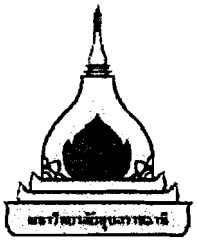


รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล

Effect of Hydrocolloids on Quality Improvement of Ubon Noodles

จิตรา สิงห์ทอง

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงบประมาณ
ประจำปีงบประมาณ 2555

กิตติกรรมประกาศ
(Acknowledgments)

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากสำนักงบประมาณ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2555 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้ส่งเสริมและสนับสนุนในการทำวิจัย จนกระทั่งรายงานฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ผลิตเส้นกวยจั๊บอุบล จังหวัดอุบลราชธานี ที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนในเรื่องของสูตรและกระบวนการผลิต จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการอาหาร นางสาวอุไร มีสิทธิ์ และ นางสาวรัตนา ตีคลี รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่กรุณาให้ความร่วมมือและสนับสนุนในงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

จิตรา สิงห์ทอง
ธันวาคม พ.ศ. 2556

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
(Executive summary)

จังหวัดอุบลราชธานี เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในส่วนที่เป็นคมแห่งขวานทองของประเทศไทย เป็นจังหวัดสำคัญอีกจังหวัดหนึ่งของภาคอีสานตอนล่าง ที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยพืชพันธุ์ ธัญญาหาร สมกับคำว่าในน้ำมีปลา ในนามีข้าว ทำให้มีอาหารที่มีชื่อเสียงและอร่อยจำนวนมาก กวยจั๊บญวน หรือ กวยจั๊บอุบล ถือเป็นอาหารพื้นเมืองที่ชาวเวียดนามอพยพนำมาเผยแพร่จนกลายเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่ได้รับการสืบทอดต่อกันมาเป็นเวลานาน ที่มีการผลิตและบริโภคจนกลายเป็นอาหารท้องถิ่นและของฝากที่มีชื่อเสียงของจังหวัดอุบลราชธานี เส้นกวยจั๊บ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเจ้าที่ไม่แล้วหรือแป้งข้าวเจ้าผสมกับแป้งมันสำปะหลัง ทำให้สุก แล้วนำมานวดผสมกับแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังอีกครั้งหนึ่ง โดยอาจผสมแป้งข้าวเหนียวด้วยก็ได้ อัดเป็นเส้น เส้นกวยจั๊บอุบลมีความแตกต่างกับเส้นกวยจั๊บชนิดอื่นตรงที่เส้นมีขนาดเล็กกว่า ผลิตภัณฑ์แบ่งตามการผลิตออกเป็น 2 รูปแบบ คือ เส้นสด มีอายุการเก็บรักษาสั้นประมาณ 2-3 วัน และเส้นแห้ง ผลิตโดยนำกวยจั๊บเส้นสดมาตากแดดหรืออบแห้งเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น เวลารับประทานจะต้องนำเส้นกวยจั๊บมาแช่น้ำก่อนที่จะนำไปต้ม เส้นกวยจั๊บอุบลยังมีลักษณะบางประการที่ผู้บริโภคไม่ชื่นชอบ คือเส้นภายนอกจะสุกก่อนส่วนภายในแกนกลางของเส้นยังไม่สุก หรือถ้าภายในแกนกลางเส้นสุกภายนอกเส้นจะมีลักษณะเละ นอกจากนั้นเส้นกวยจั๊บแห้งมีขั้นตอนในการปรุงสุกหลายขั้นตอน ทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการแช่น้ำก่อนนำมาต้มให้สุก ลักษณะเส้นที่ได้ไม่เหนียวและขาดง่าย ดังนั้นการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบลให้ดีขึ้น เป็นทางเลือกอีกหนึ่งทางที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าของเส้นกวยจั๊บอุบลให้มีมูลค่าสูงขึ้น รวมทั้งพัฒนากระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเพื่อความสะดวกในการบริโภคให้มีคุณภาพการทำสุกที่ดีกว่า รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการทำสุกต่ำกว่าเส้นแห้งทางการค้า งานวิจัยนี้น่าจะเป็นแนวทางในการพัฒนาเส้นกวยจั๊บและเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งจะส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค และเพิ่มมูลค่าให้กับเส้นกวยจั๊บอุบลได้ รวมทั้งขยายตลาดของเส้นกวยจั๊บได้อีกด้วย ตลอดจนการบูรณาการจากฐานภูมิปัญญาสู่นวัตกรรมด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทคัดย่อ

กวยจั๊บอุบลถือเป็นอาหารพื้นเมืองที่ได้รับการสืบทอดต่อกันมาจากภูมิปัญญาชาวบ้านจนกลายเป็นของฝากที่มีชื่อเสียงประจำจังหวัดอุบลราชธานี จัดเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) เส้นกวยจั๊บอุบลเส้นแห้งยังมีลักษณะบางประการที่ผู้บริโภคไม่ชื่นชอบ เพื่อปรับปรุงคุณลักษณะของแป้งและเส้นกวยจั๊บอุบล จึงมีการนำไฮโดรคอลลอยด์ทั้งหมด 6 ชนิดคือ แซนแทนกัม กัวร์กัม อัลจิเนต คาร์ราจีแนน ผงบุก และคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส โดยกำหนดปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 6 ชนิด ร้อยละ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก เติมลงไปในสูตรกวยจั๊บอุบลที่ต้องการนำมาปรับปรุงคุณภาพ พบว่าปริมาณการเติมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดที่สามารถปรับปรุงคุณภาพทั้งทางเคมีและทางกายภาพรวมทั้งประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลสดได้ดีที่สุดคือ แซนแทนกัมร้อยละ 0.5, กัวร์กัมร้อยละ 0.75, CMC ร้อยละ 0.75, คาร์ราจีแนนร้อยละ 0.25, อัลจิเนตร้อยละ 0.75 และผงบุกร้อยละ 1.0 และเมื่อนำมาศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพและทางประสาทสัมผัสพบว่า กัวร์กัมร้อยละ 0.75 เป็นชนิดและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่สามารถปรับปรุงคุณภาพด้านต่างๆ ของเส้นกวยจั๊บอุบลได้ดีที่สุด และมานำมาพัฒนาเป็นเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป โดยพบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ให้ผลทั้งทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสที่ดีไม่แตกต่างกัน จากนั้นนำเส้นกวยจั๊บอุบลที่ผ่านการอบทั้ง 2 อุณหภูมิมาศึกษาคุณภาพด้านต่างๆ ในขั้นตอนการทำเป็นเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป พบว่ากระบวนการคืนรูปเส้นกวยจั๊บอุบลอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำการคืนรูปด้วยวิธีการใช้น้ำร้อนเป็นระยะเวลา 4 นาที และเส้นกวยจั๊บอุบลอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำการคืนรูปด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟระยะเวลา 5 นาที ส่งผลให้คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสดีที่สุด และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเส้นกวยจั๊บอุบลแห้งทางการค้าพบว่าคุณภาพการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปดีกว่าเส้นกวยจั๊บแห้งทางการค้า นอกจากนี้ลักษณะโครงสร้างเส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปมีความเป็นรูพรุนสูงกว่าเส้นที่ผ่านการอบแห้งทางการค้า จึงส่งผลต่อลักษณะทางคุณภาพด้านต่างๆ ที่ดีกว่าเส้นแห้งทางการค้า ดังนั้นสารไฮโดรคอลลอยด์จึงเหมาะสมต่อการนำมาปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบลและพัฒนาเป็นเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

คำสำคัญ: เส้นกวยจั๊บอุบล, ไฮโดรคอลลอยด์, อัลจิเนต, แซนแทนกัม, คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส, กัวร์กัม, คาร์ราจีแนน, ผงบุก, เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

Abstract

Ubon noodle is a local wisdom of indigenous food as one tambon one product (OTOP). The objective of this research was focused on development of Ubon noodle quality with hydrocolloids (alginate, xanthan gum, CMC, guar gum, carrageenan and konjac mannan). The results show that Ubon noodle with hydrocolloids has exhibited greater cooking quality and texture than the control (no hydrocolloids). Besides, Ubon noodle with hydrocolloids had higher sensory scores in all attributes than the control. The optimal hydrocolloids; alginate, xanthan gum, CMC, guar gum, carrageenan and konjac mannan were 0.75, 0.5, 0.75, 0.75, 0.25 and 1.0% (w/w), respectively. These resulted showed that 0.75% guar gum was the most effective hydrocolloids to improve quality for Ubon noodle in terms of higher cooked weight, elasticity and lower cooking loss and were scored higher by sensory panellists. The study of instant Ubon noodle using drying process showed that the optimal process were 60°C for 2.30 hours and 70°C for 1.30 hours which gave the high cooking quality and consumer acceptation. The quality of instant Ubon noodle was better than commercial dry Ubon noodle after reproduction with boiled water 4 minutes and microwave 5 minutes for drying process at 70°C and 60°C, respectively. In addition, structure of instant Ubon noodle was more porous than commercial one which resulted in higher cooking quality. The result of this study could be used as a basic knowledge in food application, especially in development of instant Ubon noodle to make an economic potential of local community.

Keywords: Ubon noodle, Hydrocolloids, Alginate, Xanthan, CMC, Guar gum, Carrageenan, Konjac mannan, Instant Ubon noodle

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทสรุปผู้บริหาร	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทนำ	1
วัตถุประสงค์หลัก	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
การตรวจเอกสาร	
กวยจั๊บอุบล	3
แป้ง	4
ไฮโดรคอลลอยด์	10
อาหารกึ่งสำเร็จรูป	19
วิธีการดำเนินการวิจัย	22
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	
ปริมาณแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบล	26
ผลของปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบล	29
ผลของชนิดสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบล	38
อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป	40
การศึกษาสภาวะและเวลาในการคืนตัวที่เหมาะสมของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป	42
การศึกษาคุณภาพการต้มสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับเส้นแห้งทางการค้า	46
การศึกษาคุณภาพทางโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป	49
สรุปผลการทดลอง	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	56

สารบัญตาราง

ตารางที่	เรื่อง	หน้า
1	ค่าสีของเส้นอย่างกวยจั๊บอุบลก่อนและหลังทำสุก	26
2	ค่าความเหนียวและค่าคุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบล	28
3	การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบล	29
4	ปริมาณแซนแทนกัม (XG) ต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียว	30
5	ปริมาณแซนแทนกัม (XG) ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นเส้นกวยจั๊บอุบล	30
6	ผลของปริมาณแซนแทนกัม (XG) ต่อค่าสีเส้นกวยจั๊บสุกและดิบ	31
7	ปริมาณผงบุก (KJ) ต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียว	32
8	ปริมาณผงบุก (KJ) ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นเส้นกวยจั๊บอุบล	32
9	ผลของปริมาณผงบุก (KJ) ต่อค่าสีเส้นกวยจั๊บอุบลสุกและดิบ	32
10	ปริมาณกัวร์กัม (GG) ต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียว	33
11	ปริมาณกัวร์กัม (GG) ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นเส้นกวยจั๊บอุบล	33
12	ผลของปริมาณกัวร์กัม (GG) ต่อค่าสีเส้นกวยจั๊บอุบลสุกและดิบ	34
13	ปริมาณคาร์ราจีแนน (CR) ต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียว	34
14	ปริมาณคาร์ราจีแนน (CR) ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นเส้นกวยจั๊บอุบล	35
15	ผลของปริมาณคาร์ราจีแนน (CR) ต่อค่าสีเส้นกวยจั๊บอุบลสุกและดิบ	35
16	ปริมาณ (CMC) ต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียว	36
17	ปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นของเส้นกวยจั๊บอุบล	36
18	ผลของปริมาณคาร์บอกซีลเมทิลเซลลูโลส (CMC) ต่อค่าสีเส้นกวยจั๊บสุกและดิบ	36
19	ปริมาณอัลจิเนต (AG) ต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียว	37
20	ปริมาณอัลจิเนต (AG) ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นเส้นกวยจั๊บอุบล	38
21	ผลของปริมาณอัลจิเนต (AG) ต่อค่าสีเส้นกวยจั๊บอุบลสุกและดิบ	38
22	ผลของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียว	39
23	ผลของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้น	39
24	ผลของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดต่อค่าสีของเส้นกวยจั๊บอุบล	40
25	คุณภาพหลังการทำสุกและค่าความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบลที่สภาวะการอบแตกต่างกัน	41
26	ค่าสีของเส้นกวยจั๊บอุบลก่อนการทำสุกและหลังการทำสุกที่สภาวะการอบแตกต่างกัน	42
27	ค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลที่สภาวะการอบแตกต่างกัน	42

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	เรื่อง	หน้า
28	คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยน้ำร้อน	42
29	ค่าสีและค่าความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยน้ำร้อน	43
30	การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยน้ำร้อน	44
31	คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟ	45
32	ค่าสีและค่าความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟ	45
33	การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟ	46
34	คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยน้ำร้อน เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า (CM)	47
35	คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บเสริมอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า (CM)	48
36	เปรียบเทียบเวลาในการทำสุกและขนาดของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป กับเส้นแห้งทางการค้า	48
37	องค์ประกอบทางเคมีของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป	49

สารบัญภาพ

ภาพที่	เรื่อง	หน้า
1	วิธีการทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (เส้นกวยจั๊บอุบล)	22
2	กระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป	24
3	โครงสร้างภายนอกของเส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM	50

บทนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าว เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตเป็นจำนวนมาก และใช้เป็นอาหารหลักเช่นเดียวกับข้าวสารและข้าวกล้อง ซึ่งมีทั้งก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ก๋วยเตี๋ยวส้นใหญ่ เส้นหมี่ ขนมจีน และยังรวมถึงผลิตภัณฑ์ประเภทแผ่นใบเมี่ยงญวณ กวยจั๊บเส้นใหญ่ และ กวยจั๊บเส้นเล็ก เป็นต้น โดยมีหลักการแปรรูปคล้ายคลึงกัน จะแตกต่างกันในบางขั้นตอน และลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้ (อรอนงค์, 2550) ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในแถบเอเชีย กวยจั๊บเส้นเล็กส่วนมากนิยมเรียกว่า กวยจั๊บญวน กวยจั๊บเวียดนาม หรือกวยจั๊บอุบล นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของไทย โดยเฉพาะในจังหวัดอุบลราชธานี ถือเป็นแหล่งที่มีการผลิตและบริโภคจนกลายเป็นของฝากที่มีชื่อเสียงประจำจังหวัดอุบลราชธานี

เส้นกวยจั๊บอุบลมีความแตกต่างกับเส้นกวยจั๊บชนิดอื่นตรงที่เส้นมีขนาดเล็กกว่า ผลิตภัณฑ์แบ่งตามการผลิตออกเป็น 2 รูปแบบ คือ เส้นสด มีอายุการเก็บรักษาสั้นประมาณ 2-3 วัน และเส้นแห้ง ผลิตโดยนำกวยจั๊บเส้นสดมาตากแดดหรืออบแห้งเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น เวลารับประทานจะต้องนำเส้นกวยจั๊บมาแช่น้ำก่อนที่จะนำไปต้ม เส้นกวยจั๊บอุบลยังมีลักษณะบางประการที่ผู้บริโภคไม่ชื่นชอบ คือเส้นภายนอกจะสุกก่อนส่วนภายในแกนกลางของเส้นยังไม่สุก หรือถ้าภายในแกนกลางเส้นสุกภายนอกเส้นจะมีลักษณะเละ นอกจากนั้นเส้นกวยจั๊บแห้งมีขั้นตอนในการปรุงสุกหลายขั้นตอน ทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการแช่น้ำก่อนนำมาต้มให้สุก ลักษณะเส้นที่ได้ไม่เหนียวและขาดง่าย โดยทั่วไปการปรับปรุงสมบัติต่างๆ ของแป้งให้เป็นไปตามต้องการ มักทำโดยการดัดแปรสภาพแป้ง (modify) ซึ่งทำได้หลายวิธี คือ วิธีทางเคมี ทางกายภาพ และการใช้เอนไซม์ ซึ่งการดัดแปรแป้งมีข้อเสียมาก เช่น การใช้สารเคมีที่สิ้นเปลืองในการทำปฏิกิริยา บางวิธีต้องปฏิบัติในห้องทดลองและใช้อุปกรณ์ที่เฉพาะทาง การดัดแปรแป้งส่งผลให้สูญเสียสารอาหารที่จำเป็น มีสารเคมีที่ใช้ในการดัดแปรตกค้าง เป็นต้น จึงได้มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ เช่น อนุพันธ์เซลลูโลส คาร์ราจีแนน เจลแลน แซนแทน และ คอนยัคกลูโคแมนแนน เพื่อปรับปรุงคุณลักษณะของแป้งและเส้นกวยจั๊บอุบล เช่น สามารถทนต่ออุณหภูมิสูง ทำให้เกิดความคงตัว ทำให้เกิดความหนืดสูง ทำให้เกิดเจล ลักษณะเส้นมีความยืดหยุ่น เหนียวนุ่ม ป้องกันการจัดเรียงตัวใหม่ของแป้ง และการแยกตัวของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ที่สำคัญไฮโดรคอลลอยด์เป็นสารที่ไม่มีอันตรายต่อผู้บริโภคและไม่มีพลังงาน

สารประกอบประเภทไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloids) หรือ กัม (gums) เป็นโพลิเมอร์ที่มีสายยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลสูง เมื่อละลายหรือกระจายตัวอยู่ในน้ำจะช่วยทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้นหรือมีลักษณะเป็นเจล กัมแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เมื่อนำไปผสมลงในผลิตภัณฑ์อาหารจึงสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น ทำให้ความข้นหนืดเปลี่ยนไป (thickeners) ทำให้ความคงตัวของอาหารเปลี่ยนไป (stabilizers) เกิดลักษณะเป็นเจล (gelling agents) ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีรูปร่างและลักษณะเนื้อสัมผัสผันแปรแตกต่างกัน (texture modifiers) และเป็นตัวเชื่อมช่วยดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอด (binder) เป็นต้น (Whistler and Bemiller, 1993 และ Phillips and Williams, 2000) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพของของเส้นกวยจั๊บอุบล
2. ศึกษากระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป
3. ศึกษาคุณภาพและลักษณะทางโครงสร้างของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบถึงผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบลให้ดีขึ้นและกระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป เป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำวิจัยต่อยอดหรือถ่ายทอดแก่ผู้ประกอบการต่อไป

การตรวจเอกสาร

กวยจั๊บอุบล

จังหวัดอุบลราชธานี เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในส่วนที่เป็นคมแห่งขวานทองของประเทศไทย เป็นจังหวัดสำคัญอีกจังหวัดหนึ่งของภาคอีสานตอนล่าง ที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยพืชพันธุ์ ธัญญาหาร สมกับคำว่าในน้ำมีปลา ในนามีข้าว ทำให้มีอาหารที่มีชื่อเสียงและอร่อยจำนวนมาก กวยจั๊บญวน หรือ กวยจั๊บอุบลถือเป็นอาหารพื้นเมืองที่ชาวเวียดนามอพยพนำมาเผยแพร่จนกลายเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่ได้รับการสืบทอดต่อกันมาเป็นเวลานาน ที่มีการผลิตและบริโภคจนกลายเป็นอาหารท้องถิ่นและของฝากที่มีชื่อเสียงของจังหวัดอุบลราชธานี (จิตรา, 2555)

กวยจั๊บอุบล หรือ กวยจั๊บญวณ เมนูอาหารทรงเสน่ห์ ทานง่าย คล่องคอ ที่ทำจากวัตถุดิบเลิศรสหลักๆ อย่างหมูยอและเส้นกวยจั๊บญวณ ใส่ในน้ำซุปเคี่ยวข้นตามแบบฉบับ พร้อมด้วยเครื่องเพิ่มเติมตามใจชอบ อาทิ หมูสับ กระดูกอ่อน เห็ดหอมหรือไข่ โรยด้วยผักชีใบเขียวสดสร้างสีสัน ตบท้ายด้วยหอมเจียวเพิ่มความหอมให้กับเมนูจานโปรด เส้นกวยจั๊บญวณ (เส้นสด) ของอุบลแท้ จะมีความพิเศษคือเหนียวนุ่ม เส้นใส ต้มง่ายไม่หัก ซึ่งเป็นลักษณะเด่นสำคัญ กวยจั๊บอุบลหรือกวยจั๊บญวณภาษาบ้านๆ จะเรียกว่า ข้าวเปียก หรือต้มเส้น (ช้อเฮง, 2556) กวยจั๊บอุบลหรือกวยจั๊บเวียดนามที่ขายกันมีอยู่ 2 ชนิดคือเส้นใหญ่ ซึ่งไม่ได้ใหญ่แบบเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ แต่จะใหญ่กว่าเส้นกวยจั๊บแบบเล็กราวสองถึงสามเท่า นิยมต้มรวมลงไปในหม้อน้ำซุปที่ใส่เครื่องทุกอย่างครบแล้ว เวลาขายสามารถตักใส่ถุงหรือชามได้เลย แต่ที่เป็นที่นิยมมากคือ แบบเส้นเล็ก หากินได้ง่าย ซึ่งเส้นเล็กเวลาขายแม่ค้าจะตักน้ำซุปใส่หม้อ พอเดือดแล้วจึงใส่เส้นลงต้ม ใช้เวลาต้มน้อยเพราะเส้นเล็กจะสุกง่าย เสร็จแล้วจึงเทใส่ชามหยิบเครื่องอื่นๆ ใส่ เช่น กระดูกหมู เลือดหมู หอมเจียว ใส่ลงไป พร้อมเสิร์ฟ (การะเวก, 2551)

เส้นกวยจั๊บ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเจ้าที่โม่แล้วหรือแป้งข้าวเจ้า ผสมแป้งมันสำปะหลัง ทำให้สุกแล้วนำมานวดผสมกับแป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลังอีกครั้งหนึ่ง โดยอาจผสมแป้งข้าวเหนียวด้วยก็ได้ อัดเป็นเส้น แล้วทำให้แห้งด้วยแสงแดดหรือแหล่งพลังงานอื่น คุณลักษณะที่ต้องการ คือ ลักษณะทั่วไปในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีขนาดเส้นใกล้เคียงกัน อาจมีเส้นแตกหักได้บ้าง ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ และมีสีสม่ำเสมอ ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติและปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่นกลิ่นอับ กลิ่นสาบ ลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อทำสุกแล้ว เส้นต้องไม่กะติดกัน และนิ่มเหนียว ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ หากมีการใช้วัตถุกันเสีย สารฟอกขาว สารทำให้ข้น ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนดความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก อะฟลาทอกซินต้องไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม จุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546)

จากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่าผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการทั้งหมดเป็นผู้ประกอบการขนาดเล็กถึงขนาดย่อม โดยบรรพบุรุษเป็นชาวเวียดนามและอพยพเข้ามาในประเทศไทย ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่จะอพยพมาอยู่ที่จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดมุกดาหาร แต่ชาวเวียดนามที่มาตั้งถิ่นฐานที่จังหวัดอุบลราชธานีจะผลิตเส้นกวยจั๊บญวน หรือ กวยจั๊บอุบลจนกลายเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นสืบทอดสู่รุ่นลูกรุ่นหลาน โดยเส้นกวยจั๊บที่ผลิตในสมัยแรกเริ่มจะมีขนาดเส้นใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6-8 มิลลิเมตร ใช้เครื่องโม่หินแบบใช้มือในการโม่แป้ง นวดแป้งและ

ตัดเส้นด้วยมือ ปัจจุบันรุ่นลูกหลาน ได้มีการใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการผลิต ทั้งเครื่องโม่ เครื่องนวดผสม และเครื่องอัดเส้น และได้มีการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลให้มี 2 ขนาด ตามความต้องการของผู้บริโภคคือ เส้นเล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร และเส้นใหญ่ขนาดคงเดิม ในสมัยก่อนนั้นผู้บริโภคชอบเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีขนาดใหญ่เช่นเดียวกับกวยจั๊บญวนที่มาจากเวียดนาม แต่ปัจจุบันผู้บริโภคชอบบริโภคกวยจั๊บอุบลที่มีขนาดเส้นเล็ก เนื่องจากใช้เวลาสั้นในการปรุงสุกและรับประทานง่าย โดยทั่วไปเส้นกวยจั๊บสดจะมีอายุการเก็บรักษา 2-3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง และ 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิเย็น (ตู้เย็น 4-10 องศาเซลเซียส) สำหรับเส้นกวยจั๊บแห้ง จะนำเส้นสดไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน สามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นระยะเวลานาน แต่ใช้ระยะเวลานานในการปรุงสุก ผู้ผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลส่วนใหญ่จะผลิตและจำหน่ายเส้นกวยจั๊บโดยส่งขายตามร้านอาหาร และร้านค้าขายของฝากภายในจังหวัดอุบลราชธานีและจังหวัดใกล้เคียง ผู้ประกอบการส่วนใหญ่สนใจการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลเป็นแบบกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งสะดวกต่อการบริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการปรับปรุงเส้นกวยจั๊บสดและแห้งให้มีลักษณะเส้นเหนียวและนุ่ม ไม่ขาดง่าย นอกจากนั้นผู้ผลิตยังสนใจการพัฒนาเส้นกวยจั๊บให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น เป็นการอนุรักษ์และสืบสานภูมิปัญญาท้องถิ่นให้ยั่งยืนต่อไป (จิตรา, 2555)

แป้ง

สตาร์ช หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนในอัตราส่วน 6:10:5 มีสูตรเคมีโดยทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ สตาร์ชเป็นโพลิเมอร์ของกลูโคสที่มีหน่วยของน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glucosidic linkage) ประกอบด้วยโพลิเมอร์ของกลูโคสสองชนิด คือ โพลิ-เมอร์เชิงเส้น (อะไมโลส) และโพลิเมอร์เชิงกิ่ง (อะไมโลเพกติน) ทั้งอะไมโลสและอะไมโลเพกตินมีสมบัติที่แตกต่างกัน สตาร์ชทางการค้า มีส่วนประกอบอื่นเจือปนในปริมาณน้อย เช่น ไขมัน โปรตีน เกลือแร่ หากมีส่วนประกอบอื่นๆ อยู่มากหรือมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่สูง เรียกว่า แป้งดิบ (flour) ถ้ามีการสกัดสิ่งเจือปนต่างๆ ออกจนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่ เรียกว่า สตาร์ช (starch) (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546; Satin, n.d.) แป้งเป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสและเป็นโฮโมพอลิแซกคาไรด์ชนิดหนึ่งที่พบมากในพืช ที่ได้จากระบวนการสังเคราะห์แสง พืชเก็บสะสมแป้งไว้ตามส่วนต่างๆ เช่น หัว ราก เมล็ด ลำต้น ผล เป็นต้น โดยรวมตัวกันอยู่ในรูปเม็ดที่อาจมีหรือไม่มีเมมเบรน (membrane) หุ้มก็ได้ เรียกว่า อะไมโลพลาสต์ (amyloplast) แป้งเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสำคัญที่สุดของมนุษย์และส่วนใหญ่ได้มาจากเมล็ดของพืช เช่น ข้าวเจ้า ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง เป็นต้น บางส่วนได้มาจากหัวและรากของพืช เช่น มันเทศ มันฝรั่ง และมันสำปะหลัง เป็นต้น แป้งที่ได้จากพืชแต่ละชนิดจะมีลักษณะ เฉพาะคือมีโครงสร้างทางเคมีในโมเลกุล ขนาด รูปร่าง และสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน รูปร่างของเม็ดแป้งที่มาจากพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันจึงใช้เป็นตัวชี้บ่งชนิดของแป้งได้ และในเม็ดแป้งยังมีแร่ธาตุ ไขมัน และโปรตีน เป็นองค์ประกอบอยู่บ้างเล็กน้อย ดังนั้นเมื่อนำแป้งไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ลักษณะรูปร่าง ของเม็ดแป้งที่ปรากฏจะสามารถชี้บ่งได้ว่าเป็นแป้งที่มาจากพืชชนิดใด (นิธิยา, 2545) ความแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเม็ดแป้งที่แตกต่างกันเกิดจากลักษณะทางชีววิทยา ชีวเคมีของอะไมโลพลาสต์ และลักษณะทางสรีระวิทยาของพืช (Sandhu et al., 2004)

สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้ง (Functional properties of flours)

สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งในอาหารขึ้นอยู่กับสมบัติทางด้านกายภาพเคมีของเม็ดแป้ง สมบัติทางกายภาพ คือ ขนาด การกระจายตัว รูปร่าง และพื้นผิวของเม็ดแป้ง มีความสำคัญและจำเพาะในการใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ลักษณะรูปร่างและพื้นผิวของแป้งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการทำงานของแป้งเมื่อนำแป้งไปใช้ในผลิตภัณฑ์ ส่วนสมบัติทางเคมีที่สำคัญ คือ อัตราส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้าง มีผลต่อการทำงานของแป้งแต่ละชนิด เช่น ความหนืด การพองตัว การต้านต่อแรงเฉือน การละลาย การเกิด เจลาติไนซ์ เนื้อสัมผัส ความคงตัวของเจล การเกิดรีโทรเกรเดชัน การละลาย การดูดซับน้ำ การสูญเสียน้ำ พฤติกรรมทางด้านรีโอโลจีในเพสและเจล เป็นต้น การใช้แป้งในผลิตภัณฑ์อาหารได้แก่ อาหารกระป๋อง อาหารแช่แข็ง อาหารเช้า ขนมขบเคี้ยว ขนมอบ ลูกกวาด น้ำสลัด ซุป ซอส ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น ส่วนการใช้แป้งในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่อาหาร เช่น อุตสาหกรรมกาว โลหะ ยา เครื่องสำอาง กระดาษ ก่อสร้าง และสิ่งทอ เป็นต้น จะเห็นว่าแป้งมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลาย การใช้แป้งจะขึ้นอยู่กับสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้ง ซึ่งสมบัติต่างๆ ของแป้งได้รับอิทธิพลจากรูปร่าง โครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุล ขนาด องค์ประกอบ อะไมโลส อะไมโลเพกติน และแหล่งทางพฤกษศาสตร์ของแป้งที่ต่างกัน (Tziotis et al., 2005; Satin, n.d.) แป้งมีความเป็นไปได้สูงในการแปรรูปทางอุตสาหกรรม ช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารและเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตสายสั้นหรือโอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharides) อย่างไรก็ตามการใช้แป้งยังมีข้อจำกัดและมีข้อด้อย เช่น ละลายน้ำต่ำ เกิดรีโทรเกรเดชัน เป็นต้น ขึ้นอยู่กับการใช้ (Whistler et al., 1984; Aspinal, 1985)

สมบัติทั่วไปของแป้ง ได้แก่ เป็นแหล่งสะสมพลังงานของพืช ไม่มีรสหวาน ไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะพองตัวได้ เป็นสารละลายข้นหนืดในน้ำร้อนและกลายเป็นเจล ในธรรมชาติแป้งจะอยู่ในรูปเม็ดแป้งที่มีเมมเบรนหุ้ม เมื่อเม็ดแป้งกระจายตัวอยู่ในน้ำ และนำไปให้ความร้อนเม็ดแป้งจะดูดน้ำทำให้พองตัวออกมีขนาดใหญ่ขึ้นและเกิดเจลาติไนเซชันได้เป็นสารละลายข้นหนืด และเมื่อปล่อยสารละลายให้เย็นลงจะเกิดเป็นเจลสามารถใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืดให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด แต่ถ้านำไปแช่เย็นหรือแช่แข็งจะเกิดการตกตะกอน เรียกว่า การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสอาหารเปลี่ยนไป เม็ดแป้งประกอบด้วยโมเลกุลแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีโปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส สารอนินทรีย์อื่นๆ และน้ำในปริมาณ ที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพืช (ดุษฎี และน้องนุช, 2548) ปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกตินที่เป็นองค์ประกอบในเม็ดแป้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่น้ำหนักโมเลกุล degree of polymerization ของแต่ละสายตำแหน่งที่อยู่ในเม็ดแป้ง และสัดส่วนของอะไมโลสต่อ อะไมโลเพกติน ดังนั้นสมบัติของแป้งที่ได้จากพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน แป้งแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกันจึงมีความสามารถในการทำหน้าที่ (functionality) แตกต่างกัน (นิธิยา, 2545)

แป้งข้าวเจ้า (Rice starch)

นับเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวหักในขั้นการแปรรูปขั้นต้น ที่นำมาผ่านกระบวนการโม่ให้เป็นแป้ง (อรอนงค์, 2547) เป็นแป้งจากธัญพืช ที่มีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ขั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้ง ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณผลึก และบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้งแป้งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัว และการละลายต่ำสุดเนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสสูง ซึ่งอะไมโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้นทำให้พองตัวได้ต่ำ (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) เนื่องจากแป้งข้าวทำมาจากข้าวหักหรือปลายข้าวดังนั้นการตรวจสอบคุณสมบัติของแป้งข้าวจึงคล้ายคลึง

กับการตรวจสอบคุณสมบัติของข้าวที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการโม่แป้ง เพื่อใช้ประเมินคุณภาพของแป้งข้าวแต่ละชนิด ซึ่งค่าที่ตรวจวัดได้นี้จะสามารถนำไปเป็นข้อมูลในการพัฒนาปรับปรุงการใช้ประโยชน์ของแป้งข้าวให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้ต่อไป คุณสมบัติทางเคมีของแป้งข้าวที่ตรวจสอบได้แก่ โปรตีน ไขมัน สตาร์ช และอัตราส่วนของ อะไมโลสและอะมิโลเพกติน ในสตาร์ช และเถ้า เป็นต้น สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีเชิงฟิสิกส์ ได้แก่ การวัดอุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนเซชันของแป้งข้าว โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบฐานร้อน การวิเคราะห์ความหนืด ด้วยเครื่องแบบบราเบนเดอร์ หรือเครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว (Rapid Visco Analyzer, RVA) การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ในการทำให้สตาร์ชเกิดเจลาทิไนซ์ ในขณะที่เพิ่มอุณหภูมิ และสตาร์ชเกิดรีโทรเกรเดชันในขณะที่ลดอุณหภูมิลงด้วยเครื่อง DSC เป็นต้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แป้งข้าวเจ้า (มอก.638-2529) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ในการทดสอบแป้งข้าวเจ้านี้ มีสาระสำคัญบางประการ คือ แป้งข้าวเจ้าต้องเป็นผงละเอียดไม่จับกันเป็นก้อน ส่วนที่ค้างบนตะแกรง 180 ไมโครเมตร ต้องไม่เกินร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก ต้องมีสีขาวหรือขาวนวล มีกลิ่นตามธรรมชาติของแป้งข้าวเจ้า ไม่มีกลิ่นอับ หืน เหม็นเปรี้ยว หรือกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่นๆ ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเม็ดสตาร์ชข้าวเจ้ามีลักษณะเป็นรูปทรงหลายเหลี่ยม ขนาด 2 ถึง 9 ไมโครเมตร (อรอนงค์, 2547)

<u>แป้งมันสำปะหลัง</u> (Tapioca starch)

การที่หัวมันสำปะหลังมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก จึงทำให้สามารถสกัดสตาร์ชจากหัวมันสำปะหลังเพื่อนำไปใช้ เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่นทั้งที่ใช้เป็นอาหารและไม่ใช่อาหาร กระบวนการทำแป้งมันสำปะหลังแบบดั้งเดิมทำโดยนำหัวมันสำปะหลังที่ล้างสะอาดแล้วมาต้มในน้ำแล้วนำไปตากแดดจนแห้ง นำหัวมันสำปะหลังแห้งมาบดให้ละเอียด เป็นแป้งเพื่อทำผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆได้มากมายหลายรูปแบบ (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546) แป้งมันสำปะหลังจัดเป็นแป้งจากส่วนรากหรือส่วนลำต้น (pith) ซึ่งมีการพองตัวเพียงขั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า แป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลาติไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากธัญพืช (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) แป้งมันสำปะหลังมีอุณหภูมิในการเกิดเจล kofler gelatinization temperature range 59-64-69 เมื่อนำสตาร์ชไปต้มกับน้ำจะมีความข้นหนืด ลักษณะใส เหมาะที่จะนำไปทำเป็นอาหารหลายชนิด เช่นข้าวเกรียบกุ้ง ลอดช่องสิงคโปร์ น้ำราดหน้า ก๋วยเตี๋ยวราดหน้า ไส้ขนมต่างๆ ซุป พุดดิ้ง และน้ำสลัดเป็นต้น (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546)

คุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยากับน้ำเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการนำแป้งไปใช้ประโยชน์เม็ดแป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเมื่อได้รับความร้อน พลังงานความร้อนจะไปทำลายพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างของเม็ดแป้ง ทำให้โมเลกุลของน้ำสามารถเข้าไปจับกับหมู่ของไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระของเม็ดแป้งได้ เม็ดแป้งจะเริ่มพองขึ้น ซึ่งกำลังการพองตัวของเม็ดแป้งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของแป้ง ปริมาณและโครงสร้างของอะไมโลสและอะมิโลเพกทิน สารอื่นๆที่มีอยู่ในแป้ง เช่นไขมัน หมู่ฟอสเฟต เป็นต้น แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะมีกำลังการพองตัวต่ำกว่าแป้งที่มีอะไมโลสต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของอะไมโลสที่เป็นเส้นตรงจะทำให้เกิดพันธะระหว่างโมเลกุลได้ดี และอะไมโลสอาจจับตัวกับไขมันทำให้ขัดขวางการพองตัวของเม็ดแป้งได้ แป้งมันสำปะหลังจัดเป็นแป้งที่มีอะไมโลสต่ำ จึงมีกำลังการพองตัวที่ดี และมีค่า

ความสามารถในการละลายได้ซึ่งสัมพันธ์กับกำลังการพองตัวสูง โดยค่ากำลังการพองตัวซึ่งวัดได้จากน้ำหนักของเม็ดแป้งที่พองตัวอย่างอิสระในน้ำต่อน้ำหนักแห้งของแป้ง จะมีค่าประมาณ 50 และการละลายได้ประมาณ 35% ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่ามากกว่าแป้งข้าวโพด แต่ต่ำกว่าแป้งมันฝรั่ง ทั้งนี้เนื่องจากแป้งมันฝรั่งมีหมูฟอสเฟตที่สามารถแตกตัวและจับกับน้ำได้ดี จึงช่วยให้แป้งมันฝรั่งมีกำลังการพองตัวสูงมาก (>1,000) ในระหว่างที่ให้ความร้อนแก่เม็ดแป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ และเม็ดแป้งเริ่มดูดซึมน้ำจากภายนอกนั้นเม็ดแป้งจะเริ่มพองตัวพร้อมๆ กับที่เม็ดแป้งสูญเสียความสามารถในการบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ (birefringence) ลักษณะเช่นนี้จะทำให้การพองตัวของเม็ดแป้งเป็นแบบผันกลับไม่ได้และเม็ดแป้งเกิดเจลาติไนซ์ขึ้น แป้งแต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิเริ่มต้นและช่วงของอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์แตกต่างกัน ในกรณีของแป้งมันสำปะหลัง อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์จะอยู่ในช่วง 58-70 องศาเซลเซียส และพลังงานที่ใช้ในกระบวนการเจลาทิไนเซชันจะประมาณ 14-17 จูลต่อกรัม เมื่อวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Differential scanning Calorimetry โดยทั่วไปเมื่อเม็ดแป้งที่พองตัวได้รับความร้อน เม็ดแป้งจะเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพของแป้งเปียก (paste) ที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมาก และเมื่อแป้งเปียกเย็นลงจะเกิดเป็นเจลขึ้น อย่างไรก็ตามลักษณะความหนืดของแป้งเปียกและการเกิดเจลในแป้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ลักษณะความหนืดของแป้งมันสำปะหลังที่เปลี่ยนแปลงไปภายใต้สภาวะที่มีการเปลี่ยนอุณหภูมิและมีการกวนอยู่ตลอดเวลา สามารถตรวจสอบได้โดยใช้เครื่องวัดความหนืด Rapid Visco Analyzer หรือ Brabender Viscoamylograph แป้งมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อนจะมีค่ากำลังการพองตัวสูงจึงให้ความหนืดสูง (peak viscosity) แต่แป้งเปียกก็ยังคงได้รับความร้อนและแรงกลอย่างต่อเนื่องจะมีความหนืดลดลงอย่างรวดเร็ว (trough) ดังนั้นแป้งเปียกของแป้งมันสำปะหลังจะไม่คงตัวมากนัด (ค่า breakdown สูง) ซึ่งลักษณะเช่นนี้เป็นข้อจำกัดในการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารให้ความหนืดในผลิตภัณฑ์บางชนิด จึงจำเป็นต้องมีการดัดแปรแป้ง เพื่อเพิ่มความ คงตัวของแป้งเปียก เมื่อแป้งเปียกของแป้งมันสำปะหลังเย็นตัวลง ความหนืดจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (final viscosity) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีอะไมโลสค่อนข้างต่ำ ทำให้เกิดการจับกันของหมู่ไฮดรอก-ซิลของอะไมโลสในระหว่างเย็นตัวต่ำ (retrogadration) แป้งมันสำปะหลังจึงเป็นแป้งที่เกิดจากการคืนตัวต่ำ (ค่า setback ต่ำ) และให้ลักษณะของแป้งเปียกที่ใส ไม่ทึบแสงเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่น (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)

Hormdoka และ Noomhormb (2007) ศึกษาผลของการให้ความร้อนชื้นกับแป้งข้าวเจ้าต่อการปรับปรุงคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยนำแป้งที่มีตามท้องตลาดมาให้ความร้อน (annealing) ที่อุณหภูมิ 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8, 16 และ 24 ชั่วโมงตามลำดับ และให้ความร้อนชื้น (heat-moisture treatment) ด้วยเครื่อง autoclave ที่อุณหภูมิ 100, 105 และ 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0.5, 1 และ 1.5 ชั่วโมง ตามลำดับแล้วทำการวิเคราะห์ การเกิดเจลของแป้งข้าว กำลังการพองตัว การละลาย สมบัติการเป็น pasting และเนื้อสัมผัสของเจลก่อนนำมาทำเส้นก๋วยเตี๋ยว และอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้มีความชื้น 10-12 g /100 g ก่อนนำเส้นก๋วยเตี๋ยวไปวัด คุณภาพการทำสุก (cooking quality) และวัดลักษณะเนื้อสัมผัส จากผลการวิเคราะห์พบว่า การให้ความร้อนแบบ Annealing และการให้ความร้อนชื้นมีผลทำให้ค่า gel hardness ของแป้งข้าวสูงขึ้นและเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน โดยที่สมบัติเชิงกลของเจลแป้งจะขึ้นอยู่กับปริมาตรและความแข็งของเม็ดแป้งซึ่งจะสัมพันธ์กับการกระจายตัวและความต่อเนื่องภายในเฟสของเจล สิ่งเหล่านี้ได้รับผลกระทบโดยตรงจากการให้ความร้อนสูงอย่างฉับพลัน โดยการให้ความร้อนแบบ annealing เป็นสาเหตุให้โมเลกุลแป้งเกิดการเรียงลำดับใหม่และทำให้กำลังการพองตัวลดลง ปริมาตรเจลลดลงจึงเป็นสาเหตุให้

ค่า gel hardness เพิ่มขึ้น ส่วนผลของการให้ความร้อนชื้น พบว่า ความชื้นเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่า gel hardness โดยพบว่ามีค่าต่ำเมื่อแป้งมีความชื้นต่ำ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า gel hardness นั้นเกิดจากการเชื่อมข้ามระหว่างสายโมเลกุลอะไมโลสของแป้ง เกิดเป็น จุดเชื่อมต่อจำนวนมากในเฟสของเจล จึงทำให้ค่า gel hardness สูงขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นที่สูงและระดับของอุณหภูมิที่สูงก็มีอิทธิพลอย่างมากต่อการเคลื่อนที่ของสายพอลิเมอร์ โดยที่ความชื้นสูงๆและอุณหภูมิสูงมากๆ จะทำให้ค่า gel hardness ลดลงเนื่องจากความร้อนชื้นมีผลทำลายโครงสร้างของแป้ง ดังนั้นจึงพบว่าการให้ความร้อนแบบ Annealing ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง และการให้ความชื้น 20g/100g ร่วมกับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ค่า gel hardness สูงที่สุด ด้านสมบัติทางความร้อนของแป้งพบว่าการให้ความร้อนแบบ annealing และการให้ความร้อนชื้นด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้สมบัติทางความร้อนของแป้งข้าวสูงขึ้นด้วย แสดงให้เห็นว่า แป้งข้าวมีความคงตัวระหว่างการให้ความร้อนมากขึ้น โดยที่การให้ความร้อนชื้นมีผลทำให้ผลึกของแป้งไม่เป็นเนื้อเดียวกันเนื่องจากความร้อนชื้นมีผลทำให้เกิดการสร้างผลึกใหม่ของเจลแป้ง ด้านกำลังการพองตัว (swelling power) และความสามารถในการละลาย (solubility) พบว่าการให้ความร้อนทั้งสองแบบมีผลทำให้ค่าทั้งสองลดลง เนื่องจากโมเลกุลแป้งมีการจัดเรียงตัวกันใหม่ จึงมีข้อจำกัดในการละลายน้ำและกำลังการพองตัว เมื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพการทำสุก (cooking quality) พบว่าการให้ความร้อนชื้นมีผลทำให้ cooking loss และ ค่า rehydration ลดลง ในขณะที่ค่าคุณภาพเนื้อสัมผัส โดยเฉพาะ ค่าแรงดึง (tensile strength) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการให้ความร้อนชื้นกับแป้งข้าวมีค่าเพิ่มขึ้น ด้านความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวพบว่า ค่า hardness tensile strength มีความสัมพันธ์กับค่า gel hardness ในเชิงบวก กล่าวคือหากค่า hardness tensile strength สูงขึ้น ค่า gel hardness ก็จะมีค่าสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นการให้ความร้อนทั้งแบบ annealing และการให้ความร้อนชื้นกับแป้งก่อนการนำมาผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจึงเป็นการช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเจลแป้งให้ดีขึ้น

นฤวัจน์ และคณะ (2545) ศึกษาการวัดค่าคุณภาพเนื้อสัมผัสทางกลของเจลแป้งข้าวเจ้าและเจลแป้งมันสำปะหลังโดยการนำแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่มีตามท้องตลาดนำมาทำเป็นน้ำแป้งความเข้มข้น 40% (w/w) แล้วเทใส่แม่พิมพ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5, 2.0 และ 2.5 ซม.ตามลำดับ ก่อนทำการวิเคราะห์หาค่าความเค้นของแรงกดสูงสุด (maximum Stress) ค่าระดับการคืนตัวกลับ (degree of elasticity) ของเจลแป้ง และวิเคราะห์หาเค้าโครงคุณภาพเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis) ของเจลแป้ง ผลจากการวิเคราะห์พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางที่ต่างกันของแป้งแต่ละชนิดไม่มีผลต่อค่าความเค้นของแรงกดสูงสุด และพบว่าเจลแป้งข้าวเจ้ามีค่าความเค้นของแรงกดสูงสุดมากกว่าเจลแป้งมันสำปะหลังแสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวเจ้ามีความแข็งกว่าแป้งมันสำปะหลังและยังพบว่าเจลของแป้งข้าวเจ้ามีความแข็งแตกเปราะในขณะที่เจลแป้งมันสำปะหลังมีความเหนียวนุ่ม การที่แป้งทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกติน โดยที่ความยาวของอะไมโลสในเจลแป้งมันสำปะหลังจะมีมากกว่าเจลแป้งข้าวเจ้า การที่แป้งข้าวเจ้ามีสายอะไมโลสที่สั้นกว่าจะทำให้เจลแป้งเมื่อเย็นเกิดการ retrogradation ได้เร็วกว่า ทำให้เจลไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ดีจึงเกิดเจลแป้งที่มีลักษณะแข็งแตกเปราะง่าย ส่วนค่าระดับการคืนตัวกลับของเจลแป้ง พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของแป้งแต่ละชนิดให้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่าค่าระดับการคืนตัวกลับของเจลแป้งมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่าเจลแป้งข้าวเจ้าทั้งนี้เนื่องจากเจลแป้งข้าวเจ้ามีลักษณะที่แข็งแต่เปราะได้ง่าย ในขณะที่เจลแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะนุ่มกว่า จึงสามารถคืนสู่สภาพได้เร็วและดีกว่าแป้งข้าวเจ้า สำหรับ

ผลการวิเคราะห์หาเค้าโครงคุณภาพเนื้อสัมผัสของเจลแป้ง พบว่าเจลแป้งข้าวเจ้ามีค่าความแข็ง (hardness) และแรง ณ จุดแตกหัก (fracturability force) สูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง แต่จะมีค่าการเกาะตัวรวมกัน (cohesiveness) การเกาะติดผิว (adhesiveness) การคืนตัวกลับ (springiness) และความยากง่ายในการเคี้ยวแตกต่างกัน

การศึกษาของ Cham และ Suwannaporn (2010) เกี่ยวกับปัญหาของการใช้แป้งข้าวเจ้าในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวในระดับอุตสาหกรรม การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุคือศึกษาผลของการใช้ความร้อนในการปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้าเพื่อปรับปรุงเส้นก๋วยเตี๋ยว แป้งข้าวเจ้าที่มีอะไมโลสสูงใช้วิธีปรับปรุงในสภาวะที่มีความร้อนและความชื้น (heat-moisture treatment; HMT) และการหลอมเหลว (annealing; ANN) ใช้การวิเคราะห์แบบ Response surface methodology (RSM) โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ face-centered central composite design (FCCD) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า ปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ ปริมาณความชื้น อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน ทำการวัดค่าทางรีโอโลจี (rheology) และลักษณะทางเนื้อสัมผัสของเจลแป้งข้าวเจ้า พบว่าเมื่อใช้การปรับปรุงด้วยวิธี HMT ความเหมาะสมเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นและอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น แต่เวลาในการให้ความร้อนไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนวิธี ANN แสดงให้เห็นว่ามีความเหมาะสมน้อยกว่าการใช้วิธี HMT ในทุกปัจจัย ส่วนคุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

ปริศนา และกมลพรรณ (2546) ศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวเจ้าและน้ำต่อคุณภาพของบะหมี่สดที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลี โดยการผสมแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วนร้อยละ 20, 30, 40 และ 50 เพื่อผลิตเส้นบะหมี่ ให้มีความชื้นร้อยละ 12.6 และ 12.5 จากนั้นทำการวิเคราะห์ ลักษณะเนื้อสัมผัส และค่าสี ผลจากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าและน้ำ ทำให้ค่าระยะทางสูงสุดลดลงเนื่องจากการเพิ่มแป้งข้าวเจ้ามากขึ้นแป้งสาลีลดลงทำให้ปริมาณกลูเตนลดลง เส้นบะหมี่จึงขาดความแข็งแรง ส่วนค่าความสว่างของบะหมี่จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนที่อยู่ในแป้งสาลี โดยการสะท้อนแสงของบะหมี่จะลดลงเมื่อปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีสูงขึ้น จากการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าจะส่งผลให้บะหมี่มีความสว่าง (L*) และมีความเป็นสีเขียว (a*) มากขึ้น เนื่องจากปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่มากขึ้นทำให้ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีลดลง จึงทำให้บะหมี่มีความสว่างมากขึ้น และพบว่าสูตรที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีคือ สูตรที่ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 20-30 และน้ำร้อยละ 44-45 จะได้บะหมี่ที่มีคุณภาพไม่แตกต่างจากบะหมี่แป้งสาลี

พิมพ์เพ็ญ และคณะ (2533) ศึกษาผลของการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยผสมแป้งมันสำปะหลังในแป้งข้าวเจ้าด้วยอัตราส่วน 0, 10, 20 และ 40 (น้ำหนักแห้ง) ผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 11 ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า พบว่าส่วนประกอบหลักของแป้งทั้งสองคือ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 87.70 และ 87.77 ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ โดยผลการวิเคราะห์ดัชนีการดูดน้ำพบว่า แป้งมันสำปะหลังสามารถดูดน้ำได้ 1.85 เท่า ของน้ำหนักแป้ง (น้ำหนักแห้ง) ส่วนแป้งข้าวเจ้าสามารถดูดน้ำได้มากกว่า คือ 2.38 เท่า เมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังกับแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วนที่สูงขึ้น มีผลทำให้การดูดน้ำของแป้งผสมน้อยลง ส่วนการละลายน้ำพบว่าแป้งข้าวเจ้าละลายน้ำได้ร้อยละ 0.68 ซึ่งมากกว่าแป้งมันสำปะหลังเมื่อผสมแป้งทั้งสองเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่สูงขึ้นจะทำให้ดัชนีการละลายน้ำของแป้งผสมลดลง ด้าวความ คงตัวของเจลพบว่าแป้งมันสำปะหลังมีความคงตัวของเจลมากกว่า แต่เมื่อผสมแป้งทั้งสองเข้าด้วยกันจะทำให้เจลแป้งผสมมีความอ่อนตัวลง ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลง

ความหนืดของแป้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 8 พบว่าแป้งมันสำปะหลังมีความหนืดสูงที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งแป้งข้าวเจ้า หรืออีกนัยหนึ่งคือสุกเร็วกว่า แต่ผลึกแป้งมันสำปะหลังจะถูกทำลายได้ง่ายกว่าแป้งข้าวเจ้าเมื่อให้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน และการ คืนตัวของเจลแป้งมันสำปะหลังหลังลดอุณหภูมิลงมีค่าติดลบในขณะที่แป้งข้าวเจ้ามีค่าสูง ผลจากการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการผสมแป้งมันสำปะหลังพบว่า การเติมแป้งมันสำปะหลังในอัตราร้อยละ 10 และ 20 จะช่วยลดความแข็งกระด้าง การแตกปริของเส้นก๋วยเตี๋ยวลงได้ และทำให้เส้นมีความเหนียวนุ่ม เรียบเนียน แต่หากเติมมากกว่าร้อยละ 20 จะทำให้เกิดยางเมือกบริเวณผิวหน้าแผ่นก๋วยเตี๋ยว เหนียว ยืดตามแรงดึง ใส เมื่อวางซ้อนกันจะติดกัน ดังนั้นที่ระดับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 20 จึงเหมาะสมที่สุด ส่วนดัชนีการดูดน้ำของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งผสมทำให้อัตราการดูดน้ำลดลง เนื่องจากเม็ดแป้งข้าวเจ้ามีการแตกตัวน้อยกว่าแป้งมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อนระหว่างการนึ่งเม็ดแป้งจึงมีความสามารถในการดูดน้ำได้ดีกว่า ก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้ามีการดูดน้ำลดลงมีผลดีคือ ทำให้ก๋วยเตี๋ยวอืดน้อยลง ด้านผลการวิเคราะห์การสูญเสียเนื้อแป้งขณะหุงต้มพบว่าก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งผสม มีอัตราการสูญเสียเนื้อแป้งระหว่างการหุงต้มลดลง เมื่ออัตราการผสมสูงขึ้น

นงนุช และคณะ (2545) ทำการศึกษาคุณสมบัติเนื้อสัมผัสทางกลของเส้นก๋วยเตี๋ยวไทยที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันสำปะหลัง โดยทำการผสมแป้งมันสำปะหลังในปริมาณ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ตามลำดับ พบว่า การเติมแป้งมันสำปะหลังถึงร้อยละ 20 มีผลทำให้ค่าความเค้น ค่าร้อยละของการยืดตัว และงานทั้งหมดที่ได้จากกการวัดค่าแรงดึงและการแตกหักไม่แตกต่างจากเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่มีการเติมแป้งมันสำปะหลัง ส่วนการเติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับร้อยละ 30-40 จะมีผลทำให้การวัดค่าแรงดึง และการแตกหักของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าความเค้นสูงสุดและงานที่ได้มีค่าลดลง แต่จะมีค่าร้อยละของการยืดตัวเพิ่มขึ้น โดยในขณะที่ทำการวัดค่าแรงดึงก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 100 จะมีการฉีกขาดหรือ แตกหักเป็นสองส่วนทันที ส่วนเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 40 เส้นก๋วยเตี๋ยวจะมีการทนต่อแรงดึง และแรงฉีกขาดต่อไปได้อีกระยะหนึ่งจึงเป็นการชี้ให้เห็นว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 100 จะมีความแข็งแตกเปราะง่าย ในขณะที่เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 30-40 จะทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีความนุ่ม และเหนียวมากขึ้น

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids)

ไฮโดรคอลลอยด์คือสารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์กัม (polysaccharide gum) เป็นพอลิ-เมอร์จากการที่มีโมเลกุลเดี่ยวๆมาต่อกัน ทำให้มีโมเลกุลใหญ่สายยาว เมื่อนำไปละลายน้ำจะได้สารละลายที่มีความหนืดสูง ดังนั้นจึงนิยมใช้สารไฮดดรคอลลอยด์เป็นสารเพิ่มความหนืดและเพิ่มความคงตัวในอาหารต่างๆ (นิธิยา, 2545) หรือไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) คือ โพลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ รวมถึงโพลิเมอร์ดัดแปรจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ โดยทั่วไปจะเป็นโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซี่ (-OH) และอาจจะเป็น polyelectrolyte อื่นๆ โพลิเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นอิมัลซีไฟเออร์ (emulsifier) และเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัว เป็นต้น ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มตามแหล่งที่มา ได้แก่

1.ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากธรรมชาติ (natural hydrocolloids) ซึ่งได้จากส่วนต่างๆของพืช ได้แก่เมล็ด ยาง เช่น โลคัสบีนกัม (locust bean gum) กัมอาราบิก (gum arabic) ราก ลำต้น เช่น แป้ง

หรือได้จากสาหร่ายทะเล เช่น คาร์ราจีแนน (carrageenan) หรือได้มาจากสัตว์ เช่น ไคติน (chitin) หรือจากกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม (xanthan gum)

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

3.ไฮโดรคอลลอยด์สังเคราะห์ (synthetic hydrocolloids) เช่น โพลีเอธิลีนออกไซด์โพลีเมอร์ (polyethylene oxide polymers) (ดุษฎี และน้องนุช, 2548)

สมบัติทั่วไปของไฮโดรคอลลอยด์

1. การกระจายตัวในน้ำ (Dispersibility water) ไฮโดรคอลลอยด์ส่วนใหญ่ละลายได้ดีในน้ำร้อน มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่ละลายได้ในน้ำเย็น และบางชนิดละลายได้บ้างในสารละลายอินทรีย์ การที่ไฮโดร-คอลลอยด์มีความสามารถหรือกระจายตัวได้ในน้ำผันแปรแตกต่างกันเรียกว่า degree of solubility ซึ่งปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องคือ อุณหภูมิและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์

2. ความหนืด (Viscosity) พอลิแซ็กคาไรด์เมื่อละลายในน้ำ จะได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น และสารละลายของกัมแต่ละชนิดจะมีความหนืดที่แตกต่างกัน ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายกัมได้แก่ ธรรมชาติของพอลิแซ็กคาไรด์ อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ละลาย ความเข้มข้นของสารละลาย สารละลายกัมแต่ละชนิดจะให้ความหนืดสูงสุดที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

3. การเกิดเจล (Gel formation) พอลิแซ็กคาไรด์บางชนิด สามารถเกิดเจลได้ภายใต้ภาวะที่เหมาะสม เช่น เพกตินจะเกิดเจลได้ดีในน้ำร้อนที่มีน้ำตาล และกรด จึงนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมผลิตแยมและเจลลี ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อเรียบ และเป็นเจลที่แผ่ออกได้ สำหรับเพกตินที่มีหมู่เมทอกซิลน้อยจะเกิดเจลได้ดีเมื่อมีแคลเซียมและไม่มีน้ำตาล เป็นต้น (นิธิยา, 2545)

คาร์ราจีแนน (carrageenan)

คาร์ราจีแนนเป็นสารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) ซึ่งชนิดที่ใช้ผลิตเป็นทางการค้า ได้แก่ *Euchema cottonii* และ *E. spinosum* มีโครงสร้างหลักเป็น galactose เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ glycosidic linkage และเป็น sulphated polysaccharides ซึ่งคาร์ราจีแนนยังแบ่งเป็นกลุ่มย่อยอีกหลายชนิดตามจำนวนและตำแหน่งของกลุ่ม ester sulphate และจำนวน 3,6 anhydro-D-galactose (3,6-AG) ได้แก่ Kappa, Iota และ Lambda ซึ่ง carrageenan ทั้ง 3 ชนิดนี้ ประกอบด้วยโครงสร้างของโพลี-แซคคาไรด์หลักที่ซ้ำๆ กันหลายหน่วย

Kappa carrageenan ประกอบด้วย 1,3-linked galactoside มีกลุ่ม sulphate ที่ตำแหน่งที่ 4 และ1,4-linked 3,6anhydro-D-galactose (3,6-AG) โดยมีสารตั้งต้นเป็น mu-carrageenan ถ้ามีปริมาณ anhydride จากการปิดวงเป็น 3,6 anhydride มากถึง 28-35% จะมีผลทำให้ไวต่อโปแตสเซียมและมีความสามารถในการเกิดเจล ถึงแม้จะมีการดัดแปรให้มี 3,6-AG สูงที่สุด แต่อาจจะมีความแตกต่างกันที่จำนวนของ sulphate ที่ตำแหน่งที่ 4 ใน 1,3-linked galactoside และกลุ่ม sulphateที่ตำแหน่งที่ 2 หรือ 6 ใน 1,4-linked galactoside จะทำให้คาร์ราจีแนนชนิด kappa มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป Iota carrageenan ประกอบด้วย 1,3-linked galactose มีกลุ่ม sulphate ที่ตำแหน่งที่ 4 และ 1,4-linked 3,6-AG มีกลุ่ม sulphate ที่ตำแหน่งที่ 2 มีสารตั้งต้นเป็น nu-carrageenan ความแตกต่างระหว่าง anhydride ในคาร์ราจีแนนชนิดkappa และ iota คือ จำนวนกลุ่ม sulphate ที่ตำแหน่ง

ที่ 2 ใน 1,4-linked galactoside ของ Iota จะมีมากกว่า kappa ประมาณ 25-50% ความไวต่อโปแตสเซียมลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้ได้เจลที่อ่อนนุ่ม แต่ถ้ามี sulphate ที่ตำแหน่งที่ 2 มากถึง 80% จะไวต่อแคลเซียม Lambda carrageenan ประกอบด้วย 1,3-linked galactose ซึ่งมีกลุ่ม sulphate ที่ตำแหน่งที่ 2 ประมาณ 70% และ 1,4-linked galactose มีกลุ่ม sulphate ที่ตำแหน่งที่ 6 ซึ่งcarrageenan ชนิดนี้จะไม่เกิดการปิดวงเป็น 3,6AG จึงมีผลทำให้ไม่มีคุณสมบัติในการเกิดเจล (Whistler and Bemiller, 1993 และ Phillips and Williams, 2000)

คาร์ราจีแนนทุกชนิดละลายได้ในน้ำร้อน ถ้าเป็นเกลือ sodium ของ Carrageenan ชนิด Kappaและ Iota จะสามารถละลายได้ในน้ำเย็น ในขณะที่เกลือของอิออนชนิดอื่นๆ เช่นโปแตสเซียมหรือแคลเซียม ไม่สามารถละลายได้อย่างสมบูรส่วน Carrageenan ชนิด lambda จะละลายได้ในน้ำเย็นโดยไม่ขึ้นกับชนิดของอิออน ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการละลายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ Carrageenan และอิออนที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่คาร์ราจีแนนชนิด Kappa และ Iota ต้องใช้อุณหภูมิในการละลายมากกว่า70 องศาเซลเซียส นอกจากนี้คาร์ราจีแนนทุกชนิดจะไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ แต่สามารถละลายในน้ำ คาร์ราจีแนนชนิด Kappa และ Iota มีความสามารถที่จะเกิดเจลได้เมื่อสารละลายของคาร์ราจีแนนเย็นตัวลง ซึ่งเจลเหล่านี้จะเป็น thermoreversible aqueous gel คือ สามารถที่จะละลายเมื่อได้รับความร้อนและเกิดเจลอีกครั้งเมื่อเย็นตัวลง

ในการนำคาร์ราจีแนนไปใช้ในอุตสาหกรรมต้องคำนึงถึง Ionic content ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ด้วย เช่น ใช้คาร์ราจีแนนผสมลงในอาหารที่มีโปรตีน หมู่ซัลเฟตในโมเลกุลของคาร์ราจีแนน จะทำปฏิกิริยากับหมู่ที่มีประจุในโมเลกุลของโปรตีนได้ ได้แก่ การนำ Carrageenan ไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์นม เช่น Calcium fortified milk, Chocolate milk, Mousse, Pudding และ Ice cream ซึ่งจะเติมคาร์ราจีแนนลงในส่วนผสมของไอศกรีมเพื่อเป็นสารเพิ่มความคงตัว ช่วยให้ส่วนผสมของไอศกรีมผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่าย และไม่มีส่วนที่เป็นของเหลวแยกตัวออกมา (whey off) ระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณคาร์ราจีแนนที่ใช้ประมาณ 0.01-0.02 % ของส่วนผสมทั้งหมด นอกจากนี้ยังนำไปใช้ใน Water-based food systemsเช่น Fruits in gel, Fruit beverages, Pie filling และ Surimi เป็นต้น (ดุษฎี และน้องนุช, 2548)

สมบัติของคาร์ราจีแนนจะขึ้นอยู่กับประจุลบของหมู่ซัลเฟตที่มีอยู่ในโมเลกุลเป็นสำคัญและยังแตกต่างกันในแต่ละชนิดของคาร์ราจีแนนด้วย ทำให้มีสมบัติเด่นในการเกิดปฏิกิริยากับโปรตีน ทำให้คาร์ราจีแนนสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับอาหารที่มีน้ำนมเป็นส่วนผสมได้ คาร์ราจีแนนจะละลายได้ดีและมีความคงตัวที่พีเอชสูงกว่า 7 ถ้าพีเอชต่ำกว่า 7 ความคงตัวจะลดลงโดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นในสภาวะที่มีน้ำตาลความเข้มข้นสูงปนอยู่ในสารละลายด้วยทั้งแคปปา-และแลมบ์ดา-คาร์ราจีแนน จะยังคงละลายได้ดีเมื่อรับความร้อนเพียงพอ แต่ไอโอตาจะละลายหรือกระจายตัวได้น้อยกว่าสองชนิดแรก คาร์ราจีแนนแต่ละตัวมีสมบัติในการเกิดเจลแตกต่างกัน สำหรับแคปปา-และแลมบ์ดา-คาร์ราจีแนน จะเกิดเจลแบบ thermo-reversible โดยมีกลไกการเกิดเป็น double-helix carrageenaa polymer การใช้คาร์ราจีแนนผสมในอาหารที่มีโปรตีน หมู่ซัลเฟตในโมเลกุลของคาร์ราจีแนนจะทำปฏิกิริยากับหมู่ที่มีประจุในโมเลกุลของโปรตีนได้ ดังนั้นจึงนำคาร์ราจีแนนไปใช้ประโยชน์กับผลิตภัณฑ์นม เช่น การเติมคาร์ราจีแนนลงในส่วนผลมของไอศกรีมเพื่อเพิ่มความคงตัว ช่วยให้ส่วนผสมของไอศกรีมผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่าย และมีม่ส่วนที่เป็นของเหลวแยกตัวออกระหว่างการเก็บรักษา ประมาณคาร์ราจีแนนที่ใช้ประมาณร้อยละ 0.01-0.02 ของส่วนผสมทั้งหมด (นิธิยา, 2545)

อัลจิเนต (Alginate)

อัลจิเนตหรืออัลจินเป็นสารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล (Phaeophyceae) ในการผลิตอัลจิเนตเป็นอุตสาหกรรมสาหร่ายทะเลที่ใช้ ได้แก่ *Macrocystis pyrifera* มีอัลจินประมาณร้อยละ 14-19 *Laminaria cloustoni* และ *Laminaria digitata* มีอัลจินประมาณร้อยละ 15-40 ปริมาณที่พบจะขึ้นกับชนิดของสาหร่าย ฤดูกาล และแหล่งที่สาหร่ายเจริญเติบโต สาหร่ายเหล่านี้พบได้ทั่ว ๆไปในโลก ประเทศที่ผลิตอัลจิเนตมาก คือ อเมริกา อังกฤษ ฝรั่งเศส สเปน นอร์เวย์ แคนนาดา และญี่ปุ่นอัลจิเนตเป็น unbranched binary copolymer ของ 1,4- β-D-manuronic acid (M) และ L-guluronic acid (G) ในโมเลกุลประกอบด้วย homopolymeric regions ของ G และ M ที่เรียกว่า G- และ M-blocks ตามลำดับและยังมีบางส่วนของโมเลกุลเป็น MG-blocks สัดส่วนของ copolymer และโครงสร้างเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดสมบัติของอัลจิเนต เช่น ถ้าโพลีเมอร์มี G ในปริมาณที่สูงจะมีสมบัติเป็นเจลที่แข็งที่ความเข้มข้นของโลหะประจุบวกเฉพาะ (polyvalent metal cation) แต่ถ้า โพลิเมอร์มี M ปริมาณสูงจะมีแนวโน้มที่จะเกิดเจลที่อ่อนนุ่ม และมีสภาวะในการเกิดเจลที่กว้างกว่า อัลจิเนตที่ผลิตจำหน่ายเป็นการค้ามีหลายอนุพันธ์จึงมีสมบัติการละลายในน้ำที่แตกต่างกัน เช่น อนุพันธ์ของเกลือ Ca^{2+}, K^{+}, Na^{+}, NH_4^{+} และยังผลิตในรูปของ propylene glycol alginate ซึ่งได้จากปฏิกิริยาของ alginic acid กับ propylene oxide ภายใต้ความดัน อนุพันธ์เหล่านี้จะละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ความหนืดของสารละลายอัลจิเนตที่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเข้มข้น น้ำหนักโมเลกุล และการมีโลหะประจุบวกอัลจิเนตไม่ทุกชนิดมีคุณสมบัติเป็นเจลและจะเกิดเจลได้เมื่อทำปฏิกิริยากับ Ca^{2+} โครงสร้าง ของเจลมีลักษณะคล้ายกล่องไข่ (egg box) โดยมี Ca^{2+} เกาะอยู่กับสายโพลิเมอร์ดังภาพที่ 3 คุณสมบัติที่ดีของอัลจิเนตคือ ทำให้เกิดIrreversible gel ในน้ำเย็นเมื่อมี Ca^{2+} รวมอยู่ด้วย ซึ่งคุณสมบัติในการเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำนี้ทำให้อัลจิเนต แตกต่างจากไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากสาหร่ายสีแดง (Phillips and Williams, 2000)

เนื่องจากอัลจิเนตที่ผลิตจำหน่ายทางการค้ามีหลายอนุพันธ์ จึงมีคุณสมบัติในการละลายได้ในน้ำแตกต่างกัน เช่น อนุพันธ์องเกลือแคลเซียม โพแทสเซียม แอมโมเนีย แลโพรพิลีนไกลคอลเอสเทอร์ อนุพันธ์เหล่านี้จะละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ความหนืดของสารละลายที่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเข้มข้น น้ำหนักโมเลกุลของอัลจิเนตพอลิเมอร์ และการมีโลหะประจุบวก (polyvalent metal cation) สำหรับพีเอชช่วง 4-10 จะไม่มีผลต่อความหนืดของสารละลายอัลจิเนต แต่ถ้าพีเอชต่ำกว่า 4 จะมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการกระจายตัวลดลงและอาจมีการตกตะกอนของกรดอัลจิเนตด้วย (นิธิยา, 2545)

อัลจิเนตถูกนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดตั้งแต่ปี ค.ศ. 1920 โดยเติมในอาหารกระป๋องบางชนิด ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว ทำให้อิมัลชันคงตัว สารทำให้เกิดเจล และสารยับยั้งการเกิด syneresis (ดุษฎี และน้องนุช, 2548)

อัลจิเนตถูกนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ใช้เติมในอาหารกระป๋องบางชนิด และใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว สารที่ทำให้อิมัลชันคงตัว สารทำให้เกิดเจลและสารยับยั้งการเกิดซินเนอรีซิส เช่น โพรพีลีนไกลคอนอัลจิเนตใช้เป็นส่วนผสมในน้ำสลัด จะทำหน้าที่ช่วยให้อิมัลชันคงตัว โซเดียมอัลจิเนตใช้เป็นส่วนผสมในไส้พายมะนาวที่แช่เย็น เพื่อให้เกิดความคงตัวระหว่าง freeze-thaw นอกจากนั้นอัลจิเนตยังช่วยเคลือบผิวชิ้นเนื้อปลาก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด freezer burn กับชิ้นเนื้อปลาอัลจิเนตใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีม ขนมหวานแช่เยือกแข็ง น้ำสลัด และใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับโฟม (นิธิยา, 2545)

กัวร์กัม (Guar gum)

กัวร์กัมได้จาก endosperm ของเมล็ดต้น guar (*Cyamopsis tetragonolobus*) มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดียและปากีสถาน ปัจจุบันมีปลูกในรัฐเทกซัส สหรัฐอเมริกา โครงสร้างของกัวร์กัมเป็นโพลิเมอร์สายยาวของ mannose ที่ต่อกันด้วยพันธะ1,4 และมีกิ่งแขนงของ galactose โดยทุกๆ 2 โมเลกุลของ mannose ต่อกับ 1 โมเลกุลของ galactose ด้วยพันธะ 1,6 ทำให้อัตราส่วนของ mannose ต่อ glucose เป็น 2:1 ซึ่งแสดงว่า Guar gum มีกิ่งแขนงของ galactose มากกว่า locust bean gum กัวร์กัมมีสมบัติเป็น non-gelling แต่กระจายตัวและอุ้มน้ำได้ดีในน้ำเย็น จึงใช้ทำหน้าที่หลักเป็นสารเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัวและอุ้มน้ำ สามารถเกิดปฏิกิริยากับ Xanthan gum ทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลายกัวร์กัมขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ pH เวลา ความเข้มข้น และขนาดของอนุภาคด้วย กัวร์กัมเป็น non-ionic และทนต่อ pH ช่วงกว้างตั้งแต่ 4-10 ทำให้สามารถเติมอิเลคโตรไลต์ได้เป็นจำนวนมาก แต่ถ้ามีความเข้มข้นของอิเลคโตไลต์สูงกว่า 5% จะมีผลต่อการอุ้มน้ำและเกิดเจล Guar gum มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงสุดที่ pH 7.5-9.0 ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำกัวร์กัมไปใช้ ได้แก่ ขนมหวาน ซอส ซุป ไอศกรีม น้ำสลัด ซุปผง และใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเกรวี (Whistler and Bemiller, 1993)

กัวร์กัมไม่สามารถเป็นเจลได้ แต่อุ้มน้ำและกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง และจะให้ความหนืดสูงสุดภายหลังเวลานาน 2 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะอุ้มน้ำได้ดีมากขึ้นและมีความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย จึงใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว และช่วยอุ้มน้ำ เมื่อใช้ร่วมกับแซนแทนกัมจะทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลายกัวร์กัมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ พีเอช เวลา ความเข้มข้น การคน และขนาดของอนุภาค เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลายกัวร์กัมจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากกัวร์กัมไม่แตกตัวเป็นไอออนและทนต่อพีเอชได้ช่วงกว้าง คือ พีเอช 4-10 โดยที่ความหนืดไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถเติมอิเล็กโทรไลต์ได้เป็นจำนวน แต่ถ้ามีความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์สูงกว่าร้อยละ 5 จะมีผลต่อการเกิดเจลและการอุ้มน้ำ กัวร์กัมมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงสุดที่พีเอช 7.5-9.0 ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้กัวร์กัม ได้แก่ ขนมหวาน ซอส ซุป ไอศกรีม น้ำสลัด ผลิตภัณฑ์ขนมอบ และใช้เป็นส่วนผสมของ เกรวี น้ำสลัด และซุปที่อยู่ในรูปผง (นิธิยา, 2545)

แซนแทนกัม (Xanthan gum)

แซนแทนกัม เป็น gum ที่ได้โดยการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ คือ *Xanthomonas campestris* หลังจากกระบวนการหมักแล้วจะนำมาตกตะกอนด้วย isopropyl alcohol แยกเอาแซนแทนกัมออกมาทำให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด แซนแทนกัมหรือเรียกชื่อทางการค้าว่า Keltol มีโครงสร้างเป็น heteropolysaccahride ที่ประกอบด้วย glucose, mannose และ glucuronic acid ในอัตราส่วน 2.8:3:2 มีหมู่ acetyl ประมาณ 4.7% และ pyruvic acid ประมาณ 3 % โดย glucose ต่อกับ mannose ด้วยพันธะ β-1,4 และ mannose ที่เป็นสายแขนงต่อกับสายหลักด้วยพันธะ 1,2 หรือ 1,3 ส่วน glucuronic acid ต่อด้วยพันธะ β-1,2 แซนแทนกัมไม่มีคุณสมบัติเป็น gelling agent แต่สามารถเกิด elastic themoreversible gel ได้เมื่อรวมกับ Locust bean gum และเมื่อรวมกับ Guar gum จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูง (Phillips and Williams, 2000 และ Imeson, 1997)

แซนแทนกัมละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและ pH ความหนืดของสารละลายแซนแทนกัมจะคงที่ถึงแม้

อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100°C หรือ pH จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-13 ก็ตาม นอกจากนั้น สารละลายแซนแทนกัมยังมีคุณสมบัติเป็น pseudoplastic ซึ่งมีความสำคัญต่อกลิ่น ลักษณะปรากฏ และความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปาก (mouthfeel) แซนแทนกัมใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืดเพิ่มความคงตัวและทำให้อนุภาคแขวนลอยได้ดี เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีม ถ้านำแซนแทนกัมมาผสมกับ Locust bean gum จะนิยมนำมาใช้กับอาหารประเภทขนมหวาน ซอสมะเขือเทศสำหรับ พิซซ่า ไส้ขนมอบ และไส้พาย เป็นต้น นอกจากนั้นยังผสมกับทั้ง Locust bean gum และ Guar gum ในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความข้นหนืดและคุณสมบัติเฉพาะตามความต้องการสำหรับอาหารชนิดหนึ่งๆ เช่น ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภท frozen desserts, pasteurized, pasteurized process cheese spread, cottage cheese, salad dressing , sour cream และ fruit syrups เป็นต้น (ดุษฎี และน้องนุช, 2548)

ในสภาวะที่เป็นกรด แซนแทนกัมสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีน ทำให้เกิดตารตกตะกอนทั้งชนิดตะกอนนอนก้น และ/หรือตะกอนแขวนลอย อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาระหว่างแซนแทนกัมกับโปรตีนในสภาวะที่เป็นกรดสามารถควบคุมได้ โดยการเติมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส ส่วนผสมของแซนแทนกัมและคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส จะใช้กับเครื่องดื่มที่มีเนื้อผลไม้ topping และน้ำเชื่อม เพื่อให้ได้ความข้นหนืดและมีอนุภาคแขวนลอยได้ตามที่ต้องการ ส่วนผสมของแซนแทนกัมกับ Locust bean gum ที่มีคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสผสมอยู่ด้วยจะใช้กับ acidified milk gel และ acidified yogurt (นิธิยา, 2545)

การประยุกต์ใช้แซนแทนกัมมีการนำมาใช้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น เนย ขนมอบ เบเกอรี่ และไส้พาย ซึ่งการเติมแซนแทนกัมในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เติมไปช่วยทั้งในเบเกอรี่ที่ผ่านกระบวนการร้อนและเย็น และไส้พายผลไม้ ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสและญเสียกลิ่นรส ประโยชน์ในการเติมลงไปในครีมและฟิลลิ่งผลไม้ช่วยให้เกิดความคงตัวระกว่างการเก็บ ความคงตัวระหว่างการละลายและแช่แข็ง และควบคุมการสูญเสียน้ำ ผลิตภัณฑ์นม มีการผสมแซนแทนกัม คาร์ราจีแนน และกาแลคโตแมนแนน เพื่อเป็นสารให้ความคงตัวระหว่างนมที่แช่แข็งและแช่เย็น เช่น ไอศกรีม เชอเบท ครียมเปรี้ยว วิปปิ้งครีมสเตอไรซ์ และนมผสม การผสมเพื่อรักษาความหนืดให้เหมาะสม ช่วยให้คงตัวนาน ปรับปรุงการส่งผ่านความร้อนระหว่างการแปรรูป ป้องกันการเกิด heat shock และควบคุมการเกิดผลึกน้ำแข็ง น้องจากนี้ยังมีการนำมาใช้เป็นน้ำราดหรือซอสราด (dresssings) โดยแซนแทนกัมสามารถช่วยเพิ่มความคงตัว ช่วยให้ความหนืดคงที่เมื่ออยู่ในช่วงอุณหภูมิกว้าง และมีการนำแซนแทนกัมมาใช้ในการผสมแห้ง เช่นเมื่อใช้ในการผสมแห้งเครื่องดื่ม แซนแทนกัมสามารถปรับปรุงลักษณะและคุณภาพในการดื่ม การเติมลงไปเพื่อช่วยให้เนื้อผลไม้เกิดการแขวนลอยในเครื่องดื่ม เพื่ออปรับปรุงการยอมรับและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และยังมีการนำมาใช้ในอาหารแช่แข็ง โดยเพิ่มความคงตัว ควบคุมการสูญเสียน้ำ ทำให้ความหนืดคงที่ระหว่างเข้าสู่รอบการแช่แข็งและละลายและการให้ความร้อน ในผลิตภัณฑ์หลายอย่าง คือ ทอปปิ้ง ซอส เนย เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรีทอร์ท ไซรัป ซอส เกรวี่ และทอปปิ้งต่างๆ เป็นต้น (Phillip and Williams, 2000)

ผงบุก (Konjac Glucomannan)

บุกเป็นพืชหัวไม้เนื้ออ่อนล้มลุกอยู่ในวงศ์บุกบอน (Araceae) สกุลบุก (*Amorphophallus*) เริ่มเป็นที่รู้จักเมื่อประมาณ 100 กว่าปีมาแล้วโดยนักพฤกษศาสตร์ชาวอิตาลี Odoardo Beccari ได้ค้นพบพืชในสกุลบุกชนิดหนึ่งคือ *Amorphophallus titanum* (Becc.) Becc.Ex Arcang.ในป่าของประเทศอินโดนีเซียด้วยขนาดดอกที่ใหญ่มหึมาและลักษณะรูปพรรณสัณฐานสีสรรสวยงามแปลกตาได้ปลุกเร้าความสนใจของนักพฤกษศาสตร์และคนทั่วไปให้หันมาศึกษาค้นคว้าและให้ความสำคัญกับพืชนี้มากขึ้น

ในหัวบุกมีส่วนประกอบสำคัญคือกลูโคแมนแนน (Glucomannan) ซึ่งเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรทที่ประกอบด้วยกลูโคสแมนโนสและฟรุคโตสโดยมีอัตราส่วนของกลูโคสและแมนโนส 2:3 ซึ่งเมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายข้นหนืดและสามารถเกิดเจลได้เมื่อใช้ร่วมกับสารละลายด่างหรือสารไฮโดรคอลลอยด์บางชนิดสามารถนำไปแปรรูปเป็นอาหารได้หลายประเภท ซึ่งสารประกอบในหัวบุกไม่มีคุณค่าในการให้พลังงานแก่ร่างกายเนื่องจากไม่มีการย่อยสลายเป็นน้ำตาล นอกจากนี้สารประกอบในหัวบุกมีลักษณะเป็นผงเมื่ออยู่ในสภาพแห้งและเมื่อผสมกับน้ำที่อุณหภูมิห้องจะขยายตัวเพิ่มขึ้น 30-40 เท่าโดยปริมาตรในช่วงเวลาเพียง 20-30 นาทีและมีความคงตัวอยู่ได้นานกว่า 36ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (ทิพวัลย์, 2548)

ผงบุกเป็นสารที่มีประโยชน์ในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (Functional food) มีคุณสมบัติในการควบคุมความดันโลหิตสูง โคเลสเตอรอล และลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกลูโคแมนแนน ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในเชิงที่สามารถลดระดับคลอเรสเตอรอลและความดันโลหิตสูงบำบัดอาการท้องผูก และสามารถใช้เป็นสารควบคุมน้ำหนักได้ เนื่องจากโครงสร้างของกลูโคสและแมนโนสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า 1,4 ไกลโคซิดิค ทำให้เอนไซม์ในร่างกายไม่สามารถย่อยสลายได้จึงไม่ให้พลังงานแก่ผู้บริโภค นอกจากนี้ยังมีการใช้แป้งบุกเป็นสารเพิ่มความหนืดและสารทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆผงบุกนำมาใช้ครั้งแรกเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (Food Additives) ประเภทอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) ที่ยุโรปและสหรัฐอเมริกาโครงสร้างของคอนยักกลูโคแมนแนนประกอบด้วยแมนโนส (mannose) และกลูโคส (glucose) ในอัตราส่วนประมาณ 1.6:1 และมีหมู่แอซีทิล (acetyl groups) อยู่ประมาณ 5-10% ของสายคอนยักกลูโค-แมนแนนและสามารถเกิดเจลได้เมื่อได้รับความร้อนในสภาวะที่มีด่าง (จันทร์จิรา และนิสานารถ, 2552) ผงบุกมีการนำไปใช้ประโยชน์ทั้ง เป็นสารให้ความข้นหนืด สารทำให้เกิดเจล ปรับปรุงเนื้อสัมผัส และเป็นตัวจับกับน้ำ บางครั้งอาจมีการใช้อย่างมากในสมบัติด้านสารทดแทนไขมัน ในผลิตภัณฑ์เนื้อที่ไม่มีไขมัน และไขมันต่ำ โดยพบว่าการประยุกต์ใช้และหน้าที่ของผงบุกในอาหารต่าง เช่น ในขนมหวาน ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด ปรับปรุงเนื้อสัมผัส เพิ่มความชื้น สำหรับในเยลลี่ ใช้ในการช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส และความแข็งแรงของเจล ส่วนการใช้ในโยเกิร์ต ช่วยในการเป็นสารแขวนลอยให้กับผลไม้ ความหนืด และการเกิดเจล สำหรับในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งช่วยในด้านความข้นหนืดและความรู้สึกในปาก การใช้ในพวกพาสต้า เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำ ส่วนในเครื่องดื่มช่วยเพิ่มเส้นใยและความรู้สึกในปาก ในเนื้อใช้เป็นสารทดแทนไขมัน เพิ่มความชื้น และในฟิล์มกินได้จะมีหน้าที่ในการละลายน้ำได้ และไม่ละลายน้ำ (Phillip and Williams, 2000)

คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethylcellulose;CMC)

CMC เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากการดัดแปรคุณสมบัติของเซลลูโลส ซึ่งถือว่าอนุพันธุ์เซลลูโลส (Cellulose derivative) ทางด้านเคมี CMC ประกอบไปด้วยสายหลักที่เกิดจากการต่อกันของน้ำตาลกลูโคสด้วยพันธะ เบต้า 1,4 มีหมู่มาแทนที่เป็นหมู่คาร์บอกซิลที่มีน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุลสลับกับน้ำตาลแมนโนส 2 โมเลกุลโดยครึ่งของน้ำตาลแมนโนสตัวที่3 มีกรดไพรูวิกเกาะอยู่ (กมลวรรณ, 2548) สารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาการแทนที่ดังกล่าวจะทำให้ได้ CMC หลายชนิด ซึ่งสมบัติของ CMC แต่ละชนิดจะแปรผันไปตามปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความสม่ำเสมอของการแทนที่ degree of substitution (DS) และ degree of polymerization (DP) นอกจากนี้สมบัติของ CMC แต่ละชนิดยังขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค ความสามารถในการดูดน้ำ และความหนืดของสารละลายอีกด้วย

degree of substitution เป็นจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลบนโมเลกุลของแอนไฮโดกลูโคส (anhydroglucose) ซึ่งจะถูกแทนที่ด้วยหมู่คาร์บอกซีเมทิล โดยทางทฤษฎีโมเลกุลของแอนไฮโดรกลูโคสมีหมู่ไฮดรกซิล 3 หมู่ ดังนั้นควรจะมี DS เป็น 3 แต่ในมางปฏิบัติปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจริงๆจะได้ DS น้อยกว่า 3 คือ มี DS อยู่ในช่วง 0.4-1.2 เท่านั้น CMC ที่ใช้ในอุตสาหกรรม จะมี DS ประมาณ 0.9 ทำให้ CMC ละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น CMC ที่มี DS 0.3 หรือต่ำกว่าจะละลายได้ในด่างแต่ไม่ละลายน้ำ และจะเริ่มละลายในน้ำเมื่อมี DS ตั้งแต่ 0.45 ขึ้นไป สำหรับความหนืดของสารละลายจะขึ้นอยู่กับ DP ถ้ามี DP สูง จะทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลาย CMC ยังผันแปรขึ้นอยู่กับชนิดของ CMC เช่น สารละลาย CMC ความเข้มข้นร้อยละ 2 อาจให้ความหนืดได้ตั้งแต่ 10-50000 cP ก็ได้ และสารละลาย CMC มีลักษณะคล้าย ซูโดพลาสติก CMC มีที่มีน้ำหนักโมเลกุลที่ต่ำจะได้สารละลายที่มีความหนืดต่ำและมีความคล้ายซูโดพลาสติกน้อยกว่าสารละลาย CMC ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยทั่วไปๆไปสารละลาย CMC จะมีความคงตัวที่พีเอชช่วงกว้าง 4-10 แต่จะให้ความหนืดสูงสุดและมีความคงตัวดีที่สุดที่พีเอช 7-9 ความหนืดของสารละลาย CMC จะลดลงเมื่อพีเอชลดลงและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ถ้าพีเอชต่ำกว่า 3 อาจทำให้ CMC ที่อยู่ในรูปกรดอิสระตกตะกอน และถ้าพีเอชสูงกว่า 10 จะทำให้สารละลายมีความหนืดลดลงเล็กน้อย (นิธิยา, 2545)

คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างเซลลูโลสกับกรดคลอโรแอซีติกในเบสซึ่งเซลลูโลสที่ได้มีประจุเป็นลบเป็นพอลิเมอร์สายตรงสามารถละลายได้ในน้ำใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด (thickener) และให้ความคงตัวแก่อิมัลชัน (emulsion stabilizer) นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมการเติบโตของผลึกน้ำแข็งเนื่องจากคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสไปจับกับน้ำและป้องกันการรวมตัวกันเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่การเติมคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสลงในโดแช่เยือกแข็ง (frozen dough) ช่วยปรับปรุงปริมาตรของขนมปัง (loaf volume) ลักษณะทั้งภายนอกและภายในของขนมปังรวมทั้งความแข็งของขนมปัง (firmness) ที่ได้ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติการเป็นกัมที่ชอบน้ำ (hydrophilic gum) ของคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสทำให้สามารถอุ้มน้ำไว้ได้มากและได้ผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบที่มีความชื้นสูงผลที่ตามมาคือการยับยั้งการรีโทรเกรเดชันของสตาร์ชและการแข็งของขนมปังนอกจากนี้การเติมกัมอาทิคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสช่วยปรับปรุงคุณภาพของโดแช่เยือกแข็งโดยการจับกับน้ำที่สามารถเยือกแข็งได้และลดการตกผลึกของน้ำแข็งรวมทั้งการตกผลึกใหม่นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสียหายของการคืนรูปจากเยือกแข็ง (freeze-thaw damage) ทำให้ทนต่อการยืด (extension) (กมลวรรณ, 2548)

CMC ใช้เติมลงในไอศกรีมจะช่วยอุ้มน้ำ ลดการเคลื่อตัวของน้ำ ทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อนุ่มและเมื่อไอศกรีมแข็งตัวจะไม่เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ และยังใช้เติมลงในอาหารเพื่อให้อาหารมีพลังงาน

ต่ำ โดยทำหน้าที่เป็น bulking agent นอกจากนี้ CMC ยังสามารถนำมาทำเป็นฟิล์มใสและมีความแข็งแรง โดยไม่มีผลกระทบจากน้ำมัน และตัวทำละลายอินทรีย์ (นิธิยา, 2545)

กมลวรรณ (2548) ศึกษาผลของการเติมสตาร์ชดัดแปรและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง ซึ่งพบว่าภายหลังการคืนรูปกวยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งมีลักษณะขุ่นมากขึ้น ความเหนียวและความยืดหยุ่นลดลงทำให้เส้นขาดง่าย ดังนั้นจึงเติมสตาร์ชดัดแปรร้อยละ 4 และ 8 และไฮโดรคอลลอยด์ คือ แซนแทนกัมร้อยละ 0.02 และ 0.04 กับคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.05 และ 0.10 ผลจากการทดลองสรุปได้ว่าการเติมสตาร์ชดัดแปรและไฮดดรคอลลลอยด์ช่วยปรับปรุงคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นจันทร์แช่เยือกแข็งเล็กน้อย โดยคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสช่วยลดการตกผลึกใหม่ของของน้ำแข็งทำให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น ขณะที่แซนแทนกัมช่วยลดการคืนตัวของอะไมโลสทำให้มีความขุ่นน้อยลง ส่วนสตาร์ชดัดแปรนั้นหมู่ไฮดรอกซี-โพรพิลช่วยขัดขวางการรวมกลุ่มของสายโซ่สตาร์ชทำให้มีคุณภาพดีขึ้น และคงทนต่อการคืนรูปแช่เยือกแข็งมากขึ้น

Jarnsuwan and Thongngam (2011) ศึกษาการเติม กัวร์กัม แซนแทนกัม และ CMC ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนัก เติมลงไปในก๋วยเตี๋ยว แล้วศึกษาสมบัติต่างๆ คือ ลักษณะเส้น เนื้อสัมผัส คุณภาพเส้น เวลาในการทำสุก ร้อยละผลผลิตและร้อยละการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำสุก ผลการศึกษาพบว่าร้อยละผลิตมีค่าสูงขึ้นเมื่อเติมกัวร์กัมและแซนแทนกัมร้อยละ 1.0 ส่วน CMC ทั้ง 2 ระดับความเข้มข้นส่งผลให้ร้อยละผลผลิตสูงขึ้น โครงสร้างของเส้นก๋วยเตี๋ยวพบว่ามีรูอยู่บริเวณผิวของเส้น และพบว่าเมื่อเติมกัวร์กัมร้อยละ 1.0 ค่าแรงเฉือนสูงที่สุดและแรงเค้นสูงที่สุด จะมีค่าต่ำที่สุดลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันเกิดจากความแตกต่างของโครงสร้างเมื่อเติมไฮโดรคอลลอยด์ และการเติม CMC ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งทำให้เนื้อสัมผัสและโครงสร้างเหมือนกับสูตรควบคุม

Techawipharat *et al.* (2008) ได้ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ได้แก่ CMC, MC, HPMC, k-carrageenan, i-carrageenan และ λ-carrageenan ที่มีผลต่อการเกิดเจลของแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว พบว่า การเติมไฮโดรคอลลอยด์ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นทั้ง peak viscosity และ final viscosity รวมทั้ง pasting temperature สูงขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้การเติมไฮโดรคอลลอยด์ในแป้งข้าวเจ้า ทำให้การพองตัวและการละลายเพิ่มขึ้น โดย CMC จะทำให้การพองตัวและการละลายมากที่สุด ส่วนแป้งข้าวเหนียว พบว่าการเติม CMC จะทำให้การพองตัวมากที่สุด และไฮโดรคอลลอยด์ไม่ส่งผลต่อการละลายในแป้งข้าวเหนียว สำหรับลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าการเติมอนุพันธ์เซลลูโลสในแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวไม่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งทั้งในเรื่องความแข็ง (hardness) และความเหนียวติดกัน (adhesiveness) ในทางตรงข้ามการเติม k- และ i-carrageenan ในแป้งข้าวเจ้าพบว่าช่วยเพิ่มความแข็งและความเหนียวติดกันของเจลแป้ง

Huang *et al.* (2007) ได้ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ได้แก่ gellan gum, konjac glucomannan และ k-carrageenan ที่มีผลต่อการเกิดเจลของแป้งข้าว 3 สายพันธุ์ พบว่า เมื่อเติม gellan gum และ k-carrageenan ในแป้งข้าวสายพันธ์อินดิคา (indica) จาโปนิคา (japonica) และแป้งข้าวเหนียว พบว่าความแข็งแรง (hardness) ความเหนียวติดกัน (adhesiveness) และความยืดหยุ่น (springiness) เพิ่มขึ้น ส่วนการเติม konjac glucomannan จะไม่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์

Muadklay และ Charoenrein (2008) ได้ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ xanthan gum, locust bean gum, guar gum และ konjac-glucomannan ต่อการเกิดการคืนตัว (retrogradation) ของเจล แป้งมันสำปะหลัง พบว่า การเติม xanthan gum 0.25 และ 0.5% ช่วยลดการสูญเสียน้ำ (syneresis) ได้มากกว่า locust bean gum และ konjac-glucomannan ส่วน guar gum ไม่มีผลต่อการยับยั้งการคืนตัวของเจลแป้งมันสำปะหลัง สำหรับการศึกษาอัตราเร็วของการแช่แข็ง (0.06, 0.9 และ 2.3°C/min) พบว่า ที่อัตราการแช่แข็งแบบรวดเร็วที่ 2.3°C/min ช่วยยับยั้งการคืนตัวของเจลแป้งมันสำปะหลังได้มากกว่าที่อัตราแช่แข็งแบบช้าและปานกลาง ดังนั้นสภาวะที่ดีที่สุดสำหรับการยับยั้งการคืนตัวของเจลแป้งมันสำปะหลังคือ การเติม xanthan gum 0.5% และอัตราการแช่แข็งที่ 2.3°C/min

Lee *et al.* (2002) ได้ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ 9 ชนิด คือ sodium alginate, carboxymethyl cellulose, curdlan, gellan gum, guar gum, gum Arabic, k-carrageenan, locust bean gum และ xanthan gum ต่อความคงตัวของเจลแป้งมันฝรั่งระหว่างการแช่แข็งและหลอมละลาย พบว่า การเติม alginate, guar gum และ xanthan gum จะช่วยป้อกันการสูญเสียน้ำ (syneresis) ของเจลแป้งมันฝรั่งได้ดีที่สุด โดย guar gum ที่ความเข้มข้น 0.6% สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำได้ครึ่งหนึ่งของเจลแป้งมันฝรั่งที่ไม่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ และ xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.3% สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำได้มากกว่า guar gum ส่วนการยับยั้งการเกิดการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) พบว่า การเติม alginate ให้ผลการยับยั้งได้ดีกว่า xanthan gum และ guar gum

Sandhu *et al.* (2010) ได้ศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ ความหนืด และลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งมันฝรั่งและแป้งข้าวเจ้า พบว่า ปริมาณอะไมโลส การพองตัว และการละลายของแป้งมันฝรั่งสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า สำหรับความหนืด (pasting properties) พบว่า ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดสุดท้าย (final viscosity) และการคืนตัวของแป้ง (setback) ของแป้งมันฝรั่งมีค่ามากกว่าแป้งข้าวเจ้า รวมทั้งลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งมันฝรั่งมีค่าความแข็ง (hardness) การยึดเกาะกัน (cohesiveness) และความเหนียว (chewiness) สูงกว่าแป้งข้าวเจ้า นอกจากนั้นการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งมันฝรั่งมากกว่าแป้งข้าวเจ้า แต่มีการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้มสุกมากกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งข้าวเจ้า เมื่อทำการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งผสมระหว่างแป้งมันฝรั่งและแป้งข้าวเจ้าที่อัตราส่วน 1:1 พบว่า คุณภาพของเส้นดีขึ้น โดยทำให้ลดระยะเวลาการต้มเส้นให้สุกลง น้ำหนักเส้นหลังการต้มสุกเพิ่มขึ้น เส้นที่ได้มีความใสและลื่น รวมทั้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

อาหารกึ่งสำเร็จรูป

อาหารกึ่งสำเร็จรูป หมายความว่า อาหารที่ผ่านกรรมวิธีและปรุงแต่งมาบ้างแล้ว และใช้รับประทานหลังจากผ่านวิธีการอย่างง่ายๆ และใช้เวลาสั้นโดยการเติมน้ำร้อน การต้ม หรือการเติมอาหารอื่นลงไป และกำหนดให้ อาหารกึ่งสำเร็จรูปในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) ซึ่งการควบคุมคุณภาพหรือมาตรฐานอาหารกึ่งสำเร็จรูปชนิดของผลิตภัณฑ์ ก๋วยเตี๋ยว กวยจั๊บ บะหมี่ เส้นหมี่ และวุ้นเส้นที่ปรุงแต่ง ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานดังต่อไปนี้

(1) ไม่มีกลิ่นหืน

(2) มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักในกรณีที่ทอดด้วยน้ำมัน และไม่เกินร้อยละ 13 ของน้ำหนักในกรณีที่ทำโดยกรรมวิธีอื่น

(3) มีสารโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก สำหรับก๋วยเตี๋ยว กวยจั๊บ และเส้นหมี่ และไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.5 ของน้ำหนัก สำหรับบะหมี่

(4) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

(5) ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

(6) มีแบคทีเรียชนิด อี.โคไล (Escherichia coli) น้อยกว่า 3 ในอาหาร 1 กรัม โดยวิธี เอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number)

(7) มีแบคทีเรียไม่เกิน 10,000 ในอาหาร 1 กรัม สำหรับบะหมี่ และไม่เกิน 30,000 ในอาหาร1 กรัม สำหรับก๋วยเตี๋ยว กวยจั๊บ เส้นหมี่ และวุ้นเส้น

(8) มีเชื้อราไม่เกิน 100 ในอาหาร 1 กรัม

(9) สำหรับเครื่องปรุงที่แนบมาพร้อมกับอาหารกึ่งสำเร็จรูปจะต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามที่กำหนดไว้ เช่น ไม่มีกลิ่นหืนไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ไม่มีสารพิษจากจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อร่างกายเป็นต้น

อรอนงค์ และคณะ (2535) จากการทดลองทำขนมจีนอบแห้งแบบกึ่งสำเร็จรูปที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ผสมกับแป้งข้าวเจ้าและน้ำในอัตราส่วน 15:85:140 โดยใช้วิธีการทำแห้ง 2 แบบคือ แบบแรกเป็นการอบแห้งในตู้อบแบบถาดและแบบที่สองการใช้วิธีแช่แข็งและคืนรูปแล้วจึงอบแห้งในตู้อบแบบถาด ผลการศึกษาพบว่าขนมจีนที่อบแห้งแบบแรกเส้นค่อนข้างแข็ง ในขณะที่แบบที่สองเส้นขนมจีนจะค่อนข้างเปราะส่วนลักษณะสีของเส้นขนมจีนพบว่าแบบแรกสีออกเหลืองนวลและแบบที่สองสีออกขาวขุ่น ในการคืนรูปของขนมจีนอบแห้งพบว่าขนมจีนแบบแรกใช้เวลาในการคืนรูป 10 นาที และแบบที่สองใช้เวลา 7 นาที และการดูดซึมน้ำกลับคืนพบว่าแบบแรกมีการดูดซึมน้ำกลับร้อยละ 91.47 ซึ่งน้อยกว่าแบบที่สองที่มีค่า 107.02 เมื่อนำขนมจีนที่คืนรูปแล้วทั้งสองมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ผู้ชิมพบว่าขนมจีนทั้งสองแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญและแสดงความเห็นว่าไม่ชอบเล็กน้อยในลักษณะเนื้อสัมผัสในขณะที่รู้สึกเฉยๆกับลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นรส

กมลทิพย์ และวันเพ็ญ (2544) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำบะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ดโดยใช้แป้งสาลีอเนกประสงค์ผสมเห็ดผง 4 ชนิด พบว่าปริมาณเห็ดผงที่เหมาะสมที่ให้ค่าความแข็งแรงของโด (dough strength) สูงสุดของเห็ดแต่ละชนิด คือ ใช้เห็ดหูหนูร้อยละ 30 เห็ดฟางร้อยละ 15 เห็ดนางฟ้าร้อยละ 20 หรือเห็ดนางรมร้อยละ 20 โดยได้โดที่มีค่า dough strength 80.48, 93.45, 131.26 และ 133.17 กรัม ตามลำดับ นำก้อนโดที่ได้มารีดตัดเป็นเส้นและนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลาต่างๆ พบว่าเวลาที่ให้ค่าแรงดึงสูงสุด (tensile strength) ของเส้นบะหมี่คือ 10 นาที จากนั้น นามาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนได้ความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 12 เป็นบะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ด บะหมี่ทุกตัวอย่างใช้เวลาคืนรูปไม่เกิน 5 นาที มีการดูดน้ำร้อยละ 152.71-161.34 มีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 0.65-0.89 มีค่าแรงดึงสูงสุดหลังคืนรูป 10.57-13.97 กรัม โดยพบว่าค่าแรงดึงสูงสุดหลังคืนรูปมีแนวโน้มสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงของโด ค่าแรงดึงสูงสุดหรือความเหนียวของบะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปหลังคืนรูปมีค่าลดลงกว่าก่อนอบแห้ง บะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ดมีสีเหลืองจนถึงสีเหลืองแกมน้ำตาลอ่อน การประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสีแบบ descriptive ของบะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปผสม

เห็ดหลังคืนรูปให้ผลที่สอดคล้องกับค่าสี L* และ h* บะหมี่แห้ง กึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ดมีกลิ่นรสเห็ดในระดับน้อยถึงปานกลาง เส้นมีความนุ่มเหนียว และได้รับการยอมรับในด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสโดยการทดสอบแบบ hedonic ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยบะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ดหูหนูร้อยละ 30 และเห็ดนางรมร้อยละ 20 ได้รับการยอมรับในด้านสีในระดับชอบมากถึงชอบมากที่สุด

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล

โดยอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังที่ใช้มี 5 ระดับ คือ 65:25, 55:35, 45:45, 35:55 และ 25:65 โดยปริมาณแป้งมันสำปะหลังและปริมาณแป้งข้าวเจ้าคิดเป็นร้อยละของปริมาณแป้งทั้งหมด (แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวเหนียวร้อยละ 10) จำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 5 สิ่งทดลอง วิธีการทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (เส้นกวยจั๊บ) ดังภาพที่ 1

ร่อนแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวให้เข้ากัน

↓

เติมน้ำเดือดส่วนที่ 1 และนวดแป้งให้เข้ากันด้วยเครื่องนวดแป้ง นาน 5 นาที

↓

นำแป้งที่นวดเข้ากันแล้วมานึ่งด้วยไอน้ำเดือด นาน 15 นาที

↓

เติมแป้งมันสำปะหลัง ไฮโดรคอลลอยด์ และน้ำส่วนที่ 2 นวดให้เข้ากัน นาน 15 นาที

↓

นำแป้งที่นวดเข้ากันแล้ว มาทำการขึ้นรูปเป็นเส้นกวยจั๊บอุบล

ภาพที่ 1 วิธีการทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (เส้นกวยจั๊บอุบล)

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

1.1 สี วัดด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter) ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex 45/0 ทั้งเส้นดิบและเส้นสุก

1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความเหนียว) วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น LLOYD model LRSK series ทั้งเส้นดิบและเส้นสุก

1.3 คุณภาพการต้มสุก Cooking quality ดัดแปลงจากวิธีการของ AACC (1976)

1.3.1 ผลผลิตการต้มสุก (% Cooking yield)

1.3.2 ร้อยละของการดูดซึมน้ำ (% Water Absorption)

1.3.3 การสูญเสียระหว่างการหุงต้ม (% Cooking loss)

1.4 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิม ด้วยวิธีทดสอบความชอบ (Hedonic scale) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนนในช่วง 1 - 9 โดยคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน

2. ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล

จากการทดลองที่ 1 ทำให้ทราบถึงอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสม แต่จากการศึกษาครั้งนี้เลือกสูตรที่มีความด้อยทางคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคมาปรับปรุงคุณภาพต่อไป จากนั้นศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล โดยชนิดของสารไฮโดร

คอลลอยด์ที่ใช้ ได้แก่ กัวร์กัม (guar gum), อัลจิเนต (alginate), คาร์บอกซิลเมทธิลเซลลูโลส (CMC), คาร์ราจีแนน (carrageenan), แซนแทนกัม (xanthan gum) และ คอนยัค กลูโคแมนแนน (Konjac Glucomannan) ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน คือ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1.0% (w/w ของน้ำหนักแป้ง) และทำการผลิตเส้นกวยจั๊บดังภาพที่ 1 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

2.1 สี วัดด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter) ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex 45/0 ทั้งเส้นดิบและเส้นสุก

2.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความเหนียว) วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น LLOYD model LRSK series ทั้งเส้นดิบและเส้นสุก

2.3 คุณภาพการต้มสุก Cooking quality ดัดแปลงจากวิธีการของ AACC (1976)

2.3.1 ผลผลิตการต้มสุก (% Cooking yield)

2.3.2 ร้อยละของการดูดซึมน้ำ (% Water Absorption)

2.3.3 การสูญเสียระหว่างการหุงต้ม (% Cooking loss)

2.4 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิม ด้วยวิธีทดสอบความชอบ (Hedonic scale) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนนในช่วง 1 - 9 โดยคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน

3. ศึกษากระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

จากการทดลองที่ 2 ทำให้ทราบถึงชนิดและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล จากนั้นนำเส้นกวยจั๊บที่ได้มาต้มในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาสองเท่าของระยะเวลาการทำสุก ในอัตราส่วนน้ำ : เส้นกวยจั๊บ คือ 10 : 1 โดยน้ำหนัก เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำเส้นที่ได้ลงแช่ในน้ำเย็นเป็นเวลา 5 นาที ตักขึ้นให้สะเด็ดน้ำก่อนที่จะนำมาเรียงใส่ถาด นำเส้นไปแช่แข็งเป็นระยะเวลา 16-18 ชั่วโมง จากนั้นนำเส้นมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จัดเรียงเส้นใส่ถาดเพื่อนำไปอบแห้งต่อไป โดยอุณหภูมิที่ใช้คือ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาในการอบ 3, 2.5, 1.5 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ เพื่อให้ปริมาณความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ไม่เกินร้อยละ 13 ตามมาตรฐานอาหารกึ่งสำเร็จรูป (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) กระบวนการผลิต ดังภาพที่ 2 ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.1 ปริมาณความชื้น (moisture content) ตามวิธีของ AOAC (1995)

3.2 สี วัดด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter) ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex 45/0

3.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความเหนียว) วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น LLOYD model LRSK series

3.4 คุณภาพการต้มสุก Cooking quality ดัดแปลงจากวิธีการของ AACC (1976)

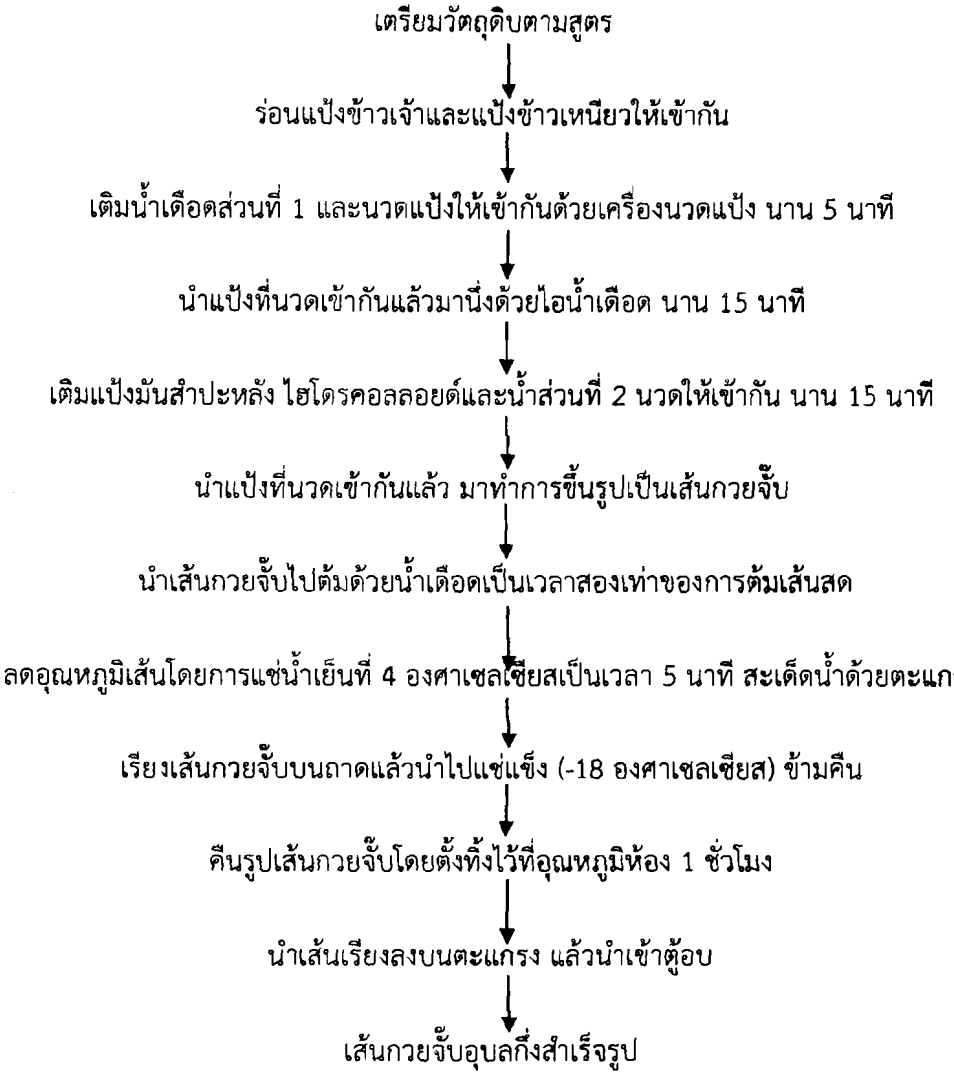
3.4.4.1 ระยะเวลาในการต้มสุก (Cooking time)

3.4.4.2 ผลผลิตการต้มสุก (% Cooking yield)

3.4.4.3 ร้อยละของการดูดซึมน้ำ (% Water Absorption)

3.4.4.4 การสูญเสียระหว่างการหุงต้ม (%Cooking loss)

3.5 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิม ด้วยวิธีทดสอบความชอบ (Hedonic scale) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนนในช่วง 1 - 9 โดยคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงไม่ชอบมาก โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

4. การศึกษาการคืนตัวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

จากการทดลองที่ 3 ทำให้ทราบถึงอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเส้นกวยจั๊บอุบล จากนั้นนำเส้นกวยจั๊บแห้งที่ได้มาทำการคืนตัว 2 วิธี คือ แช่น้ำร้อนระยะเวลา 4, 6 และ 8 นาที และไมโครเวฟด้วยระดับกำลังไฟสูงที่สุด (800 วัตต์) ที่ระยะเวลา 5, 7 และ 9 นาที ในสัดส่วนเส้นต่อน้ำ คือ 15 กรัมเส้นต่อน้ำ 250 มิลลิลิตร แล้วนำเส้นที่ผ่านการคืนตัวทั้ง 2 วิธีมาศึกษาคุณภาพดังนี้

4.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความเหนียว) วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น LLOYD model LRSK series

4.2 คุณภาพการต้มสุก Cooking quality ดัดแปลงจากวิธีการของ AACC (1976)

4.2.1 ระยะเวลาในการต้มสุก (Cooking time)

4.2.2 ผลผลิตการต้มสุก (% Cooking yield)

4.2.3 ร้อยละของการดูดซึมน้ำ (% Water Absorption)

4.2.4 การสูญเสียระหว่างการหุงต้ม (% Cooking loss)

4.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิม ด้วยวิธีทดสอบความชอบ (Hedonic scale) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนนในช่วง 1-9 โดยคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงไม่ชอบมาก โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน

5. การศึกษาคุณภาพการต้มสุกของเส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับเส้นแห้งทางการค้า

จากการทดลองที่ 3 ทำให้ทราบถึงอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเส้นกวยจั๊บอุบล จากนั้นนำเส้นกวยจั๊บแห้งที่ได้มาทำการคืนตัว 2 วิธี คือ แช่น้ำร้อนระยะเวลา 4, 6 และ 8 นาที และไมโครเวฟด้วยระดับกำลังไฟสูงที่สุด (800 วัตต์) ที่ระยะเวลา 5, 7 และ 9 นาที ในสัดส่วนเส้นต่อน้ำ คือ 15 กรัมเส้นต่อน้ำ 250 มิลลิลิตร แล้วเปรียบเทียบกับเส้นแห้งทางการค้า แล้วนำเส้นที่ได้มาศึกษาคุณภาพการต้มสุกดังนี้

5.1 คุณภาพการต้มสุก Cooking quality ดัดแปลงจากวิธีการของ AACC (1976)

5.1.1 ระยะเวลาในการต้มสุก (Cooking time)

5.1.2 ผลผลิตการต้มสุก (% Cooking yield)

5.1.3 ร้อยละของการดูดซึมน้ำ (% Water Absorption)

5.1.4 การสูญเสียระหว่างการหุงต้ม (% Cooking loss)

6. การศึกษาลักษณะทางโครงสร้างของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปและเส้นแห้งทางการค้ามาศึกษาลักษณะทางโครงสร้างโดยวิธี Scanning electron microscopy (SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-5410L ประเทศญี่ปุ่น

7. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

นำผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (1995)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. ปริมาณแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบล

การผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุดิบหลักคือ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง โดยเติมลงไปในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน และเติมแป้งแป้งข้าวเหนียวลงไปบางส่วน (ร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด) จากการศึกษาปริมาณแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบล โดยคุณภาพด้านสีแสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณของแป้งข้าวเจ้าที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณลดลง ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ของเส้นกวยจั๊บอุบลสุกและเส้นกวยจั๊บอุบลดิบสูงกว่าการเติมแป้งข้าวเจ้าในปริมาณต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าสี a* พบว่ามีค่าเป็นลบ แสดงว่าเส้นกวยจั๊บมีมีค่าออกไปทางสีเขียวโดยเส้นดิบจะมีค่าต่ำกว่าเส้นสุก สำหรับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของเส้นกวยจั๊บสุกพบว่ามีแนวโน้มลดลง ส่วนเส้นดิบพบว่าการเติมอัตราส่วนแป้งข้าวต่อแป้งมันสำปะหลัง 65:25 55:35 และ 35:55 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะพบว่าแนวโน้มค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมีทิศทางไปในแนวเดียวกันคือเส้นสุกจะมีค่าต่ำกว่าเส้นดิบ ทั้งนี้เนื่องจากแป้งเส้นดิบยังไม่ผ่านการทำสุกและมีแป้งมันสำปะหลังติดตามเส้นระหว่างการผลิตเส้นที่โรยเพื่อไม่ให้เส้นติดกัน ดังนั้นจึงทำให้มีค่าความสว่างสูง แต่เมื่อนำมาผ่านกระบวนการต้มสุกโดยจะมีน้ำแทรกเข้าไปในเส้น ทำให้แป้งสุกและมีความใสขึ้นส่งผลให้ความสว่างและค่าสีเหลืองลดลง เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนเกิดการคลายตัว เม็ดแป้งดูดน้ำและเกิดการพองตัว ส่วนผสมน้ำแป้งมีความหนืดและใสมากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเกิดการเคลื่อนที่ได้น้อยลงทำให้เกิดความหนืด (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) สอดคล้องกับการศึกษาของ ปริศนาและกมลพรรณ (2546) ได้ศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวเจ้าและน้ำต่อคุณภาพของบะหมี่สดที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลี พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าจะส่งผลให้บะหมี่มีความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเขียว (a*) มากขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของเส้นพบว่าเส้นสุกมีค่าสูงกว่าเส้นดิบ

ตารางที่ 1 ค่าสีของเส้นกวยจั๊บอุบลก่อนและหลังทำสุก

RF:TF	สุก			ดิบ		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
65:25	65.73±0.27^{a}	-1.80±0.04^{b}	3.78±0.10^{a}	78.30±0.29^{a}	-0.36±0.03^{b}	5.36±0.04^{a}
55:35	63.27±1.04^{b}	-1.89±0.09^{a}	2.39±0.28^{c}	77.56±0.28^{b}	-0.28±0.03^{a}	5.45±0.07^{a}
45:45	63.39±0.21^{b}	-1.85±0.05^{ab}	2.47±0.07^{c}	76.58±0.24^{c}	-0.42±0.06^{a}	4.50±0.00^{c}
35:55	61.50±0.41^{c}	-1.63±0.05^{c}	2.74±0.08^{b}	75.48±0.13^{d}	-0.42±0.03^{a}	5.49±0.03^{a}
25:65	58.06±0.18^{d}	-1.21±0.04^{d}	2.17±0.12^{d}	71.60±0.28^{e}	-0.33±0.06^{c}	4.92±0.18^{b}

หมายเหตุ: $^{a, b, c, d}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
: RF คือ แป้งข้าวเจ้า และ TF คือ แป้งมันสำปะหลัง

สำหรับความเหนียววัดโดยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) และคุณภาพหลังการทำสุก (cooking quality) ของเส้นกวยจั๊บอุบลที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่

อัตราส่วนต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ค่าความเหนียวมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อลดปริมาณแป้งข้าวเจ้าและเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลัง ยกเว้นสูตรที่เติมแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันปะหลัง ร้อยละ 25:65 ที่พบว่าค่าความเหนียวของเส้นต่ำ ซึ่งอาจเกิดจากเมื่อเติมปริมาณแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีปริมาณอะไมโลเพกตินสูง เมื่อผ่านการทำสุกเจลแป้งที่ได้จะมีความยืดหยุ่นสูง เป็นเจลที่เหนียวนุ่ม ส่วนเจลแป้งข้าวเจ้าเมื่อสุกจะเป็นเจลที่แข็ง แตกเปราะง่าย ดังนั้นเมื่อทดสอบแรงต้านต่อการดึงเส้นกวยจั๊บสูตรที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังปริมาณมากกว่าจะใช้แรงดึงสูงกว่า แต่หากมีปริมาณแป้งมันสำปะหลังสูงเกินไปเจลที่ได้จะมีความยืดหยุ่นสูง ซึ่งจะมีการต้านต่อแรงดึงน้อย สำหรับผลของอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง สอดคล้องกับผลการทดลองของ นงนุช และคณะ (2545) ที่ทำการศึกษาคุณสมบัติเนื้อสัมผัสทางกลของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมฟลาวร์มันสำปะหลัง พบว่า การทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยฟลาวร์มันสำปะหลังในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว ที่ระดับร้อยละ 30-40 จะมีผลทำให้การวัดค่าความเหนียวและการแตกหักของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าความเค้นสูงสุดต่อเวลาในการทำสุก (cooking time) โดยระยะเวลาในการทำสุกลดลงเมื่อลดปริมาณแป้งข้าวเจ้าและเพิ่มแป้งมันสำปะหลัง เนื่องมาจากปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น โดยแป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งจากพืชหัวที่มีอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนซ์ต่ำกว่าอุณหภูมิจากแป้งธัญพืช (แป้งข้าวเจ้า) (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ส่งผลให้ cooking time สั้นกว่า ส่วนค่าร้อยละผลผลิต (%cooking yield) ของเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังแตกต่างกัน พบว่าที่อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 45:45 และ 55:35 ให้ค่า % cooking yield สูง และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียระหว่างการทำสุก (% cooking loss) โดยเฉพาะที่อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 45:45 ที่มีค่าต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับแป้งอัตราส่วนอื่นๆ ในขณะที่อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 25:65 พบว่ามีค่า %cooking yield น้อยที่สุด และมีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำสุกไม่แตกต่างจากอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 65:25 55:35 และ 35:55 ดังตารางที่ 2 แสดงถึงอัตราส่วนของแป้งที่ไม่เหมาะสมเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น ส่วน % absorption พบว่าอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 45:45 และ 55:35 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติและเป็นค่าที่สูง ส่วนที่อัตราส่วน 25:65 มีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ การเติมแป้งเพื่อทำเส้นกวยจั๊บยังพบว่าอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมัน 45:45 มีค่าสูงแตกต่างจากอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมัน 35:55 และ 25:65 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังทำให้ร้อยละผลผลิตและร้อยละการดูดซับต่ำลง สอดคล้องกับผลการทดลองของพิมพ์เพ็ญ และคณะ (2533) ที่ศึกษาผลการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่าเมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังลงไปทำให้อัตราการดูดน้ำลดลงเนื่องจากเม็ดแป้งข้าวเจ้ามีการแตกตัวน้อยกว่าแป้งมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อน แต่จะพบว่าที่อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 65:25 55:35 และ 45:45 มีแนวโน้มร้อยละการดูดซับและร้อยละผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังหรือลดแป้งข้าวเจ้าลง เนื่องจากเมื่อลดสัดส่วนอะไมโลสในแป้งลงจะทำให้กำลังการพองตัวสูงขึ้นแต่การละลายลดลงเมื่อผ่านความร้อนในน้ำที่มากพอ โครงสร้างโมเลกุลที่เป็นผลึกของแป้งเกิดการแตกตัวและโมเลกุลน้ำจะไปจับกับหมู่ไฮดรอกซิลอิสระของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินด้วยพันธะไฮโดรเจน ส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับน้ำและการละลายเพิ่มขึ้น (Singh et al., 2003) ความแตกต่างของการจับกับน้ำที่ต่างกันของแป้งเกิดจากความแตกต่างของแป้งต่างชนิดกัน แป้งที่มีการละลายต่ำเกิดจากโครงสร้างที่เป็นกึ่งผลึกของเม็ดแป้งและพันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลแป้ง พบว่าแป้งจากธัญพืชมีการละลายต่ำเนื่องจากมีโครงสร้างที่แน่นมากกว่าและมี

ผลึกที่แตกต่างจากพืชหัว การละลายของของเม็ดแป้งเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เนื่องจากเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิมากกว่าช่วงการเกิดเจลาติไนเซชัน พันธะไฮโดรเจนถูกทำลายมาจับกับโมเลกุลน้ำทำให้หมู่ไฮดรอกซิลถูกปล่อยออกมา ส่งผลให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวอย่างต่อเนื่อง (Mishra and Rai, 2006) ซึ่งจะพบว่าคุณภาพการทำสุกของเส้นดีที่สุดเมื่อเติมแป้งในปริมาณที่เหมาะสม

ตารางที่ 2 ค่าความเหนียวและค่าคุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบล

RF:TF	Maximum Load (N)	Cooking quality			
		Cooking Time (min)	% cooking yield	% absorption	% cooking loss
65:25	0.27±0.02^{ab}	10	169.40±9.30^{b}	69.40±9.30^{b}	7.22±0.89^{a}
55:35	0.29±0.04^{a}	10	174.26±8.04^{ab}	74.26±8.04^{ab}	6.93±0.81^{a}
45:45	0.31±0.04^{a}	9	180.78±5.01^{a}	80.78±5.01^{a}	6.26±0.99^{b}
35:55	0.31±0.03^{a}	9	171.23±2.70^{b}	71.23±2.70^{b}	6.47±0.91^{ab}
25:65	0.24±0.03^{b}	8	154.62±2.47^{c}	54.62±2.47^{c}	7.46±0.45^{a}

หมายเหตุ: ^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
: RF คือ แป้งข้าวเจ้า และ TF คือ แป้งมันสำปะหลัง

ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ของเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3 จากตารางพบว่า ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 65:25 มีค่าน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งพิมพ์เพ็ญ และคณะ (2533) กล่าวว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากข้าวเจ้าล้วนจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้ง แข็งกระด้าง เนื่องจากมีอะไมโลสสูงและมีความคงตัวของเจลสูง ดังนั้นอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 65:25 จึงได้รับคะแนนการยอมรับน้อยที่สุด และที่อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 55:35 45:45 35:55 25:65 ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าคะแนนการยอมรับร่วมกับผลการวิเคราะห์ คุณภาพหลังการทำสุกจะเห็นว่า อัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 45:45 มี % cooking yield ในระดับสูง และ % cooking loss อยู่ในระดับต่ำ จึงเป็นอัตราส่วนของปริมาณแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังที่มีความเหมาะสมที่สุดในการผลิตเส้นกวยจั๊บ

จากการศึกษาพบว่าสูตรที่มีการเติมแป้งอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 65:25 และ 25:65 เป็นสูตรที่ควรนำไปปรับปรุง เนื่องจากมีคุณภาพการทำสุกและค่าความเหนียวต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น แต่พบว่าอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 25:65 มีค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่าอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 65:25 ดังนั้นจึงสนใจในการนำมาปรับปรุงคุณภาพเพื่อเพิ่มการยอมรับทางประสาทสัมผัสและปรับปรุงคุณภาพการทำสุก รวมทั้งค่าความเหนียวให้ดีขึ้น ซึ่ง

สอดคล้องกับปริมาณแป้งที่ใช้ในการผลิตเส้นกวยจั๊บเชิงการค้าที่มีการใช้ปริมาณแป้งข้าวเจ้าสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง

ตารางที่ 3 การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบล

RF:TF	ความชอบสี	ความใส	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม
65:25	6.05±1.33^{b}	6.08±1.53^{c}	6.35±1.48^{a}	6.05±1.60^{b}	6.02±1.58^{b}	6.10±1.35^{b}
55:35	6.50±1.24^{ab}	6.48±1.34^{bc}	6.42±1.53^{a}	6.72±1.26^{a}	6.65±1.08^{a}	6.72±1.01^{a}
45:45	6.95±1.36^{a}	6.78±1.14^{ab}	6.92±1.33^{a}	7.10±1.80^{a}	6.55±1.31^{a}	7.05±1.06^{a}
35:55	6.45±1.26^{ab}	6.62±1.29^{abc}	6.45±1.65^{a}	6.60±1.57^{ab}	6.75±1.08^{a}	6.75±1.13^{a}
25:65	7.08±1.33^{a}	7.12±1.11^{a}	6.52±1.75^{a}	6.88±1.20^{a}	6.92±1.37^{a}	7.10±1.13^{a}

หมายเหตุ: ^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: RF คือ แป้งข้าวเจ้า และ TF คือ แป้งมันสำปะหลัง

2. ผลของปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบล

จากการศึกษาพบว่าสูตรการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีการเติมแป้งอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง 65:25 เป็นสูตรที่ควรนำมาปรับปรุงคุณภาพ โดยการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพเส้นให้ดีขึ้น รวมทั้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากมีงานวิจัยหลายงานนำไฮโดรคอลลอยด์เป็นส่วนผสมหรือเติมเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์เส้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาปรับปรุงลักษณะเส้นกวยจั๊บสูตรที่มีการเติมแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 65:25 เพื่อปรับปรุงลักษณะด้านต่างๆให้ดีขึ้น ดังนั้นจึงใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทั้งหมด 6 ชนิด คือ แซนแทนกัม (xanthan gum) กัวร์กัม (guar gum) คาร์ราจีแนน (carrageenan) ผงบุก (konjac glucomannan) คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส (CMC) และอัลจิเนต (alginate) มาเติมในสูตรการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลเพื่อหาปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพเส้นโดยปริมาณการเติมคือ ร้อยละ 0.25 0.5 0.75 และ 1.0 ของน้ำหนักแป้ง ผลการศึกษาการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 6 ชนิด พบว่า การเติมสารไฮโดรคอลลอยด์สามารถทำให้คุณภาพเส้นกวยจั๊บดีขึ้นมากกว่าสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ รวมทั้งการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มค่าคะแนนเพิ่มขึ้นเมื่อเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ ส่วนค่าแรงต้านการดึงพบว่าเมื่อเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ทำให้แรงต้านการดึงเส้นสูงกว่าสูตรที่ไม่เติม แต่ระดับการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดพบว่ามีความเหมาะสมเพียงระดับหนึ่งและปริมาณที่แตกต่างกัน

แซนแทนกัม (xanthan gum)

สำหรับค่าการต้านต่อความเหนียวและการยอมรับทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแซนแทนกัมจะทำให้ค่าความเหนียวมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเฉพาะการเติมที่ปริมาณร้อยละ 1.0 ให้ค่าความเหนียวสูงสุดแตกต่างจากสูตรควบคุมและสูตรที่เติมร้อยละ 0.25 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับสูตรควบคุมยกเว้นค่าความใสที่สูตรควบคุมมีค่าต่ำแตกต่างกันกับสูตรที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 ส่วนคุณภาพการทำสุกและความชื้น (ตารางที่ 5) พบว่าเมื่อเติมแซนแทนกัมในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อคุณภาพการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลเพียงเล็กน้อยซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ยกเว้นสูตรที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.25 ซึ่งมีค่าคุณภาพ

การทำสุกด้าน ค่าร้อยละผลผลิต (%cooking yield) และร้อยละการดูดซับ (%absorption) น้อยกว่าสูตรที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 1.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าน้ำหนักที่สูญเสียระหว่างทำสุก (%cooking loss) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและค่าความชื้นพบว่ามีค่าร้อยละ 37.21-38.84 ส่วนค่าสีของเส้นกวยจั๊บอุบลดิบและสุก แสดงดังตารางที่ 6 พบว่าเส้นดิบจะมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงกว่าเส้นสุก ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเส้นผ่านการทำสุกจะมีน้ำแทรกเข้าไปทำให้แป้งเกิดเจล ดังนั้นความสว่างจึงลดลง ส่วนค่าสีเขียวพบว่าเส้นดิบมีค่าสีเขียวต่ำกว่าเส้นสุก เมื่อพิจารณาผลการศึกษาคุณภาพการทำสุก ความเหนียว และการยอมรับทางประสาทสัมผัส จะเห็นว่าเมื่อเติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.25 0.5 และ 0.75 โดยน้ำหนัก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับการเติมที่ร้อยละ 0.5, 0.75 และ 1.0 โดยน้ำหนัก ดังนั้นจึงเลือกปริมาณแซนแทนกัมที่เติมลงไปน้อยที่สุด พิจารณาที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 และ 0.5 โดยน้ำหนัก พบว่าแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 มีแนวโน้มค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้งค่า สี ความใส ความนุ่ม คุณภาพการทำสุก ความเหนียว มีค่าสูงกว่าสูตรที่เติมร้อยละ 0.25 ดังนั้นจึงเลือกปริมาณแซนแทนร้อยละ 0.5 ใช้ในการศึกษาต่อไป สอดคล้องกับได้มีการศึกษาของ Jarnsuwan and Thongngam (2011) เกี่ยวกับผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อลักษณะโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิดคือ กัวร์กัม แซนแทนกัม และ CMC พบว่าการเติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 ส่งผลทำให้ %cooking yield มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ และยังส่งผลให้ %cooking loss มีค่าน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมด้วย แสดงให้เห็นว่าแซนแทนกัมมีความเป็นไปได้ในการนำมาปรับปรุงคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบล

ตารางที่ 4 ปริมาณแซนแทนกัม (XG) ต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	ความชอบสี	ความใส	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม	Maximum Load (N)
สูตรควบคุม	6.70±1.13^{a}	6.42±1.06^{b}	6.52±1.20^{a}	6.76±1.25^{a}	6.52±0.97^{a}	6.70±1.07^{a}	0.22±0.02^{b}
XG 0.25%	7.12±1.02^{a}	6.82±0.95^{ab}	6.97±1.29^{a}	6.88±1.22^{a}	6.88±1.11^{a}	7.06±1.17^{a}	0.23±0.03^{b}
XG 0.5%	7.15±0.91^{a}	7.06±0.97^{a}	6.94±1.00^{a}	6.91±1.18^{a}	6.58±1.12^{a}	7.06±1.03^{a}	0.26±0.01^{ab}
XG 0.75%	6.91±0.95^{a}	6.70±1.05^{ab}	6.73±1.04^{a}	6.79±1.27^{a}	6.36±1.11^{a}	6.91±1.21^{a}	0.25±0.01^{ab}
XG 1.0%	6.67±0.92^{a}	6.70±0.92^{ab}	6.88±1.02^{a}	6.73±1.13^{a}	6.76±1.12^{a}	6.88±1.17^{a}	0.36±0.02^{a}

หมายเหตุ: ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 5 ปริมาณแซนแทนกัม (XG) ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	%cooking yield	%cooking loss	%absorption	%Moisture
สูตรควบคุม	171.80±1.50^{ab}	7.37±0.38^{a}	71.80±1.50^{ab}	37.21±0.49^{b}
XG 0.25%	169.46±0.30^{b}	7.03±0.15^{a}	69.46±0.30^{b}	37.82±0.70^{ab}
XG 0.50%	171.74±0.09^{ab}	6.95±0.09^{a}	71.74±0.09^{ab}	38.84±0.54^{a}
XG 0.75%	174.31±4.83^{ab}	7.40±0.70^{a}	74.31±4.83^{ab}	38.23±0.49^{ab}
XG 1.0%	176.43±5.64^{a}	6.68±0.04^{a}	76.43±5.64^{a}	37.86±1.41^{ab}

หมายเหตุ: ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 6 ผลของปริมาณแซนแทนกัม (XG) ต่อค่าสีเส้นกวยจั๊บอุบลสุกและดิบ

ตัวอย่าง	ดิบ			สุก		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
สูตรควบคุม	69.40±0.08^{c}	-1.00±0.05^{a}	3.31±0.06^{c}	57.53±0.65^{c}	-1.97±0.05^{c}	2.99±0.08^{c}
XG 0.25%	62.95±0.02^{e}	-0.92±0.03^{b}	4.88±0.05^{b}	57.66±0.41^{bc}	-2.00±0.04^{b}	3.99±0.14^{a}
XG 0.5%	67.31±0.01^{d}	-0.96±0.03^{a}	4.38±0.04^{c}	59.58±0.59^{a}	-2.09±0.04^{a}	3.90±0.20^{a}
XG 0.75%	70.99±0.04^{b}	-0.96±0.04^{a}	5.64±0.05^{a}	58.17±0.21^{b}	-2.09±0.05^{a}	3.57±0.02^{b}
XG 1.0%	71.31±0.03^{a}	-0.83±0.04^{c}	5.64±0.05^{a}	54.10±0.26^{d}	-2.05±0.09^{ab}	3.55±0.10^{b}

หมายเหตุ: ^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ผงบุก (konjac glucomannan)

ส่วนการเติมผงบุกต่อค่าการต้านต่อความเหนียวและการยอมรับทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 7) พบว่าค่าการต้านต่อความเหนียวเมื่อเติมผงบุกทั้ง 4 ระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าสูตรควบคุมไม่มีความแตกต่างกันกับสูตรที่เติมร้อยละ 0.5 และ 1.0 ส่วนการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นค่าความเหนียวพบว่าสูตรควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับสูตรที่เติมผงบุกร้อยละ 0.25 แต่สูตรควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรที่เติมร้อยละ 0.5 0.75 และ 1.0 สำหรับคุณภาพการทำสุก (ตารางที่ 8) พบว่าค่า %cooking yield และ %absorption ของการเติมผงบุกที่ระดับร้อยละ 1.0 มีค่าสูงที่สุดแตกต่างจากการเติมในปริมาณที่ต่ำกว่าและสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน %cooking loss พบว่าเมื่อเติมผงบุกทำให้มีค่าต่ำแตกต่างกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าร้อยละ 5.73-6.35 ยกเว้นสูตรที่มีการเติมผงบุกร้อยละ 0.25 มีค่าไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ส่วนปริมาณความชื้นมีค่า 37.21-37.78 สำหรับค่าสีของเส้นกวยจั๊บที่เติมผงบุก (ตารางที่ 9) พบว่าค่าความสว่างและค่าสีเหลืองของเส้นกวยจั๊บดิบมีค่าสูงกว่าเส้นกวยจั๊บสุก ทั้งนี้เนื่องจากแป้งเส้นดิบยังไม่ผ่านการทำสุก และมีแป้งมันสำปะหลังติดตามเส้นระหว่างการผลิตเส้นที่โรยเพื่อไม่ให้เส้นติดกัน ดังนั้นจึงทำให้มีค่าความสว่างสูง แต่เมื่อนำมาผ่านกระบวนการต้มสุกซึ่งจะมีน้ำแทรกเข้าไปในเส้น ทำให้แป้งเกิดการสุกและใสขึ้น ความสว่างและค่าสีเหลืองจึงลดลง ส่วนค่าสีเขียวพบว่าเส้นดิบมีค่าต่ำกว่าเส้นสุก จากการศึกษาพบว่าค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างกัน แต่การเติมผงบุกร้อยละ 1.0 ส่งผลต่อร้อยละผลผลิตและร้อยละการดูดซับสูงที่สุด ค่าความเหนียวสูงกว่าสูตรควบคุม และมีค่า %cooking loss ต่ำกว่าสูตรควบคุมและสูตรที่เติมผงบุกร้อยละ 0.25 ด้วย ดังนั้นจึงเลือกผงบุกร้อยละ 1.0 ในการศึกษาขั้นต่อไป

ตารางที่7 ปริมาณผงบุก (KJ) ต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	ความชอบสี	ความใส	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม	Maximum Load (N)
สูตรควบคุม	6.68±1.08^{a}	6.16±1.24^{a}	5.87±1.26^{b}	6.10±1.30^{a}	6.00±1.15^{a}	6.23±0.99^{a}	0.22±0.02^{b}
KJ 0.25%	6.65±1.38^{a}	6.16±1.13^{a}	6.48±1.23^{ab}	6.39±1.12^{a}	6.32±1.28^{a}	6.52±1.00^{a}	0.33±0.06^{a}
KJ 0.5%	6.48±1.29^{a}	6.16±1.10^{a}	6.68±1.22^{a}	6.74±1.15^{a}	6.52±1.03^{a}	6.61±1.12^{a}	0.28±0.01^{ab}
KJ 0.75%	6.45±1.39^{a}	6.32±1.30^{a}	6.65±1.47^{a}	6.65±1.62^{a}	6.45±1.48^{a}	6.74±1.32^{a}	0.35±0.10^{a}
KJ 1.0%	6.39±1.20^{a}	6.06±1.03^{a}	6.68±1.21^{a}	6.48±1.21^{a}	6.13±1.28^{a}	6.58±1.09^{a}	0.26±0.02^{ab}

หมายเหตุ: ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 8 ปริมาณผงบุก (KJ) ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	%cooking yield	%cooking loss	%absorption	%Moisture
สูตรควบคุม	171.80±1.50^{b}	7.37±0.38^{a}	71.80±1.50^{b}	37.21±0.49^{a}
KJ 0.25%	171.41±1.81^{b}	7.34±0.45^{a}	71.41±1.81^{b}	37.38±0.57^{a}
KJ 0.50%	170.07±0.72^{b}	5.73±0.33^{b}	70.07±0.72^{b}	37.78±0.87^{a}
KJ 0.75%	171.40±3.43^{b}	6.30±0.13^{b}	71.40±3.43^{b}	37.54±0.48^{a}
KJ 1.0%	177.08±1.93^{a}	6.35±0.13^{b}	77.08±1.93^{a}	37.31±0.40^{a}

หมายเหตุ: ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 9 ผลของปริมาณผงบุก (KJ) ต่อค่าสีเส้นกวยจั๊บอุบลสุกและดิบ

ตัวอย่าง	ดิบ			สุก		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
สูตรควบคุม	61.76±0.15^{d}	-1.15±0.03^{a}	4.23±0.18^{d}	53.33±0.14^{d}	-1.24±0.07^{b}	3.18±0.02^{a}
KY 0.25%	63.09±0.03^{c}	-1.19±0.04^{a}	5.44±0.06^{a}	51.37±0.27^{e}	-1.28±0.06^{ab}	2.13±0.11^{d}
KY 0.5%	67.02±0.01^{a}	-0.58±0.05^{b}	4.48±0.03^{c}	57.58±0.20^{a}	-1.13±0.03^{c}	2.80±0.07^{b}
KY 0.75%	58.89±0.03^{e}	-0.52±0.04^{c}	3.54±0.06^{e}	56.93±0.05^{b}	-1.15±0.05^{c}	1.60±0.08^{e}
KY 1.0%	65.23±0.02^{b}	-0.47±0.04^{d}	4.83±0.05^{b}	56.58±0.08^{c}	-1.32±0.03^{a}	2.54±0.05^{c}

หมายเหตุ: ^{a,b,c,d,e} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

กัวร์กัม (Guar gum)

การเติมกัวร์กัมต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและค่าความเหนียว (ตารางที่ 10) พบว่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าแรงต้านการดึงพบว่า เมื่อเติมปริมาณกัวร์กัมร้อยละ 0.75 ส่งผลให้ค่าแรงต้านการดึงมีค่าสูงที่สุด (0.32 N) แตกต่างกับสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนคุณภาพการทำสุกและความชื้น (ตารางที่ 11) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณที่ระดับร้อยละ 0.25 ส่งผลให้ค่าร้อยละผลผลิต (%cooking yield) และร้อยละการดูดซับ (%absorption) มีค่าน้อยกว่า

สูตรควบคุมและสูตรที่มีการเติมร้อยละ 0.5 0.75 และ 1.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับน้ำหนักที่สูญเสียระหว่างการทำสุก (%cooking loss) พบว่าการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์มีแนวโน้มทำให้ %cooking loss มีค่าลดลง โดยเฉพาะการเติมที่ระดับร้อยละ 0.75 มีค่าต่ำที่สุด และค่าความชื้นพบว่ามีค่าร้อยละ 39.41-39.84 สำหรับค่าสีของเส้นกวยจั๊บที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 12) พบว่าค่าความสว่างและค่าสีเหลืองของเส้นกวยจั๊บดิบมีค่าสูงกว่าเส้นกวยจั๊บสุก เนื่องจากเส้นดิบมีแป้งมันสำปะหลังติดตามเส้นระหว่างการผลิตเส้นที่โรยเพื่อไม่ให้เส้นติดกัน ดังนั้นจึงทำให้มีค่าความสว่างสูง แต่เมื่อนำมาผ่านกระบวนการต้มสุกซึ่งจะมีน้ำแทรกเข้าไปในเส้น ทำให้แป้งเกิดการสุกและใสขึ้น ความสว่างและค่าสีเหลืองจึงลดลง ส่วนค่าสีเขียวพบว่าเส้นดิบมีค่าต่ำกว่าเส้นสุก ดังนั้นระดับกัวร์กัมร้อยละ 0.75 จึงเป็นระดับที่ทำให้คุณภาพเส้นกวยจั๊บมีค่าร้อยละผลผลิตและการดูดซับสูง และยังมีค่าร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียระหว่างการทำสุกต่ำที่สุด นอกจากนั้นยังมีค่าความเหนียวสูงที่สุด เหมาะสำหรับนำไปศึกษาขั้นต่อไป

ตารางที่ 10 ปริมาณกัวร์กัม (GG) ต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	ความชอบสี	ความใส	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม	Maximum Load (N)
สูตรควบคุม	6.89±1.24^{a}	6.57±1.39^{a}	6.54±1.48^{a}	6.81±1.41^{a}	6.70±1.00^{a}	6.68±1.38^{a}	0.21±0.01^{b}
GG 0.25%	6.89±1.20^{a}	6.62±1.21^{a}	6.89±1.17^{a}	6.92±1.09^{a}	6.73±1.04^{a}	6.95±1.08^{a}	0.26±0.02^{b}
GG 0.5%	6.95±1.05^{a}	6.70±1.08^{a}	6.59±1.12^{a}	6.92±1.12^{a}	6.86±0.86^{a}	6.86±1.13^{a}	0.21±0.03^{b}
GG 0.75%	6.89±0.99^{a}	6.73±1.17^{a}	6.43±1.34^{a}	6.65±1.21^{a}	6.68±1.00^{a}	6.70±1.02^{a}	0.32±0.05^{a}
GG 1.0%	7.19±1.13^{a}	6.84±1.24^{a}	6.62±1.34^{a}	6.76±1.19^{a}	6.62±1.04^{a}	6.78±1.18^{a}	0.24±0.01^{b}

หมายเหตุ: ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 11 ปริมาณกัวร์กัม (GG) ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	%cooking yield	%cooking loss	%absorption	%Moisture
สูตรควบคุม	171.78±4.89^{a}	7.41±0.81^{a}	71.78±4.89^{a}	39.84±0.67^{a}
GG 0.25%	163.42±2.89^{c}	5.68±0.42^{b}	63.42±2.89^{c}	39.60±0.10^{a}
GG0.50%	168.72±3.17^{ab}	5.95±0.23^{b}	68.72±3.17^{ab}	39.41±0.74^{a}
GG 0.75%	175.11±3.39^{a}	5.13±0.14^{c}	75.11±3.39^{a}	39.54±0.38^{a}
GG 1.0%	169.23±1.84^{ab}	6.98±0.55^{a}	69.23±1.84^{ab}	39.82±0.23^{a}

หมายเหตุ: ^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 12 ผลของปริมาณก้วร์กัม (GG) ต่อค่าสีเส้นกวยจั๊บอุบลสุกและดิบ

ตัวอย่าง	ดิบ			สุก		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
สูตรควบคุม	69.40±0.08^{c}	-1.00±0.05^{a}	3.31±0.06^{d}	57.53±0.65^{a}	-1.97±0.05^{c}	2.99±0.08^{c}
GG 0.25%	63.46±0.02^{e}	-0.86±0.05^{b}	4.18±0.05^{c}	44.77±0.80^{d}	-1.97±0.03^{c}	1.70±0.11^{d}
GG 0.5%	67.68±0.02^{d}	-0.89±0.03^{b}	4.95±0.03^{b}	55.75±0.05^{c}	-2.07±0.02^{b}	4.06±0.12^{a}
GG 0.75%	73.17±0.01^{b}	-0.81±0.01^{c}	5.27±0.02^{a}	56.63±0.21^{b}	-2.19±0.04^{a}	3.56±0.04^{b}
GG 1.0%	74.86±0.96^{a}	-0.80±0.03^{c}	5.23±0.07^{a}	56.89±0.19^{b}	-2.10±0.02^{b}	3.96±0.07^{a}

หมายเหตุ: $^{a.b.c.d.e}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

คาร์ราจีแนน (carrageenan)

การเติมคาร์ราจีแนนต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและค่าความเหนียว (ตารางที่ 13) พบว่าค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าไม่มีความแตกต่างกันกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าความเหนียวพบว่าสูตรควบคุมมีค่าต่ำที่สุด (0.21 N) แตกต่างจากสูตรที่มีการเติมคาร์ราจีแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนคุณภาพการทำสุกและความชื้น (ตารางที่ 14) พบว่าเมื่อเติมปริมาณคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.25 ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่เมื่อเติมในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ร้อยละผลผลิตและร้อยละการดูดซับมีแนวโน้มลดลง ส่วน %cooking loss สูตรที่เติมร้อยละ 0.25 0.5 และ 1.0 มีค่าต่ำกว่าสูตรควบคุม และที่ระดับการเติมร้อยละ 0.25 มีค่าต่ำที่สุด (5.54%) แต่การเติมที่ร้อยละ 0.75 มีค่าไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าสีของเส้นกวยจั๊บที่เติมคาร์ราจีแนน (ตารางที่ 15) พบว่าค่าความสว่างของเส้นกวยจั๊บดิบมีค่าสูงกว่าเส้นกวยจั๊บสุก เนื่องจากเส้นดิบจะมีส่วนของแป้งมันสำปะหลังติดอยู่บริเวณเส้นภายนอกเพื่อป้องกันเส้นติดกันระหว่างผลิต ดังนั้นเมื่อนำไปผ่านการต้มให้สุกแป้งดิบจะเกิดการดูดน้ำและเกิดเจลใสขึ้น ทำให้ค่าความสว่างลดลง ส่วนค่าสีเขียวพบว่าเส้นดิบมีค่าต่ำกว่าเส้นสุก ดังนั้นการเติมคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.25 จึงมีความเหมาะสมในการนำไปศึกษาในขั้นต่อไป เนื่องจากพบว่ามีคุณภาพด้านการทำสุกดีที่สุด

ตารางที่ 13 ปริมาณคาร์ราจีแนน (CR) ต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	ความชอบสี	ความใส	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม	Maximum Load (N)
สูตรควบคุม	6.49±1.07^{a}	6.70±1.22^{a}	6.51±1.04^{a}	6.62±1.04^{a}	6.32±1.08^{a}	6.68±1.03^{a}	0.21±0.01^{b}
CR 0.25%	6.78±1.23^{a}	6.73±1.07^{a}	6.78±1.13^{a}	6.78±1.00^{a}	6.62±1.16^{a}	6.97±1.12^{a}	0.28±0.04^{a}
CR 0.5%	6.68±1.31^{a}	6.43±1.19^{a}	6.73±1.14^{a}	6.54±1.14^{a}	6.38±1.21^{a}	6.81±1.08^{a}	0.29±0.03^{a}
CR 0.75%	7.03±1.34^{a}	6.78±1.29^{a}	6.59±1.24^{a}	6.95±1.08^{a}	6.65±1.27^{a}	7.03±1.14^{a}	0.25±0.03^{ab}
CR 1.0%	6.84±1.17^{a}	6.70±1.15^{a}	6.51±1.07^{a}	6.73±1.26^{a}	6.68±1.06^{a}	6.76±1.06^{a}	0.31±0.05^{a}

หมายเหตุ: $^{a.b}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 14 ปริมาณคาร์ราจีแนน (CR) ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	%cooking yield	%cooking loss	%absorption	%Moisture
สูตรควบคุม	171.78±4.89^{ab}	7.41±0.81^{a}	71.78±4.89^{ab}	39.84±0.67^{a}
CR 0.25%	175.51±1.42^{a}	5.54±0.06^{d}	76.51±1.42^{a}	39.33±0.37^{a}
CR 0.50%	168.94±1.49^{bc}	6.06±0.04^{c}	68.94±1.49^{bc}	38.17±0.16^{b}
CR 0.75%	164.84±1.84^{c}	7.59±0.12^{a}	64.84±1.84^{c}	39.43±0.20^{a}
CR 1.0%	164.42±0.09^{c}	6.53±0.05^{b}	64.42±0.09^{c}	38.19±0.40^{b}

หมายเหตุ: $^{a, b, c, d}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 15 ผลของปริมาณคาร์ราจีแนน (CR) ต่อค่าสีเส้นกวยจั๊บสุกและดิบ

ตัวอย่าง	ดิบ			สุก		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
สูตรควบคุม	61.72±0.86^{ab}	-1.15±0.07^{a}	4.23±0.16^{a}	53.33±0.65^{b}	-1.24±0.02^{b}	3.18±0.17^{c}
CR 0.25%	48.31±4.61^{c}	-0.90±0.10^{b}	2.27±0.54^{c}	55.70±0.84^{a}	-1.49±0.04^{a}	4.71±0.24^{a}
CR 0.5%	58.52±1.23^{b}	-0.99±0.06^{b}	3.03±0.12^{b}	51.30±2.69^{b}	-1.47±0.03^{a}	3.83±0.32^{b}
CR 0.75%	51.20±3.16^{c}	-0.75±0.13^{c}	1.02±0.31^{d}	53.51±0.48^{b}	-1.53±0.07^{a}	3.94±0.16^{b}
CR 1.0%	64.14±1.00^{a}	-0.97±0.02^{b}	2.76±0.15^{b}	52.17±2.19^{b}	-1.25±0.05^{b}	4.16±0.41^{b}

หมายเหตุ: $^{a, b, c, d}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส (CMC)

การเติม CMC ต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสและค่าแรงต้านต่อความเหนียว (ตารางที่ 16) พบว่าค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับสูตรควบคุม ยกเว้นค่าความชอบด้านสี พบว่าสูตรควบคุมมีค่าต่ำที่สุดและแตกต่างกันกับสูตรที่เติม CMC ร้อยละ 0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าความเหนียวพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสูตรที่เติมและไม่เติม CMC แต่แนวโน้มพบว่าสูตรที่มีการเติม CMC จะมีค่าความเหนียวสูงกว่าสูตรที่ไม่มีการเติม CMC สำหรับคุณภาพการทำสุกและความชื้น (ตารางที่ 17) พบว่าการเติม CMC ในระดับที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าร้อยละผลผลิตและร้อยละการดูดซับ มีแนวโน้มสูงขึ้น %cooking loss ในสูตรควบคุมและสูตรที่เติม CMC ร้อยละ 0.5 และ 0.75 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าต่ำกว่าสูตรที่เติม CMC ร้อยละ 0.25 และ 1.0 ทั้งนี้เมื่อเติมไฮโดรคอลลอยด์สามารถเพิ่มสัดส่วนผลผลิตหรือสมบัติการดูดซับน้ำเนื่องจากสมบัติการจับกับน้ำและกักเก็บน้ำของไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น อย่างไรก็ตามค่าน้ำหนักที่สูญเสียระหว่างการทำสุกบ่งบอกถึงความแข็งแรงของโครงสร้างเส้น หากมีค่าต่ำแสดงว่ามีความแข็งแรงสูง หากมีค่าสูงแสดงว่าโครงสร้างเส้นไม่แข็งแรง (Jarnsuwan and Thongngam, 2011) สอดคล้องกับการศึกษาของ Choy และคณะ (2012) ถึงผลของการเติมแป้งมันสำปะหลังและการเติมสาร CMC ต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปพบว่า การเติม CMC มีผลต่อลักษณะทางเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เมื่อมีการเติม CMC จะส่งผลให้เส้นบะหมี่มีค่าต้านความเหนียวสูงขึ้น และมีลักษณะนุ่มมากขึ้นในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปที่

ผ่านการคืนรูปแล้ว นอกจากนี้การเติม CMC ยังส่งผลต่อค่าสีของเส้นบะหมี่ ซึ่งพบว่าเมื่อเติม CMC ค่าความสว่างของเส้นบะหมี่ก่อนการคืนตัวมีค่าต่ำกว่าหลังจากการคืนตัว จะเห็นว่าการเติมสาร CMC ในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจะช่วยปรับปรุงด้านเนื้อสัมผัสและสีของเส้นบะหมี่หลังจากการคืนตัวได้ ส่วนความชื้นพบว่ามีค่าร้อยละ 37.80-39.87 สำหรับค่าสีของเส้นกวยจั๊บอุบลที่เติมCMC (ตารางที่ 18) พบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลดิบจะมีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองสูงกว่าเส้นสุก ดังนั้นการศึกษาในขั้นต่อไปจึงเลือกการเติม CMC ร้อยละ 0.75 เนื่องจากส่งผลให้คุณภาพการทำสุกมีค่าสูงกว่าสูตรอื่นๆ

ตารางที่ 16 ปริมาณ (CMC) ต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	ความชอบสี	ความใส	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม	Maximum Load (N)
สูตรควบคุม	6.41±1.07^{b}	6.38±1.19^{a}	6.35±1.51^{a}	6.81±1.31^{a}	6.65±1.16^{a}	6.73±1.22^{a}	0.25±0.06^{a}
CMC 0.25%	6.84±1.28^{ab}	6.81±1.33^{a}	6.41±1.26^{a}	6.70±1.31^{a}	6.73±1.02^{a}	6.78±1.11^{a}	0.27±0.02^{a}
CMC 0.5%	7.03±1.24^{a}	6.73±1.28^{a}	6.70±1.35^{a}	7.05±1.31^{a}	6.78±1.18^{a}	7.08±1.16^{a}	0.29±0.01^{a}
CMC 0.75%	6.86±1.08^{ab}	6.76±1.21^{a}	6.78±1.06^{a}	7.11±1.05^{a}	6.76±1.09^{a}	7.11±1.02^{a}	0.26±0.05^{a}
CMC 1.0%	6.95±1.20^{ab}	6.70±1.31^{a}	6.81±1.22^{a}	6.68±1.27^{a}	6.54±1.07^{a}	6.89±1.39^{a}	0.28±0.02^{a}

หมายเหตุ: ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 17 ปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	%cooking yield	%cooking loss	%absorption	%Moisture
สูตรควบคุม	170.70±5.16^{ab}	6.28±0.23^{b}	70.70±5.16^{ab}	39.53±0.30^{a}
CMC 0.25%	168.37±0.74^{b}	6.73±0.19^{a}	68.37±0.74^{b}	39.27±1.27^{ab}
CMC 0.50%	169.12±2.71^{b}	6.41±0.27^{b}	69.12±2.71^{b}	38.54±0.12^{ab}
CMC 0.75%	174.67±0.75^{ab}	6.60±0.34^{b}	74.67±0.75^{ab}	39.87±0.15^{a}
CMC 1.0%	176.41±2.53^{a}	7.23±0.27^{a}	76.41±2.53^{a}	37.80±0.13^{b}

หมายเหตุ: ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 18 ผลของปริมาณคาร์บอกซีลเมทิลเซลลูโลส (CMC) ต่อค่าสีเส้นกวยจั๊บสุกและดิบ

ตัวอย่าง	ดิบ			สุก		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
สูตรควบคุม	69.40±0.08^{c}	-1.00±0.05^{a}	3.31±0.06^{d}	57.53±0.65^{c}	-1.97±0.05^{e}	2.99±0.08^{e}
CMC 0.25%	65.61±0.04^{e}	-0.95±0.01^{b}	4.11±0.07^{c}	57.43±0.72^{c}	-2.04±0.05^{d}	3.57±0.15^{b}
CMC 0.5%	68.47±0.01^{d}	-0.91±0.02^{b}	4.20±0.03^{b}	58.21±0.02^{b}	-2.15±0.04^{c}	4.36±0.12^{a}
CMC 0.75%	71.90±0.05^{b}	-1.04±0.04^{a}	4.57±0.08^{a}	60.25±0.90^{a}	-2.31±0.02^{a}	3.36±0.04^{c}
CMC 1.0%	73.90±0.01^{a}	-1.00±0.04^{a}	4.16±0.03^{bc}	60.48±0.01^{a}	-2.23±0.07^{b}	3.13±0.07^{d}

หมายเหตุ: ^{a,b,c,c,d,e} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

อัลจิเนต (alginate)

ส่วนการเติมอัลจิเนตต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและค่าความเหนียว (ตารางที่ 19) พบว่าค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนค่าแรงต้านการดึงพบว่าการเติมอัลจิเนตร้อยละ 0.5 มีค่าต่ำที่สุด และการเติมร้อยละ 0.25 มีค่าสูงที่สุด ส่วนค่าคุณภาพการทำสุกและปริมาณความชื้น (ตารางที่ 20) พบว่าการเติมอัลจิเนตร้อยละ 0.5 และ 0.75 ส่งผลให้ค่าร้อยละผลผลิตและร้อยละการดูดซับสูงที่สุด ส่วนค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทำสุก พบว่าสูตรควบคุมและการเติมอัลจิเนตร้อยละ 0.75 และ 1.0 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ การเติมอัลจิเนตร้อยละ 0.75 มีค่าร้อยละผลผลิตและร้อยละการดูดซับสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า %cooking loss พบว่าการเติมอัลจิเนตร้อยละ 0.5 และ 0.75 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสูตรควบคุม และมีค่าต่ำกว่าสูตรที่เติมอัลจิเนตร้อยละ 0.25 และ 1.0 สำหรับปริมาณความชื้นพบว่ามีค่าร้อยละ 39.05-39.53 สำหรับค่าสีของเส้นกวยจั๊บที่เติมอัลจิเนตปริมาณที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 21) พบว่าค่าความสว่างและค่าสีเหลืองของเส้นกวยจั๊บดิบมีค่าสูงกว่าเส้นกวยจั๊บสุก เนื่องจากแป้งดิบเมื่อนำมาผ่านกระบวนการต้มสุกจะมีน้ำแทรกเข้าไปเส้นทำให้แป้งเกิดการสุกและใสขึ้นความสว่างและค่าสีเหลืองจึงลดลง เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้งพันธะไฮโดรเจนเกิดการคลายตัว เม็ดแป้งดูดน้ำและเกิดการพองตัว ส่วนผสมน้ำแป้งมีความหนืดและใสมากขึ้นเนื่องจากโมเลกุลน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเกิดการเคลื่อนที่ได้น้อยลงทำให้เกิดความหนืด (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ส่วนค่า a* พบว่ามีค่าสีเขียวและเส้นดิบมีค่าต่ำกว่าเส้นสุก ดังนั้นปริมาณอัลจิเนตที่เหมาะสมในการนำไปศึกษาในขั้นต่อไปคือร้อยละ 0.75 เนื่องจากมีค่าความเหนียวของเส้นสูง และมีค่าคุณภาพการทำสุกดีกว่าการเติมในระดับอื่นด้วย

ตารางที่ 19 ปริมาณอัลจิเนต (AG) ต่อค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	ความชอบสี	ความใส	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม	Maximum Load (N)
สูตรควบคุม	6.53±1.05^{a}	6.71±1.09^{a}	7.00±1.15^{a}	6.56±1.21^{a}	6.59±1.05^{a}	6.74±0.99^{a}	0.25±0.06^{ab}
AG 0.25%	7.00±1.04^{a}	6.91±0.90^{a}	6.97±1.00^{a}	6.79±1.07^{a}	6.74±1.19^{a}	7.12±1.07^{a}	0.30±0.01^{a}
AG 0.5%	6.97±1.00^{a}	6.94±0.78^{a}	7.12±1.04^{a}	6.79±1.23^{a}	6.59±1.08^{a}	6.94±1.13^{a}	0.23±0.03^{b}
AG 0.75%	7.06±1.01^{a}	7.06±0.92^{a}	7.09±1.11^{a}	7.18±1.09^{a}	6.79±0.98^{a}	7.18±1.06^{a}	0.29±0.01^{a}
AG 1.0%	6.97±1.09^{a}	6.91±1.16^{a}	6.85±1.23^{a}	6.79±1.39^{a}	6.68±1.15^{a}	6.91±1.48^{a}	0.28±0.02^{ab}

หมายเหตุ: ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 20 ปริมาณอัลจิเนต (AG) ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	%cooking yield	%cooking loss	%absorption	%Moisture
สูตรควบคุม	170.70±5.16^{b}	6.28±0.23^{b}	70.70±5.16^{b}	39.53±0.30^{a}
AG 0.25%	171.20±0.93^{b}	7.61±0.18^{a}	71.20±0.93^{b}	39.12±0.79^{a}
AG 0.50%	176.18±0.63^{ab}	6.53±0.44^{b}	76.18±0.63^{ab}	39.05±0.79^{a}
AG 0.75%	182.96±0.44^{a}	6.18±0.22^{b}	82.96±0.44^{a}	39.24±1.00^{a}
AG 1.0%	173.81±3.21^{b}	7.61±0.04^{a}	73.81±3.21^{b}	39.24±0.34^{a}

หมายเหตุ: ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 21 ผลของปริมาณอัลจิเนต (AG) ต่อค่าสีเส้นกวยจั๊บอุบลสุกและดิบ

ตัวอย่าง	ดิบ			สุก		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
สูตรควบคุม	61.72±0.38^{c}	-1.14±0.03^{a}	4.23±0.20^{a}	53.33±0.08^{a}	-1.24±0.01^{d}	3.18±0.06^{d}
AG 0.25%	66.27±0.85^{a}	-1.09±0.03^{bc}	4.32±0.21^{a}	53.50±0.65^{a}	-1.60±0.07^{b}	4.26±0.08^{a}
AG 0.5%	61.72±1.01^{c}	-1.07±0.05^{c}	3.16±0.26^{c}	54.08±1.60^{a}	-1.67±0.06^{b}	3.53±0.18^{bc}
AG 0.75%	66.06±0.91^{a}	-1.16±0.06^{a}	3.46±0.04^{b}	49.67±0.69^{b}	-1.44±0.06^{c}	3.63±0.20^{b}
AG 1.0%	64.66±0.49^{b}	-1.14±0.05^{ab}	2.29±0.10^{d}	54.86±3.01^{a}	-1.85±0.05^{a}	3.23±0.43^{cd}

หมายเหตุ: ^{a,b,c,d} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

3. ผลของชนิดสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบล

ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพการทำสุก ความเหนียวของเส้น ความชื้น และค่าสีที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 6 ชนิด โดยพิจารณาจากสูตรที่มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูง และค่าคุณภาพการทำสุกที่มีค่าร้อยละการดูดซับและร้อยละผลผลิตสูง ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำสุกต่ำ นอกจากนี้ค่าความเหนียวของเส้นมีค่าสูงกว่าสูตรควบคุม สามารถสรุปความเหมาะสมของปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดได้ดังนี้ แซนแทนกัมร้อยละ 0.5, กัวร์กัมร้อยละ 0.75, CMC ร้อยละ 0.75, คาร์ราจีแนนร้อยละ 0.25, อัลจิเนตร้อยละ 0.75 และผงบุกร้อยละ 1.0 เมื่อได้ปริมาณที่เหมาะสมของสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดแล้ว จึงนำมาศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลต่อไป

ผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัส และค่าความเหนียว (ตารางที่ 22) พบว่าค่าสี ความใส มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนค่าความเหนียว ความนุ่ม และค่าความชอบโดยรวม พบว่าสูตรควบคุมมีค่าต่ำแตกต่างกับสูตรที่เติมไฮดดรคอลลอยด์แต่ละชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลิ่นรสพบว่าสูตรควบคุมและสูตรที่เติมอัลจิเนตและคาร์ราจีแนนไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนค่าแรงต้านการดึง พบว่ากัวร์กัมมีค่าแรงต้านการดึงสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นและสูตรควบคุม สำหรับคุณภาพการทำสุกและค่าความชื้น (ตารางที่ 23) กัวร์กัมส่งผลต่อคุณภาพการทำสุกดีที่สุด เนื่องจากสามารถทำให้ร้อยละผลผลิตและร้อยละการดูดซับสูงกว่าสูตรควบคุม และเมื่อพิจารณาค่า %cooking loss พบว่ามีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นๆ ส่วนค่าสี (ตารางที่ 24) ของเส้น

กวยจั๊บอุบลที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ 6 ชนิดแตกต่างกันที่เติมปริมาณที่เหมาะสมแตกต่างกัน พบว่าค่าสีของเส้นสุกมีค่าความสว่างต่ำกว่าเส้นดิบ เนื่องจากเมื่อเส้นผ่านกระบวนการต้มสุกจะมีน้ำแทรกเข้าไปในเส้น ทำให้แป้งเกิดการสุกและใสขึ้นส่งผลให้ความสว่างและค่าสีเหลืองจึงลดลง พันธะไฮโดรเจนเกิดการคลายตัว เม็ดแป้งดูดน้ำและเกิดการพองตัว ส่วนผสมน้ำแป้งมีความหนืดและใสมากขึ้น ดังนั้นการศึกษาในขั้นตอนต่อไปจึงเลือกการเติมกัวร์กัมที่ระดับร้อยละ 0.75 ซึ่งส่งผลให้คุณภาพการทำสุก ความเหนียว และการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงที่สุด

ตารางที่ 22 ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	ความชอบสี	ความใส	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม	Maximum Load (N)
สูตรควบคุม	6.47±1.13^{a}	6.19±1.31^{a}	5.00±1.67^{b}	5.31±1.58^{b}	5.83±1.40^{b}	5.50±1.42^{b}	0.22±0.01^{c}
AG 0.75%	6.39±1.20^{a}	6.11±1.04^{a}	6.39±1.46^{a}	6.47±1.36^{a}	6.31±1.24^{ab}	6.36±1.22^{a}	0.26±0.02^{b}
CMC 0.75%	6.69±0.92^{a}	6.75±1.20^{a}	6.64±1.44^{a}	6.61±1.44^{a}	6.61±1.18^{a}	6.58±1.05^{a}	0.25±0.01^{b}
CR 0.25%	6.36±1.27^{a}	6.53±1.38^{a}	6.56±1.36^{a}	6.69±1.19^{a}	6.39±1.46^{ab}	6.78±1.31^{a}	0.26±0.02^{b}
GG 0.75%	6.58±0.97^{a}	6.14±1.38^{a}	6.61±1.54^{a}	6.81±1.47^{a}	6.58±0.97^{a}	6.86±1.17^{a}	0.31±0.01^{a}
KJ 1.0%	6.56±1.16^{a}	6.56±1.11^{a}	6.44±1.48^{a}	7.03±1.17^{a}	6.69±1.17^{a}	6.69±1.14^{a}	0.25±0.01^{b}
XG 0.5 %	6.83±0.97^{a}	6.61±1.18^{a}	6.89±1.06^{a}	6.69±1.38^{a}	6.50±1.38^{a}	6.86±1.02^{a}	0.27±0.03^{b}

หมายเหตุ: $^{a, b, c}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 23 ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพการทำสุกและความชื้นของเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	%cooking yield	%cooking loss	%absorption	%Moisture
สูตรควบคุม	171.01±2.90^{c}	7.97±0.42^{a}	71.01±2.90^{c}	39.61±1.15^{a}
AG 0.75 %	179.33±1.89^{a}	7.87±0.37^{ab}	79.33±1.89^{a}	39.90±0.84^{a}
CMC 0.75%	174.03±4.72^{abc}	7.21±0.27^{bc}	74.03±4.72^{abc}	38.78±0.35^{ab}
CR 0.25%	174.81±2.40^{abc}	6.36±0.36^{de}	74.81±2.40^{abc}	39.05±0.22^{ab}
GG 0.75%	176.52±1.08^{abc}	5.97±0.43^{e}	76.52±1.08^{abc}	38.42±0.15^{b}
KJ 1.0%	178.33±3.91^{ab}	7.13±0.28^{c}	78.33±3.91a^{b}	39.74±0.43^{a}
XG 0.5%	172.49±3.01^{bc}	6.87±0.48^{cd}	72.49±3.01b^{c}	38.84±0.44^{ab}

หมายเหตุ: $^{a, b, c, d, e}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

ตารางที่ 24 ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อค่าสีของเส้นกวยจั๊บอุบล

ตัวอย่าง	ดิบ			สุก		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
สูตรควบคุม	61.79±0.02^{c}	-1.14±0.03^{b}	4.17±0.09^{b}	53.25±0.03^{b}	-1.28±0.04^{c}	3.18±0.03^{c}
AG 0.75%	66.56±0.83^{a}	-1.15±0.07^{ab}	3.45±0.06^{c}	49.24±0.51^{c}	-1.47±0.07^{b}	3.55±0.23^{b}
CR 0.25%	51.67±0.30^{d}	-0.97±0.03^{c}	2.64±0.25^{d}	56.21±0.21^{b}	-1.49±0.05^{b}	4.85±0.06^{a}
CMC 0.75%	69.55±0.03^{a}	-1.21±0.02^{a}	5.00±0.06^{a}	47.80±0.01^{d}	-1.03±0.06^{d}	1.54±0.05^{e}
GG 0.75%	65.21±0.02^{b}	-0.44±0.02^{d}	4.82±0.04^{a}b	56.57±.011^{ab}	-1.33±0.03^{c}	2.56±0.06^{d}
KY 1.0 %	64.83±.022^{b}	-0.96±0.05^{c}	3.59±0.06^{c}	57.95±0.55^{a}	-1.68±0.08^{a}	3.35±0.08^{bc}
XG 0.5%	61.79±0.02^{c}	-1.14±0.03^{b}	4.17±0.09^{b}	53.25±0.03^{b}	-1.28±0.04^{c}	3.18±0.03^{c}

หมายเหตุ: ^{a,b,c,d,e} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: สูตรควบคุมคือ ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 ต่อ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25

4. อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

หลังจากได้ชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมคือ กัวร์กัมร้อยละ 0.75 ของแป้งทั้งหมด จากนั้นจึงทำการศึกษากระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป โดยนำเส้นกวยจั๊บสดมาทำให้สุกโดยต้มในน้ำเดือดใช้เวลาสองเท่าของเวลาทำให้สุก จากนั้นนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาศึกษาสภาวะการอบที่เหมาะสมโดยกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการอบดังนี้ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 13 ตามมาตรฐานอาหารกึ่งสำเร็จรูป (กระทรวงสาธารณสุข, 2543)หลังจากนั้นนำมาทำการวิเคราะห์คุณภาพการทำสุก (cooking quality) ค่าแรงต้านต่อความเหนียว ค่าสี และประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

จากตารางที่ 25 จะเห็นว่าอุณหภูมิในการอบเส้นกวยจั๊บที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที มีค่าร้อยละผลผลิตและร้อยละการดูดซับน้ำสูงและร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุกต่ำไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนอุณหภูมิการอบเส้น 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะมีค่าร้อยละการสูญเสียหลังการทำสุกสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งยังมีค่าร้อยละการดูดซับน้ำและร้อยละผลผลิตต่ำที่สุด ซึ่งเส้นที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ระหว่างการอบจะมีการระเหยออกของน้ำอย่างรวดเร็ว ทำให้เส้นกวยจั๊บเกิดการหดตัวแน่นดังนั้นส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับน้ำและร้อยละผลผลิตต่ำด้วย นอกจากสมบัติด้านความเหนียวที่สภาวะการอบเส้น 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที มีค่าความเหนียวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีค่าแรงต้านต่อความเหนียวต่ำที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cham and Suwannaporn (2010) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งข้าวเจ้า ซึ่งพบว่าตัวอย่างที่ใช้ความร้อน 60 องศาเซลเซียส มีค่าความเหนียวและค่า %cooking yield ของเส้นก๋วยเตี๋ยวน้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้ความร้อน 70 องศาเซลเซียส ส่วนค่าจากตารางที่ 26 จะเห็นว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มมากขึ้นค่าความ

สว่างของเส้นกวยจั๊บก่อนการทำสุกมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงส่งผลให้แป้งในการผลิตเส้นกวยจั๊บมีสีเข้มมากขึ้น โดยเฉพาะเส้นที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะมีการหดตัวของเส้นมากที่สุดดังนั้นความสว่างของเส้นจึงต่ำที่สุด แต่เมื่อผ่านการทำสุกค่าความสว่างของเส้นกวยจั๊บมีค่าต่ำลง ยกเว้นในสูตรที่ผ่านการอบ 80 องศาเซลเซียสจะมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีเหลืองพบว่าเส้นดิบมีค่าสูงกว่าเส้นสุก และค่าสีเขียวพบว่าเส้นสุกมีค่าสูงกว่าเส้นดิบ จากตารางที่ 29 เมื่อทำการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคพบว่า ลักษณะความชอบของสี ความใส ไม่มีความแตกต่างกัน อาจเป็นเพราะว่าเมื่อผ่านการทำสุกแล้วสีและความใสของเส้นกวยจั๊บไม่แตกต่างกันมากนัก จึงทำให้การแยกแยะของผู้ทดสอบชิมทำได้ยาก ส่วนลักษณะความชอบด้านความเหนียว ความนุ่ม กลิ่นรส และความชอบโดยรวมจะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคสูง

จากการทดลองทั้งหมดจึงสามารถคัดเลือกสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปคือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เนื่องจากได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและมีค่าร้อยละของน้ำหนักหลังการทำสุกและร้อยละการดูดน้ำมากที่สุด และมีร้อยละการสูญเสียหลังการทำสุกน้อยที่สุด จึงเลือกทั้งสองสภาวะไปทำการศึกษาการคืนตัวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่เหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 25 คุณภาพหลังการทำสุกและค่าแรงต้านต่อความเหนียวของเส้นกวยจั๊บที่สภาวะการอบแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	%cooking yield	%cooking loss	% absorption	%Moisture	Maximum Load (N)
50C°_3hr	420.35±7.54^{a}	3.50±0.28^{b}	320.35±7.54^{a}	10.03±0.01^{b}	0.25±0.03^{b}
60C°_2hr30min	430.71±8.36^{a}	3.62±0.65^{b}	330.71±8.36^{a}	11.47±0.08^{a}	0.34±0.05^{a}
70C°_1hr30min	466.77±10.68^{a}	3.37±0.61^{b}	366.77±10.68^{a}	9.95±0.05^{b}	0.30±0.01^{a}
80C°_1hr	367.87±9.95^{b}	7.58±0.39^{a}	267.87±9.95^{b}	11.08±0.53^{a}	0.24±0.02^{b}

หมายเหตุ: ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 26 ค่าสีของเส้นกวยจั๊บก่อนการทำสุกและหลังการทำสุกที่สภาวะการอบแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ดิบ			สุก		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
50C°_3hr	59.40±1.22^{b}	-0.93±0.06^{c}	10.76±0.33^{b}	57.46±0.75^{b}	-1.88±0.05^{a}	3.88±0.07^{c}
60C°_2hr30min	64.20±1.41^{a}	-0.99±0.03^{c}	9.58±0.29^{d}	58.45±0.22^{b}	-1.54±0.03^{d}	5.82±0.11^{a}
70C°_1hr30min	60.91±0.23^{b}	-1.05±0.02^{a}	10.47±0.06^{c}	57.19±0.34^{b}	-1.84±0.05^{b}	5.3±0.10^{b}
80C°_1hr	58.18±0.59^{c}	-0.33±0.08^{d}	11.99±0.09^{a}	61.57±0.77^{a}	-1.69±0.04^{c}	5.52±0.27^{ab}

หมายเหตุ: ^{a,b,c,d} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 27 ค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจี๊บที่สภาวะการอบแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ความชอบสี	ความใส	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม
50C°_3hr	7.12±0.95[a]	6.59±1.26[a]	6.26±1.05[ab]	6.29±1.38[ab]	6.59±1.13[ab]	6.65±1.12[ab]
60C°_2hr30min	6.88±0.73[a]	6.62±0.89[a]	6.76±1.10[a]	6.73±1.15[a]	6.65±1.10[ab]	6.88±1.04[ab]
70C°_1hr30min	7.06±0.92[a]	6.68±0.81[a]	6.76±1.26[a]	6.91±1.23[a]	6.91±1.22[a]	6.97±1.03[a]
80C°_1hr	6.65±0.95[a]	6.35±1.04[a]	6.06±1.01[b]	6.00±0.95[b]	6.32±0.94[b]	6.38±0.89[b]

หมายเหตุ: [a,b] ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5. การศึกษาสภาวะและเวลาในการคืนตัวที่เหมาะสมของเส้นกวยจี๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

หลังจากได้สภาวะในการอบแห้งเส้นกวยจี๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาทีแล้ว จากนั้นทำการศึกษาสภาวะและเวลาในการคืนตัวที่เหมาะสม โดยกำหนดสภาวะและเวลาในการคืนตัวดังนี้ การคืนตัวด้วยน้ำร้อน (Hw) อุณหภูมิ 98±2 องศาเซลเซียส นาน 4, 6 และ 8 นาที และการคืนตัวด้วยไมโครเวฟ (Mw) กำลังไฟ 800 วัตต์ โดยใช้ความร้อนระดับสูงเป็นเวลา 5, 7 และ 9 นาที หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพหลังการทำสุก ค่าสี และประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

จากการศึกษาคุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจี๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยน้ำร้อน แสดงดังตารางที่ 28 พบว่าการเพิ่มเวลาในการคืนตัวจาก 4 นาที เป็น 6 และ 8 นาที ส่งผลให้ค่าร้อยละน้ำหนักหลังจากการทำสุก (%cooking yield) มีค่ามากขึ้น จาก 305.50±8.56 เป็น 408.57±10.08 ในตัวอย่างที่อบที่อุณหภูมิ60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที และเพิ่มขึ้นจาก 343.08±7.43 เป็น 457.30±2.75 ในตัวอย่างที่อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เนื่องจากเมื่อระยะเวลาในการคืนตัวมากขึ้น น้ำร้อนสามารถดูดซึมเข้าไปในเส้นกวยจี๊บได้มากขึ้น การเพิ่มของน้ำในระบบจะทำให้น้ำหนักหลังจากการทำสุกมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ร้อยละการสูญเสียหลังการทำสุก (%cooking loss) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ค่าการดูดซับน้ำ (%absorption) มีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับร้อยละน้ำหนักหลังจากการทำสุก

ตารางที่ 28 คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจี๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยน้ำร้อน

ตัวอย่าง	%cooking yield	%cooking loss	%absorption
60 C°_Hw 4 min	305.50±8.56[f]	0.97±0.13[a]	205.50±8.56[f]
60 C°_Hw 6 min	361.40±4.97[d]	1.05±0.24[a]	261.40±4.97[d]
60 C°_Hw 8 min	408.57±10.08[b]	1.07±0.15[a]	308.57±10.08[b]
70 C°_Hw 4 min	343.08±7.43[e]	0.88±0.08[a]	243.08±7.43[e]
70 C°_Hw 6 min	385.20±3.58[c]	0.95±0.11[a]	285.20±3.58[c]
70 C°_Hw 8 min	457.30±2.75[a]	0.91±0.16[a]	357.30±2.75[a]

หมายเหตุ: [a,b,c,d,e,f] ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 29 ค่าสีของเส้นกวยจี๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเมื่อคืนตัวด้วยน้ำร้อน พบว่าค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 60.12-65.51 ซึ่งค่อนข้างมีความสว่างสูง ส่วนค่าสีเขียวมีค่า 1.4-1.82 และค่าสีเหลืองพบว่ามีค่า 4.40-7.09 ส่วนค่าความเหนียวพบว่าเส้นกวยจี๊บที่ผ่านการอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส และแช่น้ำร้อน 4 นาทีมีค่าความเหนียวสูงที่สุด และมีค่าสูงไม่แตกต่างกันกับการแช่น้ำร้อนที่ระยะเวลา 6 นาที และพบว่าเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำร้อนมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความเหนียวเส้นกวยจี๊บมีแนวโน้มลดลงในเส้นแห้งที่ผ่านการอบทั้ง 2 อุณหภูมิ ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาในการแช่ทำให้เส้นสามารถดูดน้ำได้สูงขึ้น เมื่อปริมาณน้ำในเส้นสูงขึ้นส่งผลให้การเกาะตัวกันขององค์ประกอบภายในถูกแทนที่ด้วยน้ำ ความแข็งแรงหรือแรงในการเกาะตัวกันน้อยลง ส่งผลให้ค่าความเหนียวของเส้นมีค่าต่ำลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยผลิตภัณฑ์ขนมจีนกึ่งสำเร็จรูปที่มีการอบแห้งขนมจีนโดยการอบแห้งในตู้อบแบบถาด และการแช่แข็ง-คืนรูปแล้วอบแห้ง ซึ่งเมื่อหาการคืนรูปของขนมจีนอบแห้งพบว่าขนมจีนที่อบแห้งโดยการแช่แข็ง-คืนรูปแล้วอบแห้งจะคืนรูปและดูดน้ำได้ดีกว่าขนมจีนที่อบแห้งในตู้อบแบบถาด และพบว่าเส้นขนมจีนที่แช่แข็ง-คืนรูปแล้วอบแห้ง จะมีลักษณะเส้นค่อนข้างเปราะ แห้งสม่ำเสมอ มีสีขาวขุ่น (อรอนงค์ และคณะ, 2535) จากตารางที่ 30 แสดงการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจี๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยน้ำร้อนของเส้นที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 อุณหภูมิ พบว่าเส้นกวยจี๊บที่ผ่านการแช่น้ำร้อนที่ระยะเวลา 4, 6 และ 8 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการคืนตัวของเส้นกวยจี๊บด้วยน้ำร้อนพบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการคืนตัวค่าความเหนียวมีค่าลดลง โดยเฉพาะเส้นที่ผ่านการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียสจะมีค่าความเหนียวต่ำกว่าเส้นที่อบแห้ง 60 องศาเซลเซียส หากพิจารณาร่วมกับคุณภาพการทำสุกแล้วพบว่าเส้นที่ผ่านการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส แล้วคืนตัวด้วยน้ำร้อน 4 นาที มีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อ เนื่องจากคุณลักษณะเด่นที่สำคัญของเส้นกวยจี๊บคือความเหนียวของเส้น เป็นลักษณะแรกที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ

ตารางที่ 29 ค่าสีและความเหนียวของเส้นกวยจี๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยน้ำร้อน

ตัวอย่าง	ค่าสี			Maximum Load
	L*	a*	b*	(N)
60 C° _Hw 4 min	61.08±0.31^{c}	-1.54±0.03^{c}	6.61±0.19^{b}	0.26±0.04^{a}
60 C° _Hw 6 min	64.49±0.32^{b}	-1.56±0.03^{c}	6.63±0.05^{b}	0.22±0.03^{ab}
60 C° _Hw 8 min	60.12±0.52^{d}	-1.80±0.02^{bc}	4.40±0.06^{d}	0.20±0.01^{b}
70 C° _Hw 4 min	65.84±0.75^{a}	-1.45±0.03^{d}	7.09±0.31^{a}	0.21±0.09^{b}
70 C° _Hw 6 min	61.46±0.81^{c}	-1.82±0.04^{a}	4.66±0.28^{d}	0.19±0.03^{b}
70 C° _Hw 8 min	65.51±0.07^{a}	-1.74±0.05^{b}	5.49±0.07^{c}	0.17±0.02^{b}

หมายเหตุ: ^{a,b,c,d} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 30 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยน้ำร้อน

ตัวอย่าง	ความชอบสี	ความใส	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม
60C°_Hw 4 min	6.87±1.28^{a}	6.67±1.18^{a}	6.27±0.98^{a}	6.73±1.20^{a}	6.67±1.47^{a}	6.57±1.10^{a}
60C°_Hw 6 min	6.97±1.47^{a}	6.67±1.12^{a}	6.20±0.92^{a}	6.77±1.28^{a}	7.07±1.23^{a}	6.47±1.11^{a}
60C°_Hw 8 min	6.97±1.27^{a}	6.67±1.24^{a}	6.27±1.11^{a}	7.23±1.52^{a}	6.90±1.32^{a}	6.67±1.18^{a}
70C°_Hw 4 min	7.07±1.23^{a}	6.83±1.51^{a}	6.53±1.17^{a}	6.73±1.39^{a}	6.90±1.21^{a}	7.00±1.44^{a}
70C°_Hw 6 min	7.00±1.08^{a}	6.60±1.16^{a}	6.37±1.16^{a}	6.60±1.45^{a}	6.77±1.14^{a}	6.67±1.37^{a}
70C°_Hw 8 min	7.20±1.19^{a}	7.07±1.34^{a}	6.20±0.92^{a}	6.73±1.36^{a}	7.03±1.16^{a}	6.87±1.36^{a}

หมายเหตุ: $^{a, b, c, d, e}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 31 แสดงคุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟพบว่า %cooking loss ของเส้นที่ผ่านกาอบ 60 องศาเซลเซียสและคืนตัวด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลา 5 นาทีมีค่าต่ำที่สุด แตกต่างกับที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเส้นแห้งที่ผ่านการอบ 70 องศาเซลเซียสและการคืนตัวด้วยไมโครเวฟที่ระยะเวลา 7 และ 9 นาที มีค่า %cooking loss สูงที่สุด แตกต่างกับสูตรอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากเส้นที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่าน้ำมีการระเหยออกจากเส้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อโครงสร้างเส้นเกิดการเสียหายได้มากกกว่าเส้นที่อบที่อุณหภูมิที่ต่ำ ทำให้โอกาสที่น้ำแทรกเข้าไประหว่างการทำสุกมีสูงกว่าด้วย ดังนั้นเมื่อให้ความร้นด้วยไมโครเวฟ การคืนตัวหรือการทำให้เส้นกวยจั๊บสุกอีกครั้งจะคล้ายกับการต้มด้วยน้ำเดือด เมื่อระยะเวลามากขึ้น น้ำจะเกิดการเดือดที่สูงขึ้น ระดับน้ำมีค่าลดลง ความแรงในการเดือดเพิ่มขึ้น ทำให้เส้นเกิดการเสียหายได้มากกว่าส่งผลให้เกิดการสูญเสียระหว่างการทำสุกสูงด้วย ส่วน %cooking yield พบว่าเส้นที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และคืนตัวด้วยไมโครเวฟระยะเวลา 9 นาที มีค่าต่ำที่สุด แตกต่างกับตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับค่า %absorption ผลจากการศึกษาที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากความสามารถในการดูดน้ำระหว่างการทำสุกแตกต่างกัน เส้นที่มีความเป็นรูพรุนมากกว่าหรือเส้นที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะมีความสามารถในการดูดน้ำที่สูงกว่าและความรุนแรงของน้ำที่เดือดระหว่างการทำสุก ทำให้เส้นเกิดความเสียหาย ดังนั้นประสิทธิภาพในการดูดน้ำหรือกักเก็บน้ำไว้เมื่อครบระยะเวลาการทำสุกจึงเกิดขึ้นต่ำในเส้นที่มีความเสียหายของเส้นมากที่สุด ส่วนเส้นที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าแนวโน้มร้อยละผลผลิตมีค่าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มเวลา ซึ่งอาจจะเกิดจากลักษณะโครงสร้างของเส้นกวยจั๊บ ดังนั้นเมื่อนำมาผ่านกระบวนการทำสุกจึงสามารถดูดซับน้ำและส่งผลให้ร้อยละผลผลิตมีค่าสูงกว่าเส้นกวยจั๊บที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิที่สูงกว่า ดังนั้นจะพบว่าคุณภาพการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการทำสุกนาน 5 นาที ส่งผลให้คุณภาพการทำสุกดีที่สุด

ตารางที่ 31 คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจี๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟ

ตัวอย่าง	%cooking loss	%cooking yield	%absorption
60 องศาเซลเซียส_MW_5 min	8.64±0.78^{e}	257.37±3.11^{a}	157.37±3.11^{a}
60 องศาเซลเซียส_MW_7 min	10.21±0.05^{d}	266.91±7.02^{a}	166.91±7.02^{a}
60 องศาเซลเซียส_MW_9 min	11.94±1.07^{c}	270.02±5.85^{a}	170.02±5.85^{a}
70 องศาเซลเซียส_MW_5 min	13.53±0.27^{b}	260.90±11.32^{a}	160.90±11.32^{a}
70 องศาเซลเซียส_MW_7 min	16.11±0.24^{a}	258.69±8.84^{a}	158.69±8.84^{a}
70 องศาเซลเซียส_MW_9 min	16.28±0.70^{a}	241.39±6.20^{b}	141.39±6.20^{b}

หมายเหตุ: $^{a, b, c, d, e}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 32 ค่าสีของเส้นกวยจี๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟ พบว่าเส้นกวยจี๊บที่อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และคืนตัวเป็นระยะเวลา 9 นาทีมีค่าความสว่างต่ำที่สุด ส่วนเส้นกวยจี๊บที่ผ่านการอบที่ 70 องศาเซลเซียส และคืนตัวเป็นระยะเวลา 5 นาทีมีค่าความสว่างสูงที่สุด สำหรับค่าสีเขียวพบว่า มีค่า 1.28-1.85 และค่าสีเหลืองพบว่าเส้นกวยจี๊บที่อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการคืนตัว 5 นาทีมีค่าสูงแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นกวยจี๊บที่อบที่ 60 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการคืนตัว 7 นาทีมีค่าสีเขียวต่ำที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าแรงต้านการดึงของเส้นกวยจี๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟพบว่าเส้นกวยจี๊บที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 2 อุณหภูมิเมื่อนำมาคืนตัวที่ระยะเวลาต่างๆ มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการคืนตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการคืนตัวมากขึ้น ปริมาณน้ำสามารถแทรกอยู่ระหว่างส่วนประกอบในเส้นได้มากขึ้น ทำให้ความแข็งแรงหรือโครงสร้างภายในเส้นเกิดการจับตัวกันน้อยลง หรือมีความต้านต่อความเหนียวต่ำลง และพบว่าเส้นกวยจี๊บที่อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสระยะเวลาการคืนตัว 5 นาที มีค่าการต้านต่อความเหนียวสูงที่สุด และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับที่ระยะเวลาการคืนตัว 7 นาทีและเส้นที่อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสและคืนตัวที่ระยะเวลา 5 นาที

ตารางที่ 32 ค่าสีและค่าแรงต้านต่อความเหนียวของเส้นกวยจี๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟ

ตัวอย่าง	ค่าสี			Maximum Load (N)
	L*	a*	b*	
60 องศาเซลเซียส_MW_5 min	62.73±0.62^{b}	-1.28±0.04^{d}	8.10±0.12^{a}	0.30±0.01^{a}
60 องศาเซลเซียส_MW_7 min	62.33±0.57^{b}	-1.85±0.04^{a}	4.20±0.16^{e}	0.28±0.01^{ab}
60 องศาเซลเซียส_MW_9 min	58.77±0.28^{c}	-1.28±0.09^{d}	7.46±0.08^{b}	0.27±0.03^{bc}
70 องศาเซลเซียส_MW_5 min	66.64±0.04^{a}	-1.47±0.04^{c}	6.25±0.09^{c}	0.29±0.09^{ab}
70 องศาเซลเซียส_MW_7 min	62.35±0.24^{b}	-1.84±0.05^{a}	4.81±0.03^{d}	0.26±0.02^{bc}
70 องศาเซลเซียส_MW_9 min	62.41±0.58^{b}	-1.69±0.02^{b}	4.99±0.18^{d}	0.22±0.07^{c}

หมายเหตุ: $^{a, b, c, d, e}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 33 แสดงการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจี๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟพบว่าค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน สี ความใส ความเหนียว กลิ่นรส และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ส่วนความนุ่ม พบว่าค่าคะแนนความชอบของ

เส้นแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำกกว่าเส้นที่ผ่านการอบที่ 70 องศาเซลเซียส และพบว่าเส้นแห้งที่ผ่านการอบที่ 60 องศาเซลเซียสร่วมกับการคืนตัวเป็นเวลา 9 นาที พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเส้นแห้งที่ผ่านการอบที่ 70 องศาเซลเซียสร่วมกับการคืนตัว 7 นาที ดังนั้นจากข้อมูลข้างต้นเมื่อพิจารณาคุณภาพด้านการทำสุก ค่าสี ค่าการต้านต่อความเหนียว และการการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรที่มีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปคือ เส้นแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และคืนตัวด้วยไมโครเวฟระยะเวลา 5 นาที ซึ่งพบว่าการใช้ไมโครเวฟจะคล้ายกับการต้มดังนั้นเส้นสามารถคืนตัวโดยการดูดน้ำจากความร้อน แต่การแช่น้ำร้อนเส้นมีการดูดน้ำคืนโดยที่อุณหภูมิของน้ำลดลง ดังนั้นการเกิดเจลอีกรอบของเส้นจึงแตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากเห็ดเศรษฐกิจในประเทศไทย พบว่าบะหมี่หลังอบแห้งและคืนรูปด้วยการต้มในน้ำเดือดทุกตัวอย่างหลังคืนรูปมีแนวโน้มค่าแรงดึงหรือความเหนียวลดลงเนื่องจากเมื่อนำเส้นบะหมี่ที่มีความเหนียวสูงมาอบแห้ง น้ำจะถูกดึงออกจากโครงสร้างของเจลของสตาร์ช และโครงสร้างเจลอาจเกิดการยุบตัวบ้างจากการอบแห้ง ทำให้การดูดน้ำคืนของเส้นบะหมี่ในช่วงการคืนรูปจึงไม่สมบูรณ์เท่าเส้นก่อนที่อบแห้ง และเนื่องจากมีการให้ความร้อนเพิ่มเติมจึงอาจเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของเม็ดสตาร์ชประเภทต่างๆที่ให้ความเหนียวสูงสุดมาแล้ว เส้นจึงมีความเหนียวลดลง (กมลทิพย์ และวันเพ็ญ, 2544) โดยสอดคล้องกับการศึกษาคุณภาพการทำสุกบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปโดยใช้ไมโครเวฟพบว่าการใช้ไมโครเวฟในการทำสุกบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปสามารถทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นได้เร็วกว่าการใช้น้ำร้อนในการทำสุก นำไปสู่การเกิดเจลาติไนซ์ของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป (Cho *et al.*, 2010) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยระบุว่าเวลาในการทำสุกเส้นก๋วยเตี๋ยว 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที เมื่อเพิ่มระยะเวลาในทำสุกมากขึ้นความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวก็เพิ่มขึ้นด้วย ความสามารถในการดูดซับน้ำและการพองตัวก็เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการทำสุกนานขึ้น การเกิดเจลาติไนซ์ขึ้นอยู่กับอิทธิพลการดูดซับน้ำระหว่างการทำสุกซึ่งจะไปมีผลต่อเนื้อสัมผัสและคุณภาพการรับประทานของก๋วยเตี๋ยวหลังจากการต้ม นอกจากนี้ยังพบว่าความแน่นเนื้อของก๋วยเตี๋ยวลดลงเมื่อเวลาในการต้มเพิ่มขึ้น (Lai and Hwang, 2004)

ตารางที่ 33 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟ

ตัวอย่าง	ความชอบสี	ความใส	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม
60องศาเซลเซียส_MW_5 min	7.27±1.28^{a}	6.90±1.27^{a}	6.80±1.54^{a}	6.43±1.57^{ab}	7.20±1.24^{a}	6.97±1.38^{a}
60องศาเซลเซียส_MW_7 min	7.23±1.19^{a}	7.07±1.28^{a}	6.90±1.30^{a}	6.63±1.07^{ab}	7.07±1.34^{a}	6.80±1.16^{a}
60องศาเซลเซียส_MW_9 min	7.23±1.28^{a}	6.97±1.40^{a}	6.63±1.38^{a}	6.17±1.18^{b}	6.97±1.56^{a}	6.93±1.36^{a}
70องศาเซลเซียส_MW_5 min	7.03±1.07^{a}	6.80±1.30^{a}	7.30±1.26^{a}	6.60±1.16^{ab}	6.97±1.35^{a}	7.13±1.31^{a}
70องศาเซลเซียส_MW_7 min	6.83±0.91^{a}	6.83±1.15^{a}	7.17±1.23^{a}	6.97±1.16^{a}	7.00±1.08^{a}	7.03±1.22^{a}
70องศาเซลเซียส_MW_9 min	6.63±0.89^{a}	6.67±1.03^{a}	6.87±1.28^{a}	6.73±1.01^{ab}	6.93±1.23^{a}	6.87±1.04^{a}

หมายเหตุ: ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6. การศึกษาคุณภาพการต้มสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับเส้นแห้งทางการค้า

เพื่อหาความแตกต่างและความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไปจึงมีการทดสอบคุณภาพการทำสุกของเส้นกวยจั๊บแห้งทางการค้าและเส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปที่ศึกษามาได้เพื่อเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือในการตัดสินใจเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์กวยจั๊บได้มากขึ้น ผลการเปรียบเทียบเมื่อคืนตัวเส้นกวยจั๊บ

อุบลด้วยน้ำร้อนที่ระยะเวลา 4 6 และ 8 นาที (ตารางที่ 34) พบว่า ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทำสุกมีค่า 0.88-1.29 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากเส้นที่ผ่านกระบวนการคืนตัวด้วยน้ำร้อนจะมีเพียงการดูดน้ำเข้าไปในเส้นไม่มีการเดือด หรือปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดความรุนแรงระหว่างคืนตัวดังนั้นจึงเกิดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทำสุกต่ำ แต่เมื่อพิจารณาค่าร้อยละผลผลิตและร้อยละการดูดซับพบว่าแนวโน้มค่าของเส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สูงกว่าที่ 60 องศาเซลเซียส และเส้นกวยจั๊บแห้งทางการค้า ตามลำดับ การที่เส้นแห้งทางการค้ามีค่าร้อยละผลผลิตต่ำเนื่องจากเป็นเส้นสดที่นำมาผ่านการทำแห้ง ทำให้เส้นมีลักษณะแข็งและแน่น ดังนั้นเมื่อนำมาคืนตัวทำให้น้ำซึมเข้าไปในเส้นค่อนข้างยากแตกต่างจากเส้นที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบกึ่งสำเร็จรูป ที่โครงสร้างจะมีความเป็นรูพรุนมากกว่า ทำให้สามารถดูดน้ำเข้าไปในเส้นได้มาก (ดังภาพที่ 3) ส่งผลให้คุณภาพการทำสุกด้านร้อยละการผลิตและร้อยละการดูดซับสูงด้วย

ตารางที่ 34 คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยน้ำร้อนเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า (CM)

ตัวอย่าง	%cooking loss	%cooking yield	%absorption
60C°_Hw 4 min	0.97±0.13^{b}	305.50±8.56^{f}	205.50±8.56^{f}
60C°_Hw 6 min	1.05±0.24^{ab}	361.40±4.97^{d}	261.40±4.97^{d}
60C°_Hw 8 min	1.07±0.15^{ab}	408.57±10.08^{b}	308.57±10.08^{b}
70C°_Hw 4 min	0.88±0.08^{b}	343.08±7.43^{e}	243.08±7.43^{e}
70C°_Hw 6 min	0.95±0.11^{b}	385.20±3.58^{c}	285.20±3.58^{c}
70C°_Hw 8 min	0.91±0.16^{b}	457.30±2.75^{a}	357.30±2.75^{a}
CM_HW_4 min	1.29±0.17^{a}	149.73±1.56^{h}	49.73±1.56^{h}
CM_HW_6 min	0.93±0.07^{b}	154.85±8.81^{h}	54.85±8.81^{h}
CM_HW_8 min	1.04±0.05^{ab}	171.98±2.07^{g}	71.98±2.07^{g}

หมายเหตุ: $^{a, b, c, d, e, f, g, h}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 35 แสดงคุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า พบว่า %cooking loss เมื่อเทียบที่ระยะเวลาการคืนตัวเดียวกันเส้นแห้งทางการค้ามีค่าต่ำกว่าเส้นที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อผ่านการคืนตัวด้วยไมโครเวฟจะเกิดการเดือดที่รุนแรง แต่เส้นทางการค้าใช้ระยะเวลาในการคืนตัวน้อยทำให้เส้นไม่สุก ยังแข็ง เนื่องจากเส้นเริ่มต้นมีลักษณะแข็งและแน่นมาก ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการคืนตัวเช่นเดียวกันกับเส้นกึ่งสำเร็จรูปจึงเกิดการสูญเสียได้น้อยกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละผลผลิตและร้อยละการดูดซับพบว่า เส้นแห้งทางการค้ามีร้อยละผลผลิตและร้อยละการดูดซับที่ต่ำกว่าเส้นที่ผ่านกระบวนการอบที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากเส้นมีลักษณะแข็งและแน่นมาก ดังนั้นใช้เวลาต่ำเกินไปในการคืนตัว เส้นมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ต่ำเนื่องจากความพรุนของเส้นแห้งทางการค้ามีน้อยกว่าเส้นที่ผ่านกระบวนการผลิตเส้นกึ่งสำเร็จรูป (ดังภาพที่ 3)

ตารางที่ 35 คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า (CM)

ตัวอย่าง	%cooking loss	%cooking yield	%absorption
60องศาเซลเซียส_MW_5 min	8.64±0.78^{e}	257.37±3.11^{a}	157.37±3.11^{a}
60องศาเซลเซียส_MW_7 min	10.21±0.05^{d}	266.91±7.02^{a}	166.91±7.02^{a}
60องศาเซลเซียส_MW_9 min	11.94±1.07^{c}	270.02±5.85^{a}	170.02±5.85^{a}
70องศาเซลเซียส_MW_5 min	13.53±0.27^{b}	260.90±11.32^{a}	160.90±11.32^{a}
70องศาเซลเซียส_MW_7 min	16.11±0.24^{a}	258.69±8.84^{a}	158.69±8.84^{a}
70องศาเซลเซียส_MW_9 min	16.28±0.70^{a}	241.39±6.20^{b}	141.39±6.20^{b}
CM_MW_5 min	5.69±0.42^{f}	155.43±7.90^{d}	55.43±7.90^{d}
CM_MW_7 min	7.82±0.48^{e}	167.84±4.99^{cd}	67.84±4.99^{cd}
CM_MW_9 min	7.65±0.37^{e}	174.16±4.11^{c}	74.16±4.11^{c}

หมายเหตุ: $^{a, b, c, d, e, f}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 36 เมื่อเปรียบเทียบเวลาในการทำสุกเส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วผ่านการทำสุกด้วยไมโครเวฟและน้ำร้อนกับเส้นกวยจั๊บแห้งทางการค้าพบว่า เส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปใช้เวลาในการทำสุกด้วยไมโครเวฟ 5-9 นาที หรือแช่น้ำร้อน 4-8 นาที ส่วนเส้นแห้งทางการค้าพบว่าใช้เวลาในการทำสุกด้วยไมโครเวฟนาน 15 นาที ซึ่งมากกว่าเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปถึง 3 เท่า แต่เส้นแห้งทางการค้าที่ผ่านการทำสุกด้วยน้ำร้อนพบว่า ใช้เวลามากกว่า 30 นาที และเส้นที่ได้ไม่สุก ยังมีลักษณะเส้นยังแข็งเนื่องจากยังไม่ผ่านกระบวนให้ความร้อนจนถึงระดับที่ทำให้สุกได้ ซึ่งทำให้เส้นมีความนุ่มขึ้นได้เพียงเล็กน้อย และจากกระบวนการแปรรูปก่อนรับประทานต้องผ่านกระบวนการแช่น้ำไม่น้อยกว่า 30 นาที แล้วนำไปทำสุกด้วยการต้มด้วยน้ำเดือด แม้ว่าเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าเส้นทางการค้าแต่ใช้เวลาในการทำสุกน้อยกว่า ดังนั้นเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปจึงสามารถลดระยะเวลาในการทำสุกเส้นกวยจั๊บแห้ง และยืดอายุการเก็บรักษา รวมทั้งเพิ่มทางเลือกในการบริโภค เพิ่มความสะดวกในการบริโภค และสามารถตอบสนองความต้องการผู้บริโภคที่ใช้ชีวิตเร่งรีบในปัจจุบันได้อีกทางเลือกหนึ่ง

ตารางที่ 36 เปรียบเทียบเวลาในการทำสุกและขนาดเส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปกับเส้นแห้งทางการค้า

ตัวอย่าง_วิธีการทำสุก	เวลาการทำสุก (นาที)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้น (มิลลิเมตร)
กึ่งสำเร็จรูป_ไมโครเวฟ	5-9	0.30
กึ่งสำเร็จรูป_น้ำร้อน	4-8	
เส้นแห้งทางการค้า_ไมโครเวฟ	15	0.15
เส้นแห้งทางการค้า_น้ำร้อน	>30 (เส้นไม่สุก)	

7. การศึกษาคุณภาพทางโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

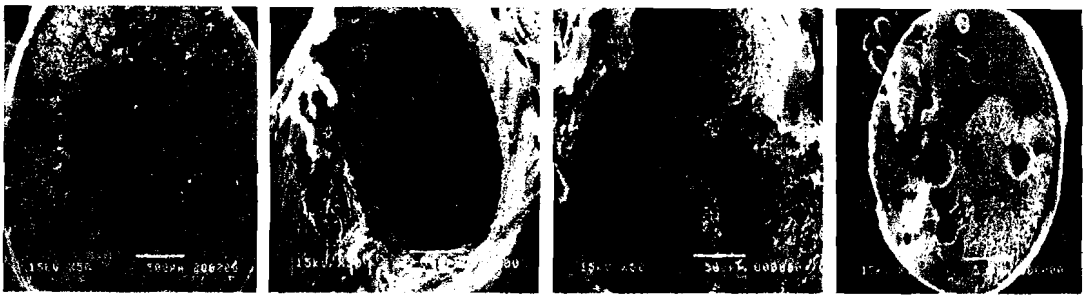
จากการวิเคราะห์โครงสร้างภายนอกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเปรียบเทียบระหว่างเส้นกวยจั๊บสด ภาพที่ 3 (ก) และเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียสภาพที่ 3 (ข) และ (ค) จะเห็นได้ว่าขนาดของรูพรุนแตกต่างกันอย่างชัดเจน เส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการอบแล้วจะมีขนาดของรูพรุนใหญ่กว่าเส้นกวยจั๊บสด เนื่องจากก่อนทำการอบแห้งจะต้องผ่านกระบวนการต้มให้สุก แช่ในน้ำเย็น และแช่แข็ง เพื่อให้แป้งเกิดรีโทรเกรชัน และโครงสร้างเกิดความเสียหาย เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำและความสามารถในการคืนตัวของเส้นกวยจั๊บ การที่โครงสร้างมีรูพรุนมากจะทำให้ความสามารถในการดูดน้ำหรือคืนตัวมีมากขึ้น และจะเห็นว่าขนาดรูพรุนภายในเส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจะมีความพรุนมากกว่าเส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิที่สูงกว่าเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งทำให้น้ำระเหยออกมาได้ดีกว่าโครงสร้างจึงมีความพรุนสูงกว่า ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพการทำสุกเส้นกวยจั๊บที่ทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำและร้อยละผลผลิตของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมีค่าสูงกว่าที่ 60 องศาเซลเซียสด้วย และเส้นแห้งทางการค้า ภาพที่ 3 (ง) พบว่าเส้นจะมีขนาดเล็กกว่าแต่โครงสร้างมีการเกาะตัวกันแน่นและมีรูอากาศที่เกิดจากกระบวนการผลิตอยู่บางส่วน ความเป็นรูพรุนของเส้นน้อยมาก ดังนั้นความสามารถในการดูดซับน้ำจึงต่ำด้วย ทำให้กระบวนการทำสุกของเส้นแห้งทางการค้า ต้องผ่านการแช่น้ำก่อนเป็นเวลา 20-30 นาที แล้วค่อยมาผ่านกระบวนการต้มสุกจึงสามารถรับประทานได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Lebesi และ Tzia (2012) ซึ่งทำการศึกษาโครงสร้างของขนมเค้กโดยการเติม Dietary fiber พบว่า เมื่อเพิ่ม Dietary fiber มากขึ้น จะทำให้ขนาดของรูพรุนใหญ่มากขึ้น และส่งผลให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) เพิ่มมากขึ้นด้วย

สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป พบว่าในเส้นกวยจั๊บมีปริมาณโปรตีน เยื่อใย เถ้า ไขมัน ความชื้น และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 6.02 0.27 0.32 0.32 9.85 และ 83.22 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

องค์ประกอบทางเคมี	เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป (ร้อยละ)
โปรตีน	6.02±0.17
เยื่อใย	0.27±0.02
เถ้า	0.32±0.03
ไขมัน	0.32±0.10
ความชื้น	9.85±0.31
คาร์โบไฮเดรต	83.22*

หมายเหตุ : * คือ ผลต่างร้อยละที่ได้จากการคำนวณ



(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 3 โครงสร้างภายนอกของเส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM

(ก) คือ เส้นกวยจั๊บก่อนผ่านการอบแห้ง (เส้นสด)

(ข) คือ เส้นกวยจั๊บหลังผ่านกระบวนการอบ 60 องศาเซลเซียส

(ค) คือ เส้นกวยจั๊บหลังผ่านกระบวนการอบ 70 องศาเซลเซียส

(ง) คือ เส้นกวยจั๊บแห้งทางการค้า

จากข้อมูลดังกล่าวทั้งหมด การศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล สามารถปรับปรุงคุณภาพของเส้นทั้งด้านความเหนียว คุณภาพการทำสุก และการยอมรับของผู้บริโภค และเมื่อนำเส้นกวยจั๊บอุบลมาแปรรูปเป็นเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป พบว่านอกจากเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลแล้ว ยังเป็นการเพิ่มความหลากหลายในการเลือกบริโภคให้กับผู้บริโภค เพื่อตอบสนองการใช้ชีวิตที่เร่งรีบในปัจจุบัน รวมถึงความต้องการบริโภคอาหารที่สะดวกรวดเร็ว ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และสังคมที่เร่งรีบในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลที่สามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับชุมชนได้

สรุปผลการทดลอง

เส้นกวยจั๊บอุบลสูตรแป้งข้าวเจ้า:แป้งมัน อัตราส่วน 65:25 เป็นสูตรที่มีคุณภาพด้านต่างๆ ด้อย จึงมีการนำสารไฮโดรคอลลอยด์ 6 ชนิด มาช่วยปรับปรุงคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบล พบว่าสารไฮโดรคอลลอยด์ที่สามารถปรับปรุงคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบลได้ดีที่สุด คือ กัวร์กัม ร้อยละ 0.75 จากการศึกษาเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปพบว่า อุณหภูมิอบ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เป็นอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สามารถปรับปรุงคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปได้ดี จากนั้นนำเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปไปทำการคืนตัวด้วยไมโครเวฟและน้ำร้อน พบว่าเส้นกวยจั๊บแห้งที่ผ่านการอบ 60 องศาเซลเซียส และคืนรูปด้วยไมโครเวฟ 5 นาที ส่งผลให้คุณภาพการทำสุกของเส้นดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นแห้งทางการค้าพบว่าเส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปมีคุณภาพการทำสุกที่ดีกว่า รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการทำสุกต่ำกว่าเส้นทางการค้า จากการศึกษาทั้งหมดสามารถนำไปประยุกต์ในใช้อุตสาหกรรมการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบล ซึ่งจะส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค และเพิ่มมูลค่าให้กับเส้นกวยจั๊บอุบลได้ รวมทั้งขยายตลาดของเส้นกวยจั๊บได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป
2. ควรมีการศึกษาเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพมากขึ้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่หลากหลาย และขยายตลาดของเส้นกวยจั๊บอุบล เป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์
3. ควรมีความร่วมมือกับผู้ประกอบการหรือวิสาหกิจชุมชนที่ผลิตเส้นกวยจั๊บเพื่อให้เกิดการบูรณาการจากฐานภูมิปัญญาสู่นวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล และวันเพ็ญ สีหวงษ์. 2544. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปจากเห็ดเศรษฐกิจในประเทศไทย**. โครงการวิจัยในเงินงบประมาณเพื่อการวิจัยประจำปี 2544. คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

กระทรวงสาธารณสุข. 2543. **อาหารกึ่งสำเร็จรูป**. ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 21พ.ศ. 2543.[http://www1.fda.moph.go.th.]. 30 สิงหาคม 2555.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2546. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเส้นกวยจั๊บ มผช.141/2546**. สำนักงานมาตรฐาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. [http://app.tisi.go.th/otop/otop.html]. 30 สิงหาคม 2555.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2548. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูป มอก. 842-2548**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. [http://app.tisi.go.th/otop/otop.html]. 30 สิงหาคม 2555.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2529. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แป้งข้าวเจ้า มอก. 638-2529**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. [http://app.tisi.go.th/otop/otop.html]. 30 สิงหาคม 2555.

กมลวรรณ อิสราคาร. 2548. **ผลของการเติมสตาร์ชดัดแปรและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

การะเวก. 2551. **ใครชอบกวยจั๊บอุบล เชิญมาแวะจ้า**. [http://topicstock.pantip.com/food/topicstock/2008/01/D6289009/D6289009.html]. 5 กุมภาพันธุ์ 2556.

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีของแป้ง**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2546. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จันทร์จิรา ชาวสาว และ นิสานารถ กระแสร์ชล. 2552. ผลของการใช้แป้งบุกและไข่ขาวผงต่อคุณภาพของลูกชิ้นปลาซีกุนข้างเหลือง. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 40 (1) : 437-440.

จิตรา สิงห์ทอง. 2555. **วิทยาศาสตร์บูรณาการกับภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อสุขภาพและชุมชนในการศึกษาด้านการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเสริมรำข้าว**. รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

ซ้อเฮง, 2556. **ซ้อเฮง www.หมูยอ.net**. [http://www.mooyor.net]. 5 กุมภาพันธุ์ 2556.

ดุษฎี อุตภาพ และน้องนุช เจริญกูล. 2548. **เคมีและสมบัติของแป้ง**. http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/ BCT611/contact.html. ธันวาคม,2553.

ทิพวัลย์ สุกุมลนันทน์. 2548. **พันธุ์บุกในประเทศไทย**. เชียงใหม่ : สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จ. เชียงใหม่.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

นฤวัจน์ ชีวนันทพรชัยการ บิติพร ฤทธิเรืองเดช และธงชัย สุวรรณสิชณน์. 2545. **วัดค่าคุณภาพเนื้อสัมผัสทางกลของเจลแป้งข้าวเจ้าและเจลแป้งมันสำปะหลัง**. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 40 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาพืช สาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 4-7 กุมภาพันธ์ 2545. 471-478.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

นงนุช เจริญวาสนุตร์ ธงชัย สุวรรณสิชณน์ พรรณทิพา เจริญไทยกิจ และรองรัตน์ รัตนาธรรมวัฒน์ . 2545. **คุณสมบัติเนื้อสัมผัสทางกลของเส้นก๋วยเตี๋ยวไทยที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมฟลาวร์มันสำปะหลัง**. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 40 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาพืช สาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 4-7 กุมภาพันธ์ 2545. 487-494.

ปริศนา สุวรรณาภรณ์ และกมลพรรณ์ วิวัฒนวาณิชย์. 2546. **ผลของปริมาณแป้งข้าวเจ้าและน้ำต่อคุณภาพของบะหมี่สดที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลี**. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ:100-107.

พิมพ์เพ็ญ ถิรพร นฤดม บุญหลง งามชื่น คงเสรี และจินตนา อุปดิสสกุล. 2533. **ผลของการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว.** เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 28 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์หมวดเกษตรศาสตร์ หมวดวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หมวดเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ หมวดทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม หมวดศึกษาศาสตร์และมนุษยศาสตร์ 29-31 มกราคม 2533. 307-317.

อรอนงค์ นัยวิกุล จิตธนา แจ่มเมฆ สินีนาถ จริยโชติเลิศ กนกพรรณ เกรียงไกรกฤษฎา และวีระ วงศ์ทรัพย์คณา. 2535. ผลิตภัณฑ์ขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป. **วารสารเกษตรศาสตร์.** ปีที่ 26 ฉบับที่ 1. หน้า 39-43.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 366 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกูล. 2550. **กระบวนการแปรรูปข้าว ผลิตภัณฑ์ข้าว และนวัตกรรมของข้าว,** น. 84-98. ใน 30 ปี สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย "การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออุตสาหกรรมอาหารในทศวรรษหน้า".

AACC. 1976. **American Association of Cereal Chemist.** Approved method of the American Association of Cereal Chemist. ST. Paul. MN.

Aspinal G. D. 1985. **The Polysaccharides.** Orlando. Academic press.

AOAC. 1995. **Official Methods of Association of Analytical Chemists.** 16th ed., Association of Analytical Chemists, Washington D.C.

Cham, S. and Suwannaporn P. 2010. Effect of hydrothermal treatment of rice flour on various rice noodles quality. **Cereal Science.** 51:284-291.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Cho, S. Y., Lee, J. W. and Rhee, C. 2010. The cooking qualities of microwave oven cooked instant noodles. **International Journal of Food Science & Technology**. 45:1042-1049.

Choy, A.L., May, B.K. and Small, D.M. 2012. The effect of acetylated potato starch and sodium carboxymethyl cellulose on the quality of instant fried noodles. **Food Hydrocolloids.** 26 : 2-8.

Hormdoka, R. and Noomhormb, A., 2007. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. **LWT- Food Science and Technology.** 40:1723–1731.

Huang, M., Kennedy, J.F., Li, B., Xu, X. and Xie, B.J. 2007. Character of rice starch gel modified by gellan, carrageenan and glucomannan: A texture profile analysis study. **Carbohydrate Polymers.** 69: 411-418.

Imeson, A. 1997. **Thickening and Gelling Agents for Food.** 3rd ed., Academic Press, San Diego, California.

Jarnsuwan, S.and Thongngam, M. 2011. **Effects of Hydrocolloids on Microstructure and Textural Characteristic of Instant Noodles.** In proceeding in the Asean Food Conference 2011, 16 -18 June 2011. Bitec, Bangkok. 632-635.

Lai, H. M. and Hwang, S. C. 2004. Water status of cooked white salted noodles evaluated by MRI. **Food research International**. 37: 957-966.

Lebesi, D.M and Tzia, C. 2012. Use of endoxylanase treated cereal brans for development of dietary fiber enriched cakes. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 13: 207–214.

Lee, M.H., Baek, M.H., Cha, D.S., Park, H.J. and Lim S.T. 2002. Freeze-Thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. **Food Hydrocolloids.** 16: 345-352.

Mishra. S, and Rai, T. 2006. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. **Food Hydrocolloids.** 20: 557-566.

Muadklay, J. and Charoenrein, S. 2008. Effects of hydrocolloids and freezing rates on freeze-thaw stability of tapioca starch gels. **Food Hydrocolloids.** 22: 1268-1272.

Phillip, G.O. and Williams, P.A. 2000. **Handbook of hydrocolloids.** Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. New York. 450 pp.

Sandhu, K.S., Kaur, M. and Mukesh. 2010. Studied on noodle quality of potato and rice starches and their blends in relation to their physicochemical, pasting and gel textural properties. **LWT-Food Science and Technology.** 43: 1289-1293.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Sandhu, K. S., Singh, N. and Kaur, M. 2004. Characteristic of the different corn types and their grain fractions: physicochemical, thermal, morphological and rheological properties of starches. **Food Engineering**. 64: 119-127.

Satin, M. n.d. **Functional Properties of Starches.** http://www.fao.org/Ag/magazine/pdf/starches.pdf. February, 2013.

Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S. and Gill, B.S. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**. 81: 219-231.

Techawipharat, J., Suphantharika, M. and BeMiller, J. 2008. Effects of cellulose derivatives and carrageenans on pasting, paste and gel properties of rice starches. **Carbohydrate Polymers**. 73: 417-426.

Tziotisa, A., Seetharaman, K., Klucinec, J.D., Keeling, P. and White, P.J. 2005. Functional properties of starch from normal and mutant corn genotypes. **Carbohydrate Polymers**. 61: 238-247.

Whistler, L. R., Bemiller, J. N. and Paschall, E. F., 1984. **Starch : Chemistry and Technology.** Academic press, Orlando.

Whistler, R.L. and BeMiller, J.N. 1993. **Industrial Gums : Polysaccharides and Their Derivatives.** 3rd ed., Academic Press, San Diego, California.

ภาคผนวก ก.

ลักษณะเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการแช่แข็ง-คืนรูปแล้วอบแห้ง

ภาคผนวก ก 1. ลักษณะเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

ลักษณะเส้นก่อนอบ

ลักษณะเส้นหลังอบ

ภาคผนวก ก2. ลักษณะเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำสุกด้วยน้ำร้อน

เส้นอบที่ 60°C คืนตัวด้วยน้ำร้อน 4 นาที

เส้นอบที่ 60°C คืนตัวด้วยน้ำร้อน 6 นาที

เส้นอบที่ 60°C คืนตัวด้วยน้ำร้อน 8 นาที

เส้นอบที่ 70°C คืนตัวด้วยน้ำร้อน 4 นาที

เส้นอบที่ 70°C คืนตัวด้วยน้ำร้อน 6 นาที

เส้นอบที่ 70°C คืนตัวด้วยน้ำร้อน 8 นาที

ภาคผนวก ก3. ลักษณะเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำสุกด้วยไมโครเวฟ

เส้นอบที่ 60°C คืนตัวด้วยไมโครเวฟ 5 นาที

เส้นอบที่ 60°C คืนตัวด้วยไมโครเวฟ 7 นาที

เส้นอบที่ 60°C คืนตัวด้วยไมโครเวฟ 9 นาที

เส้นอบที่ 70°C คืนตัวด้วยไมโครเวฟ 5 นาที

เส้นอบที่ 70°C คืนตัวด้วยไมโครเวฟ 7 นาที

เส้นอบที่ 70°C คืนตัวด้วยไมโครเวฟ 9 นาที

ภาคผนวก ข.

ผลงานภาคนิพนธ์

Singthong, J. 2013. Influence of hydrocolloids on quality of Ubon Noodle. Poster presentation in Food Innovation Asia Conference 2013: Empowering SMEs through Science and Technology, June 13-14, 2013, BITEC, Bangkok, Thailand.

Influence of Hydrocolloids on Quality of Ubon Noodle

Jittra Singthong*

Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warinchamrap, Ubon Ratchathani, 34190, Thailand

IFRIDU

Abstract

Ubon noodle is a local wisdom indigenous food as one tambon one product (OTOP). The objective of this research was focused on development of Ubon noodle quality with hydrocolloids (alginate, xanthan gum, CMC, guar gum, carrageenan and konjac mannan). The results show that Ubon noodle with hydrocolloids has exhibited greater cooking stability and texture than the control (no hydrocolloids). Besides, Ubon noodle with hydrocolloids had higher sensory scores in all attributes than the control. The optimal hydrocolloids; alginate, xanthan gum, CMC, guar gum, carrageenan and konjac mannan were 0.75, 0.5, 0.75, 0.75, 0.25 and 1.0% (w/w), respectively. These resulted showed that 0.75% guar gum was the most effective hydrocolloids to improve quality for Ubon noodle in terms of higher cooked weight, elasticity and lower cooking loss and were scored higher by sensory panellists. The result of this study could be used as a basic knowledge in food application, especially in improvement of Ubon noodle quality to make an economic potential of local community.

Keywords: Ubon noodle, Hydrocolloids, Alginate, Xanthan, C… Guar gum, Carrageenan, Konjac mannan

Introduction

Ubon noodle is a local wisdom of indigenous food as one tambon one product (OTOP) in Ubon Ratchathani, Thailand. It made using rice flour, tapioca flour and water, can have markedly different textures based on the variables, including the thickness, shape, raw or cooked. However, there is the problem that the Ubon noodle trends to lose its texture, firmness or bite (al dente) when it is heated prior to serving. Hydrocolloids are commonly used to improve the texture and physicochemical properties of starch-based products which can be modified to have a higher viscosity, control moisture and water mobility, improve overall product quality and stability. The aim of this study was to investigate the effect of hydrocolloids (alginate, xanthan gum, CMC, guar gum, carrageenan and konjac mannan) on Ubon noodle quality.

Materials and Methods

Ubon noodle preparation

Ingredients for making Ubon noodle of control and Ubon noodle with … bran were rice flour, tapioca flour, waxy rice flour and water. Hydrocolloids (alginate, xanthan gum, CMC, guar gum, carrageenan and konjac mannan) was added at 0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1.0%. For Ubon noodle preparation, the procedure were mix all ingredients and separate in two parts. The first part was made gel and mix to another part until smooth texture. Then make the dough to a rectangular and transfer the dough to cutting machine to get Ubon noodle (0.6 mm diameter).

Analytical methods of Ubon noodle

The color was determined using a Chroma meter (Chroma meter CR300, Minolta, Japan). Texture was evaluated in term of tensile strength by Texture analyzer (LLOYD texture analyzer model LRSK, UK). Cooking quality of Ubon noodle was determined according to the method of AACC (1976). The sensory evaluation of the bread was conducted by 40 panelists, who were students and staff members in the Department of Agro-Industry, Ubon Ratchathani University.

Results and Discussion

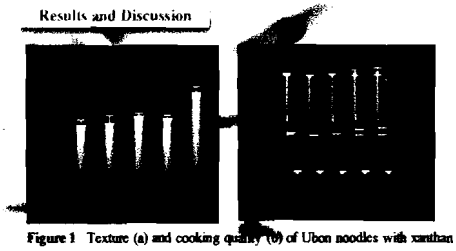


Figure 1 Texture (a) and cooking quality (b) of Ubon noodles with xanthan gum.

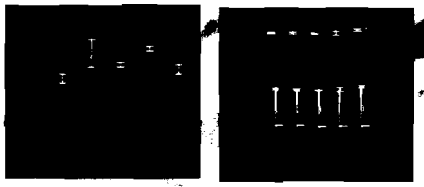


Figure 2 Texture (a) and cooking quality (b) of Ubon noodles with konjac glucomannan.

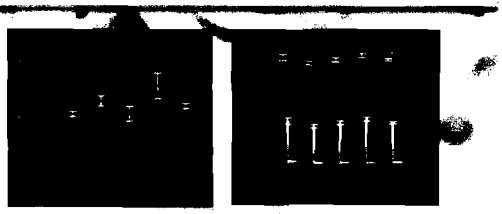


Figure 3 Texture (a) and cooking quality (b) of Ubon noodles with guar gum.

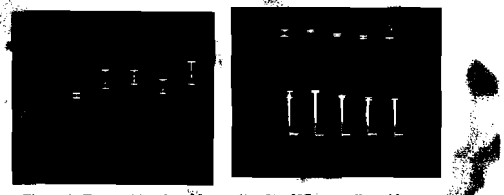


Figure 4 Texture (a) and cooking quality (b) of Ubon noodles with carrageenan.

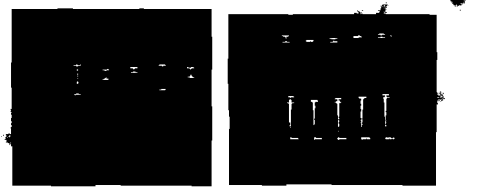


Figure 5 Texture (a) and cooking quality (b) of Ubon noodles with CMC.

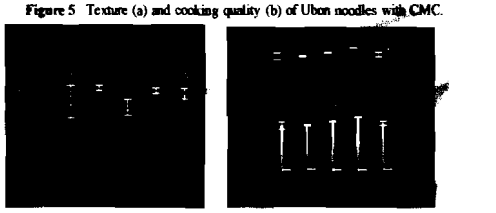


Figure 6 Texture (a) and cooking quality (b) of Ubon noodles with alginate.

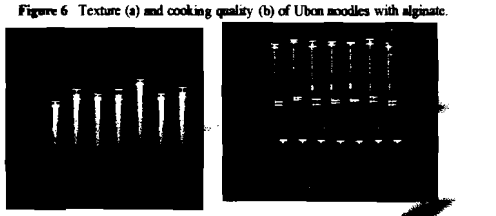


Figure 7 Texture (a) and cooking quality (b) of Ubon noodles with … colloids.

Table 1 Sensory evaluation of Ubon noodle with hydrocolloids.

	Color	Appearance	Springiness	…	Taste	Overall
Control	6.47±1.13[a]	6.19±1.31[a]	5.00±1.67[b]	5.31±1.[illegible]	5.83±1.4[illegible]	6.50±1.42[b]
AG 0.75%	6.39±1.2[illegible]	6.11±1.04[a]	6.39±1.[illegible]	6.47±1.3[illegible]	6.31±1.24[a]	6.[illegible]±1.22[a]
CMC 0.75%	6.69±0.92[a]	6.75±1.20[a]	6.64±1.44[a]	6.61±1.44[a]	6.61±1.18[a]	6.58±1.05[a]
CR 0.25%	6.36±1.27[a]	6.53±1.38[a]	6.56±1.36[a]	6.69±1.19[a]	6.39±1.46[a]	6.78±1.31[a]
GG 0.5%	6.58±0.97[a]	6.14±1.38[b]	6.[illegible]±1.39[a]	6.81±1.47[a]	6.58±0.97[a]	6.86±1.17[a]
[illegible] 1.0%	6.56±[illegible][a]	6.56±1.11[a]	[illegible]	7.03±1.31[a]	6.69±1.[illegible]	6.69±1.14[a]
XG 0.5 %	6.83±[illegible]	6.61±1.18[a]	6.[illegible]±1.06[a]	6.69±1.38[a]	6.50±1.38[a]	6.86±1.02[a]

Conclusion

… hydrocolloids were 0.75, 0.5, [illegible].5 and [illegible] (w/w) for alginate, xanthan gum, CMC, guar gum, [illegible] and konjac mannan, respectively.

◆ Guar gum 0.75% … gum was the most effective hydrocolloids to improve quality for Ubon noodle.

ภาคผนวก ค.

ประวัตินักวิจัย

ประวัตินักผู้วิจัย

1.ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) จิตรา สิงห์ทอง

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Jittra Singthong

2.เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 5301400061804

3.ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4.หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก :

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

โทรศัพท์ 045-353500 ต่อ 3550 โทรสาร 045-288373

e-mail : jittrawara@agri.ubu.ac.th

5.ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ชื่อย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2536	ปริญญาตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ไทย
2540	ปริญญาโท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย
2547	ปริญญาเอก	วท.ด. วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต	เทคโนโลยีอาหาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	ไทย

6.สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- Food Hydrocolloids, Functional Properties, Plant polysaccharides, Food Carbohydrate

7.ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

<u>ผลงานทางวิชาการ</u>

Singthong, J. 2013. Development of Instant Ubon Noodle with Rice Bran. Poster presentation in 13th Asean Food Conference 2013 Meeting Future Food Demands: Security & Sustainability, September 9-11, 2013, Max Atria, Singapore Expo, Singapore.

Singthong, J. 2013. Influence of hydrocolloids on quality of Ubon Noodle. Poster presentation in Food Innovation Asia Conference 2013: Empowering SMEs through Science and Technology, June 13-14, 2013, BITEC, Bangkok, Thailand.

Singthong, J., Rangsatit, O. and Singlee, M. 2013. Functional properties of purple yam (*Dioscorea alata*) flour. Poster presentation in Food Innovation Asia Conference 2013: Empowering SMEs through Science and Technology, June 13-14, 2013, BITEC, Bangkok, Thailand.

Singthong, J., Koanthaisong, P. and Buaphom, C. 2012. Physicochemical and antioxidant properties of mulberry and the application of mulberry beads in ice-cream product. Poster presentation in TSB 2012 International Conferebce on Green Biotechnology, Nov 29-30, Ubon Ratchathani, Thailand.

Marerat, M., Meesit, U. and Singthong, J. 2012. The Effect of Lotus Seed (*Nelumbo nucifera*) Flour on Quality of Bread. Poster presentation in Food Innovation Asia Conference 2012: Green and Sustainable Food Technology for All, June 14-15, 2012, BITEC, Bangkok, Thailand.

Teeklee, R. and Singthong, J. 2012. Encapsulation of Yanang Leaves (*Tiliacora triandra*) Extract Using Hydrogel Beads. Proceedings in International Congress on Food Engineering and Technology (IFET2012), March 26-28, 2012, Bangkok, Thailand.

Meesit, U. and Singthong, J. 2012. Functional Properties of Thai Lotus Seed (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) Flours. Proceedings in Starch Update 2011: The 6th International Conference on Starch Technology, February 13-14, 2012, Centara Grand at Central Plaza Ladprao, Bangkok, Thailand.

Singthong, J. 2012. Characterization of Flour and Starch from Tamarind Seed. Proceedings in Starch Update 2011: The 6th International Conference on Starch Technology, February 13-14, 2012, Centara Grand at Central Plaza Ladprao, Bangkok, Thailand.

Singthong, J., Yaowapan, S. and Teankaew, S. 2011. Physicochemical Properties and Utilization of Dietary Fiber from Coconut Residue. Proceedings in the 12th ASEAN Food Conference 2011 Food Innovation: Key to Creative Economy, June 16-18, 2011, BITEC, Bangkok, Thailand.

Marerat, M., Powan, P. and Singthong, J. 2011. Functional Properties of Rice Bran and Its Application in Bread. Proceedings in the 12th ASEAN Food Conference 2011 Food Innovation: Key to Creative Economy, June 16-18, 2011, BITEC, Bangkok, Thailand.

จิตรา สิงห์ทอง. 2553. เค็มหมากนัด อาหารพื้นบ้านเมืองอุบล. อาหาร. 40 (4): 305-309.

Singthong, J., Pimkot, S., Hankrotha, M. and Sangtub, P. 2010. Effect of hydrocolloids on quality of Khao-Mao juice. Proceedings in Food Innovation Asia Conference 2010: Indigenous Food Research and Development to Global Market, June 17-18, 2010, BITEC, Bangkok, Thailand.

Singthong, J., Ningsanond, S., Cui. 2010. Polysaccharide gum from Yanang leaves. Poster presentation in Food Innovation Asia Conference 2010: Indigenous Food Research and Development to Global Market, June 17-18, 2011, BITEC, Bangkok, Thailand.

Singthong, J., Ningsanond, S., and Cui, S. 2009. Extraction and physicochemical characterization of polysaccharide gum from Yanang (*Tiliacora triandra*) leaves. Food Chemistry. 114(4): 1301-1307.

Singthong, J., and Tongkaew, C. 2009. Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips. LWT-Food Science and Technology. 42(7): 1199-1203.

จิตรา สิงห์ทอง รัตนา ตีคลี และ ศรินยา ขันธ์อ่อน. 2553. การพัฒนาข้าวเกรียบเค็มหมากนัด. หนังสือรวบรวมโครงงานที่ได้รับทุนโครงการ IRPUS ประจำปี 2552.

จิตรา สิงห์ทอง นิพนธ์ ลาพรหมมา และบริพัตร รัตนเสริมพงษ์. 2552. การพัฒนาน้ำพริกเค็มหมากนัด. การประชุมวิชาการโครงงานอุตสาหกรรมเกษตรและวิจัย สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ระดับชาติ ครั้งที่ 1 (IRPUSCON-01) ในงานนิทรรศการ IRPUS 52 ณ สยามพารากอน กรุงเทพฯ, 27-29 มีนาคม 2552.

Singthong, J., Thongkaew, C. and Onsaard, E. 2008. Function properties of protein concentrate from rice bran (Khao Dawk Mali 105). Proceedings in TSB 2008: "Biotechnology for Global Care", October 14-17, 2008, Taksila Hotel, Mahasarakham.

Singthong, J., Ounthuang, M., Chommala, K., and Thongkaew, C. 2007. Study on Extraction and Functional Properties of Mhakjong's Extract. Proceedings in Food Innovation Asia 2007: Q Food for Good Life, June 14-15, 2007, Bitech, Bangkok.

Juthong, T., Singthong, J., and Boonyaputtipong, W. 2007. Using Mhakjong (*Scaphium macropodum*) Gel as a Fat Replacer in Thai Emulsion-Type Pork Sausage (Moo Yo). Proceedings in Food Innovation Asia 2007: Q Food for Good Life, June 14-15, 2007, Bitech, Bangkok.

Singthong, J., Ningsanond, S., Cui, W.S. and Goff, H.D. 2005. Extraction and physicochemical characterization of Krueo Ma Noy pectin. Food Hydrocolloids. 19:793-801.

Singthong, J., Cui, S.W., Ningsanond, S. and Goff, H.D. 2004. Structural characterization, degree of esterification and some gelling of Krueo Ma Noy (*Cissampelos pareira*)pectin. Carbohydrate Polymers. 58:391-400.

Singthong, J., Cui, S.W., Lu, X., Ningsanond, S. and Goff, H.D. 2004. Gelation properties of Krueo Ma Noy pectin : Effects of co-solute, salts and pH. Poster presentation at the seventh international hydrocolloids conference, held on August 29 to September 1, 2004, Melbourne, Australia.

Cui, S.W., Singthong, J., Ningsanond, S. and Goff, H.D. 2004. A new hydrocolloids from Krueo Ma Noy leaves : Extraction, structural characterization and some physical properties. Oral presentation at the seventh international hydrocolloids conference, held on August 29 to September 1, 2004, Melbourne, Australia.

โครงการวิจัย

- การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน ได้รับทุนอุดหนุนจากเงินรายได้คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2557 (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- ผลของสารสกัดหยาบจากใบหมาน้อยและโซเดียมแอลจิเนตต่อการรอดชีวิตของเชื้อตรึงรูป *Lactobacillus acidophilus* ในกระบวนการแปรรูปอาหาร ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2556 (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)
- การพัฒนากระบวนการผลิตและการประยุกต์ใช้ข้าวเม่าเพื่อประโยชน์เชิงสุขภาพ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.เร่งด่วน) ประจำปีงบประมาณ 2555 (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)
- ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพของเส้นก๋วยจั๊บอุบล ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2555 (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- องค์ประกอบ สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งมันข้าวก่ำ และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด ได้รับทุนอุดหนุนจากเงินรายได้คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2555 (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- การพัฒนาเส้นก๋วยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเสริมรำข้าว ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา 2554 (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารจากรำข้าว และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2554 (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- องค์ประกอบ สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งเมล็ดบัว และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด ได้รับทุนอุดหนุนจากเงินรายได้คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2554 (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- ฤทธิ์ทางชีวภาพ และการผลิตไมโครแคปซูลของสารสกัดจากใบย่านาง ได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปี 2553-2555 (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- คุณลักษณะของแป้งและสตาร์ชจากเมล็ดมะขาม ได้รับทุนอุดหนุนจากเงินรายได้คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2553 (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- การสกัด ฤทธิ์ทางชีวภาพ และการประยุกต์ใช้ในอาหารของสารสกัดสมุนไพรบางชนิด ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2553 (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเค็มหมากนัด ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปีการศึกษา 2552 (หัวหน้าโครงการวิจัย)

- การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกเค็มหมากนัด ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปีการศึกษา 2551 (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- การศึกษาการสกัด คุณสมบัติเชิงเคมีฟิสิกส์ และการนำไปใช้ประโยชน์ของใยอาหาร จากกากมะพร้าว ได้รับทุนอุดหนุนจากเงินรายได้คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2551 (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- การสกัด คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนเข้มข้นจากรำข้าว ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2550 (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)
- การใช้สารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อลดการดูดซับน้ำมันของกล้วยทอด ได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีเพื่อการพัฒนาและสนับสนุนงานวิจัย งานส่งเสริมการวิจัยฯ สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีงบประมาณ 2549 (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัด ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2549 (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- การศึกษาการสกัด องค์ประกอบ และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของสารสกัดจากใบย่านาง ได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปี 2548-2550 (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- การเพิ่มศักยภาพสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดอุบลราชธานี ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากโครงการตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดประจำปีงบประมาณ 2548 (หัวหน้าโครงการวิจัย)