

การศึกษาคุณภาพพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียว และแป้งถั่วเขียว

Quality of Gluten-free Pasta from Glutinous Rice Flour and Mung Bean Flour

ศุภักษร มาแสวง¹ จารีย์ กระแสบัว² สุพัตรา จันทา² จีระนันท์ วงศ์ทัญญู³*

Supuksorn Masavang¹, Jaree Krasaebua², Supatara Janta² and Jeeranan Wongwatanyu³*

Received 29 ตุลาคม 2565 Revised 8 ธันวาคม 2565 Accepted 29 ธันวาคม 2565

บทคัดย่อ

พาสต้ามักผลิตจากแป้งสาลีที่มีองค์ประกอบของโปรตีนกลูเตน ซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ของผู้บริโภคบางกลุ่มทำให้ไม่สามารถบริโภคพาสต้าทั่วไปได้ จึงได้มีการพัฒนาพาสต้าจากวัตถุดิบไร้กลูเตนอื่นแทนแป้งสาลี การทดลองนี้จึงทำการพัฒนาสูตรการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว ในอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งถั่วเขียว 1.5:1.5, 2:1 และ 2.5:0.5 และนำไปเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมและตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ค่าความชื้น และค่าลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งถั่วเขียว 2.5:0.5 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าการยึดเกาะ (Adhesiveness) ค่าความเหนียว (Gumminess) และค่าความทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) ของเส้นพาสต้าใกล้เคียงกับคุณภาพของพาสต้าสูตรควบคุมที่ผลิตด้วยแป้งสาลีมากที่สุด ($p \leq 0.05$) จากนั้นศึกษาการเติมแซนแทนกัมเพิ่มความคงตัวของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว (อัตราส่วน 2.5:0.5) ในปริมาณร้อยละ 1, 1.5 และ 2 ของน้ำหนักแป้งในสูตรพาสต้า พบว่าพาสต้าที่เสริมแซนแทนกัมร้อยละ 2 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะ ค่าความเหนียว และค่าความทนต่อการเคี้ยว ของเส้นพาสต้าใกล้เคียงกับคุณภาพของพาสต้าสูตรควบคุมที่ผลิตด้วยแป้งสาลีมากที่สุด

คำสำคัญ : พาสต้าปราศจากกลูเตน, แป้งข้าวเหนียว, แป้งถั่วเขียว, แซนแทนกัม

¹ อาจารย์ ดร., คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

¹ Lecturer, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

² นักศึกษา, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

² Student, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

³ อาจารย์, คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

³ Lecturer, Faculty of Liberal Arts and Sciences, Sisaket Rajabhat University

* ผู้ประสานงานนิพนธ์ e-mail: jeeranan.w@sskru.ac.th

Abstract

Pasta is usually made from wheat flour, which contains gluten, which is an allergen for some consumers, making them unable to consume regular pasta. Therefore, pasta has been developed using other gluten-free ingredients instead of wheat flour. This experiment aims to develop a formula for gluten-free pasta from glutinous rice flour and mung bean flour. With the ratios of glutinous rice flour to mung bean flour of 1.5:1.5, 2.0:1.0, and 2.5:0.5, they were compared with the basic formula and examined for physical quality such as color (L^* , a^* , b^*), moisture content, and texture attributions. It was found that the ratio of glutinous rice flour to mung bean flour was 2.5:0.5 and that the color value (L^* , a^* , b^*), hardness, springiness, adhesiveness, gumminess, and chewiness of pasta were closest to the quality of basic pasta made with wheat flour ($p \leq 0.05$). Then, the xanthan gum was added to stabilize the gluten-free pasta made from glutinous rice flour and mung bean flour (ratio 2.5:0.5) in the amounts of 1.0, 1.5, and 2.0% of the flour weight in the pasta recipe. It was found that pasta enriched with 2% xanthan gum had color values (L^* , a^* , b^*), hardness, springiness, adhesiveness, gumminess, and chewiness that were closest to the quality of basic pasta.

Keywords: Gluten-free pasta, Glutinous rice flour, Mung bean flour, Xanthan gum

1. บทนำ

พาสต้าเป็นอาหารเส้นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศแถบตะวันตก ตะวันออก รวมไปถึงในประเทศไทยเช่นเดียวกัน พาสต้ามีส่วนผสมหลักมาจากแป้งสาลี โดยในแป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตนซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ทำให้ผู้ป่วยที่แพ้กลูเตน (Celiac disease) ไม่สามารถบริโภคอาหารประเภทนี้ได้ ในปัจจุบันมีวิธีการรักษาและควบคุมโรคมีเพียงวิธีเดียวคือต้องรับประทานอาหารที่ปราศจากกลูเตนไปตลอดชีวิต จึงทำให้ผู้บริโภคที่จัดเป็นกลุ่มที่แพ้กลูเตนต้องการอาหารประเภทนี้สูงขึ้น (กุลยา ล้มรุ่งเรืองรัตน์ และคณะ, 2556) เพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มคนที่เป็นโรคแพ้กลูเตน และจากสถานการณ์ความขัดแย้งระหว่างประเทศรัสเซียและยูเครน ส่งผลกระทบต่อราคาพลังงานและสินค้าเกษตรโลกให้ปรับตัวสูงขึ้นโดยเฉพาะข้าวสาลี เนื่องจากรัสเซียและยูเครนเป็นผู้ส่งออกข้าวสาลีรายใหญ่ของโลกร้อยละ 28.5 ของปริมาณการส่งออกข้าวสาลีโลก จึงมีอิทธิพลต่อการปรับตัวของราคาข้าวสาลีในตลาดโลกอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าไทยมีการนำเข้าข้าวสาลีจากยูเครนถึงร้อยละ 13.1 ของการนำเข้าข้าวสาลีทั้งหมดของไทย (ชุดิมา มุสิกะเจริญ, 2565) ดังนั้นเพื่อหาแนวทางปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบข้าวสาลี การใช้แป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเส้นพาสต้าซึ่งเป็นวัตถุดิบจากพืชทดแทนในประเทศจึงเป็นอีกทางเลือกสำหรับ

ผู้ประกอบการ อีกทั้งผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ได้จะจัดอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์อาหารที่ปราศจากกลูเตน (Gluten-free) อีกด้วย โดยการใช้แป้งข้าวเหนียวร่วมกับแป้งถั่วเขียวอาจเป็นอีกวัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตเส้นพาสต้าได้เนื่องจากหาได้ง่ายและมีราคาถูก และมีข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไม่มากนัก แต่อย่างไรก็ตามการทดแทนแป้งชนิดต่าง ๆ ในแป้งสาลีจะส่งผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณภาพของเส้นพาสต้าที่ได้ จึงมีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีคุณสมบัติเพิ่มความคงตัว ปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น และลดการสูญเสีย น้ำทำให้เส้นพาสต้านุ่มไม่แห้งกระด้าง โดยแทนแทนกันเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดหนึ่งให้คุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับกลูเตนที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง (Udachan and Sahoo, 2017) อีกทั้งแทนแทนกันสามารถเข้ากันได้ดีกับองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ ให้ความหนืดสูงแม้ใช้ในความเข้มข้นต่ำ และเกิดเป็นโครงข่ายเจลแบบอ่อนตัวซึ่งสามารถยับยั้งการคืนตัวของแป้ง (Retrogradation) ได้และช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างคุณภาพและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ (Gambus et al., 2007) จากการศึกษาของ พรธนทิพา และคณะ (2561) ได้รายงานการใช้แทนแทนกันในพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวกล้อง แป้งพรีเจลาตินซ์ และเสริมโปรตีนไข่ขาวที่ร้อยละ 5 ทำให้เส้นพาสต้าได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นและเนื้อสัมผัสมากที่สุด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาสูตรการผลิตเส้นพาสต้าที่ปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้า และทำการเสริมแทนแทนกันลงไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพที่ดีขึ้นเพื่อมีคุณภาพให้ใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าที่ผลิตด้วยแป้งสาลี ทำการทดสอบคุณภาพทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ความชื้น ลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นต้น เพื่อคัดเลือกสูตรการผลิตที่เหมาะสม โดยคาดหวังให้เป็นทางเลือกอีกหนึ่งทางเลือกในการบริโภคสำหรับกลุ่มคนที่แพ้กลูเตนโดยใช้วัตถุดิบที่ผลิตภายในประเทศคือแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวที่มีราคาถูกและสามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาด

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาสูตรการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว

2.2 ศึกษาผลของการใช้แทนแทนกันที่มีต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การพัฒนาสูตรการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว

ทำการผลิตเส้นพาสต้าตามสูตรในตารางที่ 1 โดยสูตรที่ใช้แป้งสาลีเป็นวัตถุดิบใช้เป็นสูตรควบคุมของสูตรที่ปราศจากกลูเตน และเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนด้วยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 1.5:1.5, 2.0:1.0 และ 2.5:0.5 ทำการผลิตพาสต้าโดยผสมแป้ง ใส่ไข่ไก่ เกลือป่น และน้ำมันมะกอกลงไป นวดให้เข้ากัน 5 นาที จะได้เนื้อ

แป้งโดที่เนียนไม่ติดมือ ขึ้นรูปให้เป็นก้อน ห่อด้วยฟิล์มพลาสติกพักแป้งโดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นรีดโดให้เป็นแผ่นบางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วยเครื่องรีด เริ่มจากเบอร์ 1 หลังจากนั้นรีดไปเรื่อยๆ จนถึง เบอร์ 5 นำแป้งที่รีดเป็นแผ่นแล้วตัดเป็นเส้นพาสต้ากว้าง 5 มิลลิเมตร ยาว 20 เซนติเมตร ทำการต้มพาสต้าในน้ำเดือดด้วยอัตราส่วนพาสต้า 20 เส้น ต่อ น้ำ 1 ลิตร เป็นเวลา 4 นาที แล้วนำไปทำการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ค่าสี ค่าความชื้น และค่าลักษณะเนื้อสัมผัส เพื่อคัดเลือกสัดส่วนของแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวในการพัฒนาพาสต้าปราศจากกลูเตนเสริมแทนแทนกันในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมพาสต้าสูตรควบคุมที่ผลิตจากแป้งสาลีและพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว

วัตถุดิบ	น้ำหนัก (กรัม)			
	สูตรควบคุม	1.5:1.5	2.0:1.0	2.5:0.5
แป้งข้าวเหนียว	-	110	165	192.5
แป้งถั่วเขียว	-	110	55	27.5
แป้งสาลีอเนกประสงค์	420			
ไข่ไก่	165	120	120	120
เกลือ	5	5	5	5
น้ำมันมะกอก	15	15	15	15
น้ำร้อน	60	60	60	60

ที่มา: ดัดแปลงจากวิธีของ ขนิษฐา หมดเอียด (2561)

3.2 การศึกษาผลของการใช้แทนแทนที่มีต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว

ศึกษาผลของการใช้แทนแทนที่มีต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวโดยการนำพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวที่ทำการเลือกสูตรที่เหมาะสมมากที่สุดข้อ 3.1 นำมาทำการเสริมแทนแทนลงไปพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว โดยใช้แทนแทนเสริมลงไปปริมาณที่ต่างกันคือร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักแป้ง และนำไปวิเคราะห์คุณภาพเปรียบเทียบกับพาสต้าสูตรควบคุมที่ผลิตจากแป้งสาลี

3.3 วิเคราะห์คุณภาพของพาสต้า

3.3.1 ค่าสี ด้วยเครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer) ยี่ห้อ KONIA MINOTA รุ่น CM-3500d โดยวัดค่าการส่องผ่านของแสง (Transmittance) จากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างและแสดงผลค่าที่วัด ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าดัชนีสีแดง (a^*) โดยค่า+ หมายถึงวัตถุมีสีแดง และค่า- หมายถึงวัตถุมีสีเขียว และค่าดัชนีสีเหลือง (b^*) โดยค่า+ หมายถึงวัตถุมีสีเหลือง และค่า- หมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงิน โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.3.2 ค่าความชื้น ด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด (Infrared Moisture Analyzer) ยี่ห้อ Sartorius รุ่น MA45 โดยนำตัวอย่างมาบดหรือทำให้มีขนาดเล็กประมาณ 3-5 กรัม มาวัดค่าความชื้น โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.3.3 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) รุ่น TA.Plus เป็นการจำลองการใช้ฟันบดอาหาร วัดค่าด้านความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าการยึดเกาะ (Adhesiveness) ค่าความเหนียว (Gumminess) และค่าความทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) ของเส้นพาสต้า โดยใช้หัววัดแบบกดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 mm (Compression probe, P50) กำหนดสภาวะในการทำงาน ของเครื่อง Texture Analyzer ได้แก่ Pre-Test Speed 2.0 mm/s, Test Speed 5.0 mm/s, Post-Test Speed 5.0 mm/s, Distance 90% โดยวัดตัวอย่างละอย่างน้อย 10 ครั้ง

3.4 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของผลการทดลอง (Analysis of variance, ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาสูตรการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว

จากการผลิตพาสต้าสูตรควบคุมด้วยแป้งสาลี พบว่าลักษณะปรากฏของเส้นพาสต้า มีสีเหลือง มีความยืดหยุ่นมาก ไม่แห้งหรือแตกออกจากกันเมื่อนำไปต้มสุกในน้ำเดือด เป็นเวลา 4 นาที เส้นมีความนุ่มเหนียว และมีสีเหลืองอ่อนกว่าตอนที่ยังไม่นำไปต้ม อาจเกิดจากผลของความร้อนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของรงควัตถุที่เป็นส่วนประกอบในไข่ไก่ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพาสต้า เช่น แคโรทีนอยด์ เป็นต้น (นรินทร์ เจริญพันธ์ และวิดา กวานเหียน, 2560) ลักษณะปรากฏของพาสต้าไม่มีรอยแตก มีความยืดหยุ่น เมื่อนำเส้นพาสต้าสูตรควบคุมมาวัดคุณภาพโดยการวัดค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ค่าความชื้น และค่าลักษณะเนื้อสัมผัสได้แก่ ค่าด้านความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะ ค่าความเหนียว และค่าความทนต่อการเคี้ยว พบว่าค่าความสว่าง ค่าดัชนีสีแดง และค่าดัชนีสีเหลือง มีค่าเท่ากับ 67.70, 8.65 และ 28.29 ตามลำดับ มีค่าความชื้น เท่ากับร้อยละ 26.56 และมีค่าด้านความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะ ค่าความเหนียว และค่าความทนต่อการเคี้ยว เท่ากับ 9848.39 N, -32.29 N.s, 82.70, 7467.99 และ 6162.77 ตามลำดับ

การศึกษาปริมาณการใช้แป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวทดแทนแป้งสาลีในสูตรการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตน จะทำการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว ในอัตราส่วนที่ต่างกันคือ 1.5:1.5, 2.0:1.0 และ 2.5:0.5 พบว่าลักษณะปรากฏของพาสต้าจากแป้ง

ข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียว ลักษณะภายนอกมีสีเหลืองอ่อน ค่อนข้างร่วนแต่ยังสามารถรีดให้เป็นเส้นได้ เมื่อแห้งจะกรอบและขาดง่าย และเมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพโดยการวัดค่าสี ค่าความชื้นและค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียว เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลีในการผลิตพบว่าค่าสี ค่าความชื้น และค่าลักษณะเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ค่าสีของพาสต้าจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวในอัตราส่วนที่ต่างกันคือ 1.5:1.5, 2.0:1.0 และ 2.5:0.5 เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมในตารางที่ 2 พบว่าอัตราส่วนของแป้งที่ใส่ลงไปในการพาสต้าทำให้ค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าดัชนีสีแดง (a^*) และค่าดัชนีสีเหลือง (b^*) ของพาสต้าจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ค่าความสว่างของพาสต้าปราศจากกลูเตนทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเหนียวและลดปริมาณแป้งข้าวเหนียวทำให้ค่าความสว่าง (L^*) สูงกว่าพาสต้าสูตรควบคุม ในขณะที่ค่าดัชนีสีแดง (a^*) และค่าดัชนีสีเหลือง (b^*) ของพาสต้าปราศจากกลูเตนต่ำกว่าพาสต้าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความชื้นของพาสต้าจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวในอัตราส่วนที่ต่างกันคือ 1.5:1.5, 2.0:1.0 และ 2.5:0.5 แล้วนำไปเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมพบว่าอัตราส่วนของแป้งที่ใส่ลงไปในการพาสต้าทำให้ค่าความชื้นของพาสต้าจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 2

ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวในอัตราส่วนที่ต่างกันคือ 1.5:1.5, 2.0:1.0 และ 2.5:0.5 โดยเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมพบว่าอัตราส่วนของแป้งที่ใส่ลงไปในการพาสต้าทำให้ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าการยึดเกาะ (Adhesiveness), ค่าความเหนียว (Gumminess) และค่าความทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) ของเส้นพาสต้า พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีความแตกต่างจากสูตรควบคุม แต่เมื่อนำไปทำการต้มให้สุกพบว่าพาสต้าจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวยังคงมีความเหนียวนุ่มตามคุณสมบัติของแป้งทั้งสองชนิด แต่ด้านความยืดหยุ่นและความคงตัวต่างจากพาสต้าสูตรควบคุมอยู่ค่อนข้างมาก

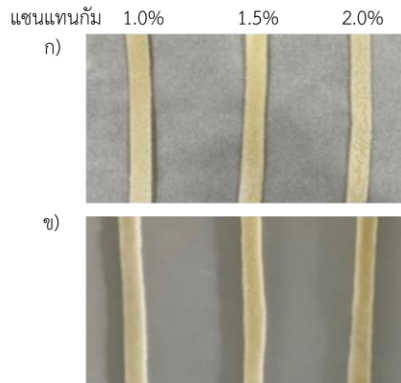
4.2 ผลการศึกษาผลของการใช้แซนแทนกัมที่มีต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียว

ในการศึกษาปริมาณแซนแทนกัมที่เหมาะสมในการเสริมลงไปในการผลิตเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวพาสต้าที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวด้วยอัตราส่วน 2.5:0.5 โดยเสริมแซนแทนกัมในสูตรการผลิตที่ร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าลักษณะปรากฏของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวเสริมแซนแทนกัมเส้นสดก่อนต้มและหลังต้มมีสีเหลืองอ่อนค่อนข้างคงตัวและจับตัวกันเหนียวเป็นเส้นมากขึ้นเมื่อมีปริมาณแซนแทนกัมเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพโดยการวิเคราะห์ค่าสีและค่าความชื้นของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว

การวิเคราะห์ทางกายภาพ	สูตรควบคุม (แป้งสาลี)	อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว : แป้งถั่วเขียว		
		1.5:1.5	2.0:1.0	2.5:0.5
ค่าสี				
ค่าความสว่าง (L*)	67.70±0.06 ^b	79.15±0.77 ^a	78.14±1.07 ^a	79.03±0.07 ^a
ค่าดัชนีสีแดง (a*)	8.65±0.16 ^a	4.16±0.03 ^d	5.41±0.07 ^c	6.40±0.04 ^b
ค่าดัชนีสีเหลือง (b*)	28.29±0.22 ^a	23.55±0.67 ^b	22.02±0.36 ^c	23.15±0.07 ^b
ค่าความชื้น (ร้อยละ)	26.56±0.69 ^c	36.54±0.90 ^b	37.16±0.27 ^{ab}	38.57±1.17 ^a
ลักษณะเนื้อสัมผัส				
ความแข็ง (N)	9848.39±129.48 ^a	7827.08±193.60 ^b	7962.90±253.48 ^b	8085.19±173.24 ^b
การยืดเกาะ (N.s)	-32.29±11.11 ^a	-71.82±8.52 ^b	-176.05±12.00 ^c	-212.54±8.67 ^d
ความยืดหยุ่น	82.70±15.84 ^a	41.58±4.88 ^c	65.60±10.98 ^b	68.80±4.47 ^b
ความเหนียว	7467.99±111.99 ^a	3836.64±127.67 ^c	4459.63±118.00 ^b	4698.94±183.58 ^b
ความทนต่อการเคี้ยว	6162.77±42.67 ^a	1593.11±49.93 ^c	2951.89±83.70 ^b	3245.15±67.24 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งกล้วย
เสริมแซนแทนกัมร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักแป้ง
ก) เส้นพาสต้าสดก่อนต้ม ข) เส้นพาสต้าหลังต้มสุก

ค่าสีของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งกล้วยในการเสริมแซนแทนกัมที่ร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักแป้ง เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพของพาสต้าสูตรควบคุมพบว่าปริมาณแซนแทนกัมที่เสริมลงไปในพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งกล้วยในปริมาณที่ต่างกันทำให้ค่าสี ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของพาสต้าจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งกล้วยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าความสว่าง (L^*) ของพาสต้าปราศจากกลูเตน 3 สูตร เพิ่มขึ้นสูงกว่าพาสต้าสูตรควบคุม แต่ค่าดัชนีสีแดง (a^*) และค่าดัชนีสีเหลือง (b^*) มีค่าต่ำกว่าพาสต้าสูตรควบคุม ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งกล้วยในการเสริมแซนแทนกัมที่ร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าปริมาณแซนแทนกัมที่เสริมลงไปในพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งกล้วยทำให้ค่าความชื้นของพาสต้าปราศจากกลูเตนมีค่าสูงกว่าความชื้นของพาสต้าสูตรควบคุมอีกด้วย ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งกล้วยในการเสริมแซนแทนกัมที่ร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าปริมาณแซนแทนกัมที่เสริมลงไปในพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งกล้วยในปริมาณที่ต่างกันทำให้ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสได้แก่ ค่าด้านความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยืดเกาะ ค่าความเหนียว และค่าความทนต่อการเคี้ยว ของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งกล้วยพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 3 และเมื่อเสริมแซนแทนกัมในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้ค่าด้านความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยืดเกาะ ค่าความเหนียว และค่าความเคี้ยวเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพโดยการวิเคราะห์ค่าสีและค่าความชื้นของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวเสริมแซนแทนกัม

การวิเคราะห์ทางกายภาพ	สูตรควบคุม (แป้งสาลี)	ปริมาณของแซนแทนกัม (ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง)			
		1.0	1.5	2.0	
ค่าสี					
ค่าความสว่าง (L*)	67.70±0.06 ^c	85.51±0.25 ^a	80.86±0.13 ^b	80.93±0.02 ^b	
ค่าดัชนีสีแดง (a*)	8.65±0.16 ^a	2.37±0.08 ^d	2.84±0.11 ^c	3.22±0.01 ^b	
ค่าดัชนีสีเหลือง (b*)	28.29±0.22 ^a	14.06±0.28 ^c	18.96±0.08 ^b	19.23±0.01 ^b	
ค่าความชื้น (ร้อยละ)	26.56±0.69 ^b	34.39±1.35 ^a	33.97±1.81 ^a	32.17±1.72 ^a	
ลักษณะเนื้อสัมผัส					
ความแข็ง (N)	9848.39±229.48 ^a	8123.37±180.82 ^b	9873.40±239.35 ^a	9484.49±269.09 ^a	
การยืดเกาะ (N.s)	-32.29±11.11 ^a	-172±11.29 ^b	-236.426±24.45 ^c	-233.622±16.07 ^c	
ความยืดหยุ่น	82.70±15.84 ^a	63.49±6.62 ^b	72.04±3.54 ^{ab}	74.25±5.44 ^{ab}	
ความเหนียว	7467.99±141.99 ^a	4219.50±168.33 ^c	5253.41±214.81 ^b	5237.33±156.44 ^b	
ความทนต่อการเคี้ยว	6162.77±132.67 ^a	2683.36±156.33 ^c	3787.00±125.50 ^b	3884.45±167.24 ^b	

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5. อภิปรายผล

5.1 ผลการพัฒนาสูตรการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว

การผลิตพาสต้าสูตรควบคุมด้วยแป้งสาลี พบว่าลักษณะปรากฏของเส้นพาสต้า มีสีเหลือง มีความยืดหยุ่นมาก ไม่แห้งหรือแตกออกจากกันเมื่อนำไปต้มสุกในน้ำเดือด เป็นเวลา 4 นาที เส้นมีความนุ่มเหนียว และมีสีเหลืองอ่อนกว่าตอนที่ยังไม่นำไปต้ม อาจเกิดจากผลของความร้อนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของรงควัตถุที่เป็นส่วนประกอบในไข่ไก่ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพาสต้า เช่น แคโรทีนอยด์ เป็นต้น (นรินทร์ เจริญพันธ์ และวิดา กวานเหียน, 2560) ลักษณะปรากฏของพาสต้าไม่มีรอยแตก มีความยืดหยุ่น

ผลการศึกษาปริมาณการใช้แป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวทดแทนแป้งสาลีในสูตรการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตน จะทำการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวในอัตราส่วนที่ต่างกันคือ 1.5:1.5, 2.0:1.0 และ 2.5:0.5 จากค่าสีของพาสต้าจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวในอัตราส่วนที่ต่างกันคือ 1.5:1.5, 2.0:1.0, และ 2.5:0.5 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเหนียวและลดปริมาณแป้งถั่วเขียวทำให้ค่าความสว่าง (L^*) สูงกว่าพาสต้าสูตรควบคุม ในขณะที่ค่าดัชนีสีแดง (a^*) และค่าดัชนีสีเหลือง (b^*) ของพาสต้าปราศจากกลูเตนต่ำกว่าพาสต้าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเป็นผลจากแป้งถั่วเขียวเมื่อได้รับความร้อนและเกิดเจลลิตในเซชัน กลายเป็นแป้งเปียก (Paste) จะเกิดความใสทำให้แสงส่องผ่านได้มากขึ้น อีกทั้งแป้งสาลีมีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าแป้งข้าวเหนียวทำให้แป้งคืนตัวหรือเกิดรีโทรเกรเดชันได้มากและเร็วกว่าทำให้การส่องผ่านของแสงลดลง (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550) จึงส่งผลให้ค่าความสว่างของพาสต้าปราศจากกลูเตนทั้ง 3 สูตรเพิ่มขึ้น

ในขณะการเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวเหนียวและลดปริมาณของแป้งถั่วเขียวในสูตรการผลิตเส้นพาสต้ามีผลทำให้ความชื้นของเส้นพาสต้าเพิ่มขึ้น และมีความชื้นสูงกว่าเส้นพาสต้าสูตรควบคุม (ตารางที่ 1) อาจเป็นเพราะแป้งข้าวเหนียวมีปริมาณอะมิโลสต่ำจึงมีความแข็งแรงของโครงสร้างเม็ดแป้งน้อย ทำให้สามารถดูดซับน้ำและพองตัวที่อุณหภูมิต่ำได้ดีกว่าแป้งสาลีที่ปริมาณอะมิโลสที่สูงกว่า (ปิยรัตน์ ศิริวงศ์ไพศาล และคินจันท์ ณ นคร, 2552; Hoover, 2001) นอกจากนี้แป้งถั่วเขียวมีปริมาณโปรตีนสูงประมาณร้อยละ 22 (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540) จึงสามารถดูดซับน้ำได้ดีส่งผลให้พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวมีปริมาณความชื้นที่สูงกว่าพาสต้าสูตรควบคุมที่ผลิตจากแป้งสาลี

ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวในอัตราส่วนที่ต่างกันคือ 1.5:1.5, 2.0:1.0 และ 2.5:0.5 ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวเหนียวและลดปริมาณของแป้งถั่วเขียวในสูตรการผลิตเส้นพาสต้า ทำให้ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยืดเกาะ ค่าความเหนียว และค่าความทนต่อการเคี้ยว ของเส้นพาสต้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีความแตกต่างจากสูตรควบคุม แต่เมื่อนำไปทำการต้มให้สุกพบว่าพาสต้าจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวยังคงมีความเหนียวนุ่มตามคุณสมบัติของแป้งทั้งสองชนิด แต่ด้านความยืดหยุ่นและความคงตัวต่าง

จากพาสต้าสูตรควบคุมอยู่ค่อนข้างมาก อาจเนื่องมาจากแป้งทั้งสองชนิดไม่มีกลูเตนที่มีหน้าที่ทำให้พาสต้ามีความยืดหยุ่น พาสต้าจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวจึงแห้งแตกและขาดง่าย อาจเป็นเพราะคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วที่แตกต่างจากแป้งข้าวสาลี โดยแป้งถั่วเขียวมีโปรตีนและอะมิโลสสูงกว่าแป้งข้าวเหนียว ซึ่งสัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินมีผลต่อความแข็งแรงของเจลแป้งสุก หากแป้งที่มีอะมิโลสต่ำจะทำให้เกิดเจลและผลิตภัณฑ์ที่มีความอ่อนนุ่มมากกว่าแป้งที่มีอะมิโลสสูง ซึ่งมีรายงานว่าแป้งข้าวเหนียวมีปริมาณอะมิโลสต่ำกว่าแป้งสาลีทำให้มีสัดส่วนของอะมิโลเพคตินสูงซึ่งมีส่วนช่วยในการพองตัวของแป้ง นอกจากนี้แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำโครงสร้างของแป้งจะมีความคงตัวต่ำ เกิดการจับตัวกันอย่างหลวมๆ สามารถพองตัวได้อย่างอิสระระหว่างการให้ความร้อน (Tester & Morrison, 1990) จึงส่งผลให้ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าความเหนียว และค่าความทนต่อการเคี้ยว ของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนต่ำกว่าค่าความแข็งแรงของเส้นพาสต้าสูตรควบคุม ส่วนค่าการยืดเกาะมีค่าสูงขึ้น เมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวเพิ่มขึ้นและปริมาณแป้งถั่วเขียวลดลง และสูงกว่าพาสต้าสูตรควบคุม ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจาก แป้งถั่วเขียวที่มีปริมาณอะมิโลสและโปรตีน ที่มากกว่าแป้งข้าวเหนียวและแป้งสาลี โดยมีรายงานว่าแป้งถั่วเขียวมีปริมาณอะมิโลสสูงถึงร้อยละ 31.38 และปริมาณโปรตีนร้อยละ 22 (รัชนิพร โพธิ์นาม และคณะ, 2559) ส่งผลให้เจลของแป้งเปียกเกิดการคืนตัวมากระหว่างการทำเจลให้เย็นจะเกิดการรวมตัวของโมเลกุลอะมิโลสทำให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้นและทำให้แป้งเปียกมีความเหนียวสูงกว่าแป้งที่มีอะมิโลสต่ำ

จากผลการศึกษาปริมาณของแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวที่เหมาะสมที่ใช้เติมในพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว พบว่าอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว: แป้งถั่วเขียว ที่ 2.5:0.5 ทำให้เส้นพาสต้าที่ผลิตได้มีค่า L^* , a^* , b^* ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยืดเกาะ ค่าความเหนียว และค่าความทนต่อการเคี้ยว ของเส้นพาสต้าใกล้เคียงกับคุณภาพของพาสต้าสูตรควบคุมที่ผลิตด้วยแป้งสาลีมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกพาสต้าที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวที่สัดส่วน 2.5:0.5 ใช้ในการศึกษาผลของการเสริมแซนแทนกัมในพาสต้าปราศจากกลูเตนในขั้นตอนต่อไป

5.2 ผลการศึกษาผลของการใช้แซนแทนกัมที่มีต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว

ในการการศึกษาปริมาณแซนแทนกัมที่เหมาะสมในการเสริมลงไปในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวโดยใช้แซนแทนกัมเสริมที่ร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าลักษณะปรากฏของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว (ภาพที่ 1) มีสีเหลืองอ่อน ค่อนข้างคงตัวและจับตัวกันเหนียวเป็นเส้นมากกว่าสูตรที่ยังไม่เสริมแซนแทนกัมลงไป และเมื่อนำไปต้มสุก (ภาพที่ 1) พบว่าพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว มีความเหนียวนุ่ม และลักษณะปรากฏของเส้นที่ใหญ่ขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากคุณสมบัติของแซนแทนกัม จึงทำให้เส้นพาสต้ามีการดูดซับน้ำของแซนแทนกัมได้มากขึ้นและมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวยังคงขาดง่ายกว่าเส้นพาสต้าสูตรควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชินชฐา หวดเอียด (2561) ได้ศึกษาปริมาณแซนแทนกัมที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพ

เส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวสังข์หยด ซึ่งน้ำหนักหลังปรุงสุกของเส้นพาสต้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและการสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรุงสุกมีแนวโน้มลดลงเมื่อแช่แทนกันที่ระดับสูงขึ้น เนื่องจากแช่แทนกันมีคุณสมบัติการดูดซับน้ำและเก็บกักน้ำระหว่างการต้มให้สุกในน้ำเดือด ทำให้เส้นพาสต้ามีการสูญเสียหลังการต้มน้อยและไม่เปื่อยยุ่ย

ค่าสีของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวในการเสริมแทนกันที่ร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักแป้ง แสดงให้เห็นว่าปริมาณแทนกันที่เสริมลงไปพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ของพาสต้าปราศจากกลูเตน 3 สูตร เพิ่มขึ้นสูงกว่าพาสต้าสูตรควบคุม แต่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าต่ำกว่าพาสต้าสูตรควบคุม โดยค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมแทนกัน อาจเป็นเพราะแทนกันมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี ดังนั้นจึงส่งผลให้ดูดซับน้ำไว้ในโครงสร้างของแป้งโดพาสต้าได้ทำให้มีลักษณะที่สว่างมากขึ้น (Guarda et al., 2004) นอกจากนี้ชินิฐา หมวดเอียด (2561) ได้รายงานผลค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมแทนกันในการผลิตเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนอบแห้งจากแป้งข้าวสังข์หยด เมื่อเปรียบค่าสีของพาสต้าปราศจากกลูเตน 3 สูตร ที่มีการเติมแทนกันเพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและเพิ่มความคงตัวของเส้นพาสต้า พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ของพาสต้าปราศจากกลูเตนเสริมแทนกันมีค่าลดลง อาจเป็นเพราะลักษณะของแทนกันเมื่อละลายน้ำจะให้สารละลายที่มีสีขุ่น (Urlacher & Noble, 1997) ส่วนการศึกษาของ สุธาสินี น้อยสุวรรณ และปราณี อานปรื่อง (2544) รายงานการใช้แทนกันสูงร้อยละ 0.5-2.0 ร่วมกับผงบุกส่งผลให้ค่าความใสและค่าความสว่าง (L^*) ของเยลลี่ต่ำลง อีกทั้งหากเติมแทนกันในระดับที่สูงมากถึงระดับร้อยละ 2.5 จะส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อปริมาณแทนกันมากขึ้นจะส่งผลให้แทนกันแย่งจับน้ำภายในโครงสร้างของแป้งโดทำให้เกิดการพัฒนาโครงข่ายแป้งโดพาสต้าที่ไม่ดี (Rosell et al., 2001) ในขณะที่ค่าดัชนีสีแดง (a^*) และค่าดัชนีสีเหลือง (b^*) มีค่าสูงขึ้นเมื่อปริมาณของแทนกันเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะลักษณะของแทนกันเมื่อละลายน้ำจะให้สารละลายที่มีสีขุ่น จึงส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลืองจากแคโรทีนอยด์จากไข่ไก่มีสีซีดจางลงได้ทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนลดลง และลดต่ำกว่าค่าสีของพาสต้าสูตรควบคุม (ตารางที่ 3)

การวิเคราะห์ค่าความชื้นของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวในการเสริมแทนกันร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักแป้ง แสดงให้เห็นว่าปริมาณแทนกันที่เสริมลงไปพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวทำให้ค่าความชื้นของพาสต้าปราศจากกลูเตนมีค่าสูงกว่าความชื้นของพาสต้าสูตรควบคุมอีกด้วย ($p < 0.05$) เนื่องจากแทนกันที่เป็นสารในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ ที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี เมื่อใช้ร่วมกับแป้งจะทำให้แป้งสามารถอุ้มน้ำได้ดีมากขึ้น (Guarda et al., 2004) ทำให้ความชื้นของเส้นพาสต้ามีค่าที่สูงขึ้นกว่าพาสต้าในสูตรควบคุม ในขณะที่การเติมแทนกันในสูตรการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวไม่มีผลต่อค่าความชื้นของพาสต้าทั้ง 3 สูตร (ตารางที่ 3) ส่วนผลของปริมาณแทนกันที่มีคุณภาพของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนเสริมแทนกัน จะเห็นว่าปริมาณแทนกันที่เสริมลงไป

พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้ค่าด้านความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยืดเกาะ ค่าความเหนียว และค่าความเคี้ยวเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจาก แขนแทนกัมมีคุณสมบัติที่สามารถเพิ่มความหนืด และมีความคงตัว (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557) จึงเป็นผลทำให้ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวในการเสริมแขนแทนกัม มีค่าด้านความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าความเหนียว และค่าความเคี้ยวเพิ่มสูงขึ้น ใกล้เคียงหรือเทียบเท่าสูตรควบคุม แต่ค่าการยืดเกาะจะมีค่าสูงกว่าพาสต้าในสูตรควบคุม เป็นผลมาจากแป้งข้าวเหนียวที่มีความหนืด สูงกว่าแป้งสาลีเมื่อให้ความร้อน (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2550) และเมื่อเสริมแขนแทนกัมลงไป ทำให้ค่าการยืดเกาะมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้น

จากผลการศึกษาปริมาณแขนแทนกัมที่เหมาะสมในการเสริมลงไปผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว พบว่าปริมาณแขนแทนกัมที่เสริมลงไป ในปริมาณ 2 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม ทำให้พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวมีค่า (L^*, a^*, b^*) ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยืดเกาะ ค่าความเหนียว และค่าความทนต่อการเคี้ยว ของเส้นพาสต้าใกล้เคียงกับคุณภาพของพาสต้าสูตรควบคุมที่ผลิตด้วยแป้งสาลีมากที่สุด จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวเสริมแขนแทนกัม

6. องค์ความรู้ใหม่

การผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว เพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนสำหรับผู้แพ้อาหาร และเพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคและเพิ่มมูลค่าให้กับแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวซึ่งเป็นวัตถุดิบในประเทศที่ทำได้ง่ายและราคาถูกกว่าแป้งสาลี

7. สรุป

การศึกษาปริมาณแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวทดแทนแป้งสาลีในสูตรการผลิตพาสต้า พบว่าอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวที่เหมาะสมในการนำไปผลิตเส้นพาสต้าเสริมแขนแทนกัมคือ อัตราส่วน 2.5:0.5 อีกทั้งการใช้แขนแทนกัมเสริมลงไปในพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวที่ร้อยละ 2.0 ของน้ำหนักแป้ง ทำให้เส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนที่ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกับพาสต้าที่ผลิตจากแป้งสาลีสูตรพื้นฐานมากที่สุด

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

8.1.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของพาสต้าสูตรพื้นฐานที่ผลิตจากแป้งสาลีและพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวเสริมกลูเตน เป็นการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์อีกด้านที่สามารถใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการคัดเลือกสูตรการผลิตพาสต้าได้

8.1.2 การทดสอบคุณภาพหลังการปรุงสุกของเส้นพาสต้า ได้แก่ การหาระยะเวลาในการปรุงสุก (Cooking time) การหาน้ำหนักหลังปรุงสุก (Cooking weight) และการหาการสูญเสียระหว่างการปรุงสุก (Cooking loss) จะทำให้ทราบถึงคุณภาพและผลผลิต (Yield) ที่จะนำไปคำนวณความคุ้มค่าของการพัฒนาสูตรการทำพาสต้า

8.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

8.2.1 การศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิที่แตกต่างกันหลายระดับในการใช้ผลิตเส้นพาสต้าอบแห้ง เนื่องจากอุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อบแห้ง

8.2.2 การผลิตพาสต้าอาจมีการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงคุณภาพและความคงตัวของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว เช่น กัวร์กัม ผงบุก เป็นต้น

9. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

10. เอกสารอ้างอิง

- กล้านรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. (2550). เทคโนโลยีของแป้ง (พิมพ์ครั้งที่ 4). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กุลยา ลีมรุ่งเรืองรัตน์, สมถวิล จิตตวร, โอนชา สุขสมบูรณ์ และบงกช วรธนะภูติ. (2556). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าเพื่อสุขภาพจากข้าวเจ้าเสริมสาหร่าย. โครงการวิจัยประเภทงบประมาณรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ชินขิษฐา หมวดเอียด. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนอบแห้งจากแป้งข้าวสังข์หยด. วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ, 12 (2), 91-102.

- ชุติมา มุสิกะเจริญ. (2565, 15 มีนาคม). ศูนย์วิจัยกสิกรฯ เผยความขัดแย้งระหว่างรัสเซีย-ยูเครน ดันราคาข้าวสาลีโลกซ้ำเติมราคาอาหารไทยให้สูงขึ้น. สำนักข่าวอีไฟแนนซ์ไทย <https://www.efinancethai.com/LastestNews/LatestNewsMain.aspx?ref=A&id=a2thbVTeXZPNW89&security=KBANK>.
- นรินทร์ เจริญพันธ์ และวิดา กวานเหียน. (2560). ผลของแป้งจากเศษเหลือทิ้งของทุเรียนต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตน. โครงการวิจัยประเภทงบประมาณรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นิธยา รัตนพานนท์. (2557). เคมีอาหาร (พิมพ์ครั้งที่ 5). โอเดียนสโตร์
- ปิยรัตน์ ศิริวงศ์ไพศาล และคีนจันทร์ ณ นคร. (2552). ผลของปริมาณอะมิโลสและสภาวะการผลิตต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของสตาร์ชข้าวพรีเจลาติไนซ์. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พรรณทิพา เจริญไทยกิจ, อภิษฎา พรหมมินทร์, อาทิตยา สุรณานันต์, อีรารัตน์ อธิโสภณกุล, พิสุทธิ หนักแน่น และพจนีย์ พงศ์พจน์. (2561). สมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวกล้องเสริมคุณค่าโปรตีนไข่ขาว. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 28(3), 627-638.
- รัชนิพร โพธินาม, อนุชิตา มุ่งงาม และทัตดาว ภาชีผล. (2559). องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของสตาร์ชจากถั่วเขียวและถั่วพุ่มและการประยุกต์ใช้ในการผลิตวุ้นเส้น. วารสารแก่นเกษตร, 44 (ฉบับพิเศษ 10), 1073-1079.
- สุธาสนี น้อยสุวรรณ และปราณี อานเปื้อง. (2544). การใช้ผงบุกเพื่อเป็นสารที่ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์เยลลี่. อาหาร. 31, 174-186.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. (2540). ข้าวสาลี (พิมพ์ครั้งที่ 2). ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Gambus H., Sikora M., & Ziobro R. (2007). The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 6(3), 61-74.
http://www.food.actapol.net/issue3/volume/6_3_2007.pdf
- Guarda A., Rosell C.M., Benedito C. & Galotto M.J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*. 18, 241-247. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(03\)00080-8](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(03)00080-8)
- Hoover, P. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers*. 45, 253-267. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(00\)00260-5](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(00)00260-5)

- Rosell, C. ., Rojas, J., & Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1), 75–81.
[https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00054-0)
- Tester, R. F., & Morrison, W. R. (1990). Swelling and gelatinization of cereal starches. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal Chemistry*, 67(6), 551-557. <https://europepmc.org/article/AGR/IND91005375>
- Udachan I.S., & Sahoo A.K. (2017). Effect of hydrocolloids in the development of gluten free brown rice pasta. *International Journal of ChemTech Research*. 10(6), 407-415.
[https://www.sphinxesai.com/2017/ch_vol10_no6/2/\(407-415\)V10N6CT.pdf](https://www.sphinxesai.com/2017/ch_vol10_no6/2/(407-415)V10N6CT.pdf)
- Urlacher, B., & Noble, O. (1997). Xanthan gum. In Imeson, A. (ed.), *Thickening and Gelling Agents for food*. (2nd ed., p.284-311. London: Blackie Academic & Professional.