การผลิตเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าเสริมแป้งแก่นตะวัน

Production of fresh free gluten noodle from rice flour added whit *Jerusalem artichoke* flour

ชมพูนุช สุ่มมาตย์
นภัสสร วัชรโกเมนกุล

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าเสริมแป้งแก่นตะวัน
Production of fresh free gluten noodle from rice flour added with *Jerusalem artichoke* flour

T148884

ชมพูนุท สุ่มมาตย์
นภัสสร วัชรโกเมนกุล

สัจพหมู่
เลขทะเบียน 148884
วัน.เดือน.ปี 30 พ.ย. 2560
b 12876914
i

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การผลิตเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าเสริมแป้งแก่นตะวัน

Production of fresh free gluten noodle from rice flour added with *Jerusalem artichoke* flour

จัดทำโดย

ชมพูนุท สุ่มมาตย์ รหัสนักศึกษา 55080014

นภัสสร วัชรโกเมนกุล รหัสนักศึกษา 55080028

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

(อ. จิราภรณ์ สิริสัณห์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การผลิตเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าเสริมแป้งแก่นตะวัน
นักศึกษา ชมพูนุท สุ่มมาตย์ รหัสประจำตัว 55080014
นภัสสร วัชรโกเมนกุล รหัสประจำตัว 55080028
หลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต
พ.ศ. 2559
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ อ.จิราภรณ์ สิริสัณห์

บทคัดย่อ

การศึกษาเพื่อผลิตเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าเสริมแป้งแก่นตะวัน เริ่มจากการผลิตเส้นบะหมี่สูตรควบคุมโดยมีส่วนประกอบของแป้งข้าวเจ้า, ไข่ไก่เต็มใบ, โซเดียมไบคาร์บอเนต, เกลือ และน้ำในร้อยละ 63.0, 14.0, 1.5%, 0.07% และ 21.5 ของน้ำหนักตามลำดับ จากนั้นศึกษาสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติต่อแป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่อแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวจำนวน 4 สูตร ได้แก่ 4.67:18.67:4.67, 14:14:0, 0:14:14 และ 9.34:9.34:9.34 เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเส้นบะหมี่สด ทำการศึกษาปริมาณคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สดใน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 ของน้ำหนัก และศึกษาปริมาณแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมสำหรับเติมในเส้นบะหมี่สดใน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนัก วิเคราะห์คุณภาพของเส้นบะหมี่สดที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าสมบัติทางน้ำ (Hydration properties) ได้แก่ ค่า swelling index ค่า water absorption ค่า cooking loss และ ค่า turbidity ทำการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่สดที่เติม CMC ด้วยวิธีการทดสอบความแตกต่างแบบจัดอันดับ (ranking test) และของบะหมี่สดที่เติมแป้งแก่นตะวันด้วยวิธี 9-point hedonic scale ผลพบว่าเส้นบะหมี่สดที่ผลิตโดยการผสมแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติต่อแป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่อแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวในสัดส่วน สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติร้อยละ 4.67 แป้งมันสำปะหลังดัดแปรร้อยละ 18.67 และแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวร้อยละ 4.67 มีคุณภาพดีที่สุด การเติม CMC ในสัดส่วนร้อยละ 2 โดยน้ำหนักช่วยทำให้เส้นบะหมี่มีเนื้อสัมผัสและลักษณะทางกายภาพของเส้นดีขึ้น และการเติมแป้งแก่นตะวันในเส้นบะหมี่สดที่ร้อยละ 2 ของน้ำหนักเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด โดยเส้นบะหมี่สดที่เติมแป้งแก่นตะวันมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.04 ต่อส่วนผสมทั้งหมด (จากการคำนวณ) เมื่อเทียบกับเส้นบะหมี่สูตรควบคุม ดังนั้นจากการนี้สามารถสรุปได้ว่าการผลิตเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนเติมแป้งแก่นตะวันมีความเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามควรทำการศึกษาคุณสมบัติด้านอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ปริมาณใยอาหารที่เหลืออยู่หลังผ่านกระบวนการผลิต และคุณสมบัติการเกิดเจล เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ : บะหมี่ ปราศจากกลูเตน แป้งดัดแปร ไฮโดรคอลลอยด์ แก่นตะวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Production of fresh free gluten noodle from rice flour added with *Jerusalem artichoke* flour
student name	Chompunut Soommart Napassorn Watcharakomenkul
student ID	55080014 55080028
Programme	Bachelor of Science
Year	2016
Special problem advisor	Jiraporn Sirison

ABSTRACT

To produce fresh free gluten noodle from rice flour added *Jerusalem artichoke* flour. The basic noodle formulation composed of rice flour, whole fresh egg, sodium bicarbonate, salt and water was formulated in 63.0, 14.0, 1.5, 0.07 and 21.5 (%w/w), respectively. Studying the proportion of Native Tapioca starch, Pre-gel Tapioca starch and Brown glutinous rice flour in 4 formulations; 4.67:18.67:4.67, 14:14:0, 0:14:14 and 9.34:9.34:9.34 (%w/w) respectively. And then added CMC in order to improved quality of noodle in 1.0, 1.5, 2.0 (%w/w). *Jerusalem artichoke* flour was added in 2%, 4% and 6% weight by weight of dough. Water hydration properties included swelling index, water absorption, cooking loss, turbidity of the formulated gluten free rice noodle were evaluated. Then doing sensory evaluation of noodle added CMC by using Ranking test and noodle added *Jerusalem artichoke* flour by using 9-point hedonic scale. The results showed that noodle with Native Tapioca starch 4.67, Pre-gel Tapioca starch 18.67 and Brown glutinous rice flour 4.67 (%w/w) had the best quality. Noodle with 2% had better texture and appearance compared to other formulations. Moreover gluten free rice noodle with 2% *Jerusalem artichoke* flour was the most accepted among all panelist. Those gluten free rice noodle with *Jerusalem artichoke* flour had a greater number of fiber 0.04% weight by weight of all mixture (From calculated) compared to control. Those results suggested that production of gluten free rice noodle adding *Jerusalem artichoke* powder was feasible. However, the other properties of noodle should be examined, for example dietary fiber in finished product and gelling property to be useful for a plant production.

Keywords: Noodles Gluten free Modified starch Hydrocolloids, *Jerusalem artichoke*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาของอาจารย์จิราภรณ์ สิริสัณห์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็น ช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย ขอขอบคุณอาจารย์ท่านอื่นในสาขาอุตสาหกรรมเกษตร สำหรับข้อแนะนำและความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้

ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในการใช้เครื่องมือในการทำงานวิจัยตลอดจนงานวิจัยได้สำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ที่สนับสนุนและผลักดัน เป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำจนทุกอย่างสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ชมพูนุท สุ่มมาตย์
นภัสสร วัชรโกเมนกุล
พฤษภาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ผลิตภัณฑ์อาหารเส้น	3
2.2 แป้งดัดแปร	8
2.3 สารไฮโดรคอลลอยด์	9
2.4 บทบาทของวัตถุดิบในการผลิตบะหมี่	11
2.5 แก่นตะวัน	13
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	16
3.2 อุปกรณ์	16
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 สูตรสำหรับการผลิตเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้า	22
4.2 ผลของชนิดและปริมาณของส่วนผสมที่ใช้สำหรับปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า	23
4.3 ผลของชนิดและปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมสำหรับปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า	26
4.4 ปริมาณแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมสำหรับเติมในเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า	27
4.5 สูตรสำหรับการผลิตเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้าที่เติมแป้งแก่นตะวัน	30
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	32
5.2 ข้อเสนอแนะ	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	33
ภาคผนวก	35
ภาคผนวก ก	36
ภาคผนวก ข	38
ภาคผนวก ค	43
ประวัติผู้เขียน	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน	4
2.2	สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินของธัญพืชต่างๆ	5
2.3	หน้าที่ของไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์อาหาร	10
3.1	ชนิดและปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า	17
3.2	อัตราส่วนของชนิดส่วนผสมที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า	20
4.1	คุณสมบัติทางด้านกายภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า	22
4.2	คุณสมบัติภาพทางกายภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าเมื่อใช้สูตรในการผลิตต่างกัน	24
4.3	ลักษณะของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนที่เติมส่วนผสมปรับปรุงคุณภาพ 4 สูตร	25
4.4	การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการทดสอบความแตกต่างแบบจัดอันดับ (Ranking test)	26
4.5	ค่าเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าเมื่อใช้ปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์แตกต่างกัน	27
4.6	คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าเมื่อเติมแป้งแก่นตะวันในสัดส่วนแตกต่างกัน	28
4.7	ลักษณะของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 2, 4 และ 6	29
4.8	คะแนนการยอมทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมแป้งแก่นตะวันในสัดส่วนที่แตกต่างกัน	29
4.9	ชนิดและปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 2	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน	4
2.2	ลักษณะโครงสร้างอะไมโลเพคตินที่ประกอบด้วยสาย A, B และ C	4
2.3	การพองตัวของเม็ดแป้ง	5
2.4	การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งขณะให้ความร้อน	6
2.5	การเปลี่ยนแปลงของแป้งเมื่อให้ความร้อน	7
2.6	การคืนตัวของแป้ง	7
2.7	โครงสร้างโมเลกุลของแซนแทนกัม	11
2.8	โครงสร้างโมเลกุลของ sodium carboxymethylcellulose	11
2.9	โครงสร้างโมเลกุลของโลคัสบีนกัม	12
2.10	โครงสร้างโมเลกุลของกัวกัม	12
2.11	แสดงการยึดกันของโปรตีนไกลอะดิน (giadin) และกลูเตนิน (glutenin) ด้วยพันธะไดซัลไฟท์ เกิดเป็นกลูเตนที่เหนียวและยืดหยุ่น	14
3.1	ขั้นตอนการทำเส้นบะหมี่	19
4.1	เส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนก่อนต้มและหลังต้ม	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บะหมี่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเส้นที่ชาวจีนค้นคิดขึ้น จนเป็นอาหารที่เป็นที่นิยมและรับประทานกันอย่างแพร่หลายทั้งในจีน ญี่ปุ่นและในประเทศไทยเอง ซึ่งส่วนประกอบหลักของบะหมี่คือแป้งสาลีและน้ำ แป้งข้าวสาลี (wheat flour) เป็นแป้ง (flour) ที่ได้จากเมล็ดของข้าวสาลี (wheat) โปรตีนในแป้งสาลีที่ทำให้แป้งสาลีมีสมบัติเฉพาะที่ต่างจากแป้งอื่นคือมีโปรตีนกลูเตน (gluten) เป็นโปรตีนที่สามารถจับตัวเป็นโครงสร้างของโดที่มีสมบัติด้านความหนืดและยืดหยุ่น (elasticity) โดยจะเกิดพันธะไดซัลไฟด์ (disulfidebond) ระหว่างโมเลกุลของกรดอะมิโน (Gallagher, Gormley & Arendt, 2004) ซึ่งกลูเตนประกอบด้วย โปรตีนกลูเตนิน (glutenin) ที่มีสมบัติสำคัญต่อความยืดหยุ่นของโดและโปรตีน ไกลอะดิน (gliadin) ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 30 ของโปรตีนข้าวสาลี มีความสำคัญในการปรับและควบคุมลักษณะความข้นหนืดของกลูเตนโด (Xu *et al.*, 2007) ในการผลิตบะหมี่จะนำแป้งสาลีมานวดผสมกับน้ำ จนได้โดที่เรียบเนียน แป้งโดที่ได้จะมีความยืดหยุ่น สามารถนำรีดเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้นได้ และเมื่อผ่านขั้นตอนการให้ความร้อนผลิตภัณฑ์บะหมี่ที่ได้จะมีความเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่นดี อย่างไรก็ตามการที่ประเทศไทยต้องนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเส้น เช่น บะหมี่ นี้ถือเป็นต้นทุนคงที่ที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ การนำแป้งภายในประเทศ เช่น แป้งข้าว มาใช้ทดแทนจึงสามารถลดต้นทุนในการผลิตบะหมี่ และช่วยลดดุลการค้าระหว่างประเทศได้ อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนการใช้และแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรภายในประเทศอีกทางหนึ่งด้วย นอกจากนี้โปรตีนกลูเตนที่มีอยู่ในข้าวสาลีและแป้งสาลีก่อให้เกิดอาการแพ้ได้ในผู้บริโภคบางกลุ่ม เรียกว่า โรคแพ้กลูเตน (Celiac disease) โดยโปรตีนบางชนิดในกลูเตนรวมทั้งแอลฟา-ไกลอะดิน (Alpha-gliadin) สามารถทำให้ลำไส้เล็กเกิดอาการระคายเคืองและทให้ความสามารถในการดูดซึมสารอาหารของลำไส้ลดน้อยลง และส่งผลให้เกิดความผิดปกติอื่นๆ ของร่างกายตามมา (วิภา, 2556)

ดังนั้นการศึกษาการผลิตบะหมี่โดยใช้วัตถุดิบอื่นแทนแป้งสาลีจึงเป็นเรื่องน่าสนใจ งานวิจัยนี้จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่ที่ผลิตโดยใช้แป้งข้าวเจ้าแทนแป้งสาลีทั้งหมด เพื่อเพิ่มโอกาสการใช้ประโยชน์จากข้าวไทยและได้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ที่ไม่มีกลูเตนที่เป็นสาเหตุของอาการแพ้ในผู้บริโภคบางกลุ่ม นอกจากนั้นงานวิจัยนี้จะใช้แป้งแก่นตะวัน (Jerusalem Artichoke Flour) ที่มีอินนูลินอยู่เป็นส่วนผสมด้วย อินนูลินเป็นใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำได้และมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (Prebiotic) การใช้แป้งแก่นตะวันเป็นส่วนผสมจะเป็นการเพิ่มใยอาหารให้กับผลิตภัณฑ์บะหมี่จากแป้งข้าวเจ้า ซึ่งการบริโภคใยอาหารในมื้ออาหารเป็นประจำ เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคอ้วน และโรคเบาหวาน เป็นต้น ให้กับผู้บริโภค (อาณดี, 2553) ผลิตภัณฑ์บะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าเสริมแป้งแก่นตะวันนี้จะเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่เป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคในประเทศไทยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้า

1.2.2 เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของส่วนผสมที่ใช้สำหรับปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

1.2.3 เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการเสริมคุณภาพของเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

1.2.4 เพื่อศึกษาปริมาณแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมสำหรับเติมในเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้สูตรที่เหมาะสมในการผลิตเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

1.3.2 ได้ทราบถึงผลของชนิดและปริมาณของส่วนผสมที่ใช้สำหรับปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

1.3.3 ได้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงไปของคุณภาพเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าเมื่อเติมแป้งแก่นตะวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลิตภัณฑ์อาหารเส้น

เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตเป็นจำนวนมาก และใช้เป็นอาหารหลัก เช่นเดียวกับข้าวสารและข้าวกล้อง ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นมีอยู่หลายชนิดทั้งก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก เล้นหมี่และขนมจีน แล้วยังอาจรวมผลิตภัณฑ์ประเภทแผ่นใบเมี่ยงญวน ก๋วยจั๊บ หรือที่ทำเป็นอาหารหวาน เช่น ลอดช่อง เป็นต้น โดยมีหลักการแปรรูปคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันในบางขั้นตอน และลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ วัตถุดิบที่ใช้มักจะเป็นข้าวหักที่มาจากข้าวอะไมโลสสูง นำมาโม่แบบเปียกเช่นเดียวกับการแปรรูปเป็นแป้งข้าว แล้วจึงให้ความร้อนแก่ก้อนแป้ง หรือน้ำแป้งต่อไป ตามกรรมวิธีของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งให้ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรส กลิ่น และรสชาติ แตกต่างกัน คุณภาพของเส้นขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและเทคโนโลยีในการผลิตที่เหมาะสม ช่วยในแต่ละขั้นตอนการผลิตปรับปรุงคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ (ชุลีกร, 2549)

2.1.1 แบ่งตามชนิดของแป้งและเรียกชื่อแตกต่างกันดังนี้

2.1.1.1 อาหารเส้นจากแป้งสาลี ได้แก่ บะหมี่ หมี่ซั่วของจีน เส้นราเมน และอูด้งของญี่ปุ่น รวมถึงเส้นโซบะที่มีสีน้ำตาลที่ทำจากเมล็ดบัควีต นอกจากนี้ยังรวมถึงเส้นพาสต้าที่มีรูปแบบต่างๆกัน

2.1.1.2 อาหารเส้นจากแป้งข้าวเจ้าซึ่งเรียกทั่วไปว่าก๋วยเตี๋ยวได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ เส้นเล็ก และเส้นหมี่ เป็นต้น

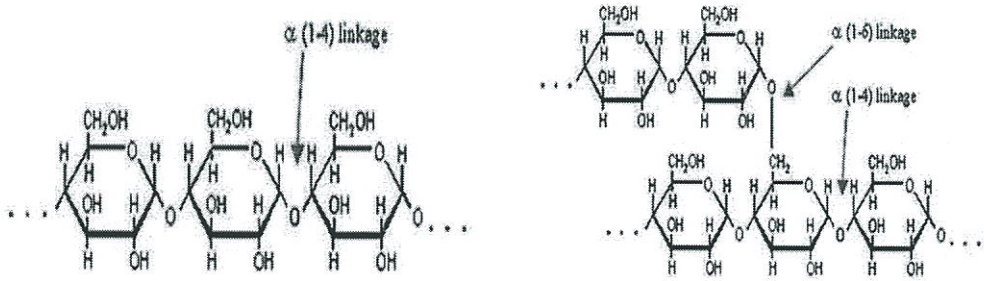
2.1.1.3 อาหารเส้นจากแป้งชนิดอื่นๆ ได้แก่ วุ้นเส้น ก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้จากแป้งถั่วเขียว และเส้นซิราตาจากแป้งมันเทศ เป็นต้น

2.1.2 ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งข้าว

ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่ทำจากแป้งข้าวเจ้า เช่น ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ เป็นต้น พบว่าปริมาณอะมิโลสในแป้งข้าวเจ้ามีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้นที่ได้ อาหารเส้นควรผลิตจากข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสไม่น้อยกว่าร้อยละ 27-28 (น้ำหนักแห้ง) แป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าร้อยละ 27 เมื่อนำมาทำก๋วยเตี๋ยวจะได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีความเหนียวและความคงตัวดี ให้ความรู้สึกในการเคี้ยวที่ดี เป็นที่พอใจของผู้ชิม (เสนอ, 2522)

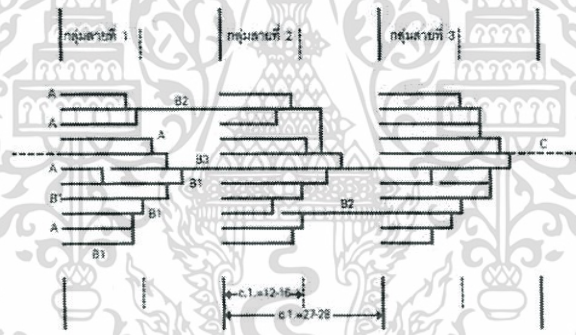
โครงสร้างทางเคมีของแป้งประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคติน หน่วยพื้นฐานเป็น D-Glucose การรวมตัวของกลูโคสเป็นโพลีเมอร์จะมีการสูญเสียน้ำ อะไมโลสเป็นโมเลกุลสายยาวและตรง (ภาพที่ 3 ด้านซ้าย) ประกอบด้วยกลูโคส 250-2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ -1,4 น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000-340,000 สารละลายแป้งจะมีโครงสร้างแบบเกลียวเชือกแบบสุ่ม เมื่อแป้งถูกละลายในตัวทำละลายที่แรง โครงสร้างของแป้งคลายตัวยืด ส่วนอะไมโลเพคตินมีสาขาลักษณะคล้ายต้นไม้ (ภาพที่ 3 ด้านขวา) (พัชทรา, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน
ที่มา: อรอนงค์ นัยวิกุล (2547)

Hizukuri (1996) ได้แสดงแบบจำลองลักษณะโครงสร้างของอะไมโลเพคตินดังภาพที่ 2 โครงสร้างแบบกิ่งของอะไมโลเพคตินจะประกอบด้วยสายโซ่ 3 ชนิดคือสาย A (A chain) เชื่อมต่อกบสายอื่นที่ตำแหน่งเดียว ไม่มีกิ่งเชื่อมต่อออกจากสายชนิดนี้ (unbranched structure) สาย B (B chain) มีโครงสร้างแบบกิ่งเชื่อมต่อกับสายอื่นๆ 2 สายหรือมากกว่าสาย C (C-chain) ซึ่งเป็นสายแกนที่ประกอบด้วยหมู่ รีดิวซิง 1 หมู่ในอะไมโลเพคตินแต่ละโมเลกุลจะประกอบด้วยสาย C หนึ่งสายเท่านั้น



ภาพที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างอะไมโลเพคตินที่ประกอบด้วยสาย A, B และ C
ที่มา: Hizukuri (1996)

สรุปความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
1. ละลายน้ำได้ดีกว่า	1. ละลายน้ำได้น้อยกว่า
2. เมื่อต้มในน้ำหนืดข้นน้อยกว่าแต่ขุ่นกว่า	2. หนืดข้นมากกว่าและใส
3. ให้สีน้ำเงินแก่กับไอโอดีน	3. ให้สีแดงม่วงหรือสีน้ำตาล
4. ประกอบด้วยโมเลกุลต่อกันเป็นเส้นตรง	4. โมเลกุลต่อกันคล้ายกิ่งไม้
5. ประกอบด้วยกลูโคส 250-2,000 หน่วย	5. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
6. ต้มแล้วทิ้งไว้จับเป็นวุ้นได้	6. ไม่จับตัวเป็นวุ้น

ที่มา: พัชทรา (2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในพืชต่างชนิดกันจะมีสัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินต่างกันด้วยดังแสดงในตารางที่ 2.2

อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินจะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ความหนืดและความใสของ Paste ที่ได้หลังจากเย็นลงและ Retrogradation ของ Paste เมื่อทิ้งไว้ให้เย็น แป้งที่มีอะไมโลส สูงจะมีอุณหภูมิในการพองตัวสูงกว่าปกติ อะไมโลสเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ดี เมื่อทิ้งไว้ให้เย็น อะไมโลสเกิด Retrogradation ได้ ส่วนแป้งที่มีอะไมโลเพคตินจะไม่เกิด Retrogradation (พัชทรา, 2532)

ตารางที่ 2.2 สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินของธัญพืชต่างๆ

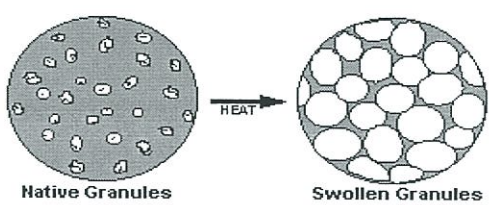
ธัญพืช	อะไมโลส/อะไมโลเพคติน
ข้าวโพดธรรมชาติ	26/74
ข้าวโพดเหนียว	1/99
ข้าวเจ้า	17/83
ข้าวเหนียว	1/99
ข้าวฟาง	26/74
ข้าวสาลี	25/75

ที่มา: พัชทรา (2532)

2.1.3 คุณสมบัติของแป้ง

2.1.3.1 การพองตัวของแป้ง (Swelling of starch)

แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณ 25-30% และพองตัวน้อยมากจนไม่สังเกตเห็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน (intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วน crystallite โมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัวและทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ส่วนของ amorphous ซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบและมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็น เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 60°C ขึ้นไป ส่วน amorphous จับกับน้ำได้มากขึ้นและการจับกันของโมเลกุลในส่วน crystallite เริ่มคลายความหนาแน่นลง โมเลกุลส่วนที่เริ่มคลายตัวออกจากกันจับกับน้ำทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น โมเลกุลในส่วน crystallite ที่เหลืออยู่เกิดสภาพคล้ายร่างแหเรียกว่า micelle network ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ทำให้เม็ดแป้งยังคงสภาพอยู่ได้ แต่อาจมีโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดเล็กและอิสระกระจายตัวออกจากเม็ดแป้ง เมื่อทำให้อุณหภูมิน้ำแป้งสูงขึ้นไปอีก ส่วน crystallite ที่เหลืออยู่นี้จะคลายตัวออกทำให้เม็ดแป้งพองมากขึ้นและโมเลกุลแป้งอยู่ในสภาพสารละลายมากขึ้น

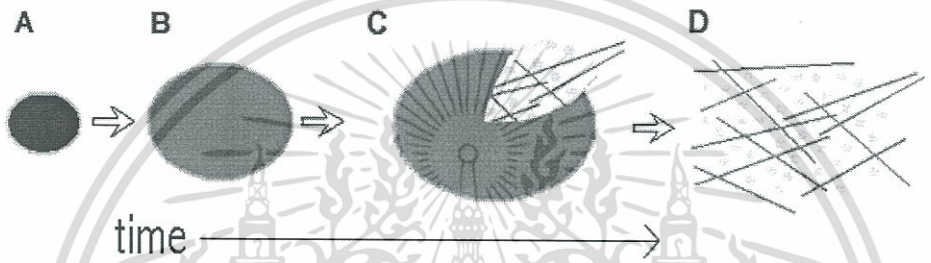


ภาพที่ 2.3 การพองตัวของเม็ดแป้ง
ที่มา: ดุษฎี และน้องนุช (2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.2 การเกิดเจลาติไนเซชั่น (gelatinization)

เมื่อนำแป้งใส่ในน้ำเย็น เม็ดแป้งจะสามารถดูดซับน้ำได้ในปริมาณที่จำกัด แป้งจะมีความชื้นเพิ่มขึ้น แต่จะไม่พองตัวหรือพองตัวได้จำกัด และสังเกตได้ยาก เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะอ่อนลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ (irreversible) ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดเจลาติไนเซชัน และอุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืด เรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความหนืด มักจะเรียกจุดนี้ว่า อุณหภูมิที่เริ่มมีความหนืดเพิ่มขึ้น (pasting temperature) หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting time) ซึ่งเมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์จะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ คือ การพองตัวของเม็ดแป้ง และเครื่องหมายกากบาทภายในเม็ดแป้ง เมื่อส่องดูใต้แสงโพลาไรซ์จะหายไป แสดงดังภาพที่ 5

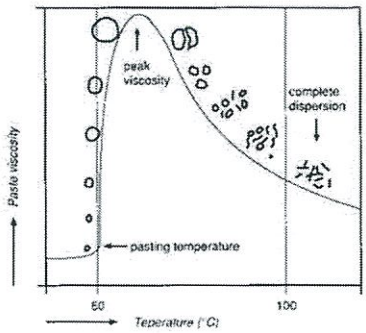


ภาพที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งขณะให้ความร้อน
ที่มา: ดุษฎี และน้องนุช (2555)

2.1.3.3 ความหนืด (viscosity)

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญและเป็นประโยชน์มากที่สุดของแป้ง เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและมีความหนืดมากขึ้น พฤติกรรมความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะและแตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธุ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะพองตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว แสดงดังภาพที่ 5 ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเร็วมาก อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เพราะเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้นและจะมีเม็ดแป้งบางส่วนที่แตกสลายอยู่เรื่อยๆ เมื่อใดก็ตามที่ส่วนการแตกสลายมีมากกว่าส่วนที่พองตัวเพิ่มขึ้น ความหนืดจะลดลง จุดที่น้ำแป้งมีความหนืดสูงสุดเรียกว่า peak viscosity ถ้าเม็ดแป้งมีความคงตัวและแตกมาก ความหนืดจะยังลดลงมากเมื่อสิ้นสุดการหุงต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเซลเซียส ในช่วงการทำให้เย็นจากอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเซลเซียส ไปเป็น 50 องศาเซลเซียสเซลเซียส กราฟแสดงความหนืดสูงขึ้น การที่น้ำแป้งสุกมีความหนืดเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการคืนตัวของน้ำแป้งสุก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า รีโทรกราเดชั่น (retrogradation) โดยกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระของเม็ดแป้งที่แตกสลายไปแล้วและโมเลกุลอิสระที่ละลายออกมาในน้ำแป้งสุก โดยเฉพาะโมเลกุลอะไมโลสที่มีขาดเหมาะสมจะจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนใหม่และกักน้ำไว้ได้ (สุพิศา, 2547)

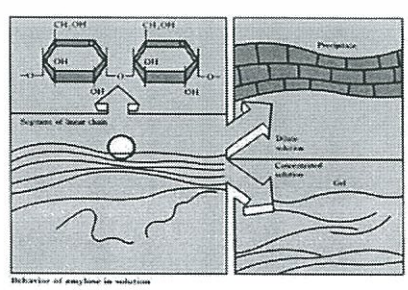
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอตและเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2546)

2.1.3.4 การเกิดรีโทรเกรเดชั่น (Retrogradation)

เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายแป้งจนสตาร์ชเกิดการพองตัวอย่างเต็มที่ และแตกตัวโมเลกุลของอะมิ โลสที่อยู่ภายในสตาร์ชจะกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อเย็นตัวลงโมเลกุลอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเข้ามาเรียงตัวจับกันเอง หรือจับกับอะมิโลสเพคทินด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลบนโมเลกุลสตาร์ชที่อยู่ใกล้กันเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชั่นหรือการคืนตัวของสตาร์ช แสดงดังภาพที่ 6 จะได้โครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำได้ซึ่งเรียกว่า เจล ถ้าอุณหภูมิลดลงอีกจะเกิดการเรียงตัวของโครงสร้างที่แน่นขึ้น ทำให้โมเลกุลของน้ำที่เคยจับอยู่ก่อนถูกบีบออกจากเจล (Syneresis) มีผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มของการเกิดผลึก (Crystallinr) (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543) การคืนตัวจึงเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญต่อการนำมาผลิตอาหารเส้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต้องการความเหนียวหนืด และแข็ง สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดรีโทรเกรเดชันและคุณภาพเจล ได้แก่ ปริมาณแอมิโลส แป้งที่มีอะมิโลสต่ำจะเกิดรีโทรเกรเดชันได้ช้า ได้เจลที่เหนียวเหนอะหนะ แต่เมื่อแป้งมีอะมิโลสสูงขึ้น การคืนตัวเกิดได้เร็วขึ้น ความเหนียวเหนอะหนะจะลดลง และมีความหนืดมากขึ้น มีความคงตัวดีขึ้น สำหรับขนาดโมเลกุลของอะมิโลสที่มีขนาดโมเลกุลพอเหมาะ (Degree of polymerization เท่ากับ 100-200) จะเกิดการคืนตัวได้เร็วและให้โครงสร้างตาข่ายที่เหนียวแน่น เจลที่ได้จึงเหนียวมาก สำหรับปริมาณหรือความเข้มข้นของน้ำแป้งที่เหมาะสมจะทำให้สตาร์ชดูดน้ำและพองตัวได้เต็มที่ ยิ่งสตาร์ชแตกตัวมากจะทำให้การดูดน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็ว อะมิโลสละลายออกมาได้มาก เมื่อปล่อยให้แป้งสุกเย็นตัวจะได้เจลที่เหนียวและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บแป้งสุกยิ่งต่ำการคืนตัวจะเกิดขึ้นได้ง่าย (วิภา, 2541)



ภาพที่ 2.6 การคืนตัวของแป้ง
ที่มา: ดุษฎี และน้องนุช (2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การดัดแปรแป้ง

แป้งมีคุณสมบัติเฉพาะตัว ซึ่งบางครั้งไม่เป็นที่ต้องการต่อการใช้ในระดับอุตสาหกรรมหรือยังไม่เหมาะสมกับสภาวะบางอย่าง จึงมีการนำแป้งมาปรับเปลี่ยนคุณสมบัติ แป้งดัดแปร (Modified starch) เป็นการนำแป้งธรรมชาติ มาเปลี่ยนสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์จากเดิมด้วยความร้อนเอนไซม์ หรือสารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ การดัดแปรแป้งจึงได้มีผู้ค้นคว้าวิจัยขึ้น ทั้งโดยทางฟิสิกส์ และทางเคมี ทั้งนี้เนื่องจากแป้งมีความพร้อมในการทำปฏิกิริยาต่างๆได้ดีมาก (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543)

แป้งดิบโดยทั่วไปมีคุณสมบัติบางประการไม่เหมาะสมกับการผลิตในอุตสาหกรรม ได้แก่ มีช่วงหนืดที่แคบ มีลักษณะสัมผัสไม่ดี มีความคงทนต่อแรงเฉือนในกระบวนการผลิตหรือความคงทนต่อสภาวะต่างๆต่ำ ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่ดี ดังนั้นจึงมีการดัดแปรคุณสมบัติบางประการของแป้งดิบเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน เช่น ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น คงทนต่อสภาวะในการผลิตได้ดี การเกิดเจลาทิไนซ์ (Gelatinize) การคืนตัว (retrogradation) และการสูญเสียน้ำของเจลลดลง มีความคงตัวต่อการคืนรูปจากเยือกแข็งเพิ่มขึ้น ลักษณะของเนื้อเจลดีขึ้น มีคุณสมบัติความเป็นกาวเพิ่มขึ้น มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) หรือความสามารถในการผสมกับตัวละลายอื่นๆที่เพิ่มขึ้น (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543)

แป้งที่มีการพองตัวลดลงนี้สามารถนำไปใช้ได้กับผลิตภัณฑ์จากแป้งบางกลุ่มที่ต้องการแป้งที่มีการดูดซับน้ำลดลง นอกจากนี้แป้งดัดแปรที่ได้ยังมีความทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์เพิ่มขึ้น ทำให้เมื่อนำไปบริโภคแป้งมีการย่อยน้อยลงและมีปริมาณของแป้งที่ไม่ถูกย่อย (resistant starch) เพิ่มขึ้น ซึ่งข้อดีดังกล่าวสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพสำหรับผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัวเช่นโรคเบาหวานให้สามารถบริโภคแป้งโดยไม่กระทบต่อปริมาณน้ำตาลในกระแสเลือดได้ (สันทณีย์, 2555)

การดัดแปรแป้งให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการสามารถทำได้โดยใช้วิธีการทางเคมี (chemical modification) หรือวิธีการทางกายภาพ (physical modification) วิธีการทางกายภาพ เช่น การใช้ความร้อนความดัน การใช้รังสี เป็นวิธีการที่ได้รับความสนใจมากขึ้นในการดัดแปรแป้งที่ต้องการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากในกระบวนการไม่มีการใช้สารเคมี การดัดแปรแป้งโดยการใช้น้ำร่วมกับการให้ความร้อน (hydrothermal treatment) เป็นวิธีการหนึ่งที่มีการศึกษาวิจัยกันมากกระบวนการนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แอนนิวลิง (annealing; ANN) เป็นการให้ความร้อนกับแป้งที่มีปริมาณน้ำมากเกินพอ โดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิการเกิดเจล (อุณหภูมิที่ใช้ในการดัดแปรอยู่ที่ประมาณ 50-60°C) อีกประเภทหนึ่งคือการดัดแปรด้วยความร้อนชื้น (heat-moisture treatment; HMT) เป็นการให้ความร้อนแป้งที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิการเกิดเจล (100-120°C) โดยแป้งมีความชื้นจำกัด (โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 18-35%) ซึ่งจากรายงานที่ผ่านมาพบว่าการดัดแปรด้วยความร้อนชื้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของแป้งมากกว่าการแอนนิวลิง โดยทั่วไปการดัดแปรแป้งโดยการใช้น้ำร่วมกับการให้ความร้อนจะทำให้การพองตัวของเม็ดแป้งลดลง อุณหภูมิในการเกิด เจลสูงขึ้น แป้งมีความหนืดและการแตกของเม็ดแป้งลดลง ซึ่งระดับการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ขึ้นกับชนิดของแป้งและสภาวะการดัดแปร (ความชื้น อุณหภูมิและระยะเวลาการดัดแปร) ส่วนรูปร่างลักษณะของเม็ดแป้งพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก การเปลี่ยนแปลงสมบัติของแป้งคาดว่าเกี่ยวข้องกับการจัดเรียงตัวใหม่ของโมเลกุลแป้งภายในเม็ดแป้งโดยมีข้อมูลสนับสนุนจากลักษณะโครงสร้างผลึกในแป้งที่เปลี่ยนแปลงไปหลังการดัดแปร จากรายงานที่ผ่านมาเกือบทั้งหมดรายงานไว้ว่าแป้งดัดแปรโดยใช้ความร้อนชื้นมีการพองตัวและการละลายลดน้อยลง แป้งที่มีการพองตัวลดลงนี้สามารถนำไปใช้ได้กับผลิตภัณฑ์จากแป้งบางกลุ่มที่ต้องการแป้งที่มีการดูดซับน้ำลดลง นอกจากนี้แป้งดัดแปรที่ได้ยังมีความทนต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยด้วยเอนไซม์เพิ่มขึ้น ทำให้เมื่อนำไปบริโภคแป้งมีการย่อยน้อยลงและมีปริมาณของแป้งที่ไม่ถูกย่อย (resistant starch) เพิ่มขึ้น ซึ่งข้อดีดังกล่าวสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพสำหรับผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัวเช่นโรคเบาหวานให้สามารถบริโภคแป้งโดยไม่กระทบต่อปริมาณน้ำตาลในกระแสเลือดได้ (สันทณีย์, 2555)

2.3 สารไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) คือ โพลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ รวมถึงโพลิเมอร์ดัดแปรจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ โดยทั่วไปจะเป็นโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซี่ (-OH) และอาจจะเป็น polyelectrolyte อื่นๆ โพลิเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัว เป็นต้น (ดุษฎี และน้องนุช, 2555)

2.3.1 ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีลักษณะโครงสร้างที่ต่างกันจะมีสมบัติที่แตกต่างกันดังนี้

2.3.1.1 โครงสร้างโพลิเมอร์แบบเชิงเส้น (linear): เมื่อละลายน้ำหรือกระจายตัวจะให้ความหนืดสูง เกิดเจลและคืนตัว (retro gradation) ได้ง่าย เช่น agar, alginate, cellulose และpectin เป็นต้น

2.3.1.2 โครงสร้างโพลิเมอร์แบบเชิงเส้นที่มีสายกิ่งก้าน (linear with side chains): ให้ความหนืดสูง ปกติไม่เกิดเจล แต่จะเกิดเจลได้เมื่ออยู่ร่วมกับสารประกอบอื่นในสภาวะที่เหมาะสม เช่น guar gum และ locust bean gum

2.3.1.3 โครงสร้างโพลิเมอร์แบบมีกิ่งก้าน (branched chains): ให้ความหนืดต่ำและคงตัวดี ไม่เกิดเจล มีความเหนียว เช่น gum Arabic

2.3.2 ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์

2.3.2.1 ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากธรรมชาติ (natural hydrocolloids) ซึ่งได้จากส่วนต่างๆของพืชได้แก่เมล็ด ยาง เช่น โลคัสบีนกัม (locust bean gum) กัมอาราบิก (gum arabic) ราก ลำต้น เช่น แป้ง หรือได้จากสาหร่ายทะเล เช่น คาราจีแนน (carrageenan) หรือได้มาจากสัตว์ เช่น ไคติน (chitin) หรือจากกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม (xanthan gum)

2.3.2.2 ไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) ได้แก่ อนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น carboxymethyl cellulose (CMC)

2.3.2.3 ไฮโดรคอลลอยด์สังเคราะห์ (synthetic hydrocolloids) เช่น โพลีเอธิลีนออกไซด์โพลีเมอร์ (polyethylene oxide polymers) ส่วนใหญ่ไฮโดรคอลลอยด์ที่นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นไฮโดรคอลลอยด์ จากธรรมชาติและดัดแปรจากธรรมชาติ ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกันเมื่อนำมาใช้จะสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น เป็นสารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) สารเพิ่มความหนืด (thickener) สารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) และหน้าที่อื่นๆในผลิตภัณฑ์อาหาร ดังแสดงในตารางที่ 3 (ดุษฎี และน้องนุช, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 หน้าที่ของไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์อาหาร

หน้าที่	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
Adhesive	Bakery glaze
Binding agent	Sausages
Calorie สูตรพื้นฐาน agent	Dietetic foods
Crystallization inhibitor	Ice cream, sugar syrups
Clarifying agent	Beer, wine
Cloud agent	Fruit juice
Coating agent	Confectionery
Emulsifier	Salad dressing
Encapsulating agent	Powdered flavors
Film former	Sausage casing, protective coatings
Flocculating agent	Wine
Foam stabilizer	Whipped topping, beer
Gelling agent	Pudding, desserts, aspics
Molding	Gum drops, jelly candies
Protective colloid	Flavor emulsifiers
Stabilizer	Beer, mayonnaise
Suspending agent	Chocolate milk
Swelling agent	Processed meats
Thickening	Jams, pie fillings, sauces
Water binding (prevents syneresis)	Cheese, frozen foods
Whipping agent	Topping, icings

ที่มา: ดุษฎี และน้องนุช (2555)

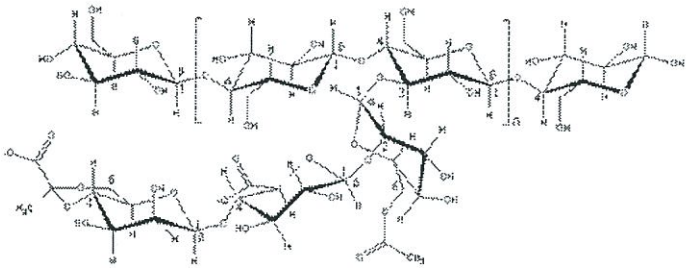
2.3.4 ความสามารถในการเข้าจับกับน้ำของไฮโดรคอลลอยด์

2.3.4.1 ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีความสามารถในการจับกับน้ำสูง

2.3.4.1.1 Xanthan gum

Xanthan gum เป็น gum ที่ได้โดยการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ คือ *Xanthomonas campestris* หลังจากกระบวนการหมักแล้วก็จะนำมาตกตะกอนด้วย isopropyl alcohol แยกเอา xanthan gum ออกมาทำให้แห้งแล้วทำการบดให้ละเอียด โครงสร้างของ Xanthangum แสดงดังภาพที่ 7 โดย Xanthan gum ไม่มีคุณสมบัติเป็น gelling agent แต่สามารถเกิด elastic themoreversible gel ได้ก็ต่อเมื่อรวมกับ Locust bean gum และเมื่อรวมกับ Guar gum จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูง (ดุษฎี และน้องนุช, 2555)

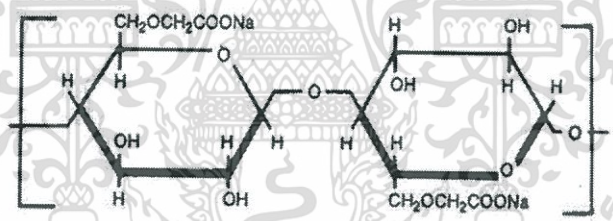
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างโมเลกุลของแซนแทนกัม
ที่มา: ดุษฎี และน้องนุช (2555)

2.3.4.1.2 Grindsted Cellulose Gum

คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี (carboxymethyl cellulose,CMC) หรือโซเดียมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethylcellulose) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) คือ พอลิเมอร์ ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสนั่นเอง ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดนี้ เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) เกิดจากการแปรหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมธิลและหมู่คาร์บอกซิเมทิล แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างโมเลกุลของ sodium carboxymethylcellulose
ที่มา: ดุษฎี และน้องนุช (2555)

2.4 บทบาทของวัตถุดิบในการผลิตบะหมี่

2.4.1 ส่วนผสมสำคัญในการทำบะหมี่ คือ น้ำ ซึ่งต้องเติมลงไปเพื่อให้แป้งจับตัวกันเป็นก้อนโดที่มีความยืดหยุ่น และรีดเป็นแผ่นบางๆ ได้ น้ามีผลต่อลักษณะของบะหมี่โดยตรง กล่าวคือถ้าใส่น้ำในส่วนผสมน้อยไป โครงร่างบะหมี่จะไม่แข็งแรง จะร่วนและโปร่ง ทำให้เส้นบะหมี่แข็งและขาดง่ายแต่ถ้าใส่น้ำมากเกินไปโดจะแฉะเหนียวติดมือ รีดไม่ได้ตัดเป็นเส้นก็จะติดกันง่าย ดังนั้นปริมาณน้ำที่เติมลงไปในสูตรควรจะเหมาะสมต่อชนิดของบะหมี่ซึ่งโดยทั่วไปเดิมประมาณร้อยละ 30-40 นอกจากนั้นคุณภาพของน้ำที่ใช้ก็มีความสำคัญต่อลักษณะของโดเช่นกัน เนื่องจากน้ำมีองค์ประกอบของแร่ธาตุสารอินทรีย์และก๊าซบางชนิดปนอยู่ด้วยเสมอ ดังนั้นน้ำจึงมีส่วนให้สภาพของโดเปลี่ยนแปลงไปถ้าน้ำมีแร่ธาตุและสารอื่นปนอยู่มาก โดยเฉพาะแร่ธาตุแคลเซียม เหล็ก และแมกนีเซียมจะมีผลทำให้การดูดซึมน้ำของแป้งไม่สม่าเสมอ มีโครงร่างของโดไม่เรียบเนียน จึงได้เส้นบะหมี่ที่ไม่ดี นอกจากนี้เกลือของเหล็กและทองแดง อาจทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดสีน้ำตาลและมีกลิ่นหืนเมื่อเก็บรักษาบะหมี่ไว้นาน ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค น้ำที่เหมาะสมในการทำบะหมี่ที่ดีจึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

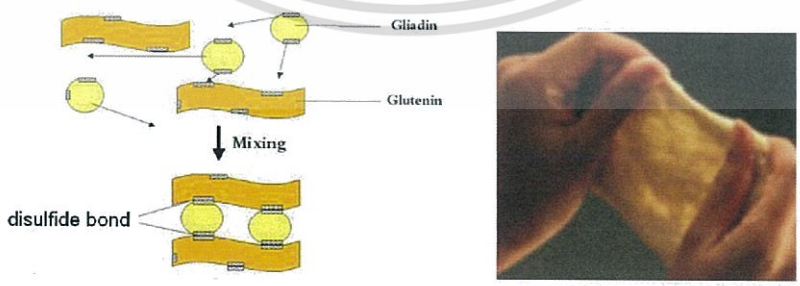
ควรเป็นน้ำอ่อนมีแร่ธาตุและสารอื่นเจือปนในปริมาณต่ำ แต่ถ้าน้ำอ่อนไปไม่มีอะไรเจือปนเลยก็จะไม่ดีเพราะจะทำให้โดแฉะ มีความยืดหยุ่นตัวน้อยกว่าน้ำอ่อนที่เหมาะสม (อรอนงค์, 2540)

2.4.2 เกลือ ปริมาณเกลือที่ใส่ลงในสูตรการทำบะหมี่ ก็เพื่อปรับสภาพน้ำให้เหมาะสมกับชนิดของบะหมี่ที่ต้องการซึ่งอาจจะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้ร้อยละ (0-2) เกลือมีผลโดยตรงต่อลักษณะกลูเตน ในโดโดยเพิ่มความแข็งแรงและแรงต้านการยืดตัวของโด ช่วยไม่ให้โดแฉะ เมื่อเป็นเส้นบะหมี่จะไม่ติดกันนอกจากนี้ เกลือยังช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ประเภทย่อยโปรตีนช่วยให้โดคงความเหนียวและความยืดหยุ่นอยู่ได้นานและยังช่วยระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และราจึงทำให้สามารถเก็บรักษาบะหมี่ได้นาน (อรอนงค์, 2540)

2.4.3 สารละลายด่าง ในการทำบะหมี่แบบจีน นิยมสารละลายเบสซึ่งเป็นสารที่มีส่วนผสมของเบสหลายชนิด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมคาร์บอเนต ผสมกับไดโซเดียมไฮโดเจนฟอสเฟต หรืออาจใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์โดยตรง ในปริมาณที่เหมาะสมร้อยละ (0.3) สารละลายเบสนี้ทำให้ลักษณะโดเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยมีผลต่อลักษณะกายภาพมีผลต่อลักษณะการอุ้มน้ำของโดการดูดซึมน้ำของแป้งเพิ่มขึ้น ทาให้สตาร์ชในโดมีความหนืดเพิ่มขึ้นช่วยให้โดมีความแข็งแรงต่อการผสมได้มากกว่าเดิม โดมีความยืดตัวได้มากขึ้น ส่วนผลทางเคมีนั้นที่สำคัญ คือทำให้ความเป็นเบสของโดเพิ่มขึ้น (pH 9-10) ทำให้สีของบะหมี่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง จากปฏิกิริยาของเบสกับสารฟลาโวนในแป้งนอกจากนี้ยังมีผลต่อลักษณะการต้มหรือลวกบะหมี่ช่วยให้เนื้อสัมผัสดีทนต่อการต้ม (อรอนงค์, 2540)

2.4.4 กลูเตน (gluten) เป็นไกลโคโปรตีนที่พบในส่วนที่เป็นเอนโดสเปอร์มของธัญพืช บางชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ และข้าวโพดเกิดจากการรวมตัวของโปรตีน กลูเตนิน (glutenin) และไกลอะดิน (gliadin) ในสัดส่วนเท่า ๆกัน โดยจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ไม่ละลายในน้ำ

2.4.4.1 กลูเตนในอาหาร โดยทั่วไปกลูเตนสกัดได้จากการนำแป้งข้าวสาลีมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้เกิดโด แล้วนำโดที่ได้มาล้างด้วยน้ำ มีส่วนประกอบหลักเป็นโปรตีน ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี กลูเตนสามารถเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นโดยยีสต์ หรือผงฟูเอาไว้ได้ ทำให้รักษารูปทรงของผลิตภัณฑ์ เช่น ขนมปัง โดนัท ขนมเค้ก กลูเตนนิยมใช้เป็นส่วนประกอบแทนที่เนื้อสัตว์ในอาหารเจและอาหารมังสวิรัติ



ภาพที่ 2.9 แสดงการยึดกันของโปรตีนไกลอะดิน (giadin) และกลูเตนิน (glutenin) ด้วยพันธะไดซัลไฟท์ เกิดเป็นกลูเตนที่เหนียวและยืดหยุ่น
ที่มา: พิมพ์เพ็ญและนิธิยา (2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 แก่นตะวัน

แก่นตะวัน หรือ ทานตะวันหัว (เป็นชื่อเรียกอย่างเป็นทางการ) หรือที่เป็นชื่อเรียกภาษาไทยว่า “แห้วบัวตอง”

แก่นตะวัน ภาษาอังกฤษ Jerusalem artichoke (เจรูซาเล็ม อาร์ติโช้ก), Sunchoke (ซันโช้ก), Sunroot, Earth Apple, Topinambour

แก่นตะวัน ชื่อวิทยาศาสตร์ Helianthus tuberosus L. จัดอยู่ในวงศ์ทานตะวัน (ASTERACEAE หรือ COMPOSITAE) มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมในทวีปอเมริกาเหนือ และต่อมาภายหลังจึงแพร่หลายไปยังสหรัฐอเมริกาและทางยุโรป สมุนไพรแก่นตะวัน กับความเป็นมาในบ้านเรา ต้นแก่นตะวันได้มีการนำต้นแก่นเข้ามาปลูกเมื่อปี พ.ศ.2539 ต่อมา รศ.ดร.สนั่น จอกลอย อาจารย์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ก็ได้นำสายพันธุ์แก่นตะวันเข้ามาทดลองปลูกจำนวน 24 สายพันธุ์ และทำให้การวิจัยและพัฒนาสายพันธุ์มาเรื่อย ๆ จนพบว่า สายพันธุ์ KKU Ac 008 สามารถให้ผลผลิตของหัวสดถึงไร่ละ 2-3 ตัน ภายหลังจึงได้มีการเปลี่ยนชื่อใหม่เป็น “แก่นตะวัน” (สนั่น,2549)

แก่นตะวันสมุนไพร ที่กำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายและเป็นที่ต้องการของตลาดทั่วโลก เนื่องจากเป็นพืชที่มีประโยชน์สารพัด เพราะในหัวแก่นตะวันจะมีสารสำคัญชนิดหนึ่ง นั่นก็คือ อินนูลิน (Inulin) ซึ่งเป็นน้ำตาลเชิงซ้อน มีโมเลกุลของน้ำตาลต่อกันเป็นห่วงโซ่มากกว่า 10 โมเลกุล ด้วยลักษณะที่โดดเด่นของสารชนิดนี้มันจึงกลายเป็นอาหารที่เส้นใยสูง และจะไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้ของเรา จึงเท่ากับว่าสารอินนูลินเดินทางผ่านกระเพาะอาหารและลำไส้ของเราไปเฉย ๆ แถมยังไม่มีแคลอรี่แต่อย่างใด มันจึงเหลือไปถึงลำไส้ใหญ่ แล้วกลายเป็นอาหารของแบคทีเรียในกลุ่มที่มีประโยชน์ (แบคทีเรียมีทั้งกลุ่มมีประโยชน์และไม่มีประโยชน์) ทำให้แบคทีเรียกลุ่มที่มีประโยชน์เกิดการแบ่งตัวมากขึ้น ทำให้แบคทีเรียในกลุ่มที่เป็นอันตรายต่อร่างกายลดน้อยลง เมื่อร่างกายไม่สามารถย่อยได้ แก่นตะวันจึงเป็นสารเส้นใยอย่างเดียวที่ไม่ให้แคลอรี่ สารเส้นใยดังกล่าวจึงช่วยทำให้อยู่ท้องได้นาน กินอาหารได้น้อยลง กินแล้วไม่อ้วน จึงช่วยลดน้ำหนักไปได้ในตัว และยังช่วยดูดซับน้ำมันและน้ำตาลที่เราอาจรับประทานเกินออกไป จึงสามารถช่วยป้องกันโรคไขมันในเส้นเลือดสูงได้อีกด้วย

2.5.1 ลักษณะของแก่นตะวัน

ต้นแก่นตะวัน หรือ พืชแก่นตะวัน จัดเป็นพืชล้มลุก มีหัวสะสมอาหาร ลักษณะเป็นตะปุ่มตะป่ำ ผิวไม่เรียบ คล้ายหัวขิงอวบและหัวข่า แต่มีหลากหลายสี เช่น สีเหลือง สีขาว สีแดง และสีม่วง แต่โดยทั่วไปแล้วเปลือกจะมีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในมีสีขาว เนื้อกรอบคล้ายแห้วดิบ การเจริญเติบโตของแก่นตะวันจะมีอยู่ 2 ช่วง ช่วงแรกนับตั้งแต่ตอนปลูกจนถึงออกดอกครั้งแรก แก่นตะวันจะสะสมอาหารในใบและลำต้น หรือที่เรียกว่า หัวแก่นตะวัน หรือ ว่านแก่นตะวัน และช่วงที่สองหลังจากดอกแรกบานจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ใบจะหลุดล่วง อาหารสะสมที่ใบก็จะถูกส่งไปที่หัว ซึ่งหัวสามารถนำมารับประทานได้

2.5.2 สรรพคุณของแก่นตะวัน

2.5.2.1 ชาวอินเดียนแดงปลูกต้นแก่นตะวันไว้รับประทานหัว โดยมีสรรพคุณช่วยทำให้เจริญอาหาร

2.5.2.2 ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย ช่วยลดการติดเชื้อ เพราะสารอินนูลินจะช่วยลดปริมาณของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหาร อย่างเชื้ออี.โคไล (E.Coli) และโคลิฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Coliforms) และในขณะเดียวกันยังไปช่วยเพิ่มการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายให้เจริญเติบโตดีขึ้นอีกด้วย เช่น บิฟิโดแบคทีเรีย (Bifidobacteria) และแลคโตบาซิลัส (Lactobacillus)

2.5.2.3 ช่วยป้องกันอาการภูมิแพ้ การแพ้อาหาร โดยเฉพาะในเด็ก

2.5.2.4 แก่นตะวันลดความอ้วน ช่วยลดน้ำหนักและความอ้วน ภายในหัวจะมีน้ำประมาณ 80% และมีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 18% ซึ่งคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่จะเป็นอินนูลิน (Inulin) ซึ่งอินนูลินเป็นสารเยื่อใยอาหารที่ให้ความหวานได้ แต่จะไม่ถูกย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็ก จึงสามารถอยู่ในระบบทางเดินอาหารได้นาน จึงช่วยทำให้ไม่รู้สึกหิว ทำให้รับประทานอาหารได้น้อย สามารถช่วยควบคุมพลังงานที่ได้รับต่อวันได้เป็นอย่างดี จึงช่วยลดความอ้วนและป้องกันโรคเบาหวานไปด้วยในตัว ซึ่งมีงานวิจัยพบว่าหนูที่ได้รับสารนี้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ น้ำหนักตัวของมันจะลดลงมากกว่าหนูปกติถึง 30% โดยดร.ครรชิต จุดประสงค์ นักวิชาการประจำสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ยังระบุด้วยว่าแก่นตะวันสามารถช่วยลดความอ้วนได้ดีกว่าพืชลดความอ้วนชนิดอื่น ๆ ที่คนไทยรู้จักกันดีเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน อย่างเช่น หญ้าหมาน้อย หัวบุก และเม็ดแมงลัก เป็นต้น

2.5.2.5 ช่วยในการควบคุมน้ำหนัก เนื่องจากแก่นตะวันมีสารประกอบเชิงซ้อนกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานต่ำกว่าคาร์โบไฮเดรตทั่วไป มีลักษณะคล้ายแป้ง แต่มีคุณสมบัติในการรักษาสมดุลของสารอาหารที่รับประทาน โดยสามารถรับประทานได้มากขึ้น แต่ยังช่วยคงระดับพลังงานให้คงที่ได้ ทำให้รู้สึกอิ่มนาน ซึ่งไม่เหมือนกับแป้งทั่วไปที่ร่างกายย่อยสลายแล้วถูกดูดซึมเข้าไปสะสมเป็นไขมันแล้วทำให้อ้วน จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้ที่กำลังประสบปัญหาภาวะน้ำหนักเกิน

2.5.2.6 ป้องกันไขมันในเลือดสูง เพราะเส้นใยของแก่นตะวันจะช่วยดูดซับน้ำมันและน้ำตาลที่เรารับประทานเกินไว้ ไม่ว่าจะเป็นคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ หรือไขมันเลว ที่เรารับประทานเข้าไปทิ้งออกทางอุจจาระ และยังมีงานวิจัยที่ระบุว่าผู้ที่มีระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์สูง หากได้รับอินนูลินเป็นประจำก็จะช่วยทำให้ไขมันในเส้นเลือดลดลงได้

2.5.2.7 ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเส้นใยของแก่นตะวันเป็นตัวช่วยดูดซับไขมันที่เป็นโทษต่อร่างกายและเป็นสาเหตุของการเกิดโรคดังกล่าวทิ้งออกทางอุจจาระ

2.5.2.8 ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด และป้องกันโรคเบาหวานได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแก่นตะวันมีแคลอรี่ต่ำ ไม่ส่งผลกระทบต่อระดับน้ำตาลในเลือด แม้จะรับประทานในปริมาณมาก จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน หากรับประทานอย่างต่อเนื่องเป็นประจำจะช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ โดยมีงานวิจัยที่ระบุว่าผู้ที่ได้รับสารอินนูลินเป็นประจำจะมีโอกาสเป็นโรคเบาหวานน้อยกว่าคนที่กินน้ำตาลมากถึง 40%

2.5.2.9 ช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ ช่วยในการทำงานของลำไส้ให้เป็นปกติ และช่วยบำรุงสุขภาพของลำไส้ใหญ่ได้เป็นอย่างดี เพราะผู้ที่ได้รับสารอินนูลินเป็นประจำ จะทำให้ลำไส้ใหญ่จะแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเพิ่มมากขึ้น และมีปริมาณของแบคทีเรียที่เป็นอันตรายต่อร่างกายหรือแบคทีเรียที่เป็นตัวก่อโรคให้ที่ลดลง ทำให้แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดแก๊สกลิ่นเหม็นในร่างกายลดลง หรือแบคทีเรียที่กินซากเนื้อสัตว์ตัวสร้างสารก่อมะเร็งในลำไส้ใหญ่อย่างอีโคไลก็ลดน้อยลงด้วยเช่นกัน

2.5.2.10 ช่วยกระตุ้นการดูดซึมของแร่ธาตุหลายชนิด ช่วยปรับสภาพของลำไส้ให้เหมาะสมต่อการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด ที่ไม่สามารถดูดซึมได้ในลำไส้เล็ก และช่วยให้ลำไส้ใหญ่สามารถดูดซึมแร่ธาตุที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ต่อร่างกายได้เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการช่วยดูดซึมธาตุแคลเซียมได้มากถึงร้อยละ 20% รวมไปถึงธาตุเหล็ก ฯลฯ

2.5.2.11 ช่วยในการทำงานของระบบขับถ่าย ช่วยในขับถ่าย ช่วยทำความสะอาดลำไส้ ช่วยเก็บกวาดของเสียในระบบทางเดินอาหารได้เป็นอย่างดี แก้อาการท้องผูกได้ เนื่องจากทำให้อุจจาระมีกากใยมากขึ้น และยังช่วยลดกลิ่นเหม็นของอุจจาระได้อีกด้วย

*คำแนะนำ : แม้จะมีข้อดีอยู่หลายประการ แต่ก็ยังมีข้อเสียอยู่บ้าง เนื่องจากแก่นตะวันมีคุณสมบัติของเส้นใยอาหารสูง การรับประทานสารสกัดในปริมาณที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดผลข้างเคียงได้ เช่น มีอาการไม่สบายท้อง จุกเสียดแน่นท้อง ท้องเสีย ท้องอืดท้องเฟ้อ หรือมีอาการคลื่นไส้ เป็นต้น ซึ่งอาการดังกล่าวจะพบได้น้อยและไม่มีผลกระทบต่อผู้รับประทานมากนัก หากคุณรับประทานสารสกัดดังกล่าวในปริมาณที่เหมาะสม หรือเลือกรับประทานในรูปของแก่นตะวันสดในรูปของอาหาร แถมยังช่วยคงคุณค่าของสารอาหารและเส้นใยไว้อย่างครบถ้วนอีกด้วย ดังนั้นการเลือกรับประทานแบบสด ๆ จึงมีประโยชน์ต่อร่างกายมากที่สุด

2.5.3 คุณค่าทางโภชนาการของแก่นตะวันดิบ ต่อ 100 กรัม

- พลังงาน 73 กิโลแคลอรี่
- คาร์โบไฮเดรต 17.44 กรัม
- น้ำตาล 9.6 กรัม
- เส้นใย 1.6 กรัม
- ไขมัน 0.01 กรัม
- โปรตีน 2 กรัม
- วิตามินบี1 0.2 มิลลิกรัม 17%
- วิตามินบี2 0.06 มิลลิกรัม 5%
- วิตามินบี3 1.3 มิลลิกรัม 9%
- วิตามินบี5 0.397 มิลลิกรัม 8%
- วิตามินบี6 0.077 มิลลิกรัม 6%
- วิตามินบี9 13 ไมโครกรัม 3%
- วิตามินซี 4 มิลลิกรัม 5%
- ธาตุแคลเซียม 14 มิลลิกรัม 1%
- ธาตุเหล็ก 3.4 มิลลิกรัม 26%
- ธาตุแมกนีเซียม 17 มิลลิกรัม 5%
- ธาตุฟอสฟอรัส 78 มิลลิกรัม 11%
- ธาตุโพแทสเซียม 429 มิลลิกรัม 9%

% ร้อยละของปริมาณแนะนำที่ร่างกายต้องการในแต่ละวันสำหรับผู้ใหญ่ (ข้อมูลจาก: USDA Nutrient database)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 แป้งข้าวเจ้า จากข้าวไร่ ศูนย์เกษตร อาหาร และพลังงาน วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์

3.1.1.2 แป้งข้าวกล้องเหนียวธรรมชาติสันป่าตอง ตราขันทอง จังหวัด เชียงราย

3.1.1.3 แป้งดัดแปร (Modified starch) ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ (Native Topioca Starch) และแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Pre-gel Tapioca Starch) บริษัท สยามโมดิฟายด์สตาร์ช จำกัด

3.1.1.4 สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) ได้แก่ Xanthan Gum และ CMC : Caboxymethyl cellulose

3.1.1.5 แป้งแก่นตะวัน บริษัท ไร่แก่นตะวันวังน้ำเขียว

3.1.1.6 แป้งมันสำปะหลัง ตราปลาไทย 5 ดาว

3.1.1.7 น้ำ

3.1.1.8 เกลือบริโภค ตราปรุงทิพย์

3.1.1.9 ไข่ไก่

3.1.1.10 ซอสปรุงรส ตรา Tsuyu sanbai

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 Sodium bicarbonate

3.1.2.2 น้ำกลั่น

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 สำหรับการทำบะหมี่

3.2.1.1 เครื่อง Pinmill ยี่ห้อ Retsch รุ่น ZM 1000

3.2.1.2 เครื่องปั่นผสมอาหารและหัวตีผสม ยี่ห้อ OTTO รุ่น HM-275

3.2.1.3 เครื่องรีดแป้งและตัดเส้นบะหมี่แบบอัตโนมัติ

3.2.1.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น Adventurer

3.2.1.5 เทอร์โมมิเตอร์

3.2.1.6 หม้อสแตนเลส

3.2.1.7 กระชอน

3.2.1.8 ไม้คลึงแป้ง

3.2.1.9 ช้อนตวง

3.2.1.10 เตาแก๊ส

3.2.1.11 ตะแกรงร่อนแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.2.1 ด้านกายภาพ

3.2.2.1.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหารยี่ห้อ Texture analyzer รุ่น TA-XT2i

3.2.2.1.2 เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR300 England

3.2.2.1.3 เครื่อง UV spectrophotometer รุ่น UV1601

3.2.2.1.4 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

3.2.2.1.5 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)

3.2.2.1.6 ถ้วยอะลูมิเนียม (Aluminium can)

3.2.2.1.7 ที่คีบ (Tong)

3.2.2.1.8 คิวเวตจากควอซ (Quartz cuvette)

3.2.2.1.9 เครื่องแก้วต่างๆ เช่น บีกเกอร์, ปิเปต 10 มล., หลอดหยดสาร

3.2.2.2 ด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส

3.2.2.2.1 ถ้วยพลาสติก

3.2.2.2.2 ส้อมพลาสติก

3.2.2.2.3 กระดาษ A4

3.2.2.2.4 ถาดอะลูมิเนียม

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาสูตรสำหรับการผลิตเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้า

3.3.1.1 ขั้นตอนการทำเส้นบะหมี่

ชั่งส่วนผสมของการทำเส้นบะหมี่ตามอัตราส่วนดังแสดงตารางที่ 3.1 ทั้งหมด นำส่วนผสมทั้งหมดลงในเครื่องผสมด้วยความเร็วระดับที่ 1 จนเข้ากันดีและนวดด้วยมือจนได้ก้อนโดเนื้อเนียน นำก้อนโดที่ได้ใส่ถุงพลาสติกและพักทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำโดที่พักครบเวลาแล้วมารีดเส้นโดยใช้เครื่องรีดเส้นจะได้เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร (ถ้าไม่นำไปลวกทันทีให้คลุกแป้งมันไว้) นำเส้นที่ได้มาลวกในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 นาที เอาลงแช่น้ำเย็นทันทีเป็นเวลา 10 วินาทีให้เส้นอยู่ตัว ขั้นตอนการทำเส้นบะหมี่ดังแสดงในภาพ 3.1

ตารางที่ 3.1 ชนิดและปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

ชนิดส่วนผสม	ร้อยละ (w/w)
แป้งข้าวเจ้า	63.0
เกลือ	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.50
น้ำ	21.5
ไข่	14.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148884

ชั่งส่วนผสม

↓

นำส่วนผสมทั้งหมดลงผสมในเครื่องผสมด้วยความเร็วระดับที่ 1

↓

นวดด้วยมือจนได้ก้อนโดเนื้อเนียน

↓

พักโดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีดเส้นโดยใช้เครื่องรีดเส้นจะได้เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร

ลวกในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส

เส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตน

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำเส้นบะหมี่

3.3.1.2 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.3.1.2.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยการใช้เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT2i

3.3.1.2.2 ค่าสีระบบ CIE (L, a, b) โดยการใช้เครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR300

3.3.1.2.3 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (Cooking loss) ตามวิธีของ Jang et al., 2015

3.3.1.2.4 ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water Absorption) ด้วยวิธีของ Jang et al., 2015

3.3.1.2.5 การพองตัวของเส้นบะหมี่ (Swelling Index) Jang et al., 2015

3.3.1.2.6 การวัดค่าความขุ่น (Turbidity) Jang et al., 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ศึกษาชนิดและปริมาณของส่วนผสมที่ใช้สำหรับปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

นำสูตรที่ใช้การทำเส้นบะหมี่ดังตารางที่ 3.1 มาทำการเติมส่วนผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพเส้นบะหมี่โดยใช้แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ, แป้งมันสำปะหลังดัดแปรและแป้งข้าวกล้องเหนียว คิดสัดส่วนที่ใช้จากการออกแบบสิ่งทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design) โดยโปรแกรมทางสถิติ Design expert ปริมาณของส่วนผสมที่ได้ดังแสดงตารางที่ 3.2 ทำการผลิตเส้นบะหมี่ดังวิธีในข้อที่ 3.3.1.1 และทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของเส้นบะหมี่ที่ได้ดังข้อ 3.3.1.2

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนของชนิดส่วนผสมที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

ชนิดส่วนผสม	ร้อยละ (w/w)			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
แป้งข้าวเจ้า	35.0	35.0	35.0	35.0
เกลือ	0.07	0.07	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.50	1.50	1.50	1.50
น้ำ	21.5	21.5	21.5	21.5
ไข่	14.0	14.0	14.0	14.0
แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ	4.67	14.0	-	9.34
แป้งมันสำปะหลังดัดแปร	18.67	14.0	14.0	9.34
แป้งข้าวกล้องเหนียว	4.67	-	14.0	9.34

3.3.3 ศึกษาชนิดและปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมสำหรับปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

นำสูตรที่ดีที่สุดที่ได้จากข้อที่ 3.3.2 มาเติมไฮโดรคอลลอยด์โดยศึกษาชนิดและปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมสำหรับปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สด โดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด คือ แซนแทนกัม และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เติมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกันดังนี้ แซนแทนกัมร้อยละ 1.5, 2, 2.5 และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 1, 1.5, 2 ของส่วนผสมทั้งหมดในการทำเส้นบะหมี่สดทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพโดยวัดลักษณะเนื้อสัมผัสและทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนที่ทำจากแป้งข้าวเจ้า

3.3.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตน

3.3.3.1.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยการใช้เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT2i

3.3.3.1.2 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน ใช้วิธีการทดสอบความแตกต่างแบบจัดอันดับ (Ranking test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ศึกษาปริมาณแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมสำหรับเติมในเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

ผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าโดยเลือกใช้สูตรจากการผลิตที่ดีที่สุดจากข้อ 3.3.3 ทำเส้นบะหมี่ดังข้อ 3.3.1.1 โดยเติมแป้งแก่นตะวันในแป้งข้าวเจ้าในขั้นตอนการผสมแป้งในสัดส่วนร้อยละ 2, 4 และ 6 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพที่ได้เหมือนข้อ 3.3.1.2 และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่โดยการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ (9-Point Hedonic scale)

3.3.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดลองในข้อที่ 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3 ใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design: CRD) และ 3.3.4 ใช้การวางแผนทดลองที่มีแผนแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) ทำการทดลองอย่างน้อย 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window (Version 16.0) ด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's new Multiple – Range Test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้า

จากการศึกษาสูตรสำหรับการผลิตเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้า นำสูตรการผลิตเส้นบะหมี่จากชนิสรา และณัฐชา, 2557 และมาประยุกต์ใช้กับวิธีของอินทิราพร เส้นของบะหมี่สดที่ได้จากการผลิตตามสูตรในตารางที่ 3.1 เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพในด้าน Water hydration properties ค่าสีและเนื้อสัมผัสผลพบว่า ร้อยละการสูญเสียเมื่อผ่านการทำให้สุกพบว่า มีค่า 0.33 ร้อยละการดูดซับน้ำมีค่า 65.25 และค่าการพองตัวของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตน มีค่าเท่ากับ 2.10 สำหรับค่าความขุ่นของน้ำที่ใช้ต้มเส้นพบว่า มีค่าเท่ากับ 0.101

การวัดค่าสีพบว่าสูตรของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนที่ได้ มีค่าความสว่าง (L*) 69.84 ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) -5.74 และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) 18.75

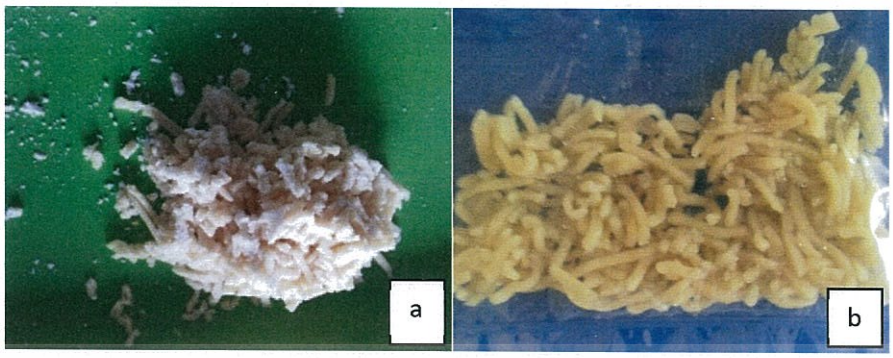
ในส่วนของการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่าเส้นบะหมี่ที่ได้ไม่สามารถวิเคราะห์เนื้อสัมผัสได้ เนื่องจากเส้นบะหมี่ขาดเป็นท่อน ทั้งนี้อาจเกิดจากการใช้แป้งข้าวเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดเจลที่ดีในโครงสร้างของเส้นบะหมี่ ถึงแม้ว่าในสูตรจะใช้ไข่เป็นส่วนผสมแต่ปริมาณไข่ที่ใช้นั้นอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้เนื้อสัมผัสดีได้ (นิธิยา, 2557) เส้นบะหมี่สดก่อนต้มและหลังต้มแสดงดังภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางด้านกายภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

คุณสมบัติทางด้านกายภาพ	
Water hydration	
Cooking loss (%)	0.33±0.03
Water absorption (%)	65.25±17.72
Swelling power	2.10±0.12
Turbidity	0.101±0.00
Color measuring	
L*	69.84±2.00
a*	-5.74±0.01
b*	18.75±0.61
Texture	
Tensile strength	-

*ค่าที่แสดงเป็นค่า Mean±SD, N=2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 (a) เส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนก่อนต้ม (b) เส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนหลังต้ม

4.2 คุณสมบัติทางด้านกายภาพของเส้นบะหมี่ที่ใช้ส่วนผสมสำหรับปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

จากการทำบะหมี่สูตรพื้นฐาน เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพผลพบว่า คุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ ซึ่งเส้นที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียวไม่มีสมบัติการฟอร์มเจลที่ดีพอที่จะสามารถรีดเป็นเส้นออกมาได้ เส้นที่ได้จึงมีลักษณะขาดเป็นท่อนๆ ดังนั้นจึงใช้แป้งดัดแปรและข้าวกล้องเหนียวเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยใช้ส่วนผสม 3 ชนิดในการปรับปรุงคุณภาพบะหมี่สดจากแป้งข้าวเจ้าโดยการศึกษาสูตรจำนวน 4 สูตร (ดังตารางที่ 3.2) โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่สดที่ปราศจากกลูเตน (ดังตาราง 4.2) เปรียบเทียบกับผลของสูตรพื้นฐาน พบว่า

เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพในด้าน Water hydration properties ค่าสีและเนื้อสัมผัสผล พบว่า ร้อยละการสูญเสียเมื่อผ่านการทำให้สุกของสูตรพื้นฐาน มีค่าน้อยกว่าทั้ง 4 สูตร และทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ โดยร้อยละการสูญเสียเมื่อผ่านการทำให้สุกสัมพันธ์กับค่าร้อยละการดูดซับน้ำและร้อยละการพองตัว พบว่าร้อยละการดูดซับน้ำของสูตรพื้นฐาน และสูตรที่ 1 มีค่ามากและมีความแตกต่างจากสูตรที่เหลือ และร้อยละการพองตัวของ สูตรพื้นฐานมีค่ามากที่สุดและแตกต่างจากสูตรอื่น เนื่องจากแป้งดัดแปรมีโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อผ่านความร้อนสูงจากการต้มเส้นบะหมี่ โดยอะไมโลเพคตินมีปริมาณน้อยลงซึ่งมีผลต่อสมบัติการพองตัวและดูดซับน้ำของเส้นที่ลดลง สำหรับสูตรที่ 3และ4 มีส่วนผสมของแป้งข้าวกล้องเหนียวมากส่งผลให้ค่า ร้อยละการดูดซึมน้ำและร้อยละการพองตัวลดลง (Korrakot และ Onanong, 2006)

ค่าความขุ่นของน้ำที่ใช้ต้มเส้นพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่เมื่อเทียบค่าความขุ่นที่ได้กับค่าความขุ่นของสูตรพื้นฐาน จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีค่าลดลง แสดงว่าสมบัติของแป้งดัดแปรในการช่วยจับน้ำ (Water binding capacity) ต่างจากสูตรพื้นฐาน ซึ่งมีค่าความขุ่นมากเนื่องจากแป้งในเส้นบะหมี่ละลายออกมามาก

การวัดค่าสีพบว่าสูตรของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนที่ได้ มีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) ของสูตรที่ 3 และ 4 แตกต่างจากสูตรอื่นและสูตรพื้นฐาน เนื่องจากมีส่วนผสมข้าวกล้องเหนียวมากซึ่งทำให้เส้นเกิดสีที่คล้ำขึ้น ค่าที่ได้จึงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติภาพทางกายภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าเมื่อใช้สูตรในการผลิตต่างกัน

คุณสมบัติทางกายภาพ	สูตรพื้นฐาน	เส้นบะหมี่ที่เติมส่วนผสมปรับปรุงคุณภาพ			
		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
Water hydration					
Cooking loss (%)	0.33±0.03b	0.79±0.01a	0.78±0.01a	0.77±0.05a	0.77±0.05a
Water absorption (%)	65.25±17.72a	63.73±0.55a	58.77±2.04b	55.40±1.80bc	54.10±1.44c
Swelling power	2.10±0.12a	1.81±0.02b	1.62±0.06bc	1.44±0.15c	1.40±0.12c
Turbidity	0.101±0.00a	0.080±0.00b	0.081±0.00b	0.085±0.00b	0.083±0.00b
Color measuring					
L*	69.84±2.00a	68.81±1.05ab	64.07±3.85ab	63.61±2.36b	63.19±0.44b
a*	-5.74±0.01b	-5.43±1.16ab	-5.39±1.22ab	-3.07±0.15ab	-3.04±1.45a
b*	18.75±0.61b	19.95±0.04b	20.78±0.11b	23.79±1.63a	24.71±0.97a
Texture					
Tensile strength	-	16.50±0.99ab	19.80±2.68a	13.03±2.93ab	10.35±4.31b

1) ตัวอักษร a-c ที่แตกต่างกันในแนวนอนคือค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ค่าที่แสดงเป็นค่า Mean±SD

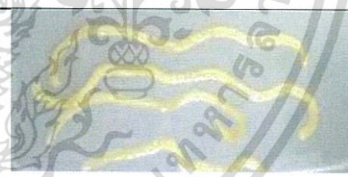
3) สูตร 1 คือ แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ 4.68, แป้งมันสำปะหลังดัดแปร 18.64, แป้งข้าวกล้องเหนียว 4.68 (%w/w)
สูตร 2 คือ แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ 14, แป้งมันสำปะหลังดัดแปร 14, แป้งข้าวกล้องเหนียว 0 (%w/w)
สูตร 3 คือ แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ 0, แป้งมันสำปะหลังดัดแปร 14, แป้งข้าวกล้องเหนียว 14 (%w/w)
สูตร 4 คือ แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ 9.3, แป้งมันสำปะหลังดัดแปร 9.3, แป้งข้าวกล้องเหนียว 9.3 (%w/w)

ในส่วนของการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่าเส้นบะหมี่ที่นำมาเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสแล้วนั้น มีคุณภาพที่ดีขึ้นรีดเป็นเส้นได้ยาวมากขึ้นทำให้นำมาวิเคราะห์ค่า Tensile strength ได้ โดยเส้นสูตรที่ 2 มีค่า Tensile strength สูงที่สุด เนื่องจากแป้งดัดแปรจะกระจายตัวและอุ้มน้ำได้ดีมีช่วงการเกิดเจลาติไนซ์เซชั่นที่กว้างกว่าแป้งปกติ ส่งผลให้เส้นบะหมี่ที่ได้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น (นิธิยา, 2557) รองลงมาคือสูตรที่ 1 แต่ทั้งนี้ไม่มีความแตกต่างกันทั้งสูตรที่ 1, 2 และ 3 จึงเลือกสูตรที่ 1 เพราะมีสัดส่วนของแป้งข้าวกล้องเหนียวอยู่ เมื่อเทียบกับสูตรที่ 2 ซึ่งไม่มีสัดส่วนของแป้งข้าวกล้องเหนียวที่สามารถช่วยเพิ่มใยอาหารได้เลย

จากผลที่ได้เราจึงเลือกสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมที่สุด โดยลักษณะของเส้นบะหมี่ดังแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ลักษณะของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนที่เติมส่วนผสมปรับปรุงคุณภาพ 4 สูตร

เส้นบะหมี่ที่เติมส่วนผสมปรับปรุงคุณภาพ	ลักษณะปรากฏ
สูตรที่ 1 (แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ 4.68, แป้งมันสำปะหลังดัดแปร 18.64, แป้งข้าวกล้องเหนียว 4.68 (%w/w))	 เส้นเละและขาดง่าย เส้นมีสีเหลืองอ่อน
สูตรที่ 2 (แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ 14, แป้งมันสำปะหลังดัดแปร 14, แป้งข้าวกล้องเหนียว 0 (%w/w))	 เส้นเละน้อยกว่า มีความยืดหยุ่น มีสีเหลืองเข้มขึ้นเล็กน้อย
สูตรที่ 3 (แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ 0, แป้งมันสำปะหลังดัดแปร 14, แป้งข้าวกล้องเหนียว 14 (%w/w))	 เส้นมีความเปราะเล็กน้อย ขาดง่าย ไม่ยืดหยุ่น มีสีเหลืองเข้ม
สูตรที่ 4 (แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ 9.3, แป้งมันสำปะหลังดัดแปร 9.3, แป้งข้าวกล้องเหนียว 9.3 (%w/w))	 เส้นมีความเปราะ ขาดง่าย ไม่ยืดหยุ่น มีสีเหลืองเข้มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ชนิดและปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมสำหรับปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

จากการศึกษาชนิดและปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ เพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสมในการผลิตเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวเจ้าที่ปราศจากกลูเตน ใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดและได้ทำการ Focus group discussion เพื่อเลือกชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่จะนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า พบว่าการใช้คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส ได้เส้นบะหมี่ที่มีลักษณะปรากฏที่ดีกว่าแซนแทนกัม เนื่องจากช่วยในเรื่องของ Water hydration properties ช่วยยึดเกาะน้ำและช่วยให้โครงสร้างคงตัว สำหรับแซนแทนกัมซึ่งมีสมบัติในการจับน้ำสูงมากแม้ใช้ปริมาณเพียงเล็กน้อย จึงส่งผลให้โครงสร้างของเส้นจับน้ำเยอะเกินไปเส้นที่ได้จึงแฉะเละ (นิธิยา, 2557) เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส ในการปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่ และมาทำการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน ใช้วิธีการทดสอบความแตกต่างแบบจัดอันดับ (Ranking test) ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการทดสอบความแตกต่างแบบจัดอันดับ (Ranking test)

ปัจจัยคุณภาพ	ผลรวมอันดับ			
	Control	CMC 1 %	CMC 1.5 %	CMC 2 %
ความเหนียวนุ่ม	70a	72a	79a	79a
ความชอบรวม	68a	74a	76a	82a

1) ตัวอักษร a-c ที่แตกต่างกันในแนวนอนคือค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ค่าที่แสดงเป็นค่าผลรวมอันดับอันดับจากผู้ทดสอบชิม

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงพบว่า ด้านความเหนียวนุ่มพบว่าด้านความเหนียวนุ่มของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ผู้ชิมให้ระดับคะแนนค่าเฉลี่ยด้านความเหนียวนุ่มของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนสูตรที่เติมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส 2% มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส 2% มีความเหนียวนุ่มที่พอดีที่สุดไม่เปราะขาดง่าย ให้เนื้อสัมผัสที่ดี และมีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดที่ช่วยในการยึดเกาะและเป็นสารคงสภาพ (สุนทร, 2555)

ด้านความชอบโดยรวมพบว่าคะแนนความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ผู้ชิมให้ระดับคะแนนค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนสูตรที่เติมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส 2% มากที่สุด จึงทำการวิเคราะห์ทางกายภาพทางด้านเนื้อสัมผัสเพื่อยืนยันผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าเมื่อใช้ปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์แตกต่างกัน

ความเข้มข้นของ CMC	ค่า Tensile strength
Control	16.50±0.99a
1%	5.75±2.62b
1.5%	7.3±1.84b
2%	9.35±0.64b

1) ตัวอักษร a-c ที่แตกต่างกันในแนวนอนคือค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ (P≤0.05)
2) ค่าที่แสดงเป็นค่า Mean±SD

จากผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่ดังตารางที่ 4.5 พบว่า ค่า Tensile strength ของเส้นบะหมี่ที่เติมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส ทั้ง 3 ความเข้มข้นพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) อีกทั้งการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านความเหนียวนุ่มและความชอบรวมว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

เส้นบะหมี่ที่เติมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส ทั้ง 3 ความเข้มข้นมีค่า Tensile strength ต่ำกว่าสูตรพื้นฐาน ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสอาจแตกออกบางส่วนเมื่อผ่านความร้อนทำให้สมบัติในการให้ความข้นหนืดต่ำลงส่งผลต่อโครงสร้างของเส้นบะหมี่ที่ได้ทำให้มีความยืดหยุ่นของเส้นที่ลดลง (Wei และคณะ, 2015) ค่า Tensile strength จึงน้อยลงเมื่อเทียบกับสูตรพื้นฐาน

จึงพิจารณาเลือกสูตรที่มีส่วนผสมที่ใช้คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส ความเข้มข้น 2 % ไปใช้ในการเติมแป้งแก่นตะวันในขั้นตอนต่อไปเนื่องจากมีค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่มากที่สุด และค่า Tensile strength มากที่สุดเช่นกัน

4.4 คุณสมบัติทางด้านกายภาพของเส้นบะหมี่ที่เติมแป้งแก่นตะวันในเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

จากการเติมแป้งแก่นตะวันในสูตรเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนที่ใช้คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส 2% โดยทำการเติมแป้งแก่นตะวันที่ปริมาณแตกต่างกัน 2%, 4% และ 6% ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนที่เติมแป้งแก่นตะวันและทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับเส้นบะหมี่สดที่ไม่ได้ใส่แป้งแก่นตะวัน (ดังตารางที่ 4.6) พบว่า ร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุกพบว่าสูตรของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนทั้ง 3 สูตร มีค่าร้อยละการสูญเสียของแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เนื่องจากการเติมแป้งแก่นตะวันซึ่งเป็นใยอาหารอาจจะเข้าไปขัดขวางภายในโมเลกุลของแป้งในการจับตัวกันเป็นเจล จึงทำให้โครงสร้างเส้นบะหมี่ที่ได้เปราะ (Qingjie และคณะ, 2015) และทำให้ค่าร้อยละการสูญเสียเพิ่มมากขึ้น สำหรับเส้นบะหมี่ที่เติมแป้งแก่นตะวัน 2% นั้นมีค่าร้อยละการสูญเสียของแข็งจากการทำให้สุกน้อยที่สุด ส่วนร้อยละการดูดซับน้ำของทั้ง 3 สูตรและสูตรพื้นฐาน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) และค่าการพองตัวทั้ง 3 ความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) สำหรับค่าความขุ่นของน้ำต้มเส้นที่ได้ก็เพิ่มมากขึ้นตามปริมาณแก่นตะวันที่เพิ่มมากขึ้น โดยเส้นบะหมี่ที่เติมแป้งแก่นตะวัน 6% มีค่าความขุ่นมากที่สุดส่วนเส้นบะหมี่ที่เติมแป้งแก่นตะวัน 2% มีค่าความขุ่นน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าเมื่อเติมแป้งแก่นตะวันในสัดส่วนแตกต่างกัน

คุณสมบัติทางกายภาพ	สูตรพื้นฐาน	ร้อยละแป้งแก่นตะวัน (w/w)		
		แก่นตะวัน 2%	แก่นตะวัน 4%	แก่นตะวัน 6%
Water hydration				
Cooking loss (%)	0.33±0.01b	0.28±0.01c	0.32±0.00b	0.36±0.01a
Water absorption (%)	49.09±6.69a	67.90±23.18a	62.49±8.32a	45.05±6.38a
Swelling power	2.01±0.24a	1.49±0.23a	1.46±0.03a	1.41±0.27a
Turbidity	0.112±0.00a	0.092±0.00c	0.106±0.00b	0.111±0.00a
Color measuring				
L*	66.70±0.21a	56.61±1.22b	50.92±0.17c	48.88±1.64c
a*	-5.85±0.19c	-2.04±0.04b	-0.65±0.27a	-1.04±0.12a
b*	19.47±1.00a	18.85±0.70a	18.83±0.19a	15.55±0.36b
Texture				
Tensile strength	16.50±0.99a	3.65b	3.35b	-

1) ตัวอักษร a-c ที่แตกต่างกันในแนวนอนคือค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ (P≤0.05)

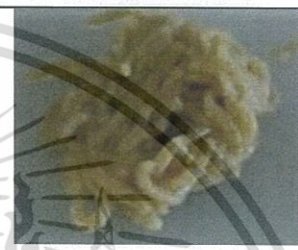
2) ค่าที่แสดงเป็นค่า Mean±SD

จากการวัดค่าสีพบว่าสูตรของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนเติมแป้งแก่นตะวันทั้ง 3 สูตร มีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 56.61-48.88 และเมื่อเทียบกับสูตรพื้นฐาน พบว่าความสว่างของเส้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) ซึ่งการใส่แก่นตะวันในเส้นบะหมี่จะส่งผลโดยตรงต่อค่าสีที่ได้ โดยค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) อยู่ในช่วง (-2.04)-(-0.65) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) อยู่ในช่วง 15.55-18.85 เส้นบะหมี่ที่เติมแป้งแก่นตะวัน6% มีค่า b* มากที่สุด เนื่องจากเส้นบะหมี่ที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันที่สูงทำให้เส้นที่ได้มีสีคล้ำออกน้ำตาลขึ้นอย่างชัดเจน (ดังแสดงในตารางที่ 4.7)

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนเติมแป้งแก่นตะวัน พบว่าการวัดเนื้อสัมผัสสูตรของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนที่เติมแป้งแก่นตะวันทั้ง 3 ความเข้มข้นมีค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) สำหรับสูตรที่ใช้แป้งแก่นตะวัน 6% ไม่สามารถนำมาวัดเนื้อสัมผัสได้เนื่องจากเส้นขาด และ ทั้งนี้ยังทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมแป้งแก่นตะวันผลดังแสดงในตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ลักษณะของเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตนที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 2, 4 และ 6

เส้นบะหมี่ที่เติมแป้งแก่นตะวัน	ลักษณะปรากฏ
แป้งแก่นตะวันร้อยละ 2	เส้นเหนียวนุ่มน้อย มีความเปราะขาดง่าย และเส้นมีสีเหลืองออกคล้ำ
แป้งแก่นตะวันร้อยละ 4	 เส้นเหนียวนุ่มน้อย มีความเปราะขาดง่ายขึ้นกว่าเส้นที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 2 และเส้นมีสีเหลืองคล้ำ
แป้งแก่นตะวันร้อยละ 6	เส้นเปราะขาดง่าย และเส้นมีสีเหลืองคล้ำมาก

ตารางที่ 4.8 คะแนนการยอมทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมแป้งแก่นตะวันในสัดส่วนที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะที่ทดสอบ	ปริมาณของแป้งแก่นตะวัน (%w/w)		
	2	4	6
ลักษณะปรากฏ	6.53±1.17a	6.37±1.45a	6.23±1.41a
สี	6.70±1.24a	6.60±1.19a	6.17±1.23a
กลิ่นรส	6.60±1.48a	6.13±1.41ab	5.93±1.46b
เนื้อสัมผัส	5.87±1.65a	6.17±1.44a	5.53±1.31a
ความชอบรวม	6.20±1.30a	6.17±1.70a	5.83±1.23a

*ตัวอักษร a-c ที่แตกต่างกันในแนวนอนคือค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการทดสอบการให้คะแนนความชอบ (9 – Point Hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 30 คน ทดสอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผลคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า

ด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัสและความชอบรวมของเส้นบะหมี่สดที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 2, 4 และ 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และพบว่าเส้นบะหมี่สดที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 2 ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด สำหรับด้านกลิ่นรสของเส้นบะหมี่สดที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ2, 4 และ 6 มีความแตกต่างกัน แต่เส้นบะหมี่ที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 2 ได้รับคะแนนด้านกลิ่นรสมากที่สุด เนื่องจากปริมาณของแป้งแก่นตะวันที่เติมนั้นน้อยที่สุดทำให้กลิ่นรสของเส้นบะหมี่สดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้

4.5 สูตรสำหรับการผลิตเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้าที่เติมแป้งแก่นตะวัน

จากขั้นตอนการศึกษาทั้งหมดทำให้ได้ทราบว่าการผลิตเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้าที่เติมแป้งแก่นตะวันสามารถทำได้โดยผลิตเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า จากสูตรที่ได้จากชนิสราและณัฐชา, 2557 และมาประยุกต์ใช้กับวิธีของอินทิราพร มีการใช้แป้งดัดแปรตามสัดส่วนที่เหมาะสมและคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส 2% มาปรับปรุงคุณภาพของเส้น และเติมแป้งแก่นตะวัน 2% ลงไปในเส้นบะหมี่เพื่อเพิ่มใยอาหารในเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตน ซึ่งทำได้โดย ชั่งส่วนผสมของการทำเส้นบะหมี่ตามอัตราส่วนดังแสดงตารางที่ 4.9 นำส่วนผสมทั้งหมดลงผสมในเครื่องผสมด้วยความเร็วระดับที่ 1 จนเข้ากันดีและนวดด้วยมือจนได้ก้อนโดเนื้อเนียน นำก้อนโดที่ได้ใส่ถุงพลาสติกและพักทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำโดที่พักครบเวลาแล้วมารีดเส้นโดยใช้เครื่องรีดเส้นจะได้เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร (ถ้าไม่นำไปลวกทันทีให้คลุกแป้งมันไว้) นำเส้นที่ได้มาลวกในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที เอาลงแช่น้ำเย็นทันทีเป็นเวลา 10 วินาทีให้เส้นอยู่ตัว ขั้นตอนการทำเส้นบะหมี่ดังแสดงในภาพ 3.1

ตารางที่ 4.9 ชนิดและปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 2

ชนิดส่วนผสม	ร้อยละ (w/w)
แป้งข้าวเจ้า	63.0
เกลือ	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.50
ไข่	14.0
น้ำ	21.5
แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ	4.67
แป้งมันสำปะหลังดัดแปร	18.67
แป้งข้าวกล้องเหนียว	4.67
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	2.0
แป้งแก่นตะวัน	2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาขั้นต้นการผลิตเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมแป้งแก่นตะวันมีความเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามการทำเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมแป้งแก่นตะวันที่ได้ควรวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ได้เนื่องจากอาจสูตรเสียไปจากกระบวนการผลิต และทำการวิเคราะห์สารอาหารที่มี เช่น อินนูลิน เพื่อให้ทราบถึงปริมาณของใยอาหารที่แท้จริง ซึ่งโดยทั่วไปแก่นตะวันจะมีปริมาณอินนูลินอยู่ร้อยละ 15-20 (อาณดี, 2553) ซึ่งปริมาณใยอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) คือ 25 กรัมต่อวัน หรืออาจเปลี่ยนชนิดของใยอาหารที่นำมาเติมในเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนจากแป้งแก่นตะวันเป็นสารสกัดจากอินนูลินโดยตรง

Rubel I.A. *et al*. (2015) ได้ทำการศึกษาผลของแป้งอินนูลินสกัดจากแก่นตะวันเพื่อเสริมใยอาหารที่มีผลต่อคุณภาพของขนมปังโดยใช้ปริมาณแป้งอินนูลิน 2.5 และ 5 กรัมต่อแป้งสาลี 100 กรัม เป็นต้น นอกจากนี้อาจทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพิ่มเติมโดยมีกลุ่มเป้าหมายของผลิตภัณฑ์เป็นกลุ่มคนรักษาสุขภาพเพื่อให้ผลการทดสอบของผลิตภัณฑ์สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สีของเส้นบะหมี่สดมีสีคล้ำเนื่องจากแป้งข้าวกล้องเหนียว

5.1.2 การใช้แป้งดัดแปรเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนทำให้เส้นบะหมี่สดที่ได้มีความคงตัวต่อความร้อนและเพิ่มความแข็งแรงให้กับเจลของเส้นบะหมี่มากขึ้น ณ ที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลให้โครงสร้างของแป้งเปลี่ยนแปลงไปทำให้การพองตัวและดูดซับน้ำน้อยลง

5.1.3 การใช้ไฮโดรคอลลอยด์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตน จะช่วยปรับปรุงด้านความยืดหยุ่น อีกทั้งยังทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัวทำให้เส้นมีความคงตัวดี และยังมีสมบัติเป็นทนต่อกระบวนการทำให้สุก เพิ่มความคงตัวให้กับเส้นบะหมี่เมื่อผ่านความร้อน ถึงอย่างไรก็ตามโครงสร้างของคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส อาจแตกออกบางส่วนเมื่อผ่านความร้อนทำให้ความหนืดต่ำลง ส่งผลให้ความยืดหยุ่นเส้นบะหมี่ต่ำลง

5.1.4 การเติมแป้งแก่นตะวันลงไปในเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนทำให้ความยืดหยุ่นของเส้นบะหมี่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังส่งผลต่อสีของเส้นบะหมี่สดเช่นกัน เมื่อเติมแป้งแก่นตะวันซึ่งมีสีน้ำตาลเข้มในสัดส่วนที่มากขึ้นจะส่งผลให้สีของเส้นบะหมี่คล้ำขึ้นอย่างชัดเจนและความสว่างของเส้นบะหมี่ลดลงเช่นกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรผสมส่วนผสมที่เป็นของแห้งคลุกเคล้าให้เข้ากันก่อนที่จะผสมน้ำและทำการนวดแป้งเพราะความสามารถในการดูดน้ำของส่วนผสมแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน

5.2.2 เมื่อลวกเส้นบะหมี่เสร็จแล้วควรนำเส้นบะหมี่แช่ไว้ในน้ำเย็นทันทีเป็นเวลา 10 วินาที เพื่อลดความร้อนภายในเส้นบะหมี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีแป้ง. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. หน้า 295.

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, (2546). เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 303.

ชนิสรา ปุตตธรรมกุล และณัฐชา บุบผาสวรรค์. 2557. การผลิตเส้นบะหมี่ที่ปราศจากกลูเตน Production of frozen gluten-free noodles. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ดุษฎี อุตภาพ และน้องนุช เจริญกุล. 2555. บทที่ 4 สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรท-ไฮโดรคอลลอยด์และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม. เทคโนโลยีของคาร์โบไฮเดรท Carbohydrate Technology สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter4.html. 27 พฤศจิกายน 2558.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5.กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พัชทรา มณีสินธุ์. 2532. การใช้แป้งที่ผลิตภายในประเทศทดแทนแป้งสาลีในการทำบะหมี่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2556. กลูเตน (Gluten). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0351/gluten-กลูเตน. 26 พฤศจิกายน 2558.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2541. คุณสมบัติของข้าวและการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่. ในรายงานการสัมมนาเรื่องการพัฒนาเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและขนมจีนโดยใช้เทคโนโลยีที่สะอาด. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, กรุงเทพฯ. หน้า 347-429.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2556. โรคแพ้กลูเตนและความสำคัญของอาหารปราศจากกลูเตน. Food Journal สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ปีที่ 43. หน้า 16-21.

สัณทณีย์ ปัญจอานนท์(รัตติธรรมกุล). 2555. การดัดแปรแป้งข้าวด้วยวามร้อนชื้นเพื่อลดการพองตัวและเพิ่มปริมาณ Resistant Starch. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย.

สุพิศา สมโต. 2547. คุณลักษณะทางกายภาพและเคมี และความคงตัวของข้าวไทยที่มีรงควัตถุ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สนั่น จอกลอย. 2549. แก่นตะวัน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสนอ ร่วมจิต. 2522. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของข้าวเจ้าพันธุ์ต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาณดี นิติธรรมยง. 2553. ใยอาหารชนิดใหม่ ....คุณรู้จักหรือยัง.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://www.inmu.mahidol.ac.th/th/knowledge/view.php?id=190. 2 ธันวาคม 2558.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทิราพร ยมนาค. 2557. บะหมี่ไข่ทำเอง.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://www.sentangsedtee.com/news_detail.php?rich_id=1280. 6 พฤษภาคม 2559.

Anderson R.A., Conway H.F., Pfeifer V.F., Griffin E.l. 1969. Roll and extrusion-cooking of grain sorghum grits. Cereal Sci. Today, 14, 372-375, 381.

Gallahger, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. 2004. Recent advances in the formulations of gluten free cereal based PDS. Trends in Food Science and Technology, 15, 143-152.

Hizukuri, S. 1996. Starch: analytical aspects. In A.-C.Eliasson (Ed.). Carbohydrates in Food. Marcel Dekker, Inc., New York. 347-429.

Jang H.L.,Bae I.Y., Lee H.G. 2015. In vitro starch digestibility of noodles with various cereal flours and hydrocolloids. LWT-Food Science and Technology. 63.

Jiang, B. and Zhang, Z.W. 2012. Comparison on Phenolic Compounds and Antioxidant Properties of Cabernet Sauvignon and Merlot Wines from Four Wine Grape-Growing Regions in China. Molecules, 17, 8804-8821.

Lorlowhakarn K. and Naivikul O. 2006. Modification of Rice Flour by Heat Moisture Treatment (HMT) to Produce Rice Noodles. Kasetsart J. (Nat. sci.) 40 (Suppl.):135-143.

Qingjie S. Min X, Xianghui B. and Liu X. 2015. Effect of the Amount and Particle Size of Wheat Fiber on the Physicochemical Properties and Gel Morphology of Starches. Collage of Food science and Engineering, Qingdao Agricultural University. Qingdao, China.

Rubel I.A., Perez E.E., Manrique G.D. and Genovese D.B. 2015. Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. Food structure. 21-29.

United States Department of Agriculture Agricultural Research Service (USDA). 2008. Basic Report: 11226, Jerusalem-artichokes, raw.
National Nutrient Database for Standard Reference. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:: https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2978?manu=&fgcd=. 6 มิถุนายน 2559.

Wei W., Hong Y. and Min C. 2015. Effects of Additives on the Properties of Starch. Starch-based Blends, Composites and Nanocomposites. 2015, 403-432.

Xu J., Bietz J.A. and Cariere C.J. 2007. Viscoelastic properties of wheat gliadin and glutenin suspensions. Food Chemistry. Vol 101:1028-1030.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพของเส้นบะหมี่สดที่ปราศจากกลูเตน

ก.1 การวัดเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i

วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่สดที่ปราศจากกลูเตน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยใช้หัววัด Spaghetti/Noodle Test Rig (A/SPR) (pre-test speed: 3.0 mm/s, test speed: 5.0 mm/s, post-test speed: 5.0 mm/s, distance: 80 mm, trigger type: auto-5g) ตรวจวัดค่าแรงสูงสุดในการดึงให้เส้นบะหมี่ยืดออกจนขาด

ก.2 ค่าสีระบบ CIE (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR300

ทำการ Calibrate เครื่องวัดสีก่อนใช้งานทุกครั้งด้วยแผ่นขาว (White Tile) นำตัวอย่างเส้นบะหมี่สดที่ผ่านการลวกแล้วมาวัดโดยนำหัววัดสีทาบลงกับตัวอย่าง อ่านค่าแสดงผลการวัดในระบบ CIELAB (L^*, a^*, b^*) ทำการวัด 2 ครั้ง ครั้งละ 2 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ยและ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยค่าที่แสดงผลเป็นระบบฮันเตอร์ คือ L^* เป็นค่าความสว่าง (lightness) มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100

a^* เป็นค่าสีแดงและเขียว (redness/greenness) เมื่อ a^* มีค่าเป็นบวก เป็นสีแดง

b^* เป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness) เมื่อ b^* มีค่าเป็นบวก เป็นสีเหลือง

ก.3 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (Cooking loss) ตามวิธีของ Jang et al., (2015)

ผลิตเส้นบะหมี่ตามวิธีการ ชั่งน้ำหนักเส้นบะหมี่สด 10 กรัม นำมาลวกในน้ำกรองปริมาตร 500 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 นาที นำเส้นที่ได้ลงแช่น้ำเย็น 10 วินาทีเพื่อหยุดการเจลาติไนซ์เซชันและนำขึ้นสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 3 นาทีและนำเส้นที่ได้อบด้วยอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเซลเซียสข้ามคืน เมื่อครบเวลาจดน้ำหนักเส้นหลังอบและทำการคำนวณจากสูตร

$$\text{การสูญเสียของแข็งระหว่างการต้ม (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักบะหมี่ก่อนต้ม (กรัม)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 ร้อยละการดูดซับน้ำเมื่อทำให้สุก (Water Absorption) ด้วยวิธีของ Jang et al., (2015)

ผลิตเส้นบะหมี่ตามวิธีการ ชั่งน้ำหนักเส้นบะหมี่สด 10 กรัม นำมาต้มในน้ำกรองปริมาตร 500 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 นาที นำเส้นที่ได้ลงแช่น้ำเย็น 10 วินาทีเพื่อหยุดการเจลาติไนซ์เซชันและนำขึ้นสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 3 นาที ชั่งน้ำหนักเส้นหลังต้ม และคำนวณจากสูตร

$$\text{การดูดซับน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักบะหมี่หลังต้ม (กรัม)} - \text{น้ำหนักบะหมี่ก่อนต้ม (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักบะหมี่ก่อนต้ม (กรัม)}}$$

ก.5 การพองตัวของเส้นบะหมี่ (Swelling Index) Jang et al., (2015)

ผลิตเส้นบะหมี่ตามวิธีการ ชั่งน้ำหนักเส้นบะหมี่สด 10 กรัม นำมาลวกในน้ำกรองปริมาตร 500 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 นาที นำเส้นที่ได้ลงแช่น้ำเย็น 10 วินาทีเพื่อหยุดการเจลาติไนซ์เซชันและนำขึ้นสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 3 นาทีและนำเส้นที่ได้อบด้วยอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเซลเซียสข้ามคืน เมื่อครบเวลาจดน้ำหนักเส้นหลังอบและทำการคำนวณจากสูตร

$$\text{ค่าการพองตัวของเส้นบะหมี่ (กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักบะหมี่หลังต้ม (กรัม)} - \text{น้ำหนักบะหมี่หลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักบะหมี่หลังอบ (กรัม)}}$$

ก.6 การวัดค่าความขุ่น (Turbidity) Jang et al., (2015)

นำน้ำต้มเส้นบะหมี่สดของแต่ละตัวอย่างมาเทใส่บีกเกอร์เพื่อรอให้แป้งจากเส้นบะหมี่ที่ละลายออกมากับน้ำต้มตกตะกอน เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำต้มที่ได้มาวัดค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ด้วยความยาวคลื่นแสง 675 นาโนเมตร ทำการวัด 2 ครั้ง ครั้งละ 2 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ยและ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ตารางวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ข1 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนที่เติมไฮโดรคอลลอยด์เพื่อปรับปรุงคุณภาพ

ปัจจัยคุณภาพ	ผลรวมอันดับ			
	ตัวอย่าง 727	ตัวอย่าง 219	ตัวอย่าง 362	ตัวอย่าง 874
ความเหนียวนุ่ม	70	72	79	79
ความชอบรวม	68	74	76	82

หมายเหตุ : รหัสตัวอย่าง 727 คือ สูตรควบคุม
รหัสตัวอย่าง 219 คือ CMC 1 %
รหัสตัวอย่าง 362 คือ CMC 1.5 %
รหัสตัวอย่าง 874 คือ CMC 2 %

1. ใช้ตารางสำเร็จรูปของ Basker
   - เปิดตาราง ที่ จำนวนผู้ชิม 30 คน จำนวนผลิตภัณฑ์ 4 แบบ = 25.7
   - นำค่าผลรวมอันดับมาคำนวณ โดยเอาค่ามากลบค่าน้อย และเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากตาราง (25.7)

     ความเหนียวนุ่ม 79 – 70 = 9

     ความชอบรวม 82 - 68 = 14

2. <u>การใช้วิธี Friedman</u>
   - เรียงลำดับผลรวมจากมากไปน้อย
   - คำนวณค่า T (x^2)

คำนวณจากสูตร $T = [\frac{12}{bt(t+1)} \times (R1^2 + R2^2 + R3^2 + Rn^2)] - 3b(t+1)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T ความเหนียวนุ่ม $= \left[\frac{12}{30 \times 4(4+1)} \times (70^2 + 72^2 + 79^2 + 79^2) \right] - 3 \times 30\,(4+1)$

$= 1.32$

T ความชอบรวม $= \left[\frac{12}{30 \times 4(4+1)} \times (68^2 + 74^2 + 76^2 + 82^2) \right] - 3 \times 30\,(4+1)$

$= 2$

ค่า X^2 เปิดตาราง ได้ = 7.82 (df = 3, α = 0.05)

ดังนั้น พบว่าปัจจัยด้านความเหนียวนุ่มและความชอบรวมจากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าค่าจากตารางแสดงว่าตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข2 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนเติมแป้งแก่นตะวันที่มีปริมาณแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window (Version 23.0) ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA : Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's new Multiple – Range Test)

ด้านลักษณะปรากฏ

Duncan[a,b]

ตัวอย่างเส้น	N	Subset 1
JA 6%	30	6.233333
JA 4%	30	6.366667
JA 2%	30	6.533333
Sig.		.234

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = .827.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b. Alpha = .05.

ด้านสี

Duncan[a,b]

ตัวอย่างเส้น	N	Subset 1
JA 6%	30	6.166667
JA 4%	30	6.600000
JA 2%	30	6.700000
Sig.		.058

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 1.032.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านกลิ่นรส

Duncan[a,b]

ตัวอย่างเส้น	N	Subset	
		1	2
JA 6%	30	5.933333	
JA 4%	30	6.133333	6.133333
JA 2%	30		6.600000
Sig.		.493	.113

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 1.258.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b. Alpha = .05.

ด้านเนื้อสัมผัส

Duncan[a,b]

ตัวอย่างเส้น	N	Subset
		1
JA 6%	30	5.533333
JA 2%	30	5.866667
JA 4%	30	6.166667
Sig.		.095

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 1.873.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านความชอบโดยรวม

Duncan[a,b]

ตัวอย่างเส้น	N	Subset
		1
JA 6%	30	5.833333
JA 4%	30	6.166667
JA 2%	30	6.200000
Sig.		.284

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 1.521.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ค.1 แบบสอบถามความชอบโดยวิธีเรียงลำดับความชอบ(Ranking test) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมไฮโดรคอลลอยด์เพื่อปรับปรุงคุณภาพ

แบบสอบถามวิธีเรียงลำดับความชอบ

ผลิตภัณฑ์ : เส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า วันที่.....

ชื่อ.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและเรียงลำดับความชอบที่ท่านรู้สึก โดย 4 = ชอบมากที่สุด และ1 = ชอบน้อยที่สุด ให้ตรงกับรหัส

<u>ความเหนียวนุ่ม</u>

รหัส ....

ลำดับที่ ....

<u>ความชอบรวม</u>

รหัส ....

ลำดับที่ ....

ข้อเสนอแนะ .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 แบบสอบถามความชอบโดยวิธีทดสอบการยอมรับ(9-Poin Hedonic Scale) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่สดปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมแป้งแก่นตะวัน

แบบสอบถามการให้คะแนนความชอบ

ผลิตภัณฑ์ : ศึกษาปริมาณแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมสำหรับเติมในเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า ชื่อผู้ทดสอบ.....

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาทดสอบตัวอย่างให้ระดับความชอบที่ตรงความรู้สึกของท่าน กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

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

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง		
	769	294	537
ลักษณะปรากฏ			
สี			
กลิ่นรส			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบรวม			

ข้อเสนอแนะ .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ชมพูนุท สุ่มมาตย์
วันเดือนปีเกิด	25 มกราคม 1994
ที่อยู่	296 ถ.สาทรใต้ เขตสาทร แขวงทุ่งมหาเมฆ กทม. 10120
ประวัติการศึกษา	2558 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ชื่อ-นามสกุล	นภัสสร วัชรโกเมนกุล
วันเดือนปีเกิด	31 พฤษภาคม 1993
ที่อยู่	80/3 ถ.สุทธิสารวินิจฉัย เขตห้วยขวาง แขวงสามเสนนอก กทม 10310
ประวัติการศึกษา	2558 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้