การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นปลอดโปรตีน
Development of Protein Free Noodle

รสพร เจียมจริยธรรม[1*] อันนพร ไชยเดช[2] กิตติทัต ในทอง[2] รวิวรรณ สร้อยทองเจริญ[2] และ วีณา ทองรอด[3]
Rossaporn Jiamjariyatam[1] Aunnaporn Chaidech[2] Kittitat Naithong[2] Rawiwan Soitongjaroen[2] and Weena Thongrod[3]
[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
[2]ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
[3]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
[1]Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University
[2]Department of Home Economics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University
[3]Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University
วันที่ส่งบทความ : 18 ธันวาคม 2563 วันที่แก้ไขบทความ : 30 มิถุนายน 2564 วันที่ตอบรับบทความ : 1 สิงหาคม 2564
Received: 18 December 2020, Revised: 30 June 2021, Accepted: 1 August 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสูตรมาตรฐานของเส้นใหญ่และเส้นกวยจั๊บญวนปลอดโปรตีนและศึกษาผลของการใช้สตาร์ชทดแทนฟลาวร์ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ เคมีและลักษณะทางประสาทสัมผัสของเส้นใหญ่และเส้นกวยจั๊บญวน โดยการแปรปริมาณฟลาวร์ต่อสตาร์ชที่ 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ด้วยการประเมินความชอบแบบ 7 point hedonic scale พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดในระดับชอบเล็กน้อย คือเส้นใหญ่ที่ใช้ปริมาณฟลาวร์ร้อยละ 75 และเส้นกวยจั๊บญวนที่ใช้ปริมาณฟลาวร์ร้อยละ 75 และ 100 เมื่อเพิ่มสตาร์ชในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านความนุ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวและความนุ่มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้สตาร์ชในอัตราส่วนที่มากขึ้น ในทางกลับกัน เส้นกวยจั๊บญวนมีความนุ่มลดลงเมื่อใช้สตาร์ชทดแทนฟลาวร์ในอัตราส่วนที่มากขึ้น เส้นใหญ่และเส้นกวยจั๊บญวนที่ระดับร้อยละ 75 และร้อยละ 100 มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าร้อยละ 1

คำสำคัญ : สตาร์ช ผลิตภัณฑ์เส้น ปลอดโปรตีน

Abstract

The objectives of this research are to find the standard formula of protein free noodles, and to investigate the effect of using starch to substitute flour on the physical,

[*]ที่อยู่ติดต่อ E-mail address: rossaporn@g.swu.ac.th

chemical properties and sensory characteristic of noodle. The 5 ratio of flour per starch at 0, 25, 50, 75 and 100% were examined. Sensory evaluation using 7-point hedonic scales showed that the most accepted products were the flat noodle made with flour to starch ratio of 75% and the Vietnamese noodle made from flour to starch ratio of 75% and 100%. Increasing the amount of starch resulted in a significant increase in the sensory preference score on softness. The hardness of noodle decreased with increasing starch content. Conversely, the hardness of Vietnamese noodle increased with increasing the starch replacement. Protein contents of the flat noodle and Vietnamese noodle at the ratios of flour per starch of 75% and 100% were less than 1%.

Keywords: Starch, Noodle, Protein-free

1. บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารมีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาหารได้ถูกแบ่งออกเป็น 6 หมวดตามอาหารแลกเปลี่ยน ได้แก่ หมวดนมและผลิตภัณฑ์นม หมวดผลไม้ หมวดผัก หมวดข้าวแป้ง หมวดเนื้อสัตว์ และหมวดไขมัน โดยในแต่ละหมวดให้พลังงานและสารอาหารใกล้เคียงกัน ผู้บริโภคสามารถเลือกรับประทานให้เพียงพอตามความต้องการของร่างกายในแต่ละวันและสามารถแลกเปลี่ยนอาหารภายในหมวดเดียวกันได้ตามความต้องการ คนไทยได้รับพลังงานจากการรับประทานอาหารในหมวดข้าวแป้งเป็นหลักมาตั้งแต่โบราณ ซึ่งมีความสอดคล้องกับธงโภชนาการที่ว่า อาหารหมวดข้าวแป้งนั้นควรรับประทานมากที่สุด ประกอบไปด้วยอาหารประเภทข้าว เผือก มัน ธัญพืชทุกชนิด ขนมปัง และผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้ง ซึ่งควรได้รับประมาณ 8-12 ทัพพีต่อวัน [1] โดยอาหารในหมวดข้าวแป้งนั้น แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือข้าวแป้ง ก และข้าวแป้ง ข โดยที่ข้าวแป้ง ข คือกลุ่มของข้าวแป้งที่มีโปรตีนสูง เนื่องจากผลิตมาจากฟลาวร์ ที่มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบและมีการปรุงแต่ง แต่ในกลุ่มข้าวแป้ง ก คือกลุ่มของข้าวแป้งที่มีโปรตีนต่ำหรือเรียกว่าสตาร์ช โดยการนำฟลาวร์มาสกัดเอาโปรตีนและไขมันออก แป้งที่ได้จึงไม่มีโปรตีน ไม่มีการปรุงแต่งและรวมถึงข้าวแป้งที่ปลอดโปรตีน

ผู้ที่เป็นโรคไตและยังไม่ได้ฟอกเลือดควรบริโภคโปรตีนวันละ 0.6-0.8 กรัมต่อน้ำหนักตัวที่ควรเป็น 1 กิโลกรัม ถ้าฟอกไตแล้วควรกินโปรตีนวันละ 1.1-1.3 กรัมต่อน้ำหนักตัวที่ควรเป็น 1 กิโลกรัม [1] อาหารประเภทข้าวและแป้งที่บริโภคทั่วไป ส่งผลต่อการเพิ่มอันตรายของผู้ป่วยโรคไต เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 7 ดังนั้นการจำกัดโปรตีนในอาหารสามารถชะลอความเสื่อมของไตได้ [2] ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการจำกัดโปรตีนในอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง การบริโภคอาหารประเภทโปรตีนลดลงจะทำให้เกิดการคั่งของของเสียในร่างกายลดลง การทำงานของไตลดลง และการรั่วของโปรตีนในปัสสาวะลดลง [3] จากการวิเคราะห์แบบ Meta-analysis Cochrane Reviews จากงานวิจัยต่าง ๆ รายงานว่าการบริโภคอาหารโปรตีน 0.61 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน สามารถลดอัตราการตายและการรักษาทดแทนไตได้ร้อยละ 31 โดยการบำบัดทดแทนไตคือกระบวนการรักษาที่ทำหน้าที่ขจัดของเสียและน้ำแทนไตที่ไม่ทำงาน [4] การบริโภคโปรตีนในอาหารสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานและบทบาทของไต โดยการบริโภคโปรตีนใน

อาหารเกินจำนวนที่แนะนำส่งผลต่อการเกิดโรคไตเรื้อรังด้วยการเพิ่มความดันของไตและการกรอง จึงสรุปได้ว่าการบริโภคโปรตีนที่มากเกินไปทำให้ไตเกิดความเครียด [5] และการบริโภคโปรตีนจากอาหารในระยะยาวในปริมาณที่มากกว่าคำแนะนำทางโภชนาการ สามารถเพิ่มความเสี่ยงของโรคไตวายเรื้อรังที่ร้ายแรง รวมถึงไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย (End Stage Renal Disease: ESRD) โดยการบริโภคโปรตีนจากเนื้อแดงและโปรตีนที่มีความเป็นกรดสูงเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค [6]

เส้นปลอดโปรตีน คือ ผลิตภัณฑ์เส้นที่มีกระบวนการกำจัดโปรตีนออกจากฟลาวร์ ซึ่งมีโปรตีนไม่เกินร้อยละ 1 แตกต่างจากเส้นทั่วไปที่มีโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 7 โดยทั่วไปมีการนำเส้นปลอดโปรตีนไปใช้ประโยชน์กับกลุ่มคนบางกลุ่มซึ่งมีคุณสมบัติบำบัดรักษาหรือบรรเทาอาการของโรคบางโรคได้ เช่น โรคไตเรื้อรัง โรคสมองเสื่อมจากตับ โรคแพ้โปรตีนในอาหาร เป็นต้น ปัจจุบันพบว่าข้าวแป้งปลอดโปรตีนนั้นยังไม่มีความหลากหลาย กล่าวคือ มีเพียงข้าวแป้งไม่กี่ชนิด ที่เป็นข้าวแป้งปลอดโปรตีน ได้แก่ วุ้นเส้น สาคูเส้นเซี่ยงไฮ้ และเส้นแก้ว เป็นต้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่าควรมีการเพิ่มหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวแป้งปลอดโปรตีนให้มีเพิ่มมากขึ้นจากเดิม เพื่อเพิ่มความหลากหลายของอาหารในกลุ่มข้าวแป้งปลอดโปรตีน และ กลุ่มคนที่ได้ประโยชน์จากข้าวแป้งปลอดโปรตีนจะได้มีทางเลือกในการเลือกรับประทานอาหารได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

2. วิธีการทดลอง

2.1 การศึกษาสูตรมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เส้น

2.1.1 สูตรมาตรฐานของเส้นใหญ่

สูตรมาตรฐานของเส้นใหญ่ มี 3 สูตร โดยมีส่วนประกอบของแต่ละสูตรแสดงในตารางที่ 1 ตวงแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันใสในภาชนะ เติมน้ำและคนส่วนผสมให้เข้ากัน จากนั้นตวงส่วนผสมมา 75 มิลลิลิตร เทลงบนถาดวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14.5 เซนติเมตร ที่ทาน้ำมันรำข้าวบาง ๆ ก่อนนำลงไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จากนั้น ยกลงจากหม้อนึ่งทิ้งให้เย็น 30 นาที แล้วนำมาตัดเป็นเส้นให้มีความกว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร และหนา 0.5 เซนติเมตร บรรจุในกล่องพลาสติก จากนั้นทำการคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดจากคะแนนความชอบที่สูงที่สุดด้วยวิธีการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 7 Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบจำนวน 50 คน

ตารางที่ 1. ส่วนผสมเส้นสูตรมาตรฐานของเส้นใหญ่

ส่วนผสม (ร้อยละ)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งข้าวเจ้า	22	27	26
แป้งมันสำปะหลัง	7	7	9
น้ำเปล่า	71	66	65

2.1.2 สูตรมาตรฐานของเส้นกวยจั๊บญวน

สูตรมาตรฐานของเส้นกวยจั๊บญวน มี 3 สูตร โดยมีส่วนประกอบของแต่ละสูตรแสดงในตารางที่ 2 ตวงการศึกษาสูตรมาตรฐานของเส้นกวยจั๊บญวน จาก 3 สูตรดังตารางที่ 2 โดยตวงแป้งมันใส่อ่างผสม เทน้ำร้อนจัดลงแล้วรีบผสมน้ำร้อนกับแป้งมันให้เข้ากันจนแป้งสุก เทแป้งข้าวเจ้าลงไปผสมให้เข้ากัน นวดจนเป็น

ก้อนแล้วตัดแบ่งก่อนนำไปรีดเป็นเส้น โดยมีความกว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร และหนา 0.5 เซนติเมตร บรรจุในกล่องพลาสติก จากนั้น ทำการคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดจากคะแนนความชอบที่สูงที่สุดด้วยวิธีการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 7 Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบจำนวน 50 คน

ตารางที่ 2. ส่วนผสมเส้นสูตรมาตรฐานของเส้นกวยจั๊บญวน

ส่วนผสม (ร้อยละ)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งข้าวเจ้า	29	33	30
แป้งมันสำปะหลัง	29	17	15
น้ำเปล่า	42	50	55

2.2 การศึกษาผลของปริมาณสตาร์ชต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้น

เมื่อได้สูตรมาตรฐานจากการเลือกโดยผู้ทดสอบจำนวน 50 คนแล้ว นำมาศึกษาการทดแทนฟลาวร์ข้าวเจ้าด้วยสตาร์ชในผลิตภัณฑ์เส้นที่ 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 เพื่อศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้นในด้านลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งทำการศึกษาโดยแบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 7-point hedonic scale โดยการให้ผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เส้นพร้อมกับน้ำซุปใส จากนั้นศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Food Texture Analyzer Model TA Prime) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ค่าที่วัด ได้แก่ ค่าแรงดึง (N) และระยะการยืดตัว (%) และศึกษาคุณสมบัติทางเคมีโดยทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl Method (AOAC, 2011)

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics Base 22.0 ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์แบบ One-Way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และวิเคราะห์ Post Hoc Multiple Comparisons ซึ่งเป็นการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Duncan' New Multiple Range Test

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 สูตรมาตรฐานของเส้นใหญ่และเส้นกวยจั๊บญวน

จากการศึกษาสูตรมาตรฐานเส้นใหญ่ทั้งหมด 3 สูตร พบว่าสูตรที่ 1 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้าน สี ความนุ่ม ความเหนียว รสชาติ และความชอบโดยรวม สูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ สูตรที่ 3 ได้รับการยอมรับน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3 จากการทดสอบลักษณะความชอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยมีผู้ทดสอบจำนวน 50 คน สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ สูตรที่ 1 จึงเลือกสูตรที่ 1 เป็นสูตรมาตรฐานของเส้นใหญ่ในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เส้นปลอดโปรตีน

ตารางที่ 3. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นใหญ่สูตรมาตรฐาน

สูตรที่	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ^{NS}	สี^{NS}	ความนุ่ม	ความเหนียว^{NS}	รสชาติ	ความชอบโดยรวม^{NS}
1	5.1 ± 1.3	5.3 ± 0.9	5.1^{a} ± 1.1	4.8 ± 1.3	5.0^{a} ± 1.1	5.2 ± 1.0
2	5.3 ± 1.0	5.2 ± 1.0	4.5^{b} ± 1.1	4.5 ± 1.3	4.7^{ab} ± 0.9	4.8 ± 1.0
3	5.1 ± 1.0	5.1 ± 1.0	4.6^{ab} ± 1.2	4.6 ± 1.4	4.4^{b} ± 1.1	4.9 ± 1.1

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a-b}$ ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวอักษร NS หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3.2 สูตรมาตรฐานเส้นกวยจั๊บญวน

จากการศึกษาสูตรมาตรฐานเส้นกวยจั๊บญวนทั้งหมด 3 สูตร พบว่าสูตรที่ 1 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้าน สี ความนุ่ม ความเหนียว รสชาติ และความชอบโดยรวม สูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้าน ลักษณะปรากฏ สูตรที่ 3 ได้รับการยอมรับน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4 จากการทดสอบลักษณะความชอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยมีผู้ทดสอบ 50 คน สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ สูตรที่ 1 จึงเลือกสูตรที่ 1 เป็นสูตรมาตรฐานของเส้นกวยจั๊บญวนในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เส้นปลอดโปรตีน

ตารางที่ 4. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บญวนสูตรมาตรฐาน

สูตรที่	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	สี^{NS}	ความนุ่ม	ความเหนียว	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
1	5.4^{a} ± 1.1	5.1 ± 1.2	5.3^{a} ± 1.3	5.0^{a} ± 1.4	5.0^{a} ± 1.3	5.2^{a} ± 1.1
2	5.1^{ab} ± 1.1	5.0 ± 1.3	4.6^{b} ± 1.2	4.7^{a} ± 1.0	4.6^{ab} ± 1.1	5.0^{ab} ± 1.0
3	4.7^{b} ± 1.1	5.0 ± 1.1	4.3^{b} ± 1.4	4.1^{b} ± 1.4	4.2^{b} ± 1.3	4.6^{b} ± 1.3

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a-b}$ ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวอักษร NS หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3.3 การทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชในเส้นใหญ่และเส้นกวยจั๊บญวน

3.3.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.3.1.1 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเส้นใหญ่

จากการศึกษาการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชในเส้นใหญ่ โดยการแปรปริมาณของสตาร์ชที่ทดแทนฟลาวร์ในผลิตภัณฑ์เส้นใหญ่ที่ 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ดังแสดงในตารางที่ 5 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์เส้นใหญ่ในด้านลักษณะปรากฏและด้านสีทั้งสามสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจเป็นผลมาจากสัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินของทั้ง 5 สูตรไม่ต่างกันมาก จึงไม่มีผลต่อสีที่ปรากฏ เนื่องจาก อะไมโลเพกตินมีผลต่อสีและความโปร่งใสของเส้น [7] จากรายงานการศึกษาและพัฒนาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก พบว่าเมื่อเพิ่มแป้งมันสำปะหลังมากกว่าร้อยละ 30 จะ

ทำให้ค่าสีลดลง [8] แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มแป้งมันสำปะหลังไม่เกินร้อยละ 30 ไม่มีผลต่อสีที่ปรากฏ จากการศึกษาด้านความชอบด้านความเหนียวและนุ่มพบว่า สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือสูตรที่ 1 ซึ่งมีความแตกต่างจากสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เป็นผลมาจากปริมาณของแป้งมันสำปะหลังในสูตรที่ 1 ที่มีมากกว่าสูตรที่ 2 ซึ่งแป้งมันสำปะหลังมักนำมาผสมกับแป้งชนิดอื่น ๆ เพื่อให้มีลักษณะเหนียวนุ่มกว่าการใช้แป้งชนิดเดียว [9] ในขณะที่สูตรที่ 1 มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังมีน้อยกว่าสูตร 3 ทำให้สัดส่วนของอะไมโลเพกตินลดลง ซึ่งอะไมโลเพกตินสายยาวสามารถจับกับส่วนประกอบอื่น ๆ ในเมล็ดข้าว เช่น โปรตีนและลิพิดได้ การคืนตัวของแป้งเกิดได้ยากขึ้น มีผลทำให้ความนุ่มลดลง [10]-[11] สูตรที่ 1 ได้รับการยอมรับในด้านรสชาติมากที่สุด อาจเป็นผลมาจากร้อยละของน้ำตาลในแป้งข้าวเจ้า (ร้อยละ 0.12) ที่มากกว่าแป้งมัน (ร้อยละ 0) [12]

ตารางที่ 5. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นใหญ่

ระดับการทดแทน (ร้อยละ)	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของเส้นใหญ่					
	ลักษณะปรากฏ	สี	ความนุ่ม	ความเหนียว	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0	$4.8^{a} \pm 1.1$	$4.7^{a} \pm 1.0$	$4.1^{cd} \pm 1.3$	$3.5^{b} \pm 1.3$	$4.1^{bc} \pm 1.0$	$4.2^{b} \pm 1.0$
25	$4.8^{a} \pm 0.9$	$4.7^{a} \pm 0.9$	$4.5^{bc} \pm 1.4$	$3.8^{b} \pm 1.4$	$4.1^{bc} \pm 1.0$	$4.3^{b} \pm 1.1$
50	$4.7^{a} \pm 0.8$	$4.7^{a} \pm 0.9$	$4.8^{ab} \pm 1.3$	$4.6^{a} \pm 1.3$	$4.4^{ab} \pm 0.9$	$4.6^{ab} \pm 0.9$
75	$4.8^{a} \pm 1.4$	$5.0^{a} \pm 1.2$	$5.2^{a} \pm 1.3$	$4.9^{a} \pm 1.5$	$4.6^{a} \pm 1.2$	$5.1^{a} \pm 1.2$
100	$3.9^{b} \pm 1.3$	$4.0^{b} \pm 1.3$	$3.7^{d} \pm 1.3$	$3.3^{b} \pm 1.4$	$3.7^{bc} \pm 1.1$	$3.6^{c} \pm 1.3$

หมายเหตุ ตัวอักษร a-d ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาความชอบด้านลักษณะปรากฏพบว่าสัดส่วนของสตาร์ชที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ ยกเว้นเส้นใหญ่สูตรที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับร้อยละ 100 มีคะแนนการยอมรับต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) อาจเกิดจากผลของไขมันที่อยู่ในเม็ดสตาร์ชไปรวมตัวกับอะไมโลสเกิดเป็น Amylose-Lipid Complex ได้น้อย ซึ่งการที่ไขมันรวมตัวกับอะไมโลสเกิดเป็น Amylose-Lipid Complex ทำให้เส้นมีลักษณะทึบแสงหรือขุ่น แต่เมื่อทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชเพิ่มขึ้น ทำให้การรวมตัวระหว่างไขมันและอะไมโลสลดลง เส้นจึงมีลักษณะโปร่งใส [13] ในด้านความชอบด้านสี เมื่อสตาร์ชเพิ่มขึ้นจะทำให้คะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกัน ยกเว้นการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับร้อยละ 100 ที่มีคะแนนการยอมรับน้อยที่สุด อาจเป็นผลมาจากเส้นมีความโปร่งใสที่มากเกินไป เนื่องจากเมื่อมีการให้ความร้อนและเกิดการเจลาติไนเซชัน สตาร์ชจะละลายและกระจายตัวในน้ำได้ดี กลายเป็นสตาร์ชสุก (Paste) จะเกิดความใสจากการส่องผ่านของแสงได้มากขึ้น [13] นอกจากนี้ยังพบว่าแป้งข้าวที่มีโปรตีนสูงมักจะให้คุณภาพทางกายภาพของเส้นมีสีคล้ำ ในขณะที่ข้าวที่มีโปรตีนต่ำจะให้คุณภาพทางกายภาพของเส้นมีสีขาว

นวล และการขัดข้าวมีผลต่อสีของก๋วยเตี๋ยวอย่างมาก ข้าวที่ผ่านการขัดจนขาวทำให้โปรตีนถูกกำจัดออกไปมาก เส้นก๋วยเตี๋ยวจึงมีสีขาวมากขึ้น [14]

ในความชอบด้านความนุ่ม เมื่อสตาร์ชเพิ่มขึ้นจะทำให้คะแนนการยอมรับเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากไขมันในสตาร์ชมีปริมาณที่น้อยลง ทำให้การเกิดรีโทรเกรเดชันเกิดได้ช้า เนื่องจากไขมันในสตาร์ชช่วยเพิ่มแนวโน้มการเกิดรีโทรเกรเดชัน [15] ยกเว้น สูตรที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับร้อยละ 100 ที่มีคะแนนการยอมรับต่ำที่สุด อาจเป็นผลมาจากการเติมสตาร์ชในปริมาณสูงทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง จึงส่งผลทำให้เกิดการเจลาติไนเซชันได้เร็วขึ้น ส่งผลให้เส้นมีความนุ่มมากเกินไป [16] นอกจากนี้โปรตีนยังมีความสัมพันธ์กับความแข็งของผลิตภัณฑ์เส้น เนื่องจากโปรตีนเป็นตัวขัดขวางการดูดซึมผ่านของน้ำเข้าไปในเม็ดแป้ง ถ้าปริมาณโปรตีนสูงจะทำให้การดูดซึมน้ำของเม็ดแป้งลดน้อยลง อาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนสูงมีลักษณะแข็งมากกว่าโปรตีนต่ำ [17] ดังนั้นการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง จึงส่งผลให้คะแนนความชอบด้านความนุ่มเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาความชอบด้านความเหนียว พบว่าการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชทำให้คะแนนการยอมรับเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณสตาร์ชที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากปริมาณโปรตีนลดลง ทำให้เม็ดแป้งดูดน้ำและพองตัวได้มากขึ้น ทำให้มีความเหนียวเพิ่มขึ้น เมื่อเม็ดแป้งได้รับความร้อนจะดูดน้ำและแตกตัวได้ดี ซึ่งความเหนียวที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากอะไมโลส ทำให้แป้งคืนตัวหรือเกิดรีโทรเกรเดชันได้มาก [14] แต่เมื่อเพิ่มสตาร์ชเป็นร้อยละ 100 ทำให้คะแนนความชอบด้านความเหนียวลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์เส้นมีความติดกันและเละเกินไป ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

สำหรับความชอบด้านรสชาติ จากการศึกษาของ ศิริกัญญา กุลสุวรรณ [18] กล่าวว่าโปรตีนส่งผลต่อคุณภาพของข้าวในด้านคุณภาพการบริโภคพบว่า ข้าวที่มีโปรตีนต่ำจะให้รสชาติดีกว่าข้าวที่มีโปรตีนสูง นอกจากนี้ จิตรา สิงห์ทอง [19] กล่าวว่า สมบัติทั่วไปของแป้ง ได้แก่ เป็นแหล่งสะสมพลังงานของพืช ไม่มีรสหวาน และอาจเกิดจากผลของการผลิตสตาร์ชข้าวในระดับอุตสาหกรรมในปัจจุบันที่นิยมใช้สารละลายด่างเพื่อแยกโปรตีนออกจากแป้ง สารละลายดังกล่าวและเถ้าที่เหลืออาจส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติ [18] จึงทำให้คะแนนทางด้านรสชาติลดลงตามการเพิ่มปริมาณสตาร์ช

ในด้านความชอบโดยรวม พบว่าการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชทำให้คะแนนการยอมรับเพิ่มขึ้น เนื่องจากคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว ต้องมีความเหนียวและนุ่ม [14] เมื่อร้อยละของการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชมากขึ้น ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านความเหนียวและความนุ่มเพิ่มขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นใหญ่สูตรที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับร้อยละ 75 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มเป็นร้อยละ 100 คะแนนความชอบโดยรวมลดลงเนื่องจากคุณลักษณะด้านอื่นของผลิตภัณฑ์เส้น ได้แก่ ความเหนียว และรสชาติ ซึ่งเมื่อใช้สตาร์ชร้อยละ 100 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวมากเกินไปและรสชาติไม่ดี

3.3.1.2 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บญวน

จากการศึกษาการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชของเส้นกวยจั๊บญวน โดยการแปรปริมาณสตาร์ชที่ทดแทนฟลาวร์ในผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บญวนที่ 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ดังแสดงในตารางที่ 6 สัดส่วนของสตาร์ชที่เพิ่มขึ้นนั้นมีผลโดยตรงต่อคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ ทำให้

เส้นมีเมือกและยึดเกาะกันมากขึ้นอันเป็นผลมาจากปริมาณโปรตีนที่ลดลง นอกจากนี้ ยังพบว่าเส้นโปร่งแสงมากขึ้น เนื่องจากสตาร์ชแปรผันตรงกับปริมาณอะไมโลเพกติน ซึ่งให้ลักษณะโปร่งแสงกับเจล สตาร์ชนอกจากนี้ แป้งข้าวเจ้ามีความสามารถในการดูดน้ำได้ดี [13] ผลการศึกษาทางด้านสี พบว่าการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชทำให้คะแนนการยอมรับเพิ่มมากขึ้น อาจเป็นเพราะเส้นที่มีปริมาณสตาร์ชมากมีความขาวใสกว่าสูตรที่มีสตาร์ชน้อย เนื่องจากเมื่อมีการให้ความร้อนและเกิดการเจลาติไนเซชัน สตาร์ชจะละลายและกระจายตัวในน้ำได้ดี กลายเป็นสตาร์ชสุก จะเกิดความใสจากการส่องผ่านของแสงได้มากขึ้น [13] ส่วนสูตรที่มีปริมาณฟลาวร์มากกว่า ผลิตภัณฑ์จะมีสีขาวขุ่น เนื่องจากฟลาวร์มีสัดส่วนของอะไมโลสที่มากกว่าอะไมโลเพกติน [14] ผลการศึกษาทางด้านความนุ่ม พบว่าการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชทำให้ด้านความนุ่ม พบว่าคะแนนการยอมรับเพิ่มมากขึ้น ตามการเพิ่มขึ้นของสตาร์ชที่แปรผกผันกับปริมาณไขมันในแป้ง เมื่อไขมันในแป้งลดลง ส่งผลทำให้การเกิดรีโทรเกรเดชันลดลง [15] ในการศึกษาด้านความเหนียว ความเหนียวเกิดจากปริมาณโปรตีนที่ลดน้อยลงซึ่งแปรผันตรงกับปริมาณของสตาร์ช โดยโปรตีนที่ลดลงมีผลในการเพิ่มการพองตัวของเม็ดสตาร์ชในระหว่างการเกิดเจลาติไนเซชัน การลดลงของพันธะไดซัลไฟด์ที่เกิดจากการ crosslink ของพันธะ sulfhydryl ทำให้การพองตัวและความหนืดของสตาร์ชเพิ่มขึ้น [16] พบว่าเส้นมีความเป็นเมือกและยึดเกาะกันมากขึ้น ในการศึกษาด้านรสชาติ เนื่องจากการศึกษาในปัจจุบันยังไม่พบการรายงานเกี่ยวกับผลของสตาร์ชต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติ แต่จากการศึกษาของ ศิริกัญญา กุลสุวรรณ [18] กล่าวว่าโปรตีนส่งผลต่อคุณภาพของข้าวในด้านคุณภาพการบริโภคพบว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำจะให้รสชาติดีกว่าข้าวที่มีโปรตีนสูง ในด้านความชอบโดยรวม พบว่าการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชทำให้คะแนนการยอมรับเพิ่มขึ้น เนื่องจากคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวต้องมีความเหนียวและนุ่ม [14] เมื่อร้อยละของการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชมากขึ้น ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านความเหนียวและความนุ่มเพิ่มขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นใหญ่สูตรที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับร้อยละ 75 และ 100 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด

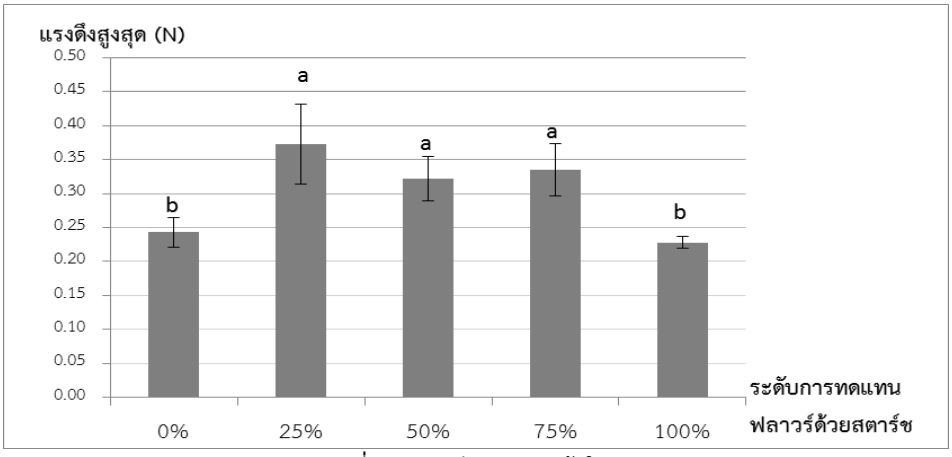
ตารางที่ 6. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บญวน

ระดับการทดแทน (ร้อยละ)	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของกวยจั๊บญวน					
	ลักษณะปรากฏ	สี	ความนุ่ม	ความเหนียว	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0	$4.5^{b} \pm 1.3$	$4.7^{b} \pm 1.2$	$4.5^{b} \pm 1.2$	$4.1^{b} \pm 1.2$	$4.2^{b} \pm 1.3$	$4.3^{b} \pm 1.2$
25	$4.6^{b} \pm 1.0$	$4.8^{b} \pm 1.1$	$4.3^{b} \pm 1.2$	$4.2^{b} \pm 1.3$	$4.2^{b} \pm 1.0$	$4.2^{b} \pm 1.1$
50	$4.7^{b} \pm 1.0$	$4.9^{b} \pm 1.1$	$4.9^{a} \pm 1.0$	$4.9^{a} \pm 1.0$	$4.9^{a} \pm 0.9$	$4.9^{a} \pm 1.0$
75	$5.2^{a} \pm 1.1$	$5.3^{a} \pm 1.0$	$4.8^{a} \pm 1.1$	$5.0^{a} \pm 1.2$	$4.9^{a} \pm 1.1$	$5.1^{a} \pm 1.2$
100	$5.2^{a} \pm 1.2$	$5.4^{a} \pm 1.2$	$5.0^{a} \pm 1.3$	$5.2^{a} \pm 1.3$	$5.0^{a} \pm 1.1$	$5.1^{a} \pm 1.4$

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a-b}$ ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

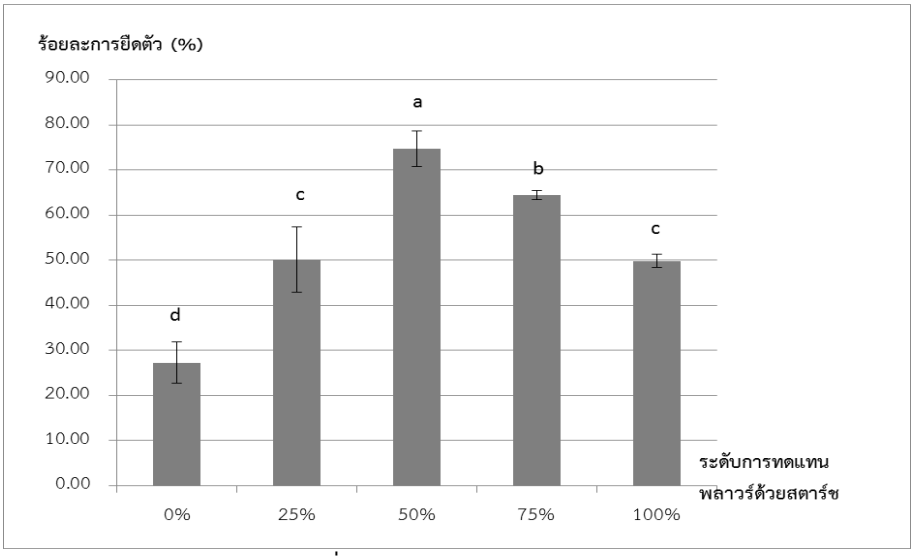
3.3.2 คุณภาพทางกายภาพ

จากการนำเส้นใหญ่และกวยจั๊บญวณสูตรมาตรฐานมาเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของแป้ง พบลักษณะทางกายภาพของเส้นใหญ่ที่แตกต่างกัน เมื่อนำผลิตภัณฑ์เส้นใหญ่มาทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของเส้นใหญ่พบว่า การเพิ่มร้อยละของสตาร์ชมากขึ้นทำให้ค่าแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ค่าแรงดึงลดลงเมื่อทดแทนสตาร์ชที่ร้อยละ 100 ในขณะที่สูตรที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับ ร้อยละ 25, 50 และ 75 มีค่าแรงดึงมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมาคือสูตรที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ร้อยละ 0 และ 100 ดังรูปที่ 1 เนื่องจากการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับสูงที่สุด ทำให้ไม่มีองค์ประกอบของโปรตีน ซึ่งช่วยการยึดเกาะกันของโครงสร้างในเจลแป้ง จึงทำให้โครงสร้างร่างแหของแป้งขาดได้ง่าย



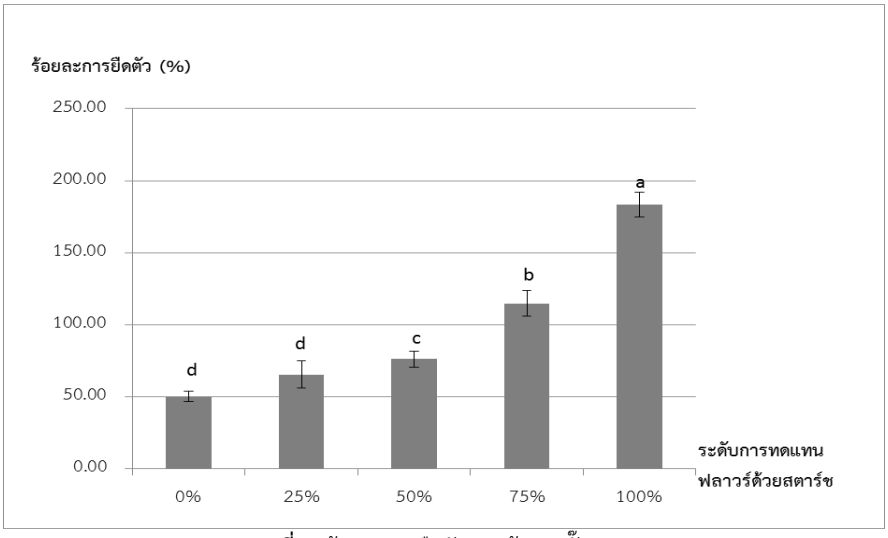
รูปที่ 1. ค่าแรงดึงสูงสุดของเส้นใหญ่

การเพิ่มร้อยละของสตาร์ชมากขึ้นทำให้ค่าร้อยละการยืดหยุ่นของเส้นใหญ่มีแนวโน้มมากขึ้น สูตรที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับร้อยละ 50 มีค่าร้อยละการยืดตัวของเส้นใหญ่สูงที่สุด รองลงมาคือสูตรที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับร้อยละ 75, 25, 100 และ 0 ตามลำดับ ดังรูปที่ 2 โดยสูตรที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับร้อยละ 25 และ 100 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) การเพิ่มสตาร์ชจากร้อยละ 0-50 ทำให้การยืดตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากการลดปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ทำให้แป้งเกิดเจลาติไนเซชันได้มากขึ้นจึงสร้างโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรง ในขณะที่เมื่อเพิ่มปริมาณสตาร์ชเป็นร้อยละ 75-100 ร้อยละการยืดตัวลดลง เนื่องจากเมื่อปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์น้อยเกินไปหรือไม่มีโปรตีนในผลิตภัณฑ์จะทำให้โครงสร้างร่างแหยึดจับตัวกันไม่แน่น ทำให้ขาดจากกันได้ง่าย



รูปที่ 2. ร้อยละการยืดตัวของเส้นใหญ่

เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของเส้นกวยจั๊บญวนพบว่า การเพิ่มร้อยละของสตาร์ชมากขึ้นส่งผลให้ค่าแรงดึงสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่การเพิ่มร้อยละของสตาร์ชมากขึ้นส่งผลให้ค่าร้อยละการยืดตัวสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) สูตรที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับร้อยละ 100 มีค่าร้อยละการยืดตัวสูงที่สุด รองลงมาคือสูตรที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับร้อยละ 75, 50 และ 25 ตามลำดับ สูตรที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับร้อยละ 0 มีค่าร้อยละการยืดตัวต่ำที่สุด ดังรูปที่ 3



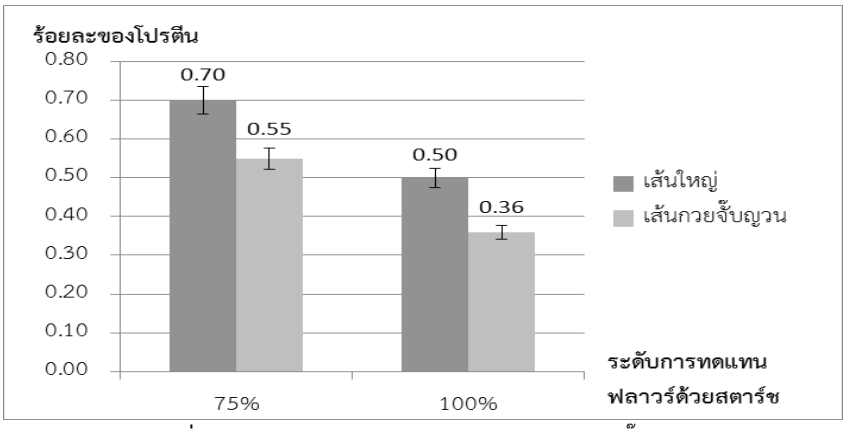
รูปที่ 3. ร้อยละการยืดตัวของเส้นกวยจั๊บญวน

เมื่อเพิ่มสตาร์ชในสัดส่วนที่มากขึ้น พบว่าความขุ่นของเส้นใหญ่ลดลง เป็นผลมาจากความสามารถในการพองตัวของเม็ดสตาร์ชมากขึ้น ปริมาณโปรตีนลดน้อยลงทำให้ความใสเพิ่มขึ้น [20] และเกิดจาก Inert Complex ที่ลดลงตามปริมาณของไขมันทำให้เกิดลักษณะทึบแสงหรือขุ่นน้อยลง [13] เมื่อนำผลิตภัณฑ์เส้นไปทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่า ค่าแรงดึงสูงสุดมีแนวโน้มลดลง อาจเกิดจากเมื่อทำให้สตาร์ชสุกแล้วทิ้งไว้ให้เย็นจะอยู่ตัวเป็นก้อน ร่วน ไม่เหนียว เนื่องจากสตาร์ชจากข้าวเจ้าประกอบด้วยอะไมโลส (Amylose) ประมาณร้อยละ 9-33 [13] เมื่อทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับมากกว่าร้อยละ 50 พบว่าร้อยละการยืดตัวของเส้นใหญ่มีค่าลดลงอาจเป็นผลมาจากปริมาณไขมันที่ลดลงซึ่งไปลดอุณหภูมิการเกิดเจลและความเหนียวหนืดของสตาร์ช [15] นอกจากนี้ปริมาณโปรตีนที่ลดลงยังส่งผลให้ค่าความแข็งลดลง จึงสามารถระบุได้ว่าเมื่อทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชจะทำให้เส้นมีความนุ่มมากขึ้น

เมื่อสตาร์ชเพิ่มขึ้น ค่าแรงดึงของเส้นกวยจั๊บญวนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณไขมันลดลงการรวมตัวของอะไมโลสกับไขมัน (Amylose-Lipid Complex) จึงลดลง ทำให้มีสัดส่วนของอะไมโลสอิสระที่มากขึ้นทำให้แป้งสุกที่ได้มีความแข็งขึ้น แต่มีความเหนียวเมื่อแป้งเย็นตัว นอกจากนี้ระดับโปรตีนในสตาร์ชที่ลดลงมีผลทำให้เจลแตกตัวได้ดีขึ้นและเร่งอัตราการเกิดรีโทรเกรเดชันเพิ่มขึ้น [20] การยืดตัวของเส้นกวยจั๊บญวนมีค่าร้อยละเพิ่มขึ้นเนื่องจากสตาร์ชของข้าวให้คุณสมบัติที่เหนียวขาดได้ยาก นั่นคือเส้นกวยจั๊บญวนมีเส้นเหนียวมากขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนของสตาร์ชซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mishra [21] ที่กล่าวว่า Amylose-Lipid Complex จะรบกวนกระบวนการตกผลึกของอะไมโลเพกตินซึ่งจะไปลดการเกิดรีโทรเกรเดชัน ไขมันยังทำปฏิกิริยากับส่วนของอะไมโลเพกตินในระดับเล็กน้อย ทำให้เกิดการสร้าง Amylopectin Lipid Complex ที่ชะลอกระบวนการรีโทรเกรเดชัน ซึ่งงานวิจัยนี้ Amylose-Lipid Complex ลดลง ส่งผลให้รีโทรเกรเดชันเกิดเร็วขึ้นและยังทำให้เส้นมีความนุ่มลดลง

3.3.3 คุณภาพทางเคมี

ผลิตภัณฑ์เส้นใหญ่และเส้นกวยจั๊บญวนที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ร้อยละ 75 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.70 และ 0.55 ตามลำดับ เส้นใหญ่และเส้นกวยจั๊บญวนที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ร้อยละ 100 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.50 และ 0.36 ตามลำดับ จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีปริมาณโปรตีนที่ต่ำกว่าร้อยละ 1 ซึ่งมีความสอดคล้องกับคำนิยามของเส้นปลอดโปรตีนที่กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์เส้นที่มีกระบวนการกำจัดโปรตีนออกจากแป้งสตาร์ช มีโปรตีนไม่เกิน 1 กรัมต่อเส้น 100 กรัมแสดงดังรูปที่ 4 ดังนั้นจึงสามารถทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ร้อยละ 75 - 100 ได้



รูปที่ 4. ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์เส้นใหญ่และเส้นกวยจี๊บญวน

ผลิตภัณฑ์เส้นที่มีการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชมีความปลอดโปรตีนมากยิ่งขึ้น โดยมีโปรตีนต่ำกว่าร้อยละ 1 หรือมีโปรตีนไม่เกิน 1 กรัมต่อเส้น 100 กรัม สอดคล้องกับชื่นกมล [3] ที่กล่าวว่า แป้งปลอดโปรตีน คือ แป้งที่มีกระบวนการแปรรูปทำให้มีโปรตีนอยู่ในแป้งน้อยจนนับว่าไม่มี หรือเป็นหมู่อาหารที่จัดแยกออกมาสำหรับอาหารโรคไตอาหารหมู่นี้จะมีแต่คาร์โบไฮเดรตล้วน ๆ ไม่มีโปรตีน

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสูตรมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เส้นปลอดโปรตีนทั้ง 2 ชนิด พบว่า เส้นใหญ่มีสูตรมาตรฐาน คือ แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 22 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 7 และน้ำเปล่าร้อยละ 71 ส่วนเส้นกวยจี๊บมีสูตรมาตรฐาน คือ แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 29 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 29 และน้ำเปล่าร้อยละ 42 จากการศึกษาการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชในผลิตภัณฑ์เส้นใหญ่และเส้นกวยจี๊บญวนพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ระดับร้อยละ 75 และ 100 มีระดับของปริมาณโปรตีนน้อยกว่าร้อยละ 1 ซึ่งสามารถจัดผลิตภัณฑ์เส้นที่พัฒนานี้อยู่ในกลุ่มข้าวแป้งปลอดโปรตีน การเพิ่มปริมาณสตาร์ชที่มากขึ้นพบว่าที่ระดับการทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชที่ร้อยละ 75 ทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นใหญ่มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด และการเพิ่มร้อยละของสตาร์ชที่มากขึ้นพบว่าที่ระดับร้อยละ 75 และ 100 ทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นกวยจี๊บญวนมีคะแนนการยอมรับมากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถทดแทนฟลาวร์ด้วยสตาร์ชในผลิตภัณฑ์เส้นปลอดโปรตีนได้ในช่วงร้อยละ 75-100 เมื่อเพิ่มปริมาณสตาร์ชในผลิตภัณฑ์ ทำให้ค่าแรงดึงสูงสุดของเส้นใหญ่มีแนวโน้มลดลง แต่ร้อยละการยืดตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าแรงดึงสูงสุดและค่าร้อยละการยืดตัวของเส้นกวยจี๊บญวนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการทดแทนสตาร์ชมากขึ้น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เส้นปลอดโปรตีนทั้งสองชนิดสามารถใช้สำหรับผู้ที่ต้องจำกัดปริมาณโปรตีนได้รวมถึงผู้ป่วยโรคไต จึงเป็นแนวทางในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบอื่น ๆ ได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง (References)

[1] ชนิดา ปโชติการ. 2559. อาหารบำบัดโรค. พิมพ์ครั้งที่ 1, สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, สมาคมนักกำหนดอาหารแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. [Chanida Pachotikarn. 2016. Diet therapy. 1st ed, Nutrition Institute Mahidol University, Thai dietetic association, Bangkok. (in Thai)]

[2] Jirubapa, M. 2014. The slowly progressive chronic kidney disease from adult to elder persons. *The Journal of Boromarajonani College of Nursing*, 20 (2), 5-16.

[3] ชื่นกมล ชมชื่น. 2556. ผลของการส่งเสริมการสนับสนุนทางสังคมจากคู่สมรสต่อพฤติกรรมการบริโภคโปรตีนระดับยูเรีย ไนโตรเจน และระดับครีเอตินินในร่างกายของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง. พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่, มหาวิทยาลัยบูรพา [Chuenkamol Chomchuen. 2013. Effects of spouse support on protein consumption behavior, blood urea nitrogen and creatinine of patients with chronic kidney disease. M.N.S. Master of Nursing Science Program in Adult Nursing. Burapha University. (in Thai)]

[4] อุปถัมภ์ ศุภสินธุ์. 2550. บทบาทของอาหารและโภชนาการในการชะลอการเสื่อมของโรคไตเรื้อรัง. *Srinagarind Medical Journal*. 22 (5), 90-98. [Ouppatham Supasyndh. 2007. Food, nutrition and chronic kidney disease. *Srinagarind Medical Journal*. 22 (5), 90-98. (in Thai)]

[5] Martin, W.F., Armstrong, L.E. and Rodriguez, N.R. 2005. Dietary protein intake and renal function. *Nutrition and Metabolism*, 20(2), 25.

[6] Kamper, A.L. and Strandgaard, S. 2017. Long-term effects of high-protein diets on renal function. *Annual Review of Nutrition*, 21(37), 347-369.

[7] สายสนม ประดิษฐดวง, มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด และพนอจิต ธัญญมงคลพงษ์. 2534. การแยกส่วนอะมิโลสจากสตาร์ชข้าวเจ้าและสตาร์ชมันเทศ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ครั้งที่ 29, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 427-439. [Saisanom Praditdoung, Montatip Yunchalad and Panorjit Tanyamongkolpong. 1991. Amylose fractionation from rice starch and sweet potato starch. Proceedings of the 29th Kasetsart University Annual Conference Bangkok. 427-439. (in Thai)]

[8] ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2552. การพัฒนาเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและการลวกสุกไว. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 5(1), 18-25. [Tunyaporn Sirilert. 2009. Development of rice noodle: texture and quick blanching time., 5(1), 18-25. (in Thai)]

[9] สุกัลยา พลเดช. 2556. แป้งและสตาร์ชต่างกันอย่างไร. แหล่งข้อมูล : http://www.dss.go.th/images/st-article/clpt-11-2556-flour.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 27 มกราคม 2563.

[10] ปริศนา สุวรรณาภรณ์. 2561. การดัดแปรสตาร์ชทางกายภาพและการประยุกต์ใช้ในอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1, พรทรัพย์การพิมพ์, กรุงเทพฯ. [Prisana Suwannaporn. 2018. Modified starch physical and application in food. 1st ed, Pornsup printing, Bangkok. (in Thai)]

[11] จิตติมา บุตรพันธ์. 2557. การจัดการโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการในห่วงโซ่อุปทานการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นสดในจังหวัดนครปฐม. ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยศิลปากร. [Chittima Butphan. 2014. The logistics management in supply chain of fresh noodles entrepreneurs in Nakhon Pathom. Master of Business Administration Program, Silpakorn University. (in Thai)]

[12] Mahidol University Institute of Nutrition. 2019. INMUCAL-Nutrients V.4.0. Available at: http://repository.li.mahidol.ac.th/dspace/handle/123456789/53123. Retrieved June 15, 2020.

[13] จาริณี พยัคฆชาติ. 2560. ผลของใยอาหารต่อสมบัติของสตาร์ชข้าวเจ้าและมันสำปะหลังและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น. ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร. [Jarinee Payakkachat. 2017. Effect of dietary fibers on properties of rice and tapioca starches and their application in a Thai steamed dessert (Kanom Chan). M.Sc. Master of Science (Food Technology), Silpakorn University. (in Thai)]

[14] ถาวร จันทโชติ. 2556. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องงอกจากข้าวสังข์หยดเสริมไข่ขาว. รายงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ. [Thavorn Juntachote. 2013. Development of Sang Yod germinated brown rice noodles substituted with egg white. SongKla. Research Report, Institute of Research and Development Thaksin University. (in Thai)]

[15] Liang, X. 1994. Effects of lipids, amino acids, and beta-cyclodextrin on gelatinization, pasting and retrogradation properties of rice starch. Ph.D. Thesis, Food Science, Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College.

[16] Xijun, L., Junjie, G., Danli, W., Lin, L. and Jiaran, Z. 2014. Effects of protein in wheat flour on retrogradation of wheat starch. *Journal of Food Science*, 8, 1505-1511.

[17] ศศิธร วรรณมหินทร์. 2555. ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดในระหว่างการเก็บรักษา. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยแม่-โจ้. [Sasithorn Wannamahin. 2012. Effect of ultraviolet radiation on fresh noodle quality during storage. Master of Science in Food Technology. Maejo University. (in Thai)]

[18] ศิริกัญญา กุลสุวรรณ. 2549. การแยกสตาร์ชและโปรตีนจากข้าวแป้งโดยใช้เอนไซม์นิวทรัลโปติเอสและการศึกษาสมบัติของสตาร์ชและโปรตีนที่แยกได้. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. [Sirikanya Koolsuwan. 2006. Isolation of starch and proteins from rice flour using neutral proteases and determination of properties of isolated starch and proteins. Master of Science Program in Food Technology. Chulalongkorn University. (in Thai)]

[19] จิตรา สิงห์ทอง. 2555. ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล. อุบลราชธานี: งานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. [Jittra Singthong. 2012. Effect of hydrocolloids on quality improvement of Ubon Noodles. Research Report. Ubon Ratchathani University. (in Thai)]

[20] ประภัสสร เชิดชูธรรม. 2548. ผลของโปรตีนและไขมันต่อการเกิดเจลาติไนเซชันและรีโทรเกรเดชันของเพสต์สตาร์ชข้าว. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. [Prapassorn Chirdchuthum. 2005. Effects of protein and lipid on gelatinization and retrogradation of rice starch paste. Master of Science in Food Technology. Chulalongkorn University. (in Thai)]

[21] Mishra, H.N. 2561. Lecture - 05 gelatinization & retrogradation of starch. Available at: https://nptel.ac.in/content/storage2/nptel_data3/html/mhrd/ict/text/. Retrieved April 8, 2020.