

การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือก
จากเมล็ดเจีย และไฮโดรคอลลอยด์

The development of gluten-free brown rice pasta using chia
seed mucilage and hydrocolloids



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานปี.ศ. 2566 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจีย และ

ไฮโดรคอลลอยด์

The development of gluten-free brown rice pasta using chia seed mucilage
and hydrocolloids


จัดทำโดย

จารุวรรณ ทองโพธิ์ใหญ่ รหัสนักศึกษา 62080009

พัฒนิตา โสภา รหัสนักศึกษา 62080041

ปณิดา แสงสังข์ รหัสนักศึกษา 62080107

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....


...27.../...พฤษภาคม.../...๒๕๕๖...

(ผศ.ดร.กรรณิการ์ กุลยะณี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจาก เมล็ดเจีย และไฮโดรคอลลอยด์
ชื่อนักศึกษา	จารุวรรณ ทองโพธิ์ใหญ่ รหัสนักศึกษา 62080009
	พัฒนิตา โสภา รหัสนักศึกษา 62080041
	ปณิดา แสงสังข์ รหัสนักศึกษา 62080107
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. กรรณิการ์ กุลยะณี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวกล้อง โดยแบ่งการวิจัยออกเป็นสองส่วน คือ 1) ศึกษาผลของการใช้เมือกจากเมล็ดเจียต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง โดยปรับปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย 3 ระดับ ได้แก่ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด และ 2) ศึกษาปริมาณของแซนแทนกัมต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง 3 ระดับ ได้แก่ 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด จากการทดลองพบว่า เมือกจากเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่พีเอช 8 และ 9 มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าความชื้น น้ำหนักที่ได้หลังการสกัด และการละลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการเตรียมเมือกจากเมล็ดเจียที่พีเอช 9 ดังนั้นเมื่อพิจารณาเลือกเมือกจากเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง พิจารณาเลือกเมือกจากเมล็ดเจียที่พีเอช 9 เนื่องจากมีน้ำหนักที่ได้หลังการสกัด ค่ากำลังการพองตัว และการละลายสูงสุดตามลำดับ มาเติมลงในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง ปริมาณ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด จากการศึกษาพบว่า ค่าองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต และความชื้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ปริมาณไขมัน และเถ้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้เมื่อนำพาสต้าไปทดสอบคุณภาพการหุงต้มพบว่า เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสม และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม มีแนวโน้มลดลง แต่น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า ค่าความแข็ง การยึดเกาะที่ผิวหน้า ความแน่นเนื้อ ความยืดหยุ่น และการเกาะติด มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสามารถทนต่อแรงดึงขาดไม่สามารถวัดได้ เมื่อพิจารณาเลือกการใช้เมือกจากเมล็ดเจียในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง พิจารณาจากค่าความสามารถทนต่อแรงดึงขาดของพาสต้าสูงที่สุด ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสมต่ำที่สุด และปริมาณโปรตีน ใยอาหารสูงที่สุด ตามลำดับ จึงเลือกผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย 7.5

เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแบ่งทั้งหมด แล้วนำมาศึกษาต่อในขั้นตอนที่ 2 โดยปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวกล้องโดยเติมแซนแทนกัม จากการศึกษาพบว่า เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสม และปริมาณของแข็งที่สูงสูญเสียระหว่างการต้ม มีแนวโน้มลดลง แต่น้ำหนักที่ได้หลังการต้มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าค่าความแข็ง การยืดเกาะที่ผิวหน้า ความแน่นเนื้อ ความยืดหยุ่น และการเกาะติด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสามารถทนต่อแรงดึงขาดสามารถวัดได้ที่ระดับความเข้มข้น 2 ระดับ ได้แก่ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแบ่งทั้งหมด เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการทดสอบชิม พบว่า พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมแซนแทนกัม ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของแบ่งทั้งหมด มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และมีค่าความสามารถทนต่อแรงดึงขาดสูงที่สุด

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตน เมล็ดเจีย เมื่อกจากเมล็ดเจีย ไฮโดรคอลลอยด์ แซนแทนกัม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	The development of gluten-free brown rice pasta using the chia seed mucilage and hydrocolloids
Student name	Jaruwan Thongphoyai Student ID 62080009 Pannita Sopa Student ID 62080041 Panida Seangsung Student ID 62080107
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology Bachelor of Science in Fermentation Technology
Year	2023
Advisor	Assist.Prof.Dr. Kannika Kunyane

ABSTRACT

This research aim was to develop the quality of gluten-free brown rice pasta. The experiment was divided into 2 parts; 1) to study the effects of mucilage from chia seed application on the properties of brown rice pasta products by the mucilage content of chia seeds was varied in 3 levels: 2.5, 5 and 7.5 percentage by total starch weight. and 2) to study the effect of concentration of hydrocolloids on the properties of brown rice pasta products was varied in 3 levels: 1, 2 and 3 percentage by total flour weight. The results showed that the mucilage from chia seeds prepared by adjusting the pH at 8 and 9 affected moisture content, weight after extraction. and solubility tends to increase. Specifically, mucilage from chia seed was prepared at pH 9. Therefore, consider selecting mucilage from chia seeds at a pH of 9 because of the highest extraction weight, swelling power and solubility, respectively. It was added to brown rice pasta products at the amount of 2.5, 5 and 7.5 percentage by total flour weight. The study found that the chemical composition such as protein, dietary fiber, carbohydrate and moisture contents were significantly difference ($p \leq 0.05$). but the amount of fat and ash were not significantly difference ($p > 0.05$). Analyzing the antioxidants, it was found that there was increased significantly ($p \leq 0.05$). In addition, the cooking quality, it was found that the cooking time and the cooking lost. tends to decrease but the cooking yield there was increased significantly ($p \leq 0.05$). And analyzing texture properties, it was found that hardness, adhesiveness, springiness and cohesiveness there was decreased significantly ($p \leq 0.05$). As for tensile strength, it cannot be measured. Consider selecting mucilage from chia seed added to brown rice flour pasta products, considered from the highest tensile strength, lowest cooking lost and cooking time and the highest of protein and dietary fiber contents, respectively. The brown rice pasta products from added mucilage from chia seeds were selected at 7.5

percentage by total flour weight. Then it was studied in step 2 by improving texture properties of brown rice pasta by adding xanthan gum. The study found that the cooking time and the cooking loss tends to decrease but the cooking yield tended to increased significantly ($p \leq 0.05$). Texture properties showed that the hardness, adhesiveness, springiness and cohesiveness there was increased significantly ($p \leq 0.05$). The tensile strength can be measured at two levels of concentration: 1 and 2 percentage by total flour weight. And a sensory test, it was found that brown rice pasta with xanthan gum at 2 percentage by total flour weight. has the highest overall acceptability score and has the highest tensile strength.

Keywords: Gluten-free, Brown rice, Chia seed, Mucilage, Hydrocolloids, Xanthan gum



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากผู้จัดทำได้รับความกรุณาช่วยเหลือพร้อมทั้งข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขปัญหา และปรับปรุงให้รายงานสัมมนา มีความสมบูรณ์และถูกต้อง ตลอดจนความดูแลเอาใจใส่การดำเนินการจัดทำรายงานสัมมนาทุกขั้นตอนอย่างดีจาก ผศ.ดร.กรรณิการ์ กุลยะณี อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งสละเวลาในการให้คำชี้แนะแนวทางที่ดีและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ตั้งแต่การค้นคว้าหาข้อมูล การวิเคราะห์ และเรียบเรียงข้อมูลตลอดจนการตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยของการจัดทำรายงานสัมมนาฉบับนี้ขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ดร.ศิริดา สังสินชัย ที่ให้เกียรติเข้าร่วมเป็นกรรมการในการนำเสนอวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งยังให้คำแนะนำ เพื่อให้นำไปปรับปรุงตนเองให้ดีขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมวิจัยของข้าพเจ้าทุกคน ที่คอยตอบคำถาม ให้คำปรึกษาและคอยให้กำลังใจข้าพเจ้าในทุกปัญหาที่เกิดขึ้น

จารุวรรณ ทองโพธิ์ใหญ่

พัฒนิตา โสภา

ปณิตา แสงสังข์

25 พฤษภาคม 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 แป้งข้าว	3
2.1.1 องค์ประกอบของแป้งข้าว	3
2.2 ข้าวกลี้อ	5
2.2.1 ข้าวกลี้อหอมมะลิแดง	8
2.3 เมล็ดเจีย	10
2.3.1 องค์ประกอบของเมล็ดเจีย	10
2.4 แป้งพรีเจลาตีไนซ์	13
2.4.1 การเกิดเจลาตีไนเซชัน (Gelatinization)	13
2.4.2 การเกิดรีโทรกราเดชัน (Retrogradation)	13
2.4.3 แป้งดัดแปร	14
2.4.4 แป้งพรีเจลาตีไนซ์ (Pre-gelatinized starch)	14
2.5 ไฮโดรคอลลอยด์	15
2.5.1 แชนแทนกัม	15
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	23
3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี
 ไม่มีการแก้ไขที่หนังสือพิมพ์ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.1 วัสดุดิบ	23
3.1.2 สารเคมี	23
3.2 อุปกรณ์	25
3.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง	26
3.3.1 การศึกษาผลของการใช้เมือกจากเมล็ดเจียต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง	26
3.3.1.1 การเตรียมเมือกจากเมล็ดเจีย	26
3.3.1.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเมือกจากเมล็ดเจีย	27
3.3.1.2.1 การวิเคราะห์ค่าความชื้น	27
3.3.1.2.2 การวิเคราะห์ค่าสี	27
3.3.1.2.3 การวิเคราะห์ค่ากำลังการพองตัวและการละลาย	27
3.3.1.2.4 น้ำหนักที่ได้หลังการสกัด	27
3.3.1.3 การเตรียมแป้งข้าวกล้อง	28
3.3.1.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้งข้าวกล้อง	28
3.3.1.4.1 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืด	28
3.3.1.4.2 การวิเคราะห์ค่าความชื้น	28
3.3.1.4.3 การวิเคราะห์ค่าสี	28
3.3.1.4.4 การวิเคราะห์ค่ากำลังการพองตัว และการละลาย	28
3.3.1.5 การเตรียมผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยการใช้เมือกจากเมล็ดเจีย	28
3.3.1.6 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจีย	30
3.3.1.6.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	30
3.3.1.6.2 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ	31
3.3.1.6.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.1.6.4 การวิเคราะห์ค่าสี	31
3.3.1.6.5 การวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้ม	31
3.3.1.6.6 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส	32
3.3.2 การศึกษาผลของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง	33
3.3.2.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์	34
3.3.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวกล้องโดยใช้เมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์	35
3.3.2.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น	35
3.3.2.2.2 การวิเคราะห์ค่าสี	35
3.3.2.2.3 การวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้ม	35
3.3.2.2.4 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส	35
3.3.2.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการทดสอบชิม	35
3.3.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ	35
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	37
4.1 ผลการศึกษาผลของการใช้เมือกจากเมล็ดเจียต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง	37
4.1.1 ผลการเตรียมเมือกจากเมล็ดเจีย	37
4.1.1.1 ลักษณะของเมือกจากเมล็ดเจียผงที่เตรียมได้	37
4.1.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นและค่าสีของเมือกเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากพีเอชที่แตกต่างกัน	37
4.1.1.3 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักที่ได้หลังการสกัด ค่ากำลังการพองตัว และการละลายของเมือกเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากพีเอชที่แตกต่างกัน	38
4.1.2 ผลการเตรียมแป้งข้าวกล้อง	39
เอกสารที่ 4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านกา	39

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของแป้งข้าวกล้อง	40
4.1.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งข้าวกล้อง	40
4.1.2.4 ผลการวิเคราะห์ค่ากำลังการพองตัวและการละลายของแป้งข้าวกล้อง	41
4.1.3 ผลการเตรียมผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจีย	42
4.1.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจีย	42
4.1.3.1.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	42
4.1.3.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ	43
4.1.3.1.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสี	44
4.1.3.1.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้ม	45
4.1.3.1.5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส	47
4.2 ผลการศึกษาผลของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง	48
4.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์	48
4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้น	48
4.2.1.2 การวิเคราะห์ค่าสี	49
4.2.1.3 การวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้ม	50
4.2.1.4 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส	52
4.2.1.5 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการทดสอบชิม	53
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	56
5.1 สรุปผล	56
5.2 ข้อเสนอแนะ	56

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	65
ภาคผนวก ก	66
ผลของการเปลี่ยนแปลงความหนืดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Brabender visco amylograph	66
ประวัติผู้เขียน	67



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงประโยชน์ของสารอาหารที่สำคัญในข้าวกล้อง	6
2.2 แสดงองค์ประกอบทางโภชนาการของข้าวกล้อง เป็นเกณฑ์ของ USDA	7
2.3 แสดงคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญในข้าวกล้องหอมมะลิแดง	9
2.4 แสดงองค์ประกอบทางโภชนาการของเมล็ดเจีย เป็นเกณฑ์ของ USDA	11
3.1 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมล็ดเจีย	29
3.2 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์	34
4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นและค่าสีของเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากพีเอชที่แตกต่างกัน	38
4.2 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักที่ได้หลังการสกัด ค่ากำลังการพองตัว และค่าการละลาย ของเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากพีเอชที่แตกต่างกัน	39
4.3 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้อง	40
4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของแป้งข้าวกล้อง	40
4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งข้าวกล้อง	41
4.6 ผลการวิเคราะห์ค่ากำลังการพองตัวและค่าการละลายของแป้งข้าวกล้อง	41
4.7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน	43
4.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน	44
4.9 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน	45
4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้มของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน	46
4.11 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน	47
4.12 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์	49
4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์	50
4.14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้มของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์	52

เอกสารนี้เป็นฉบับทดลองใช้ฟรีของงานวิจัยเรื่อง "การหุงต้มและคุณภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์" มิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.15 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจาก เมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์	53
4.16 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากข้าวกล้องโดยการใช้เมือกจาก เมล็ดเจีย	55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างของอะไมโลส	4
2.2 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลส	4
2.3 แสดงโครงสร้างของอะไมโลเพคติน	5
2.4 แสดงองค์ประกอบที่สำคัญของเมล็ดข้าวกล้อง	6
2.5 ข้าวกล้องหอมมะลิแดง	9
2.6 เมล็ดเจีย	10
2.7 แสดงปริมาณไฟเบอร์ของอาหารทางเลือก	12
2.8 แสดงลักษณะสีของผงแซนแทนกัม	16
2.9 แสดงโครงสร้างของแซนแทนกัม	16
2.10 เส้นใหญ่สด	18
2.11 เส้นหมี่ขาว	19
2.12 เส้นเล็กแห้ง	19
2.13 แผ่นก๋วยจั๊บน้ำร้อน	20
2.14 ขนมจีนแป้งหมัก	21
2.15 ขนมจีนแป้งสด	21
2.16 บะหมี่	22
3.1 แสดงการผลิตเส้นพาสต้า	29
3.2 แสดงการผลิตเส้นพาสต้า	34
4.1 ผงเมื่ออกจากเมล็ดเจีย	37
ค.1 กราฟแสดงความหนืดจากเครื่อง Brabender visco amylograph ของแป้งข้าวกล้องข้า้ที่ 1	66
ค.2 กราฟแสดงความหนืดจากเครื่อง Brabender visco amylograph ของแป้งข้าวกล้องข้า้ที่ 2	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พาสต้า (Pasta) เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งอาหารประเภทนี้เป็นที่นิยมในประเทศไทยมากขึ้น จากสถิติประเทศไทยมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ประเภทพาสต้า มักกะโรนี หรือประเภทเส้นต่าง ๆ เป็นจำนวนเงินมากกว่า 81 ล้านบาท (Marachai และคณะ, 2013) ซึ่งแสดงถึงความต้องการบริโภคมากขึ้น โดยแป้งสาลีซึ่งเป็นส่วนผสมหลักของพาสต้ามีโปรตีนกลูเตนซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ทำให้ผู้ป่วยที่แพ้กลูเตนไม่สามารถบริโภคอาหารประเภทนี้ได้ ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ไม่เพียงแต่ตอบสนองความต้องการของผู้ป่วยที่มีอาการแพ้กลูเตน (Celiac disease) อีกทั้งยังรวมถึงผู้บริโภคที่เชื่อว่าผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนเป็นสินค้าสุขภาพ (Valeria และคณะ, 2017)

ปัจจุบันจึงทำให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งชนิดนี้ต่าง ๆ ที่ปราศจากกลูเตนเป็นที่สนใจมากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่แพ้สารกลูเตน อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน เส้นใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระให้แก่ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ความไม่สมดุลทางโภชนาการแล้ว ผู้บริโภคยังมองว่าผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนยังมีความน่าสนใจน้อยในแง่ของเนื้อสัมผัสและรสชาติ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกันที่มีกลูเตน แต่ในช่วงไม่กี่ปีมานี้ ได้มีงานวิจัยค้นพบแหล่งของคุณค่าทางโภชนาการที่ดี สามารถนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนได้ เช่น เมล็ดเจีย ที่อุดมไปด้วยโปรตีน ใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระ อีกทั้งเมล็ดเจียยังมีเมือก ซึ่งเป็นสารให้ความชุ่มชื้นที่ดี ซึ่งสามารถช่วยพัฒนาด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนได้อีกด้วย (Valeria และคณะ, 2017)

การใช้แป้งข้าวเข้ามาทดแทนแป้งสาลีก็ถือว่าเป็นทางเลือกที่ดีในการผลิตพาสต้า เนื่องจากแป้งข้าวนั้นไม่มีโปรตีนที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ ดังนั้นจึงได้มีการเลือกใช้แป้งข้าวกว๊านทดแทนแป้งสาลี เนื่องจากข้าวกว๊านเป็นข้าวที่ไม่ได้ผ่านการขัดสี หรือนำเปลือกออกจนหมด จึงทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการเหนือกว่าข้าวขาว และมีประโยชน์มากมาย รวมถึงไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อโรค (Celiac disease) (Baek และคณะ, 2009) แต่อย่างไรก็ตาม ยังคงพบปัญหาในการผลิตพาสต้าที่ทำจากแป้งข้าว ได้แก่ แป้งข้าวไม่สามารถขึ้นรูปได้ และเส้นพาสต้าขาดง่ายไม่แข็งแรง ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส และคุณภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ได้ ซึ่งในปัจจุบันจึงได้มีการนำสารไฮโดรคอลลอยด์มาใส่ในผลิตภัณฑ์พาสต้าเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ทำจากแป้งข้าวให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น (Sozer และคณะ, 2009)

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของพาสต้าข้าวกว๊านโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจีย และไฮโดรคอลลอยด์ โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ คุณลักษณะเนื้อสัมผัส และเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพการหุงต้มของพาสต้า นอกจากนี้การใช้แป้งข้าวกล้อง และเมื่อจากเมล็ดเจียยังเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 5.1 เพื่อศึกษาผลของการใช้เมื่อจากเมล็ดเจียต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง
- 5.2 เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงผลและระดับความเข้มข้นของการใช้เมื่อจากเมล็ดเจียที่เหมาะสมในการพัฒนาคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง
2. ทราบถึงผลและระดับความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ที่ช่วยพัฒนาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แป้งข้าว

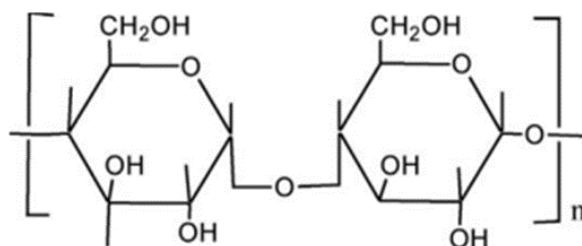
แป้งข้าว เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้าวขาวเต็มเมล็ดหรือข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือก ซึ่งประกอบด้วยแป้งประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ (อรอนงค์, 2550) กรรมวิธีการผลิตแป้งจากธัญพืชจะเริ่มจากการสีข้าวเพื่อแยกเอนโดสเปิร์มออกจากส่วนรำและจมูกข้าวแล้วนำเอาเอนโดสเปิร์ม ที่มีแป้งสตาร์ชประกอบอยู่เป็นส่วนใหญ่มาแช่น้ำ โม่และบด แล้วทำให้แห้งเป็นผง แป้งต่างชนิดกันจะมีส่วนประกอบต่างกัน จึงทำให้แป้งมีคุณสมบัติทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ ทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพต่างกันด้วย โดยทั่วไปแป้งจะมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด ซึ่งจะอยู่ในรูปของสตาร์ช รองลงมาคือ โปรตีน นอกจากนี้ยังมีไขมัน เซลลูโลส ถ้าวิตามิน สารสี เอนไซม์ ความชื้น หรือน้ำ (งามชื่น, 2541)

2.1.1 องค์ประกอบของแป้งข้าว

1. อะไมโลส

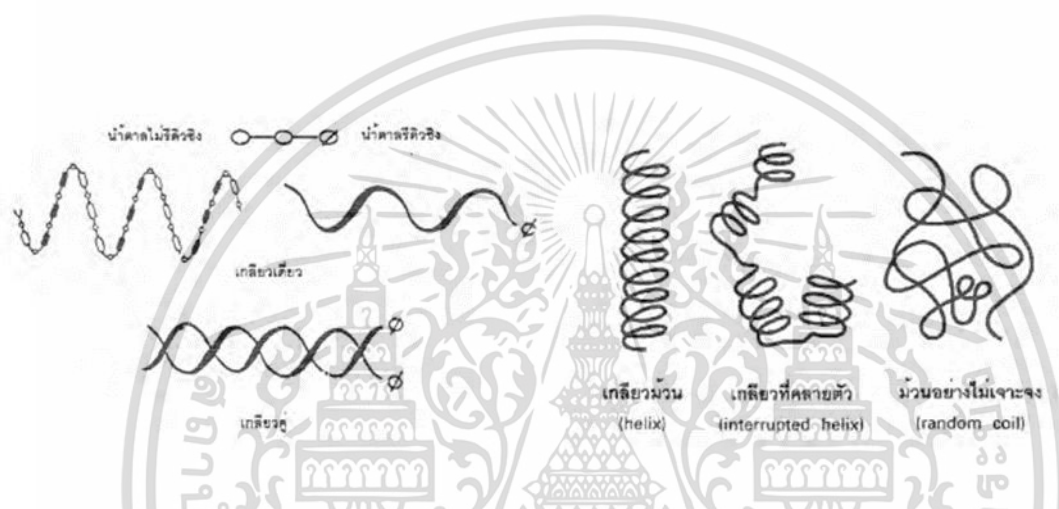
อะไมโลสเป็นโพลีเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วย D-glucopyranose ซึ่งมีกลูโคสประมาณ 1,000 – 6,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4-glycosidic linkage อาจพบกิ่งก้านสาขาในโมเลกุลของอะไมโลสได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปร่างไปตามสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมากทำให้มีความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลอื่นได้สูง (กล้าณรงค์ และคณะ, 2546) ซึ่งโครงสร้างของอะไมโลสนั้น มีทั้งแบบสายเดี่ยวและสายคู่ เมื่ออยู่ในสารละลายจะมีหลายรูปแบบ คือ ลักษณะเป็นเกลียวม้วน (Helix) เกลียวที่คล้ายตัว (Interrupted helix) หรือม้วนงออิสระ (Random coil) (ดังภาพที่ 2.2) โดยทั่วไปแป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะไมโลสสูงประมาณ 22-30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาคูดจะมีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่าคืออยู่ในช่วง 18-24 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโมเลกุลอะไมโลสอยู่ในช่วง 105 ถึง 106 ดาลตัน โดยอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันไป เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมี Degree of polymerization (DP) ของอะไมโลสแตกต่างกัน (Hizukuri, 1995) แป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมี DP ของอะไมโลส อยู่ในช่วง 1,000 ถึง 6,000 สูงกว่าแป้งข้าวโพด และแป้งสาลีซึ่งมี DP ของอะไมโลสในช่วง 200 ถึง 1,200 แป้งที่มีสายของอะไมโลสยาวมาก จะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรดชันลดลง (Bule และคณะ, 1998; Hizukuri, 1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของอะไมโลส

ที่มา : Hassan (2017)



ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลส

ที่มา : Oates และคณะ (1996)

2. อะไมโลเพคติน

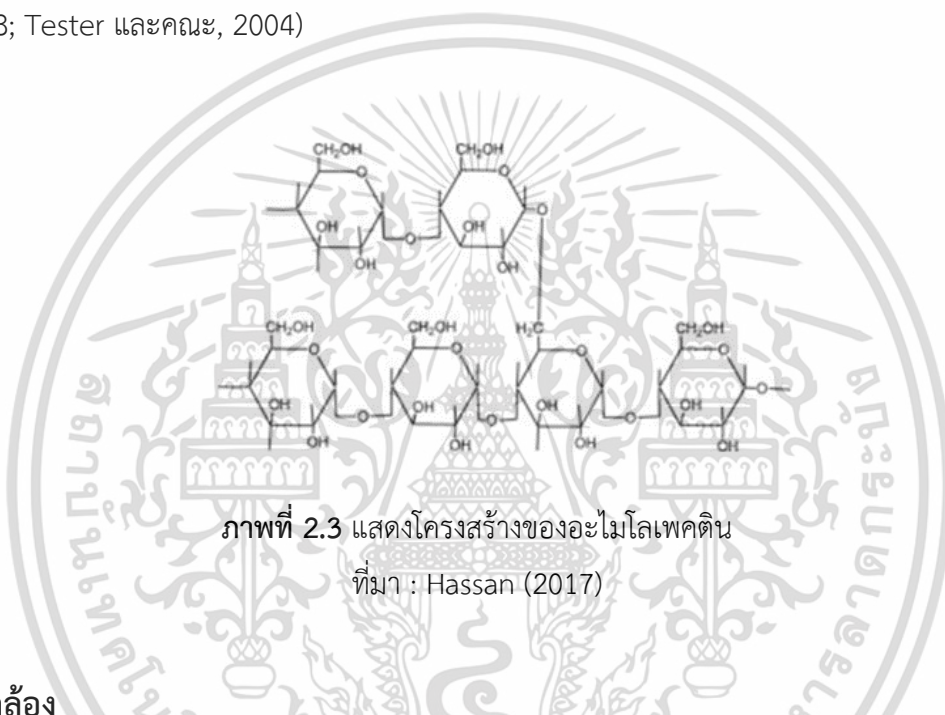
อะไมโลเพคติน เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4-glycosidic linkage และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาซึ่งเป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้นมี DP อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6-glycosidic linkage โดยหน่วยกลูโคสที่มีพันธะ α -1,6-glycosidic linkage มีอยู่ประมาณ ร้อยละ 5 ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอะไมโลเพคตินทั้งหมด DP ของอะไมโลเพคตินในสตาร์ชแต่ละชนิดจะมีค่าประมาณ 2 ล้านหน่วย อะไมโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 1,000 เท่าของอะไมโลส คือประมาณ 107-109 ดาลตัน (กล้าณรงค์ และคณะ, 2546) และมีอัตราการคินตัวต่ำ เนื่องจากอะไมโลเพคตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่งลักษณะโครงสร้างแบบกิ่งของอะไมโลเพคติน ประกอบด้วยสาย (Chain) 3 ชนิด คือ

1. สาย A (A - chain) เชื่อมต่อกับสายอื่นที่ตำแหน่งเดียว ไม่มีกิ่งเชื่อมต่อออกจากสายชนิดนี้ (Unbranched structure)
 2. สาย B (B - chain) เป็นสายสั้นที่แตกแขนงได้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 3. สาย C (C - chain) เป็นสายสั้นที่แตกแขนงได้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สาย B (B - chain) มีโครงสร้างแบบกิ่งเชื่อมต่อกับสายอื่น ๆ 2 สายหรือมากกว่า โครงสร้างอะไมโลเพคตินประกอบด้วยสาย A และสาย B ในอัตราส่วน 0.8 - 0.9 : 1

3. สาย C (C - chain) แบบสายแกนซึ่งประกอบด้วยหมู่รีดิวซ์ 1 หมู่ ใน อะไมโลเพคตินแต่ละโมเลกุล ประกอบด้วยสาย C หนึ่งสายเท่านั้น

จากการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านพบว่า หน่วยความยาวของสาย (Unit chain lengths) หรือเรียกสั้น ๆ ว่าความยาวของสาย (Chain lengths, CL) ของอะไมโลเพคตินมีความสัมพันธ์กับลักษณะผลึกของสตาร์ชแต่ละชนิด โดยสตาร์ชที่มีผลึกแบบ A (CL ประมาณ 14-20 หรือน้อยกว่า 20 จะมีความยาวของสายอะไมโลเพคตินสั้นกว่าแบบ B (CL ประมาณ 16-22 หรือ มากกว่า 22) (Hizukuri, 1985; Cheetam และคณะ, 1998; Tester และคณะ, 2004)



2.2 ข้าวกล้อง

ข้าวกล้อง หรือเรียกอีกชื่อว่า ข้าวซ้อมมือ คือข้าวที่สีเอาเปลือก (แกลบ) ออกโดยที่ยังมีจมูกข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (รำ) อยู่ ข้าวกล้องจะมีสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวมีประโยชน์มากมาย ซึ่งข้าวกล้องนั้นเป็นข้าวที่ไม่ได้ผ่านการขัดสี หรือนำเปลือกออกจนหมด (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์, 2563) จึงทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการเหนือกว่าข้าวขาวที่ประกอบไปด้วย วิตามิน เช่น vitamin B1 Vitamin B2 Vitamin B6 Vitamin E niacin และเกลือแร่ ได้แก่ แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส ทองแดง ซึ่งจะช่วยให้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และยังมีเส้นใยอาหารมาก (Dietary fiber) ซึ่งช่วยในการทำงานของระบบการขับถ่าย และช่วยป้องกันมะเร็งในลำไส้ใหญ่ รวมไปถึงไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อโรค (Celiac disease) มากไปกว่านั้นในข้าวกล้องนั้นมีสาร GABA เป็นกรดอะมิโนที่ผลิตจากกระบวนการ Decarboxylation (Manyam และคณะ, 1981) ของกรดกลูตามิก สาร GABA ช่วยทำให้เกิดการรักษาสมดุลในสมอง ทำให้เกิดความผ่อนคลาย ช่วยลดความดันโลหิต ลดอาการอัลไซเมอร์ (Kayahara และคณะ, 2000) และช่วยในการเจริญเติบโต ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อในร่างกาย เนื่องจากสาร GABA ไปกระตุ้นต่อมไร้ท่อให้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

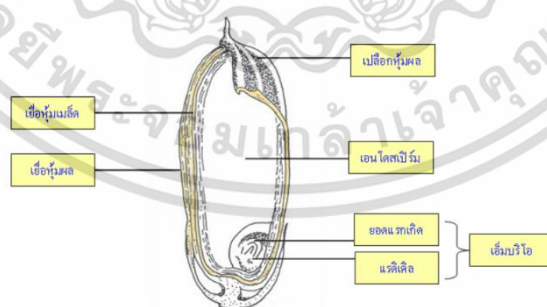
ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต มีผลทำให้สุขภาพร่างกายดีขึ้น (ดังตารางที่ 2.1) แสดงประโยชน์ของสารอาหารที่สำคัญในข้าวกล้อง

ตารางที่ 2.1 แสดงประโยชน์ของสารอาหารที่สำคัญในข้าวกล้อง

สารอาหาร	ประโยชน์
คาร์โบไฮเดรต	ให้พลังงานแก่ร่างกาย
โปรตีน	ช่วยเสริมสร้าง ซ่อมแซม ส่วนที่สึกหรอ
ไขมันชนิดไม่อิ่มตัว	ให้พลังงานและความอบอุ่นแก่ร่างกาย
วิตามินบี 1	ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา ช่วยในการทำงานของระบบประสาทเพื่อบังคับกล้ามเนื้อ
วิตามินบี 2	ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก
วิตามินบี 3	ช่วยในการทำงานของระบบผิวหนังและระบบประสาท
วิตามินบี 5	ช่วยรักษาสมดุลของของเหลวในเนื้อเยื่อ ช่วยต่อต้านความเครียด
วิตามินอี	มีสารแกมมา ออริซานอล (Gamma-Oryzanol) ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด และมีสารแกมมา อะมิโนบิวทิริก แอซิด (Gamma Amino butyric acid; GABA) ช่วยบำรุงเซลล์ประสาท ทำให้ผ่อนคลาย ลดความวิตกกังวล
กรดโฟลิก	ช่วยบำรุงเลือด
เส้นใยอาหาร	ช่วยในการขับถ่าย ป้องกันโรคท้องผูก และมะเร็งลำไส้ใหญ่

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544)

2.2.1 องค์ประกอบของข้าวกล้อง



ภาพที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบที่สำคัญของเมล็ดข้าวกล้อง

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544)

ข้าวเป็นธัญพืช (Cereal grain) ชนิดหนึ่ง เมล็ดข้าวหุ้มด้วยชั้นเปลือกหลายชั้น ชั้นนอกสุดเป็น แกลบ (Husk) ซึ่งเป็นเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส เมื่อสีเอาชั้นแกลบออกจะได้ข้าวกล้องซึ่งในเมล็ดข้าวกล้องไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วย จมูกข้าวหรือคัพพะ (Germ หรือ Embryo) และส่วนเอนโดสเปิร์มหรือข้าวขาวห่อหุ้มด้วยชั้นรำข้าว (Rice bran) ซึ่งประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดหลายชั้น เยื่ออาลูลอนหรือชั้นรำละเอียดเป็นชั้นในสุดที่ติดกับเอนโดสเปิร์ม (เครื่อวัลย์, 2540) มีโปรตีนสูง และไขมันสูง นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วย Cellulose และ Hemicellulose จมูกข้าว (Germ) อยู่ติดกับ Endosperm ทางด้าน Lemma เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไป ประกอบด้วย ต้นอ่อน (Plumule) รากอ่อน (Radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (Coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (Coleorhiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (Epiblast) และใบเลี้ยง (Scutellum) มีโปรตีน และลิพิด วิตามินและแร่ธาตุสูง ในส่วนของเอนโดสเปิร์ม คือส่วนเมล็ดข้าวสารที่นำมารับประทาน (กัญญา, 2540) มีส่วนประกอบส่วนใหญ่คือคาร์โบไฮเดรตที่เป็นสตาร์ชซึ่งมี Amylose และ Amylopectin เป็นส่วนประกอบหลัก อยู่รวมเป็นเม็ดสตาร์ช (Starch Granule) ซึ่งในข้าวกล้องมีโปรตีนในข้าวที่ขัดสีแล้วมีปริมาณ ร้อยละ 7-8 โดยสามารถจำแนกตามความสามารถในการละลายได้ 4 ชนิด คือ Albumin, Globulin, Prolamin และ Glutelin ซึ่งโปรตีนเหล่านี้มีบทบาทในการขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ช (Starch Granule)

ตารางที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบทางโภชนาการของข้าวกล้อง เป็นเกณฑ์ของ USDA

คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม	
พลังงาน	368 กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	75.5 กรัม
ไขมัน	3.85 กรัม
โปรตีน	7.19 กรัม
เถ้า	104 กรัม
วิตามิน	
ไทอามีน (บี1)	0.322 กรัม
ไรโบฟลาวิน (บี2)	0.008 กรัม
ไนอาซิน (บี3)	5.99 กรัม
วิตามินบี6	0.132 กรัม
แร่ธาตุ	
แคลเซียม	10 มิลลิกรัม
เหล็ก	1.5 มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	124 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	319 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	265 มิลลิกรัม
โซเดียม	1 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม

สังกะสี	1.91 มิลลิกรัม
คอปเปอร์	0.286 มิลลิกรัม
แมงกานีส	2.84 มิลลิกรัม
ซีลีเนียม	9.7 ไมโครกรัม
โพลีฟีนอล	56.2 ไมโครกรัม

ที่มา : <http://www.usda.gov>

2.2.1 ข้าวกล้องหอมมะลิแดง

เป็นข้าวกล้องจากเขตรอินทรีย์ มีขั้นตอนการผลิตโดยใช้ปุ๋ยหมักจากธรรมชาติ น้ำหมักชีวภาพ (สุริยา, 2542) ซึ่งไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและยาปราบศัตรูพืชใด ๆ ทั้งสิ้น จะได้เมล็ดสวยงามมีสีธรรมชาติ โดยไม่ขัดขาว จะได้เป็นเมล็ดข้าวมีสีแดงโดดเด่นกว่าข้าวกล้องทั่วไป ข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีลักษณะทางกายภาพคือ เป็นเมล็ดข้าวเรียวยาว มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลแดงเข้มหรือเป็นข้าวที่มีลักษณะเยื่อหุ้มเมล็ดสีชมพูแดง แดงเข้ม จนถึงสีน้ำตาลแดง เมื่อหุงแล้วได้เนื้อข้าวนุ่มร่วนซึ่งให้รสสัมผัสคล้ายข้าวหอมมะลิที่มีความเคี้ยวมันและทรงคุณค่า (เกษตรและสหกรณ์, 2560) อีกทั้งยังมีคุณสมบัติเด่นทางด้านโภชนาการซึ่งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าข้าวขาว (ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก, 2552) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านปริมาณของฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก ทองแดง วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินซี และยังมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง (กรมการข้าว, 2560) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระจะช่วยลดอัตราการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือด โรคข้ออักเสบ และโรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น และองค์ประกอบทางโภชนาการที่สำคัญของข้าวกล้องหอมมะลิแดงได้แก่ สารอาหารจำพวกแป้ง ไขมันไม่อิ่มตัว ไม่มีคลอเรสเตอรอล โปรตีนที่มีหน้าช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย ฟอสฟอรัสที่ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน แคลเซียมช่วยลดอาการเป็นตะคริว วิตามินบี1ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี2มีประโยชน์ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก อีกทั้งยังมีทองแดงช่วยในการสร้างเม็ดเลือด และใยอาหารป้องกันอาหารท้องผูก เป็นต้น (Sukhonthara และคณะ, 2009)

2.2.1.1 คุณสมบัติของข้าวกล้องหอมมะลิแดง

ข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีคุณสมบัติที่โดดเด่นทางด้านโภชนาการโดยจะมีดัชนีน้ำตาลต่ำ ช่วยในการป้องกันและบรรเทาโรคเบาหวานได้ดีและจากการทดสอบพบว่า ข้าวหอมมะลิแดงที่หุงสุกแล้วมีการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลกลูโคสในช่วงเวลา 20 นาทีแรกค่อนข้างช้า คือ 10.60 กรัมต่อ 100 กรัม และปริมาณน้ำตาลกลูโคสหลังจากย่อยผ่านไป 120 นาที มีค่าเพียง 8.59 กรัมต่อ 100 กรัม (กรมการข้าว, 2560) แสดงให้เห็นว่า ข้าวกล้องหอมมะลิแดงน่าจะเป็นข้าวพื้นเมืองที่มีดัชนีน้ำตาลที่เหมาะสมกับการส่งเสริมให้ผู้บริโภคที่อยู่ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาวะปกติ หรือผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ได้รับประทานเพราะเมื่อรับประทานข้าวชนิดนี้เข้าไปแล้ว ร่างกายจะมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มสูงขึ้นช้ากว่าข้าวเจ้าทั่วไป (กองพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, 2562)



ภาพที่ 2.5 ข้าวกล้องหอมมะลิแดง
ที่มา : <https://www.palangkaset.com>

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญในข้าวกล้องหอมมะลิแดง

สารอาหาร	ปริมาณสารอาหารที่ได้รับ (มก./กก.)
ธาตุเหล็ก	12
สังกะสี	3.8
ทองแดง	4.3
วิตามินอี	336.62
เบต้าแคโรทีน	3.26
ลูทีน	9.12
โพลีฟีนอล	329.30

ที่มา : สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว 2560

2.2.1.2 คุณสมบัติของข้าวกล้องหอมมะลิแดง

เนื้อเกรนแท้ ๆ ของข้าวกล้องหอมมะลิแดงช่วยให้อิ่มเร็ว และอิ่มท้องนานไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ และเปี่ยมไปด้วยวิตามิน B ที่ช่วยรักษาภูมิแพ้และเติมไปด้วยไฟเบอร์ที่ช่วยในเรื่องของการขับถ่าย อีกทั้งยังอุดมไปด้วยธาตุเหล็กและทองแดงที่ช่วยบำรุงเลือดเหมาะกับผู้ที่เป็นโลหิตจางและผู้หญิงที่มีประจำเดือนม และยังมีวิตามินบี 1 กับวิตามินบี 2 ที่ทำหน้าที่บำรุงสมองและช่วยบรรเทาอาการอ่อนเพลีย ส่วนไนอะซินช่วยทำให้ผิวหนังแข็งแรงและทำให้มีประสาทที่ฉับไว อีกทั้งยังมีแคโรทีนในข้าวซึ่งจะแปลงสภาพเป็นวิตามินเอในร่างกาย ช่วยบำรุงสายตา (Hongtongrice, 2016) นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยวจากพื้นที่เพาะปลูกในลักษณะของข้าวเปลือกจะถูกนำมาผ่านกระบวนการสี โดยปกติในขั้นตอนการสีไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวจะได้ปลายข้าวเป็นผลพลอยได้หลังจากผ่านการสีประมาณร้อยละ 15 ซึ่งเป็นส่วนของข้าวสารที่หักไม่เต็ม เมล็ด ปลายข้าวมักนิยมนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ทำให้มีราคาถูก อีกทั้งการนำปลายข้าวกลิ้งหอมมะลิแดงซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีราคาถูกมาใช้ประโยชน์โดยการนำมาผลิตเป็นอาหารหรือเครื่องสำอางจะเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าของปลายข้าวได้อีกด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

2.3 เมล็ดเจีย

เมล็ดเจีย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Salvia hispanica* L. เป็นเมล็ดที่ได้จากต้นชีอา (*Salvia hispanica*) ซึ่งเป็นพืชดอกในวงศ์กะเพราและมีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตอนกลางและตอนใต้ของเม็กซิโก เมล็ดชีอาเป็นรูปรี สีออกเทา มีลายจุดสีดำและสีขาว มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร (0.04 นิ้ว) เมื่อนำไปแช่น้ำ เมล็ดเจียจะสามารถดูดซับน้ำได้มากถึง 12 เท่า (Knez และคณะ, 2019) และจะสร้างเมือกหุ้มเมล็ดซึ่งทำให้อาหารและเครื่องดื่มที่ใส่เมล็ดนี้มีเนื้อสัมผัสแบบเจล นอกจากนี้ภายในเมล็ดเจีย ยังอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารอย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็น โปรตีน พลังงาน น้ำ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ไฟเบอร์ แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส ซิงก์ โซเดียม วิตามินเอ วิตามินบี 1 ถึงบี 3 และบี 6 ตลอดจนโฟเลต กรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว เป็นต้น



ภาพที่ 2.6 เมล็ดเจีย

ที่มา : <https://www.kapook.com>

2.3.1 องค์ประกอบของเมล็ดเจีย

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดเจียแสดงดังตารางที่ 2.4 เมล็ดเจียมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เนื่องจากมีเส้นใยอาหารและไขมันสูง มีประมาณ 30–34 กรัม ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) มีสัดส่วนประมาณ 85–93 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (SDF) มีประมาณ 7–15 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Bartosz และคณะ, 2019) เมล็ดเจียอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน สารต้านอนุมูลอิสระ วิตามิน และแร่ธาตุ มีมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และเป็นหนึ่งในแหล่งธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ที่สุดของกรดไขมันที่จำเป็น α -linolenic [ALA; 18:3(n-3)] เมล็ดเจียมีโปรตีนคุณภาพสูง

(ประมาณ 19–27 เปอร์เซ็นต์) พร้อมด้วยกรดอะมิโนจำเป็น โดยเฉพาะเมไทโอนีนและซิสเทอีน (Ayerza, 2013; Sandoval และคณะ, 2013)

ใยอาหารประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ และโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ผนังพืชที่ละลายน้ำได้ (เพคติน กัม และอื่น ๆ) และไม่ละลายน้ำ (ลิกนิน เซลลูโลส และอื่น ๆ) เส้นใยเหล่านี้ได้รับการยอมรับว่ามีผลกระทบทางชีวภาพหลายประการ เช่น ชะลอการปลดปล่อยกลูโคสจากอาหาร และการลดลงของน้ำตาลในเลือดหลังตอนกลางวัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ลดโอกาสในการเกิดโรคเบาหวาน และโรคหัวใจและหลอดเลือด (Schwingshackl และคณะ, 2013)

ตารางที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบทางโภชนาการของเมล็ดเจีย เป็นเกณฑ์ของ USDA

คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม (เมล็ดเจียแห้ง)	
พลังงาน	486 กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	42.12 กรัม
ใยอาหาร	34.4 กรัม
โปรตีน	7.19 กรัม
ไขมัน	30.74 กรัม
อิ่มตัว	3.330
ไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่เดี่ยว	2.309
ไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่หลายคู่	23.665
โอเมกา-3	17.8 กรัม
โอเมกา-6	5.8 กรัม
วิตามิน	
วิตามินเอ	54 ไมโครกรัม
ไทอามีน (บี1)	0.62 มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน (บี2)	0.17 มิลลิกรัม
ไนอาซิน (บี3)	8.83 มิลลิกรัม
โฟเลต (บี9)	49 ไมโครกรัม
วิตามินซี	1.6 มิลลิกรัม
วิตามินอี	0.5 มิลลิกรัม

แร่ธาตุ

แคลเซียม

631 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เหล็ก

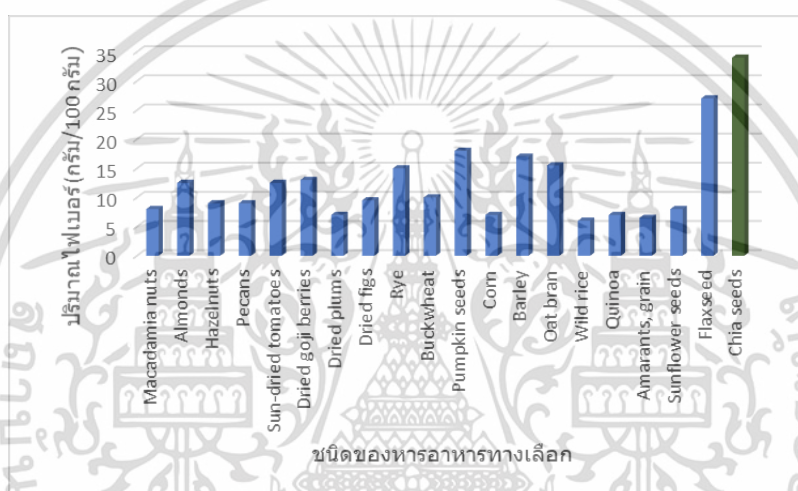
7.72 มิลลิกรัม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม (เมล็ดเจียแห้ง)

แมกนีเซียม	335 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	860 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	407 มิลลิกรัม
โซเดียม	16 มิลลิกรัม
สังกะสี	4.58 มิลลิกรัม
แมงกานีส	2.723 มิลลิกรัม

ที่มา : <http://www.usda.gov>



ภาพที่ 2.7 แสดงปริมาณไฟเบอร์ของอาหารทางเลือก

ที่มา : ดัดแปลงจาก Bartosz และคณะ (2019)

นอกจากนี้ เมื่อนำเมล็ดเจียไปแช่น้ำ มันจะปลดปล่อยเอาเมือกที่เรียกว่า Chia Mucilage (CM) ออกมา เมือกนี้มีลักษณะเป็นเจลที่ประกอบไปด้วยใยอาหารที่มีส่วนที่ละลายน้ำได้ และคิดเป็นร้อยละ 6 ของเมล็ด เจลที่ก่อตัวออกมาจากเมล็ดนี้มีการนำไปใช้งานมากมายในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เป็นสารทำให้ข้น สารทำให้เกิดเจล การควบคุมซินเนเรซิส (Syneresis) และสารจับประจุหรือสารคีเลต (Chelator)

จากงานวิจัยของ Valeria และคณะ (2017) ที่ศึกษาการใช้เมือกจากเมล็ดเจียพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนฟรี พบว่ามีปริมาณโปรตีน ใยอาหาร แร่ธาตุ วิตามิน และสารต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับพาสต้าปราศจากกลูเตนในท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 แป้งพรีเจลาตินซ์

2.4.1 การเกิดเจลาตินในเซชัน (Gelatinization)

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxy group) จำนวนมาก ซึ่งยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน จึงทำให้แป้งมีสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปร่างแหในขณะที่ยังอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำ และพองตัวได้เล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้ทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง ส่งผลให้เม็ดแป้งดูดน้ำและพองตัว โดยระยะแรกเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัด และเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่สอง เม็ดแป้งเกิดการพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหไมเซลล์ภายในเม็ดแป้งอ่อนแอลงเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลายลง เม็ดแป้งจึงดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น และเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่า การเกิดเจลาตินในเซชัน (กล้าณรงค์ และคณะ, 2550) ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปจนเข้าสู่ระยะที่สาม รูปร่างเม็ดแป้งไม่แน่นอน การละลายของแป้งเพิ่มขึ้นเมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล โดยการเกิดเจลาตินในเซชันของแป้งทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ได้ดีขึ้น รวมทั้งพร้อมที่จะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่าง ๆ ได้ดีกว่า ซึ่งอุณหภูมิในการเกิดเจลาตินในเซชันจะแตกต่างกันไปตามชนิด และองค์ประกอบของแป้ง เช่น ปริมาณไขมัน สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน และการจัดเรียงตัวและขนาดของแป้ง เนื่องจากการจัดเรียงตัวของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน ภายในเม็ดแป้งมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ ทำให้เม็ดแป้งมีขนาดแตกต่างกันส่งผลให้แป้งแต่ละชนิดต่างมีลักษณะการเกิดเจลที่ต่างกันไปด้วย ซึ่งในการเกิดของเม็ดแป้งแบ่งได้ 3 ระยะ คือ ระยะแรก เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัด การเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่างไมเซลล์ยึดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างแบบ Birefringence ได้เมื่อมีการใส่สารเคมีหรือเพิ่มอุณหภูมิกับสารละลายน้ำแป้งจนถึงประมาณ 65 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่แท้จริงขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่างไมเซลล์ภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่าการเกิดเจลาตินในเซชัน เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนรูปร่างและโครงสร้าง Birefringence ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมาเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปจนเข้าสู่ระยะที่ 3 รูปร่างเม็ดแป้งมีลักษณะไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อทำให้เย็นจะเกิดเจล การเกิดเจลาตินในเซชันของแป้งจะทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ได้ดีขึ้น (ตุษฎี และคณะ, 2551)

2.4.2 การเกิดรีโทรกราเดชัน (Retrogradation)

การเกิดรีโทรกราเดชันหรือการคืนตัว (Setback) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหลังการเกิดเจลาตินในเซชัน โดยเมื่อเม็ดสตาร์ได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิเจลาตินในเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไปเม็ดสตาร์จะพองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กระบายในน้ำ เมื่อสารแขวนลอยเย็นลง โมเลกุลสตาร์จะจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจน (กล้าณรงค์ และคณะ, 2550) เกิดเป็นโครงสร้างแบบร่างแหสามมิติที่ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณำไปใช้

สามารถคั่งน้ำและไม่มี การดูดน้ำเข้ามาอีก ถ้าสารละลายสตาร์ชมีความเข้มข้นต่ำและเย็นตัวช้าจะทำให้เกิดการตกตะกอนเนื่องจากโมเลกุลสตาร์ชเข้ามาเรียงชิดกัน แต่ถ้าสารละลายสตาร์ชมีความเข้มข้นสูงและเย็นตัวเร็วจะทำให้เกิดลักษณะเจลขึ้น โครงสร้างแบบร่างแหสามารถกักเก็บน้ำไว้ภายในได้ดี เมื่อเก็บสตาร์ชเจลไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในถูกบีบออกมาภายนอกเจล เรียกว่า Syneresis ทำให้เจลมีลักษณะขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น (กล้าณรงค์ และคณะ, 2543) ปริมาณและความยาวของโมเลกุลอะไมโลสมีความสำคัญต่อการคืนตัวหรือรีโทรเกรเดชันของสตาร์ช สตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะเกิดการคืนตัวได้มากและเร็วกว่าสตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลสเพคตินสูง ความยาวของสายอะไมโลสประมาณ 100 - 200 กลูโคสยูนิตจะเกิดการคืนตัวได้ดีที่สุด โดยที่อัตราการคืนตัวจะลดลงเมื่อความยาวของอะไมโลสสั้นหรือยาวกว่านี้ ถ้าโมเลกุลอะไมโลสยาวเกินไปการเคลื่อนที่ของสายอะไมโลสเข้าใกล้อะไมโลสสายอื่นที่อยู่ใกล้กันจะเกิดยากขึ้น และถ้าสายอะไมโลสสั้นเกินไปจะทำให้การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างอะไมโลสเป็นโครงสร้างแบบร่างแหทำได้ไม่สมบูรณ์และอาจไม่เกิดลักษณะเจล (Swinkels, 1985)

2.4.3 แป้งดัดแปร

แป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่งหรือแป้งสาลี มาเปลี่ยนสมบัติทางกายภาพหรือทางเคมีโดยการใช้ความร้อน และเอนไซม์ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ โดยวัตถุประสงค์ของการดัดแปรนั้น เนื่องจากว่าแป้งข้าวเจ้าหรือแป้งจากแหล่งอื่นที่ผลิตจำหน่ายอยู่ จัดเป็นแป้งดิบ (Native starch) ซึ่งมีสมบัติเฉพาะตัวตามชนิดของแป้ง เช่น ไม่ละลายน้ำ เมื่อผลิตเป็นแป้งเปียกจะไม่ทนความเป็นกรด ไม่ทนต่อแรงคนผสม ทำให้การนำไปใช้ประโยชน์อยู่ในวงจำกัดและมีมูลค่าต่ำ หากนำแป้งดังกล่าวมาปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้กว้างขวางขึ้น และมีความสะดวกในการใช้มากขึ้นทั้งในรูปที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่น ๆ ซึ่งจะเป็นการช่วยแก้ปัญหาในภาวะที่มีผลผลิตข้าวปริมาณมากเกินไปและทำให้ได้สินค้าชนิดใหม่จากวัตถุดิบแป้งข้าว ซึ่งจะช่วยเพิ่มมูลค่าของข้าวได้ด้วย (พนิดา, 2549)

2.4.4 แป้งพรีเจลาติไนซ์ (Pre-gelatinized starch)

แป้งพรีเจลาติไนซ์หรือแป้งพรีเจล ทางการค้าเรียกว่า Alpha starch เป็นแป้งที่ผ่านการดัดแปรคุณสมบัติ ด้วยวิธีทางกายภาพโดยการใช้ความร้อน แป้งพรีเจลาติไนซ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษไว้ทำอาหารหลากหลายชนิด มีความสามารถในการช่วยทำให้อาหารหนืดขึ้นอย่างทันทีโดยไม่ต้องผ่านความร้อนใด ๆ แป้งพรีเจล สามารถละลายในน้ำเย็น หรือน้ำอุ่นได้เพราะมีคุณสมบัติให้ความหนืดได้ทันทีเมื่อใส่ น้ำ จึงเหมาะกับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากอุณหภูมิ (พิมพ์เพ็ญ, 2564) โดยแป้งพรีเจลาติไนซ์นั้นมีลักษณะทางเคมีกายภาพของแป้งพรีเจลาติไนซ์มีความสัมพันธ์กับการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร แป้งดิบจะมีข้อจำกัดในการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ รวมทั้งในกระบวนการแปรรูปอาหาร แป้งที่พองตัวได้อย่างรวดเร็วจะให้ความหนืดสูง แต่ไม่มีความคงตัวถ้าต้องการกวนหรือคนอย่างรุนแรงหรือเมื่อ ต้องใช้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานในระหว่างการผลิตหรือมีสภาพเป็นกรดหรือมีส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะความหนืดของแป้ง เช่น น้ำตาล จะยับยั้งการพองตัวของแป้งและลดความแข็งแรงของเจล หรือที่สภาวะเป็นกรดสูง มีผลทำให้ความหนืดของแป้งลดลงเพราะมีการย่อยสลายแป้งด้วยการพรีเจลาติไนซ์ เมื่อแป้งที่ได้รับความร้อนจากกระบวนการผลิตมาแล้วทำให้แป้งมีค่ากำลังการพองตัวและการละลายน้ำมากกว่าแป้งตัดแปรชนิดอื่น นอกจากนี้ขนาดอนุภาคแป้งยังมีผลต่อการละลายน้ำและกำลังการพองตัว โดยแป้งที่มีขนาดอนุภาคใหญ่จะอุ้มน้ำได้ดีกว่าขนาดอนุภาคเล็ก โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการละลายน้ำและการพองตัวของแป้งจะมากขึ้น เนื่องจากโครงสร้างภายในเม็ดแป้งถูกทำลาย ซึ่งส่วนที่ถูกทำลาย คือ ผลึกในเม็ดแป้ง การตัดแปรแป้งโดยวิธีการพรีเจลาติไนซ์จึงเป็นวิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งเพื่อเพิ่มขอบเขตในการใช้งาน โดยแป้งที่ได้จากการพรีเจลาติไนซ์ถือได้ว่าเป็นแป้งสุก ซึ่งโครงสร้างของเม็ดแป้งจะถูกทำให้แตกออก และเป็นผลให้การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นและมีคุณสมบัติละลายน้ำดีเกิดการละลายและให้ความข้นหนืดได้ทันทีโดยไม่ต้องอาศัยความร้อน แป้งพรีเจลาติไนซ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติต่างไปจากแป้งดิบ โดยจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water binding capacity) ได้ดีกว่าแป้งดิบ ดังนั้นแป้งพรีเจลาติไนซ์จึงสามารถละลายและกระจายตัวได้ในน้ำ ดูดซับน้ำได้สูง ให้ความหนืดได้ทันทีจึงทำให้การนำไปใช้กว้างขึ้น และสะดวกกว่าการใช้แป้งดิบ ส่วนคุณสมบัติอื่นคล้ายแป้งปกติยกเว้นความหนืด และความสามารถในการเกิดเจลลดลงเล็กน้อยโดยวิธีการตัดแปรมีหลายวิธีซึ่งให้ผลต่างกันไป การเลือกใช้ชนิดของแป้งและวิธีการตัดแปรขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะที่ต้องการ และต้นทุน กรรมวิธีการตัดแปร (วิจิตรา และคณะ, 2020)

โดยมีวิธีการพรีเจลาติไนซ์นั้นเป็นการทำให้อาหารสุกด้วยการใช้ความร้อนจากไอน้ำร้อนที่ได้จากการต้มเดือด การนี้โดยทั่วไปจะทำให้ความดันบรรยากาศปกติที่อ้อมตัวด้วยไอน้ำอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 100-105 องศาเซลเซียส ความร้อนจากไอน้ำจะถูกถ่ายเทไปยังผิวหน้าของอาหารด้วยการพาความร้อน และเข้าสู่ภายในขึ้นอาหารด้วยการนำความร้อน ความร้อนจากการนี้ เป็นความร้อนที่อ้อมตัวด้วยน้ำ (Moist heat) ทำให้แป้งหรือสตาร์ชเกิดการเจลาติไนซ์ (Gelatinization) และโปรตีนสูญเสียสภาพธรรมชาติ (Protein denaturation) จึงทำให้อาหารสุก อาหารที่ผ่านการนี้ให้สุกจะชุ่มชื้นนิ่มนุ่ม (พิมพ์เพ็ญ, 2564)

2.5 ไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติโดยอาจมาจากพืช หรือเชื้อจุลินทรีย์ มีสมบัติในการละลายน้ำ และทำให้เกิดสารละลายที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ หรือเจล เมื่อนำสารไปละลายในน้ำ จะให้ความหนืดสูง มีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อจุดประสงค์ต่าง ๆ เช่น เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด สารดูดซับน้ำ ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น รวมทั้งยังเป็นสารเพิ่มความเสถียรให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชัน (Emulsion) ทำให้ไม่เกิดการแยกตัวของไขมัน หรือเป็นสารทดแทนไขมันเพื่อลดปริมาณไขมันในอาหาร (นิธิยา, 2545)

2.5.1 แชนแทนกัม

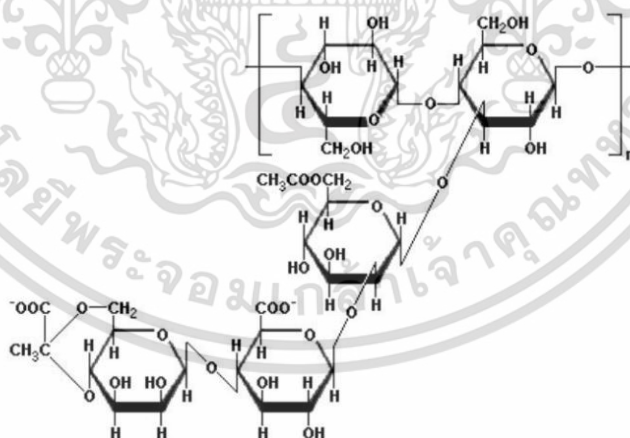
แชนแทนกัม เป็นโครงสร้างเชิงซ้อนของ Exopolysaccharide มีลักษณะเป็นผงสีขาวถึงสีแทน (ดังภาพที่ 2.8) เป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะสีของผงแซนแทนกัม

ที่มา : <https://www.livestrong.com>

แซนแทนกัม เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ซึ่งได้มาจากการสังเคราะห์ของแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* โมเลกุลของแซนแทนกัมเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) มีโครงสร้างเป็น Heteropolysaccharide ที่ประกอบด้วย Glucose, Mannose และ Glucuronic acid เป็นสายพอลิเมอร์ของ β -D-glucose มีโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส (Cellulose) ทุก ๆ 2 โมเลกุลของกลูโคส (Glucose) จะเชื่อมต่อกับกิ่งของ Trisaccharide ซึ่งเกิดจากน้ำตาลแมนโนส (Mannose) 2 โมเลกุล และ กรดกลูคูโรนิก (Glucuronic acid) 1 โมเลกุล (Imeson, 1997) โมเลกุลของแมนโนส ที่อยู่ติดกับสายหลักจะมีเอสเทอร์ของกรดแอสติกเกาะที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 และแมนโนสที่ตำแหน่งปลายของ Trisaccharide ซึ่งมีกรดไพรูวิกเชื่อมต่อกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 (ดังภาพที่ 2.9)



ภาพที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของแซนแทนกัม

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม

2.5.1.1 ลักษณะทางกายภาพของแซนแทนกัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม (ธัญญาภรณ์, 2542) ได้แก่
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความสามารถในการละลาย โดยแซนแทนกัมสามารถละลายได้ดีทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดสูงแม้ใช้ความเข้มข้นต่ำ และมีรายงานพบว่าการใช้แซนแทนกัมเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถให้สารละลายที่มีความหนืดประมาณ 800-1,000 เซนติพอยซ์โดยการวัดด้วยเครื่อง Brookfield Lvf ที่ความเร็ว 60 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังสามารถละลายได้ดีทั้งในกรดหรือด่าง และ เกลือหลายชนิด เช่น ละลายใน Acetic Acid 10 เปอร์เซ็นต์, Naoh 5-10 เปอร์เซ็นต์ และ Nacl 5-15 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งมีความสามารถในการละลายร่วมกับตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic Solvent) เช่น Methanol, Ethanol, Isopropanol และ Acetone ที่มีความเข้มข้นสูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยการเติมตัวทำละลายช้า ๆ และกวนอย่างสม่ำเสมอ โดยแซนแทนกัมจะตกตะกอนทันทีถ้าตัวทำละลายมีความเข้มข้นสูงกว่านี้

2. สมบัติทางไหล (Rheological Properties) สารละลายแซนแทนกัมมีสมบัติเด่นแตกต่างจาก Polysaccharide ชนิดอื่น คือ เป็นของไหลประเภท Non-Newtonian Fluid ที่มีคุณสมบัติเป็น Pseudoplastic เมื่อมีแรงกระทำต่อสารละลายมาก (Shear Rate สูง) ความหนืดของสารละลายจะลดลง แต่เมื่อมีแรงกระทำต่อสารละลายน้อย (Shear Rate) สารละลายจะมีแรงต้านสูงและมีความหนืดเพิ่มขึ้น

3. ความคงตัวของความหนืด

3.1 ความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สารละลาย Xanthan Gum จะสามารถคงความหนืดให้คงที่ได้แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงกว้าง ซึ่งสมบัติความคงตัวดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในการเก็บรักษาหรือแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเมื่อนำสารละลาย Xanthan Gum มาให้ความร้อนโดยการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15-30 นาที ในระบบปิด พบว่าความหนืดของสารละลายเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

3.2 ความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH สารละลาย Xanthan Gum จะเกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืดน้อยมากเมื่อค่า pH เปลี่ยนแปลง

3.3 ความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของเกลือในสารละลายแซนแทนกัมที่มีความเข้มข้นต่ำการเพิ่มความเข้มข้นของเกลือเพียงเล็กน้อยจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืด โดยระดับความเข้มข้นเกลือที่ 0.005-0.01 โมลาร์ เกลือจะไม่ส่งผลต่อโครงสร้างทุติยภูมิของแซนแทนกัมแต่หากมีความเข้มข้นของเกลือที่สูงกว่านี้จะทำให้โมเลกุลของ Xanthan gum บางส่วนเกิดการจับตัวเป็นก้อน

นอกจากนี้ Ferrero และคณะ (1990) กล่าวว่า การเติมแซนแทนกัมในแป้งข้าวช่วยเพิ่มความคงตัวและความแข็งแรงและปรับปรุงเนื้อสัมผัสได้ ซึ่งแซนแทนกัมยังสามารถช่วยป้องกันการเกิดริโทกราดะชันของอะไมโลเพคติน และการเกิดผลึกน้ำแข็งได้ และ Yalcin และคณะ (2017) รายงานผลว่า การเติมแซนแทนกัมในพาสต้าช่วยทำให้การสูญเสียในระหว่างการหุงต้มลดลงซึ่งสอดคล้องกับ รายงานของ Yadav และคณะ (2017) อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ผลิตภัณฑ์เส้นต่าง ๆ ที่ทำจากแป้งข้าว

2.6.1 เส้นก๋วยเตี๋ยว

ก๋วยเตี๋ยว คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำแป้งข้าวเจ้าที่มีความเข้มข้นเหมาะสมมาให้ความร้อน ในขณะที่น้ำแป้งมีลักษณะเป็นฟิล์มบางจนเกิดการเจลาติไนเซชัน แล้วจึงลดความชื้นส่วนเกินลงจนได้แผ่นแป้งที่มีความคงตัว ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ คือ ข้าวเป็นวัตถุดิบที่นำมาผลิตแป้งข้าวเจ้า เนื่องจากในปัจจุบันผู้ผลิตไม่สามารถควบคุมคุณภาพวัตถุดิบให้สม่ำเสมอได้ เพราะข้าวหรือข้าวหักที่ใช้เป็นวัตถุดิบนั้นเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวซึ่งมีกรรมพันธุ์ข้าวต่างชนิดเข้าด้วยกัน จะมีปริมาณอะไมโลสภายในเมล็ดแตกต่างกัน จึงมีผลต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวโดยข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสมากกว่าร้อยละ 20 จะทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับของเส้นก๋วยเตี๋ยวมียค่าสูงขึ้น (Tatsumi และคณะ, 2001)

ก๋วยเตี๋ยวสามารถแบ่งตามลักษณะของเส้นได้ 4 ชนิด คือ (ณรงค์, 2538; วิภา, 2541)

1. เส้นก๋วยเตี๋ยวสด เป็นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการนำแผ่นก๋วยเตี๋ยวม้วนหั่นเป็นเส้นโดยไม่ผ่านการทำแห้ง อาจเป็นเส้นเล็กหรือเส้นใหญ่ก็ได้เส้นเล็กมีขนาดกว้างประมาณ 0.4-0.5 เซนติเมตรสำหรับเส้นใหญ่มีขนาดกว้างประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร มีความชื้นประมาณร้อยละ 62-64 เป็นก๋วยเตี๋ยวที่เก็บได้ไม่นาน 1-2 วัน



ภาพที่ 2.10 เส้นใหญ่สด

ที่มา : <https://www.palangkaset.com>

2. เส้นก๋วยเตี๋ยวเล็กกึ่งแห้ง (เส้นหมี) เป็นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการอบแห้ง และผึ่งลมมาบ้าง เพื่อลดความชื้นให้ลดลง ก๋วยเตี๋ยวนี้นี้มีความชื้นประมาณร้อยละ 37 ปกติเก็บรักษาได้เพียง 2-3 วัน สำหรับการผลิตเส้นหมี เริ่มต้นจากการไม่แป้งจากปลายข้าวและแยกน้ำออกจนได้ก้อนแป้งหมาด นำแป้งไปอัดเป็นแท่ง หนึ่งให้สุกบางส่วนแล้วนำมานวดจนได้แป้งเหนียวและมีความหยุ่น นำเข้าเครื่องอัดเส้นแล้วนึ่งเส้นจนสุก จะได้เส้นหมีสด ซึ่งไม่นิยมซื้อขายกันแบบเส้นสด จึงต้องนำไปอบลดความชื้นจะได้เส้นหมีแห้ง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 เส้นหมี่ขาว

ที่มา : <https://www.palangkaset.com>

3. ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง เป็นก๋วยเตี๋ยวที่มีการตัดเป็นเส้นและทำให้แห้งด้วยการอบ ก๋วยเตี๋ยวชนิดนี้ให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 13 หรือต่ำกว่า เป็นก๋วยเตี๋ยวที่เก็บได้นานเป็นเดือน แต่ต้องเก็บในที่ที่เหมาะสม ไม่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง (ร้อยละ 80-90) หรือไม่ร้อนเกินไป (40 องศาเซลเซียส ขึ้นไป)



ภาพที่ 2.12 เส้นเล็กแห้ง

ที่มา : <https://www.palangkaset.com>

4. แผ่นก๋วยจั๊บน้ำเย็น เป็นก๋วยเตี๋ยวที่นึ่งให้สุกเพียงครึ่งเดียวของความหนา แล้วตัดให้มีขนาด 3.0-3.5 เซนติเมตร มักเป็นรูปสามเหลี่ยม โดยมีความชื้นประมาณร้อยละ 12 เมื่อนำมาต้มสุกจะม้วนเป็นหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.13 แผ่นก้วยจ๊อบ

ที่มา : <https://www.palangkaset.com>

2.6.2 เส้นขนมจีน

ขนมจีน (Rice noodle) เป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีการบริโภคมาตั้งแต่สมัยโบราณ ปัจจุบันมีการบริโภคอย่างแพร่หลายในทุกหัวภูมิภาคของประเทศ กระบวนการผลิตเส้นขนมจีน วัตถุดิบหลักที่ใช้จะเป็นข้าวเจ้าที่ผ่านการขัดสีเอาเยื่อหุ้มเมล็ดออกซึ่งส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดหรือส่วนของรำข้าวมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ ในปริมาณที่สูง หากนำข้าวที่ไม่ผ่านการขัดสีหรือข้าวกล้องมาผลิตเป็นเส้นขนมจีนจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและช่วยส่งเสริมสุขภาพให้แก่ผู้บริโภคได้ซึ่งในสมัยโบราณข้าวที่ใช้ในการทำขนมจีนจะเป็นข้าวแข็งเช่น ข้าวเหลืองประทิว ข้าวเสาไห้ เนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสที่สูง ทำให้เส้นขนมจีนเหนียวไม่และ ส่วนขนมจีนเส้นสดเป็นเส้นขนมจีนที่ทำจากข้าวเจ้าโดยไม่ผ่านกระบวนการหมักเส้นขนมจีนมีสีขาวนุ่น มีความเหนียวน้อยและอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าเส้นขนมจีนแป้งหมัก (จันทร์เฉิดฉาย, 2554) เส้นขนมจีนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือขนมจีนเส้นสดและขนมจีนแป้งหมัก โดยขนมจีนแป้งหมักจะเป็นเส้นขนมจีนที่ได้จากการหมักข้าวเจ้า 3-5 วัน เส้นขนมจีนมีสีคล้ำเล็กน้อย เหนียวนุ่นกว่าขนมจีนเส้นสดและมีกลิ่นหมัก และสามารถเก็บไว้ได้นาน

ปัจจุบันขนมจีนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้ (อรอนงค์ และคณะ, 2534)

1. ขนมจีนแป้งหมัก เป็นขนมจีนที่ได้จากการหมักข้าวเจ้าหรือปลายข้าวเจ้า (กองวิจิัย และพัฒนาข้าว กรมข้าว, 2559) โดยหมัก 2-3 วันก่อนนำมาไม่ทำขนมจีน ขนมจีนชนิดนี้มีความเหนียวนุ่น สีคล้ำออกน้ำตาลเล็กน้อย มีกลิ่นหมัก สามารถเก็บไว้ได้นาน จึงเป็นที่นิยมมากในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การทำขนมจีนแป้งหมักเป็นวิธีการทำเส้นขนมจีนแบบโบราณ ต้องเลือกใช้ข้าวแข็ง คือข้าวที่เรียกว่า ข้าวหนัก เช่น ข้าวเล็บมือนาง ข้าวปั้นแก้ว ข้าวพลวง จะทำให้ได้เส้นขนมจีนที่เหนียวเป็นพิเศษ นอกจากนี้แหล่งน้ำธรรมชาติก็เป็นสิ่งสำคัญ ต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ จากคลองชลประทาน หรือน้ำบาดาล ไม่ควรใช้น้ำประปา เพราะเส้นขนมจีนจะและทำให้จับเส้นไม่ได้ ไม่น่ากิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 ขนมจีนแป้งหมัก

ที่มา : <https://krua.co.com>

2. ขนมจีนแป้งสด เป็นขนมจีนที่ทำจากข้าวเจ้าหรือปลายข้าวเจ้าที่ผ่านการแช่น้ำหรือล้างน้ำ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมข้าว, 2559) ก่อนที่จะนำมาไม่แล้วทำเป็นขนมจีน ขนมจีนชนิดนี้ไม่เหนียวและเก็บได้ไม่นาน นิยมบริโภคทางภาคใต้ ขนมจีนแป้งสดเส้นจะมีขนาดใหญ่กว่าขนมจีนแป้งหมัก เส้นมีสีขาว อุ่มน้ำมากกว่า ตัวเส้นนุ่ม แต่จะเหนียวน้อยกว่าแป้งหมัก วิธีทำจะคล้าย ๆ กับขนมจีนแป้งหมัก แต่จะทำงานกว่าเพราะไม่ต้องแช่ข้าวหลายวัน และได้เส้นขนมจีนที่มีสีขาวนารับประทาน การเลือกซื้อขนมจีนแป้งสดควรเลือกเส้นจับวางเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ เส้นขนมจีนไม่ขาด ตมดูไม่มีกลิ่นเหม็นแป้งและไม่มีเมือก



ภาพที่ 2.15 ขนมจีนแป้งสด

ที่มา : <https://krua.co.com>

2.6.3 บะหมี่

บะหมี่ เป็นอาหารหลักชนิดหนึ่งในการบริโภคของชาวเอเชียและเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายไปยังประเทศอื่น ๆ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเส้นที่ชาวจีนคิดค้นขึ้น โดยมีวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเส้นบะหมี่ คือ แป้งสาลี (Kruger และคณะ, 1996) และผสมด้วยน้ำกับเกลือ นอกจากนี้อาจมีเบส เช่น โซเดียมโพลีฟอสเฟต ไซ และสารอื่น ๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ โดยปกติแล้วบะหมี่สดจะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นสามารถเก็บได้ 2 สัปดาห์ที่อุณหภูมิตู้เย็น และเก็บได้ 3-7 วันที่อุณหภูมิปกติ เนื่องจากมีความชื้นสูง (กมลรัตน์, 2549) ถ้าแบ่งตามสูตร จะมีบะหมี่แบบจีนและบะหมี่แบบญี่ปุ่น บะหมี่แบบจีนนั้น ทำจากแป้งสาลีชนิดอ่อนเกรดพรีเมียมที่มีโปรตีนประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโซเดียมคาร์บอเนต 0.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ น้ำประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ และเกลือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ บะหมี่ที่ได้จะมีสีเหลือง ส่วนบะหมี่แบบ ญี่ปุ่น จะทำจากแป้งสาลีโปรตีนต่ำ หรือแป้งผสมระหว่าง Soft wheat และ Hard wheat เพื่อให้มีโปรตีน ประมาณ 9-10 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับน้ำ 28-33 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ ไม่เติมแป้ง ทำให้บะหมี่มีสีขาว นุ่ม



ภาพที่ 2.16 บะหมี่

ที่มา : <https://cookpad.com>

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Glicksman และคณะ (1982) ศึกษาการเติมแซนแทนกัมในผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งข้าวแทนแป้งสาลี พบว่าแซนแทนกัมเมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์จะยิ่งทำให้ได้มีความแข็งแรงมากขึ้น เมื่อแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งข้าว จึงต้องใช้แซนแทนกัม เพื่อให้พาสต้ามีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น และมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งสาลีตามท้องตลาด

Inneson และคณะ (1997) ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของแซนแทนกัม พบว่าการเติมแซนแทนกัมเพียงร้อยละ 1.5 ก็สามารถช่วยยับยั้งการเกิดการแยกชั้นของน้ำได้

Brennan และคณะ (2007) ศึกษาการใช้แซนแทนกัมเติมลงในผลิตภัณฑ์พาสต้า พบว่า เมื่อเติมแซนแทนกัมในปริมาณที่เหมาะสมที่ระดับความเข้มข้น 1.5–2.0 เปอร์เซ็นต์ แซนแทนกัมสามารถละลายในน้ำ และกระจายตัวไปรอบ ๆ เม็ดแป้งได้ทำให้เส้นพาสต้าเกิดความแข็งแรง ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่น ช่วยปรับปรุงคุณภาพการหุงต้ม ลักษณะทางเนื้อสัมผัส และประสาทสัมผัสให้ดีขึ้นได้

Moharnmadi และคณะ (2014) ศึกษาผลของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพก้อนโดปราศจากกลูเตน พบว่าการใช้แซนแทนกัมทำให้ได้ค่าน้ำหนักที่ได้หลังการต้มมากที่สุด

Valeria M. และคณะ (2017) ที่ศึกษาการใช้เมือกจากเมล็ดเจียพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตน พบว่าเจียเป็นแหล่งของโปรตีน (19.52 และ 15.81 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดและเมือกตามลำดับ) โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ/ละลายน้ำได้ (4.3 และ 1.79 เมล็ดและเมือกตามลำดับ) ปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ระหว่าง 734.5 ถึง 923.9 ไมโครกรัมต่อกรัมเมล็ดและเมือกตามลำดับ

อีกทั้งเมือกจากเมล็ดเจียยังเป็นสารให้ความข้นหนืดที่ดี ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส การเพิ่มเจียลงในพาสต้ายังช่วยเพิ่มอัตราการย่อยได้ช้าของแป้งข้าวเจ้าอีกด้วย เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Encinia และคณะ (2019) ศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของแซนแทนกัมและปริมาณน้ำที่เติมในระบบ พบว่าการเติมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นในช่วง 1.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใช้น้ำ 110 เปอร์เซ็นต์ของแป้ง พบว่าเส้นพาสต้าที่เติมแซนแทนกัมมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากแซนแทนกัมมีหมู่อะซิติดล และกรดไพรูวิกที่ช่วยจับกับน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลทำให้มีคุณสมบัติกักเก็บน้ำได้ดี จึงช่วยในการป้องกันการสูญเสียน้ำในระหว่างการปรุงอาหารได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1 วัสดุ

1. ข้าวกลิ้ง (ตราพนมรุ่ง, บริษัท ชัยทิพย์ จำกัด, กรุงเทพมหานคร)
2. แชนแทนแกม (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด, กรุงเทพมหานคร)
3. แป้งมันสำปะหลัง (ตราปลาไทย, บริษัท จำกัด, นนทบุรี)
4. เมล็ดเจีย (ตราแม่กกาแรต, บริษัท เจ อาร์ เอฟ แอนด์ บี จำกัด, กรุงเทพมหานคร)

3.1.2 สารเคมี

1. คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (A.R. grade, Ajax, Australia)
2. ซีไลท์ (A.R. grade, Sigma-Aldrich, Germany)
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล และ 1.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก (A.R. grade, Ajax, Australia)
4. ซีโตรเลียมอีเทอร์ (A.R. grade, Ajax, Australia)
5. โปแทสเซียมซัลเฟต (A.R. grade, Ajax, Australia)
6. เมทิลเรด (A.R. grade, Merck, Germany)
7. เมทิลีนบลู (A.R. grade, Ajax, Australia)
8. สารป้องกันการเกิดฟอง (A.R. grade, KemAus, Australia)
9. สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.15 มิลลิโมลาร์ (A.R. grade, Qrec, Newzealand)
10. สารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก (A.R. grade, BDH, UK)
11. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 โมลาร์ (A.R. grade, Ajax, Australia)
12. สารละลายบอริก (A.R. grade, Ajax, Australia)
13. ไฮโดรเจนคลอไรด์ (A.R. grade, J.T. Baker, USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์

- 3.2.1 กระจกนาฬิกา
- 3.2.2 กระจกตวง
- 3.2.3 ขวดปรับปริมาตร
- 3.2.4 ขวดรูปชมพู่
- 3.2.5 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (รุ่น ME103E, ยี่ห้อ Mettler toledo, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)
- 3.2.6 เครื่องปั่นเหวี่ยง (รุ่น 5804R, ยี่ห้อ Eppendorf, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.7 เครื่องผสมแป้งหัวตะขอ (รุ่น Onyx, ยี่ห้อ Spring Green Evolution, ประเทศอเมริกา)
- 3.2.8 เครื่องผสมแป้งหัวใบไม้ (รุ่น Onyx, ยี่ห้อ Spring Green Evolution, ประเทศอเมริกา)
- 3.2.9 เครื่องลดขนาด Pin mill (รุ่น ZM1000, ยี่ห้อ Retsch, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.10 เครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร (รุ่น Fibertec1020, ยี่ห้อ FOSS, ประเทศเดนมาร์ก)
- 3.2.11 เครื่องวัดค่าความชื้น (รุ่น HX204, ยี่ห้อ Mettler toledo, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)
- 3.2.12 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (รุ่น F20 kit, ยี่ห้อ Mettler toledo, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)
- 3.2.13 เครื่องวัดค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง Brabender visco amylograph (รุ่น Viscograph E, บริษัท Newport-Scientific, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 3.2.14 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (รุ่น UV-1800, บริษัท Shimadzu, Tokyo, ประเทศญี่ปุ่น)
- 3.2.15 เครื่องวัดค่าสี (รุ่น Minolta CR400, บริษัท Konica Minolta Sensing, ประเทศเกาหลี)
- 3.2.16 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (รุ่น TA.XT. Plus, บริษัท CARLO ERBA REAGENT, ประเทศฝรั่งเศส)
- 3.2.17 ชุดสกัดซอกซ์เล็ต พร้อมทิมเบิล (Thimble) และบีกเกอร์ไขมัน
- 3.2.18 ตะแกรงขนาด 60 เมช (รุ่น ASTM E11, ยี่ห้อ Retsch, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.19 ตะแกรงขนาด 140 ไมครอน (รุ่น ASTM E11, ยี่ห้อ Retsch, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.20 ตู้เย็น
- 3.2.21 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (รุ่น BF056UL-120V, ยี่ห้อ Binder World, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 3.2.22 เตาเผาอุณหภูมิสูง (รุ่น CWF11/13, ยี่ห้อ Carbolite, ประเทศอังกฤษ)
- 3.2.23 ถ้วยกรอง Crucible
- 3.2.24 ถ้วยอะลูมิเนียม
- 3.2.25 ถาดอะลูมิเนียม
- 3.2.26 ถุงพลาสติกซีลปิด
- 3.2.27 โถดูดความชื้น
- 3.2.28 นาฬิกาจับเวลา

เอกสารนี้ 3.2.29 บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.2.30 ปีเปตต์อัตโนมัติและทิป
- 3.2.31 ภาชนะทรงกระบอก ปริมาตร 25 มิลลิลิตร
- 3.2.32 ไมโครเพลท 96 หลุม
- 3.2.33 ลูกแก้ว
- 3.2.34 หม้อนึ่ง
- 3.2.35 หลอดทดลอง
- 3.2.36 หลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร
- 3.2.37 หลอดย่อยโปรตีน
- 3.2.38 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB45 with Slope Cover ยี่ห้อ Memmert, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.39 อุปกรณ์ชุดวิเคราะห์โปรตีน (รุ่น KB8S/VAP30, ยี่ห้อ Gerhardt, ประเทศเยอรมัน)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง

3.3.1 การศึกษาผลของการใช้เมือกจากเมล็ดเจียต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง

เนื่องจากผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวกล้องมีความไม่สมดุลทางโภชนาการแล้ว ผู้บริโภคยังมองว่าผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนยังมีความน่าสนใจน้อยในแง่ของเนื้อสัมผัสและรสชาติ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกันที่มีกลูเตน จากงานวิจัยค้นพบว่าเมล็ดเจียเป็นแหล่งของคุณค่าทางโภชนาการที่ดี ซึ่งอุดมไปด้วยโปรตีน โยอาหาร ไขมัน แ่ก และสารต้านอนุมูลอิสระ (Valeria และคณะ, 2017) อีกทั้งเมล็ดเจียยังมีเมือก ซึ่งเป็นสารให้ความข้นหนืดที่ดี สามารถนำมาปรับปรุงด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนได้ ดังนั้นในการทดลองจึงศึกษาการเติมเมือกจากเมล็ดเจียที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง และเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ตัวอย่างพาสต้าจากแป้งข้าวกล้องไม่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย) มีวิธีดำเนินการต่อไปนี้

3.3.1.1 การเตรียมเมือกจากเมล็ดเจีย

การเตรียมเมือกจากเมล็ดเจียดัดแปลงจากวิธีการของ Munoz และคณะ (2012) ทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำกลั่นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ให้มีค่าพีเอช เท่ากับ 8 และ 9 จากนั้นนำตัวอย่างเมล็ดเจียเติมน้ำกลั่นในสัดส่วน 1 ต่อ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ใส่ลงในบีกเกอร์ นำไปให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ด้วยการกวนทุก 10 นาที จากนั้นสกัดเมือกเจลออกจากเมล็ดโดยการใช้ผ้าขาวบาง จากนั้นนำตัวอย่างของเหลวที่ได้ไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 70±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแล้วไปทำการลดขนาดและร่อนผ่านตะแกรง เก็บเมือกจากเมล็ดเจียในถุงพลาสติกปิดสนิท เพื่อรอการดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเมือกจากเมล็ดเจีย

3.3.1.2.1 การวิเคราะห์ค่าความชื้น

การวิเคราะห์ค่าความชื้น ทำได้โดยใช้เครื่องวัดค่าความชื้น Moisture Halogen ยี่ห้อ Mettler Teledo รุ่น HX204 และแสดงผลในรูปของร้อยละค่าความชื้น (%MC)

3.3.1.2.2 การวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างของตัวอย่างแบ่งตัดแปลงจากวิธีการของ Sun และคณะ (2018) ทำการวิเคราะห์ค่าสี L^* a^* และ b^* โดยใช้เครื่องวัดสี รุ่น Minolta CR400 โดยค่า L^* คือ ความสว่างของสีในช่วงค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว) ค่าของ a^* คือ สีแดงของตัวอย่างคือ - (สีเขียว) และ + (สีแดง) ค่า b^* ระบุความเหลืองของตัวอย่างคือ - (สีน้ำเงิน) และ + (สีเหลือง)

3.3.1.2.3 การวิเคราะห์ค่ากำลังการพองตัวและการละลาย

การวิเคราะห์ค่ากำลังการพองตัว (Swelling power) และการละลายน้ำ (Solubility) ของเมือกจากเมล็ดเจีย ตัดแปลงจากวิธีการของ Liaotrakoon และคณะ (2014) โดยชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ใส่ในหลอดสำหรับปั่นเหวี่ยงที่มีฝา ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันในหลอดปั่นเหวี่ยง และนำไปแช่ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที เทส่วนใสลงในถ้วยอะลูมิเนียม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ ส่วนตัวอย่างที่เหลือในหลอดนำมาชั่งเป็นน้ำหนักการพองตัว นำมาคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{การละลาย (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักเป็นน้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \times 100$$

$$\text{กำลังการพองตัว (กรัม/กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่พองตัวแล้ว}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง} \times (100 - \text{การละลาย (เปอร์เซ็นต์)})} \times 100$$

3.3.1.2.4 น้ำหนักที่ได้หลังการสกัด

การวิเคราะห์น้ำหนักที่ได้หลังการสกัด (เปอร์เซ็นต์) ทำได้โดยนำเมือกจากเมล็ดเจียที่สกัดแล้ว (ของเหลว) มาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน และนำไปอบให้แห้งตามขั้นตอนจากข้อ 3.3.1.1 จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักเมือกจากเมล็ดเจีย (ของแข็ง) ที่ได้แล้วนำไปคำนวณน้ำหนักที่ได้หลังการสกัด (เปอร์เซ็นต์) จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกจากเมล็ดเจียที่สกัดแล้ว (ของแข็ง) หลังอบ

$$\text{น้ำหนักที่ได้หลังการสกัด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดเจียก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักเมล็ดเจียก่อนสกัด}} \times 100$$

3.3.1.3 การเตรียมแป้งข้าวกล้อง

เตรียมแป้งข้าวกล้อง โดยนำข้าวกล้องมาบดลดขนาดโดยใช้เครื่องบด Pin mill จากนั้นนำข้าวกล้องที่ผ่านการบดแล้วมาร้อนผ่านตะแกรงขนาด 140 ไมครอน แล้วจึงเก็บแป้งข้าวกล้องในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดสนิท และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรอการดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

3.3.1.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้งข้าวกล้อง

3.3.1.4.1 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืด

การวิเคราะห์ความหนืดทำได้โดยใช้เครื่อง Brabender visco amylograph เตรียมตัวอย่างน้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 10 จากตัวอย่างน้ำแป้งที่ใช้ทั้งหมด 450 มิลลิลิตร โดยให้ความร้อนกับน้ำในช่วงอุณหภูมิ 50-95 องศาเซลเซียส และทำให้เย็นตัวลงจาก 95 เป็น 50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เกิดความหนืด เรียกว่า อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนค่าความหนืด (Pasting temperature) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เม็ดแป้งจะพองตัวขึ้น ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนถึงจุดที่ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ซึ่งเป็นจุดที่บ่งบอกถึงเม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ เมื่อให้ความร้อนต่ออีกรวมทั้งมีการกวนอย่างต่อเนื่อง เม็ดแป้งจะแตกตัวและโมเลกุลอะมิโลสกระจายออก ทำให้ความหนืดลดลง เมื่อลดอุณหภูมิลงจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ของโมเลกุลอะมิโลส หรือการรีโทรเกรเดชัน ส่งผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอีก เรียกว่า ความหนืดสุดท้าย (Final viscosity)

3.3.1.4.2 การวิเคราะห์ค่าความชื้น เช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.2.1

3.3.1.4.3 การวิเคราะห์ค่าสี เช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.2.2

3.3.1.4.4 การวิเคราะห์ค่ากำลังการพองตัว และการละลาย เช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.2.3

3.3.1.5 การเตรียมผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยการใช้เมื่อกจากเมล็ดเจีย

การเตรียมผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องดัดแปลงจากวิธีการของ Irawan และคณะ (2017) ทำการเตรียมส่วนผสมเส้นพาสต้าตามสัดส่วน (แสดงดังตารางที่ 3.1) ได้แก่ แป้งข้าวกล้อง เมื่อกจากเมล็ดเจีย แป้งมัน และเกลือ เพื่อทำการศึกษาระดับความเข้มข้นของเมื่อกจากเมล็ดเจียที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง โดยทำการผลิตเส้นพาสต้าโดยใช้วิธีการผลิต ดังภาพที่ 3.1 นำแป้งข้าวกล้อง แป้งมัน เกลือ และเมื่อกจากเมล็ดเจียที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมโดยใช้ความเร็วต่ำสุด เป็นเวลา 1 นาที เติมน้ำสะอาด 65 มิลลิลิตร ผสมต่อเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำแป้งที่ผสมเข้ากันดีแล้ว ชั่งน้ำหนักโดย 100±1 กรัม ขึ้นรูปให้เป็นก้อนกลม แล้วนำไปนึ่งด้วยอุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำก้อนแป้งที่ผ่านการนึ่งแล้วมานวดต่อจนเนื้อเนียน จากนั้นอัดให้เป็นเส้นโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.8-1.9 มิลลิเมตร ทุกสิ่งทุกอย่างนี้ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.0 มิลลิเมตร แล้วจึงนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 50 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นเก็บในถุงพลาสติกปิดสนิท และเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เพื่อทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจีย

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)			
	0 เปอร์เซ็นต์ (สูตรควบคุม)	2.5 เปอร์เซ็นต์	5 เปอร์เซ็นต์	7.5 เปอร์เซ็นต์
แป้งข้าวกล้อง	72	72	72	72
แป้งมัน	48	48	48	48
เมือกจากเมล็ดเจีย	-	3	6	9
น้ำ	65	65	65	65
เกลือ	0.8	0.8	0.8	0.8

ที่มา : ดัดแปลงจาก Irrana และคณะ (2017)

เตรียมส่วนผสมดังตารางที่ 3.1 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม โดยใช้ความเร็วต่ำสุด เป็นเวลา 1 นาที

เติมน้ำสะอาด 65 มิลลิลิตร ผสมต่อเป็นเวลา 1 นาที

ปั้นโดให้เป็นก้อน ชั่งน้ำหนัก 100 ± 1 กรัม

นึ่งด้วยอุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

นำก้อนแป้งที่ผ่านการนึ่งแล้วมานวดต่อจนเนื้อเนียน

อัดโดให้ออกมาเป็นเส้น โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.8-2.0 มิลลิเมตร

นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 50 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และเก็บในถุงพลาสติกปิดสนิท

ภาพที่ 3.1 แสดงการผลิตเส้นพาสต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.6 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวกล้องโดยใช้เม็อกจากเมล็ดเจีย

3.3.1.6.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1) การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (PC) โดยวิธี Kjeldahl method ทำได้โดยชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม เติม Catalyst 10 กรัม (Copper(II) sulfate + Potassium sulfate, 10 กรัม : 100 กรัม ตามลำดับ) ลงในหลอดย่อยสาร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร นำไปย่อยในอุณหภูมิชุดวิเคราะห์โปรตีน จนได้สารละลายใสไม่มีสี เป็นเวลาประมาณ 30-40 นาที นำเข้าเครื่องกลั่น จากนั้นเติมเมทิลเรด ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ เมทิลินบลู ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในขวดที่มีสารละลายบอริก ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ไตเตรตด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์ จนได้สีชมพูอ่อน จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณโปรตีนในอาหาร

2) การวิเคราะห์ปริมาณไขมันทั้งหมด (Fat) ใช้วิธีการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent extraction) ซึ่งตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแล้ว 3 กรัม ลงในบีกเบอร์ไขมัน จากนั้นใส่ตัวอย่างลงในทิมเบิล (Thimble) เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร นำไปกลั่นด้วยเครื่องซอกซ์เล็ท (Soxhlet apparatus) และนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักและนำไปคำนวณปริมาณไขมัน

3) การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash) โดยเตรียมภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่างอาหาร โดยถ่วงกระเบื้องเคลือบเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พักไว้ในเย็นลงประมาณ 30 นาที ก่อนนำออกจากเตาเผาและวางไว้ให้เย็นลงในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักภาชนะที่แน่นอนทันทีที่เย็นและบันทึกผล นำตัวอย่างที่ผ่านการวิเคราะห์ค่าความชื้นแล้วซึ่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียดประมาณ 3-5 กรัม นำตัวอย่างไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เผาจนกว่าตัวอย่างจะเป็นสีเทา เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมง วางไว้ให้เย็นลงในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักเถ้าที่เหลือและบันทึกผล

4) การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว เติมสารซีไลทในอัตราส่วน 1:1 ใส่ลงในถ้วยชนิดทนไฟ จากนั้นนำไปเข้าเครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร ทำการเติมกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ปริมาตร 150 มิลลิลิตร และเติมสารป้องกันการเกิดฟอง (Anti-foaming agent) 2-3 หยด ทำการให้ความร้อน 30 นาที จากนั้นล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อน ทำการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก 150 มิลลิลิตร และเติมสารป้องกันการเกิดฟอง 2-3 หยด ทำการให้ความร้อน 30 นาที จากนั้นล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อน หลังจากนั้นนำตัวอย่างออกจากเครื่องวิเคราะห์ใยอาหารจึงอบด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างออกมาพักให้เย็นในโถดูดความชื้น 30 นาที ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง แล้วนำไปเผาที่ 500 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวอย่างออกมาพักให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างและบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ 5) การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต หาได้โดยวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้ ราคาไม่ต่ำกว่าครึ่งใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต = 100 - (ปริมาณความชื้น + ปริมาณเถ้า + ปริมาณใยอาหารทั้งหมด + ปริมาณโปรตีนทั้งหมด + ปริมาณไขมันทั้งหมด)

3.3.1.6.2 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

การตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) เติมห่วงตัวอย่างสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ได้ปรับความเข้มข้นให้เหมาะสม ปริมาตร 50 ไมโครลิตร แล้วเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.15 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มสารละลายในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส) นาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร แล้วนำไปคำนวณคำนวณกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

$$\text{การต้านอนุมูลอิสระ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{1 - \text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง}}{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม}} \times 100$$

3.3.1.6.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.2.1

3.3.1.6.4 การวิเคราะห์ค่าสี เช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.2.2

3.3.1.6.5 การวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้ม

1. เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสม (Cooking time)

การวิเคราะห์เวลาในการต้มสุกที่เหมาะสมดัดแปลงจากวิธีการของ American Association of Cereal Chemists (AACC) 2000 นำผลิตภัณฑ์พาสต้าจากข้าวกล้องโดยใช้เมล็ดเจียที่ได้จากข้อ 3.3.1.5 หักให้มีความยาว 5 เซนติเมตร จากนั้นชั่งเส้นพาสต้า 5 กรัม ต้มในน้ำเดือด ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ปิดด้วยกระจกนาฬิกา จับเวลาที่ใช้ในการต้มเส้นให้สุก โดยตักเส้นขึ้นมาทุก ๆ 10 วินาที เพื่อตรวจสอบความสุกของตัวอย่างเส้นพาสต้าโดยใช้กระจกนาฬิกาจำนวน 2 แผ่น กดเส้นพาสต้าที่ผ่านการต้ม ซึ่งถ้าตัวอย่างเส้นพาสต้าสุกอย่างสมบูรณ์แล้ว แกนแข็งสีขาวที่อยู่ภายในตัวอย่างจะหายไป จากนั้นบันทึกเวลาที่เหมาะสมในการต้มเส้นพาสต้า

2. น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield)

การวิเคราะห์น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (เปอร์เซ็นต์) ดัดแปลงจากวิธีการของ American Association of Cereal Chemists (AACC) 2000 นำผลิตภัณฑ์พาสต้าจากข้าวกล้องโดยใช้เมล็ดเจียที่ได้จากข้อ 3.3.1.5 หักให้มีความยาว 5 เซนติเมตร จากนั้นชั่งเส้น 5 กรัม ต้มในน้ำเดือด ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ปิดด้วย กระจกนาฬิกา โดยใช้เวลาที่เหมาะสมในการต้มสุกที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.1.6.5 (1.) เมื่อครบเวลาดักเส้นมาพักบนตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำ เป็นเวลา 5 นาที ชบน้ำส่วนเกินออกนำเส้นไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปคำนวณน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (เปอร์เซ็นต์) จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเส้นพาสต้าหลังการต้มสุก}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเส้นพาสต้าก่อน}} \times 100$$

3. ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss)

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มตัดแปลงจากวิธีการของ American Association of Cereal Chemists (AACC) 2000 โดยนำน้ำที่เหลือจากการต้มเส้นในข้อ 3.3.1.6.5 (2.) ไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ให้น้ำหนักคงที่ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ หลังการอบแล้วนำไปคำนวณปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (เปอร์เซ็นต์)

$$\text{ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{น้ำหนักบีกเกอร์หลังอบ} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์เปล่า})}{\text{น้ำหนักเส้นก่อนลวก}} \times 100$$

3.3.1.6.6 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA.XT. Plus ซึ่งวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวกล้องและเมล็ดเจียด้านความแข็ง (Hardness) การยึดเกาะที่ผิวหน้า (Adhesiveness) ความแน่นเนื้อ (Firmness) ความยืดหยุ่น (Springiness) และการเกาะติด (Cohesiveness) โดยตัดแปลงจากวิธีการของ Waslh และคณะ (1917) โดยการชั่งตัวอย่าง 5 กรัม หักให้มีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดให้สุกตามระยะเวลาที่เหมาะสมในข้อ 3.3.1.6.5 (1.) หลังจากต้มแล้วจึงนำตัวอย่างแช่ลงในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำขึ้นมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงเพื่อนำไปวิเคราะห์ความแน่นเนื้อ โดยนำตัวอย่างพาสต้าวางลงบนแท่นวางตัวอย่าง และตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกัน โดยใช้หัววัด P/35 แต่ละตัวอย่างจะทำการวัดค่าซ้ำอย่างน้อย 10 ครั้ง

โดยกำหนดการทำงานของเครื่องดังต่อไปนี้

Mode : Measure Force in Compression

Option : Return to Start

Pre-Test Speed : 1.00 mm/s

Test Speed : 5.00 mm/s

Post-Test Speed : 10.0 mm/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สามารถนำไปใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Strain : 60 %

Trigger Type : 5 g

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวกล้องและเมล็ดเจียด้านความทนต่อแรงดึงขาด (Tensile strength) โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Waslh และคณะ (1917) โดยการชั่งตัวอย่าง 5 กรัม หักให้มีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดให้สุกตามระยะเวลาที่เหมาะสมในข้อ 3.3.1.6.5 (1.) หลังจากต้มแล้วจึงนำตัวอย่างแช่ลงในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำขึ้นมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความทนต่อแรงดึงขาด โดยจะนำตัวอย่างพาสต้าพันรอบหัววัด 2-3 รอบ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะทำการวัดค่าซ้ำอย่างน้อย 10 ครั้ง

โดยกำหนดการทำงานของเครื่องดังต่อไปนี้

Mode : Measure Force in Tension

Option : Return to Start

Pre-Test Speed : 1.00 mm/s

Test Speed : 3.00 mm/s

Post-Test Speed : 10.00 mm/s

Distance : 20 mm

Trigger Type : Auto 5 g

การพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เดิมเมื่อกจากเมล็ดเจีย โดยพิจารณาจากการวิเคราะห์ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงขาดของพาสต้า (Tensile strength) สูงที่สุด ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสม (Cooking time) ต่ำที่สุด และปริมาณโปรตีน โยอาหารสูงที่สุด ตามลำดับ

3.3.2 การศึกษาผลของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง

จากการคัดเลือกผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องจากข้อ 3.3.1 ที่เหมาะสม เพื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าให้ดีขึ้น โดยศึกษาการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ แซนแทนกัม ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด และนำไปประเมินทางประสาทสัมผัสโดยการชิม โดยมีวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียและไฮโดร

คอลลอยด์

นำผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.3.1 มาเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ โดยทำการเตรียมส่วนผสมเส้นพาสต้าตามสัดส่วน (แสดงดังตารางที่ 3.2) ได้แก่ แป้งข้าวกล้อง เมือกจากเมล็ดเจีย ไฮโดรคอลลอยด์ (แซนแทนกัม) แป้งมัน และเกลือ เพื่อทำการศึกษาระดับความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง โดยทำการผลิตเส้นพาสต้าโดยใช้วิธีการผลิต (แสดงดังภาพที่ 3.2) นำแป้งข้าวกล้อง แป้งมัน เกลือ เมือกจากเมล็ดเจีย และสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ แซนแทนกัม ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมโดยใช้ความเร็วต่ำสุด เป็นเวลา 1 นาที เติมน้ำสะอาด 65 มิลลิลิตร ผสมต่อเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำแป้งที่ผสมเข้ากันดีแล้ว ซึ่งน้ำหนักโด 100 ± 1 กรัม ขึ้นรูปให้เป็นก้อนกลม แล้วนำไปนึ่งด้วยอุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำก้อนแป้งที่ผ่านการนึ่งแล้วมานวดต่อจนเนื้อเนียน จากนั้นอัดให้เป็นเส้นโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.8-2.0 มิลลิเมตร แล้วจึงนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 50 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นเก็บในถุงพลาสติกปิดสนิท และเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เพื่อทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)			
	0 เปอร์เซ็นต์ (สูตรควบคุม)	1 เปอร์เซ็นต์	2 เปอร์เซ็นต์	3 เปอร์เซ็นต์
แป้งข้าวกล้อง	72	72	72	72
แป้งมัน	48	48	48	48
เมือกจากเมล็ดเจีย	-	9	9	9
สารไฮโดรคอลลอยด์				
แซนแทนกัม	-	1.2	2.4	3.6
น้ำ	65	65	65	65
เกลือ	0.8	0.8	0.8	0.8

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ianna และคณะ (2017)

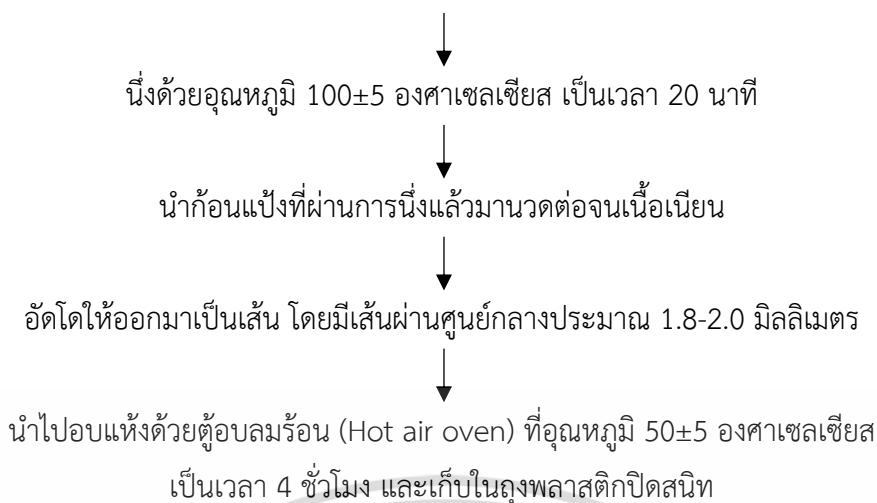
เตรียมส่วนผสมดังตารางที่ 3.2 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม โดยใช้ความเร็วต่ำสุด เป็นเวลา 1 นาที



เติมน้ำสะอาด 65 มิลลิลิตร ผสมต่อเป็นเวลา 1 นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ปันโดให้เป็นก้อน ซึ่งน้ำหนัก 100 ± 1 กรัม
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แสดงการผลิตเส้นพาสต้า

3.3.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวกล้องโดยใช้เมล็ดเจีย และไฮโดรคอลลอยด์

3.3.2.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.2.1

3.3.2.2.2 การวิเคราะห์ค่าสี เช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.2.2

3.3.2.2.3 การวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้ม เช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.6.5

3.3.2.2.4 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.6.6

3.3.2.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการทดสอบชิม

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิมของตัวอย่างพาสต้าข้าวกล้องปราศจากกลิ่นที่เติมไฮโดรคอลลอยด์แตกต่างกัน ได้แก่ แขนแทนกัม ที่ผ่านการต้มในระยะเวลาที่เหมาะสม ดังข้อ 3.3.2.2.5 (1) จากนั้นนำตัวอย่างที่ปรุงสุกอย่างเหมาะสมมาใส่ถ้วยพลาสติกโดยเสิร์ฟตัวอย่าง 10 กรัม หนึ่งถ้วยร้อน มาทดสอบชิมโดยผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน ทำการประเมินคุณลักษณะ ด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยคะแนนระดับ 9 แสดงความชอบมากที่สุด และคะแนนที่ระดับ 1 แสดงความไม่ชอบมากที่สุด

3.3.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) และรายงานผลค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี การหุงต้ม และคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งหมดที่ได้ศึกษา นำมาประเมินความแตกต่างทางนัยสำคัญด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีดีนแคน (Duncan's multiple range test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 28.0

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินคุณภาพทางประสามสัมพันธ์โดยการทดสอบซิม วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีดันทันแคน (Duncan's multiple range test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 28.0

การพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์ โดยพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) ต่ำสุด และค่าความทนต่อแรงดึงขาด (Tensile strength) สูงที่สุดตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาผลของการใช้เมือกจากเมล็ดเจียต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง

จากการศึกษาผลของการใช้เมือกจากเมล็ดเจียต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง โดยศึกษาการเติมเมือกจากเมล็ดเจียที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด และเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ตัวอย่างพาสต้าจากแป้งข้าวกล้องไม่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย) ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการเตรียมเมือกจากเมล็ดเจีย

4.1.1.1 ลักษณะของเมือกจากเมล็ดเจียผงที่เตรียมได้

จากผลการเตรียมเมือกจากเมล็ดเจียผง (แสดงดังภาพที่ 4.1) พบว่าผงของเมือกจากเมล็ดเจียมีลักษณะเป็นเกล็ดใส สีเหลืองทอง ดูดความชื้นได้ดี และมีน้ำหนักเบา



ภาพที่ 4.1 ผงเมือกจากเมล็ดเจีย

4.1.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นและค่าสีของเมือกเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากพีเอชที่

แตกต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นจากเมือกเมล็ดเจีย (แสดงดังตารางที่ 4.1) พบว่าการสกัดเมือกจากเมล็ดเจียด้วย pH=9 มีความชื้นสูงกว่า การสกัดเมือกจากเมล็ดเจียด้วย pH=8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากพฤติกรรมการชอบน้ำของเมือกจากเมล็ดเจีย เนื่องจากเมือกเจลจากเมล็ดเจียมีความสามารถในการดูดซับน้ำและเพิ่มความหนืด จึงใช้เป็นตัวทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ขนมอบ มีค่าไม่ต่ำกว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานว่าการใช้เมือกเจลเมล็ดเจีย ทดแทนไขมันในเค้กร้อยละ 25 แล้วพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสยังคงเหมือนกับสูตรควบคุมที่ใช้ไขมันทั้งหมด (Felisberto และคณะ, 2015)

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของเมือกจากเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ทั้ง 2 ระดับ ได้แก่ pH เท่ากับ 8 และ 9 พบว่า เมือกจากเมล็ดเจียที่เตรียมได้มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม การปรับพีเอชในเตรียมเมือกจากเมล็ดเจียส่งผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยเมือกจากเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากการปรับค่าพีเอช 8 และ 9 มีค่าความสว่าง เท่ากับ 51.88 และ 51.89 ค่าความเป็นสีแดง เท่ากับ 4.79 และ 4.98 และค่าความเป็นสีเหลือง เท่ากับ 15.31 และ 15.79 ตามลำดับ ทั้งนี้การที่เมือกเมล็ดเจียที่เตรียมได้ส่งผลต่อค่าความเป็นสีเหลืองเนื่องจากค่าความเป็นกรดที่สูงขึ้นส่งผลทำให้ไปทำลายโครงสร้างองค์ประกอบหลักของเมือกจากเมล็ดเจีย ได้แก่ เยื่อใยที่ละลายน้ำได้ ซึ่งส่วนนี้คือเปลือกหุ้มเมล็ด และจะพองตัวเป็นเมือกเจลเมื่อถูกน้ำ (Reyes และคณะ, 2008) ดังนั้นเมื่อค่าความเป็นกรดที่สูงจะทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดพองตัวและแตกออกง่ายส่งผลให้เมือกจากเมล็ดเจียมีสีที่เข้มขึ้นจากเปลือกหุ้มเมล็ดเจียที่แตกออกจากการพองตัว อีกทั้งยังกระจายตัวได้ดีในน้ำ

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นและค่าสีของเมือกเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากพีเอชที่แตกต่างกัน

การสกัด	ความชื้น	ค่าสี		
		L^* ns	a^* ns	b^*
pH=8	9.21 ± 0.11^b	51.88 ± 0.48	4.79 ± 0.08	15.31 ± 0.10^b
pH=9	10.03 ± 0.47^a	51.89 ± 0.91	4.98 ± 0.14	15.79 ± 0.11^a

หมายเหตุ ^{a,b,c...} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.1.1.3 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักที่ได้หลังการสกัด ค่ากำลังการพองตัว และการละลายของเมือกเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากพีเอชที่แตกต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์น้ำหนักที่ได้หลังการสกัด ค่ากำลังการพองตัวและค่าการละลายของเมือกจากเมล็ดเจียเตรียมได้จากพีเอชที่แตกต่างกัน (แสดงดังตารางที่ 4.2) จากผลการทดลองพบว่า เมล็ดเจียเตรียมได้โดยการสกัดที่พีเอชที่ต่างกัน ได้แก่ pH=8 และ pH=9 มีน้ำหนักที่ได้หลังการสกัด และการละลาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่สูงขึ้นส่งผลให้น้ำหนักที่ได้หลังการสกัด และการละลาย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื่องจากคุณสมบัติที่เป็นประจุลบของค่า pH ที่เป็นตัวนำพาไอออนบวกในเมือกเมล็ดเจียอาจกระจายตัวได้ดีที่ค่า pH

ที่เป็นต่างเนื่องจากแรงผลักของไฟฟ้าสถิต พันธะภายในเมล็ดเจียแตกออก ส่งผลให้ความสามารถในการละลายดีขึ้น (Wang และคณะ, 2022) อีกทั้งยังส่งผลให้มีความหนืดที่ต่ำลงหลังการสกัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่ากำลังการพองตัว มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากความสามารถในการกักเก็บน้ำของเมล็ดเจียมีค่าเท่ากันที่อุณหภูมิในการสกัดเดียวกัน (Wang และคณะ, 2022) ค่ากำลังการพองตัว จึงมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์หน้าหนักที่ได้หลังการสกัด ค่ากำลังการพองตัว และค่าการละลาย ของเมือกจากเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากพีเอชที่แตกต่างกัน

การสกัด	น้ำหนักที่ได้หลังการสกัด (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)	กำลังการพองตัว ^{ns} (กรัม/กรัม)	การละลาย (เปอร์เซ็นต์)
pH=8	5.61 ± 0.14 ^b	27.48 ± 0.60	7.76 ± 0.99 ^b
pH=9	8.71 ± 0.18 ^a	27.57 ± 0.53	12.82 ± 0.44 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c...} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการสกัดเมือกจากเมล็ดเจียที่ pH=9 เนื่องจากได้น้ำหนักหลังการสกัดที่มากกว่าวิธีการสกัดเมือกจากเมล็ดเจียที่ pH=8

4.1.2 ผลการเตรียมแป้งข้าวกล้อง

4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้อง

จากผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของแป้งข้าวกล้องแสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่าแป้งข้าวกล้องมีค่าความหนืดที่เริ่มเจลาติไนซ์ที่ 10 BU ค่าความหนืดสูงสุดเท่ากับ 568 BU นอกจากนี้ยังมีค่าผลต่างของความหนืดสูงสุด และค่าความหนืดต่ำสุด (Breakdown) เท่ากับ 283 BU แสดงถึงความสามารถของแป้งที่ทนต่อแรงกวนได้มาก จึงมีค่าความหนืดที่น้อย เนื่องจากแป้งข้าวกล้องมีอะไมโลสสูง ซึ่งอะไมโลสมีโครงสร้างเป็นเส้นตรง ทำให้ละลายน้ำได้น้อย เนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) น้อย เวลาให้ความร้อนจึงเกิดความหนืดได้น้อย แต่เมื่อลดอุณหภูมิลง (Cooling) โมเลกุลของอะไมโลสที่หลุดออกมาจากเม็ดแป้งจะกลับมาเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้น้ำที่เคยจับอยู่กับหมู่ไฮดรอกซิลถูกดึงออกจากเจล เรียกว่า ซินเนอร์ริซิส (Syneresis) เกิดการคืนตัว (Retrogradation) ที่ไม่สูงนัก เนื่องจากมีค่าผลต่างของความหนืดสุดท้ายเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าและความหนืดต่ำสุด (Setback) ที่ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ศุภนุช และคณะ (2553) ที่ศึกษาผลของเมวการ์ณเดี่ยว ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะในการแข่งข้าวต่อพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงความหนืด ทั้งนี้ผลอาจแตกต่างกันเล็กน้อยอาจเนื่องมาจากขนาดอนุภาคของเมล็ดแป้งที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้อง

การเปลี่ยนแปลงความหนืด	
Pasting temperature (°C)	75.90 ± 0.14
Peak viscosity (BU)	556.88 ± 0.78
Breakdown (BU)	282.68 ± 0.76
Setback (BU)	382.72 ± 0.97
Final viscosity (BU)	640.27 ± 0.85

4.1.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของแป้งข้าวกล้อง

จากการวิเคราะห์ค่าความชื้นของแป้งข้าวกล้อง (แสดงดังตารางที่ 4.4) พบว่ามีความชื้นเท่ากับ 8.36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานที่ 13 เปอร์เซ็นต์ (สุวณี, 2008) สอดคล้องกับงานวิจัยของ เพียรพรรณ และคณะ (2020) ที่ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง พบว่าค่าความชื้นของแป้งข้าวกล้องไม่เกินมาตรฐานเนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยลงเพราะไม่มีปริมาณกลูเตนในแป้งข้าวกล้อง

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของแป้งข้าวกล้อง

ตัวอย่าง	ความชื้น
แป้งข้าวกล้อง	8.36

4.1.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งข้าวกล้อง

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งข้าวกล้องที่เตรียมได้ พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 77.74 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) เท่ากับ 6.92 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 10.89 จากค่าสีของข้าวกล้องหอมมะลิแดง (แสดงดังตารางที่ 4.6) สามารถสรุปได้ว่าค่าสีแดง (a^*) มีค่าน้อยกว่า ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าความสว่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากในแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีรงควัตถุสีแดงตามธรรมชาติ คือ สารแอนโทไซยานินจึงทำให้แป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีสีแดงตามธรรมชาติ (Pereira และคณะ, 2013) แต่เนื่องจากการเตรียมแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงโดยขั้นตอนการนำข้าวกล้องมาบดลดขนาดโดยใช้เครื่องบด Pin mill จากนั้นนำข้าวกล้องที่ผ่านการบดแล้วมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 140 ไมครอน แล้วจึงเก็บแป้งข้าว

กล้องในอุณหภูมิเยียมพอยด์ปิดสนิท ซึ่งในขั้นตอนการบดลดขนาดและการร่อนบนตะแกรง เป็นสาเหตุที่ทำให้สีของแป้งข้าวกล้องจากสีแดงมีแนวโน้มที่ทำให้สีแดงของแป้งข้าวกล้องลดลง เนื่องจากความร้อนของเครื่องบดลดขนาดและแรงในการร่อนที่ทำให้สีปรากฏเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นจึงทำให้ค่าความสว่าง (L^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งข้าวกล้อง

ตัวอย่าง	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
แป้งข้าวกล้อง	77.74 ± 0.02	6.92 ± 0.07	10.89 ± 0.15

4.1.2.4 ผลการวิเคราะห์ค่ากำลังการพองตัวและการละลายของแป้งข้าวกล้อง

จากผลการวิเคราะห์ค่ากำลังการพองตัวและการละลายของแป้งข้าวกล้อง พบว่าแป้งข้าวกล้องมีค่ากำลังการพองตัวเท่ากับ 4.84 กรัม/กรัม และค่าการละลายเท่ากับ 8.57 เปอร์เซ็นต์ จากค่ากำลังการพองตัวและค่าการละลายของแป้งข้าวกล้องสามารถสรุปได้ว่าการพองตัวจะสัมพันธ์กับค่าการละลายคือ เมื่อการพองตัวเพิ่มขึ้นค่าการละลายน้ำจะเพิ่มขึ้น นั่นคือเมื่อสารละลายน้ำแป้งได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาตินไนซ์ พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้าจับกับหมู่ไฮดรอกซิลอิสระ เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเกิดการพองตัวอย่างรวดเร็วจึงทำให้น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปในเม็ดแป้งทำให้มีค่าการพองตัวและค่าการละลายของแป้งสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Wurzburg, 1986) โดยปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและการละลายน้ำของแป้งคือชนิดของแป้ง ความแข็งแรง และลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำในสารละลายแป้ง และการดัดแปรแป้งทางเคมี (Leach, 1965) และจากงานวิจัยของ (อมรรัตน์ และคณะ, 2546; Tulyathan และคณะ, 2002) ได้กล่าวว่าแป้งข้าวพรีเจลาตินไนซ์สามารถดูดซึมน้ำและละลายได้ดีกว่าแป้งดิบสอดคล้องกับรายงานของ (วิจิตร และคณะ, 2563) ที่รายงานว่าแป้งกระจับพรีเจลาตินไนซ์ มีค่ากำลังการพองตัว และค่าการละลายสูงกว่าแป้งดิบ โดยแป้งกระจับพรีเจลาตินไนซ์มีค่ากำลังการพองตัว เท่ากับ 11.23 กรัม/กรัม และค่าการละลาย เท่ากับ 9.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แป้งดิบมีค่ากำลังการพองตัว เท่ากับ 7.48 กรัม/กรัม และค่าการละลาย เท่ากับ 8.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ค่ากำลังการพองตัวและค่าการละลายของแป้งข้าวกล้อง

ตัวอย่าง	ค่ากำลังการพองตัว (กรัม/กรัม)	ค่าการละลาย (เปอร์เซ็นต์)
แป้งข้าวกล้อง	4.84	8.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการเตรียมผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจีย

4.1.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจีย

4.1.3.1.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน (แสดงดังตารางที่ 4.7) จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด มีค่าองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร ความชื้น และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง (สูตรควบคุม) มีปริมาณโปรตีนที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดเจียเป็นแหล่งของโปรตีน (Bartosz และคณะ, 2019) ดังนั้นเมื่อเติมเมือกจากเมล็ดเจียลงในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องจึงส่งผลทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร พบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของปริมาณใยอาหารเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง (สูตรควบคุม) มีปริมาณใยอาหารที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดเจียเป็นแหล่งของใยอาหาร เมล็ดเจียมีใยอาหารประมาณ 30–34 กรัมต่อน้ำหนัก ซึ่งใยอาหารส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) มีสัดส่วนประมาณ 85–93 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ใยอาหารส่วนที่ละลายน้ำได้ (SDF) อยู่ที่ประมาณ 7–15 เปอร์เซ็นต์ (Bartosz และคณะ, 2019)

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของปริมาณความชื้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง (สูตรควบคุม) มีปริมาณใยอาหารที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย ทั้งนี้เนื่องจากพฤติกรรมการชอน้ำของเมือกจากเมล็ดเจีย โดยเมล็ดเจียสามารถดูดซับน้ำได้ถึง 12 เท่าของน้ำหนัก (Bartosz และคณะ, 2019) อย่างไรก็ตามปริมาณไขมันและเถ้ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยทั่วไปเมล็ดเจียมีปริมาณไขมันอยู่ระหว่างร้อยละ 25-40 และน้ำมันเมล็ดเจียมีกรดไขมันโอเมก้า 3 α -linolenic acid อยู่ถึงร้อยละ 68 (ทศพร, 2561)

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง (สูตรควบคุม) มี

ปริมาณใยอาหารที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องมีปริมาณองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร และความชื้น เพิ่มขึ้น เมื่อนำมาคำนวณในสูตร 3.3.1.6.1 (5.) ส่งผลให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน

ปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย (ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแป้งทั้งหมด)	องค์ประกอบทางเคมี					
	โปรตีน	ไขมัน ^{ns}	เถ้า ^{ns}	ใยอาหาร	ความชื้น	คาร์โบไฮเดรต
0 เปอร์เซ็นต์	5.64 ± 0.11 ^b	0.48 ± 0.02	1.04 ± 0.03	0.01 ± 0.00 ^b	8.43 ± 0.44 ^c	84.54 ± 0.81 ^a
2.5 เปอร์เซ็นต์	6.67 ± 0.17 ^a	0.51 ± 0.08	1.73 ± 0.01	0.05 ± 0.01 ^a	8.97 ± 0.10 ^a	82.07 ± 0.08 ^b
5 เปอร์เซ็นต์	6.68 ± 0.34 ^a	0.54 ± 0.01	1.38 ± 0.58	0.06 ± 0.02 ^a	8.53 ± 0.06 ^{ab}	82.96 ± 0.94 ^{ab}
7.5 เปอร์เซ็นต์	6.98 ± 0.59 ^a	0.54 ± 0.01	1.79 ± 0.68	0.06 ± 0.02 ^a	8.76 ± 0.09 ^{ab}	82.05 ± 1.29 ^b

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.3.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน (แสดงดังตารางที่ 4.8) จากผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากข้าวกล้องโดยการใช้เมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่ 79.84 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยผลิตภัณฑ์พาสต้าจากข้าวกล้องโดยการใช้เมือกจากเมล็ดเจีย 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 76.84 และ 76.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากข้าวกล้องที่ไม่ใช้เมือกจากเมล็ดเจีย (สูตรควบคุม) ที่ 74.78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sargi และคณะ (2013) ที่ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดเจียเปรียบเทียบกับเมล็ดพืชต่าง ๆ พบว่าเมล็ดเจียมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน

ปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย (ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแป้งทั้งหมด)	สารต้านอนุมูลอิสระ (เปอร์เซ็นต์)
0 เปอร์เซ็นต์	74.78 ± 0.27 ^c
2.5 เปอร์เซ็นต์	76.59 ± 0.25 ^b
5 เปอร์เซ็นต์	76.84 ± 0.08 ^b
7.5 เปอร์เซ็นต์	79.84 ± 0.07 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.3.1.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด และเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ไม่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย) (แสดงดังตารางที่ 4.9) พบว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียที่ระดับความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ สามารถสรุปได้ว่าค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย 2.5 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่1) มีค่า (L^*) (a^*) และ (b^*) เท่ากับ 58.81 11.28 และ 15.70 ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย 5 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่2) มีค่า (L^*) (a^*) และ (b^*) เท่ากับ 59.10 10.35 และ 15.62 ตามลำดับ และปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่3) มีค่า (L^*) (a^*) และ (b^*) เท่ากับ 59.82 9.68 และ 15.74 ตามลำดับ ซึ่งในระดับความเข้มข้นที่ 7.5 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่3) พบว่ามีค่าความสว่างมากที่สุด แต่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) น้อยที่สุด เนื่องจากเมือกจากเมล็ดเจียมีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้ามีความใสและสีสว่างมากขึ้นจึงทำให้ความเป็นสีแดงของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีค่าสีแดงที่ลดลง อีกทั้งการผลิตเมือกจากเมล็ดเจียในขั้นตอนการแยกเมือกออกจากเมล็ดซึ่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ออกมาจะมีทั้งเมือกและน้ำปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก สาเหตุนี้อาจทำให้การใส่เมือกจากเมล็ดเจียผสมลงในผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าจึงทำให้ค่าสีแดงของข้าวกล้องหอมมะลิแดงลดลงเช่นกัน และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นทั้ง 2 ระดับรวมถึงสูตรควบคุมสามารถสรุปได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่สูตรควบคุมมีค่าความสว่างน้อยที่สุด แต่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) มากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ (นนทพร, 2560) การเสริมเส้นใยอาหารจากขังข้าวโพดในผลิตภัณฑ์ขนมปังที่พบว่าค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้นเนื่องจากสารประกอบแคโรทีนอยด์ถูกกำจัดเม็ด

สีที่อยู่ในช่วงข้าวโพดออกไปโดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จึงทำให้ได้ผงที่มีสีขาวมากขึ้น ทั้งนี้เมื่อนำมาผสมกับเส้นบะหมี่จึงทำให้เส้นบะหมี่มีค่าสีขาว (L^*) เพิ่มขึ้นเช่นกัน

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน

ปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย (ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแป้งทั้งหมด)	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^* ^{ns}
0 เปอร์เซ็นต์	57.18 ± 0.47 ^c	12.89 ± 0.16 ^a	15.77 ± 0.05
2.5 เปอร์เซ็นต์	58.81 ± 0.04 ^b	11.28 ± 0.10 ^b	15.70 ± 0.09
5 เปอร์เซ็นต์	59.10 ± 0.41 ^{ab}	10.35 ± 0.17 ^c	15.62 ± 0.14
7.5 เปอร์เซ็นต์	59.82 ± 0.51 ^a	9.68 ± 0.14 ^d	15.74 ± 0.23

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.3.1.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้ม

จากการวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้มของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน (แสดงดังตารางที่ 4.10) จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยคุณภาพการหุงต้ม ได้แก่ เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสม น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของเวลาในการหุงต้มที่เหมาะสมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง (สูตรควบคุม) มีเวลาในการหุงต้มที่เหมาะสมที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย ทั้งนี้เนื่องจากเมือกจากเมล็ดเจียที่สกัดได้นั้นมีค่าการพองตัวที่สูงเมื่อนำมาเติมในผลิตภัณฑ์พาสต้าแล้วนำไปต้มให้ความร้อนในระหว่างการต้มจะเกิดการพองตัวและสุกง่ายกว่า (Muñoz และคณะ, 2012) ดังนั้นเมื่อเติมเมือกจากเมล็ดเจียลงในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องจึงส่งผลทำให้เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสมลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

น้ำหนักที่ได้หลังต้มของพาสต้าแสดงถึงการพองตัวซึ่งเกิดจากความสามารถในการดูดซับ ดูดซึม และการกักเก็บน้ำของเม็ดแป้งระหว่างการต้มให้สุกในน้ำเดือดโดยลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคืออัตราการพองตัวหรือน้ำหนักหลังต้มสูงแต่ในขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการต้มแล้วต้องไม่เปื่อยยุ่ย (Smewing, 1997) จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียทุกชนิด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดเจียในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของน้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง (สูตรควบคุม) มีน้ำหนักที่ได้หลังการต้มต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย ทั้งนี้เนื่องจากเมือกจากเมล็ดเจียมีเส้นใยชนิดละลายน้ำ โดยใยอาหารชนิดละลายน้ำมีความชอบในการจับกับน้ำสูงเพราะมี Sugar residue ที่มี Free polar group โดยอาหารที่ละลายน้ำนั้นส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ และกักเก็บน้ำสูง (Grigelmo และคณะ, 1999) ดังนั้นเมื่อเติมเมือกจากเมล็ดเจียลงในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องจึงส่งผลทำให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม เป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของผลิตภัณฑ์พาสต้าและสปาเก็ตตี้ ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มสามารถสังเกตได้จากลักษณะการขุ่นขาวของน้ำที่ใช้ในการต้มโดยสิ่งทีละลายลงสู่น้ำที่ใช้ต้มจะเป็นแป้งหรืออะไมโลสที่หลุดออกมาจากเส้นสปาเก็ตตี้ (Smewing, 1997) จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของปริมาณของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง (สูตรควบคุม) มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย ทั้งนี้เนื่องจากเมือกจากเมล็ดเจียมีปริมาณโปรตีนสูง สามารถเสริมสร้างความแข็งแรงของโครงสร้าง และป้องกันการสูญเสียปริมาณของแข็งให้กับผลิตภัณฑ์พาสต้าไม่ให้เกิดหรือแตกออกเมื่อนำไปต้มให้ความร้อน (Kaur และคณะ, 2016) และ การใช้เวลาในการหุงต้มที่น้อยจึงทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง (Mestres และคณะ, 1988) ดังนั้นเมื่อเติมเมือกจากเมล็ดเจียลงในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องจึงส่งผลทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้มของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน

ปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย (ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแป้งทั้งหมด)	คุณภาพการหุงต้ม		
	เวลาในการหุงต้มที่ เหมาะสม (นาที)	น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณของแข็งที่สูญเสีย ระหว่างการต้ม (เปอร์เซ็นต์)
0 เปอร์เซ็นต์	8.33 ± 0.29 ^a	205.19 ± 0.28 ^d	9.53 ± 0.23 ^d
2.5 เปอร์เซ็นต์	7.67 ± 0.29 ^b	216.13 ± 0.49 ^c	11.43 ± 0.34 ^b
5 เปอร์เซ็นต์	6.83 ± 0.89 ^c	259.06 ± 0.32 ^b	12.57 ± 0.11 ^a
7.5 เปอร์เซ็นต์	4.83 ± 0.89 ^d	264.52 ± 0.13 ^a	8.34 ± 0.50 ^c

หมายเหตุ ^{a,b,c,d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.1.5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน (แสดงดังตารางที่ 4.11) จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็งแรง การยึดเกาะที่ผิวหน้า ความยืดหยุ่น และการเกาะติดภายในเนื้ออาหารที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสามารถทนต่อแรงดึงขาดไม่สามารถวัดได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียไม่แข็งแรงพอ เส้นพาสต้าขาดง่าย จึงทำให้ไม่สามารถวัดค่าความต้านทานต่อแรงดึงขาดได้ โดยผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของค่าความแข็งแรง การยึดเกาะที่ผิวหน้า ความยืดหยุ่น และการเกาะติดภายในเนื้ออาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง (สูตรควบคุม) มีค่าความแข็งแรง การยึดเกาะที่ผิวหน้า ความยืดหยุ่น และการเกาะติดภายในเนื้ออาหารที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย ทั้งนี้เนื่องจากเมือกจากเมล็ดเจียมีคุณสมบัติในการดูดซับและกักเก็บน้ำสูง (Steffolani และคณะ, 2015) ทำให้เมื่อต้มเส้นพาสต้าแล้วเกิดการพองตัว เส้นขาดง่าย โครงสร้างภายในถูกทำลาย ซึ่งเมือกจากเมล็ดเจียนั้นเหมาะสมในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพในการปรุงสุกมากกว่า จึงได้มีการใช้สารประกอบอื่นในการปรับปรุงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียให้ดีขึ้น ดังนั้นเมื่อเติมเมือกจากเมล็ดเจียลงในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องจึงส่งผลทำให้ค่าความแข็งแรง การยึดเกาะที่ผิวหน้า ความยืดหยุ่น และการเกาะติดภายในเนื้ออาหารลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียในปริมาณที่แตกต่างกัน

ปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย (ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแป้งทั้งหมด)	ลักษณะเนื้อสัมผัส				
	Hardness (g)	Adhesiveness (g.sec)	Springiness	Cohesiveness	Tensile Strength (g)
0 เปอร์เซ็นต์	4383.60 ± 561.18 ^a	-138.93 ± 39.08 ^b	0.88 ± 0.56 ^a	0.61 ± 0.02 ^a	-
2.5 เปอร์เซ็นต์	3801.96 ± 295.86 ^b	-63.14 ± 18.14 ^a	0.86 ± 0.67 ^a	0.64 ± 0.04 ^a	-
5 เปอร์เซ็นต์	2364.16 ± 214.55 ^c	-40.51 ± 11.14 ^a	0.80 ± 0.07 ^b	0.61 ± 0.05 ^b	-
7.5 เปอร์เซ็นต์	3357.60 ± 650.75 ^d	-159.53 ± 47.16 ^b	0.87 ± 0.03 ^a	0.58 ± 0.02 ^b	-

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

- หมายถึง ผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียไม่สามารถวัดค่าความต้านทานต่อแรงดึงขาดได้

การพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย โดยพิจารณาจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีที่สูงที่สุด ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) ต่ำสุด และค่าความต้านทานต่อแรงดึงขาด (Tensile strength) สูงที่สุดตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์พบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องเติมเมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์ นั้นมีคุณสมบัติทางเคมีที่สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับการเติมเมือกจากเมล็ดเจีย 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องเติมเมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์นั้นมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสม และน้ำหนักที่ได้หลังการต้มต่ำที่สุดซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ดังนั้นในการผลิตผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียควรเลือกการเติมเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์พาสต้ามีคุณภาพที่ดีมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ใช้ระยะเวลาในการหุงน้อย และมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำ ส่วนค่าความต้านทานต่อแรงดึงขาดไม่สามารถวัดได้เนื่องจากผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจียไม่แข็งแรงพอ เส้นพาสต้าขาดง่าย จึงทำให้ไม่สามารถวัดค่าความต้านทานต่อแรงดึงขาดได้

4.2 ผลการศึกษาผลของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง

4.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์

4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้น

จากผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจีย และไฮโดรคอลลอยด์เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (หมายถึง พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์ และไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์) แสดงดังตารางที่ 4.12 พบว่าปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์และไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์ (สูตรที่3) เมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์และเติมไฮโดรคอลลอยด์ 3 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่6) แสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแป้งทั้งหมดในปริมาณแซนแทนกัม 1 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่4) ค่าความชื้นเท่ากับ 7.56 ปริมาณแซนแทนกัม 2 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่5) ค่าความชื้นเท่ากับ 9.75 และปริมาณแซนแทนกัม 3 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่6) ค่าความชื้นเท่ากับ 8.58 และสามารถสรุปได้ดังนี้ปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์และเติมไฮโดรคอลลอยด์ 3 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 6) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ (สูตรที่ 3)

ซึ่งทั้ง 2 สูตรการทดลองนี้มีการเติมเมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์เหมือนกันแต่ผลค่าความขึ้นดังตารางไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใส่ไฮโดรคอลลอยด์ร่วมกับการใช้เมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ได้มีผลต่อค่าความขึ้นของผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง และผลการทดลองจากตารางสามารถสรุปแนวโน้มของปริมาณความขึ้นได้ว่าเมื่อระดับการเติมไฮโดรคอลลอยด์สูงขึ้น แนวโน้มปริมาณความขึ้นก็เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติดูดซับน้ำได้ดีโดยหมู่ไฮดรอกซิลของไฮโดรคอลลอยด์จะจับกับน้ำภายในโครงข่ายโดของพาสต้าทำให้สามารถช่วยดูดซับน้ำไว้ในโครงสร้างได้ (Guard และคณะ, 2004)

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ค่าความขึ้นของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์

ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ (ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแป้งทั้งหมด)	ความขึ้น
แซนแทนกัม 0 เปอร์เซ็นต์	8.76 ± 0.09 ^b
แซนแทนกัม 1 เปอร์เซ็นต์	7.56 ± 0.23 ^c
แซนแทนกัม 2 เปอร์เซ็นต์	9.75 ± 0.06 ^a
แซนแทนกัม 3 เปอร์เซ็นต์	8.58 ± 0.09 ^b

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.2.1.2 การวิเคราะห์ค่าสี

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (หมายถึง พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์ที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์) แสดงดังตารางที่ 4.13 พบว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียและการเติมแซนแทนกัมที่ปริมาณ 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม สามารถสรุปได้ว่าค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และในส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของสูตรควบคุมกับสูตรที่เติมแซนแทนกัม 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ในทางกลับกันพบว่าการเติมแซนแทนกัม 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยการเติมแซนแทนกัม 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่า (L^*) (a^*) และ (b^*) เท่ากับ 59.83 9.57 และ 15.49 ตามลำดับ แซนแทนกัม 2 เปอร์เซ็นต์มีค่า (L^*) (a^*) และ (b^*) เท่ากับ 60.14 8.56 และ 15.86 ตามลำดับ และแซนแทนกัม 3 เปอร์เซ็นต์มีค่า (L^*) (a^*) และ (b^*) ไม่มีการผิดเพี้ยนใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 59.84 8.51 และ 15.71 ตามลำดับ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าในการทำเส้นพาสต้าข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียและเติมแซนแทนกัมในปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เส้นผลิตภัณฑ์พาสต้ามีค่าสีที่เหมาะสมที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ชนิษฐา, 2018) พบว่าค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้นเมื่อระดับการเติมแซนแทนกัมเพิ่มขึ้นเนื่องจากแซนแทนกัมมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี ดังนั้นจึงส่งผลให้ดูดซับน้ำไว้ในโครงข่ายพาสต้าได้ทำให้มีลักษณะที่สว่างมากขึ้น อย่างไรก็ตามหากเติมแซนแทนกัมมากเกินไปในระดับที่สูงมากถึงระดับร้อยละ 2.5 ค่าความสว่างจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อปริมาณแซนแทนกัมมากขึ้นจะส่งผลให้แซนแทนกัมแย่งจับกับน้ำภายในโครงข่ายโดทำให้เกิดการพัฒนาโครงข่ายโดพาสต้าที่ไม่ดีส่งผลให้โดพาสต้ามีสีคล้ำขึ้นดังนั้นค่าความสว่าง (L^*) จึงลดลง (Guarda และคณะ, 2004)

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์

ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ (ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแป้งทั้งหมด)	ค่าสี		
	L^* ^{ns}	a^* ^{ns}	b^* ^{ns}
แซนแทนกัม 0 เปอร์เซ็นต์	59.82 ± 0.51	9.68 ± 0.14 ^a	15.74 ± 0.23
แซนแทนกัม 1 เปอร์เซ็นต์	59.83 ± 0.14	9.57 ± 0.32 ^a	15.49 ± 0.16
แซนแทนกัม 2 เปอร์เซ็นต์	60.14 ± 0.82	8.56 ± 0.32 ^b	15.86 ± 0.33
แซนแทนกัม 3 เปอร์เซ็นต์	59.84 ± 0.15	8.51 ± 0.38 ^b	15.71 ± 0.25

หมายเหตุ ^{a,b,c...} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2.1.3 การวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้ม

จากการวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้มของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียที่ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด และไฮโดรคอลลอยด์ (แซนแทนกัม) ในปริมาณที่แตกต่างกัน (แสดงดังตารางที่ 4.14) จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมแซนแทนกัมในปริมาณ 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยคุณภาพการหุงต้ม ได้แก่ เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสม น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมแซนแทนกัมในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของเวลาในการหุงต้มที่เหมาะสมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง (สูตรควบคุม) มีเวลาในการหุงต้มที่เหมาะสมที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าที่เติมแซนแทนกัม ทั้งนี้เนื่องจากแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นช่วยลดเวลาในการหุงต้มของแป้งไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นพาสต้าได้ เป็นเพราะเซนแทนกัมมีค่าการละลายสูงจึงสามารถกระจายตัวรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับเม็ดแป้งได้ (Sivaramakrishnan และคณะ, 2004) ดังนั้นเมื่อเติมเซนแทนกัมลงในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องจึงส่งผลทำให้เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสมลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

น้ำหนักที่ได้หลังต้มของพาสต้าแสดงถึงการพองตัวซึ่งเกิดจากความสามารถในการดูดซับ ดูดซึม และการกักเก็บน้ำของเม็ดแป้งระหว่างการต้มให้สุกในน้ำเดือดโดยลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคืออัตราการพองตัวหรือน้ำหนักหลังต้มสูงแต่ในขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการต้มแล้วต้องไม่เปื่อยยุ่ย (Smewing, 1997) จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากข้าวกล้องที่เติมเซนแทนกัมในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของน้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง (สูตรควบคุม) มีน้ำหนักที่ได้หลังการต้มต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าที่เติมเซนแทนกัม ทั้งนี้เนื่องจากเซนแทนกัมมีโครงสร้างเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ ประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนส และกรดกลูคูโรนิก ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นองค์ประกอบในโมเลกุล ทำให้จับกับน้ำ และอุ้มน้ำได้ดี (Yalcin และคณะ, 2006) ดังนั้นเมื่อเติมเซนแทนกัมลงในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องจึงส่งผลให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม เป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของผลิตภัณฑ์พาสต้าและสปาเก็ตตี้ ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มสามารถสังเกตได้จากลักษณะการขุ่นขาวของน้ำที่ใช้ในการต้มโดยสิ่งทีละลายลงสู่น้ำที่ใช้ต้มจะเป็นแป้งหรืออะไมโลสที่หลุดออกมาจากเส้นสปาเก็ตตี้ (Smewing, 1997) จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเซนแทนกัมในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของปริมาณของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง (สูตรควบคุม) มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าที่เติมเซนแทนกัม ทั้งนี้เนื่องจากเซนแทนกัมในผลิตภัณฑ์พาสต้า ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำภายในแป้งได้ (Mohammadi และคณะ, 2014) และเซนแทนกัมมีหมู่อะซิติด กรดไพรูวิกที่ช่วยจับกับน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้มีคุณสมบัติในการจับกับน้ำได้ดี จึงช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของของแข็งในระหว่างการปรุงสุกได้ (Imeson และคณะ, 1997) ดังนั้นเมื่อเติมเซนแทนกัมลงในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องจึงส่งผลทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้มของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์

ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ (ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแป้งทั้งหมด)	คุณภาพการหุงต้ม		
	เวลาในการหุงต้มที่ เหมาะสม (นาที)	น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณของแข็งที่สูญเสีย ระหว่างการต้ม (เปอร์เซ็นต์)
แซนแทนกัม 0 เปอร์เซ็นต์	4.83 ± 0.89 ^a	264.52 ± 0.13 ^d	8.34 ± 0.50 ^a
แซนแทนกัม 1 เปอร์เซ็นต์	4.82 ± 0.29 ^a	276.77 ± 0.21 ^c	3.23 ± 0.01 ^c
แซนแทนกัม 2 เปอร์เซ็นต์	3.67 ± 0.58 ^b	290.70 ± 0.89 ^a	1.48 ± 0.03 ^d
แซนแทนกัม 3 เปอร์เซ็นต์	4.17 ± 0.59 ^{ab}	289.49 ± 0.05 ^b	3.82 ± 0.02 ^b

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2.1.4 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียที่ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด และไฮโดรคอลลอยด์ (แซนแทนกัม) ในปริมาณที่แตกต่างกัน (แสดงดังตารางที่ 4.15) จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมแซนแทนกัมในปริมาณ 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็งแรง การยึดเกาะที่ผิวหน้า ความยืดหยุ่น และการเกาะติดภายในเนื้ออาหารที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสามารถทนต่อแรงดึงขาดสามารถวัดได้ที่ระดับความเข้มข้น 2 ระดับ ได้แก่ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด เนื่องจากผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ไม่เติมแซนแทนกัม และเติมแซนแทนกัม 3 เปอร์เซ็นต์ไม่แข็งแรงพอ เส้นพาสต้าขาดง่าย จึงทำให้ไม่สามารถวัดค่าความต้านทานต่อแรงดึงขาดได้ โดยผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้แซนแทนกัมในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของค่าความแข็งแรง การยึดเกาะที่ผิวหน้า ความยืดหยุ่น และการเกาะติดภายในเนื้ออาหารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง (สูตรควบคุม) มีค่าความแข็งแรง การยึดเกาะที่ผิวหน้า ความยืดหยุ่น และการเกาะติดภายในเนื้ออาหารที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพาสต้าที่เติมแซนแทน ทั้งนี้เนื่องจากแซนแทนกัมมีคุณสมบัติในการดูดซับและกักเก็บน้ำสูง (Steffolani และคณะ, 2015) ประกอบกับการเกิดอันตรกิริยาระหว่างแซนแทนกัม และโปรตีน ทำให้เกิดโครงข่ายที่มีความแข็งแรงมากขึ้น (Rosell และคณะ, 2001) แต่เมื่อเติมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีแนวโน้มของค่าความแข็งแรง การยึดเกาะที่ผิวหน้า ความยืดหยุ่น และการเกาะติดภายในเนื้ออาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และไม่สามารถวัดค่าไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถทนต่อแรงดึงขาดได้ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเติมแซนแทนกัมในปริมาณที่มากเกินไปทำให้เส้นพาสต้ามีการดูดซึมน้ำ และกักเก็บน้ำอยู่ภายในเส้นมากทำให้โครงสร้างของเส้นไม่แข็งแรง มากไปกว่านั้นเมื่อนำไปปรุงสุกทำให้เส้นเปื่อยยุ่ย ดังนั้นเมื่อเติมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ลงในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องจึงส่งผลทำให้ค่าความแข็งแรง การยึดเกาะที่ผิวหน้า ความยืดหยุ่น การเกาะติดภายในเนื้ออาหาร และความสามารถทนต่อแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ (Brennan และคณะ, 2007) ที่ทำการศึกษารวบรวมการใช้แซนแทนกัมเติมลงในผลิตภัณฑ์พาสต้า พบว่า เมื่อเติมแซนแทนกัมในปริมาณที่เหมาะสมที่ระดับความเข้มข้น 1.5–2.0 เปอร์เซ็นต์ แซนแทนกัมสามารถละลายในน้ำ และกระจายตัวไปรอบ ๆ เม็ดแป้งได้ทำให้เส้นพาสต้าเกิดความแข็งแรง ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่น ช่วยปรับปรุงคุณภาพการหุงต้ม ลักษณะทางเนื้อสัมผัส และประสาทสัมผัสให้ดีขึ้นได้

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องโดยใช้เมือกจากเมล็ดเจียและไฮโดรคอลลอยด์

ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ (ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแป้ง ทั้งหมด)	ลักษณะเนื้อสัมผัส				
	Hardness (g)	Adhesiveness (g.sec)	Springiness	Cohesiveness	Tensile Strength (g)
แซนแทนกัม 0 เปอร์เซ็นต์	3357.60 ± 650.75 ^c	-159.53 ± 47.16 ^b	0.87 ± 0.03 ^a	0.58 ± 0.02 ^b	-
แซนแทนกัม 1 เปอร์เซ็นต์	4617.27 ± 673.44 ^b	-116.41 ± 39.66 ^a	0.77 ± 0.07 ^b	0.62 ± 0.03 ^a	13.47 ± 0.36 ^b
แซนแทนกัม 2 เปอร์เซ็นต์	5283.39 ± 310.00 ^a	-105.03 ± 43.85 ^a	0.86 ± 0.06 ^a	0.63 ± 0.02 ^a	16.73 ± 0.82 ^a
แซนแทนกัม 3 เปอร์เซ็นต์	4214.52 ± 321.45 ^b	-101.23 ± 31.90 ^a	0.80 ± 0.07 ^b	0.60 ± 0.04 ^a	-

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

- หมายถึง ผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียไม่สามารถวัดค่าความต้านทานต่อแรงดึงขาดได้

4.2.1.5 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการทดสอบชิม

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการทดสอบชิมของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ใช้เมือกจากเมล็ดเจียที่ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด และไฮโดรคอลลอยด์ (แซนแทนกัม) ในปริมาณที่แตกต่างกัน (แสดงดังตารางที่ 4.16) จากผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่ไม่เติมเมือกเมล็ดเจีย และเติมเมือกจากเมล็ดเจียที่ระดับความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด รวมถึงผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมแซนแทนกัมในปริมาณ 1% ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส การยึดเกาะ ความยืดหยุ่น ความเหนียว ความนุ่ม และคะแนนความชอบโดยรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมแซนแทนกัมที่มีความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส การยึดเกาะ ความยืดหยุ่น ความเหนียว ความนุ่ม และคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าสูตรอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเติมปริมาณแซนแทนกัมในปริมาณที่น้อยหรือมากเกินไป จะส่งผลให้ลักษณะของเส้นมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติการดูดซับน้ำของแซนแทนกัม จึงทำให้เส้นพาสต้ามีการดูดซับน้ำและมีขนาดใหญ่ขึ้น ในขณะที่เดียวกันแซนแทนกัมในปริมาณที่มากเกินไปจะเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผู้บริโภคมีความพึงพอใจลดน้อยลงได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ (Brennan และคณะ, 2007) ที่ทำการศึกษารวบรวมการใช้แซนแทนกัมเติมลงในผลิตภัณฑ์พาสต้า พบว่า เมื่อเติมแซนแทนกัมในปริมาณที่เหมาะสมที่ระดับความเข้มข้น 1.5–2.0 เปอร์เซ็นต์ แซนแทนกัมสามารถละลายในน้ำ และกระจายตัวไปรอบ ๆ เม็ดแป้งได้ทำให้เส้นพาสต้าเกิดความแข็งแรง ความเหนียว และความยืดหยุ่น ช่วยปรับปรุงคุณภาพการหุงต้ม ลักษณะทางเนื้อสัมผัส และประสาทสัมผัสให้ดีขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากข้าวกล้องโดยใช้เมื่อจากเมล็ดเจีย

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	การยึดเกาะ	ความยืดหยุ่น	ความเหนียว	ความนุ่ม	คะแนนโดยรวม
สูตรควบคุม	6.60 ± 1.04 ^b	6.00 ± 1.02 ^b	5.70 ± 0.95 ^c	5.43 ± 1.19 ^b	4.93 ± 1.48 ^b	4.80 ± 1.45 ^c	5.50 ± 1.25 ^c	5.70 ± 0.84 ^c
แซนแทนกัม 0 เปอร์เซ็นต์	5.90 ± 1.27 ^c	6.03 ± 0.85 ^b	5.73 ± 1.26 ^c	5.33 ± 1.12 ^b	4.83 ± 1.46 ^b	4.87 ± 1.46 ^c	5.50 ± 1.33 ^c	5.53 ± 0.78 ^c
แซนแทนกัม 1 เปอร์เซ็นต์	6.17 ± 1.78 ^{bc}	6.17 ± 1.23 ^b	6.37 ± 1.07 ^b	5.50 ± 1.50 ^b	5.53 ± 1.31 ^b	5.77 ± 1.41 ^b	6.37 ± 1.07 ^b	6.20 ± 1.00 ^b
แซนแทนกัม 2 เปอร์เซ็นต์	7.78 ± 0.90 ^a	7.17 ± 1.05 ^a	7.30 ± 0.79 ^a	7.27 ± 1.08 ^a	7.17 ± 1.18 ^a	7.13 ± 0.86 ^a	7.63 ± 0.76 ^a	7.73 ± 0.64 ^a
แซนแทนกัม 3 เปอร์เซ็นต์	6.77 ± 1.13 ^b	5.83 ± 0.87 ^b	6.03 ± 1.27 ^{bc}	5.73 ± 1.51 ^b	5.40 ± 1.54 ^b	5.63 ± 1.40 ^b	5.87 ± 1.61 ^{bc}	5.93 ± 1.26 ^{bc}

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ตอนที่ 1 การศึกษาผลของการใช้เมือกจากเมล็ดเจียต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง โดยแปรปริมาณเมือกจากเมล็ดเจีย 3 ระดับ ได้แก่ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

เมือกจากเมล็ดเจียที่เตรียมได้จากการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่พีเอช 8 และ 9 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่พีเอช 9 โดยน้ำหนักที่ได้หลังการสกัดเท่ากับ 8.71 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของแห้ง กำลังการพองตัวเท่ากับ 27.57 กรัม และการละลายเท่ากับ 12.82 เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำเมือกจากเมล็ดเจียที่เตรียมได้มาเติมลงในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง ปริมาณ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด พบว่า ปริมาณการเติมเมือกจากเมล็ดเจียที่เหมาะสมที่สุด คือ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเท่ากับ 8.34 เปอร์เซ็นต์ เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสมเท่ากับ 4.83 นาที ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 6.98 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณใยอาหารเท่ากับ 0.06 เปอร์เซ็นต์

ตอนที่ 2 การศึกษาปริมาณของแซนแทนกัมต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง 3 ระดับ ได้แก่ 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมดสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้องที่เติมเมือกจากเมล็ดเจีย 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด แล้วนำมาปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวกล้องโดยเติมแซนแทนกัม พบว่า ปริมาณการเติมแซนแทนกัมที่เหมาะสมที่สุด คือ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดย ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเท่ากับ 1.48 เปอร์เซ็นต์ เวลาในการหุงต้มที่เหมาะสมเท่ากับ 3.67 นาที ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงขาดเท่ากับ 16.73 กรัม และมีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 8 คะแนน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น ๆ เพื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวกล้อง

5.2.2 ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวชนิดอื่น ๆ เพื่อความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ และเอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาค้นคว้า เสนอแนะให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า ส่งเสริมเกษตรกรในประเทศไทย

เมื่อผู้ดูแลเว็บไซต์ฯ ได้รับแจ้งให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นประเภทอื่น ๆ โดยใช้เมื่อจากเมล็ดเจีย เพื่อปรับปรุงคุณภาพในการหุงต้มช่วยลดเวลาในการหุงต้ม และลดปริมาณของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการต้ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรมรัตน์ รักรักศิริ. 2549. การศึกษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาอะหะมิสดไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- กรมการข้าว. ข้าวหอมมะลิแดง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.thairicedb.com/rice-detail.php?id=11>. 17 พฤษภาคม 2566.
- กรมวิชาการเกษตร. 2541. ข้าว...วัฒนธรรมแห่งชีวิต. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. หน้า 8-9.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่2 กรุงเทพฯ.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 292.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 4 : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมข้าว. 2559. ขนมหจีน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://brrd.ricethailand.go.th/main.php>. 22 พฤษภาคม 2566.
- กัญญา เชื้อพันธ์ 2547. คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. หน้า 31-38.
- กุลยา ลิ่มรุ่งเรืองรัตน์ อโนชา สุขสมบูรณ์ และอาภัสรา แสงนาค. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวเจ้าเพื่อสุขภาพเสริมแป้งถั่ว. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ชนิษฐา หมวดเอียด. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนอบแห้งจากแป้งข้าวสังข์หยด. วารสารUTK ราชมงคลกรุงเทพ. วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- ชนิษฐา หมวดเอียด. 2018. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนอบแห้งจากแป้งข้าวสังข์หยด. วารสารวิจัย มทร. กรุงเทพ ปีที่ 12 ฉบับที่ 2. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- ข้าวหงษ์ทอง. 2016. ข้าวกล้องหอมมะลิแดง ทำไม่ถึงเป็นข้าวพันธุ์ดี ที่คุณควรทาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.hongthongrice.com/life>. 20 พฤษภาคม 2566.
- เครือวัลย์ อัดตะวีริยะสุข. 2540. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ สำนักงานเลขาธิการกรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 58 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งามชื่น คงเสรี. 2541. มาตรฐานสินค้าเกษตร: ข้าวหอมมะลิและวิธีการตรวจสอบ. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี
สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตรและสหกรณ์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. ธัญชาติและพืชหัว. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 90 หน้า.

ดุขฎิ อุดภาพ และ น้อยนุช เจริญกุล. 2555. บทที่ 4 สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรต-ไฮโดรคอลลอยด์และ
การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
:http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware /BCT611/chapter4.html. 8 พฤศจิกายน
2565.

ดุขฎิ อุดภาพ และ น้อยนุช เจริญกุล. 2555. สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรต-ไฮโดรคอลลอยด์และการ
ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม เทคโนโลยีของคาร์โบไฮเดรต Carbohydrate Technology. สาขาวิชา
เทคโนโลยีชีวเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ทศพร นามโอง. 2561. “เมล็ดเจีย” การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเมล็ดเจียและประโยชน์เพื่อสุขภาพ. Future
Food Articles: Functional Food. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

ฉันทยาภรณ์ นาวิวรรณ. 2542. การผลิตแซนแทนกัมจากกากมันสำปะหลังโดย *Xanthomonas campestris*
TISTR 840. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย/กรุงเทพฯ.

นันทพร อัครนิจ. 2560. การเสริมเส้นใยอาหารจากซังข้าวโพดในผลิตภัณฑ์บะหมี่. สังกัดคณะวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

พนิดา โนนใหญ่. 2549. ผลของการตัดแปรด้วยวิธีการให้ความร้อนขึ้นต่อคุณสมบัติของสตาร์ชข้าวเจ้า.

ปริญญาสาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร. บัณฑิตวิทยาลัย
ศิลปากร. 149. พิมพ์เพื่อ. 2564. Steaming / การนึ่ง [ออนไลน์]. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรม
อาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์. เข้าถึงได้จาก :

http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1612/steaming. 10 พฤศจิกายน 2565.

พรรณทิพา เจริญไทยกิจ. 2561. สมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของพาสต้า
ปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวกล้องเสริมคุณค่าโปรตีนไข่ขาว. วารสารวิชาพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ. 28, 627-638.

พิมพ์เพื่อ. 2564. Steaming / การนึ่ง [ออนไลน์]. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร. คณะ
วิศวกรรมศาสตร์. เข้าถึงได้จาก :

http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1612/steaming. 10 พฤศจิกายน 2565.

เพียรพรรณ สุภะโคตร ศิวพร แซ่เล่า และ อรวรรณ ไบศิลา. 2563. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้อง
หอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง. วารสารเกษตรพระวรุณ 17(2): 273-287.

มาโนชญ์ สุธีรพัฒนานนท์. 2546. คุณลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างภายในของพาสต้าข้าวเจ้าที่ได้จาก
การอัดฟอง. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง. ไม่ปรากฏปีที่แต่ง. ข้าวกล้องหอมมะลิแดง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<https://www.palangkaset.com>. 9 พฤษภาคม 2566.

ยุพินทรา ชันติวัฒน์สกุล. 2548. ผลของแขนแทนกัมและกัวร์กัมต่อสมบัติทางกายภาพของสตาร์ชข้าว.

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์อาหารและโภชนาการ. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิจิตรา และ วชิรญา. 2563. ผลของวิธีการตัดแปรงด้วยกรดและพีรีเจลาตินในเซชันต่อสมบัติทางเคมี

กายภาพของแป้งกระเจี๊ยบ. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร. 15: 82-95.

วิจิตรา เหลียวตระกูล. 2563. ผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นในการสกัดต่อคุณภาพของน้ำใบเตย Effect of extraction temperature and concentration on the quality of pandan juice.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

วิภา สุโรจน์เมธากุล. 2541. คุณสมบัติของข้าวและการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวและ

เส้นหมี่. น. 33-5 1. ใน การพัฒนาเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและขนมจีนโดยใช้เทคโนโลยี

สะอาด: วันที่ 26-27 มิถุนายน พ.ศ. 2541 ณ โรงแรมมารวยการ์เดน. กรุงเทพฯ: สถาบันคั้นคว่ำและ
พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภนุช ใส่แปง นิรมล อุตมอ่าง และยุทธนา พิมลศิริผล. 2553. ผลของสภาวะในการแช่ข้าวต่อสมบัติทางเคมี

กายภาพของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงอก. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม. Xanthan gum อุตสาหกรรม ต่อเนื่อง

จาก อ้อยและน้ำตาล. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.ocsb.go.th/upload/bioindustry/fileupload/10140-7072.pdf>. 26 พฤศจิกายน 2565.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดสุรินทร์. 2563. ข้าว ประโยชน์ของข้าวไทย ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้อง ข้าว

กล้องอก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.opsmoac.go.th/surin-local_wisdom-preview-422891791846. 20 พฤษภาคม 2566.

สุรียา สาสนรักกิจ. 2542. ปุ๋ยน้ำชีวภาพ. ฝ่ายเทคโนโลยี ชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่ง

ประเทศไทย.

สุวณี กิตติลาภานนท์ และสมคิด รื่นภาควุฒิ. 2008. การบริการวิเคราะห์ความชื้น อมิโลส และโปรตีนในข้าว

และแป้งข้าวเจ้า. กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก สำนักวิจัยและ

พัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

อมรรัตน์ มุขประเสริฐ และกมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล. 2546. ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดแป้งจากเมล็ดขนุน. ใน

การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิบูล, สุภรัตน์ ชวนะ, มาลี สุวรรณอัทธ, ลาวัญย์ ไกรเดช, ปราโมทย์ ศิริโรจน์, พรเทพ พัฒนานุรักษ์

และอรรควุฒิ ทัศนสองชั้น. 2534. เรื่องของข้าว. กรุงเทพมหานคร:ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 366 หน้า.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AACC International, Approved methods of the Association of Cereal Chemists International, 10th edn. (St. Paul, Minnesota, 2000).
- Ayerza, R. 2013. Seed composition of two chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes which differ in seed color. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(7), 495–500.
- Baek, J. and Lee, S. 2014. Functional characterization of brown rice flour in an extruded noodle system. *J. Korean. Soc. Appl. Biol. Chem*, 57(4) 435-440.
- Bartosz, K., Joanna, K., Maciej, T., Dominik, K. and Anna, G. 2019. The Chemical Composition and Nutritional Value of Chia Seeds—Current State of Knowledge. *Journal of Nutrients*, 11, 1242.
- Brennan C.S. and Tudorica C.M., Fresh Pasta Quality as Affected by Enrichment of Nonstarch Polysaccharides. *J. Food Sci.*, 2007, 72(9), 659-665.
- Bule, A., Colonna, P., Planchot, V and Ball, S. 1998. Starch Granules: Structure and Biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 23, 85-112.
- Ferrero, C., M.N. Martino. and N.E. Zaritzky. 1990. Corn starch-xanthan gum and its effect on stability during storage of frozen gelatinized suspensions. *Starch*. 46(8): 300-308.
- Grigelmo-Miguel, N., Gorinstein, S. and Martín-Belloso, O. 1999. Characterisation of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food Chem*. 65: 175-181.
- Guarda, A., C.M. Rosell, C. Benedito and M.J. Galotto. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*. 18: 241-247.
- Hassan, Bilal; Chatha, Shahzad Ali Shahid; Hussain, Abdullah Ijaz; Zia, Khalid Mahmood and Akhtar, Naseem. 2017. Recent Advances on Polysaccharides, Lipids and Protein Based Edible Films and Coatings: A Review. *International Journal of Biological Macromolecules*.
- Hizukuri, S. 1995. Analytical aspects. In *Carbohydrates in food*. Edited by Ann-Charlotte. Eliasson Marcel Dekker. Inc., New York, Basel, Hong Kong, pp: 347-429.
- Hizukuri, S. 1988. Recent Advances in Molecular Structure of Starch. *Journal of the Japanese Society of Starch Science*, 31, 185.
- Imeson, A. 1997. *Thickening and Gelling Agent for Food*. Great Britain: St Edmundsbury Press Ltd.

- Iranna, S., Udachan, and Sahoo, A. K. 2017. Effect of Hydrocolloids in the Development of Gluten Free Brown Rice Pasta. *International Journal of ChemTech Research*, 10(6), 407-415.
- Kaur A, Shevkani K, Katyal M, Singh N, Ahlawat AK and Singh AM. 2016. Physicochemical and rheological properties of starch and flour from different durum wheat varieties and their relationships with noodle quality. *J Food Sci Technol*. 53(4), 2127–2138.
- Kayahara, H. and K. Tsukahara. 2000. Flavor, health and nutritional quality of pre-germinated brown rice. *International Chemical Congress of Pacific Basin Societies in Hawaii 2000*.
- Knez Hrnci, M., Ivanovski, M., Cör, D. and Knez, Ž. 2019. Chia Seeds (*Salvia Hispanica L.*): An Overview—Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application. *Journal of Molecules*, 25, 11.
- Kruger, J.E., R.B. Matsuo, and J.W. Dick. 1996. *Pasta and Noodle Technology*. The American Association of Cereal Chemists. USA.
- Leach, H. W. 1965. Gelatinization of starch, pp. 289 - 307. In R. L. Whistler and E. F. Paschal, eds. *Starch: Chemistry and Technology*. Academic Press. New York.
- Manyam B.V., Katz L., Hare T.A., Kaniefski K and Tremblay R.D. 1981. Isoniazid-induced elevation of cerebrospinal fluid (CSF) GABA levels and effects on Chorea in Huntington's disease. *Ann. Neurol*, 10: 35-37.
- Marachai W., Kwangpan S and Phimolsiripol Y. 2013. Glycemic index and certain qualities of macaroni containing lablab flour (*Dolichos lablab*). *Food and Applied Biosci J*, 1(3), 146-159.
- Mestres, C., Colonna, P., and Buleon, A. 1988. Characteristics of starch network within riceflour noodle and mungbean starch vermicelli. *J. Food Sci*. 53, 1809-1812.
- Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M.-H., Neyestani, T.-R. and Mortazavian, A. M. 2014. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1812-1818.
- Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., and Aguilera, J. M. 2012. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of Food Engineering*, 108, 216–224.
- Navjot, K., Savita, S., Deep, N. Y., Hanuman, B., and Baljit, S. 2017. Quality Characterization of Brown Rice Pasta Supplemented with Vital Gluten and Hydrocolloides. *AgricRes*, 6(2), 185-194.
- Pereira-Caro, G., G. Cros, T. Yokota and A. Crozier. 2013. Phytochemical profiles of black, red,

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- brown, and white rice from the Camargueregion of France. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61: 7976-7986.
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., and Valdivia-Lopez, M. A. 2008. Dietary content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican Chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry*, 107, 656–663.
- Reyes-Caudillo, E. 2008. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry*,107,656-663.
- Rosell, C. M. and Marco, C., Rice. In E. K. Arendt and F. Dal Bello (Eds.). 2001. *Gluten free cereal products and beverages* London: Academic Press, 81-100.
- Sandoval-Oliveros, M. R. and Paredes-López, O. 2013. Isolation and characterization of proteins from Chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 193–201
- Sargi S. C., Silva B. C., Santos H. M. C., Montanher P. F., Boeing J. S., Santos Junior O. O., Souza L. E. and Visentainer J. V. 2013. Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. *Campinas*, 33(3), 541-548.
- Schwingshackl, L. and Hoffmann, G. 2013. Long-term effects of low glycemic index/load vs. high glycemic index/load diets on parameters of obesity and obesity-associated risks: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 23, 699–706.
- Sivaramakrishnan, H.P., B. Senge and P.K. Chattopadhyay. 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering*, 62, 37-45
- Smewing, J. 1997. Analyzing the Texture of Pasta for Quality Control. *Cereal Foods World*. 42: 8-11.
- Sozer N. 2009. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with protein and gums. *Food Hydrocoll*, 23: 849–855.
- Steffolani E. 2015. Effect of prehydration of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds and flour on the quality of wheat flour breads. *LWT- Food Science and Technology*, 1-6.
- Sukhonthara, S., Theerakulkait, C. and Miyazzawa, M. 2009. Characterization of volatile aroma compounds form red and black rice bran. *J. Oleo Sci.* 58(3): 155-161.
- Swinkels and J. J. M. 1985. Composition and properties of commercial native starches.

เอกสารนี้เผยแพร่ในวารสารวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Tulyathan, V., Tananuwong, K., Songjinda, P., and Jaiboon, N. 2002. Some physicochemical properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) seed flour and starch. *Science Asia*, 28, 37-41.
- Valeria, M., Mariana, A., Tim, D. P., Donato, A., Federico, M., and Clara, F. 2017. Gluten-free pasta incorporating (*Salvia hispanica* L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the *in vitro* carbohydrate digestibility. *Food Chemistry*, 221, 1954-1961.
- Wang, W.-H., Lu, C.-P. and Kuo, M.-I. 2012. Combination of Ultrasound and Heat in the Extraction of Chia Seed (*Salvia hispanica* L.) Mucilage: Impact on Yield and Technological. *Journal of Processes* 10, 519.
- Wurzburg OB. Introduction. In Wurzburg OB, editor, *Modified starches: Properties and Uses*. CRC Press. Florida; 1986:3-16.
- Yadav DN, Balasubramanian S, Kaur J, An and T, Singh AK. 2012. Non-wheat pasta based on pearl millet flour containing barley and whey protein concentrate. *J Food Sci Technol*.
- Yalcin, S., and Basman, A. 2008. Effects of gelatinisation level, gum and transglutaminase on the quality characteristics of rice noodle. *International journal of food science & technology*, 43(9), 1637-1644.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

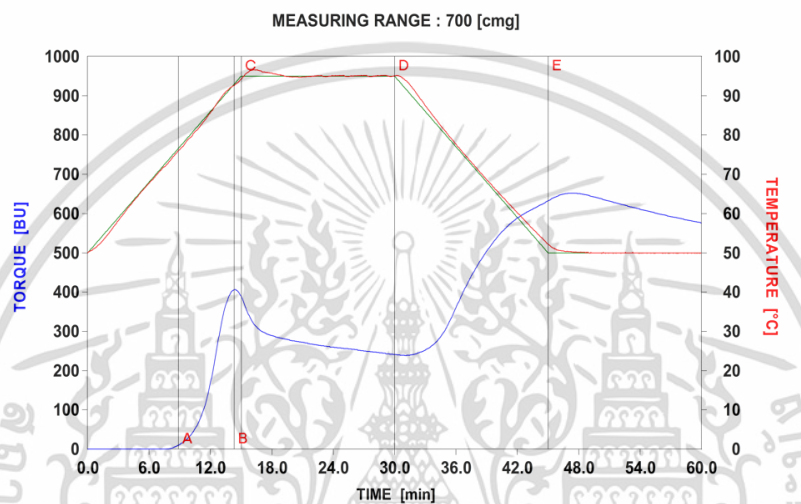


ภาคผนวก

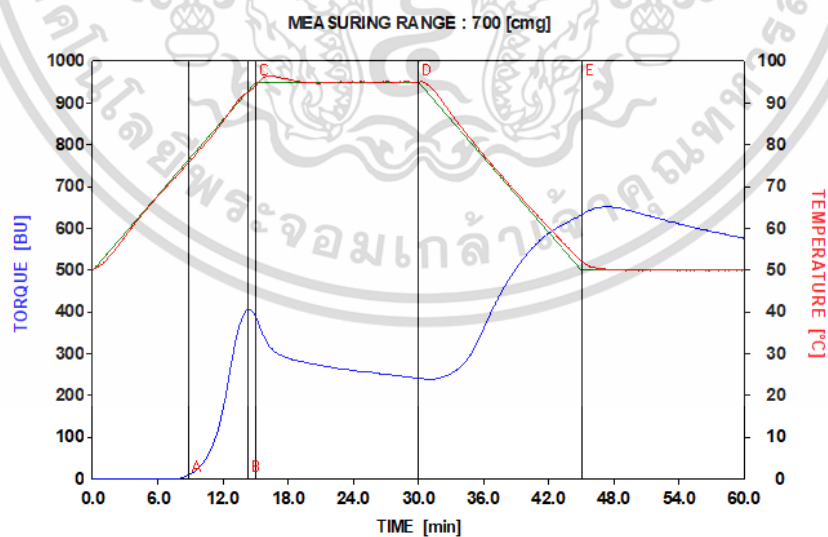
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลของการเปลี่ยนแปลงความหนืดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Brabender visco amylograph



ภาพที่ ค.1 กราฟแสดงความหนืดจากเครื่อง Brabender visco amylograph ของแป้งข้าวกึ่งน้ำที่ 1



ภาพที่ ค.2 กราฟแสดงความหนืดจากเครื่อง Brabender visco amylograph ของแป้งข้าวกึ่งน้ำที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล จารุวรรณ ทองโพธิ์ใหญ่
 วัน เดือน ปี เกิด 7 พฤศจิกายน 2543
 ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2566 วิทยาศาสตร์บัณฑิต
 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2561 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๔

ชื่อ-นามสกุล พัฒนิตา โสภากา
 วัน เดือน ปี เกิด 22 พฤศจิกายน 2543
 ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2566 วิทยาศาสตร์บัณฑิต
 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2561 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๔

ชื่อ-นามสกุล ปณิดา แสงสังข์
 วัน เดือน ปี เกิด 8 กันยายน 2543
 ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2566 วิทยาศาสตร์บัณฑิต
 สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2561 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 โรงเรียนสตรีศรีเศรษฐบุตรบำเพ็ญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้