โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่เสริมกากมอลต์จากการผลิตเบียร์

ชื่อนิสิต นางสาววรินธร พัฒนะ
นางสาวอาคิรา เกียรติสุขอุดม
นางสาวอุมาพร บุญธง

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
ปีการศึกษา 2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่เสริมกากมอลต์จากการผลิตเบียร์

โดย

นางสาววรินธร พัฒนะ

นางสาวอาคิรา เกียรติสุขอุดม

นางสาวอุมาพร บุญธง

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประจำปีการศึกษา 2563

Development of noodle products fortified with Brewers' spent grain

Varinthorn Pattana

Akira Kiertsukudom

U-maporn Boonthong

Project Advisor

Asst. Prof. Kanitha Tananuwong, Ph.D.

A Report in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology

Department of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่เสริมกากมอลต์จากการผลิตเบียร์

โดย นางสาววรินธร พัฒนะ

นางสาวอาคิรา เกียรติสุขอุดม

นางสาวอุมาพร บุญธง

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์

ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ประจำปีการศึกษา 2563

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่เสริมกากมอลต์จากการผลิตเบียร์

โดย นางสาววรินธร พัฒนะ

นางสาวอาคิรา เกียรติสุขอุดม

นางสาวอุมาพร บุญธง

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกากมอลต์ต่อคุณภาพการหุงต้ม คุณภาพทางกายภาพและการยอมรับจากผู้บริโภคของเส้นราเม็ง (บะหมี่สูตรผสมด่าง) และเส้นอุด้ง (บะหมี่สูตรผสมเกลือ) โดยกากมอลต์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีความชื้น 4.00% โปรตีน 26.67% ไขมัน 9.42% เถ้า 2.63% และใยอาหารทั้งหมด 47.93% โดยน้ำหนักเปียก ทดแทนแป้งสาลีในสูตรด้วยกากมอลต์ที่ระดับ 5%, 10% และ 15% เมื่อพิจารณาคุณภาพการหุงต้มของเส้นพบว่า เมื่อสัดส่วนของกากมอลต์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เส้นราเม็งมีค่าเวลาในการหุงต้ม ค่าน้ำหนักหลังการหุงต้ม ค่าการดูดซับน้ำ และค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่การแทนที่แป้งสาลีด้วยกากมอลต์ในสูตรอุด้ง ทำให้ค่าเวลาในการหุงต้มลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อค่าน้ำหนักหลังการหุงต้ม ค่าการดูดซับน้ำ และค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้มของเส้นอุด้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าสีของเส้นพบว่า การเพิ่มสัดส่วนกากมอลต์ในสูตรส่งผลให้เส้นราเม็งมีค่า Hue ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ค่า Chroma ของเส้นราเม็งไม่แตกต่างกันในทุกระดับการทดแทน ($p > 0.05$) ในกรณีของเส้นอุด้งพบว่า เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนกากมอลต์จะส่งผลให้ค่า Hue ลดลง แต่ค่า Chroma เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับสีของเส้นราเม็งและอุด้งที่เสริมกากมอลต์ ซึ่งมีสีน้ำตาลแดงชัดเจนขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนกากมอลต์ในสูตร เมื่อพิจารณาค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นราเม็ง พบว่าการเพิ่มสัดส่วนกากมอลต์ในสูตร ทำให้ค่า cohesiveness และ chewiness ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อค่า hardness, adhesiveness, springiness, gumminess และ resilience อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในกรณีของเส้นอุด้งพบว่า การเพิ่มสัดส่วนกากมอลต์ส่งผลให้ค่า springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness และ resilience ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อค่า hardness อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า อุด้งสูตรเสริมกากมอลต์ทุกสูตร มีค่า adhesiveness สูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้ 7-Hedonic scale พบว่าเส้นราเม็งสูตรเสริมกากมอลต์ 5 และ 10% ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และยังมีค่ามากกว่า 4.0 ในขณะที่เส้นสูตรเสริมกากมอลต์ 15% ได้รับคะแนนความชอบทุกด้านต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) ซึ่งคะแนนความชอบของเส้นอุด้งเสริมกากมอลต์ที่ระดับต่างๆ ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลที่ได้จากเส้นราเม็ง ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคร่วมกับคุณค่าทางโภชนาการของเส้นบะหมี่ จึงสรุปได้ว่าสามารถทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์ที่ระดับสูงสุด 10% ในสูตรเส้นราเม็งและเส้นอุด้ง ซึ่งส่งผลให้เส้นราเม็งมีโปรตีนเพิ่มขึ้น 10% และมีใยอาหารเพิ่มขึ้น 154% จากสูตรควบคุม และทำให้เส้นอุด้งมีโปรตีนเพิ่มขึ้น 16% และมีใยอาหารเพิ่มขึ้น 253% จากสูตรควบคุม

Project Title Development of noodle products fortified with Brewers' spent grain

Student Varinthorn Pattana

Akira Kiertsukudom

U-maporn Boonthong

Study Program Bachelor of Science in Food Technology

Advisor Associate Professor Kanitha Tananuwong, Ph.D.

Department Food Technology

Academic Year 2020

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect of brewer's spent grain (BSG) on cooking quality, physical properties and consumer acceptance of Ramen (yellow alkaline noodles) and Udon (regular salted noodles). BSG used in this study had 4.00% moisture, 26.67% protein, 9.42% fat, 2.63% ash and 47.93% total dietary fiber (wet basis). Part of wheat flour was substituted with BSG at 5%, 10% and 15% substitution level. For cooking quality, increasing BSG substitution level resulted in decreasing cooking time, cooking weight, water absorption and cooking loss of Ramen samples ($p \leq 0.05$). However, BSG fortification in Udon led to shorter cooking time but did not affect cooking weight, water absorption and cooking loss ($p > 0.05$). As for color of the noodles, increasing BSG fortification level resulted in decreasing hue angle ($p \leq 0.05$), but did not affect chroma of the Ramen samples. In the case of Udon, as BSG proportion increased, hue angle decreased while chroma increased ($p \leq 0.05$). These results were consistent with the overall color of the noodles. Greater BSG substitution level resulted in Ramen and Udon with more apparent reddish-brown color. When considering textural properties of Ramen, it was found that higher BSG fortification level led to lower cohesiveness and chewiness ($p \leq 0.05$), but did not affect hardness, adhesiveness, springiness, gumminess and resilience ($p > 0.05$). In case of Udon, greater degree of BSG substitution resulted in decreasing springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness and resilience ($p \leq 0.05$), but did not affect hardness ($p > 0.05$). Moreover, all formulas of BSG fortified Udon had higher adhesiveness than control formula ($p \leq 0.05$). According to consumer acceptance test using 7-hedonic scale, it was found that hedonic scores of appearances, color, flavor, texture and overall preference of Ramen with 5 and 10 % BSG fortification were not different ($p > 0.05$), and still greater than 4.0. However, Ramen with 15% BSG substitution gained lowest scores for all attributes ($p \leq 0.05$). Similar trends were found in the BSG fortified Udon. Considering the consumer acceptance test results together with the nutritional value of the noodles, highest BSG substitution level was 10% in Ramen and Udon. At this substitution level, in comparison with control formula, there was 10% increase in protein and a 154% increase in fiber for Ramen, and 16% increase in protein and 253% increase in fiber for Udon.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนตามหลักสูตรในระดับปริญญาบัณฑิตของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจากโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2563 ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท อาหารเสริม จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กากมอลต์สำหรับงานวิจัย

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณคณะอาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความรู้ทั้งด้านวิชาการ และการปฏิบัติการตลอดหลักสูตร ทำให้ผู้วิจัยนำความรู้มาประยุกต์กับงานวิจัยนี้ได้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการการประกันคุณภาพอาหาร ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร และ ห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหาร สำหรับการให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือสำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ พี่ปริญญาโทและปริญญาเอก ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การช่วยเหลือ ในด้านคำปรึกษา คำแนะนำ และอุปกรณ์ในการทำวิจัยให้สำเร็จ

ขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร และเพื่อนทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ในด้านการแนะนำการใช้เครื่องมือ การทำรูปเล่ม การทดสอบทางประสาทสัมผัส และกำลังใจต่อกลุ่มผู้วิจัย รวมไปถึงขอบคุณเพื่อนผู้ร่วมวิจัยที่ร่วมงานกันมาอย่างยาวนาน ทำให้สามารถทำการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาววรินธร พัฒนะ

นางสาวอาคิรา เกียรติสุขอุดม

นางสาวอุมาพร บุญธง

สารบัญ

หน้า

หน้าปกใน..... ก

หน้าปกภาษาอังกฤษ..... ข

หัวข้องานวิจัย..... ค

บทคัดย่อ..... ง

Abstract..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 2

2.1 กากมอลต์ (Brewers’ spent grains) 2

2.2 เส้นบะหมี่แบบเอเชีย..... 3

2.3 กระบวนการผลิตบะหมี่..... 6

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7

บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย..... 10

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง..... 10

3.2 การเตรียมตัวอย่างกากมอลต์เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในบะหมี่..... 10

3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลต์..... 10

3.4 การเตรียมตัวอย่างเส้นราเม็ง..... 10

3.5 การเตรียมตัวอย่างเส้นอุด้ง..... 12

3.6 การวิเคราะห์คุณภาพของเส้น..... 12

3.7 การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส..... 13

3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ..... 13

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปราย..... 14

4.1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของกากมอลต์..... 14

4.2 สมบัติของเส้นในด้านต่างๆ..... 14

4.3 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย..... 24

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 26

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 26

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 26

เอกสารอ้างอิง.....27

ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์ทางเคมี..... 30

ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์คุณภาพของเส้นราเม็งและเส้นอุด้ง..... 34

ภาคผนวก ค ข้อเสนอโครงการวิจัย..... 38

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ส่วนประกอบของเส้นราเม็งสูตรควบคุมและสูตรเสริมกากมอลต์ที่ระดับต่างๆ..... 11

3.2 ส่วนประกอบของเส้นอุด้งสูตรควบคุมและสูตรเสริมกากมอลต์ที่ระดับต่างๆ.....12

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลต์..... 14

4.2 คุณภาพการหุงต้มของเส้นราเม็งสูตรต่างๆ.....16

4.3 คุณภาพการหุงต้มของเส้นอุด้งสูตรต่างๆ.....16

4.4 ค่าสีในระบบ CIE hue angle และ chroma ของเส้นราเม็งสูตรต่างๆ..... 17

4.5 ค่าสีในระบบ CIE hue angle และ chroma ของเส้นอุด้งสูตรต่างๆ..... 17

4.6 ค่าเนื้อสัมผัสของเส้นราเม็ง..... 20

4.7 ค่าเนื้อสัมผัสของเส้นอุด้ง..... 21

4.8 คะแนนความชอบในระบบ 7-Hedonic scale ของเส้นราเม็งสูตรต่างๆ..... 23

4.9 คะแนนความชอบในระบบ 7-Hedonic scale ของเส้นอุด้งสูตรต่างๆ..... 23

4.10 องค์ประกอบทางเคมีของของเส้นราเม็งและเส้นอุด้ง สูตรควบคุม สูตรเสริมกากมอลต์ 10% และ %การเปลี่ยนแปลงของสูตรเสริมกากมอลต์ 10% จากสูตรควบคุม..... 25

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบกากมอลต์..... 3

2.2 เส้นอุด้ง..... 5

2.3 เส้นราเม็ง..... 6

4.1 ลักษณะปรากฏของเส้นราเม็งที่ต้มแล้ว เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์ในระดับต่างๆ..... 18

4.2 ลักษณะปรากฏของเส้นอุด้งที่ต้มแล้ว เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์ในระดับต่างๆ..... 18

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาภาวะโลกร้อนถือเป็นปัญหาสำคัญที่โลกกำลังเผชิญอยู่ สาเหตุหนึ่งมาจากวัตถุดิบที่เหลือจากกระบวนการผลิตอาหาร ซึ่งในอุตสาหกรรมอาหารสามารถนำอาหารที่เหลือจากกระบวนการผลิตมาต่อยอด เพื่อใช้วัตถุดิบเหล่านั้นอย่างคุ้มค่า ลดปริมาณของอาหารที่เหลือ และเกิดรายได้ให้มากที่สุด หนึ่งในนั้นคืออุตสาหกรรมเบียร์ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ที่มีวัตถุดิบที่เหลือจากการกระบวนการหมักเบียร์ คือ กากมอลต์ โดยในการผลิตเบียร์ 100 ลิตร จะได้กากมอลต์เป็นผลพลอยได้ 20 กิโลกรัมของน้ำหนักแบบเปียก ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน 19-30% โดยน้ำหนัก และไฟเบอร์ 30-50% โดยน้ำหนัก (Lynch, Steffen, & Arendt, 2016) จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีการนำกากมอลต์จากกระบวนการหมักเบียร์มาใช้เป็นส่วนผสมอาหารหลายชนิด เช่น พาสต้า คุกกี้ และขนมอบกรอบ (Cappa & Alamprese, 2017; Kissell, Prentice, & Lindsar, 1979; Ktenioudaki et al., 2013) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มใยอาหารและโปรตีนให้กับผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ดียังไม่มีงานวิจัยที่นำกากมอลต์จากกระบวนการหมักเบียร์มาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เส้นที่นิยมบริโภคในเอเชีย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำกากมอลต์มาเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เส้นจากแป้งสาลีที่นิยมบริโภคในเอเชีย เช่น เส้นอุด้ง เส้นราเม็ง เพื่อปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ แต่ยังคงมีเนื้อสัมผัสและรสชาติที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเพิ่มมูลค่าให้แก่กากมอลต์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้ คือ ได้ผลิตภัณฑ์เส้นเสริมใยอาหารจากกากมอลต์ที่ผู้บริโภคยอมรับ และสามารถเพิ่มมูลค่าของกากมอลต์ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตเบียร์

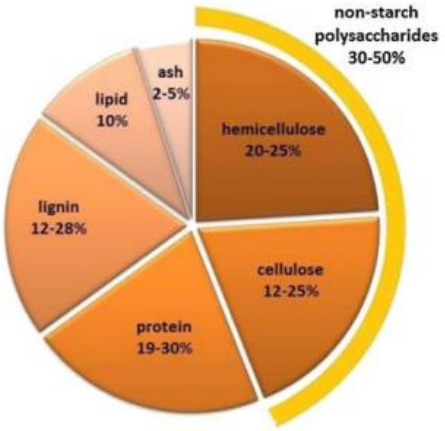
บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 กากมอลต์ (Brewers' spent grains)

กระบวนการผลิตเบียร์ เป็นกระบวนการที่ใช้ข้าวมอลต์ ซึ่งเป็นระยะ germination ของข้าวบาร์เลย์ ซึ่งเป็นระยะที่ทำให้เกิดการสังเคราะห์ และเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ ประกอบด้วย amylases, proteases, β-glucanases และอื่นๆ โดยผลของการทำงานของเอนไซม์เหล่านี้เป็นการดัดแปลงโครงสร้างของ starch ในส่วน endosperm ของข้าวบาร์เลย์ (Mussatto, Dragone, & Roberto, 2006) โดยข้าวมอลต์จะถูกบดและผสมกับน้ำ และใส่ใน lauter tun ซึ่งระหว่างกระบวนการนี้ ข้าวมอลต์จะเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิด enzymatic degradation ทำให้เกิดคาร์โบไฮเดรตที่สามารถหมักได้ (fermentable) เช่น maltose และ maltotriose และ ไม่สามารถหมักได้ (non-fermentable) เช่น dextrin นอกจากนี้ยังมีโปรตีนที่สามารถละลายน้ำได้ และมีการลดขนาดเป็น polypeptide และ amino acid ได้ส่วนที่เป็นของเหลวที่ใช้ในการนำไปหมักเบียร์ต่อเรียกว่า wort และส่วนที่ไม่สามารถละลายน้ำได้จะเป็นส่วนที่เรียกว่ากากมอลต์ หลังจากนี้จะเกิดการกรองเพื่อแยก wort เพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการหมักเบียร์ต่อไป และ ข้าวมอลต์ที่ใช้แล้วออกจากกัน (Lynch et al., 2016)

กากมอลต์ (Brewer's spent grain) คือ ส่วนของแข็งของข้าวบาร์เลย์ที่ไม่ละลายน้ำที่ได้จากการกระบวนการหมักเบียร์หลังจากแยก wort ซึ่งเป็น 85% ของผลพลอยได้จากกระบวนการหมักเบียร์ทั้งหมด (Mussatto, 2014) กากมอลต์ประกอบด้วยชั้น seed coat pericarp และ husk องค์ประกอบที่สำคัญของกากมอลต์ได้แก่ ใยอาหาร ซึ่งประกอบด้วยใยอาหารประเภทไม่ละลายน้ำ เช่น cellulose, lignin และ hemicellulose เป็นองค์ประกอบหลัก และโปรตีน ซึ่งมีกรดอะมิโนที่จำเป็นถึง 30% ของโปรตีนทั้งหมด ได้แก่ lysine, leucine, phenylalanine, isoleucine, threonine และ tryptophan (Lynch et al., 2016; Mussatto, 2014)



รูปที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีกากมอลต์

ที่มา *Lynch et al*. (*2016*)

การนำกากมอลต์มาใช้ประโยชน์ มีการศึกษาการนำกากมอลต์มาเติมในหลายอย่าง โดยอาหารสัตว์เป็นสิ่งที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากมีราคาถูก และเมื่อนำมารวมกับแหล่งไนโตรเจนที่ราคาไม่แพงสามารถให้ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นเพียงพอต่อสัตว์ โดยมีการศึกษาในอาหารสัตว์ที่หลากหลายเช่น อาหารวัว โดย Belibasakis and Tsirgogianni (1996) และ Sawadogo L (1989) พบว่าวัวที่กินอาหารที่เติมกากมอลต์สามารถให้นมในปริมาณที่มากขึ้น และมีไขมันในนมลดลง และการเติมกากมอลต์ในอาหารสัตว์ปีก อาหารหมู และอาหารปลา ช่วยเพิ่มน้ำหนักสัตว์เหล่านี้ได้อีกด้วย นอกจากนี้มีการนำกากมอลต์มาเติมในอาหารสำหรับมนุษย์ เนื่องจากปริมาณใยอาหารและโปรตีนที่สูง ซึ่งให้ประโยชน์กับร่างกายมนุษย์ โดยการเติมนั้นนำมาบดให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับอาหารที่จะนำไปเติม จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการนำกากมอลต์ไปเติมในอาหารหลากหลายชนิด Kissell et al. (1979) พบว่าการเติมกากมอลต์ลงไปในแป้งคุกกี้ในปริมาณ 20% ให้ปริมาณโปรตีน, lysine และใยอาหาร เพิ่มขึ้นจากแป้งคุกกี้ควบคุมถึง 55, 90 และ 220% ตามลำดับ Ktenioudaki et al. (2013) พบว่าการเติมกากมอลต์ในอาหารว่างที่ผ่านการอบ (baked snacks) ทำให้เพิ่มใยอาหารและโปรตีนกับขนมเหล่านั้น Cappa and Alamprese (2017) การเติมกากมอลต์ลงไปในปริมาณ 6 กรัม ใน 100 กรัมของเส้นพาสต้าสดที่ผสมไข่ สามารถเพิ่มปริมาณใยอาหารให้กับเส้นพาสต้าได้

2.2 เส้นบะหมี่แบบเอเชีย (Fu, 2008)

บะหมี่เป็นอาหารหลักของชาวเอเชียตะวันออก ที่ผลิตขึ้นจากแป้งสาลี แป้งข้าว แป้งบัควีทหรือแป้งจากถั่วเขียวและมันฝรั่ง เป็นต้น โดยมีกระบวนการผลิตขั้นพื้นฐานคือการผสมแป้งโด การขึ้นรูปแผ่น การพักให้ส่วนผสมเกิดร่างแห gluten-starch การรีดเป็นแผ่นเพื่อลดขนาดและการตัดเป็นเส้น ซึ่งบะหมี่แป้งสาลีมีส่วนประกอบหลักที่เป็นพื้นฐาน ได้แก่

- แป้งสาลี มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของเส้นคือสีของเปลือกข้าว ความแข็งของเมล็ดข้าว ปริมาณโปรตีน ความแข็งแรงของโดและคุณสมบัติของ starch pasting
- น้ำ เป็นส่วนผสมที่จำเป็นในการผลิต เพราะน้ำจะทำให้กลูเต็นในแป้งสาลีแสดงคุณสมบัติ viscoelastic และทำหน้าที่เป็นตัวกลางของในการเปลี่ยนแปลงด้านเคมีกายภาพและด้านชีวเคมีของวัตถุดิบ
- เกลือแกง ทั่วไปนั้นเกลือจะถูกเติมในปริมาณ 1-3% ของน้ำหนักแป้งสาลี การเติมเกลือมีจุดประสงค์หลัก 3 อย่างคือเพื่อสร้างความแข็งแรงและการจับตัวกันของกลูเต็นของโด ทำให้รสชาติและเนื้อสัมผัสดียิ่งขึ้น และสุดท้ายคือเพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ รวมถึงการเจริญของจุลินทรีย์
- ด่าง เช่น sodium และ potassium carbonate นอกจากนี้ยังมี sodium hydroxide และ bicarbonates ในการเติมด่าง จะทำให้เกิดลักษณะสีเหลืองในบะหมี่ที่เติมด่าง ซึ่งเกิดจากการที่ฟลาโวนอยด์บางกลุ่มจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองในช่วง pH ที่เป็นด่าง และเกี่ยวข้องกับโดโดยจะทำให้โดสามารถเกิด water absorption ดีขึ้น แต่โดจะมีความสามารถในการแผ่ขยายเป็นแผ่นได้ลดลงและถูกบีบอัดได้ยากขึ้นในขั้นตอนการรีดแผ่นแป้ง อย่างไรก็ดี การเติมด่างนั้นจะช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อได้ดีกว่าการเติมเกลือแกงอย่างเดียวและทำให้เส้นเกิดกลิ่นและกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์

ในการแบ่งประเภทเส้นตามมาตรฐานทั่วไป สามารถแบ่งโดยใช้เกณฑ์หลายแบบ คือ ชนิดของเกลือที่ใช้เป็นส่วนผสมกระบวนการผลิต ขนาดของเส้น และวัตถุดิบที่สามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ บะหมี่ที่ไม่ได้ผลิตจากแป้งสาลี และบะหมี่แป้งสาลี ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาในบะหมี่แป้งสาลี ที่แบ่งตามชนิดของเกลือที่ใช้เป็นส่วนผสม ดังนี้

- เส้นบะหมี่ที่เติมเกลือแกง (Regular salted noodles)

  บะหมี่ชนิดนี้ผลิตจากแป้งสาลีกับน้ำ แล้วจึงนำไปขึ้นโดกับเกลือปริมาณ 2-8% ของน้ำหนักแป้งที่ใช้ โดยปริมาณเกลือแน่นอนที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นบะหมี่และกระบวนการผลิตของเส้นแต่ละชนิด โดยเส้นบะหมี่ชนิดนี้สามารถจำแนกด้วยขนาดของเส้น ออกเป็น 4 ขนาดคือ แบบบางมาก (So-men), แบบบาง (Hiya-mugi), แบบมาตรฐาน (Udon), แบบแบน (Hira-men) ความกว้างเป็น 1.0-1.2, 1.3-1.7, 2.0-3.9 และ 5.0-7.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยเส้นควรมีลักษณะขาวสว่าง อยู่ในช่วงตั้งแต่สีขาวไปจนถึงสีครีมขาว พร้อมกับมีความเรียบลื่นมันวาวหลังจากนำไปผ่านการต้ม

  เส้นอุด้ง (Udon) เป็นเส้นที่ได้รับความนิยมสูงในประเทศญี่ปุ่น เป็นเส้นประเภท white salted noodles ที่ผลิตจากแป้งสาลีที่มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 8-11% และอาจมี

การเติมเกลือในปริมาณสูงถึง 8% ของน้ำหนักแป้ง มีความหนา 1.3-1.7 มิลลิเมตร เส้นอุด้งมีลักษณะเหนียวนุ่ม ลื่นคอและยืดหยุ่น โดยเส้นอุด้งที่ดีจะได้จากแป้งสาลีที่มี starch paste ความหนืดสูง และมีคุณสมบัติในการพองตัวสูง ส่วนในด้านการผลิต เส้นต้องผ่านการ pre-cooked ด้วยการต้มแบบ Fully boiled เป็นเวลา 10-20 นาที ขึ้นกับความหนาของเส้น อีกทั้งมีค่าความหนืดสูงสุดไม่ต่ำกว่า 700 BU เส้นเป็นสีขาวจนถึงสีครีมขาว (มี xanthophylls ในระดับต่ำ) และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีช้า

รูปที่ 2 เส้นอุด้ง

ที่มา *https://jpninfo.com/thai/10117*

- เส้นบะหมี่ที่เติมด่าง (Alkaline noodles)

ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบบะหมี่ที่เติมด่างได้มากมายหลากหลายประเภท แต่ประเภทของเส้นที่ได้รับความนิยมสูงสุดคือ เส้นบะหมี่สด (แบบกวางตุ้ง), เส้นบะหมี่แบบกึ่งสุก (แบบฮกเกี้ยน) และ เส้นบะหมี่แบบสดหรือแบบนึ่งสุกและผสมไข่ในสูตร (แบบฮ่องกง) ด่างที่นิยมใช้กันมากคือ sodium carbonate หรือ potassium carbonate หรือแบบผสมเกลือกับด่าง นอกจากนี้ยังมี polyphosphates ที่พบมากในการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ในการใช้แบบผสมจะทำให้ค่า pH ของเส้นอยู่ในช่วง 9 ถึง 11 ขึ้นอยู่กับชนิดและค่า ionic strength ของเกลือที่ใช้ บะหมี่ชนิดนี้มีลักษณะเฉพาะของกลิ่น สี ค่าความเหลือง ความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่น ซึ่งสีเหลืองสว่างของบะหมี่เป็นอิทธิพลจากค่า pH และสารสี xanthophylls

เส้นราเม็ง (Ramen) คือเส้นบะหมี่ประเภท alkaline noodles ในประเทศญี่ปุ่น ผลิตจากแป้งสาลีชนิดแข็ง ที่มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 9%-13% เส้นมีสีเหลืองอ่อน โดยเส้นราเม็งสดมีลักษณะเนื้อสัมผัสแน่น ยืดหยุ่น และเรียบเนียน

รูปที่ 3 เส้นราเม็ง

ที่มา *https://www.foodproject.co.th/FreshRamenNoodle-741.html*

2.3 กระบวนการผลิตบะหมี่ (G.B. Crosbie & Ross, 2016)

2.3.1 การผสม

เป็นการผสมส่วนผสมต่างๆในโถปั่นผสม ซึ่งจะเกิดการดูดน้ำของส่วนผสมแห้งและทำให้เกิดโครงร่างกลูเตน การควบคุมอุณหภูมิของโดให้คงที่เป็นสิ่งสำคัญในขั้นการผสมนี้ ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป จะส่งผลต่อคุณภาพของเส้นได้ โดยอุณหภูมิห้องที่เหมาะสมคือ 25±2 ºC และอุณหภูมิของโด ที่เหมาะสมคือ 26±2 ºC

2.3.2 การทำให้เกิดแผ่นแป้ง

แป้งโดอาจถูกแยกออกเป็น 2 ส่วนและนำไปผ่านลูกกลิ้ง และนำแผ่นโดทั้งสองแผ่นมาผ่านลูกกลิ้งร่วมกันอีกครั้งหนึ่ง แรงกลระหว่างการรีดแป้งเป็นแผ่นจะช่วยทำให้เกิดโครงร่างกลูเต็นที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขั้นนี้อาจพักแผ่นแป้งไว้ 1 ชั่วโมง การพักแผ่นแป้งจะช่วยให้โครงสร้างกลูเต็นคลายตัวและลดความเสียหายต่อโครงร่างกลูเต็นในขั้นตอนการรีดแผ่นแป้งเพื่อลดความหนา

2.3.3 การรีดแผ่นแป้งเพื่อลดความหนา

การรีดแผ่นแป้งผ่านชุดลูกกลิ้งคู่หลายขนาดเพื่อลดความหนาของแผ่นแป้ง เป็นขั้นตอนที่มีผลต่อคุณภาพในการบริโภค ปัจจัยที่สำคัญในขั้นนี้ ได้แก่

- ระดับการลดความหนาของแผ่นแป้ง ไม่ควรลดความหนาเกิน 30% ในแต่ละรอบของการรีดแผ่นแป้ง
- ปริมาณความชื้นของแผ่นแป้ง หากแผ่นแป้งมีปริมาณความชื้นมากกว่าจะช่วยลดการทำลายโครงสร้างกลูเต็นได้มากกว่า
- การควบคุมอุณหภูมิของแผ่นโดระหว่างการรีด การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิส่งผลต่อความยืดหยุ่นของแผ่นแป้ง จึงอาจส่งผลต่อการปรับระยะระหว่างลูกกลิ้งขณะรีดแผ่นแป้งด้วย

อย่างไรก็ดี หากลูกกลิ้งมีอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้แผ่นแป้งมีผิวหน้าที่แห้ง แต่ถ้าลูกกลิ้งมีอุณหภูมิต่ำเกินไป อาจทำให้แผ่นแป้งมีผิวหน้าที่ขรุขระ การควบคุมอุณหภูมิของลูกกลิ้ง (ซึ่งส่งผลต่ออุณหภูมิของแผ่นแป้ง) อาจทำได้โดยใช้น้ำช่วย ในอุปกรณ์ลูกกลิ้งชนิด water-jacketing rolls

2.3.4 การตัด

หลังจากลดความหนาจนได้ความหนาที่ต้องการแล้ว จึงนำแผ่นแป้งไปผ่านเครื่องตัดเส้นเพื่อให้ได้เส้นที่มีความกว้างประมาณ 1.0-7.5 มิลลิเมตร ทั้งนี้ ความหนาและความกว้างของเส้นจะส่งผลต่อเวลาในการทำให้แห้งและการทำให้สุก

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Shiau, Wu, and Liu (2012) ได้ศึกษาผลของขนาดและปริมาณของใยอาหารข้าวสาลีต่อเนื้อสัมผัสและสมบัติเชิงวิทยากระแส (rheological properties) ของบะหมี่ดิบ บะหมี่แห้ง และบะหมี่สุก ใยอาหารที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบด้วย fine wheat bran (FB), coarse wheat bran (CB), fine purified wheat fiber (FWF) และ coarse purified wheat fiber (CWF) ปริมาณที่เติม คือ 4, 8 และ 12 % จากผลการทดลองพบว่าส่วนประกอบหลักของรำข้าวสาลีและใยอาหารบริสุทธิ์จากข้าวสาลีคือใยอาหารไม่ละลายน้ำ การเพิ่มปริมาณใยอาหารส่งผลให้ cutting force ของบะหมี่ดิบและบะหมี่สุกมีค่าเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามทำให้ extensibility ของบะหมี่ทั้งสองกลุ่มมีค่าลดลง และส่งผลให้ breaking force ของบะหมี่แห้งลดลง สำหรับบะหมี่ดิบ บะหมี่แห้งและบะหมี่สุกที่มีการเติมใยอาหาร หากผสมใยอาหารขนาดเล็กจะทำให้บะหมี่ทั้งสามกลุ่มมี breaking force และ extensibility สูงกว่า ในขณะที่ค่า cutting force จะต่ำกว่าตัวอย่างที่ผสมใยอาหารขนาดใหญ่ ซึ่งในงานวิจัยนี้หากทราบคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของบะหมี่ดิบจะทำให้สามารถทำนายความแข็งแรงและความยืดหยุ่นในบะหมี่แห้งและบะหมี่สุกได้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Paleg-Normand และ three-term Maxwell มีความเหมาะสมในการทำนายข้อมูล stress relaxation ของบะหมี่เสริมใยอาหารปรุงสุก นอกจากนี้ยังพบค่าสหสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าทางเนื้อสัมผัสที่ตรวจวัดโดยเครื่องมือและค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งสองแบบ ในท้ายที่สุดมีข้อแนะนำในการผลิตบะหมี่ดิบ บะหมี่แห้ง และบะหมี่สุกให้ได้คุณภาพที่ดีโดยการเติม FB 4-8% หรือ FWF 4%

Zhou et al. (2013) ได้ศึกษาผลของกลูโคแมนแนนจากบุกต่อคุณภาพของบะหมี่จากแป้งสาลีโปรตีนต่ำ ทดแทนแป้งสาลีโปรตีนต่ำในสูตรด้วยกลูโคแมนแนนจากบุกที่ระดับการทดแทน 1%, 2%, 3%, 4% และ5% วัดคุณสมบัติของเส้นได้แก่ คุณสมบัติการหุงต้ม เนื้อสัมผัส โครงสร้างจุลภาค และสมบัติทางประสาทสัมผัส จากผลการทดลองพบว่า การเสริมกลูโคแมนแนนจากบุกทำให้ได้บะหมี่

ที่มีน้ำหนักหลังการหุงต้มมากกว่าสูตรควบคุม และมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คะแนนการยอมรับโดยรวมของเส้นบะหมี่เสริมกลูโคแมนแนนจากบุกที่ระดับ 1% - 4% สูงกว่าค่าที่ได้จากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ที่ระดับการทดแทนกลูโคแมนแนนจากบุก 5% พบความเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของค่าพารามิเตอร์จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส เมื่อพิจารณาภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าการเติมกลูโคแมนแนนจากบุกส่งผลต่อโครงสร้างของบะหมี่หลังต้มสุก กล่าวคือ เมื่อเพิ่มระดับกลูโคแมนแนน จากบุกส่งผลให้รูพรุนภายในเนื้อบะหมี่ต้มสุกมีขนาดลดลง โดยภาพรวมพบว่าเส้นบะหมี่ที่ทดแทนแป้งสาลีโปรตีนต่ำด้วยกลูโคแมนแนนจากบุกในระดับ 3% นั้นมีเนื้อสัมผัสเป็นที่น่าพอใจ อีกทั้งยังได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าการเติมกลูโคแมนแนนจากบุกลงในแป้งสาลีโปรตีนต่ำสามารถปรับปรุงคุณสมบัติโดยรวมของเส้นบะหมี่ได้

Wandee et al. (2014) ได้ศึกษาผลของกากมันสำปะหลังและเปลือกส้มโอต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวอบแห้งซึ่งเตรียมจากข้าวเจ้า ทดแทนแป้งข้าวเจ้าในสูตรด้วยกากมันสำปะหลังที่ระดับการทดแทน 1 3 5 10 20% และทดแทนแป้งข้าวเจ้าในสูตรด้วยเปลือกส้มโอ 1 3 5 10% จากผลการทดลองพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งเสริมกากมันสำปะหลังและ/หรือเปลือกส้มโอ มีน้ำหนักหลังการหุงต้มมากกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ค่า Elongation ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรเสริมกากมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่าสูตรควบคุมและสูตรเสริมเปลือกส้มโออย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ใยอาหารทั้งหมดในก๋วยเตี๋ยวสูตรควบคุมมีค่า 3% และเพิ่มขึ้นเป็น 7% และ 10.2% ในสูตรเสริมกากมันสำปะหลัง 20% และสูตรเสริมเปลือกส้มโอ 10% ตามลำดับ ก๋วยเตี๋ยวที่เสริมกากมันสำปะหลังผสมเปลือกส้มโอในสัดส่วน 15:5 และ 10:10 และมีสัดส่วนโดยรวมคิดเป็น 20% ในสูตร มีค่าน้ำหนักหลังการหุงต้มเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ในขณะที่ค่า Tensile stress และ Elongation ใกล้เคียงตัวอย่างควบคุม ($p \geq 0.05$) โดยก๋วยเตี๋ยวสูตรเสริมกากมันสำปะหลังผสมเปลือกส้มโอในสัดส่วน 10:10 มีใยอาหารทั้งหมดสูงสุด คิดเป็น 14.4% โดยน้ำหนักแห้ง

Cappa and Alamprese (2017) ได้ศึกษาการพัฒนาพาสต้าไข่เส้นสดเสริมใยอาหารด้วยการเติมกากมอลต์จากการผลิตเบียร์ (BSG) และปรับปรุงโครงสร้างของพาสต้าด้วยการเติมผงไข่ขาว (EWP) โดยการเติม BSG 3-25 g/100g เติม EWP 0-12 g/100g โดยมีพาสต้าสูตรปกติเป็นตัวควบคุม ออกแบบการทดลองด้วยรูปแบบ central composite design จากงานวิจัยนี้พบว่าการเติม BSG ทำให้ค่า break strain เฉลี่ยของพาสต้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับพาสต้าสูตรปกติที่ไม่มีการเสริมใยอาหาร ในทางตรงกันข้าม การเติม EWP ช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลในพาสต้าสุก เนื่องจากโอวัลบูมินส่งผลให้เกิดร่างแหโปรตีนที่มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยจากการทดลองในตัวอย่างที่เติม EWP 12 g/100g เทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติม EWP เมื่อนำไปปรุงสุกพบว่าค่า break load

และ break strain เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในท้ายที่สุดจากงานวิจัยสามารถคำนวณและระบุสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือตัวอย่างที่เติม BSG 6 g/100g และ EWP 10 g/100g โดยตัวอย่างนี้มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด 4.81 g/100g ซึ่งสามารถกล่าวอ้างทางโภชนาการได้ว่า “เป็นแหล่งของใยอาหาร”

Nocente, Taddei, Galassi, and Gazza (2019) ได้ศึกษาผลของการเติมกากมอลต์ (Brewer’s spent grain) เพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการในแป้งเซโมลินา (semolina) เพื่อพัฒนาเส้นพาสต้า โดยมีการเติมกากมอลต์ 5, 10 และ 20 g/100 g ของแป้ง และมีการเปรียบเทียบเส้นพาสต้าที่เติมกากมอลต์กับเส้นพาสต้าดั้งเดิมที่ไม่มีการเติม จากการวิจัยพบว่า การเติมกากมอลต์ลงในปริมาณ 5, 10 และ 20 g/100 g ของแป้ง เส้นพาสต้าจะมีปริมาณ total dietary fibre ที่สูงขึ้น 42%, 52% และ 135% เมื่อเทียบกับเส้นพาสต้าดั้งเดิม นอกจากนี้ การเติมกากมอลต์ในระดับที่สูงขึ้นในแป้งเซโมลินาจะทำให้เส้นพาสต้ามีค่าความเหลืองลดลง ในขณะที่ค่าสีน้ำตาลและสีแดงเพิ่มขึ้น (มีสีโดยรวมคล้ำลง) ความสามารถในการดูดซับน้ำ (water absorption) และความแน่นเนื้อของเส้นหลังต้มสุกมีแนวโน้มลดลง เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสม (optimum cooking time) มีค่าค่อนข้างคงที่ จากการวิเคราะห์ด้านประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือในด้านคุณภาพของเส้นพาสต้าแสดงให้เห็นว่าเส้นพาสต้าที่เติมกากมอลต์ 5 g มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสคล้ายเส้นพาสต้าดั้งเดิมพอสมควร โดยเฉพาะคุณภาพโดยรวมและความแน่นเนื้อ แต่ทว่าการเติมกากมอลต์ 10 g นั้น เส้นพาสต้าจะแสดงให้เห็นถึงความลงตัวในด้านโภชนาการและประสาทสัมผัสดีที่สุด

Xu, Bock, and Stone (2020) ได้ศึกษางานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกากแอปเปิ้ลต่อคุณภาพของบะหมี่แบบจีนซึ่งเตรียมจากแป้งสาลี ทดแทนแป้งสาลีในสูตรที่ระดับการทดแทน 5%, 10%, 15% และ 20% และประเมินผลจากสี การสูญเสียของแข็งระหว่างต้ม การดูดซับน้ำ การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสและ tensile strength จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากแอปเปิ้ล ค่าดัชนีความขาวของบะหมี่หลังผลิตเสร็จใหม่ลดลงจาก 77.2 เป็น 54.1 ค่า cohesiveness ลดลงจาก 70% เป็น 46%, ค่า tensile strength ลดลงจาก 47 g-force เป็น 30 g-force ในขณะที่ค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างต้มเพิ่มขึ้นจาก 4% เป็น 6.4% และค่าการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นจาก 67% เป็น 77% การทดแทนแป้งสาลีด้วยกากแอปเปิ้ลทุกระดับไม่ส่งผลต่อค่า adhesiveness อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($p \geq 0.05$) แต่ส่งผลให้ค่า hardness เพิ่มขึ้น ส่วนค่า cohesiveness และ tensile strength ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($p < 0.05$) อย่างไรก็ดี บะหมี่เสริมกากแอปเปิ้ลมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ซึ่งอาจมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ทั้งนี้บะหมี่เสริมกากแอปเปิ้ลที่ระดับการทดแทนแป้งสาลี 5% ถึง 10% มีสีอ่อนกว่าสูตรอื่นๆ จึงน่าจะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่า

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนผสมที่นำมาใช้ในการเตรียมตัวอย่าง ประกอบด้วยแป้งสาลีอเนกประสงค์ตราว่าว (บริษัท ยูเอฟเอ็มฟู้ดเซ็นเตอร์ จำกัด) สำหรับทำเส้นราเม็ง แป้งสาลีโปรตีนต่ำตราบัวแดง (บริษัท ยูเอฟเอ็มฟู้ดเซ็นเตอร์ จำกัด) สำหรับทำเส้นอุด้ง กากมอลต์ (บริษัท อาหารเสริม จำกัด) เกลือตราปรุงทิพย์ (บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด) โพแทสเซียมคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนต และน้ำ

3.2 การเตรียมตัวอย่างกากมอลต์เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในบะหมี่

นำกากมอลต์อัดแท่งอบแห้งมาบดด้วยเครื่อง Pin Mill (Zhaoshenxingsheng, ประเทศจีน) แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh ได้ผลผลิต 94.90 % จากนั้นนำไปอบด้วยตู้อบระบบอินฟราเรด (PL-6, กล้วยน้ำไทเตาอบ, ประเทศไทย) ตั้งอุณหภูมิส่วนบนเป็น 150°C ± 5°C และตั้งอุณหภูมิส่วนล่างเป็น 170°C ± 5°C อบเป็นเวลา 10 นาที เพื่อปรับปรุงกลิ่นของกากมอลต์ผงให้มีความหอมมากขึ้น

3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลต์

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลต์ ได้แก่ ความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ก.1) วิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ก.2) วิเคราะห์ไขมันโดยใช้การสกัดด้วย Soxhlet apparatus (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ก.3) วิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยใช้ muffle furnace (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ก.4) และวิเคราะปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดด้วยวิธี enzymatic gravimetric (ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ Intertek Thailand) (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ก.5)

3.4 การเตรียมตัวอย่างเส้นราเม็ง

เตรียมส่วนผสมตามสูตรดังตารางที่ 3.1 (ดัดแปลงจาก Crosbie, Ross, Moro, and Chiu (1999)) ใส่แป้งสาลีลงในโถผสม KitchenAid Bowl-Lift Heavy Duty Stand Mixer (KitchenAid, สหรัฐอเมริกา) ละลายด่างและเกลือในน้ำ แล้วจึงค่อยๆรินสารละลายลงด้านข้างโถผสม ด้วยความเร็วคงที่ภายใน 15 วินาทีแรก พร้อมกับเริ่มตีผสมส่วนผสมด้วยความเร็วต่ำสุด (หมายเลข 1) 30 วินาที จากนั้นปรับความเร็วในการตีผสมเป็นระดับกลาง (หมายเลข 4) ตีผสมต่อเนื่องกัน เป็นเวลา 30 วินาที แล้วจึงตีผสมด้วยความเร็วต่ำสุด (หมายเลข 1) ต่อไปอีก 1 นาที 30 วินาที จากนั้นจึงนำก้อนแป้งโดออกจากโถผสม ห่อด้วยฟิล์มยืดพลาสติก พักไว้เป็นเวลา 30 นาที

ในการรีดก้อนแป้งให้เป็นแผ่นและตัดเป็นเส้น มีขั้นตอนดังนี้ รีดก้อนแป้งให้แบนลงในรอบแรกด้วยไม้นวดแป้ง จากนั้นจึงนำไปรีดด้วยเครื่อง KitchenAid รุ่น KSM PRA (KitchenAid, สหรัฐอเมริกา) ด้วยความเร็วหมายเลข 2 และใช้ระดับความหนาหมายเลข 1 นำแผ่นแป้งที่ได้มาพับครึ่งแล้วรีดอีก 1 ครั้ง ด้วยความเร็วและระดับความหนาเท่าเดิม (สำหรับสูตรเสริมกากมอลต์ 15% ต้องพับครึ่งและรีดแผ่นแป้งเพิ่มอีก 2 รอบ ด้วยความเร็วและระดับความหนาเท่าเดิม) คลุมแผ่นแป้งที่รีดแล้วด้วยฟิล์มยืดพลาสติก พักไว้ 30 นาที เมื่อครบตามเวลา จึงนำแป้งมารีดเพื่อลดขนาดด้วยความเร็วหมายเลข 2 และใช้ระดับความหนาหมายเลข 3 แล้วจึงรีดแผ่นแป้งซ้ำด้วยความเร็วเท่าเดิม แต่ใช้ระดับความหนาหมายเลข 4 อีกรอบหนึ่ง โดยไม่ต้องพับแผ่นแป้ง ตัดแผ่นแป้งให้ได้ความยาว 25 เซนติเมตร แล้วนำแผ่นแป้งเข้าเครื่อง KitchenAid รุ่น KSM PRA (KitchenAid, สหรัฐอเมริกา) ใช้หัวตัดเส้นสปาเก็ตตี้ ความกว้าง 2 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วหมายเลข 2 จะได้เส้นราเม็งที่มีความกว้าง 2 มิลลิเมตร และความหนา 1.25 มิลลิเมตร โรยผงแป้งสาลีอเนกประสงค์ลงบนเส้นเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นเกาะติดกัน เก็บตัวอย่างเส้นในถุงซิปล็อกชนิด polyethylene ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ต่อไป

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของเส้นราเม็งสูตรควบคุมและสูตรเสริมกากมอลต์ที่ระดับต่างๆ

ส่วนประกอบ	**สูตรควบคุม**	**สูตรเสริมกากมอลต์ 5%**	**สูตรเสริมกากมอลต์ 10%**	**สูตรเสริมกากมอลต์ 15%**
แป้งสาลีอเนกประสงค์ (กรัม)	200	190	180	170
กากมอลต์ (กรัม)	0	10	20	30
เกลือ (กรัม)	2	2	2	2
Potassium carbonate (กรัม)	1.2	1.2	1.2	1.2
Sodium carbonate (กรัม)	0.8	0.8	0.8	0.8
น้ำเปล่าใช้ผสมเกลือและด่าง (มิลลิลิตร)	90	100	105	115
รวม (กรัม)	294	304	309	319

3.5 การเตรียมตัวอย่างเส้นอุด้ง

เตรียมส่วนผสมตามสูตรดังตารางที่ 3.2 (ดัดแปลงจาก Toyokawa (1989) และ Hou, Cato, Crosbie, and Okusu (2015)) ใส่แป้งสาลีลงในโถผสม KitchenAid Bowl-Lift Heavy Duty Stand Mixer (KitchenAid, สหรัฐอเมริกา) ละลายเกลือในน้ำ แล้วค่อยๆ รินสารละลายลงด้านข้างโถผสม ด้วยความเร็วคงที่ ทุก 30 วินาที เป็นเวลา 5 นาที พร้อมกับเริ่มตีผสมส่วนผสมด้วยความเร็วต่ำสุด (เบอร์ 1) 6 นาที จากนั้นจึงนำก้อนแป้งโดออกจากโถผสม ห่อด้วยฟิล์มยืดพลาสติก พักไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ในการรีดก้อนแป้งให้เป็นแผ่นและตัดเป็นเส้น มีขั้นตอนดังนี้ รีดก้อนแป้งให้แบนลงในรอบแรกด้วยไม้นวดแป้ง จากนั้นจึงนำไปรีดด้วยเครื่อง KitchenAid รุ่น KSM PRA (KitchenAid, สหรัฐอเมริกา) ด้วยความเร็วหมายเลข 2 และใช้ระดับความหนาหมายเลข 1 นำแผ่นแป้งที่ได้มาพับครึ่งแล้วรีดอีก 3 ครั้ง ด้วยความเร็วและระดับความหนาเท่าเดิม ตัดแผ่นแป้งให้ได้ความยาว 20 เซนติเมตร แล้วนำแผ่นแป้งเข้าเครื่อง KitchenAid รุ่น KSM PRA (KitchenAid, สหรัฐอเมริกา) ใช้หัวตัดเส้นสปาเก็ตตี้ ความกว้าง 2 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วหมายเลข 2 จะได้เส้นอุด้งที่มีความกว้าง 2 มิลลิเมตร และความหนา 2 มิลลิเมตร โรยผงแป้งเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นเกาะติดกันและเก็บใส่ถุงซิปล็อคชนิด polyethylene ก่อนวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ต่อไป

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของเส้นอุด้งสูตรควบคุมและสูตรเสริมกากมอลต์ที่ระดับต่างๆ

ส่วนประกอบ	**สูตรควบคุม**	**สูตรเสริมกากมอลต์ 5%**	**สูตรเสริมกากมอลต์ 10%**	**สูตรเสริมกากมอลต์ 15%**
แป้งสาลีโปรตีนต่ำ (กรัม)	200	190	180	170
กากมอลต์ (กรัม)	0	10	20	30
เกลือ (กรัม)	4	4	4	4
น้ำเปล่าใช้ละลายเกลือ (มิลลิลิตร)	80	90	95	105
รวม (กรัม)	284	294	299	309

3.6 การวิเคราะห์คุณภาพของเส้น

ประเมินคุณภาพด้านการหุงต้มของเส้น ได้แก่ ค่าเวลาที่ใช้ในการหุงต้มที่เหมาะสม (AACC, 2000) (ภาคผนวก ข.1.1) ค่าน้ำหนักหลังการหุงต้ม (AACC, 2000) (ภาคผนวก ข.1.2) ค่าการดูดซับน้ำ (AACC, 2000) (ภาคผนวก ข.1.3) และค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้ม (AACC, 2000) (ภาคผนวก ข.1.4)

ประเมินคุณภาพทางกายภาพของเส้น ได้แก่ ค่าสีของเส้นต้มสุกด้วยเครื่องวัดสี Minolta CM-300 (ภาคผนวก ข.2) และลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นสุกด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) (รุ่น TA-XT2i, สหราชอาณาจักร) ดัดแปลงวิธีจาก Fan, Ma, Wang, and Zheng (2016) (ภาคผนวก ข.3)

3.7 การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส

เตรียมตัวอย่างเส้นอุด้งหรือเส้นราเม็งต้มสุกจำนวน 4 สูตร ได้แก่สูตรควบคุม สูตรเสริมกากมอลต์ 5%, 10% และ 15% โดยต้มเส้น 25 กรัม ในน้ำ 300 มิลลิลิตร ใช้เวลาการต้มเส้นตามที่ประเมินได้จากค่าเวลาการหุงต้มที่เหมาะสม ในการทดสอบชิม ผู้บริโภคจะได้รับตัวอย่างเส้นสุกประมาณ 5 กรัม (ไม่มีน้ำซุป) ประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ในระบบ 7-Hedonic scale โดยผู้บริโภคที่เคยทานเส้นราเม็งและอุด้ง อายุ 20-30 ปี จำนวน 30 คน

3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกากมอลต์ และทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์สมบัติของเส้น โดย 1 ซ้ำของการทดลอง คือ การเตรียมตัวอย่างเส้นบะหมี่ 1 รอบ วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกากมอลต์ คุณภาพการหุงต้มและสมบัติทางกายภาพของเส้น และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลต์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ แสดงดังตารางที่ 4.1 ซึ่งพบว่ากากมอลต์มีใยอาหารและโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lynch et al. (2016) ที่พบว่ากากมอลต์ประกอบด้วยใยอาหาร 40-75% ซึ่งส่วนใหญ่เป็นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ cellulose, lignin และ hemicellulose และมีโปรตีน 19-30% จึงเหมาะสมในการใช้เสริมโปรตีนและใยอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารได้

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลต์

องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลต์	ปริมาณ (% โดยน้ำหนักเปียก)
ความชื้น	4.00 ± 0.00
โปรตีน	26.67 ± 0.49
ไขมัน	9.42 ± 0.10
เถ้า	2.63 ± 0.12
ใยอาหารทั้งหมด	47.93 ± 0.66

รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2 สมบัติของเส้นในด้านต่างๆ

4.2.1 คุณสมบัติด้านการหุงต้ม

เมื่อพิจารณาค่าเวลาที่ใช้ในการหุงต้มที่เหมาะสม พบว่าเส้นราเม็งสูตรควบคุมใช้เวลาในการหุงต้มนานที่สุด คือ 3.5 นาที ในขณะที่เส้นราเม็งเสริมกากมอลต์ 5% และ 10% ใช้เวลาหุงต้มเท่ากันที่ 2.5 นาที และสำหรับเส้นราเม็งเสริมกากมอลต์ 15% ใช้เวลาหุงต้ม 2 นาที ส่วนในเส้นอุด้ง สูตรควบคุมใช้ระยะเวลาในการหุงต้มนานที่สุดคือ 7.5 นาที ในขณะที่เส้นอุด้งสูตรเสริมกากมอลต์ 5%, 10% และ 15% ใช้เวลาหุงต้ม 5 นาที 4 นาที และ 3 นาที ตามลำดับ จึงเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มระดับการเสริมกากมอลต์ ส่งผลให้ระยะเวลาในการหุงต้มลดลง ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำในบะหมี่ก่อนต้มที่แตกต่างกันเมื่อระดับการแทนที่กากมอลต์เปลี่ยนไป กล่าวคือ เมื่อระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์มีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ใช้ในสูตรเพิ่มขึ้น

(ตารางที่ 3.1 และ 3.2) เนื่องจากกากมอลต์มีความสามารถในการดูดซับน้ำที่สูง น้ำบางส่วนจึงถูกดูดซับไว้โดยกากมอลต์ ทำให้ต้องใช้น้ำในปริมาณมากขึ้นเพื่อการสร้างโครงสร้างกลูเต็นที่แข็งแรงเพียงพอ และทำให้เกิดโดที่สามารถรีดเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้นได้ ในระหว่างหุงต้มเส้นบะหมี่ทั้งสองชนิด น้ำที่ถูกดูดซับไว้โดยกากมอลต์อาจแพร่ไปยังเม็ดสตาร์ช และช่วยในการเกิดเจลาติไนซ์ของสตาร์ชได้ นอกจากนี้ กากมอลต์แทรกตัวอยู่ในโครงร่างกลูเต็น อาจทำให้โครงสร้างกลูเต็นขาดความต่อเนื่อง และอาจส่งผลให้การถ่ายโอนความร้อนและการแพร่ของน้ำเข้าไปในใจกลางเส้นเกิดได้เร็วขึ้น (Izydorczyk, Lagassé, Hatcher, Dexter, & Rossnagel, 2005) สาเหตุอีกประการหนึ่งที่ส่งผลต่อค่าเวลาในการหุงต้ม คือ ปริมาณแป้งสาลีในสูตร กล่าวคือ เมื่อระดับการเสริมกากมอลต์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้แป้งสาลีในสูตรลดลง ปริมาณสตาร์ชและโปรตีน (กลูเต็น) ในระบบลดลง จึงใช้เวลาในการหุงต้มเส้นลดลงด้วย (Xu et al., 2020)

จากตารางที่ 4.2-4.3 พบว่า เมื่อเสริมกากมอลต์ในสัดส่วนสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าน้ำหนักหลังการหุงต้ม ค่าการดูดซับน้ำ และค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้มของเส้นบะหมี่ทั้งสองชนิดมีแนวโน้มลดลง และส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อราเม็ง ($p \leq 0.05$) อาจเนื่องมาจากบะหมี่สูตรเสริมกากมอลต์ ใช้เวลาในการหุงต้มลดลง และมีปริมาณของแป้งสาลีในสูตรลดลง สตาร์ชและกลูเต็นในเส้นบะหมี่จึงลดลงด้วย ส่งผลให้เส้นดูดซับน้ำได้น้อยลง มีค่าน้ำหนักหลังการหุงต้มที่ลดลง (Nocente et al., 2019) และมีค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้ม (ส่วนใหญ่เกิดจากแอมิโลสที่รั่วซึมออกจากเม็ดแป้งสู่น้ำที่ใช้ต้ม) ลดลงด้วย นอกจากนี้ ใยอาหารในกากมอลต์ที่ดูดน้ำและพองตัวได้ดีระหว่างการหุงต้ม อาจทำให้เกิดโครงสร้างที่ชะลอการดูดน้ำและพองตัวของเม็ดสตาร์ช เกิดเจลาติไนเซชั่นได้ช้าลง การรั่วซึมของแอมิโลสอาจเกิดได้น้อยลง ส่งผลให้ค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้มลดลงด้วย (Izydorczyk et al., 2005)

ผลการทดลองด้านคุณภาพการหุงต้มของเส้นทั้งสองชนิดจากงานวิจัยนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Izydorczyk et al. (2005) ที่ศึกษาการเสริมส่วนที่มีใยอาหารสูงจากการโม่เมล็ดข้าวบาร์เลย์ปราศจากเปลือกหุ้มเมล็ด (hull-less barley) ในเส้นบะหมี่แบบเอเชียชนิด white salted และ yellow alkaline noodles ซึ่งพบว่าเส้นสูตรเสริมใยอาหารจากบาร์เลย์ มีค่าเวลาในการหุงต้ม ดัชนีการพองตัว และค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้มที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม

ตารางที่ 4.2 คุณภาพการหุงต้มของเส้นราเม็งสูตรต่างๆ

ตัวอย่าง	ค่าน้ำหนักหลังการหุงต้ม (%)	ค่าการดูดซับน้ำ (%)	ค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้ม (%)
สูตรควบคุม	155.99^{a} ± 4.33	55.99^{a} ± 4.33	8.21^{a} ± 1.28
สูตรเสริมกากมอลต์ 5%	152.89^{ab} ± 3.98	52.89^{ab} ± 3.98	5.69^{b} ± 1.26
สูตรเสริมกากมอลต์ 10%	153.61^{a} ± 2.88	53.61^{a} ± 2.88	5.52^{b} ± 0.76
สูตรเสริมกากมอลต์ 15%	148.95^{b} ± 1.82	48.95^{b} ± 1.82	5.25^{b} ± 0.62

รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b, c... ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.3 คุณภาพการหุงต้มของเส้นอุด้งสูตรต่างๆ

ตัวอย่าง	ค่าน้ำหนักหลังการหุงต้ม^{ns} (%)	ค่าการดูดซับน้ำ^{ns} (%)	ค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้ม^{ns} (%)
สูตรควบคุม	168.47 ± 11.21	68.47 ± 11.21	10.33 ± 3.73
สูตรเสริมกากมอลต์ 5%	160.49 ± 3.24	60.49 ± 3.24	6.99 ± 1.22
สูตรเสริมกากมอลต์ 10%	157.30 ± 3.51	57.30 ± 3.51	6.15 ± 1.02
สูตรเสริมกากมอลต์ 15%	152.14 ± 2.36	52.14 ± 2.36	5.97 ± 0.50

รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ns ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.2.2 ค่าสี

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์ในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) และ Hue angle ของเส้นราเม็งต้มสุกลดลง ในขณะที่ ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของเส้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่า Chroma ของเส้นต้มสุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในกรณีของเส้นอุด้ง (ตารางที่ 4.5) พบว่า เมื่อระดับการทดแทนเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าความ

สว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่า Hue angle มีแนวโน้มเช่นเดียวกับที่พบในเส้นราเม็ง แต่ค่าความเป็นสีเหลือง และค่า Chroma ของเส้นอุด้งต้มสุกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.4 ค่าสีในระบบ CIE hue angle และ chroma ของเส้นราเม็งสูตรต่างๆ

ตัวอย่าง	L*	a*	b*	Hue angle (°)	Chroma^{ns}
สูตรควบคุม	63.59^{a} ± 1.78	1.05^{b} ± 0.72	25.89^{a} ± 3.65	87.50^{a}± 2.05	25.92 ± 3.61
สูตรเสริมกากมอลต์ 5%	46.21^{b} ± 1.05	7.51^{a} ± 0.43	20.30^{ab} ± 2.38	69.64^{b} ± 1.13	21.85 ± 1.72
สูตรเสริมกากมอลต์ 10%	41.10^{c} ± 1.08	8.23^{a} ± 0.84	18.86^{b}± 4.87	65.90^{bc} ± 3.51	20.61 ± 4.77
สูตรเสริมกากมอลต์ 15%	40.07^{c} ± 0.89	8.19^{a} ± 0.22	15.87^{b}± 1.63	62.61^{c} ± 1.81	17.86 ± 1.54

รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b, c... ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

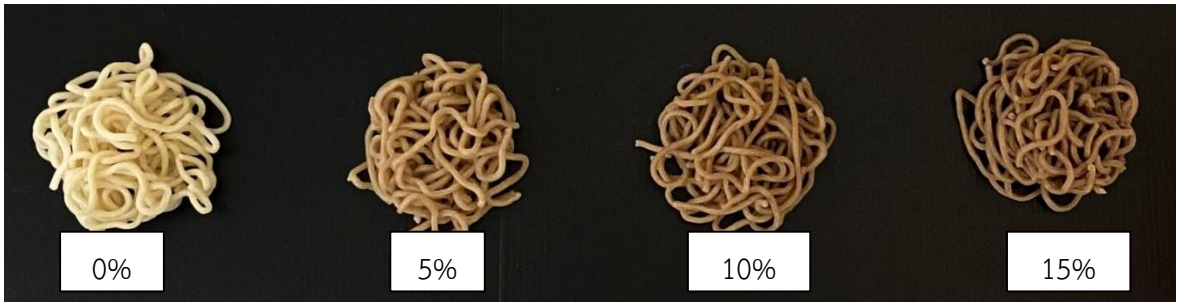
ตารางที่ 4.5 ค่าสีในระบบ CIE hue angle และ chroma ของเส้นอุด้งสูตรต่างๆ

ตัวอย่าง	L*	a*	b*	Hue angle (°)	Chroma
สูตรควบคุม	76.95^{a} ± 0.29	-1.12^{c} ± 0.44	10.61^{b} ± 0.79	96.13^{a} ± 2.84	10.68^{b} ± 0.74
สูตรเสริมกากมอลต์ 5%	56.69^{b} ± 0.30	4.90^{b} ± 0.33	13.36^{a} ± 0.50	69.86^{b} ± 0.57	14.23^{a} ± 0.58
สูตรเสริมกากมอลต์ 10%	49.76^{c} ± 1.17	5.82^{a} ± 0.18	13.58^{a} ± 0.80	66.75^{c} ± 0.98	14.78^{a} ± 0.78
สูตรเสริมกากมอลต์ 15%	47.04^{d} ± 0.42	6.12^{a} ± 0.15	13.19^{a} ± 0.54	65.07^{c} ± 0.73	14.54^{a} ± 0.53

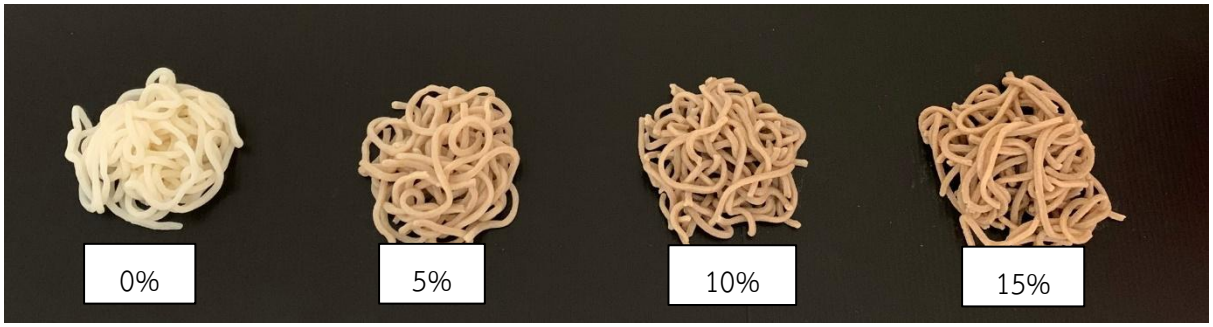
รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b, c... ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเส้นต้มสุก (ตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5) สอดคล้องกับโทนสีของเส้น (รูปที่ 4.1 และ 4.2) กล่าวคือ ค่า hue angle ของเส้นสูตรควบคุมที่มีค่าประมาณ 90° สอดคล้องกับโทนสีเหลืองของเส้นบะหมี่ทั้ง 2 ชนิด แต่เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์ในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้ hue angle ลดลงจนมีค่าประมาณ 63°- 65° ร่วมกับค่า a* ที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับโทนสีน้ำตาลแดง ส่วนค่า L* ของเส้นราเม็งและอุด้งซึ่งมีค่าลดลงเมื่อระดับการแทนที่เพิ่มขึ้น ยังสอดคล้องกับสีน้ำตาลที่เข้มขึ้น (สีโดยรวมคล้ำลง) อีกด้วย



รูปที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของเส้นราเม็งต้มสุกเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์ในระดับต่างๆ



รูปที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของเส้นอุด้งต้มสุกเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์ในระดับต่างๆ

4.2.3 ค่าเนื้อสัมผัส

จากตารางที่ 4.6 พบว่า เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์ในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่า hardness, adhesiveness, springiness, gumminess และ resilience ของเส้นราเม็งต้มสุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในขณะที่ค่า cohesiveness และ chewiness ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.7 พบว่า การเสริมกากมอลต์ในเส้นอุด้งในระดับที่สูงขึ้น ทำให้เส้นอุด้งต้มสุกมีค่า hardness ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่มีค่า springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness และ resilience ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) จึงอาจกล่าวได้ว่าการเสริมกากมอลต์ในสูตรส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของเส้นอุด้งต้มสุก มากกว่าเส้นราเม็งต้มสุก

การทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์ในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้เส้นอุด้งมีความเหนียวติดฟัน (adhesiveness) มากขึ้น เส้นมีการเกาะตัวกันภายในโครงสร้าง (cohesiveness) ลดลง ใช้พลังงานในการบดเคี้ยว (gumminess และ chewiness) น้อยลง และมีความยืดหยุ่นน้อยลง (springiness และ resilience) โดยการเสริมกากมอลต์ในเส้นราเม็งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสในทำนองเดียวกันกับเส้นอุด้ง แต่มีผลน้อยกว่า ยกเว้นลักษณะการเหนียวติดฟันที่พบในเส้นอุด้ง ซึ่งอาจเนื่องมาจากเส้นสูตรเสริมกากมอลต์ทำให้ปริมาณแป้งสาลีลดลงทำให้สตาร์ชและกลูเต็นน้อยลง ประกอบกับโครงสร้างกลูเต็นที่ขาดความต่อเนื่อง ทำให้เนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปดังกล่าว

ในกรณีของการเสริมกากมอลต์ ที่ส่งผลต่อส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของเส้นอุด้งต้มสุกมากกว่าเส้นราเม็งต้มสุกนั้น อาจเนื่องมาจากโครงร่างกลูเต็นของเส้นบะหมี่ทั้งสองชนิดมีความแข็งแรงต่างกัน กล่าวคือ ราเม็งเป็นบะหมี่สูตรเติมด่างและเกลือแกง ทำจากแป้งสาลีที่มีโปรตีน 10-13% ส่วนอุด้งเป็นบะหมี่สูตรเติมเกลือแกง (ไม่เติมด่าง) ทำจากแป้งสาลีที่มีโปรตีน 8-11% การเติมด่างจะทำให้เกิดอันตรกิริยาระหว่างโปรตีนในกลูเต็นผ่านการเกิด intermolecular β-sheet และพันธะไดซัลไฟด์ ได้ดีกว่าการเติมเกลือแกง (Li, Sun, Han, Chen, & Tang, 2018) ดังนั้นผลของการเติมด่างและเกลือแกงร่วมกันในสูตรจึงทำให้ร่างแหกลูเต็นในเส้นราเม็งแข็งแรงกว่าในอุด้ง

ตารางที่ 4.6 ค่าเนื้อสัมผัสของเส้นราเม็ง

ตัวอย่าง	Hardness^{ns} (N)	Adhesiveness^{ns} (N·sec)	Springiness^{ns}	Cohesiveness	Gumminess^{ns} (N)	Chewiness (N)	Resilience^{ns}
สูตรควบคุม	153.74 ± 7.35	6.50 ± 1.31	0.79 ± 0.04	0.69^{a} ± 0.01	105.59 ± 4.44	83.49^{a} ± 5.03	0.40 ± 0.01
สูตรเสริมกากมอลต์ 5%	132.05 ± 13.91	4.16 ± 0.79	0.73 ± 0.02	0.69^{a} ± 0.01	91.63 ± 10.63	67.06^{b} ± 9.04	0.26 ± 0.22
สูตรเสริมกากมอลต์ 10%	143.54 ± 3.71	5.31 ± 0.99	0.74 ± 0.03	0.66^{b} ± 0.00	94.23 ± 2.78	69.87^{ab} ± 4.63	0.35 ± 0.02
สูตรเสริมกากมอลต์ 15%	138.15 ± 9.67	4.83 ± 0.74	0.72 ± 0.05	0.63^{c} ± 0.02	86.97 ± 7.38	63.32^{b} ± 9.34	0.33 ± 0.03

รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b, c... ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.7 ค่าเนื้อสัมผัสของเส้นอุด้ง

ตัวอย่าง	Hardness^{ns} (N)	Adhesiveness (N·sec)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess (N)	Chewiness (N)	Resilience
สูตรควบคุม	146.42 ± 10.11	2.37^{c} ± 0.32	0.79^{a} ± 0.03	0.63^{a} ± 0.00	92.44^{a} ± 5.68	73.15^{a} ± 4.93	0.36^{a} ± 0.01
สูตรเสริมกากมอลต์ 5%	142.09 ± 5.24	4.02^{b} ± 0.22	0.73^{b} ± 0.02	0.60^{b} ± 0.00	85.22^{ab} ± 3.52	62.09^{b} ± 4.02	0.32^{b} ± 0.01
สูตรเสริมกากมอลต์ 10%	136.87 ± 11.74	4.76^{a} ± 0.42	0.68^{c} ± 0.04	0.58^{c} ± 0.01	78.89^{bc} ± 5.63	53.74^{bc} ± 6.97	0.30^{bc} ± 0.00
สูตรเสริมกากมอลต์ 15%	135.29 ± 3.07	4.08^{b} ± 0.37	0.65^{c} ± 0.01	0.56^{d} ± 0.01	75.09^{c} ± 2.01	49.13^{c} ± 2.27	0.29^{c} ± 0.01

รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b, c... ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.2.4 สมบัติทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 4.8 พบว่าเส้นราเม็งต้มสุกสูตรควบคุมได้รับคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สีเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สูตรเสริมกากมอลต์ 15% ได้รับคะแนนความชอบทั้ง 4 ด้านดังกล่าวน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า เส้นราเม็งสูตรเสริมกากมอลต์ 5% และ 10% มีคะแนนความชอบในทุกด้าน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งแนวโน้มทั้งสองประการดังกล่าวพบได้ในผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเส้นอุด้งต้มสุกเช่นกัน (ตารางที่ 4.9) อย่างไรก็ดี การเสริมกากมอลต์ในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของอุด้งต้มสุกลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อค่าดังกล่าวของราเม็งต้มสุก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมด่างในเส้นราเม็งทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะตัวที่เด่นชัด ผู้บริโภคจึงไม่พบความแตกต่างของกลิ่นรสเมื่อเสริมกากมอลต์ในระดับต่างๆ กัน

การที่เส้นราเม็งและอุด้งสูตรเสริมกากมอลต์ในระดับสูงสุดคือ 15% ได้รับคะแนนความชอบในแต่ละด้านที่ต่ำที่สุดนั้น ในด้านลักษณะปรากฏและสี น่าจะเกิดจากเส้นที่มีสีเข้มมากที่สุด ซึ่งแตกต่างจากสีของเส้นราเม็งและอุด้งที่ผู้บริโภคคุ้นเคย (มีสีเหลืองอ่อนหรือสีครีม) ในด้านเนื้อสัมผัส อาจเกิดจากการที่ผู้บริโภครับรู้ถึงความสากลิ้นได้มากที่สุด รวมถึงลักษณะของเส้นที่กัดขาดง่าย และเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบในทุกด้านของเส้นราเม็งและอุด้งสูตรเสริมกากมอลต์ 5 และ 10% พบว่ายังมีค่าเกิน 4.0 แสดงว่าเส้นบะหมี่ทั้งสองสูตรดังกล่าวยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.8 คะแนนความชอบในระบบ 7-Hedonic scale ของเส้นราเม็งสูตรต่างๆ

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
สูตรควบคุม	5.57^{a} ± 1.04	5.60^{a} ± 1.07	4.73 ± 1.44	5.90^{a} ± 0.99	5.53^{a} ± 0.94
สูตรเสริมกากมอลต์ 5%	5.03^{a} ± 1.16	5.27^{ab} ± 1.11	4.57 ± 1.43	5.23^{b} ± 1.22	5.13^{ab} ± 1.20
สูตรเสริมกากมอลต์ 10%	5.30^{a} ± 1.09	5.03^{bc} ± 1.16	4.40 ± 1.40	4.73^{b} ± 1.28	4.87^{b} ± 1.22
สูตรเสริมกากมอลต์ 15%	4.37^{b} ± 1.27	4.37^{c} ± 1.22	4.13 ± 1.31	3.90^{c} ± 1.56	4.03^{c} ± 1.33

รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากผู้ร่วมทดสอบจำนวน 30 คน

a, b, c... ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.9 คะแนนความชอบในระบบ 7-Hedonic scale ของเส้นอุด้งสูตรต่างๆ

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
สูตรควบคุม	5.70^{a} ± 1.07	5.53^{a} ± 1.15	5.03^{a} ± 1.05	5.83^{a} ± 0.93	5.70^{a} ± 0.69
สูตรเสริมกากมอลต์ 5%	5.20^{b} ± 1.14	5.03^{a} ± 1.20	4.80^{a} ± 1.19	5.10^{b} ± 1.16	5.13^{b} ± 0.85
สูตรเสริมกากมอลต์ 10%	5.17^{b} ± 0.82	5.00^{a}± 1.06	4.57^{ab} ± 1.33	4.70^{b} ± 1.39	4.77^{b} ± 1.13
สูตรเสริมกากมอลต์ 15%	3.80^{c} ± 1.11	4.17^{b} ± 1.34	4.17^{b} ± 1.29	3.50^{c} ± 1.57	3.93^{c} ± 1.41

รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากผู้ร่วมทดสอบจำนวน 30 คน

a, b, c... ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเส้นราเม็งและเส้นอุด้ง (ตารางที่ 4.8 และ 4.9) สามารถสรุปได้ว่า การเสริมกากมอลต์ที่ระดับการแทนที่ 10% ในสูตรเส้นราเม็งและอุด้ง เป็นระดับสูงสุดที่ยอมรับได้ จึงนำผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลต์ จากตารางที่ 4.1 ร่วมกับองค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีชนิดต่างๆ จากฐานข้อมูลของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA, 2019a, 2019b) มาคำนวณองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือสูตรเสริมกากมอลต์ 10% ดังแสดงในตารางที่ 4.10 ซึ่งพบว่า เส้นราเม็งและอุด้งสูตรเสริมกากมอลต์ 10% มีปริมาณโปรตีนและใยอาหารเพิ่มขึ้นตามที่ตั้งสมมติฐานไว้ อย่างไรก็ดี ค่าปริมาณโปรตีนและใยอาหารที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว ยังไม่เพียงพอสำหรับการกล่าวอ้างทางโภชนาการได้ว่า การเสริมกากมอลต์ 10% ในสูตร ส่งผลให้เส้นราเม็งและอุด้ง “เป็นแหล่งของโปรตีนและใยอาหาร” (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) เนื่องจากค่าปริมาณโปรตีนและใยอาหารทั้งหมดในผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยบริโภค ยังมีค่าต่ำกว่า 10% ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป

ตารางที่ 4.10 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของเส้นราเม็งและเส้นอุด้ง สูตรควบคุม สูตรเสริมกากมอลต์ 10% และ %การเปลี่ยนแปลงของสูตรเสริมกากมอลต์ 10% จากสูตรควบคุม

	โปรตีน	ใยอาหาร	ไขมัน	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต	ปริมาณโปรตีนต่อ 1 หน่วยบริโภค (กรัม)	ปริมาณใยอาหารต่อ 1 หน่วยบริโภค (กรัม)
	% โดยน้ำหนักเปียก						
เส้นราเม็งสูตรควบคุม	7.03	1.84	0.67	0.32	51.91	3.51	0.92
เส้นราเม็งสูตรเสริมกากมอลต์ 10%	7.75	4.68	1.18	0.44	44.45	3.87	2.34
การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี เทียบกับสูตรควบคุม (%)	+10.27	+154.54	+77.09	+38.87	-14.37	+10.27	+154.53
เส้นอุด้งสูตรควบคุม	5.77	1.20	0.61	0.27	54.95	2.89	0.60
เส้นอุด้งสูตรเสริมกากมอลต์ 10%	6.73	4.23	1.15	0.41	46.97	3.36	2.11
การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี เทียบกับสูตรควบคุม (%)	+16.47	+253.28	+89.52	+49.54	-14.52	+16.47	+253.28

ค่าองค์ประกอบทางเคมีในตาราง ประเมินโดยการคำนวณจากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลต์ จากตารางที่ 4.1 ร่วมกับองค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีชนิดต่างๆ จากฐานข้อมูลของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การเสริมกากมอลต์ในระดับที่มากขึ้น ส่งผลให้เส้นราเม็งมีค่าเวลาในการหุงต้ม ค่าน้ำหนักหลังการหุงต้ม ค่าการดูดซับน้ำ และค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีการเปลี่ยนแปลงของสีเป็นสีน้ำตาลแดงมากขึ้น ด้านเนื้อสัมผัส มีค่า cohesiveness และ chewiness ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในกรณีของเส้นอุด้งพบว่า การเสริมกากมอลต์ในสัดส่วนที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่าเวลาในการหุงต้มลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อค่าน้ำหนักหลังการหุงต้ม ค่าการดูดซับน้ำ และค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้มของเส้นอุด้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีการเปลี่ยนแปลงด้านสีเป็นน้ำตาลแดงเช่นเดียวกัน และด้านเนื้อสัมผัส springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness และ resilience ลดลง แต่ค่า adhesiveness มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าเส้นราเม็งและเส้นอุด้ง สูตรเสริมกากมอลต์ 5 และ 10% ได้รับคะแนนความชอบในทุกด้าน ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และยังมีค่ามากกว่า 4.0 ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคร่วมกับคุณค่าทางโภชนาการของเส้นบะหมี่ จึงสรุปได้ว่าสามารถทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์ที่ระดับสูงสุด 10% ในสูตรเส้นราเม็งและเส้นอุด้ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย เพื่อที่จะได้ทราบปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีที่แท้จริง

- สำหรับผลิตภัณฑ์เส้นราเม็งและเส้นอุด้ง สูตรเสริมกากมอลต์ 10% อาจเพิ่มใยอาหารที่ละลายน้ำได้ในสูตร เพื่อเพิ่มปริมาณใยอาหารต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 10% ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป และสามารถกล่าวอ้างทางโภชนาการได้ว่าเป็นแหล่งของใยอาหารได้

- ควรศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของการเสริมกากมอลต์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเส้นบะหมี่ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182. (2541). ฉลากโภชนาการ. ค้นเมื่อ 19 เมษายน 2564, จาก http://www.centrallabthai.com/web/uploadfiles/pdf/MOPH_182_27032012.

AACC. (2000). *Approved Method of the American Association of Cereal Chemist* (10th ed.). St. Paul, Minnesota.: American Association of Cereal Chemists.

AOAC. (2000). *Official Method of Analysis* (17th ed.). Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists.

Belibasakis, N. G., & Tsirgogianni, D. (1996). Effect of wet brewers grains on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows in hot weather. *Animal Feed Science and Technology,* 57, 175-181.

Cappa, C., & Alamprese, C. (2017). Brewer's spent grain valorization in fiber-enriched fresh egg pasta production: Modelling and optimization study. *LWT - Food Science and Technology,* 82, 464-470. doi:10.1016/j.lwt.2017.04.068

Crosbie, G. B., & Ross, A. S. (2016). Noodles: Asian wheat flour noodles. In C. W. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman, & J. Faubion (Eds.), *Encyclopedia of Food Grains* (2 nd ed., Vol. 3, pp. 72-78). Oxford: Academic Press.

Crosbie, G. B., Ross, A. S., Moro, T., & Chiu, P. C. (1999). Starch and protein quality requirements of Japanese alkaline noodles (ramen). *Cereal Chemistry,* 76(3), 328-334. doi:10.1094/cchem.1999.76.3.328

Fan, L., Ma, S., Wang, X., & Zheng, X. (2016). Improvement of Chinese noodle quality by supplementation with arabinoxylans from wheat bran. *International Journal of Food Science & Technology,* 51(3), 602-608. doi:10.1111/ijfs.13042

Fu, B. X. (2008). Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing. *Food Research International,* 41(9), 888-902. doi:10.1016/j.foodres.2007.11.007

Hou, G. G., Cato, L., Crosbie, G., & Okusu, H. (2015). AACCI Approved Methods Technical Committee Report on the Guidelines for Laboratory Preparation of Japanese Udon Noodles (AACCI Approved Method 66-60.01). *Cereal Foods World,* 60(3), 140-142. doi:10.1094/cfw-60-3-0140

Hsu, C. L., Chen, W. L., Weng, Y. M., & Tseng, C. Y. (2003). Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chemistry, 83*(1), 85-92. doi:10.1016/s0308-8146(03)00053-0

Izydorczyk, M. S., Lagassé, S. L., Hatcher, D. W., Dexter, J. E., & Rossnagel, B. G. (2005). The enrichment of Asian noodles with fiber-rich fractions derived from roller milling of hull-less barley. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 85(12), 2094-2104. doi:10.1002/jsfa.2242

Kissell, L., Prentice, N., & Lindsar, R. (1979). Protein and fiber enrichment of cookie flour with brewer's spent grain. *Cereal Chemistry,* 56, 261-266.

Ktenioudaki, A., Crofton, E., Scannell, A. G. M., Hannon, J. A., Kilcawley, K. N., & Gallagher, E. (2013). Sensory properties and aromatic composition of baked snacks containing brewer's spent grain. *Journal of Cereal Science,* 57(3), 384-390. doi:10.1016/j.jcs.2013.01.009

Li, M., Sun, Q. J., Han, C. W., Chen, H. H., & Tang, W. T. (2018). Comparative study of the quality characteristics of fresh noodles with regular salt and alkali and the underlying mechanisms. *Food Chem,* 246, 335-342. doi:10.1016/j.foodchem.2017.11.020

Lynch, K. M., Steffen, E. J., & Arendt, E. K. (2016). Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health. *Journal of the Institute of Brewing,* 122(4), 553-568. doi:10.1002/jib.363

Mussatto, S. I. (2014). Brewer's spent grain: a valuable feedstock for industrial applications. *J Sci Food Agric,* 94(7), 1264-1275. doi:10.1002/jsfa.6486

Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2006). Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science,* 43(1), 1-14. doi:10.1016/j.jcs.2005.06.001

Nocente, F., Taddei, F., Galassi, E., & Gazza, L. (2019). Upcycling of brewers' spent grain by production of dry pasta with higher nutritional potential. *Lwt,* 114. doi:10.1016/j.lwt.2019.108421

Sawadogo L, S. H., Houdebine LM,. (1989). Presence of a factor stimulating prolactin and growth hormone secretion in brewers'spent grains. *Reprod Nutr Dev,* 29.

Shiau, S. Y., Wu, T. T., & Liu, Y. L. (2012). Effect of the amount and particle size of wheat fiber on textural and rheological properties of raw, dried and cooked noodles. *Journal of Food Quality,* 35(3), 207-216. doi:10.1111/j.1745-4557.2012.00436.x

Toyokawa, H., Rubenthaler, G. L., Powers J. R., and Schanus E. G. (1989). Japanese Noodle Qualities. I. Flour Components. *Cereal Chemistry,* 66(5), 382-386.

USDA. (2019a). Wheat flour, white, all-purpose, enriched, bleached. Retrieved from https://fdc.nal.usda.gov

USDA. (2019b). Wheat flour, white, cake, enriched. Retrieved from https://fdc.nal.usda.gov

Wandee, Y., Uttapap, D., Puncha-arnon, S., Puttanlek, C., Rungsardthong, V., & Wetprasit, N. (2014). Enrichment of rice noodles with fibre-rich fractions derived from cassava pulp and pomelo peel. *International Journal of Food Science and Technology,* 49(11), 2348-2355. doi:10.1111/ijfs.12554

Xu, J. W., Bock, J. E., & Stone, D. (2020). Quality and textural analysis of noodles enriched with apple pomace. *Journal of Food Processing and Preservation,* 44(8). doi:10.1111/jfpp.14579

Zhou, Y., Cao, H., Hou, M., Nirasawa, S., Tatsumi, E., Foster, T. J., & Cheng, Y. Q. (2013). Effect of konjac glucomannan on physical and sensory properties of noodles made from low-protein wheat flour. *Food Research International,* 51(2), 879-885. doi:10.1016/j.foodres.2013.02.002

ภาคผนวก ก.
วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตู้อบลมร้อน (Memmert 600, Germany)
2. เครื่องชั่ง (ทศนิยม 3 ตำแหน่ง)
3. เดซิเคเตอร์
4. คีมคีบ
5. ถ้วยอลูมิเนียม

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างกากมอลต์ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมที่อบแห้งและทราบน้ำหนักแน่นอน
2. อบตัวอย่างให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง
3. ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
4. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างและอบซ้ำหากน้ำหนักยังไม่คงที่
5. หลังจากอบและชั่งจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จะคำนวณความชื้น (โดยน้ำหนักเปียก) จากสูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณความชื้น (โดยน้ำหนักเปียก)} = \frac{\left(\textit{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \textit{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}\right) * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องย่อยสลาย
2. หลอด Kejldahl สำหรับย่อย
3. เครื่องกลั่นอัตโนมัติ

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
2. Catalyst tablet
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 35
4. สารละลายบอริกเข้มข้นร้อยละ 4
5. สารละลายไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.1 นอร์มัล
6. อินดิเคเตอร์ผสมระหว่างเมทิลเรดและโบรโมครีซอลกรีน

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่ลงในหลอดย่อย ระวังไม่ให้ติดข้างหลอด
2. ใส่ Catalyst tablet 1 เม็ด เพื่อเร่งปฏิกิริยาและเติมกรดซัลฟิวริก 20 มิลลิลิตร
3. นำหลอดย่อยต่อเข้ากับชุดเครื่องย่อย ทำการย่อยจนได้สารละลายสีน้ำตาลใส ตั้งทิ้งไว้จนเย็น แล้วเติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร
4. นำหลอดย่อยต่อเข้ากับชุดเครื่องกลั่น แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 จนสารละลายในหลอดย่อยเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
5. รองรับสารที่กลั่นได้ด้วยขวด (flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และหยดอินดิเคเตอร์ไว้ 2 หยด ตั้งระบบกลั่นประมาณ 6 นาที
6. นำไปไทเทรตด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งได้สารละลายสีมพูอ่อน (จุดยุติ) บันทึกปริมาณกรดที่ใช้ นำไปคำนวณหาร้อยละของไนโตรเจนและร้อยละปริมาณโปรตีน (โดยน้ำหนักเปียก) จากสูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณไนโตรเจน} = \frac{\text{ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรต} * \text{ความเข้มข้นเป็นนอร์มัล} * 14.007 * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัม)}}$$

ร้อยละปริมาณโปรตีน (โดยน้ำหนักเปียก) = ร้อยละปริมาณไนโตรเจน x 6.25

ก.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Soxhlet extractor
2. เครื่องทำความเย็น
3. Thimble
4. เดซิเคเตอร์
5. ขวดกลมก้นแบน
6. สำลี
7. กระดาษกรอง Whatman No.1
8. เครื่องระเหยสุญญากาศ
9. เครื่องอบลมร้อน

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ ที่มีจุดเดือดช่วง 40-60 องศาเซลเซียส

วิธีการวิเคราะห์

1. อบขวดกลมก้นแบนให้แห้ง และบันทึกน้ำหนักไว้
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้ง ประมาณ 3 กรัม ลงบนกระดาษกรองและห่อให้มิดชิด บันทึกน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอน แล้วนำมาใส่ลงใน thimble
3. นำ thimble ใส่ลงใน siphon ของ Soxhlet
4. ต่อขวดกลมก้นแบนเข้ากับ Soxhlet siphon
5. เทปิโตรเลียมอีเทอร์ ประมาณ 250 มิลลิลิตร ลงใน siphon และต่ออุปกรณ์สำหรับการสกัดเข้าด้วยกัน
6. สกัดที่อัตราการกลั่น 5-6 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
7. นำขวดกลมก้นแบนไปทำการระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
8. ชั่งน้ำหนักขวดกลมก้นแบน บันทึกผลและคำนวณหาปริมาณไขมันในตัวอย่าง จากสูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณไขมัน (โดยน้ำหนักแห้ง)} = \frac{(\text{น้ำหนักขวดกลมก้นแบนกับไขมันที่สกัดได้} - \text{น้ำหนักขวดกลมก้นแบนก่อนสกัด}) * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ก.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เตา muffle furnace
2. เตาไฟฟ้าให้ความร้อน
3. ครูซิเบิล
4. เดซิเคเตอร์

วิธีการวิเคราะห์

1. เผาครูซิเบิลในเตา muffle furnace ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 2 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ลงในครูซิเบิล แล้วนำไปเผาด้วยไฟอ่อนๆจนหมดควัน
3. นำไปเผาในเตา muffle furnace ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกว่าจะได้เถ้าเป็นสีขาวหรือเทา

4. นำครูซิเบิลมาทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ จนถึงอุณหภูมิห้องแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก คำนวณหาร้อยละปริมาณเถ้า จากสูตร

$$\textit{ร้อยละปริมาณเถ้า (โดยน้ำหนักเปียก)} = \frac{(\textit{น้ำหนักครูซิเบิลและตัวอย่างหลังเผาจนน้ำหนักคงที่} - \textit{น้ำหนักครูซิเบิล}) * 100}{\textit{น้ำหนักครูซิเบิลและตัวอย่างก่อนเผา} - \textit{น้ำหนักครูซิเบิล}}$$

ก.5 การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (AOAC, 2000)

ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ Intertek Thailand โดยการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมดทำได้โดย ใช้ตัวอย่างที่ทำให้แห้งแล้ว และกำจัดไขมันออกถ้าตัวอย่างมีไขมันเกิน 10% ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 2 กรัม นำมาย่อยด้วยอัลฟา-อะมิเลส ที่ทนความร้อน, โปรติเอส และอะมิโลกลูโคซิเดส เพื่อกำจัดแป้งและ โปรตีน เติมเอทานอลความเข้มข้น 95% จำนวน 4 เท่า ของปริมาตรของสารที่ย่อยแล้ว เพื่อตกตะกอน ใยอาหารที่ละลายได้ (ความเข้มข้นของเอทานอลรวมคือ 70%) กรองและล้างส่วนที่กรองได้ ด้วยเอทานอลที่มีความเข้มข้น 78% ทำให้แห้ง ชั่งน้ำหนักและคำนวณหาปริมาณใยอาหารทั้งหมดในตัวอย่าง จากสูตร

$$\textit{ร้อยละปริมาณใยอาหารทั้งหมด (โดยน้ำหนักเปียก)} = \frac{(\textit{ของแข็งที่เหลือ} - \textit{โปรตีนในของแข็ง} - \textit{เถ้าในของแข็ง} - blank) * 100}{\textit{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ภาคผนวก ข.
วิธีวิเคราะห์คุณภาพของเส้นราเม็งและเส้นอุด้ง

ข.1 การตรวจสอบคุณภาพของเส้นด้านการหุงต้ม (Cooking quality)

ข.1.1 ค่าเวลาในการหุงต้ม (Cooking time) (AACC, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. หม้อสแตนเลส
2. เตาไฟฟ้า
3. ช้อน
4. กระชอน
5. กระจกสไลด์

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างเส้นราเม็งหรือเส้นอุด้ง 25 กรัม
2. ต้มในน้ำเดือดปริมาตร 300 มิลลิลิตร ในหม้อสแตนเลสให้ความร้อนบนเตาไฟฟ้าที่กำลังไฟ 1600 วัตต์ เริ่มจับเวลา
3. ขณะที่ต้ม ให้กวนตัวอย่างเพื่อป้องกันเส้นติดกันและให้ความร้อนทั่วถึงเท่ากันภายในหม้อ
4. ทำการต้มเส้นจนแกนกลางสีขาวหายไป ซึ่งตรวจสอบโดยใช้กระจกสไลด์ 2 แผ่นบีบเส้นบะหมี่ หยุดเวลาเป็นค่าเวลาในการหุงต้มที่เหมาะสม

ข.1.2 ค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้ม (Cooking loss) (AACC, 2000)

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่างตามที่ระบุในข้อ ข.1.1 นำเส้นราเม็งหรือเส้นอุด้งที่ผ่านการต้มสุกตามระยะเวลาที่เหมาะสม นำเส้นทั้งหมดขึ้นมาวางบนกระชอน
2. ใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องปริมาตร 50 มิลลิลิตร ล้างเส้นราเม็งหรืออุด้งเพื่อชะของแข็งที่ติดอยู่บนเส้นให้ไปรวมในหม้อ พยายามสะเด็ดน้ำผ่านกระชอนให้หมด
3. ระเหยน้ำต้มเส้นราเม็งหรืออุด้งและน้ำล้างบะหมี่ทั้งหมดต่อบนเตาไฟฟ้าที่กำลังไฟต่ำ 500 วัตต์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดฟองติดตามขอบของหม้อ
4. ระเหยน้ำให้เหลือประมาณ 100 มิลลิลิตร แล้วจึงเปลี่ยนไปใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร พยายามให้เหลือของแข็งติดในหม้อน้อยที่สุด

5. จากนั้นนำไประเหยบนเตาให้ความร้อน (Hot plate) ที่ระดับความร้อนสูงสุด จนกระทั่งน้ำระเหยเกือบหมดและนำไประเหยแห้งต่อที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

6. นำบีกเกอร์ที่ระเหยน้ำจนแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้ม จากสูตร

$$ร้อยละการสูญเสียของแข็งระหว่างหุงต้ม = \frac{น้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่(กรัม)}{น้ำหนักเส้นก่อนต้ม(กรัม)} \times 100$$

ข.1.3 ค่าน้ำหนักหลังการหุงต้ม (Cooking weight)

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่างตามที่ระบุในข้อ ข.1.1 นำเส้นราเม็งหรืออุด้งที่ผ่านการต้มสุกตามระยะเวลาที่เหมาะสม นำเส้นทั้งหมดขึ้นมาวางบนกระชอน

2. ใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องปริมาตร 50 มิลลิตร ล้างเส้นราเม็งหรืออุด้ง เพื่อทำให้เส้นเย็นลง

3. พักไว้บนกระชอนเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำตัวอย่างไปชั่งหาน้ำหนักหลังต้ม

$$ร้อยละของน้ำหนักหลังการหุงต้ม = \frac{น้ำหนักเส้นหลังต้ม(กรัม)}{น้ำหนักเส้นก่อนต้ม(กรัม)} \times 100$$

ข.1.4 ค่าการดูดซับน้ำ (Water absorption)

นำตัวอย่างเส้นที่ต้มจากข้อ ข.1.1 มาชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าการดูดซับน้ำ

$$ร้อยละการดูดซับน้ำ = \frac{น้ำหนักเส้นหลังต้ม - น้ำหนักเส้นก่อนต้ม(กรัม)}{น้ำหนักเส้นก่อนต้ม(กรัม)} \times 100$$

ข.2 การวัดค่าสี ดัดแปลงจาก Hsu et al. (2003)

การวัดสีโดยใช้แหล่งแสงระบบ CIE ตรวจวัดค่า L*, a* และ b* โดยใช้แผ่น target mask ขนาดที่เหมาะสมกับตัวอย่างที่ต้องการวัด ในการทดลองนี้ใช้แผ่นที่มีรูขนาดเล็ก ทำการ calibrated ด้วย zero calibration และ white calibration โดยทำการตั้งค่าการวัดดังต่อไปนี้

- แหล่งกำเนิดแสง D light (Day Light)
- ค่ามุม 10 องศา
- ทำการวัดแบบหาค่าเฉลี่ย (average) 3 จุด

อุปกรณ์และเครื่องมือ

เครื่องวัดสี Minolta CM-300

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างเส้นราเม็งหรือเส้นอุด้งยาว 7 เซนติเมตร วางเรียงกัน 8-10 เส้น พยายามวางเรียงกันให้แน่นที่สุดเพื่อป้องกันไม่ให้มีช่องว่างระหว่างตัวอย่าง

2. วัดค่า 3 จุดต่อ 1 ตัวอย่าง อ่านค่าสีที่วัดได้ในระบบ L* a* และ b*

(ค่า L* คือ ค่าความสว่าง ถ้าค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าตัวอย่างมีความสว่างมาก ถ้าค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวอย่างมีความคล้ำมาก ค่า a* คือค่าความเป็นสีแดง/เขียว ถ้าค่าเป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างมี ความเป็นสีแดง ถ้าค่าเป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างมีความเป็นสีเขียว ค่า b* คือค่าความเป็นสีเหลือง/น้ำเงิน ถ้าค่าเป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างมีความเป็นสีเหลือง ถ้าค่าเป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างมีความเป็นสีน้ำเงิน)

จากนั้น คำนวณค่า Hue angle และ Chroma ตามสมการต่อไปนี้

- Hue angle = arctan (b*/a*)
- Chroma = $\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$

ข.3 การวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส โดยวิธี TPA ดัดแปลงจาก Fan et al. (2016)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) (รุ่น TA-XT2i, สหราชอาณาจักร)

2. หัววัดรูปทรงกระบอก (Probe) รุ่น SMS P/100 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ประกอบหัววัดรูปทรงกระบอกเข้ากับเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

2. Calibrate force โดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 1,000 กรัม

3. Calibrate Height โดยตั้งระยะหัววัดให้ห่างจากแท่นวางตัวอย่าง 25 มิลลิเมตร

4. เลือกรูปแบบการวิเคราะห์เป็นแบบ Texture Profile Analysis (TPA) จากนั้นจึงตั้งค่าเครื่องให้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Mode	:	Measure for compression
Option	:	Texture Profile Analysis
Force Unit	:	gram
Pre-test speed	:	3 mm/s
Test speed	:	1 mm/s
Distance	:	70% stain
Trigger type	:	auto-20 g

Post-test : 1 mm/s

Time : 5 sec

5.วางตัวอย่างเส้นสุกที่ต้มตามค่าเวลาหุงต้มที่เหมาะสม ตัดเส้นยาว 7 เซนติเมตร 5 เส้น วางบนแท่นสำหรับกดบนเครื่อง

6. ทำการวัดค่า 15 ซ้ำต่อ 1 ซ้ำการทดลอง โดยวัดค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะตัวกัน (adhesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าการยึดเกาะกัน (cohesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (resilience) ค่าที่อาหารกึ่งแข็งแตกตัวออกจนพร้อมกลืนได้ (gumminess) และค่าการทนต่อการเคี้ยว (chewiness)

ภาคผนวก ค.

รายละเอียดโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ประจำปีงบประมาณ 2562

คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่เสริมกากมอลต์จากการผลิตเบียร์
(Development of noodle products fortified with Brewers' spent grain)

นิสิตผู้ร่วมโครงการ นางสาววรินธร พัฒนะ
นางสาวอาคิรา เกียรติสุขอุดม
นางสาวอุมาพร บุญธง

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รศ.ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์

มูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ

ปัจจุบันปัญหาภาวะโลกร้อนถือเป็นปัญหาสำคัญที่โลกกำลังเผชิญอยู่ สาเหตุหนึ่งมาจากวัตถุดิบที่เหลือจากกระบวนการผลิตอาหาร ซึ่งในอุตสาหกรรมอาหารสามารถนำอาหารที่เหลือจากกระบวนการผลิตมาต่อยอด เพื่อใช้วัตถุดิบเหล่านั้นอย่างคุ้มค่า ลดปริมาณของอาหารที่เหลือ และเกิดรายได้ให้มากที่สุด หนึ่งในนั้นคืออุตสาหกรรมเบียร์ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ที่มีวัตถุดิบที่เหลือจากการกระบวนการหมักเบียร์ คือ กากมอลต์ โดยในการผลิตเบียร์ 100 ลิตร จะได้กากมอลต์เป็นผลพลอยได้ 20 กิโลกรัมของน้ำหนักแบบเปียก ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน 19-30% โดยน้ำหนัก และไฟเบอร์ 30-50% โดยน้ำหนัก (Lynch และคณะ, 2016) จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีการนำกากมอลต์จากกระบวนการหมักเบียร์มาใช้เป็นส่วนผสมอาหารหลายชนิด เช่น พาสต้า คุกกี้ และขนมอบกรอบ (Cappa และ Alamprese, 2017, Kissell และคณะ, 1979 และ Ktenioudaki และคณะ, 2013) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มใยอาหารและโปรตีนให้กับผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ดียังไม่มีงานวิจัยที่นำกากมอลต์จากกระบวนการหมักเบียร์มาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เส้นที่นิยมบริโภคในเอเชีย

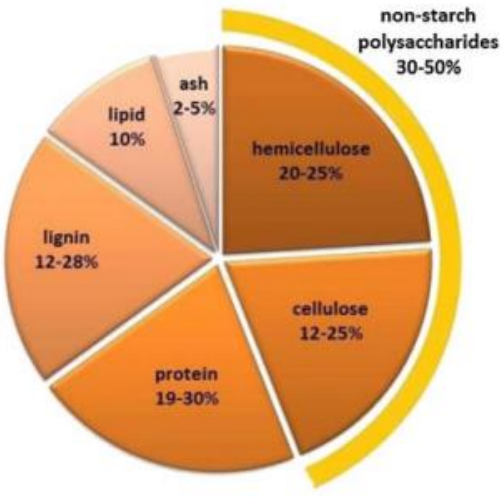
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำกากมอลต์มาเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เส้นจากแป้งสาลีที่นิยมบริโภคในเอเชีย เช่น เส้นอุด้ง เส้นราเม็ง เพื่อปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ แต่ยังคงมีเนื้อสัมผัสและรสชาติที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเพิ่มมูลค่าให้แก่กากมอลต์

ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

กากมอลต์ (Brewers' spent grains)

กระบวนการผลิตเบียร์ เป็นกระบวนการที่ใช้ข้าวมอลต์ ซึ่งเป็นระยะ germination ของข้าวบาร์เลย์ ซึ่งเป็นระยะที่ทำให้เกิดการสังเคราะห์ และเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ ประกอบด้วย amylases, proteases, β-glucanases และอื่นๆ โดยผลของการทำงานของเอนไซม์เหล่านี้เป็นการดัดแปลงโครงสร้างของ starch ในส่วน endosperm ของข้าวบาร์เลย์ (Mussatto และคณะ, 2006) โดยข้าวมอลต์จะถูกบดและผสมกับน้ำ และใส่ใน lauter tun ซึ่งระหว่างกระบวนการนี้ ข้าวมอลต์จะเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิด enzymatic degradation ทำให้เกิด คาร์โบไฮเดรตที่สามารถหมักได้(fermentable) เช่น maltose และ maltotriose และ ไม่สามารถหมักได้ (non-fermentable) เช่น dextrin นอกจากนี้ยังมีโปรตีนที่สามารถละลายน้ำได้ และมีการลดขนาดเป็น polypeptide และ amino acid ได้ส่วนที่เป็นของเหลวที่ใช้ในการนำไปหมักเบียร์ต่อเรียกว่า wort และส่วนที่ไม่สามารถละลายน้ำได้จะเป็นส่วนที่เรียกว่ากากมอลต์ หลังจากนี้จะเกิดการกรองเพื่อแยก wort เพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการหมักเบียร์ต่อไป และ ข้าวมอลต์ที่ใช้แล้วออกจากกัน (Lynch และคณะ, 2016)

กากมอลต์ (Brewer's spent grain) คือ ส่วนของแข็งของข้าวบาร์เลย์ที่ไม่ละลายน้ำที่ได้จากการกระบวนการหมักเบียร์หลังจากแยก wort ซึ่งเป็น 85% ของผลพลอยได้จากกระบวนการหมักเบียร์ทั้งหมด (Mussatto, 2013) กากมอลต์ประกอบด้วยชั้น seed coat-pericarp-husk กากมอลต์นั้นประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญแสดงดังรูปที่ 1 (Lynch และคณะ, 2016 และ Mussatto, 2013)



รูปที่ 1 องค์ประกอบกากมอลต์

ที่มา *Lynch และคณะ (2016)*

การนำกากมอลต์มาใช้ประโยชน์ มีการศึกษาการนำกากมอลต์มาเติมในหลายอย่าง โดยอาหารสัตว์เป็นสิ่งที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากมีราคาถูก และเมื่อนำมารวมกับแหล่งไนโตรเจนที่ราคาไม่แพงสามารถให้ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นเพียงพอต่อสัตว์ โดยมีการศึกษาในอาหารสัตว์ที่หลากหลายเช่น อาหารวัว โดย Belibasakis และ Tsirgogianni (1996) และ Sawadogo และคณะ (1989) พบว่าวัวที่กินอาหารที่เติมกากมอลต์สามารถให้นมในปริมาณที่มากขึ้น และมีไขมันในนมลดลง และการเติมกากมอลต์ในอาหารสัตว์ปีก อาหารหมู และอาหารปลา ช่วยเพิ่มน้ำหนักสัตว์เหล่านี้ได้อีกด้วย นอกจากนี้มีการนำกากมอลต์มาเติมในอาหารสำหรับมนุษย์ เนื่องจากปริมาณใยอาหารและโปรตีนที่สูง ซึ่งให้ประโยชน์กับร่างกายมนุษย์ โดยการเติมนั้นนำมาบดให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับอาหารที่จะนำไปเติม จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการนำกากมอลต์ไปเติมในอาหารหลากหลายชนิด Kissell และคณะ (1979) พบว่าการเติมกากมอลต์ลงไปในแป้งคุกกี้ในปริมาณ 20% ให้ปริมาณโปรตีน, lysine และใยอาหาร เพิ่มขึ้นจากแป้งคุกกี้ควบคุมถึง 55, 90 และ 220% ตามลำดับ Ktenioudaki และคณะ (2013) พบว่าการเติมกากมอลต์ในอาหารว่างที่ผ่านการอบ (baked snacks) ทำให้เพิ่มใยอาหารและโปรตีนกับขนมเหล่านั้น Cappa และ Alamprese (2017) การเติมกากมอลต์ลงไปในปริมาณ 6 กรัมใน 100 กรัมของเส้นพาสต้าสดที่ผสมไข่ สามารถเพิ่มปริมาณใยอาหารให้กับเส้นพาสต้าได้

เส้นบะหมี่แบบเอเชีย (Fu, 2008)

บะหมี่เป็นอาหารหลักของชาวเอเชียตะวันออก ที่ผลิตขึ้นจากแป้งสาลี แป้งข้าว แป้งบัควีทหรือแป้งจากถั่วเขียวและมันฝรั่ง เป็นต้น โดยมีกระบวนการผลิตขั้นพื้นฐานคือการผสมแป้งโด การขึ้นรูปแผ่น การพักให้ส่วนผสมเกิดร่างแห gluten-starch การรีดเป็นแผ่นเพื่อลดขนาดและการตัดเป็นเส้น ซึ่งบะหมี่แป้งสาลีมีส่วนประกอบหลักที่เป็นพื้นฐาน ได้แก่

แป้งสาลี มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของเส้นคือสีของเปลือกข้าว ความแข็งของเมล็ดข้าว ปริมาณโปรตีน ความแข็งแรงของโดและคุณสมบัติของ starch pasting

น้ำ เป็นส่วนผสมที่จำเป็นในการผลิต เพราะน้ำจะทำให้กลูเตนในแป้งสาลีแสดงคุณบัติ viscoelastic และทำหน้าที่เป็นตัวกลางของในการเปลี่ยนแปลงด้านเคมีกายภาพและด้านชีวเคมีของวัตถุดิบ

เกลือแกง ทั่วไปนั้นเกลือจะถูกเติมในปริมาณ 1-3% ของน้ำหนักแป้งสาลี การเติมเกลือมีจุดประสงค์หลัก 3 อย่างคือเพื่อสร้างความแข็งแรงและการจับตัวกันของกลูเตนของโด ทำให้รสชาติและเนื้อสัมผัสดียิ่งขึ้น และสุดท้ายคือเพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ รวมถึงการเจริญของจุลินทรีย์

ด่าง เช่น sodium และ potassium carbonate นอกจากนี้ยังมี sodium hydroxide และ bicarbonates ในการเติมด่าง จะทำให้เกิดลักษณะสีเหลืองในบะหมี่ที่เติมด่าง ซึ่งเกิดจากการที่ฟลาโวนอยด์บางกลุ่มจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองในช่วง pH ที่เป็นด่าง และเกี่ยวข้องกับโด โดยจะทำให้โดสามารถเกิด water absorption ดีขึ้น แต่โดจะมีความสามารถในการแผ่ขยายเป็นแผ่นได้ลดลงและถูกบีบอัดได้ยากขึ้นในขั้นตอน

การรีดแผ่นแป้ง อย่างไรก็ดี การเติมด่างนั้นจะช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อได้ดีกว่าการเติมเกลือแกงอย่างเดียวและทำให้เส้นเกิดกลิ่นและกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์

ในการแบ่งประเภทเส้นตามมาตรฐานทั่วไป สามารถแบ่งโดยใช้เกณฑ์หลายแบบ คือ ชนิดของเกลือที่ใช้เป็นส่วนผสมกระบวนการผลิต ขนาดของเส้น และวัตถุดิบที่สามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ บะหมี่ที่ไม่ได้ผลิตจากแป้งสาลี และบะหมี่แป้งสาลี ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาในบะหมี่แป้งสาลี ที่แบ่งตามชนิดของเกลือที่ใช้เป็นส่วนผสม ดังนี้

เส้นบะหมี่ที่เติมเกลือแกง (Regular salted noodles)

บะหมี่ชนิดนี้ผลิตจากแป้งสาลีกับน้ำ แล้วจึงนำไปขึ้นโดกับเกลือปริมาณ 2-8% ของน้ำหนักแป้งที่ใช้ โดยปริมาณเกลือแน่นอนที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นบะหมี่และกระบวนการผลิตของเส้นแต่ละชนิด โดยเส้นบะหมี่ชนิดนี้สามารถจำแนกด้วยขนาดของเส้น ออกเป็น 4 ขนาดคือ แบบบางมาก (So-men), แบบบาง (Hiya-mugi), แบบมาตรฐาน (Udon), แบบแบน (Hira-men) ความกว้างเป็น 1.0-1.2, 1.3-1.7, 2.0-3.9 และ 5.0-7.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยเส้นควรมีลักษณะขาวสว่าง อยู่ในช่วงตั้งแต่สีขาวไปจนถึงสีครีมขาว พร้อมกับมีความเรียบลื่น มันวาวหลังจากนำไปผ่านการต้ม

เส้นอุด้ง (Udon) เป็นเส้นที่ได้รับความนิยมสูงในประเทศญี่ปุ่น เป็นเส้นประเภท white salted noodles ที่ผลิตจากแป้งสาลีที่มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 8-11% และอาจมีการเติมเกลือในปริมาณสูงถึง 8% ของน้ำหนักแป้ง มีความหนา 1.3-1.7 มิลลิเมตร เส้นอุด้งมีลักษณะเหนียวนุ่ม ลื่นคอและยืดหยุ่น โดยเส้นอุด้งที่ดีจะได้จากแป้งสาลีที่มี starch paste ความหนืดสูง และมีคุณสมบัติในการพองตัวสูง ส่วนในด้านการผลิตเส้นต้องผ่านการ pre-cooked ด้วยการต้มแบบ Fully boiled เป็นเวลา 10-20 นาที ขึ้นกับความหนาของเส้น อีกทั้งมีค่าความหนืดสูงสุดไม่ต่ำกว่า 700 BU เส้นเป็นสีขาวจนถึงสีครีมขาว (มี xanthophylls ในระดับต่ำ) และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีช้า

เส้นบะหมี่ที่เติมด่าง (Alkaline noodles)

ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบบะหมี่ที่เติมด่างได้มากมายหลากหลายประเภท แต่ประเภทของเส้นที่ได้รับความนิยมสูงสุดคือ เส้นบะหมี่สด (แบบกวางตุ้ง), เส้นบะหมี่แบบกึ่งสุก (แบบฮกเกี้ยน) และ เส้นบะหมี่แบบสดหรือแบบนึ่งสุกและผสมไข่ในสูตร (แบบฮ่องกง) ด่างที่นิยมใช้กันมากคือ sodium carbonate หรือ potassium carbonate หรือแบบผสมเกลือกับด่าง นอกจากนี้ยังมี polyphosphates ที่พบมากในการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ในการใช้แบบผสมจะทำให้ค่า pH ของเส้นอยู่ในช่วง 9 ถึง 11 ขึ้นอยู่กับชนิดและค่า Ionic Strength ของเกลือที่ใช้ บะหมี่ชนิดนี้มีลักษณะเฉพาะของกลิ่น สี ค่าความเหลือง ความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่น ซึ่งสีเหลืองสว่างของบะหมี่เป็นอิทธิพลจากค่า pH และสารสี xanthophylls

เส้นราเม็ง (Ramen) คือเส้นบะหมี่ประเภท alkaline noodles ในประเทศญี่ปุ่น ผลิตจากแป้งสาลีชนิดแข็ง ที่มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 9%-13% เส้นมีสีเหลืองอ่อน โดยเส้น ราเม็งสดมีลักษณะเนื้อสัมผัสแน่น ยืดหยุ่น และเรียบเนียน สามารถกัดให้ขาดได้อย่างหมดจดด้วยฟัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Shiau และคณะ (2012) ได้ศึกษาผลของขนาดและปริมาณของใยอาหารข้าวสาลีต่อเนื้อสัมผัสและสมบัติเชิงวิทยากระแส (rheological properties) ของบะหมี่ดิบ บะหมี่แห้ง และบะหมี่สุก ใยอาหารที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบด้วย fine wheat bran (FB), coarse wheat bran (CB), fine purified wheat fiber (FWF) และ coarse purified wheat fiber (CWF) ปริมาณที่เติมคือ 4, 8 และ 12 % จากผลการทดลองพบว่าส่วนประกอบหลักของรำข้าวสาลีและใยอาหารบริสุทธิ์จากข้าวสาลีคือใยอาหารไม่ละลายน้ำ การเพิ่มปริมาณใยอาหารส่งผลให้ cutting force ของบะหมี่ดิบและบะหมี่สุกมีค่าเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามทำให้ extensibility ของบะหมี่ทั้งสองกลุ่มมีค่าลดลง และส่งผลให้ breaking force ของบะหมี่แห้งลดลง สำหรับบะหมี่ดิบ บะหมี่แห้งและบะหมี่สุกที่มีการเติมใยอาหาร หากผสมใยอาหารขนาดเล็กจะทำให้บะหมี่ทั้งสามกลุ่มมี breaking force และ extensibility สูงกว่า ในขณะที่ค่า cutting force จะต่ำกว่าตัวอย่างที่ผสมใยอาหารขนาดใหญ่ ซึ่งในงานวิจัยนี้หากทราบคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของบะหมี่ดิบจะทำให้สามารถทำนายความแข็งแรงและความยืดหยุ่นในบะหมี่แห้งและบะหมี่สุกได้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Paleg-Normand และ three-term Maxwell มีความเหมาะสมในการทำนายข้อมูล stress relaxation ของบะหมี่เสริมใยอาหารปรุงสุก นอกจากนี้ยังพบค่าสหสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าทางเนื้อสัมผัสที่ตรวจวัดโดยเครื่องมือและค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งสองแบบ ในท้ายที่สุดมีข้อแนะนำในการผลิตบะหมี่ดิบ บะหมี่แห้ง และบะหมี่สุกให้ได้คุณภาพที่ดีโดยการเติม FB 4-8% หรือ FWF 4%

Cappa และ Alamprese (2017) ได้ศึกษาการพัฒนาพาสต้าไข่เส้นสดเสริมใยอาหารด้วยการเติมกากมอลต์จากการผลิตเบียร์ (BSG) และปรับปรุงโครงสร้างของพาสต้าด้วยการเติมผงไข่ขาว (EWP) โดยการเติม BSG 3-25 g/100g เติม EWP 0-12 g/100g โดยมีพาสต้าสูตรปกติเป็นตัวควบคุม ออกแบบการทดลองด้วยรูปแบบ central composite design จากงานวิจัยนี้พบว่าการเติม BSG ทำให้ค่า break strain เฉลี่ยของพาสต้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับพาสต้าสูตรปกติที่ไม่มีการเสริมใยอาหาร ในทางตรงกันข้าม การเติม EWP ช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลในพาสต้าสุก เนื่องจากโอวัลบูมินส่งผลให้เกิดร่างแหโปรตีนที่มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยจากการทดลองในตัวอย่างที่เติม EWP 12 g/100g เทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติม EWP เมื่อนำไปปรุงสุกพบว่าค่า break load และ break strain เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในท้ายที่สุดจากงานวิจัยสามารถคำนวณและระบุสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือตัวอย่างที่เติม BSG 6 g/100g และ EWP 10 g/100g โดยตัวอย่างนี้มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด 4.81 g/100g ซึ่งสามารถกล่าวอ้างทางโภชนาการได้ว่า “เป็นแหล่งของใยอาหาร”

Nocente และคณะ (2019) ได้ศึกษาผลของการเติมกากมอลต์ (Brewer's spent grain) เพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการในแป้งเซโมลินา (semolina) เพื่อพัฒนาเส้นพาสต้า โดยมีการเติมกากมอลต์ 5, 10 และ 20 g/100 g ของแป้ง และมีการเปรียบเทียบเส้นพาสต้าที่เติมกากมอลต์กับเส้นพาสต้าดั้งเดิมที่ไม่มีการเติม จากการวิจัยพบว่า การเติมกากมอลต์ลงในปริมาณ 5, 10 และ 20 g/100 g ของแป้ง เส้นพาสต้าจะมีปริมาณ total dietary fibre ที่สูงขึ้น 42%, 52% และ 135% เมื่อเทียบกับเส้นพาสต้าดั้งเดิม นอกจากนี้ การเติมกากมอลต์ในระดับที่สูงขึ้นในแป้งเซโมลินาจะทำให้เส้นพาสต้ามีค่าความเหลืองลดลง ในขณะที่ค่าสีน้ำตาลและสีแดงเพิ่มขึ้น (มีสีโดยรวมคล้ำลง) ความสามารถในการดูดซับน้ำ (water absorption) และความแน่นเนื้อของเส้นหลังต้มสุกมีแนวโน้มลดลง เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสม (optimum cooking time) มีค่าค่อนข้างคงที่ จากการวิเคราะห์ด้านประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือในด้านคุณภาพของเส้นพาสต้า แสดงให้เห็นว่าเส้นพาสต้าที่เติมกากมอลต์ 5 g มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสคล้ายเส้นพาสต้าดั้งเดิมพอสมควร โดยเฉพาะคุณภาพโดยรวมและความแน่นเนื้อ แต่ทว่าการเติมกากมอลต์ 10 g นั้น เส้นพาสต้าจะแสดงให้เห็นถึงความลงตัวในด้านโภชนาการและประสาทสัมผัสดีที่สุด

วัตถุประสงค์โครงการ

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นบะหมี่ที่นิยมบริโภคในแถบเอเชียเสริมกากมอลต์ เพื่อเพิ่มใยอาหารแก่ผลิตภัณฑ์เส้น และเพิ่มมูลค่าให้แก่กากมอลต์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์เส้นเสริมใยอาหารจากกากมอลต์
2. สามารถเพิ่มมูลค่าของกากมอลต์ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตเบียร์
3. พัฒนาทักษะและกระบวนการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการวางแผนการทำงานอย่าง เป็นระบบทำให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

รายละเอียดของของวิธีดำเนินงานวิจัย

1. ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับกากมอลต์, เส้นบะหมี่แบบเอเชีย, และการนำกากมอลต์มาแทนที่ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงการทดสอบคุณภาพของเส้นทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส
2. วิเคราะห์ข้อมูล ออกแบบและวางแผนการทดลอง จัดหาอุปกรณ์และวัตถุดิบที่ต้องใช้ในการทดลอง
3. การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมอลต์

   นำกากมอลต์แห้งมาทำการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 Mesh (จะได้กากมอลต์ขนาดไม่เกิน 368 ไมครอน หรือ 0.0145 นิ้ว) จากนั้นวิเคราะห์สมบัติทางเคมี คือ

ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต (ทดลอง 3 ซ้ำ) ตามวิธี AOAC (2000)

4. ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เส้นสดด้วยกากมอลต์

ทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์ในเส้นอุด้งสดและเส้นบะหมี่สดซึ่งเป็นตัวแทนของบะหมี่ที่ใช้เกลือแกงและด่างเป็นส่วนประกอบตามลำดับ เตรียมตัวอย่างเส้นอุด้งสด ตามวิธีของ Toyokawa และคณะ (1989) และ Hou และ คณะ (2015) เตรียมตัวอย่างเส้นบะหมี่สด ตามวิธีของ Crosbie และคณะ (1999) แปรระดับ การทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์อย่างน้อย 4 ระดับในช่วง 0-20% วัดสมบัติต่างๆ ของเส้น ดังนี้

สมบัติทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการหุงต้ม ได้แก่ ความหนาของเส้น (AACC, 2000) ค่าความเป็นกรด-ด่างของเส้น (Shelke et al., 1990) ระยะเวลาในการหุงต้มที่เหมาะสม ค่าร้อยละของการดูดน้ำ และ ค่าร้อยละของการสูญเสียของแข็งระหว่างต้ม โดยวิธีของ AACC (2000) ตรวจวัดค่าสี (ดัดแปลงจาก Hsu et al., 2003) วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นภายหลังการหุงต้ม โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro System, 1995)

วิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้น โดยผู้ที่เคยรับประทานเส้นอุด้งและเส้นบะหมี่ 50 คน

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ และ Randomized Completely Block Design ในการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Least Significant Different Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์เส้นที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยกากมอลต์ทั้งสองชนิดที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

5. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

โดยวิเคราะห์สูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นมากที่สุด ซึ่งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต เหมือนข้อ 3

6. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง จัดทำรายงานและเสนอผลงาน

เอกสารอ้างอิง

AACC. (2000). *Approved Method of the American Association of Cereal Chemist* (10th ed.). St. Paul, Minnesota.: American Association of Cereal Chemists.

Belibasakis, N. G., & Tsirgogianni, D. (1996). Effect of wet brewers grains on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows in hot weather. *Animal Feed Science and Technology, 57*, 175-181.

Cappa, C., & Alamprese, C. (2017). Brewer's spent grain valorization in fiber-enriched fresh egg pasta production: Modelling and optimization study. *LWT - Food Science and Technology, 82*, 464-470. doi:10.1016/j.lwt.2017.04.068

Crosbie, G. B., & Ross, A. S. (2016). Noodles: Asian wheat flour noodles. In C. W. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman, & J. Faubion (Eds.), *Encyclopedia of Food Grains* (2 nd ed., Vol. 3, pp. 72-78). Oxford: Academic Press.

Crosbie, G. B., Ross, A. S., Moro, T., and Chiu, P.C. (1999). Starch and Protein Quality Requirements of Japanese Alkaline Noodles (Ramen). *Cereal Chemistry, 76*(3), 328-334.

Fu, B. X. (2008). Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing. *Food Research International*, *41*(9), 888-902.

Hou, G. G., Cato, L., Crosbie, G., & Okusu, H. (2015). AACCI Approved Methods Technical Committee Report on the Guidelines for Laboratory Preparation of Japanese Udon Noodles (AACCI Approved Method 66-60.01). *Cereal Foods World, 60*(3), 140-142. doi:10.1094/cfw-60-3-0140

Hsu, C. L., Chen, W. L., Weng, Y. M., & Tseng, C. Y. (2003). Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chemistry, 83*(1), 85-92. doi:10.1016/s0308-8146(03)00053-0

Kissell, L., Prentice, N., & Lindsar, R. (1979). Protein and fiber enrichment of cookie flour with brewer’s spent grain. *Cereal Chemistry, 56*, 261-266.

Ktenioudaki, A., Crofton, E., Scannell, A. G. M., Hannon, J. A., Kilcawley, K. N., & Gallagher, E. (2013). Sensory properties and aromatic composition of baked snacks containing brewer's spent grain. *Journal of Cereal Science, 57*(3), 384-390. doi:10.1016/j.jcs.2013.01.009

Lynch, K. M., Steffen, E. J., & Arendt, E. K. (2016). Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health. *Journal of the Institute of Brewing, 122*(4), 553-568. doi:10.1002/jib.363

Mussatto, S. I. (2014). Brewer's spent grain: a valuable feedstock for industrial applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 94*(7), 1264-1275. doi:10.1002/jsfa.6486

Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2006). Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science, 43*(1), 1-14. doi:10.1016/j.jcs.2005.06.001

Nocente, F., Taddei, F., Galassi, E., & Gazza, L. (2019). Upcycling of brewers' spent grain by production of dry pasta with higher nutritional potential. *LWT - Food Science and Technology, 114*, 1-6. doi:10.1016/j.lwt.2019.108421

Sawadogo L, S. H., Houdebine LM,. (1989). Presence of a factor stimulating prolactin and growth hormone secretion in brewers'spent grains. *Reproduction Nutrition Development, 29*, 139-146.

Shelke, K., Dick, J.W., Holm, Y.F., Loo, K.S.,. (1990). Chinese Wet Noodle Formulation: A Response Surface Methodology Study. *Cereal Chemistry, 67*, 338-342.

Shiau, S. Y., Wu, T. T., & Liu, Y. L. (2012). Effect of the amount and particle size of wheat fiber on textural and rheological properties of raw, dried and cooked noodles. *Journal of Food Quality, 35*(3), 207-216. doi:10.1111/j.1745-4557.2012.00436.x

Toyokawa, H., Rubenthaler, G. L., Powers J. R., and Schanus E. G. (1989). Japanese Noodle Qualities. I. Flour Components. *Cereal Chemistry, 66*(5), 382-386.

แผนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินโครงการนี้ใช้ระยะเวลาในการศึกษา 9 เดือน

ซึ่งแบ่งระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนของการดำเนินงานดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินงาน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.ค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยจากหนังสือ วารสาร สิ่งพิมพ์ต่างๆ และจากอินเตอร์เน็ต และทำการรวมรวมข้อมูล	←	—	—						
2.วิเคราะห์ข้อมูล ออกแบบและวางแผนการทดลอง จัดหาอุปกรณ์และวัตถุดิบที่ต้องใช้ในการทดลอง		←	—	—					
3.ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลและผลที่ได้จากการทดลอง				←	—	—	—		
4.วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง จัดทำรายงานและเสนอผลงาน							←	—	—

งบประมาณที่จำเป็นต้องใช้สำหรับดำเนินโครงการ

<u>1. ค่าใช้จ่าย</u>

ค่าถ่ายเอกสารข้อมูล	500	บาท
ค่าจัดทำเอกสารรายงาน และเสนอผลงาน	500	บาท

<u>2.ค่าวัสดุอุปกรณ์</u>

อุปกรณ์ในการทำบะหมี่	1500	บาท

สารเคมี	1000	บาท
อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์	1500	บาท
3.ค่าวัตถุดิบ	5000	บาท

งบประมาณรวม : **ค่าใช้จ่าย** 1000 บาท

ค่าวัสดุอุปกรณ์ 4000 บาท

ค่าวัตถุดิบ 5000 บาท

รวมทั้งสิ้น 10000 บาท

ภาคผนวก ง.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาววรินธร พัฒนะ
ตำแหน่ง	หัวหน้าโครงการ
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	081-6821047
E-mail	varinthorn.nan@gmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวอาคิรา เกียรติสุขอุดม
ตำแหน่ง	ผู้วิจัยร่วม
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	092-9698488
E-mail	nina.akira@hotmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวอุมาพร บุญธง
ตำแหน่ง	ผู้วิจัยร่วม
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	082-7131423
E-mail	bew010142@gmail.com