

ผลของการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวสาลีต่อคุณภาพของ
เส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนที่เก็บรักษาในสภาวะต่างกัน
Effect of Using Rice Flour Substituted Wheat Flour on Quality of
Noodle Mixed Jellyfish Powder Stored in Different Conditions

เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์^{1,2,3*} นลินนิภา นิวัฒนากุล¹ และ วิลัย รังสาดทอง^{1,2,3}

Benjawan Thumthanaruk^{1,2,3*} Nalinnipha Niwatthanakun¹ and Vilai Rungsardthong^{1,2,3}

¹ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ ประเทศไทย

²ศูนย์วิจัยเฉพาะทางด้านอาหารและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
กรุงเทพฯ ประเทศไทย

³ศูนย์ปฏิบัติการเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตอุตสาหกรรมอาหาร อุทยานเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ ประเทศไทย

¹Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand

²Food and Agro-Industrial Research Center, King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Bangkok, Thailand

³Center for Food Industry Innovation Technology, Techno Park,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand

วันที่ส่งบทความ : 8 เมษายน 2567 วันที่แก้ไขบทความ : 18 มิถุนายน 2568 วันที่ตอบรับบทความ : 23 มิถุนายน 2568

Received: 8 April 2024, Revised: 18 June 2025, Accepted: 23 June 2025

บทคัดย่อ

เส้นบะหมี่เป็นอาหารหลักที่ได้รับความนิยมในการบริโภคจากประชากรทั่วโลก แต่การพัฒนาเส้นบะหมี่ให้มีความหลากหลายเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการยังคงมีจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) ผลิตเส้นบะหมี่ที่มีการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวสาลีบางส่วน โดยทดแทนแป้งข้าวสาลีร้อยละ 0, 10 และ 15 ร่วมกับผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งผสมทั้งหมด (เส้นบะหมี่แมงกะพรุน) เพื่อเสริมปริมาณโปรตีนคอลลาเจน ตัวอย่างเส้นบะหมี่แมงกะพรุนที่ได้ถูกนำไปวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้สเกลความชอบ 5 คะแนน การทดสอบรสชาติเค็มและกลิ่นคาวของบะหมี่โดยใช้สเกลวัดความพอติ 5 คะแนน และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สี แรงต้านการดึงขาด และคุณภาพการต้มสุก 2) ศึกษาผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่ ซึ่งรวมถึงการวิเคราะห์ลักษณะปรากฏคุณภาพทางกายภาพ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบ 50 คน ผลการวิจัยพบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และคะแนนความชอบโดยรวม

*ที่อยู่ติดต่อ E-mail address: benjawan.t@sci.kmutnb.ac.th

<https://doi.org/10.55003/scikmitl.2025.262856>

ระหว่างเส้นบะหมี่แมงกะพรุนและเส้นบะหมี่ที่ไม่มีผงแมงกะพรุน (กลุ่มควบคุม) เส้นบะหมี่แมงกะพรุนและกลุ่มควบคุมถูกนำไปวิเคราะห์กลิ่นเค็มและกลิ่นคาวโดยใช้ 5 สเกล ซึ่งมีระดับตั้งแต่ 1 ถึง 5 โดยมีการจำแนกดังนี้ 1-อ่อนมาก 2-อ่อนเล็กน้อย 3-พอดี 4-เข้มข้นเล็กน้อย และ 5-เข้มข้นมาก ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าคะแนนรสชาติเค็มและกลิ่นคาวของบะหมี่ทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของรสชาติเค็มเท่ากับ 2.16-2.38 และกลิ่นคาวเท่ากับ 2.50-2.84 ตามลำดับ ซึ่งแสดงระดับอ่อนเล็กน้อย ดังนั้นรสชาติเค็มและกลิ่นคาวของผงแมงกะพรุนจึงไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ ในด้านคุณภาพการต้มสุกของเส้นบะหมี่แมงกะพรุนทุกตัวอย่างมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ส่งผลให้น้ำหนักหลังการต้มสุกต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม เส้นบะหมี่ผสมแมงกะพรุนที่มีการทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 10 แสดงค่าแรงต้านการดึงขาดสูงกว่าการทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 15 นอกจากนี้ การเติมผงแมงกะพรุนลงในเส้นบะหมี่ยังช่วยเพิ่มความเหนียวและปริมาณโปรตีนถึง 8.85% และปริมาณคอลลาเจน 0.425 กรัมต่อ 100 กรัม ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน และเก็บในอุณหภูมิตู้เย็น 11 วัน ซึ่งพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏจนกระทั่งเกิดการเน่าเสีย เส้นบะหมี่แมงกะพรุนมีสีเหลืองอ่อนและมีการเปลี่ยนแปลงความเหนียวเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม คุณภาพการต้มสุกของเส้นบะหมี่ที่เก็บไว้แสดงให้เห็นถึงการสูญเสียน้ำหนักจากการหุงต้มสุกเพิ่มขึ้น และน้ำหนักที่ได้หลังการหุงต้มที่ลดลง

คำสำคัญ : เส้นบะหมี่ แมงกะพรุน คอลลาเจน การทดสอบความพอดี แรงต้านการดึงขาด

Abstract

Noodles are a staple food widely consumed across the globe. However, the development of noodles with enhanced nutritional diversity remains limited. This study aimed to 1) produce jellyfish-enriched noodles by partially substituting wheat flour with rice flour at 0%, 10%, and 15%, combined with 5% jellyfish powder (based on total flour weight), to enhance collagen protein content. The resulting jellyfish noodles were subjected to sensory evaluation using a 5-point hedonic scale. Saltiness and fishy odor intensity were assessed using a 5-point just-about-right (JAR) scale. Physical properties such as color, tensile strength, and cooking quality were also analyzed; 2) to investigate the effect of storage conditions on noodle quality, including appearance, physical properties, and sensory acceptance by 50 panelists. Results indicated no statistically significant differences ($p>0.05$) in color, appearance, odor, taste, and overall acceptability between the jellyfish noodles and the control sample (no jellyfish powder). Saltiness and fishy odor intensities were evaluated using a scale of 1 (very weak) to 5 (very strong), with classifications as follows: 1-very weak, 2-slightly weak, 3-just right, 4-slightly strong, and 5-very strong. The mean scores for saltiness ranged from 2.16 to 2.38, and for fishy odor from 2.50 to 2.84, indicating slight

intensities and suggesting that jellyfish powder had no significant impact on flavor quality. Regarding cooking quality, all jellyfish noodle samples exhibited higher total soluble solids than the control, resulting in lower cooked weight. The 10% rice flour substitution sample showed higher tensile strength than the 15% substitution group. Moreover, adding jellyfish powder increased chewiness and boosted protein content to 8.85%, with collagen content reaching 0.425 grams per 100 grams of noodles. Shelf-life evaluation revealed that the jellyfish noodles had a storage life of 2 days at room temperature and 11 days under refrigerated conditions, as determined by visible spoilage. The noodles exhibited a light yellow color and only slight changes in texture over time. However, stored samples showed increased cooking loss and reduced post-cooking weight, indicating changes in cooking performance over time.

Keywords: Noodle, Jellyfish, Collagen, Just about right, Tensile strength

1. บทนำ

ชาวเอเชียมีวัฒนธรรมการบริโภคคาร์โบไฮเดรต เช่น ข้าว เส้นบะหมี่ ซาลาเปา หรือหมั่นโถว เป็นอาหารหลักในชีวิตประจำวัน เส้นบะหมี่ยังเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้รับความนิยมในการบริโภคจากชาวตะวันตกเช่นกัน (Fu, 2008) การผลิตเส้นบะหมี่ใช้แป้งข้าวสาลีเป็นหลัก โดยสามารถแบ่งเส้นบะหมี่ออกเป็น 2 ชนิด ขึ้นกับส่วนผสมที่ใช้ในการผลิต คือ เส้นบะหมี่แบบเค็ม (Salted noodle) และเส้นบะหมี่สีเหลือง (Yellow noodle) เส้นบะหมี่สีเหลืองมีส่วนผสมหลัก คือ แป้งข้าวสาลี น้ำ และสารละลายต่าง ที่ประกอบด้วยโซเดียมคาร์บอเนตและโพแทสเซียมคาร์บอเนตในปริมาณร้อยละ 0.5-3.0 โดยมีอัตราส่วนของสารทั้งสองชนิดอยู่ในช่วง 1:9-9:1 (Asenstorfer et al., 2006; Hatcher & Anderson, 2007) ขั้นตอนการผลิตเส้นบะหมี่ไม่ซับซ้อน โดยเริ่มจากการผสมแป้ง น้ำ และสารละลายต่างให้เข้ากัน จากนั้นทำการนวด พักโด รีดให้เป็นแผ่น และทำการตัดเป็นเส้น การนวดแป้งเป็นการทำให้โปรตีนกลูเตนในแป้งข้าวสาลีเกิดการเชื่อมต่อของโปรตีนไกลอะดินและกลูเตนินด้วยพันธะไดซัลไฟด์ ทำให้ได้ลักษณะโดซึ่งเป็นโครงสร้างตาข่ายที่แข็งแรงขึ้น

สารละลายต่างมีผลต่อคุณภาพและอันตรกิริยาของไฟฟ้าสถิตและแรงไฮโดรโฟบิก ส่งผลทำให้เส้นบะหมี่มีเนื้อแน่นและมีความเหนียว (Jia et al., 2019) เส้นบะหมี่สีเหลืองเกิดจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีของสารสี ฟลาโวนอยด์ในแป้งข้าวสาลีในสภาวะที่เป็นด่าง (Fu, 2008) คุณภาพสำคัญของเส้นบะหมี่หลังจากการต้มสุก (Cooking quality) ที่ผู้บริโภคยอมรับ ได้แก่ ความเหนียว ความยืดหยุ่นและความนุ่ม โดยคุณภาพหลังการต้มเกี่ยวข้องกับเวลาที่ใช้ในการต้มสุก (Cooking time) น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking weight) และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) ปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ทำให้มีความหลากหลายและมีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น เช่น การเพิ่มปริมาณโปรตีนโดยใช้ผงโปรตีนแมงกะพรุน (Muangrod, 2020) การเติมโปรตีนเคสเนื่องจากโครงปลานิล (Popert & Gawborisut, 2015) การทดแทนแป้งข้าวสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Chokchaithanawiwat et al., 2019;

Sirichokworakit et al., 2015) แป้งกล้วยหินและกล้วยหักมุก (Loikaeo & Chaisakdanugull, 2016) การเติมผงแก่นตะวัน (Malai et al., 2013) และเนื้อตาลผง (Tanasombun et al., 2014) สำหรับในเส้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปมีการผสมเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากการสกัดเปลือกมะม่วงและเปลือกทับทิม (Bhatt & Gupta, 2023) การใช้แป้งข้าวสาลี โปรตีนตั่ว (Choy et al., 2010) และการปรับปริมาณเกลือในเส้นบะหมี่ (Hu et al., 2017) เป็นต้น

ประเทศไทยมีธุรกิจประมงพื้นบ้านที่สามารถทำรายได้ให้กับชาวประมง และเป็นธุรกิจส่งออกที่ทำรายได้ให้กับประเทศ ได้แก่ การจับแมงกะพรุนชนิดกินได้ ซึ่งจัดเป็นแหล่งดอนสัตว์ขนาดใหญ่ แมงกะพรุนชนิดกินได้ที่พบอยู่ทั่วโลกมีจำนวนมากกว่า 30 สายพันธุ์ (Brotz et al., 2017) นิยมนำมาแปรรูปให้อยู่ในรูปแมงกะพรุนดองเกลือ โดยธุรกิจแมงกะพรุนนี้คาดว่าจะมีมูลค่ามากกว่า 100 ล้านบาท (Khong et al., 2016) ในประเทศไทย มีปริมาณการส่งออกแมงกะพรุนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 - 2566 เฉลี่ย 5,531 ตัน โดยคิดเป็นมูลค่า 456 ล้านบาทต่อปี (Customs Department, 2024) แมงกะพรุนที่ส่งออก คือ แมงกะพรุนสายพันธุ์ *Lobonema smithii* และ *Rhopilema hispidum* ซึ่งเป็นที่รู้จักในชื่อไทยว่า แมงกะพรุนพันธุ์ลอดช่องและแมงกะพรุนพันธุ์หนัง ตามลำดับ (Thumthanaruk et al., 2008) ชาวเอเชียโดยเฉพาะชาวจีนบริโภคแมงกะพรุนมากกว่า 1,000 ปี อาหารที่ทำจากแมงกะพรุนจัดเป็นอาหารที่มีไขมันและโคเลสเตอรอลต่ำแต่มีโปรตีนคอลลาเจนสูง (Hsieh et al., 2001) ซึ่งมีรายงานว่า แมงกะพรุนสดพันธุ์หนังมีความชื้น โปรตีน และคอลลาเจน ร้อยละ 95.54, 3.06 และ 2.76 ตามลำดับ ในขณะที่แมงกะพรุนสายพันธุ์ลอดช่องมีความชื้น โปรตีน และคอลลาเจน ร้อยละ 95.78, 3.17 และ 2.88 ตามลำดับ (Kromfang et al., 2009) และแมงกะพรุนสายพันธุ์ลอดช่อง แมงกะพรุนหนัง และแมงกะพรุนหอมมีโคเลสเตอรอลน้อยกว่า 0.35 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Lelawatcharamas, 2004) เนื้อสัมผัสของแมงกะพรุนมีความเหนียว กรอบกรอบ และยืดหยุ่น (Palmieri et al. 2023; Pedersen & Vilgis, 2019) ผงโปรตีนแมงกะพรุนอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนพบว่า มีความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 7.69, 67.85, 1.35 และ 15.76 ตามลำดับ (Muangrod, 2020) นอกจากนี้ เมื่อนำคอลลาเจนจากแมงกะพรุนมาย่อยด้วยเปปซินหรือโบรมิเลนจะได้เป็นโปรตีนไฮโดรไลเซตที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH radical) ซึ่งมีคุณสมบัติการเป็นอนุมูลอิสระและทำให้โฟมมีความคงตัว (Lueyot & Thumthanaruk, 2014; Silaprueng et al., 2015) โดยคอลลาเจนจากแมงกะพรุนได้รับการศึกษามากขึ้นเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมในอนาคตก (Chiarelli et al., 2023)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาต่อยอดงานวิจัยของ Muangrod (2020) ที่พบว่า เส้นบะหมี่สดที่มีการผสมผงแมงกะพรุนต่อแป้งข้าวสาลีในอัตราส่วน 5:95 โดยน้ำหนัก ทำให้เส้นบะหมี่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น เมื่อแป้งข้าวสาลีผสมกับน้ำทำให้เกิดโปรตีนกลูเตนที่มีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่นได้ดี ประกอบกับประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศผู้ผลิตข้าวเจ้าชั้นนำของโลก และแป้งข้าวเจ้าสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบหลักในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เช่น เส้นหมี่ เส้นก๋วยเตี๋ยว และเส้นก๋วยจั๊บ เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาการผลิตเส้นบะหมี่จากการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวสาลี และศึกษาคุณภาพของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุน จากนั้นศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่าง ๆ ของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุน เพื่อเป็น

ข้อมูลสำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์ในอนาคต รวมทั้งเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่

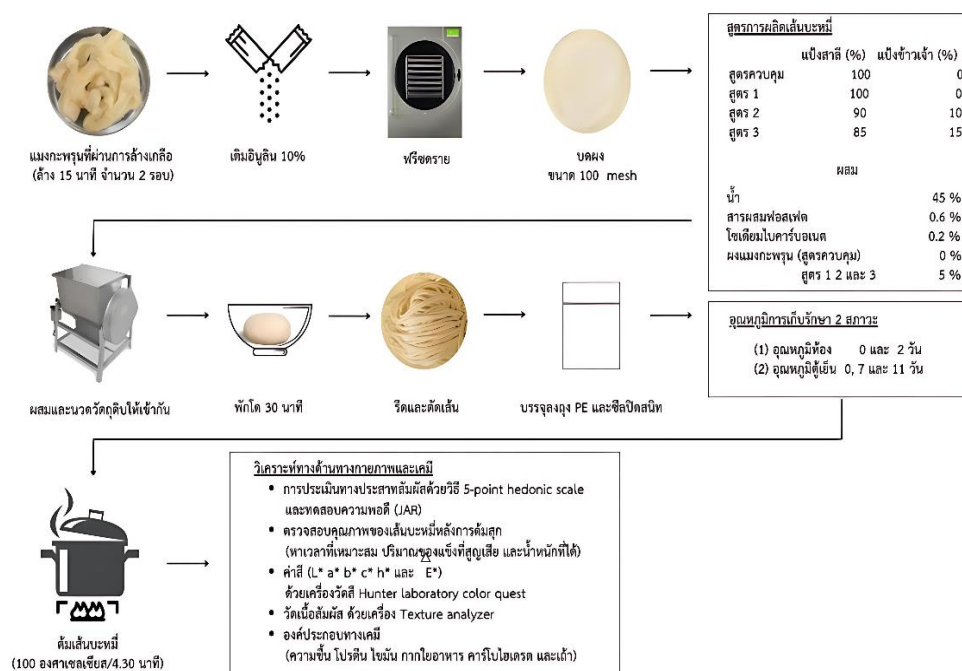
2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

แป้งกะพรวนดองเกลือสายพันธุ์ลอดช่อง อินูลิน แป้งข้าวสาลี (ตราว่าว) แป้งข้าวเจ้า (ตราใบหยก) โซเดียมไบคาร์บอเนต (ตราแมกกาเร็ต) สารผสมฟอสเฟตระหว่างโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต โซเดียมคาร์บอเนตและโพแทสเซียมคาร์บอเนต

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

แผนภาพรอบการวิจัยเส้นบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวสาลีผสมผงแป้งกะพรวนแสดงดังในรูปที่ 1 การผลิตเส้นบะหมี่ที่มีส่วนผสมของแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า สารผสมฟอสเฟต โซเดียมไบคาร์บอเนต ผงแป้งกะพรวน และน้ำในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ผสมวัตถุดิบ นวด พักโด รีด และตัดเส้น ก่อนนำไปทดสอบทางด้านเคมีและกายภาพของเส้นบะหมี่



รูปที่ 1. แผนภาพกรอบงานวิจัยการผลิตและการวิเคราะห์เส้นบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวสาลีผสมผงแป้งกะพรวน

2.2.1 การเตรียมผงแมงกะพรุน

นำแมงกะพรุนต้องเกลือจำนวน 100 กิโลกรัม มาล้างเกลือด้วยวิธีการของ Charoenchokpanich et al. (2020) ด้วยเครื่องล้างที่พัฒนาขึ้นของบริษัทมหาชัยซีฟู้ด แอนด์ เทรตติ้งจำกัด จำนวน 2 ครั้ง แล้วนำมาปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นคลุกผสมกับอินูลินจำนวน 10 กิโลกรัม (Charoenchokpanich et al., 2024) และนำไปทำแห้งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งอบแห้ง (Freeze dryer) ที่บริษัทชันสแนค ฟู้ดเทค จำกัด ทำการบดตัวอย่างที่แห้งแล้วให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุในถุงออลูมิเนียมฟอยล์ และเก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิห้องก่อนนำมาใช้งาน

2.2.2 การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวสาลีในการผลิตเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุน

สูตรการผลิตเส้นบะหมี่จำนวน 4 สูตร โดยในแต่ละสูตรใช้แป้งทั้งหมดรวมจำนวน 1,000 กรัม ทำการแปรผันปริมาณแป้งข้าวสาลีและแป้งข้าวเจ้าดังแสดงในตารางที่ 1 การผลิตเส้นบะหมี่สดผสมโปรตีนคอลลาเจนจากแมงกะพรุนดัดแปลงวิธีของ Muangrod (2020) โดยในแต่ละสูตรนำส่วนผสมแป้งผสมกับผงโปรตีนแมงกะพรุนร้อยละ 5 (ของปริมาณแป้ง) ผสมกับน้ำร้อยละ 40 ผสมให้เข้ากัน เติมน้ำส่วนของโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.02 และสารฟอสเฟตร้อยละ 0.06 ต่อปริมาณแป้ง โดยเตรียมสารฟอสเฟตมาละลายผสมกับน้ำที่เหลือร้อยละ 5 นวดให้เข้ากันแล้ว พักไว้ 30 นาที นำโดมารีดและตัดเป็นเส้นก่อนทำการบรรจุในถุงโพลีเอทิลีนเพื่อการตรวจสอบ

ตารางที่ 1. สูตรการผลิตเส้นบะหมี่ผสมผงโปรตีนคอลลาเจนจากแมงกะพรุน

สูตร/ ส่วนประกอบ (ร้อยละ)	แป้งสาลี	แป้งข้าวเจ้า	น้ำ*	โซเดียมไบ คาร์บอเนต*	สารผสม ฟอสเฟต*	ผง แมงกะพรุน*
สูตรควบคุม	100.00	0.00	45.00	0.20	0.60	0.00
สูตร 1	100.00	0.00	45.00	0.20	0.60	5.00
สูตร 2	90.00	10.00	45.00	0.20	0.60	5.00
สูตร 3	85.00	15.00	45.00	0.20	0.60	5.00

*หมายเหตุ คำนวณจากปริมาณของแป้งทั้งหมด (แป้งข้าวสาลีและแป้งข้าวเจ้า)

2.2.3 การประเมินทางประสาทสัมผัส

ทำการตรวจสอบคุณภาพของเส้นบะหมี่ในทุกสูตร โดยต้มเส้นบะหมี่เป็นเวลานาน 4.30 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สะเด็ดน้ำ ทิ้งให้เย็น แล้วนำมาทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยให้คะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 5-point hedonic scale โดยมีคะแนน 1, 2, 3, 4 และ 5 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ไม่ชอบมาก เฉย ๆ (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ) ชอบมาก และชอบมากที่สุด ตามลำดับ และตรวจสอบวัดความพอดีของตัวอย่างโดยใช้สเกล 5 คะแนน โดยมีคะแนน 1, 2, 3, 4 และ 5 หมายถึง อ่อนมาก อ่อนเล็กน้อย พอดี เข้มข้นเล็กน้อย และเข้มข้นมาก อ่อนมากเกินไป อ่อนเกินไปเล็กน้อย พอดี เข้มเกินไปเล็กน้อย และเข้มข้นมากเกินไป ตามลำดับ สอบถามขนาดและความหนาของเส้นบะหมี่ สี กลิ่นควาแมงกะพรุน รสเค็ม และความยืดหยุ่น

จากผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โครงการนี้ได้ผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
เครือข่ายภูมิภาคมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ รหัส PREC 0045/2565

2.2.4 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

การตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพด้านสี โดยนำตัวอย่างมาตรวจวัดค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วย
เครื่องวัดสี Hunter Laboratory Color Quest (Hunter Lab, USA) โดยค่า L^* เท่ากับ 100 หมายถึง
ตัวอย่างมีสีขาว แต่ถ้าค่า L^* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีสีดำ ค่า a^* เป็นบวก แสดงว่า ตัวอย่างมีสีแดง
ค่า a^* เป็นลบ แสดงว่า ตัวอย่างมีสีเขียว และค่า b^* เป็นบวก แสดงว่า ตัวอย่างมีสีเหลือง ค่า b^* เป็นลบ
แสดงว่า ตัวอย่างมีสีน้ำเงิน โดยวางตัวอย่างลงบนช่องว่างสำหรับตัวอย่างที่บดแสง (Reflectance port) และ
นำค่า L^* , a^* และ b^* ไปคำนวณหาความต่างของสี (ΔE^*) เฉดสี (Hue angle; h^*) ในหน่วยเป็นองศา
เป็นตัวเลขที่ระบุตำแหน่งของสีในกราฟ โดยมุม 0° แสดงสีแดง มุม 90° แสดงสีเหลือง มุม 180° แสดงสีเขียว
และมุม 270° แสดงสีน้ำเงิน และความเข้มของสี (Chroma, C^*) แสดงดังสมการที่ (1) – (3)

$$\text{Total Color Difference } (\Delta E^*) = \sqrt{(L^*_0 - L^*)^2 + (a^*_0 - a^*)^2 + (b^*_0 - b^*)^2} \quad (1)$$

$$h^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3)$$

- เมื่อ L^*_0 คือ ค่า L^* ของตัวอย่างควบคุม
 L^* คือ ค่า L^* ของตัวอย่างที่ต้องการเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม
 a^*_0 คือ ค่า a^* ของตัวอย่างควบคุม
 a^* คือ ค่า a^* ของตัวอย่างที่ต้องการเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม
 b^*_0 คือ ค่า b^* ของตัวอย่างควบคุม
 b^* คือ ค่า b^* ของตัวอย่างที่ต้องการเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ทำการตรวจสอบคุณภาพของเส้นบะหมี่หลังการต้มสุกด้วยวิธีของ Wandee et al. (2015) โดยการ
หาเวลาที่เหมาะสมในการต้มสุก โดยชั่งตัวอย่างเส้นบะหมี่หนัก 5.00 ± 0.01 กรัม นำไปต้มในน้ำเดือด 200
มิลลิลิตร ในปิกเกอร์ที่มีกระจกนาฬิกาปิด ทำการจับเวลาในการต้มที่ทำให้เส้นบะหมี่สุก ตรวจสอบความสุก
ของตัวอย่างเส้นบะหมี่ทุก 10 วินาที โดยนำเส้นบะหมี่มาแช่น้ำสะอาดในทุกช่วงเวลา ลักษณะเส้นบะหมี่
ที่สุกจะมีลักษณะเส้นมีขนาดใหญ่ขึ้น มีความยืดหยุ่น สีของเส้นบะหมี่จะมีความสว่างใสขึ้นตลอดทั้งเส้น เมื่อ
นำมาเส้นที่ต้มแล้วมาวางระหว่างแผ่นกระจกของจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วกดอัด จะต้องไม่ปรากฏจุดขาวที่
แสดงลักษณะของแป้งที่ไม่สุก จึงใช้เป็นระยะเวลาการต้มเส้นบะหมี่ให้สุก

ทำการวิเคราะห์ร้อยละปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม โดยชั่งตัวอย่างเส้นบะหมี่หนัก
 5.00 ± 0.01 กรัม นำไปต้มในน้ำเดือด 200 มิลลิลิตร หลังการต้มสุก นำน้ำที่เหลือจากการต้มเส้นบะหมี่ไปใส่
ในปิกเกอร์ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
หรือจนกว่าน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักปิกเกอร์หลังการอบแห้ง คำนวณหาร้อยละปริมาณของแข็งที่สูญเสีย
ระหว่างการต้ม ดังสมการที่ (4)

$$\% \text{ Cooking loss} = \frac{W_2 - W_1}{W_3} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักปีกเกอร์เปล่า (กรัม)
 W_2 คือ น้ำหนักปีกเกอร์หลังการอบ (กรัม)
 W_3 คือ น้ำหนักของเส้นบะหมี่ก่อนการต้ม (กรัม)

ทำการวิเคราะห์ร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม โดยชั่งตัวอย่างเส้นบะหมี่หนัก 5.00 ± 0.01 กรัม นำไปต้มในน้ำเดือด 200 มิลลิลิตร หลังจากการต้มตัวอย่างเส้นบะหมี่ให้สุก นำตัวอย่างเส้นบะหมี่สุกมา สะเด็ดน้ำบนตะแกรงเป็นเวลา 1 นาที ชับน้ำที่เหลือด้วยกระดาษแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก คำนวณหาร้อยละ น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (American Association of Cereal Chemists (AACC), 2000) ดังสมการที่ (5)

$$\% \text{ Cooking weight} = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \quad (5)$$

เมื่อ W_2 คือ น้ำหนักของเส้นบะหมี่ก่อนการต้ม (กรัม)
 W_1 คือ น้ำหนักของเส้นบะหมี่หลังการต้ม (กรัม)

ทำการตรวจสอบเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนหลังต้มสุกในน้ำเดือดนาน 4.30 นาที สะเด็ดน้ำ นำมาวัดค่าแรงต้านการดึงขาด (Tensile strength) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer: Stable microsystem Model TA. XT plus, USA) โดยใช้อุปกรณ์โรลเลอร์คู่ (Parallel friction rollers) และตั้งค่าความเร็วของหัววัดก่อนที่จะถึงจุดกระทบตัวอย่าง (Pre-test speed) ความเร็วของหัววัดเมื่อถึงจุดกระทบตัวอย่าง (Test speed) และความเร็วของหัววัดเคลื่อนที่กลับไปยังจุดเริ่มต้น (Post-test speed) เท่ากับ 3 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะเดินทางของลูกกลิ้งเท่ากับ 100 มิลลิเมตร

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) ของผงแมงกะพรุนและปริมาณ คอลลาเจนด้วยวิธี AOAC (AOAC, 2019) โดยส่งตรวจบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุน ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต โดยดัดแปลงจากวิธี AOAC (AOAC, 2005)

2.2.5 การศึกษาผลของสภาวะในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่ต่างกันต่อคุณภาพของ เส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุน

นำเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนทุกสูตรมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 2^\circ\text{C}$) และอุณหภูมิในตู้เย็น ($8 \pm 2^\circ\text{C}$) จนผลิตภัณฑ์เสื่อมเสีย โดยมีเกณฑ์การตัดสินการเสื่อมเสียจากลักษณะที่ปรากฏคือ เส้นบะหมี่มี ลักษณะเป็นเมือกและมีกลิ่นเหม็นผิดปกติ โดยมีการตรวจสอบคุณภาพของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุน หลังการต้มสุกร่วมกับการตรวจสอบเนื้อสัมผัส

1) การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษา

นำเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิในตู้เย็น มาตรวจสอบคุณภาพของเส้นบะหมี่หลังการต้มสุกโดยวิธีของ Wandee et al. (2015) และตรวจสอบเนื้อสัมผัสโดยวัดค่าแรงต้านการดึงขาด (วิธีการตามข้อ 2.2.4)

2) การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

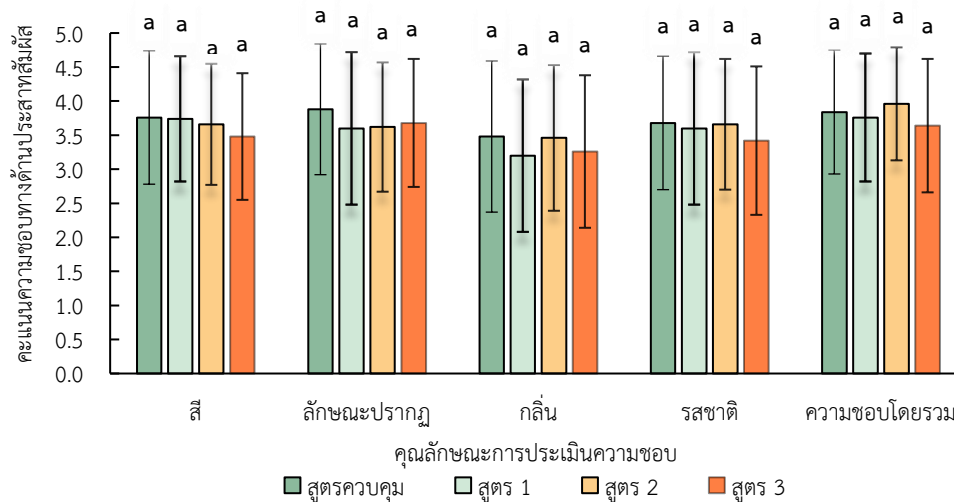
ดำเนินการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) จำนวน 3 ซ้ำ การวิเคราะห์ทางสถิติโดยการหาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17.0 (SPSS Inc, 2008)

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

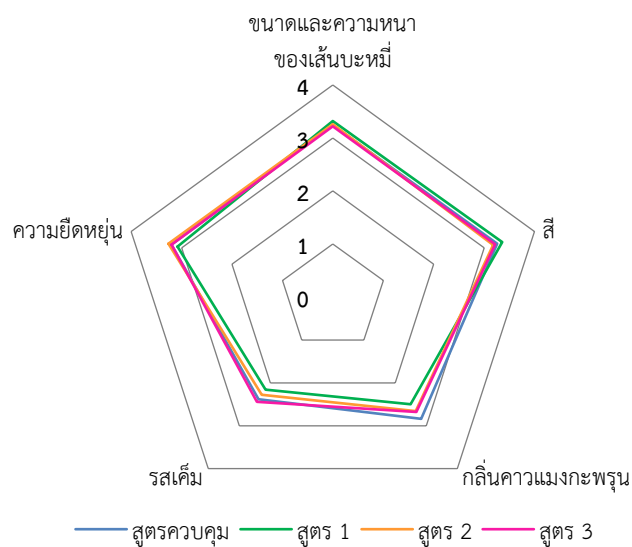
3.1 ผลการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวสาลีต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุน

3.1.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ในการทดลองนี้ ได้ผลิตเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนโดยมีขนาดการผลิต 1,000 กรัม จำนวน 4 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างมีปริมาณแป้งข้าวสาลี แป้งข้าวเจ้า และผงแมงกะพรุนที่แตกต่างกัน คือ ตัวอย่างควบคุมมีเฉพาะแป้งข้าวสาลี น้ำ โซเดียมไบคาร์บอเนต และผงพอสเฟตผสม โดยที่สูตร 1 มีปริมาณส่วนผสมเช่นเดียวกับสูตรควบคุมแต่เติมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 (คำนวณจากปริมาณแป้งรวม) สูตร 2 ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวสาลีร้อยละ 10 และผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 และสูตร 3 มีปริมาณแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวสาลีร้อยละ 15 และผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ดังแสดงในตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบจำนวน 50 คน พบว่า มีคะแนนผลการประเมินความชอบทางด้านสีมีค่าเท่ากับ 3.48-3.76 ลักษณะปรากฏมีค่าเท่ากับ 3.60-3.88 กลิ่นมีค่าเท่ากับ 3.20-3.48 รสชาติ มีค่าเท่ากับ 3.42-3.68 และความชอบโดยรวมมีค่าเท่ากับ 3.64-3.96 ไม่แตกต่างกัน โดยคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในช่วงเฉย ๆ ค่อนไปทางชอบมาก ผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงได้ดังรูปที่ 2(ก)



(ก) คะแนนความชอบใช้ 5-Point hedonic scale



(ข) ระดับความพอดี (Just about right score) สเกล 5 คะแนน

รูปที่ 2. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนในสูตรต่าง ๆ

*หมายเหตุ สูตรควบคุม คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100

สูตร 1 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 2 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 90:10 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 3 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 85:15 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

ผงแมงกะพรุนพรีซดรายที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ผลิตจากการนำแมงกะพรุนที่ต้องเกลือและล้างเกลือออกแล้ว มาทำให้แห้งด้วยเทคนิคพรีซดรายร่วมกับการใช้อินูลินซึ่งทำหน้าที่เป็นสารไครโอโพรเทกแทนต์ อินูลินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลฟรักโทสร้อยละ 80 น้ำตาลกลูโคสร้อยละ 20 เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β -(2-1) ไกลโคซิดิกที่มีความยาวตั้งแต่ 2-60 หน่วย เป็นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble dietary fiber) สามารถอุ้มน้ำได้ดี และไม่มีกลิ่น (Charoenchokpanich et al., 2024) จึงนำแมงกะพรุนที่ล้างเกลือแล้วมาคลุกผสมด้วยสารละลาย อินูลินความเข้มข้น 10% ก่อนนำตัวอย่างไปแช่แข็ง เมื่อนำมาละลายจะพบว่า สารละลายอินูลินมีประสิทธิภาพเป็นสารไครโอโพรเทกแทนต์ที่สามารถช่วยป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน โดยมีค่าร้อยละการสูญเสียของเหลว (Drip loss) หลังการละลายน้ำแข็งน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมแต่ใกล้เคียงกับการใช้ซูโครสกับซอร์บิทอล ผลการวิเคราะห์เนื้อเยื่อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) พบว่า อินูลินแทรกเข้าไปภายในโปรตีนแมงกะพรุน ทำให้ชั้นของโปรตีนบางส่วนแยกออกจากกัน จึงปรากฏลักษณะเป็นโพรง ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมที่แช่แมงกะพรุนในน้ำหลังการแช่แข็งและละลายแล้ว ชั้นของโปรตีนจะจับกันแน่นมาก แมงกะพรุนล้างเกลือที่แช่อินูลินที่ผ่านการพรีซดรายมีลักษณะทางกายภาพของชิ้นแมงกะพรุนที่แห้ง มีสารอินูลินเกาะติดอยู่ มีความกรอบ มีรสหวานเล็กน้อย เคี้ยวง่าย ไม่แห้งแข็ง เมื่อเคี้ยวจะได้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลลี่ของแมงกะพรุน สามารถบดให้ละเอียดได้ง่าย เมื่อนำผงแมงกะพรุนมาผสมในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่จึงเป็นเนื้อเดียวกับเส้นบะหมี่ โดย Yue et al. (2023) ระบุว่าคุณภาพของโดของเส้นบะหมี่มีความสัมพันธ์กับอินูลินซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่สามารถจับกับน้ำได้ดี เมื่อเกิดปฏิกิริยาร่วมกับสตาร์ช โปรตีน และส่วนผสมอื่นๆ ในสภาวะที่เป็นด่างและมีเกลือ สารอินูลินจะช่วยให้โครงสร้างของเส้นบะหมี่มีสมบัติวิสโคอีลาสติก (Viscoelasticity) มากขึ้น แต่ในสภาวะที่มีสารละลายด่างและเกลือ จะเกิดการแย่งจับน้ำระหว่างโปรตีนในโด อินูลิน และสตาร์ช ด้วยเช่นกัน

เนื่องจากแมงกะพรุนต้องเกลือเป็นผลิตภัณฑ์อาหารทะเลที่มีกลิ่นคาวและมีรสเค็ม แม้จะมีขั้นตอนการล้างเกลือออกแล้ว แต่กลิ่นคาวและรสเค็มที่ยังตกค้างอยู่ในผงแมงกะพรุนพรีซดรายอาจจะส่งผลกระทบต่อกลิ่นและรสชาติของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนได้ ดังนั้น จึงทดสอบประสาทสัมผัสทางด้านความพอดีของขนาดและความหนาของเส้นบะหมี่ สี กลิ่นคาวแมงกะพรุน รสเค็ม และความยืดหยุ่นพบว่า ในทุกตัวอย่างมีค่าคะแนนของระดับความพอดีไม่แตกต่างกัน นั่นคือ มีขนาดและความหนาของเส้นบะหมี่เท่ากับ 3.22-3.32 คะแนนความชอบด้านสีเท่ากับ 3.18-3.36 ความยืดหยุ่นเท่ากับ 3.08-3.26 รสเค็มเท่ากับ 2.16-2.38 และกลิ่นคาว เท่ากับ 2.50-2.84 โดยระดับความพอดีของรสเค็มและกลิ่นคาวของแมงกะพรุนอยู่ในระดับอ่อนเกินไปเล็กน้อย

การที่ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนมีรสเค็มหรือกลิ่นคาวน้อย แสดงให้เห็นว่าผงแมงกะพรุนไม่ก่อให้เกิดกลิ่นและรสที่ผิดปกติในเส้นบะหมี่ จึงสามารถนำมาเสริมโปรตีนในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ได้ ผลคะแนนการทดสอบแสดงดังรูปที่ 2(ข) ผลการทดสอบความชอบและระดับความพอดีให้ผลที่สอดคล้องกันคือ ผู้ทดสอบค่อนข้างชอบผลิตภัณฑ์และลักษณะของเส้นบะหมี่ในทุกสูตร โดยมีขนาดและความหนาของเส้นบะหมี่ สี และความเหนียวกำลังพอดี รวมทั้งเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนมีรสเค็มและกลิ่นคาวเพียงเล็กน้อย

3.1.2 ลักษณะทางกายภาพ

เส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนในทุกสูตร ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวันต่าง ๆ มีลักษณะเส้นบะหมี่สดที่มีสีเหลืองอ่อนและมีความหนานุ่มเหมือนเส้นราเม็งญี่ปุ่นแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ลักษณะปรากฏของเส้นบะหมี่ผสมโปรตีนคอลลาเจนจากแมงกะพรุนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิแช่เย็น

สภาวะการเก็บรักษา	สูตร			
	สูตรควบคุม	1	2	3
อุณหภูมิห้อง วันที่ 0				
อุณหภูมิห้อง วันที่ 2				
อุณหภูมิแช่เย็น วันที่ 7				
อุณหภูมิแช่เย็น วันที่ 11				

*หมายเหตุ สูตรควบคุม คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100

สูตร 1 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

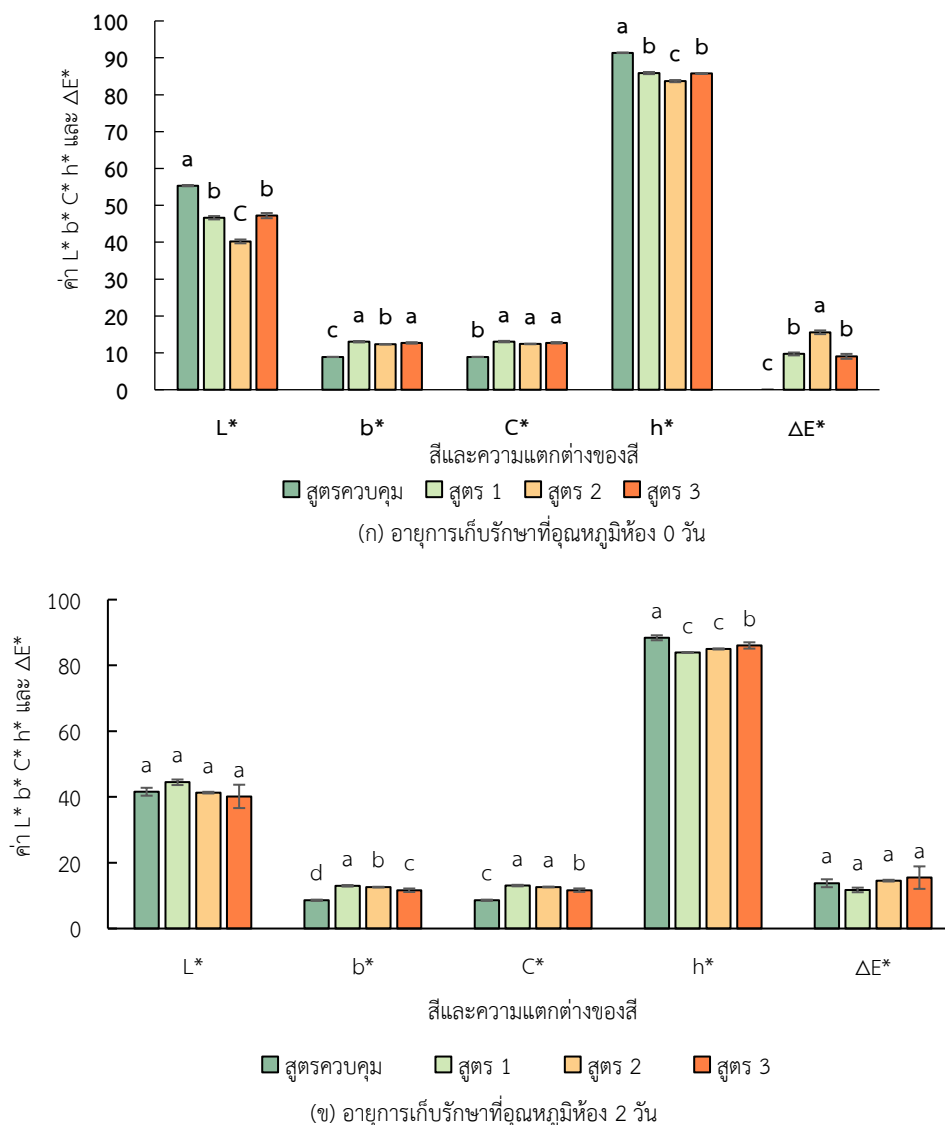
สูตร 2 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 90:10 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 3 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 85:15 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

จากการตรวจสอบสีของตัวอย่างเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนจำนวน 4 ตัวอย่าง ที่เก็บรักษาในวันที่ 0 ที่อุณหภูมิห้องสีของเส้นบะหมี่ แสดงดังรูปที่ 3(ก) ค่า a^* มีค่าเท่ากับ 0 – 1 แสดงค่าสีแดงของเส้นบะหมี่ จากผลการคำนวณค่าเฉดสี (h^*) ความเข้มของสี (C^*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของสีของตัวอย่างเส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้กับสูตรควบคุมที่เก็บรักษาในวันที่ 0 ที่อุณหภูมิห้องพบว่า เส้นบะหมี่ที่ไม่มีการเติมผงแมงกะพรุน (สูตรควบคุม) มีค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 55.34 แต่ค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 8.90 โดยค่า h^* อยู่ในเฉดสีเหลือง (91.37°) และเส้นบะหมี่ที่เติมผงแมงกะพรุนแต่ไม่มีการใช้แป้งข้าวเจ้า (สูตร 1) พบว่า มีค่า L^* ลดลง (46.64) แต่ค่า b^* เพิ่มขึ้น (13.02) ค่า h^* ใกล้เคียงเฉดสีเหลือง (85.87°) แต่ค่า C^* ของสูตรควบคุม (8.90) ต่ำกว่าค่า C^* ของสูตร 1 (13.05) เมื่อมีการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนร้อยละ 10 ในเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุน (สูตร 2) พบว่า ค่า L^* มีค่าลดลง (40.22) ค่า b^* ลดลง (12.33) ค่า h^* ใกล้เคียงเฉดสีเหลือง (83.68°) และค่า C^* ลดลง (12.40) แต่มีค่า ΔE^* เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (15.58) เปรียบเทียบกับสูตร 1 ซึ่งแตกต่างจากเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนที่มีการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนร้อยละ 15 (สูตร 3) ที่มีค่า L^* ไม่แตกต่างจากสูตร 1 โดยสูตร 3 พบว่า มีค่า

L^* เท่ากับ 47.21 แต่ค่า b^* เท่ากับ 12.69 ค่า h^* เท่ากับ 85.74° ค่า C^* เท่ากับ 12.73 และค่า ΔE^* เท่ากับ 9.05 จะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ผสมผงแมงกะพรุนจะมีเฉดใกล้เคียง โดยคุณภาพของเส้นบะหมี่ที่มีสีเหลืองมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ขนาด และ สีเหลืองของแป้ง และปริมาณสารละลายต่าง เป็นต้น (Asenstorfer et al., 2006; Hatcher & Anderson, 2007)

สำหรับสารละลายต่างในงานวิจัยนี้ เป็นสารผสมฟอสเฟตที่ประกอบด้วยระหว่างโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต โซเดียมคาร์บอเนต และโปตัสเซียมคาร์บอเนต ซึ่งเส้นบะหมี่สีเหลืองที่มีคุณภาพสูงจะมีค่าสีเหลือง (b^*) มากกว่า 30 หน่วย (Jia et al., 2019) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีของสารสีฟลาโวนอยด์ในแป้งข้าวสาลีในสภาวะที่เป็นด่าง (Fu, 2008) โดยใช้สารละลายต่างที่ประกอบด้วยโซเดียมคาร์บอเนตและโพแทสเซียมคาร์บอเนตในปริมาณร้อยละ 0.5-3.0 (Asenstorfer et al., 2006; Hatcher & Anderson, 2007) แต่จากการทดลองพบว่า เส้นบะหมี่ในสูตรมีค่า b^* น้อยกว่า 30 โดยเส้นบะหมี่สูตรควบคุม สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 มีค่า b^* เท่ากับ 8.9 13.02 12.33 และ 12.69 ตามลำดับ เส้นบะหมี่สูตรควบคุมมีค่าสีเหลืองต่ำกว่าคุณภาพของแป้งข้าวสาลีที่นำมาใช้ และปริมาณสารละลายต่างที่ใช้โดยในการทดลองนี้ ใช้ปริมาณที่น้อยมากคือ โซเดียมโบคาร์บอเนตร้อยละ 0.02 และสารฟอสเฟตผสมร้อยละ 0.06 ต่อปริมาณแป้ง สีเหลืองที่เพิ่มขึ้นในสูตรเส้นบะหมี่ สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 เกิดจากการเติมผงแมงกะพรุน โดยสีเหลืองของผงแมงกะพรุนมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดของน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโนในสภาวะที่เป็นด่าง (Tamanna & Mahmood, 2015) แต่ค่าสีเหลืองในสูตร 2 และสูตร 3 ลดลงเล็กน้อย เมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลี เมื่อเปรียบเทียบสูตร 1 ที่มีการใช้แป้งสาลีร่วมกับผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 กับงานวิจัยของ Muangrod (2020) พบว่า เส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนมีค่าสีเหลืองน้อยกว่าเส้นบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวสาลีผสมผงแมงกะพรุนในอัตราส่วน 95:5 โดยน้ำหนักที่มีค่า b^* เท่ากับ 18.22 ± 0.03 ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของอัตราส่วนของแป้งสาลีและแมงกะพรุน ปริมาณและชนิดของสารละลายต่างที่แตกต่างกันและวิธีการเตรียมผงแมงกะพรุน งานวิจัยของ Muangrod (2020) พบว่า ผงแมงกะพรุนที่ใช้เป็นผงแมงกะพรุนแห้งที่ไม่ได้มีการผสมอินูลินและใช้การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้สีของผงแมงกะพรุนมีสีเหลืองเข้มมีค่า b^* เท่ากับ 19.47



รูปที่ 3. สีของเส้นบะหมี่ผสมโปรตีนคอลลาเจนจากแมงกะพรุนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 2^\circ\text{C}$)

*หมายเหตุ สูตรควบคุม คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100

สูตร 1 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 2 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 90:10 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 3 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 85:15 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กใช้กำกับข้อมูลที่แตกต่างกันอยู่ในค่าวิเคราะห์เดียวกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

คุณภาพหลังต้มสุกบ่งชี้ถึงคุณภาพของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนสำหรับการบริโภค โดยพิจารณาระยะเวลาในการต้มสุก ปริมาณของแข็งที่สูญเสียหลังการต้มสุก และน้ำหนักที่ได้หลังต้มสุก ในการทดลองนี้พบว่า ระยะเวลาการต้มสุกนาน 4.30 นาที เส้นบะหมี่มีความสุกสม่ำเสมอทั่วทั้งเส้น เส้นบะหมี่ในทุกสูตรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิในตู้เย็นในวันที่ 0 พบว่า สูตรควบคุมมีค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังต้มสุกสูงสุดเท่ากับ 198.85 แต่เมื่อเติมผงแมงกะพรุนในเส้นบะหมี่สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 ทำให้ค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังต้มสุกลดลงเหลือ 166.09, 160.58 และ 156.51 ตามลำดับ และการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวสาลีในเส้นบะหมี่สูตรที่ 2 กับสูตร 3 ทำให้ร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังต้มสุกลดลง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เมื่อเปรียบเทียบสูตร 1 กับสูตร 2 และสูตร 2 กับสูตร 3 มีค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังต้มสุกไม่แตกต่างกัน แต่ร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังต้มสุกในสูตร 1 กับสูตร 3 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการทดลองพบว่า การต้มสุกทำให้แป้งในข้าวสาลีและข้าวเจ้าเกิดการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น แป้งเกิดการเจลาติไนซ์ซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัสและคุณภาพหลังต้มสุก เมื่อเติมผงแมงกะพรุนในแป้งข้าวสาลีและแป้งข้าวเจ้าและนำไปต้มสุก จะทำให้โปรตีนคอลลาเจนเสียสภาพ ความสามารถของโปรตีนคอลลาเจนในการอุ้มน้ำน้อยลง จึงทำให้น้ำหนักหลังการต้มสุกลดลง สำหรับค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียเพิ่มขึ้นระหว่างการต้มสุกในสูตรควบคุม สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 เท่ากับร้อยละ 8.72, 7.49, 8.29 และ 10.29 ตามลำดับ เนื่องจากผงโปรตีนในแมงกะพรุนเกิดการพองตัวในสถานะที่เป็นต่าง แต่อาจไม่สามารถเชื่อมต่อกับโมเลกุลของแป้งและกลูเตนได้อย่างแข็งแรง นอกจากนี้ อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มสุก 100 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเสียสภาพของโปรตีนคอลลาเจนที่มีอยู่ในผงแมงกะพรุน โดยมีรายงานว่าอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ทำให้โปรตีนคอลลาเจนจากแมงกะพรุนเสียสภาพ โปรตีนมีการหดตัว และสามารถถูกย่อยได้เป็นกรดอะมิโน (Klaiwong et al., 2014) ทำให้ความแข็งแรงของการเชื่อมต่อระหว่างโปรตีนคอลลาเจนกับเม็ดแป้งลดลง การสูญเสียปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น ประกอบกับการทดแทนแป้งข้าวสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าและไม่มีส่วนประกอบของกลูเตน (Detchewa et al., 2022) จึงมีผลกระทบต่อโครงสร้างของแป้งและโปรตีนในระบบ รายงานของ Jia et al. (2019) พบว่า การเติมสารละลายต่างในปริมาณร้อยละ 0.5-1.5 ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียในเส้นบะหมี่ผสมถั่วหรั่งเท่ากับร้อยละ 7 ซึ่งในผลการทดลองของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนนี้มีปริมาณการสูญเสียของแข็งที่สูงกว่า แต่ใช้ระยะเวลาในการต้มสุกเพียง 4.30 นาที ในขณะที่ Li et al. (2024) พบว่า การเติมเจลาตินในเส้นจากแป้งมันฝรั่งทำให้ระยะเวลาในการต้มสุกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเกิดโฟมของเจลาตินขณะผสมกับแป้งมันฝรั่ง จึงเกิดฟองอากาศที่ผิวและภายในเม็ดแป้ง เมื่อนำไปต้มสุกจึงเกิดการหลุดของทั้งเม็ดแป้งและเจลาติน ส่งผลให้เกิดโครงสร้างที่เป็นช่องว่างมากขึ้น การเติมในอัตราส่วนแป้งมันฝรั่งต่อเจลาตินสูงขึ้นทำให้การสูญเสียปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น มีค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 8.54 เมื่อใช้แป้งมันฝรั่งต่อเจลาตินเท่ากับ 80:20 โดยน้ำหนัก

การวัดค่าเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่สดในทุกตัวอย่าง จะวัดค่าการต้านแรงดึงขาดของเส้นบะหมี่หลังต้มสุกที่เวลา 4.30 นาที ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็นพบว่า เส้นบะหมี่ในสูตรควบคุมมีค่าการต้านแรงดึงขาดต่ำสุด (16.61 กรัม) ในขณะที่เส้นบะหมี่สูตรที่มีการเติมผงแมงกะพรุนในสูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 มีค่าการต้านแรงดึงขาดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่มีค่าที่สูงกว่าสูตรควบคุม เส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนที่มีการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวสาลี (สูตร 2 และสูตร 3) มีค่า

การต้านแรงดึงขาดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$) แสดงว่าแป้งข้าวเจ้าที่เกิดความหนืดจากปฏิกิริยาเจลาติไนซ์สามารถจับกับผงแมงกะพรุนได้ จึงมีส่วนช่วยเพิ่มความต้านทานในการดึงขาด เนื่องจากโปรตีนคอลลาเจนที่มีในผงแมงกะพรุนเป็นโปรตีนเส้นใยประเภทไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) มีลักษณะโมเลกุลโพลีเปปไทด์เป็นเส้นยาว เป็นสายที่มีเกลียวเวียนซ้ำมา รวมกันทั้งหมด 3 สายในลักษณะเกลียวเวียนขวา คอลลาเจนมีลำดับของกรดอะมิโนที่ซ้ำกันในทุก ๆ 3 ลำดับ โดยลำดับของกรดอะมิโนที่พบบ่อยและพบมากที่สุดคือ ไกลซีน โพรลีน และไฮดรอกซีโพรลีน (Bailey & Light, 1989; Soontaros & Rimphanitchayakit, 2004)

ในขั้นตอนการผลิตเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุน เมื่อแป้งสาลีที่มีโปรตีนไกลอะตินรวมตัวกับกลูเตนเป็นกลูเตน ผสมกับผงแมงกะพรุนที่มีโปรตีนคอลลาเจนผสมกับอินูลิน และทำปฏิกิริยากับสารละลายต่าง โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต โซเดียมคาร์บอเนต และโพแทสเซียมคาร์บอเนต ทำให้ออลลาเจนสามารถพองตัว โดยประจุลบในรูปของคาร์บอเนตไอออน และฟอสเฟตไอออนจากโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ทำให้ในระบบมีปริมาณประจุลบเพิ่มขึ้น สายโพลีเปปไทด์ที่มีประจุลบเพิ่มขึ้น เกิดการผลักกันของประจุลบ ทำลายของพันธะไฮโดรเจนที่เชื่อมต่อกันระหว่างสายโพลีเปปไทด์ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโพลีเปปไทด์ที่มีลักษณะเป็นสายเกลียวพันกันอยู่นั้น เสียสภาพเปลี่ยนไปเป็นโครงสร้างใหม่ที่คลายตัวออก มีการจับกับโมเลกุลของน้ำมากขึ้น ผงคอลลาเจนจึงพองตัว ในรายงานของ Klaiwong et al. (2014) ทดสอบอัตราการพองตัวของผงแมงกะพรุนแห้งในสภาวะ pH 3 ถึง pH 12 พบว่า ผงแมงกะพรุนมีการพองตัวมากที่สุดที่ pH 12 เท่ากับร้อยละ 73.68 ในตัวอย่างเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนนี้ สายโพลีเปปไทด์ของคอลลาเจนที่เสียสภาพอาจเชื่อมต่อกับกลูเตนที่มีอยู่ในแป้งข้าวสาลีจึงช่วยเพิ่มการต้านทานแรงดึงขาดของเส้นบะหมี่ได้ จึงทำให้เนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่มีความเหนียวมากขึ้น

เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าไม่มีส่วนประกอบของกลูเตน ดังนั้นการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าในเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนในสูตร 2 กับสูตร 3 จึงเจือจางปริมาณของกลูเตนในระบบ ส่งผลต่อของความแข็งแรงและการอุ้มน้ำของโครงสร้างโดลดลง ทำให้เส้นบะหมี่หลังการต้มสุกในสูตร 2 กับสูตร 3 มีการสูญเสียปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นจากเม็ดแป้งที่พองตัวบางส่วน น้ำหนักที่ได้หลังต้มลดลง สอดคล้องกับผลการเติมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในเส้นบะหมี่ทำให้คุณภาพหลังการต้มสุกลดลง แต่เส้นบะหมี่ที่มีปริมาณของแข็งที่สูงสูญเสียหลังการต้มสุกเพิ่มขึ้น (Sirichokworakit et al., 2015) ในการผลิตเส้นบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าอย่างเดียวพบว่าคุณภาพหลังการต้มสุกและความเหนียวของเส้นบะหมี่ลดลง (Seetapan et al., 2019) ในส่วนของคุณสมบัติเนื้อสัมผัสหลังการต้มสุกโดยตรวจวัดค่าการต้านแรงดึงขาดพบว่า เส้นบะหมี่สูตร 1 ที่ไม่มีแป้งข้าวเจ้า และเส้นบะหมี่สูตร 2 กับสูตร 3 ที่มีแป้งข้าวเจ้า มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในสภาวะที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้านั้น เม็ดแป้งปกติที่อยู่ในรูปธรรมชาติไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิห้อง แต่ในระหว่างการต้มสุก จะเกิดปฏิกิริยาเจลาติไนซ์ เกิดการทำลายพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของสตาร์ชที่อยู่ในเม็ดแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัว เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจนเม็ดแป้งแตก สายของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินจะหลุดออก ทำให้หมู่ไฮดรอกซิลจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น น้ำแป้งจึงมีลักษณะหนืดและเป็นตัวเชื่อมโปรตีนกลูเตนและคอลลาเจนได้ แต่เนื่องจากสูตร 2 กับสูตร 3 มีการเติมผงโปรตีนแมงกะพรุน จึงทำให้เพิ่มความเหนียวของเส้นบะหมี่มีค่าการต้านแรงดึงขาดไม่แตกต่างจากสูตร 1

3.1.3 ผลการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

จากการวิเคราะห์ผงแมงกะพรุนที่ผ่านการแช่เยือกแข็งอบแห้งพบว่า มีค่าปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า เท่ากับ 3.38, 34.48, 3.00, 54.56 และ 4.58 กรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และมีปริมาณคอลลาเจน 10.88 กรัม ต่อ 100 กรัม สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นบะหมี่ในทุกตัวอย่างพบว่า เส้นบะหมี่มีปริมาณ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต แตกต่างกันอย่างเล็กน้อย ($p < 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.16-9.45, 0.03-1.72 และ 54.80-57.73 กรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3 แต่มีปริมาณความชื้น กากใยอาหาร และ เถ้าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อคำนวณการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนเทียบกับสูตรควบคุมพบว่า การเติมผสมผงแมงกะพรุนในสูตร 1 สูตร 2 และ สูตร 3 ทำให้เส้นบะหมี่สดมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นเท่ากับร้อยละ 15.80, 8.45 และ 5.27 ตามลำดับ จากผลการทดลองในตารางที่ 3 พบว่า ตัวอย่าง (สูตร 2 กับ สูตร 3) ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าในปริมาณที่สูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังนั้น การเติมผงแมงกะพรุนจึงสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนและปริมาณคอลลาเจนเพิ่มขึ้นจากเส้นบะหมี่สูตรควบคุม ในการทดลองนี้เลือกสูตร 2 ที่มีการทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 10 ไปวิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจน เนื่องจากมีผลคุณภาพหลังการต้มโดยมีน้ำหนักที่ได้หลังการต้มที่สูงกว่า และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำกว่าสูตร 3 ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนร้อยละ 15 จากการทดลองพบว่า ตัวอย่างเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนสูตร 2 มีคอลลาเจนเท่ากับ 0.425 กรัมต่อ 100 กรัม โดยเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนในสูตร 2 มีปริมาณโปรตีนที่ต่ำกว่าเส้นบะหมี่ในงานวิจัยของ Muangrod (2020) ที่รายงานว่าเส้นบะหมี่สดที่ใช้แป้งข้าวสาลีผสมผงแมงกะพรุนในอัตราส่วน 95:5 โดยน้ำหนัก มีร้อยละปริมาณโปรตีนเพิ่มมากขึ้นจากสูตรที่ใช้แป้งข้าวสาลีอย่างเดียวร้อยละ 2.56 โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมผงแมงกะพรุน เช่น ลีोटของผงแมงกะพรุน วิธีการเตรียม อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้ง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของผงแมงกะพรุนแห้ง โดยผงแมงกะพรุนอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 7.69, 67.85, 1.35 และ 15.76 กรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Muangrod, 2020) แต่เมื่อผลิตคนละลีोटแล้ว อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 8.59, 75.09, 5.16 และ 9.66 กรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Silaprueng et al., 2015) จากผลการทดลองพบว่า ผงแมงกะพรุนฟรีซดรายนี้มีปริมาณโปรตีนเพียง 34.48 กรัม ต่อ 100 กรัม เมื่อนำผงแมงกะพรุนฟรีซดรายมาผสมกับเส้นบะหมี่ จึงทำให้เส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนนี้มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่างานวิจัยที่มีรายงานมาแล้ว (Muangrod, 2020)

ตารางที่ 3. องค์ประกอบทางเคมีของเส้นบะหมี่สดผสมผงแมงกะพรุนสูตรต่าง ๆ (กรัม ต่อ 100 กรัม)

สูตร	ความชื้น ^{ns}	โปรตีน	ไขมัน	กากใยอาหาร ^{ns}	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า ^{ns}
ควบคุม	32.98±1.25	8.16±0.06 ^d	0.03±0.01 ^d	0.12±0.06	57.73±1.29 ^a	0.97±0.01
1	32.98±0.82	9.45±0.06 ^a	0.08±0.01 ^c	0.10±0.02	56.40±0.85 ^a	1.00±0.01
2	33.49±0.13	8.85±0.07 ^b	0.19±0.02 ^b	0.14±0.02	56.29±0.27 ^a	1.04±0.11
3	33.67±0.36	8.59±0.07 ^c	1.72±0.09 ^a	0.16±0.02	54.80±0.32 ^b	1.06±0.13

สูตรควบคุม คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100

สูตร 1 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 2 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 90:10 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 3 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 85:15 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

a, b, c และ d คือเป็นตัวอักษรที่ใช้กำกับข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

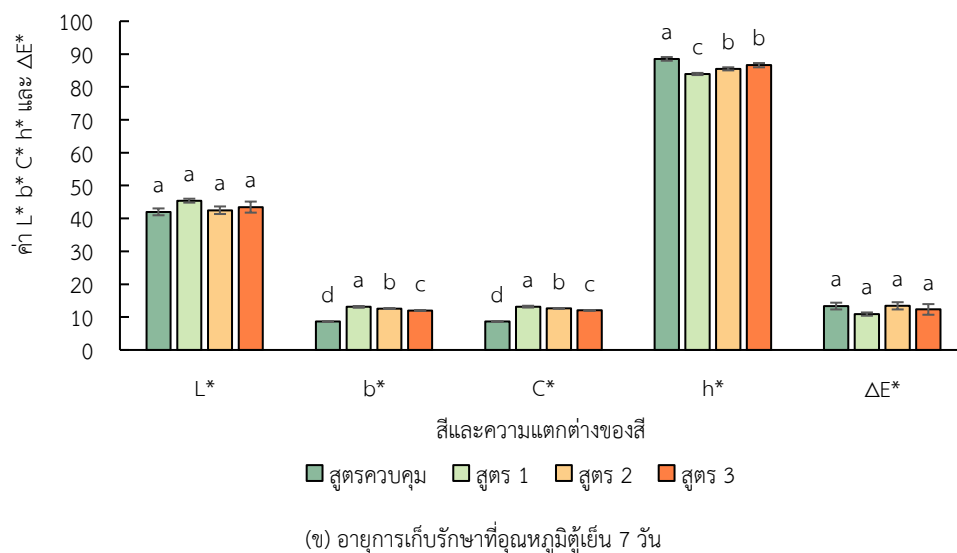
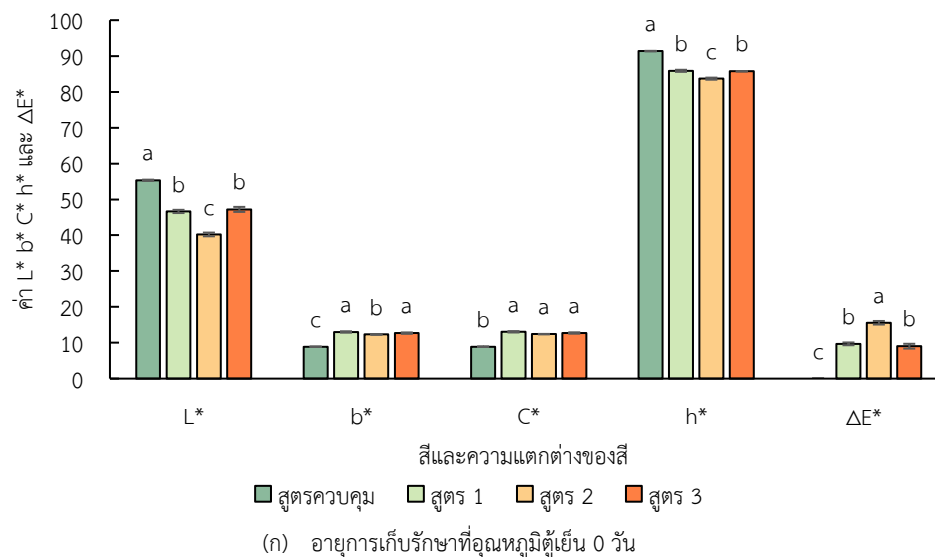
^{ns} คือเป็นตัวอักษรที่ใช้กำกับข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

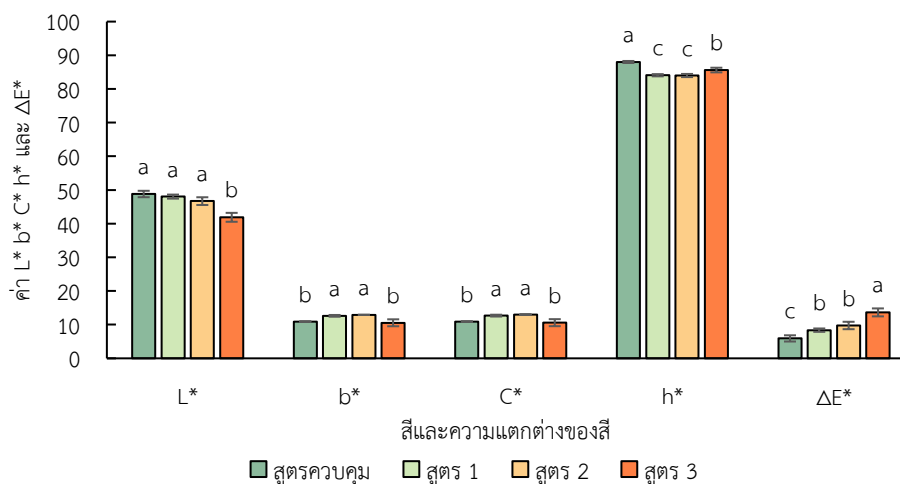
3.2 ผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิในตู้เย็นจนเน่าเสียต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุน

จากการตรวจสอบคุณภาพภายหลังการเก็บรักษาของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนในทุกสูตรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 วัน และที่อุณหภูมิตู้เย็น (8 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 11 วัน โดยเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาการเสื่อมเสีย คือ ตัวอย่างมีลักษณะเป็นเมือกและมึนลื่นผิดปกติ และวัดสีในเส้นบะหมี่ทุกสูตรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 2 วัน เปรียบกับวันที่ 0 พบว่า ในสูตรควบคุม เส้นบะหมี่มีค่า L^* ลดลงจาก 55.34 เหลือ 41.59 มีค่า b^* ลดลงจาก 8.90 เหลือ 8.59 ส่วนเส้นบะหมี่สูตร 1 มีค่า L^* ลดลงจาก 46.64 เหลือ 44.47 มีค่า b^* ลดลงจาก 13.02 เหลือ 12.99 เส้นบะหมี่สูตร 3 มีค่า L^* ลดลงจาก 47.21 เหลือ 40.17 และมีค่า b^* ลดลงจาก 12.69 เหลือ 11.64 ส่วนสูตร 2 มีค่า L^* เพิ่มขึ้นจาก 40.22 เป็น 41.32 และมีค่า b^* เพิ่มขึ้นจาก 12.33 เป็น 12.59 แสดงดังรูปที่ 3(ข) ผลลัพธ์ส่วนมากจะมีสีคล้ำลง เมื่อพิจารณาค่า C^* , h^* และ ΔE^* พบว่า ผลลัพธ์เส้นบะหมี่ที่มีระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 2 วัน มีค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE^*) เพิ่มขึ้นในสูตรควบคุม สูตร 1 และสูตร 3 ยกเว้นสูตร 2 เนื่องจากตัวอย่างเส้นบะหมี่ในทุกสูตรเป็นเส้นบะหมี่สดไม่ได้ใส่วัตถุกันเสีย จึงมีอายุการเก็บรักษาสั้นเนื่องจากเกิดการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ และส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของสีที่ชัดเจนขึ้น โดยมีค่า L^* ลดลง พบเมือกและกลิ่นที่ผิดปกติ ทำให้ไม่สามารถตรวจวัดในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาได้

จากการตรวจสอบค่าสี (L^* , b^* , C^* และ ΔE^*) ของตัวอย่างเส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น ในวันที่ 0, 7 และ 11 แสดงดังรูปที่ 4(ก) - 4(ค) พบว่า เส้นบะหมี่ชุดควบคุมและสูตร 1 มีค่า L^* , b^* , h^* และ ΔE^* ลดลง เมื่อเก็บนาน 7 วัน แต่หลังจากวันที่ 7 ถึงวันที่ 11 จะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ยกเว้นค่า h^* ที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในวันที่ 11 สำหรับเส้นบะหมี่สูตร 2 มีค่าสี L^* , b^* และ C^* เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บไว้นาน 7 และ 11 วัน แต่ค่า h^* เพิ่มขึ้นในวันที่ 7 และลดลงในวันที่ 11 แต่มีค่า ΔE^* ลดลง ในช่วงเวลาที่เก็บรักษา 7 และ 11 วัน ส่วนเส้นบะหมี่สูตร 3 ค่าสี L^* , b^* และ C^* ลดลง เมื่อเก็บไว้นาน 7 และ 11 วัน แต่มีค่า h^* เพิ่มขึ้น ในวันที่ 7 และลดลงใกล้เคียงกับค่า h^* ในวันที่ 11 แต่มีค่า ΔE^* เพิ่มขึ้น ในช่วงเวลาที่เก็บรักษา

นาน 7 และ 11 วัน ผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ในทุกสูตรเป็นระยะเวลานานขึ้นพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE^* ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน จากวันที่ 0 แต่เมื่อเก็บตัวอย่างในวันที่ 12 พบว่า ผลิตภัณฑ์เน่าเสีย มีการเปลี่ยนแปลงของสี มีลักษณะเป็นเมือกและมีกลิ่นผิดปกติ ดังนั้น การเก็บรักษาเส้นบะหมี่ในทุกสูตรเก็บรักษาในตู้เย็นจึงสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 11 วัน





(ค) อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น 11 วัน

รูปที่ 4. สีของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น ($8\pm 2^{\circ}\text{C}$)

*หมายเหตุ สูตรควบคุม คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100

สูตร 1 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 2 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 90:10 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 3 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 85:15 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

a, b, c และ d คือเป็นตัวอักษรที่ใช้กำกับข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ns คือเป็นตัวอักษรที่ใช้กำกับข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากการตรวจสอบคุณภาพหลังการต้มสุกของเส้นบะหมี่ทุกสูตรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในวันที่ 0 พบว่า ร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังการต้มของสูตรควบคุมมีค่ามากที่สุดและมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับ สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 แต่สูตร 1 กับสูตร 2 มีร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังการต้มสุกไม่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษาเส้นบะหมี่ทุกสูตรที่อุณหภูมิห้องนาน 2 วัน พบว่า เส้นบะหมี่ทุกสูตรมีค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังการต้มสุกลดลง โดยสูตรควบคุมยังมีค่าน้ำหนักที่ได้หลังการต้มสุกมากที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับสูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 แต่สูตร 1 กับสูตร 2 มีร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังต้มสุกไม่แตกต่างกัน โดยสูตร 3 มีค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังการต้มสุกต่ำที่สุด สำหรับการตรวจสอบปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มในวันที่ 0 พบว่า สูตร 3 มีร้อยละการสูญเสียปริมาณของแข็งระหว่างการต้มมากที่สุด และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับ สูตรควบคุม สูตร 1 และสูตร 2 แต่สูตร 1 กับสูตร 2 มีร้อยละการสูญเสียปริมาณของแข็งระหว่างการต้มไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษานานเป็นเวลา 2 วัน พบการเพิ่มขึ้นของร้อยละการสูญเสียปริมาณของแข็งระหว่างการต้มในทุกระยะ โดยสูตร 3 มีค่าร้อยละการสูญเสียปริมาณของแข็งระหว่างการต้มมากที่สุด และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับทั้ง 3 สูตร (สูตรควบคุม สูตร 1 และสูตร 2) โดยมีค่าร้อยละการสูญเสียปริมาณของแข็งระหว่างการต้มไม่แตกต่างกัน

สำหรับผลการตรวจสอบค่าการต้านแรงดึงขาดในเส้นบะหมี่ทุกสูตรที่เก็บรักษาในวันที่ 0 ที่อุณหภูมิห้องพบว่า เส้นบะหมี่สูตร 2 มีค่าการต้านแรงดึงขาดมากที่สุด และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับสูตรควบคุมและสูตร 1 แต่เส้นบะหมี่สูตร 2 มีค่าการต้านแรงดึงขาดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสูตร 3 จากการเปรียบเทียบค่าการต้านแรงดึงขาดเปรียบเทียบในสูตร 1 กับสูตร 3 พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกัน และเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 2 วัน เส้นบะหมี่ทุกสูตรมีค่าการต้านแรงดึงขาดลดลง โดยสูตร 2 ยังคงมีค่าการต้านแรงดึงขาดสูงกว่าทุกสูตรและมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับสูตรควบคุม สูตร 1 และสูตร 3 โดยสูตร 1 กับสูตร 3 มีค่าการต้านแรงดึงขาดไม่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4. คุณภาพหลังต้มสุกของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

อายุการเก็บรักษา (วัน)	สูตร	น้ำหนักที่ได้หลังต้ม (%)	ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (%)	ค่าการต้านแรงดึงขาด (กรัม)
0	ควบคุม	198.85±1.24 ^a	8.72±0.05 ^d	16.61±1.88 ^f
	1	166.09±2.15 ^b	7.49±0.25 ^e	25.69±0.85 ^b
	2	160.58±7.38 ^{bc}	8.29±0.92 ^e	27.46±0.48 ^a
	3	156.51±3.95 ^c	10.29±0.61 ^c	26.80±2.32 ^{ab}
2	ควบคุม	147.08±0.58 ^d	18.65±0.54 ^b	11.32±0.55 ^g
	1	123.95±2.26 ^{ef}	17.79±1.21 ^b	21.34±0.42 ^d
	2	119.97±0.60 ^f	18.12±1.04 ^b	22.53±0.32 ^c
	3	117.79±1.16 ^g	22.83±3.59 ^a	21.08±0.16 ^d

*หมายเหตุ สูตรควบคุม คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100

สูตร 1 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 2 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 90:10 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 3 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 85:15 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

a, b, c, d, e, f และ g คือเป็นตัวอักษรที่ใช้กำกับข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากการตรวจสอบคุณภาพหลังการต้มสุก พิจารณาจากค่าการต้านแรงดึงขาดของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนในทุกสูตรพบว่า สูตร 2 ที่ประกอบด้วยแป้งข้าวสาลีและแป้งข้าวเจ้าในปริมาณอัตราส่วนร้อยละ 90 และ 10 ตามลำดับ และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด มีค่าการต้านแรงดึงขาดสูงสุดเมื่อเก็บรักษาในวันที่ 0 และเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 2 วัน ก็ยังมีค่าการต้านแรงดึงขาดสูงกว่าสูตรอื่น ๆ โดยมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยกับสูตร 1 และสูตร 3 เมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 3 สูตรที่มีปริมาณผงแมงกะพรุนเท่ากันคือร้อยละ 5 กับสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมแมงกะพรุน แสดงให้เห็นว่าการเติมผงแมงกะพรุนทำให้ค่าการต้านแรงดึงขาดหรือความเหนียวของเส้นบะหมี่นั้นสูงกว่า สำหรับปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่แปรผันร้อยละ 0 (สูตร 1) ร้อยละ 10 (สูตร 2) และร้อยละ 15 (สูตร 3) มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเหนียวของเส้นบะหมี่เล็กน้อย

ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่เป็นเส้นบะหมี่สดที่ไม่ได้มีการเติมวัตถุกันเสีย จึงอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ รวมถึงจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างเอนไซม์โปรตีเอสและอะไมเลสที่สามารถย่อยเส้น

บะหมี่ได้ (Belay & Teshome, 2021) ทำให้โครงสร้างของเส้นบะหมี่ไม่แข็งแรงและขาดง่าย หากนำไปต้มสุกจึงมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียมากขึ้น เมื่อเก็บรักษาเส้นบะหมี่ทุกสูตรในตู้เย็นระยะเวลานาน 7 วัน พบว่าร้อยละของน้ำหนักที่ได้หลังการต้มมีค่าลดลงในทุกสูตร สูตรควบคุมยังมีค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังการต้มสูงกว่า และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับสูตรที่มีการเติมผงแมงกะพรุน (สูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3) โดยสูตรที่มีการเติมผงแมงกะพรุนทั้ง 3 สูตร เส้นบะหมี่มีค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังการต้มที่ไม่แตกต่างกัน จากการตรวจสอบร้อยละการสูญเสียปริมาณของแข็งระหว่างการต้มพบว่า เส้นบะหมี่ในทุกสูตรมีค่าร้อยละการสูญเสียปริมาณของแข็งระหว่างการต้มสูงขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เส้นบะหมี่มีค่าการต้านแรงดึงขาดลดลงในทุกสูตร โดยสูตร 2 ยังคงมีค่าการต้านแรงดึงขาดสูงสุดและไม่แตกต่างจากสูตร 3 แต่แตกต่างจากสูตร 1 กับสูตรควบคุม เมื่อเปรียบเทียบค่าการต้านแรงดึงขาดในสูตรที่ 1 กับสูตร 3 พบว่า ไม่แตกต่างกัน ผลจากการเก็บรักษานาน 7 วัน เส้นบะหมี่สูตรควบคุมมีค่าการต้านแรงดึงขาดน้อยที่สุด

จากการตรวจสอบการเก็บรักษาเส้นบะหมี่ในทุกสูตรเป็นเวลา 11 วัน เส้นบะหมี่มีค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังการต้มลดลงในทุกสูตร โดยเส้นบะหมี่สูตรควบคุมมีค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังการต้มสูงกว่าและแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับทั้ง 3 สูตรที่มีการเติมผงแมงกะพรุน เส้นบะหมี่สูตร 3 มีค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังต้มน้อยที่สุด จากการตรวจสอบร้อยละของการสูญเสียปริมาณของแข็งระหว่างการต้มพบว่า ในทุกสูตรมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยสูตร 2 มีค่าร้อยละการสูญเสียปริมาณของแข็งระหว่างการต้มไม่แตกต่างกันกับสูตรควบคุม และสูตร 1 แต่แตกต่างจากสูตร 3

จากผลการทดลองพบว่า เส้นบะหมี่มีค่าการต้านแรงดึงขาดลดลงในทุกสูตร โดยเส้นบะหมี่สูตรควบคุมมีค่าน้อยที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกสูตรที่มีการเติมผงแมงกะพรุน เส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนสูตร 2 มีค่าการต้านแรงดึงขาดสูงสุดและไม่แตกต่างจากสูตร 3 แต่แตกต่างจากสูตร 1 และสูตรควบคุม เมื่อเปรียบเทียบค่าการต้านแรงดึงขาดพบว่า เส้นบะหมี่สูตรที่ 1 กับสูตร 3 มีค่าการต้านแรงดึงขาดไม่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 5 แสดงว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาในสภาวะตู้เย็นสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาโดยชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และลดปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ แต่เมื่อเก็บไว้ในวันที่ 12 จะไม่สามารถตรวจวัดผลได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นเมือกและมีกลิ่นผิดปกติ

ตารางที่ 5. คุณภาพหลังต้มสุกของเส้นบะหมี่ผสมผงแมงกะพรุนเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

อายุการเก็บรักษา (วัน)	สูตร	น้ำหนักที่ได้หลังต้ม (%)	ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (%)	ค่าการต้านแรงดึงขาด (กรัม)
0	ควบคุม	198.85±1.24 ^a	8.72±0.05 ^{de}	16.61±1.88 ^d
	1	166.09±2.15 ^c	7.49±0.25 ^e	25.69±0.85 ^{abc}
	2	160.58±7.38 ^d	8.29±0.92 ^{de}	27.46±0.48 ^a
	3	156.51±3.95 ^d	10.29±0.61 ^{cd}	26.80±2.32 ^a
7	ควบคุม	173.17±2.28 ^b	10.80±1.50 ^c	12.42±0.61 ^e
	1	144.07±1.65 ^e	11.43±1.62 ^c	23.88±0.67 ^c
	2	139.64±2.23 ^e	9.64±1.76 ^{cd}	26.46±1.50 ^{ab}
	3	138.87±2.16 ^e	11.14±1.40 ^c	25.61±2.80 ^{abc}
11	ควบคุม	140.91±2.63 ^e	20.38±0.96 ^{ab}	13.41±1.31 ^e
	1	118.97±0.85 ^f	20.53±0.81 ^{ab}	24.08±0.46 ^{bc}
	2	110.93±1.75 ^g	18.62±0.79 ^b	27.58±1.39 ^a
	3	101.83±0.31 ^h	21.08±1.31 ^a	26.05±2.07 ^{abc}

*หมายเหตุ สูตรควบคุม คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100

สูตร 1 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลี เท่ากับ 100 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 2 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 90:10 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

สูตร 3 คือ ร้อยละแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 85:15 และผสมผงแมงกะพรุนร้อยละ 5 ต่อปริมาณแป้งทั้งหมด

a, b, c, d, e, f และ g คือเป็นตัวอักษรที่ใช้กำกับข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

4. สรุปผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งข้าวสาลีผสมผงแมงกะพรุนมีค่าสีเหลืองและมีเอดสี (h^*) อยู่ใกล้ช่วงสีเหลือง จากการศึกษาคุณภาพหลังการต้มสุกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4.30 นาที ในวันที่ 0 ในสูตร 2 และสูตร 3 ของเส้นบะหมี่ที่มีการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนร้อยละ 10 และ 15 นั้นพบว่า การทดแทนแป้งข้าวเจ้ามากขึ้นทำให้มีร้อยละปริมาณการสูญเสียน้ำหนักที่ได้หลังการต้มสุกลดลง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เส้นบะหมี่ทุกสูตรที่ผสมผงแมงกะพรุนมีค่าการต้านทานแรงดึงขาดหรือความเหนียวมากกว่าสูตรควบคุม เส้นบะหมี่สูตร 2 มีคุณภาพทางกายภาพที่ดีและมีความเหนียวกว่าเส้นบะหมี่สูตร 3 โดยสูตร 2 ให้คุณค่าทางด้านโภชนาการเพิ่มขึ้น จากปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 8.85 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม และมีปริมาณคอลลาเจน 0.425 กรัม ใน 100 กรัม จากการใช้เกณฑ์ตัดสินการเสื่อมเสียจากลักษณะปรากฏที่มีลักษณะเป็นเมือกและมีกลิ่นเหม็นผิดปกติพบว่า เส้นบะหมี่ในทุกสูตรสามารถเก็บได้นาน 2 วัน ที่อุณหภูมิห้อง และ 11 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประจำปีงบประมาณ 2565 ขอขอบคุณนายวิริยะ เจริญโชคพานิชย์ นายปรัชญา ม่วงรอด นายกอบโชค อริยะสินสมบูรณ์ นายสิทธิชัย หอมหวาน และนายธีรภัทร จรุงเกียรติวัฒนา ที่ช่วยดำเนินการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส สารผสมฟอสเฟตได้รับความอนุเคราะห์จากคุณภคิน รักชาติไทย

เอกสารอ้างอิง (References)

- American Association of Cereal Chemists (AACC). (2000). *Approved Methods of the AACC* (10th ed.). American Association of Cereal Chemists, St. Paul. USA.
- AOAC. (2005). *Official Method of Analysis, Association of Official Agricultural Chemists* (12th ed.). Washington, D.C., USA.
- AOAC. (2019). *Official Method of Analysis* (21st ed.). The Association of Official Analytical Chemists, Rockville, Maryland. USA.
- Asenstorfer, R. E., Wang, Y., & Mares, D. J. (2006). Chemical structure of flavonoid compounds in wheat (*Triticum aestivum* L.) flour that contribute to the yellow color of Asian alkaline noodles. *Journal of Cereal Science*, 43(1), 108-119. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.09.001>
- Bailey, A. J., & Light, N. D. (1989). *Connective tissue in meat and meat products* (1st ed.). Elsevier Applied Science, London.
- Belay, E., & Teshome, M. (2021). Production of Bacterial Amylase and Evaluation for Starch Hydrolysis. *International Journal of Microbiology and Biotechnology*, 6(2), 34-44. <https://doi.org/10.11648/j.ijmb.20210602.12>
- Bhatt, S., & Gupta, M. (2023). Formulation of instant noodles incorporated with insoluble dietary fiber from fruit peel: In vitro starch digestibility, biophysical, structural and textural characteristics. *Applied Food Research*, 3(2), Article 100326. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100326>
- Brotz, L., Schiariti, A., López-Martínez, J., Álvarez-Tello, J., Hsieh, Y.-H. P., Jones, R. P., Quiñones, J., Dong, Z., Morandini, A. C., Preciado, M., Laaz, E., & Mianzan, H. (2017). Jellyfish fisheries in America: Origin, state of the art, and perspectives on new fishing grounds. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 27(1), 1-29. <https://doi.org/10.1007/s11160-016-9445-y>
- Charoenchokpanich, W., Muangrod, P., Thumthanaruk, B., Rungsardthong, V., Vatanyoopaisarn, S., Wonganu, B., & Roytrakul, S. (2024). Effect of cryoprotectants on quality of desalted jellyfish subjected to multiple freeze-thaw cycles. *Applied Science and Engineering Progress*, 17(2), Article 7075. <https://doi.org/10.14416/j.asep.2023.11.001>

- Charoenchokpanich, W., Rungsardthong, V., Vatanypoaisarn, S., Thumtharuk, B., & Tamaki, Y. (2020). Salt reduction in salted jellyfish (*Lobonema smithii*) using a mechanical washing machine. *Science, Engineering and Health Studies*, 14(3), 184-192. <https://doi.org/10.14456/sehs.2020.17>
- Chiarelli, P. G., Suh, J. H., Pegg, R. B., Chen, J., & Solval, K. M. (2023). The emergence of jellyfish collagen: A comprehensive review on research progress, industrial applications, and future opportunities. *Trends in Food Science & Technology*, 141, Article 104206. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104206>
- Chokchaithanawiwat, P., Rungsardthong, V., Thumtharuk, B., Puttanlek, C., Uttapap, D., Boonraksa, S., & Wonngsa, J. (2019). Product development of dried noodle from wheat flour and riceberry rice flour by extrusion. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 346, Article 012043. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/346/1/012043>
- Choy, A. L., Hughes, J. G., & Small, D. M. (2010). The effects of microbial transglutaminase, sodium stearoyl lactylate and water on the quality of instant fried noodles. *Food Chemistry*, 122, 957-964. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.009>
- Customs Department. (2024). *Statistics on jellyfish exports*. Customs Department. <https://www.customs.go.th/> (in Thai)
- Detchewa, P., Prasajak, P., Phungamngoen, C., Sriwichai, W., Naivikul, O., & Moongngarm, A. (2022). Substitution of rice flour with rice protein improved quality of gluten-free rice spaghetti processed using single screw extrusion. *LWT - Food Science and Technology*, 153, Article 112512. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112512>
- Fu, B. X. (2008). Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing. *Food Research International*, 41(9), 888-902. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.11.007>
- Hatcher, D. W., & Anderson, M. J. (2007). Influence of alkaline formulation on oriental noodle color and texture. *Cereal Chemistry*, 84(3), 253-259. <http://dx.doi.org/10.1094/CHEM-84-3-0253>
- Hsieh, Y.-H. P., Leong, F.-M., & Rudloe, J. (2001). Jellyfish as food. *Hydrobiologia*, 451, 11-17. <https://doi.org/10.1023/A:1011875720415>
- Hu, Y., Wei, J., & Chen, Y. (2017). The impact of salt on the quality of fresh wheat noodle. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E Food Technology*, 21, 53-61. <https://doi.org/10.1515/auaft-2017-0015>
- Jia, F., Ma, Z., Wang, X., Li, X., Liu, L., & Hu, X. (2019). Effect of kansui addition on dough rheology and quality characteristics of chickpea-wheat composite flour-based

- noodles and the underlying mechanism. *Food Chemistry*, 298, Article 125081. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125081>
- Khong, N. M. H., Yusoff, F. M., Jamilah, B., Basri, M., Maznah, I., Chan, K. W., & Nishikawa, J. (2016). Nutritional composition and total collagen content of three commercially important edible jellyfish. *Food Chemistry*, 196, 953-960. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.094>
- Klaiwong, T., Hutanguru, P., Rutatip, S., Wongsangasri, P., & Thumthanaruk, B. (2014). Comparative properties of pepsin hydrolyzed jellyfish protein from salted jellyfish. *Journal of Agricultural Science Technology B*, 4(7), 555-564.
- Kromfang, I., Thumthanaruk, B., & Laohakunjit, N. (2009). Effect of acetic acid, citric acid and lime juice on constituents and properties of concentrated protein extracts from sand jellyfish (*Rhopilema hispidum*) and white jellyfish (*Lobonema smithii*). *Proceedings of the 47th Kasetsart University Annual Conference* (pp. 751-759). Kasetsart University. (in Thai)
- Lelawatcharamas, W. (2004). Jellyfish: A new food for Western countries. *Food Journal*, 34(3), 225-228. (in Thai)
- Li, Y., Wang, Z., Qin, Y., Xiong, L., & Sun, Q. (2024). Preparation of porous-structured flat potato starch noodles with gelatin for shortening cooking time. *Food Hydrocolloid*, 149, Article 109573. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109573>
- Loikaeo, N., & Chaisakdanugull, C. (2016). Properties of the kluai hin flour and kluai hakmuk flour and their application in fresh noodle. *Proceedings of RSU National Research Conference 2016* (pp. 468-476). Rangsit University, Bangkok. (in Thai)
- Lueyot, A., & Thumthanaruk, B. (2014). Optimization of functional properties of jellyfish (*Lobonema smithii*) protein hydrolysate as influenced by the degree of hydrolysis. *Proceedings of the 1st Joint ACS AGFD - ACS ICSCS Symposium on Agricultural and Food Chemistry* (pp. 103-108).
- Malai, D., Chaichawalit, C., Janphen, S., & Mailaed, S. (2013). Development of fresh noodles by substitution of Jerusalem artichoke powder. *Agricultural Science Journal*, 44(2) (Suppl.), 269-272. (in Thai)
- Muangrod, P. (2020). *Preparation of jellyfish powder and application in fresh noodle* [Master's thesis, King Mongkut's University of Technology North Bangkok]. King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)
- Palmieri, N., Nervo, C., & Torri, L. (2023). Consumers' attitudes towards sustainable alternative protein sources: Comparing seaweed, insects and jellyfish in Italy. *Food Quality and Preference*, 104, Article 104735. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104735>

- Pedersen, M. T., & Vilgis, T. A. (2019). Soft matter physics meets the culinary arts: From polymers to jellyfish. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 16, Article 100135. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100135>
- Popert, P., & Gawborisut, S. (2015). Quality of egg noodles as affected by tilapia frame meat supplement. *Journal of Khon Kaen Agriculture*, 43(1) (Suppl.), 56-61. (in Thai)
- Seetapan, N., Limpanyoon, N., Yooberg, R., Leelawat, B., & Charunuch, C. (2019). Influence of addition of extruded rice flour on preparation and quality of fresh gluten-free yellow alkaline noodles. *Journal of Cereal Science*, 90, Article 102828. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102828>
- Silaprueng, S., Thumthanaruk, B., & Wongsangasri, P. (2015). Comparative functional properties of jellyfish (*Lobonema smithii*) protein hydrolysate as influenced by bromelain and hydrochloric acid. *Journal of Food Science and Agricultural Technology*, 1(1), 171-176.
- Sirichokworakit, S., Phetkhut, J. & Khommoon, A. (2015). Effect of partial substitution of wheat flour with riceberry flour on quality of noodles. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197, 1006-1012. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.294>
- Soontaros, S., & Rimphanitchayakit, V. (2004). *Biomolecules* (1st ed.). Chulalongkorn University Press, Bangkok. (in Thai)
- SPSS Inc. (2008). *Statistics for Windows*, Version 17.0 [Computer software]. SPSS Inc., Chicago, USA.
- Tamanna, N., & Mahmood, N. (2015). Food processing and Maillard reaction products: effect on human health and nutrition. *International Journal of Food Science*, 2015, Article 526762. <https://doi.org/10.1155/2015/526762>
- Tanasombun, P., Siripanwattana, C., Prasengchom, S., & Ngamsangiam, N. (2014). Replacement of palmyra palm powder in fresh noodle. *SDU Research Journal Science and Technology*, 7(1), 105-123. (in Thai)
- Thumthanaruk, B., Chikhunthod, U., Rutatip, S., Hutangoon, P., Karpilanondh, P., & Wongsangasri, P. (2008). Survey and study of collagen protein from jellyfish [Unpublished report, King Mongkut's University of Technology North Bangkok]. King Mongkut's University of Technology North Bangkok. <https://shorturl.asia/HtUS4>
- Wandee, Y., Uttapap, D., Pancha-arnon, S., Puttanlek, C., Rungsardthong, V., & Wetprasit, N. (2015). Quality assessment of noodles made from blends of rice flour and canna starch. *Food Chemistry*, 179, 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.119>
- Yue, C., Tang, Y., Peng, H., Wang, Z., Zhu, Y., Chang, M., Wang, X., Wang, Y., Li, X., & Luo, D. (2023). Effect of salt and kansui on rheology, water mobility and physicochemical

properties of long-chain inulin non-fermented dough and its noodles quality. *Journal of Cereal Science*, 114, Article 103783. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103783>