกต่างกัน ส่วนความชอบด้านเนื้อสัมผัส ขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีอบลมร้อนที่ 90 องศาเซลเซียสได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด 6.88 คะแนน และขนมปังควบคุมได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด 3.98 คะแนน เนื่องจากขนมปังที่มีองค์ประกอบของโปรตีนจากผงจิ้งหรีดจะส่งผลให้ขนมปังมีความนุ่มมากกว่าขนมปังควบคุมที่ไม่มีองค์ประกอบของโปรตีนจึงส่งผลให้ขนมปังควบคุมได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด โดยสรุปจากการทดสอบทั้งหมดพบว่าการทำแห้งโดยวิธีอบลมร้อนที่ 90 องศาเซลเซียสได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดทั้งด้านกลิ่น สีและเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ

ส่วนการเรียงลำดับความชอบด้วยวิธี Ranking โดยตัวอย่างที่ได้คะแนนน้อยหมายถึงมีกลิ่นจิ้งหรีดในปริมาณน้อย จากผลการทดสอบพบว่า 3 ลำดับแรกผู้บริโภคเรียงลำดับให้ขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีไมโครเวฟที่ 540 วัตต์เป็นวิธีที่ลดกลิ่นของจิ้งหรีดได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นวิธีทอดที่ 150 องศาเซลเซียสและวิธีอบลมร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส

การนำผงจิ้งหรีดมาทดแทนในแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ขนมปังมีกลิ่น สีดีขึ้น และส่งผลให้เนื้อสัมผัสของขนมปังมีความนุ่มเพิ่มขึ้นเช่นกัน จึงทำการคัดเลือกขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการอบลมร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส วิธีไมโครเวฟที่ 540 วัตต์ และวิธีทอดที่ 150 องศาเซลเซียสเพื่อนำไปศึกษาในเรื่องปริมาณการใช้ในขนมปังปราศจากกลูเตน

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคโดยการทดสอบความชอบของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด

| วิธีทำแห้ง | สภาวะ | 9-Hedonic test | | | Ranking test |
|------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | กลิ่น | สี | เนื้อสัมผัส | |
| ควบคุม | - | 3.35±1.59 ^c | 5.55±1.74 ^b | 3.98±1.33 ^d | 2.45±0.85 ^a |
| อบลมร้อน | 60 °C ที่ 5 ชม. | 6.18±1.43 ^{ab} | 6.35±1.29 ^a | 6.30±1.26 ^{ab} | 1.93±0.62 ^b |
| | 90 °C ที่ 2 ชม. | 6.38±1.60 ^a | 6.53±1.20 ^a | 6.88±1.40 ^a | 1.63±0.77 ^{bc} |
| ไมโครเวฟ | 540 W ที่ 12 นาที | 5.58±1.97 ^{ab} | 6.10±1.78 ^{ab} | 5.53±1.75 ^c | 1.33±0.47 ^c |
| | 900 W ที่ 8 นาที | 5.58±1.93 ^{ab} | 5.23±1.42 ^{ab} | 5.88±1.74 ^{bc} | 1.73±0.75 ^b |
| ทอด | 150 °C ที่ 3 นาที | 5.63±1.86 ^{ab} | 6.35±1.44 ^a | 6.28±1.54 ^{ab} | 1.60±0.67 ^{bc} |
| | 180 °C ที่ 2 นาที | 5.48±2.12 ^b | 6.00±1.54 ^{ab} | 5.55±1.48 ^c | 1.85±0.74 ^b |

ค่าที่มีการกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.3 ศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดต่อการเตรียมตัวอย่างขนมปังปราศจากกลูเตน

หลังจากคัดเลือกสภาวะการทำแห้งผงจิ้งหรีดที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุด ได้แก่ขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีอบลมร้อนที่สภาวะ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง วิธีไมโครเวฟที่สภาวะ 540 วัตต์ เป็นเวลา 12 นาที และวิธีทอดที่สภาวะ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วจึงนำมาศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดต่อสมบัติของขนมปังปราศจากกลูเตนด้วยการแทนที่แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังในสูตรควบคุมด้วยผงจิ้งหรีด 10% และ 20% ของน้ำหนักแป้ง แล้วนำไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมี สี ลักษณะเนื้อสัมผัสและการทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังปราศจากกลูเตน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังปราศจากกลูเตนแสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่าเมื่อปริมาณผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความชื้นและเถ้าเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังส่งผลให้ปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในทุก ๆ ตัวอย่าง เนื่องจากองค์ประกอบหลักของจิ้งหรีดคือโปรตีนและไขมัน โดยขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีไมโครเวฟที่ 540 วัตต์ 20% มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด และขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีทอดที่ 150 องศาเซลเซียส 20% มีปริมาณไขมันมากที่สุด

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด

| วิธีทำแห้ง | ปริมาณผงจิ้งหรีด | ความชื้น (%) | โปรตีน (%) | ไขมัน (%) | เถ้า (%) | คาร์โบไฮเดรต (%) |
|----------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ควบคุม | - | 47.05±0.21 ^a | 3.23±0.64 ^d | 3.71±0.28 ^d | 1.11±0.04 ^c | 44.91±0.85 ^a |
| อบลมร้อน 90°C ที่ 2 ชม. | 10% | 45.34±0.28 ^c | 7.23±0.18 ^c | 4.20±0.29 ^{cd} | 1.16±0.01 ^c | 42.07±0.25 ^b |
| | 20% | 45.83±0.13 ^b | 8.42±1.52 ^{bc} | 4.92±0.34 ^{bc} | 1.49±0.02 ^a | 39.34±1.05 ^c |
| ไมโครเวฟ 540 W ที่ 12 นาที | 10% | 44.36±0.33 ^d | 6.69±0.06 ^c | 4.21±0.59 ^{cd} | 1.12±0.04 ^c | 43.62±0.23 ^a |
| | 20% | 45.08±0.38 ^c | 11.48±1.16 ^a | 5.70±0.82 ^b | 1.39±0.31 ^{ab} | 36.36±0.60 ^d |
| ทอด 150 °C ที่ 3 นาที | 10% | 44.29±0.11 ^d | 7.56±0.38 ^c | 5.51±0.70 ^b | 1.13±0.04 ^c | 41.51±0.76 ^b |
| | 20% | 45.40±0.17 ^c | 9.36±1.38 ^b | 7.06±0.27 ^a | 1.20±0.02 ^{bc} | 36.98±1.10 ^d |

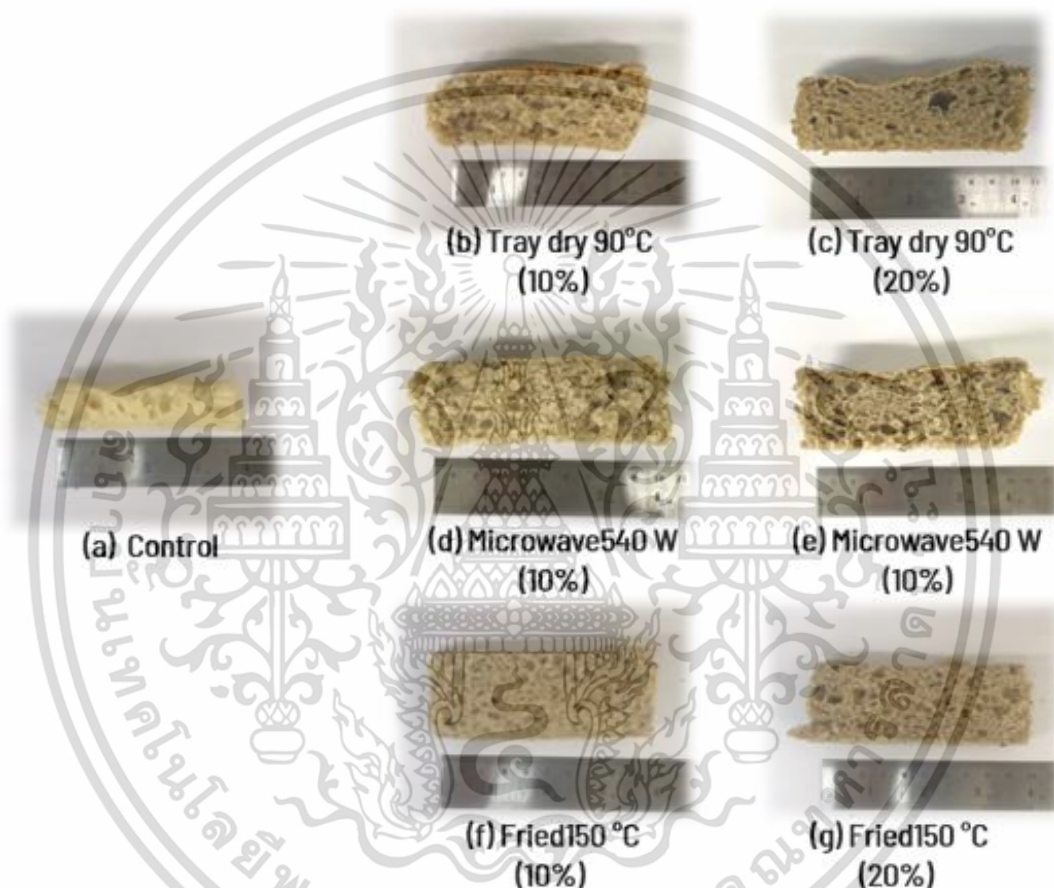
ค่าที่มีการกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.3.2 ค่าสีขนมปังปราศจากกลูเตน

ลักษณะของขนมปังและค่าสีของขนมปังที่เตรียมจากวิธีอบลมร้อนที่สภาวะ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงและ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง วิธีไมโครเวฟที่สภาวะ 540 วัตต์ เป็นเวลา 12 นาทีและ 900 วัตต์ เป็นเวลา 8 นาที และวิธีทอดที่สภาวะ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีและ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แสดงดังรูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.6 จากภาพจะเห็นได้ว่าขนมปังเมื่อเติมผงจิ้งหรีดแล้วจะฟูและมีโพรงอากาศมากกว่าขนมปังควบคุมทั้งหมด แต่ขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีด 20% ของทั้ง 3 วิธีจะมีเนื้อที่แน่นกว่าขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีด 10% ส่วนสีของขนมปังจากตารางพบว่าขนมปังควบคุมมีความสว่างสูงสุดแต่เมื่อปริมาณผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสว่างลดลงและมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น เห็นได้ว่าค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มแหล่งโปรตีน โดยสีของขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีไมโครเวฟ 10% มีความสว่างน้อยที่สุดและวิธีทอด 20% มีค่าสีแดงและสีเหลืองมากที่สุด ในขณะที่ขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีไมโครเวฟ 20% มีค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) สูงที่สุด ค่าความแตกต่างของสีโดยรวมบ่งชี้ถึงผลกระทบที่สำคัญของการเติมผงจิ้งหรีดกับสีของขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ผงจิ้งหรีดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในสีของผลิตภัณฑ์คือการเกิดเมลานอยดิน (Melanoidin) หรือสารสีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซิง (Reducing sugar) กับกรดแอมิโน (Amino acid) ในอาหารเมื่อได้รับความร้อน ได้เป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Enzyme) เช่นการอบขนม (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2560) ปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นอาจช่วยให้เกิดการสร้าง Maillard reaction ได้ง่ายขึ้นซึ่งมีผลในการลดความสว่างของขนมปัง และเพิ่มความเข้มสีแดงมากขึ้น



รูปที่ 4.2 สีและลักษณะเนื้อขนมปังที่เตรียมจากวิธีอบแห้งจากสภาวะและปริมาณผงจิ้งหรีดที่แตกต่างกัน โดย (a) ขนมปังควบคุม (b) ขนมปังจากวิธีอบลมร้อน 10% (c) ขนมปังจากวิธีอบลมร้อน 20% (d) ขนมปังจากวิธีไมโครเวฟ 10% (e) ขนมปังจากวิธีไมโครเวฟ 20% (f) ขนมปังจากวิธีทอด 10% (g) ขนมปังจากวิธีทอด 20%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าสีของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด

| วิธีทำแห้ง | ปริมาณผงจิ้งหรีด | ค่าความสว่าง (L*) | ค่าสีแดง (a*) | ค่าสีเหลือง (b*) | ความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) |
|----------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| ควบคุม | - | 44.91±0.85 ^a | -2.21±0.30 ^d | 20.07±1.63 ^a | - |
| อบลมร้อน 90°C | 10% | 42.07±0.25 ^b | 2.31±0.94 ^b | 16.53±0.70 ^b | 13.67±1.10 ^c |
| ที่ 2 ชม. | 20% | 39.34±1.05 ^c | 3.09±0.40 ^a | 15.22±0.44 ^c | 20.78±0.92 ^a |
| ไมโครเวฟ 540 W | 10% | 43.62±0.23 ^a | 0.86±0.29 ^c | 16.42±0.77 ^b | 15.73±1.43 ^b |
| ที่ 12 นาที | 20% | 36.36±0.60 ^d | 3.18±0.53 ^a | 15.54±0.38 ^{bc} | 22.09±1.20 ^a |
| ทอด 150 °C | 10% | 41.51±0.76 ^b | 1.13±0.51 ^c | 19.91±0.65 ^a | 11.29±2.35 ^d |
| ที่ 3 นาที | 20% | 36.98±1.10 ^d | 3.49±0.36 ^a | 20.33±1.41 ^a | 21.12±2.88 ^a |

ค่าที่มีการกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.3.3 เนื้อสัมผัสขนมปังปราศจากกลูเตน

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมปังเตรียมจากวิธีอบลมร้อนที่สภาวะ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงและ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง วิธีไมโครเวฟที่สภาวะ 540 วัตต์ เป็นเวลา 12 นาทีและ 900 วัตต์ เป็นเวลา 8 นาที และวิธีทอดที่สภาวะ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีและ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แสดงในตารางที่ 4.7 พบว่าการใช้ผงจิ้งหรีดเป็นส่วนผสมในขนมปังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในเนื้อสัมผัสของขนมปัง คือลดค่าความแข็ง (Hardness) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนและปริมาณแป้งที่ลดลงจึงส่งผลให้ความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Gómez et al., 2003; Martinez-Cervera et al., 2011) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อใส่ปริมาณโปรตีนมากเกินไปก็ส่งผลให้ความแข็งเพิ่มขึ้นได้

ค่าการกลับคืนตัว (Springiness) นั้นเกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นของขนมปังเนื่องจากค่านี้จะบ่งบอกถึงความสามารถของการกลับคืนสู่สภาพเดิมหลังจากการถูกกด (Cornejo & Rosell, 2015) ตัวอย่างทั้งหมดที่วิเคราะห์มีค่าการกลับคืนตัวใกล้เคียงกับขนมปังควบคุม

ขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดมีค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) มากกว่าขนมปังควบคุม เพราะโปรตีนช่วยในการยึดเกาะของขนมปังเพิ่มมากขึ้น และจากผลการทดลองพบว่าค่าแรงที่ใช้เคี้ยว (Chewiness) ลดลงเมื่อเทียบกับขนมปังควบคุมแต่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อปริมาณผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้นยกเว้นขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีอบลมร้อน 90 องศาเซลเซียส ซึ่งค่านี้จะเกี่ยวข้องกับความยากง่ายในการเคี้ยวก่อนกลืนซึ่งเป็นค่าสำคัญที่ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของขนมปัง

โดยจะเห็นได้ว่าขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีทอด 150 องศาเซลเซียส 10% มีค่าความแข็งน้อยที่สุดเพราะว่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการทอดส่งผลทำให้เนื้อสัมผัสของขนมปังเกิดความนุ่มมากขึ้น และขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีอบลมร้อน 90 องศาเซลเซียส 10% มีค่าการกลับคืนตัวและค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด

| วิธีทำแห้ง | ปริมาณผง จิ้งหรีด | Hardness (N) | Springiness (%) | Cohesiveness | Chewiness (N) |
|----------------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| ควบคุม | - | 4159.97±31.03 ^a | 0.82±0.07 ^b | 0.54±0.08 ^c | 1867.42±409.02 ^a |
| อบลมร้อน 90°C ที่ 2 ชม. | 10% | 205.96±18.05 ^e | 0.95±0.02 ^a | 0.91±0.04 ^a | 177.20±11.17 ^b |
| | 20% | 250.45±3.79 ^d | 0.87±0.06 ^b | 0.77±0.03 ^b | 167.61±19.58 ^b |
| ไมโครเวฟ 540 W ที่ 12 นาที | 10% | 362.94±22.25 ^c | 0.64±0.12 ^c | 0.51±0.08 ^{ac} | 120.41±48.57 ^b |
| | 20% | 445.68±22.41 ^b | 0.94±0.02 ^a | 0.85±0.05 ^{ab} | 357.36±40.34 ^b |
| ทอด 150 °C ที่ 3 นาที | 10% | 178.03±11.41 ^e | 0.95±0.01 ^a | 0.86±0.01 ^b | 145.46±12.01 ^b |
| | 20% | 252.32±13.98 ^d | 0.96±0.01 ^a | 0.83±0.02 ^{ab} | 199.89±8.51 ^b |

ค่าที่มีการกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.3.4 ปริมาตรจำเพาะของขนมปังปราศจากกลูเตน

ตารางที่ 4.8 แสดงถึงปริมาตรจำเพาะของขนมปัง พบว่าการมีโปรตีนจากผงจิ้งหรีดส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อเติมปริมาณผงจิ้งหรีดมากขึ้นทำให้ปริมาตรจำเพาะลดลง อาจเนื่องจากการที่ใช้ผงจิ้งหรีดมากเกินไปทำให้มีปริมาณของแข็งมากขึ้นส่งผลให้เนื้อขนมปังมีความแน่น ปริมาตรของขนมปังจึงลดต่ำลงไปด้วยและทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) เพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่ง Rodríguez-García et al. (2014) รายงานว่าความแข็งมีความสัมพันธ์กับปริมาณเซลล์อากาศทั้งหมดและปริมาตรจำเพาะ โดยขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีอบลมร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส 10% มีค่าปริมาตรจำเพาะมากที่สุด

ตารางที่ 4.8 ปริมาตรจำเพาะของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด

| วิธีทำแห้ง | ปริมาณผงจิ้งหรีด | ปริมาตรจำเพาะ ($\text{cm}^3/\text{กรัม}$) |
|--|------------------|--|
| ควบคุม | - | 1.59 ± 0.03^c |
| อบลมร้อน 90°C ที่ 2 ชม. | 10% | 2.33 ± 0.03^a |
| | 20% | 2.29 ± 0.00^{ab} |
| ไมโครเวฟ 540 W ที่ 12 นาที | 10% | 2.32 ± 0.01^{ab} |
| | 20% | 2.26 ± 0.01^b |
| ทอด 150°C ที่ 3 นาที | 10% | 2.32 ± 0.03^{ab} |
| | 20% | 2.30 ± 0.05^{ab} |

ค่าที่มีการกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.3.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของผู้บริโภคแสดงดังตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าที่การทำแห้งทุกวิธีในแต่ละสภาวะเมื่อปริมาณผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้น ความยอมรับด้านกลิ่น (smell) จะมากขึ้นแต่ด้านลักษณะปรากฏที่ประเมินด้วยสายตา (Appearance) และด้านสี (color) จะลดลง

จะเห็นว่าขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีอบลมร้อน 10% ได้คะแนนในด้านลักษณะปรากฏที่ประเมินด้วยสายตา สี และความชอบโดยรวม (Overall liking) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ และขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีด 20% แสดงว่าวิธีการที่แตกต่างและปริมาณผงจิ้งหรีดที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านลักษณะปรากฏและสีทำให้ไม่เป็นที่น่าสนใจสำหรับผู้บริโภค ส่วนขนมปังที่มีส่วนผสมของผงจิ้งหรีดจากวิธีอบลมร้อนปริมาณ 20% ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัสมากที่สุด

และขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีทอดปริมาณ 20% ได้คะแนนความชอบโดยรวมน้อยที่สุด อาจเป็นผลมาจากคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบด้านกลิ่นที่มีค่าน้อยที่ 5.45 และ 4.75 ตามลำดับ จึงส่งผลให้ได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้อย

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์การยอมรับของผู้บริโภคโดยการทดสอบความชอบต่อขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีด

| วิธีทำแห้ง | ปริมาณ ผงจิ้งหรีด | 9-Hedonic test | | | | |
|--------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | ลักษณะ ปรากฏ | สี | กลิ่น | เนื้อสัมผัส | ความชอบ โดยรวม |
| อบลมร้อน 90°C | 10% | 6.90±1.26 ^a | 6.75±1.26 ^a | 6.15±1.48 ^{ab} | 6.90±1.22 ^a | 6.80±1.04 ^a |
| | 20% | 6.78±1.31 ^{ab} | 6.48±1.04 ^{ab} | 6.78±1.33 ^a | 6.95±1.01 ^a | 6.68±1.07 ^a |
| ที่ 2 ชม. ไมโครเวฟ 540 W | 10% | 6.55±1.28 ^{ab} | 6.73±1.31 ^a | 5.88±1.38 ^b | 6.23±1.31 ^b | 6.40±1.22 ^{ab} |
| | 20% | 6.20±1.34 ^{bc} | 6.40±1.30 ^{ab} | 6.08±1.73 ^{ab} | 6.68±1.23 ^{ab} | 6.58±1.22 ^a |
| ที่ 12 นาที ทอด 150 °C | 10% | 6.38±1.53 ^{abc} | 6.73±1.28 ^a | 4.25±2.15 ^c | 6.05±1.52 ^b | 5.83±1.68 ^{bc} |
| | 20% | 5.85±1.72 ^c | 6.10±1.34 ^b | 4.73±2.20 ^c | 5.45±1.74 ^c | 5.58±1.65 ^c |

ค่าที่มีการกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษากระบวนการให้ความร้อนเพื่อลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ของจิ้งหรีดด้วยวิธีอบลมร้อนที่สภาวะ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงและ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง วิธีไมโครเวฟที่สภาวะ 540 วัตต์ เป็นเวลา 12 นาทีและ 900 วัตต์ เป็นเวลา 8 นาที และวิธีทอดที่สภาวะ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีและ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที พบว่าผงจิ้งหรีดที่เตรียมจากวิธีไมโครเวฟที่สภาวะ 540 วัตต์มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด ผงจิ้งหรีดที่ผ่านการทอดที่สภาวะ 150 องศาเซลเซียสมีความสว่างน้อยที่สุด และวิธีอบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นวิธีที่ลดกลิ่นของจิ้งหรีดได้ดีที่สุด ผงจิ้งหรีดที่ทำแห้งโดยวิธีอบลมร้อนที่ 90 องศาเซลเซียสได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงสุด

จากการศึกษาปริมาณของผงจิ้งหรีดที่เหมาะสมต่อคุณลักษณะของขนมปัง พบว่าปริมาณโปรตีนและไขมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณผงจิ้งหรีดมากขึ้นอีกทั้งยังส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของขนมปังคือเนื้อขนมปังมีความแน่นและแข็งมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ความสว่างและปริมาตรจำเพาะของขนมปังจะลดลงเมื่อปริมาณผงจิ้งหรีดมากขึ้นเช่นกัน โดยขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีไมโครเวฟที่ 540 วัตต์ 20% มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด สีของขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีไมโครเวฟที่ 540 วัตต์ 10% มีความสว่างน้อยที่สุด ขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีอบลมร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส 10% มีค่าปริมาตรจำเพาะมากที่สุด และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคพบว่าขนมปังที่เติมผงจิ้งหรีดจากวิธีอบลมร้อน 10% ได้คะแนนในด้านลักษณะปรากฏที่ประเมินด้วยสายตา สี และความชอบโดยรวมสูงที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ตำแหน่งการวางขนมปังในเตาอบมีผลต่อลักษณะของขนมปัง

5.2.2 สูตรขนมปังปราศจากกลูเตนที่ใช้เมื่ออบออกมาแล้วมีกลิ่นยีสต์ที่มากเกินไป หากมีการปรับเปลี่ยนสูตรให้เหมาะสมอาจจะดีขึ้น

5.2.3 การเตรียมตัวอย่างแต่ละครั้งควรจะอยู่ในสภาวะเดียวกัน ทำให้ใกล้เคียงกันมากที่สุดจะได้ไม่เกิดข้อผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- จิตธนา และอรอนงค์, 2539. เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 4. เท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น, กรุงเทพฯ.
- ณัฐพล และวิภาวรรณ, 2546. การใช้แป้งถั่วเหลืองพ่องโซ่มันทดแทนแป้งสาลีบางส่วน ในแผ่นก๊วย (Utilization of Defatted Soy Flour for partial Replacing of Wheat Flour in Wonton Skins). งานวิจัยสำนักวิจัยและบริหารสถาบันราชภัฏนครสวรรค์.
- เดอะเจอร์นัลลิสต์ คลับ. 2562. “จังหวัดไทย” โละพ่นยอดฮิตติดดาวคนยุโรป. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://thejournalistclub.com/2019/08/24/จังหวัดไทยโลหะพ่นยอด/>. 25 ตุลาคม 2562.
- เดอะสแตนด์ดาร์ด. 2560. ‘ฟินแลนด์’ ผลิตขนมปังจากจังหวัดหวังบรรเทาภาวะขาดแคลนอาหารทั่วโลก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://today.line.me/th/pc/article/ฟินแลนด์ผลิต+ขนมปังจากจังหวัด+หวังบรรเทาภาวะขาดแคลนอาหารทั่วโลก-wqO7W5>. 25 ตุลาคม 2562.
- นิตยา รัตนานนท์. 2534. คอลลอยด์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิตยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. โอ.เอส. พรินติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ.
- นिरนาม. 2561. กลูเตนคืออะไร ทำไมต้องรู้จักและเข้าใจกลูเตน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://microbiology-asia.com>. 15 พฤศจิกายน 2562.
- นุชนันท์ โอสทานนท์. 2562. Gluten-free sandwich bread. นิตยสาร Gourmet & cuisine. ฉบับที่ 277. Media Associated.
- ผู้จัดการออนไลน์. 2562. UN ชี้อาหารจาก “แมลง” โตต่อเนื่อง โอกาสธุรกิจไทยไม่ควรมองข้าม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://mgronline.com/smes/detail/9620000056632>. 15 พฤศจิกายน 2562.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิตยา รัตนานนท์. 2560. Gluten / กลูเตน [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0351/gluten-กลูเตน>. 25 ตุลาคม 2562.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิตยา รัตนานนท์. 2560. Melanoidin / เมลานอยดิน [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/5420/melanoidin>. 25 ตุลาคม 2562.
- วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2556. โรคแพ้กลูเตน (Coeliac disease) & ความสำคัญของอาหาร ปราศจากกลูเตนอาหาร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 43(3): 16-21.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สมสมร แก้วบริสุทธิ์. ม.ป.ป. การแปรรูปแมลงเพื่อเพิ่มมูลค่า. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://home.kku.ac.th/orip2/orip_main/attach/knowledge_1407232647_bug%20transformation.pdf. 18 เมษายน 2563.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข. 2544. แมลงกินได้. กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.
- สมาร์ท เอสเอ็มอี. 2561. ผงโปรตีนจิ้งหรีด นวัตกรรมเจาะตลาดโลก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.smartsme.co.th/content/87877>. 16 ตุลาคม 2562.
- สุรเชษฐ จามรมาน และคณะ, ม.ป.ป. แมลงกินได้. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.ku.ac.th/kaset60/Theme05/theme-05-05/index-05-05.html. 18 เมษายน 2563.
- อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532 ก. คุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และการคำนวณเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมอบ. คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532 ข. ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ออตโต คิทเซ่นคลับ. 2562. ประเภทของขนมปัง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.otto.co.th/content/5615/>.
- อภิชาติ ศรีสะอาด และ ทองพูล วรณโพธิ์. 2557. การเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดให้ รวยเงินล้าน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: นาคา อินเตอร์มีเดีย.
- Cornejo, F. and Rosell, C. M. 2015. Physicochemical properties of long rice grain varieties in relation to gluten free bread quality. *LWT-Food Science and Technology*. 62 (2): 1203–1210.
- DeFoliart GR. (1999). Insects as food: Why the western attitude is important. *Annu. Rev. Entomol.* 44: 21-50
- Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A., Apesteguia, A. (2003). Effect of dietary fiber on dough rheology and bread quality. *Eur. Food Res. Technol.*, 216, 51–56.
- González, C.M., Garzón, R., & Rosell, C.M. (2018). Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. <https://doi.org/10.1016/j.ifset>. 2018.03.021.
- Kowalczewski, P. Ł. 2019. Gluten-Free Bread with Cricket Powder—Mechanical Properties and Molecular Water Dynamics in Dough and Ready Product. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*.
- Machado, C. d. R. and Thys, R. C. S. 2019. Cricket powder (*Gryllus assimilis*) as a new alternative protein source for gluten-free breads. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 56: 1-7.
- Pauter, P., Rózaska, M., Wiza, P., Dworzak, S. Grobelna, N, Sarbak, P. and Kowalczewski, P. L. 2018. Effect of the replacement of wheat flour with cricket powder on the characteristics of muffins. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 17 (3): 227-233.
- เอกสารนี้ได้รับการขึ้นทะเบียนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rodríguez-García, J., Sahi, S. S., Hernando, I. (2014). Functionality of lipase and emulsifiers in low-fat cakes with inulin. *LWT – Food Science and Technology.*, 58, 173–182.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

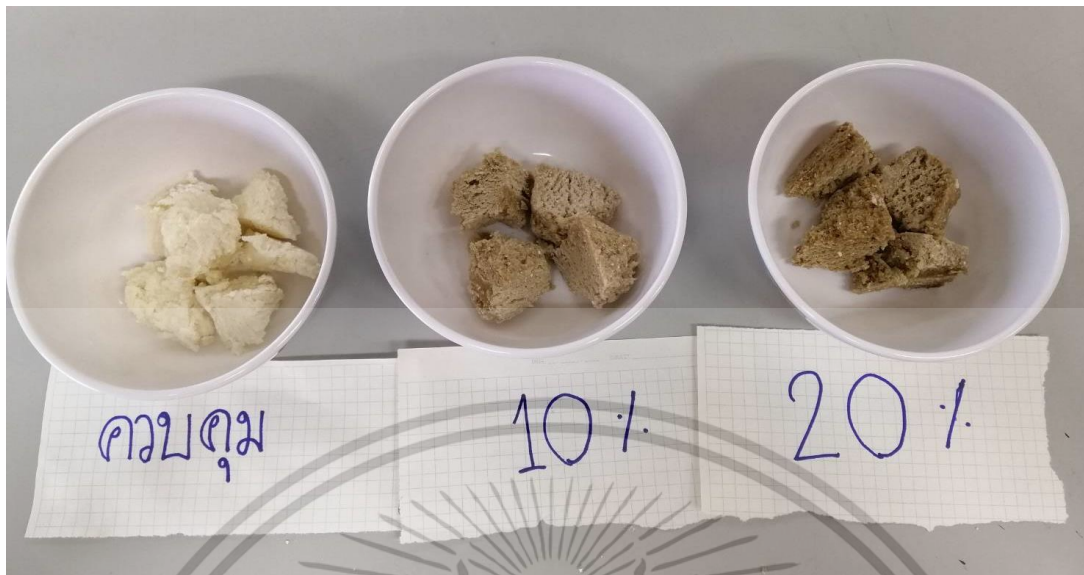
ทดลองสูตรขนมปังปราศจากกลูเตน

ตารางที่ ก.1 สูตรทดลองขนมปังปราศจากกลูเตนครั้งที่ 1

| ส่วนผสม | ปริมาณ (กรัม) |
|--------------|---------------|
| แป้งข้าวเจ้า | 113 |
| แป้งข้าวโพด | 170 |
| ยีสต์ | 7 |
| น้ำตาล | 28 |
| แซนแทนกัม | 13 |
| เกลือ | 3.3 |
| น้ำมัน | 6.5 |
| ผงฟู | 1.6 |
| ไข่ | 150 |
| น้ำ | 170 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 สูตรทดลองขนมปังปราศจากกลูเตนครั้งที่ 2

| ส่วนผสม | ปริมาณ (กรัม) |
|--------------|---------------|
| แป้งผสม* | 460 |
| ยีสต์ | 12 |
| น้ำตาล | 30 |
| แซนแทนกัม | 4 |
| เกลือ | 3.3 |
| นมถั่วเหลือง | 450 |
| มาการีน | 60 |
| ไข่ | 150 |

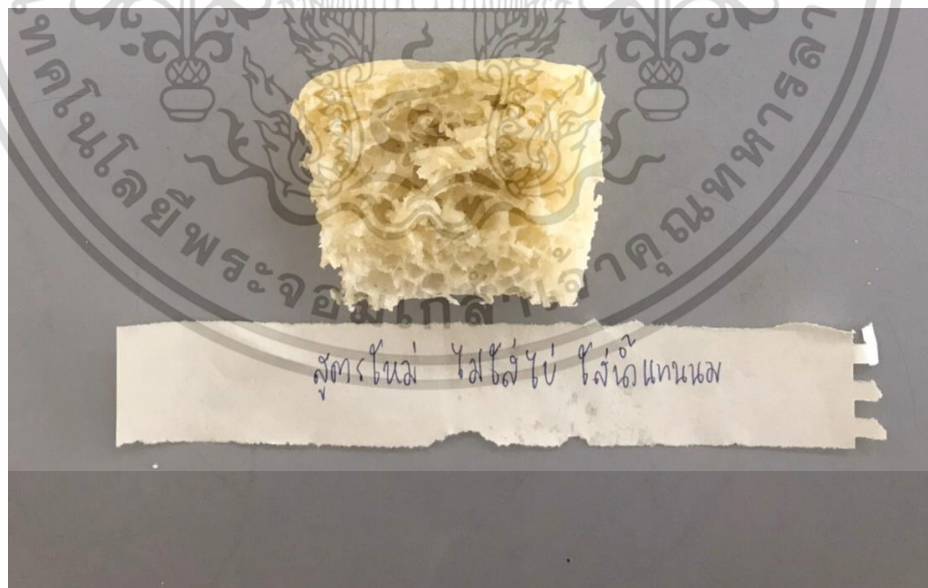
*แป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันสำปะหลัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

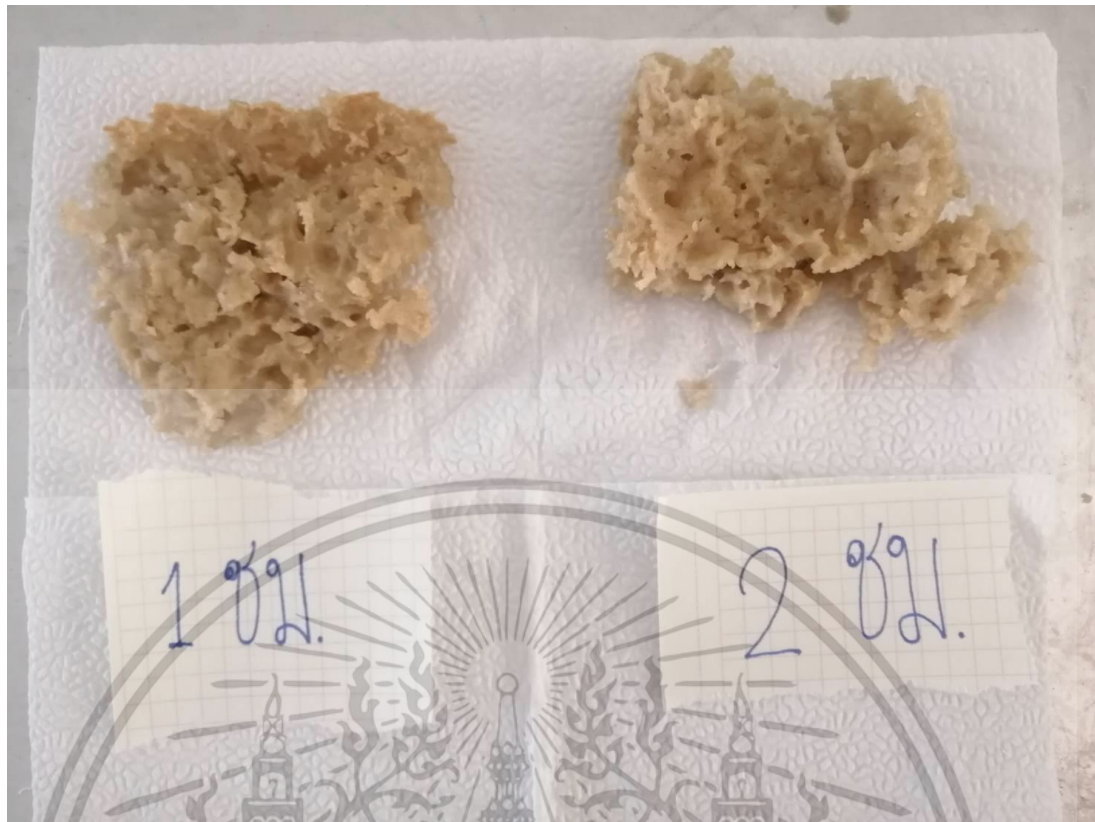


ภาพขนมปังจากการใช้น้ำเปล่าแทนนมถั่วเหลือง



ภาพขนมปังจากการใช้น้ำเปล่าแทนนมถั่วเหลืองและไข่ไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เปรียบเทียบเนื้อสัมผัสของขนมปังจากรยะเวลาการบ่มแ่งที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามการทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ผงจิ้งหรีด

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ผงจิ้งหรีด

ผลิตภัณฑ์ : ผงจิ้งหรีด

วันที่ _____

1.แบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ผงจิ้งหรีดเพื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างโดยการต้มเรียงจากซ้ายไปขวา ให้คะแนนความพึงพอใจต่อกลิ่น ให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง (กรุณาเว้นระยะประมาณ 1 นาที ก่อนดมตัวอย่างถัดไป)

สเกลความชอบ :

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

6 = ชอบเล็กน้อย

2 = ไม่ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง

3 = ไม่ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

9 = ชอบมากที่สุด

5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

826

137

636

คะแนนความชอบ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การทดสอบทางประสาทสัมผัส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีดเพื่อการคัดเลือก

| วิธีทำแห้ง | สถานะ | Texture | | | |
|------------|-------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|
| | | Hardness | Springiness | Cohesiveness | Chewiness |
| ควบคุม | - | 2720.26±344.44 ^a | 0.57±0.15 ^b | 0.43±0.06 ^b | 676.89±199.45 ^b |
| | 60 °C ที่ 5 | 736.24±155.56 ^c | 0.94±0.06 ^a | 0.78±0.08 ^a | 535.17±122.84 ^b |
| อบลมร้อน | خم. | | | | |
| | 90 °C ที่ 2 | 1252.18±15.32 ^b | 0.97±0.02 ^a | 0.83±0.04 ^a | 1007.91±19.14 ^a |
| ควบคุม | - | 2698.89±226.11 ^a | 0.89±0.04 ^a | 0.70±0.12 ^a | 1676.40±219.38 ^a |
| | 540 W ที่ | 1877.19±102.48 ^b | 0.85±0.03 ^a | 0.68±0.02 ^a | 1084.65±64.48 ^b |
| ไมโครเวฟ | 12 นาที | | | | |
| | 900 W ที่ 8 นาที | 1501.64±41.40 ^c | 0.85±0.02 ^a | 0.67±0.03 ^a | 860.09±71.41 ^b |
| ควบคุม | - | 5420.91±1254.44 ^a | 0.82±0.02 ^c | 0.54±0.03 ^b | 2430.53±616.95 ^a |
| | 150 °C ที่ | 1122.12±218.18 ^b | 0.92±0.02 ^a | 0.71±0.03 ^a | 735.81±156.17 ^b |
| ทอด | 3 นาที | | | | |
| | 180 °C ที่ 2 นาที | 690.85±134.64 ^b | 0.78±0.01 ^b | 0.57±0.04 ^b | 307.98±61.63 ^b |

ตารางที่ ค.2 ค่าสีของขนมปังปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีดเพื่อการคัดเลือก

| วิธีทำแห้ง | สถานะ | ค่าความสว่าง (L*) | ค่าสีแดง (a*) | ค่าสีเหลือง (b*) |
|------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ควบคุม | - | 76.51±1.85 ^a | -2.06±0.18 ^b | 18.62±0.88 ^a |
| อบลมร้อน | 60 °C ที่ 5 ชม. | 68.80±3.10 ^b | 1.67±0.58 ^a | 17.54±1.91 ^a |
| | 90 °C ที่ 2 ชม. | 69.22±2.21 ^b | 1.43±0.71 ^a | 18.08±2.35 ^a |
| ควบคุม | - | 77.11±1.67 ^a | -1.86±0.16 ^b | 14.89±0.67 ^b |
| ไมโครเวฟ | 540 W ที่ 12 นาที | 65.14±2.41 ^b | 1.26±0.25 ^a | 16.16±0.79 ^a |
| | 900 W ที่ 8 นาที | 64.07±0.90 ^b | 1.19±0.19 ^a | 15.65±0.77 ^a |
| ควบคุม | - | 73.81±1.82 ^a | -2.33±0.20 ^b | 14.71±1.44 ^a |
| ทอด | 150 °C ที่ 3 นาที | 60.62±2.66 ^b | 0.59±0.28 ^a | 14.17±3.58 ^a |
| | 180 °C ที่ 2 นาที | 62.47±2.74 ^b | 0.74±0.20 ^a | 15.70±0.57 ^a |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคโดยการทดสอบความชอบของขนมปังปราศจาก
กลูเตนที่เตรียมจากผงจิ้งหรีดเพื่อการคัดเลือก

| วิธีทำแห้ง | สถานะ | 9-Hedonic test | | | Ranking test |
|------------|--------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| | | สี | กลิ่น | เนื้อสัมผัส | |
| ควบคุม | - | 5.55 ± 1.74 ^b | 3.35 ± 1.59 ^b | 3.98 ± 1.33 ^b | 2.45±0.85 ^c |
| | 60 °C ที่ 5 | 6.35 ± 1.29 ^a | 6.18 ± 1.43 ^a | 6.30 ± 1.26 ^a | 1.93±0.62 ^b |
| อบลมร้อน | خم. | | | | |
| | 90 °C ที่ 2 | 6.53 ± 1.20 ^a | 6.38 ± 1.60 ^a | 6.88 ± 1.40 ^a | 1.63±0.77 ^a |
| ควบคุม | - | 4.78 ± 1.73 ^b | 3.00 ± 1.66 ^b | 3.75 ± 1.81 ^b | 2.95±0.22 ^c |
| | 540 W ที่ 12 | 6.10 ± 1.78 ^a | 5.57 ± 1.97 ^a | 5.53 ± 1.75 ^a | 1.33±0.47 ^a |
| ไมโครเวฟ | นาที่ | | | | |
| | 900 W ที่ 8 | 6.23 ± 1.42 ^a | 5.57 ± 1.93 ^a | 5.88 ± 1.74 ^a | 1.73±0.55 ^b |
| ควบคุม | - | 5.63 ± 1.66 ^b | 4.33 ± 1.72 ^a | 3.88 ± 1.54 ^c | 2.55±0.75 ^c |
| | 150 °C ที่ 3 | 6.35 ± 1.44 ^a | 5.63 ± 1.86 ^b | 6.28 ± 1.54 ^a | 1.60±0.67 ^a |
| ทอด | นาที่ | | | | |
| | 180 °C ที่ 2 | 6.00 ± 1.54 ^{ab} | 5.48 ± 2.12 ^a | 5.55 ± 1.48 ^b | 1.85±0.74 ^b |
| | นาที่ | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ขนมปังปราศจากกลูเตน



ขนมปังปราศจากกลูเตนแทนที่ด้วยผงจิ้งหรีด 10% และ 20% ตามลำดับ ก่อนอบ



ขนมปังปราศจากกลูเตนแทนที่ด้วยผงจิ้งหรีด 10% และ 20% ตามลำดับ หลังอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ขนมปังปราศจากกลูเตนแทนที่ด้วยผงจิ้งหรีด 10% และ 20% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพเปรียบเทียบความสูงระหว่างขนมปังควบคุมและขนมปังจากวิธีทอด 10% และ 20% ตามลำดับ



ขนมปังจากวิธีไมโครเวฟ 10% และ 20% ตามลำดับ



ขนมปังจากวิธีอบลมร้อน 10% และ 20% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวเสาวรส ตั้งชัย
 วัน เดือน ปี เกิด 20 กันยายน 2540
 ประวัติการศึกษา
 พ.ศ. 2558 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี๔)
 พ.ศ. 2563 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล นางสาวอรริมา พจน์วิวัฒน์
 วัน เดือน ปี เกิด 8 มกราคม 2541
 ประวัติการศึกษา
 พ.ศ. 2558 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสารคามพิทยาคม
 พ.ศ. 2563 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้