

ผลของการใช้แป้งมันเทศสีส้มและแป้งข้าวฟ่างต่อลักษณะคุณภาพของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน  
Effect of Orange-fleshed Sweet Potato and Sorghum Flour on Quality Characteristics of  
Gluten-free Pasta

ญาตา ทับทิม<sup>1</sup> ภัทรภรณ์ อุตมะโน<sup>1</sup> นาถสุตา ขจรพงษ์ศรี<sup>1</sup> และ ดวงใจ มาลัย<sup>1</sup>  
Tubtim, Y.<sup>1</sup>, Utmano, P.<sup>1</sup>, Karjohnpongsri, N.<sup>1</sup> and Malai, D.<sup>1</sup>

### Abstract

Pasta is one popular main dishes commonly consumed. However, it produces negative effects on health for people with coeliac disease. Therefore, they must consume gluten-free pasta. This research aimed to study the suitable ratio of orange-fleshed sweet potato flour (PF) to sorghum flour (SF) of gluten-free pasta formula. The ratio of PF to SF was divided into 3 levels: 90:10, 80:20 and 70:30. The findings revealed that the 3 formulas of pasta indicated no difference in chemical composition ( $p < 0.05$ ). The color values ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) increased as PF content increased. Cooking quality (% cooking yield and % cooking loss), texture (tensile strength, and % total elongation at maximum force) and sensory quality (toughness, smoothness, and liking scores of all attributes) of the 3 formulas did not differ. All pasta formulas had less toughness and smoothness scores than the commercial pasta made from wheat flour.

**Keywords:** orange-fleshed sweet potato, sorghum flour, pasta, gluten

### บทคัดย่อ

เส้นพาสต้าเป็นอาหารในอาหารมื้อหลักที่นิยมบริโภคทั่วไป แต่จะมีผลเสียต่อสุขภาพของผู้ที่แพ้กลูเตน ดังนั้นเส้นพาสต้าที่คนกลุ่มนี้จะบริโภคได้จึงต้องปราศจากกลูเตน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนของแป้งมันเทศสีส้มและแป้งข้าวฟ่างที่เหมาะสมในการผลิตเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน โดยแปรสัดส่วนของแป้งมันเทศต่อแป้งข้าวฟ่างเป็น 3 ระดับ คือ 90:10, 80:20 และ 70:30 ผลการศึกษาพบว่าเส้นพาสต้าทั้ง 3 สูตร มีองค์ประกอบหลักของอาหารไม่แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) แต่มีค่าสี  $L^*$   $a^*$   $b^*$  เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งมันเทศเพิ่มขึ้น คุณภาพการหุงต้ม (ร้อยละของน้ำหนักหลังต้ม และร้อยละของปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างต้ม) เนื้อสัมผัส (ค่าความต้านแรงดึง และร้อยละของความยืดตัว) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ความเหนียว ความเรียบเนียน และความชอบในด้านต่างๆ) ของทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกัน เส้นพาสต้าทุกสูตรมีคะแนนความเหนียวและความเรียบเนียนน้อยกว่าเส้นพาสต้าทางการค้าที่ผลิตจากแป้งสาลี

**คำสำคัญ:** แป้งมันเทศสีส้ม แป้งข้าวฟ่าง เส้นพาสต้า กลูเตน

### คำนำ

เส้นพาสต้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารในกลุ่มอาหารหลักที่นิยมมากในแถบยุโรปและอเมริกา รวมทั้งประเทศไทยด้วย เส้นพาสต้ามีส่วนประกอบหลักคือแป้งซาลโมลินา (Semolina) และน้ำ แป้งซาลโมลินามีปริมาณโปรตีนและกลูเตนสูง ซึ่งทำให้เกิดโดที่มีความเหนียวแต่ไม่ยืดง่าย สามารถอัดขึ้นรูปได้ดี แต่สำหรับผู้ที่เป็นโรคแพ้กลูเตน (Coeliac disease) จะไม่สามารถกินอาหารที่มีกลูเตนได้ โดยประชากรกลุ่มนี้มีถึงร้อยละ 1 ของประชากรโลก (วัชรภรณ์, 2562) มันเทศ (Sweet potato) หรือ *Ipomoea batatas* L. เป็นพืชหัวที่ปลูกได้ทุกภาคของไทย มีคุณค่าทางโภชนาการ ราคาถูก และไม่มียาฆ่าแมลง โดยมันเทศสีส้มมีเบต้า-แคโรทีน (โพรวิตามินเอ) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับมันเทศสีอื่น จึงนำมาใช้ในการป้องกันการขาดวิตามินเอ ช่วยต้านอนุมูลอิสระ เบาหวาน รวมถึงความดันโลหิตสูง (Menon และคณะ, 2016) จากการศึกษาของ Kolaric และคณะ (2019) พบว่าน้ำมันเทศสีส้มมาทดแทนแป้งสาลีจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของพาสต้า จึงมีแนวคิดที่จะใช้ข้าวฟ่าง (Sorghum) ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญคือกลุ่มโปรตีนโพรลามี (Prolamin) ที่สามารถรวมตัวกันเกิดพันธะไดซัลไฟด์ โดยมีโปรตีนคาฟิริน (Kafirin) ที่ช่วยให้โดมีสมบัติด้าน Extensional viscosity คล้ายกับโปรตีนกลูเตน (พิลียพร และคณะ, 2554) จึงเป็นทางเลือกสำหรับผู้แพ้กลูเตน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

<sup>1</sup> ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถ.ราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กทม. 10400

Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University 420/1 Ratchawithi Rd., Thung Phaya Thai Subdistrict, Ratchathewi District, Bangkok 10400

ศึกษาสัดส่วนของแป้งมันเทศสีส้ม (PF) และแป้งข้าวฟ่าง (SF) ที่เหมาะสมในด้านคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน

### อุปกรณ์และวิธีการ

มันเทศสีส้มซื้อจากตลาดสี่มุมเมือง จ.ปทุมธานี นำมาเตรียมเป็นแป้ง PF ใช้วิธีดัดแปลงจาก Thuy และคณะ (2020) โดยนำมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด ปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นบาง (หนา 2 มม.) นำไปลวกในน้ำเดือด 2 นาที แช่น้ำเย็นทันที แล้วสะเด็ดน้ำ เรียงบนตะแกรง นำไปอบแห้งด้วย hot air dryer ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 8 ชม. หรือจนความชื้นไม่เกิน ร้อยละ 12 นำมาไม่แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 เมช แล้วใส่กล่องพลาสติกชนิด PP ปิดฝาเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อนำไปศึกษาต่อไป สำหรับแป้งข้าวฟ่าง (SF) ใช้ตรา Bob's Red Mill

1. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้ง วัดขนาดอนุภาคของ PF ด้วยเครื่องเขย่าตะแกรงร่อน รุ่น Octagon Digital 2000 ความแรงในการเขย่าที่ระดับ 7 เป็นเวลา 10 นาที การวัดค่าสี ใช้ระบบ CIE L\*, a\*, b\* ด้วยเครื่อง ColorFlex EZ spectrophotometer แต่ละตัวอย่างวัด 3 ครั้ง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารและขนาดอนุภาคของ PF การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) ได้แก่ ความชื้นด้วยวิธี hot air oven โปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl method ไขมันด้วยวิธี Soxhlet กากใยอาหาร (Crude fiber) เถ้า (Crude ash) และคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี By difference ตามวิธี AOAC (1990) รายงานผลเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

2. การศึกษาสัดส่วนของ PF และ SF ของเส้นพาสต้า แปรสัดส่วนของ PF และ SF เป็น 3 ระดับ คือ 90:10, 80:20 และ 70:30 (PS90, PS80, PS70 ตามลำดับ) วิธีและสูตรการผลิต ดัดแปลงจาก Kolaric และคณะ (2020) โดยมีส่วนผสมคือ PF, SF, ไข่ไก่ น้ำ แขนแทนกัม และเวย์โปรตีนร้อยละ 46.4 5.2 23.8 0.7 และ 6.5 ตามลำดับ (สำหรับสูตร PS90) มีขั้นตอนการผลิตเส้นพาสต้าคือ นำแป้งที่ร่อนแล้วมาผสมให้เข้ากันกับส่วนผสมอื่น นวดด้วยมือเป็นเวลา 10 นาที พักแป้งโด 30 นาที แล้วรีดด้วยเครื่องรีดเส้น จนถึงเบอร์ 4 ตัดเส้นให้มีความยาว 25 ซม. ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปอบที่ 40°C 1 ชม. 80°C 2 ชม. และ 40°C 2 ชม. จนมีความชื้นไม่เกิน ร้อยละ 8 แล้วเก็บไว้ในถุงพลาสติก ชนิด PP

3. การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของเส้นพาสต้า วัดค่าสี (ใช้วิธีเดียวกับข้อ 1) วัดคุณภาพการหุงต้มของเส้น โดยวัดค่าร้อยละของน้ำหนักหลังต้ม (Cooking yield) ปริมาณของแข็งที่สูญเสีย (Cooking loss) (นรินทร์ และวิยดา, 2560) และเวลาที่เหมาะสมในการต้ม (Optimum cooking time) (Kolaric และคณะ, 2020) การวัดเนื้อสัมผัสโดยวัดความแข็งแรง (Tensile strength) และร้อยละของความยืดตัว (%Total elongation at maximum force) ของเส้นด้วยเครื่อง Texturometer ยี่ห้อ LLOYD material testing รุ่น TA1 หัววัด Spaghetti grip วิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต (เช่นเดียวกับข้อ 1) และวิเคราะห์ค่าพลังงานด้วยเครื่อง Bomb calorimeter ยี่ห้อ IKA การประเมินทางประสาทสัมผัสใช้การทดสอบแบบ Scoring test สำหรับประเมินความเหนียว และความเรียบเนียน ด้วยสเกล 5 ระดับ (5 คือมากที่สุด และ 1 คือน้อยที่สุด) ทดสอบหาความชอบด้วย 9-Point hedonic scale สำหรับประเมินสี กลิ่นรส ความเหนียว ความเรียบเนียน และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชนิดกึ่งฝึกฝนจำนวน 29 คน (นักศึกษาและบุคลากร คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล) ผู้ทดสอบได้รับตัวอย่างที่ลวกแล้ว จัดใส่ถ้วยตัวอย่างละ 10 กรัม สำหรับการทดสอบหาความชอบ ตัวอย่างจะราดด้วยซอสคาร์โบนาร่า 2 ซ้อนโต๊ะ จัดตัวอย่างให้ผู้ทดสอบแบบสมดุล (Balance order) โดยเส้นพาสต้า (ปกติ) ทางการค้ายี่ห้อ Agnesi

การวิเคราะห์ทางสถิติ ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่  $p < 0.05$  โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS version 18 ทดลอง 3 ซ้ำ แสดงผลเป็น mean  $\pm$  SD

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ขนาดอนุภาคของ PF พบว่าส่วนใหญ่มีขนาดไม่ใหญ่กว่า 100 เมช โดยมีร้อยละ 80.21 และสัดส่วนที่มากที่สุดคือขนาดอนุภาค 100 เมช ร้อยละ 56.28 (ไม่แสดงผล) ค่าสีของ PF มีค่า L\*, a\*, b\* เท่ากับ 88.60 $\pm$ 0.12, 5.57 $\pm$ 0.02, 20.51 $\pm$ 0.04 ตามลำดับ และของ SF เท่ากับ 87.34 $\pm$ 0.12, 1.10 $\pm$ 0.02, 19.84 $\pm$ 0.20 ตามลำดับ (ไม่แสดงผล) พบว่า PF มีค่าสีทุกค่าสูงกว่า SF โดยเฉพาะค่า a\* ที่บอกความเป็นสีแดงมีความแตกต่างกันอย่างมาก ( $p < 0.05$ ) ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรตของ PF มีร้อยละ 5.28 $\pm$ 0.32, 1.24 $\pm$ 0.37, 5.60 $\pm$ 0.35, 2.94 $\pm$ 0.59, 1.66 $\pm$ 0.10, 86.22 $\pm$ 0.52 ตามลำดับ และของ SF มีร้อยละ 8.88 $\pm$ 1.76, 4.22 $\pm$ 0.36, 11.43 $\pm$ 0.79, 0.94 $\pm$ 0.07, 1.04 $\pm$ 0.20, 74.43 $\pm$ 1.73 ตามลำดับ (ไม่แสดงผล)

เส้นพาสต้าทั้ง 3 สูตรมีค่า L\*, a\*, b\* แตกต่างกัน โดย PS70 มีค่า L\* ไม่แตกต่างจากสูตรอื่น และมีค่า a\* และ b\* ต่ำ

ที่สุด (Table 1) ทั้งนี้เป็นผลจากปริมาณ PF ที่ลดลง ส่งผลต่อค่าความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองของตัวอย่างตามลำดับ โดยตรงควัดใน PF ที่ให้สีส้มคือบีต้า-แคโรทีน จึงทำให้ PS90 มีค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองสูงที่สุด ร้อยละน้ำหนักหลังการหุงต้ม ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างต้มของเส้นพาสต้าทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากปริมาณเม็ดแป้งของทุกสูตรแตกต่างกันไม่มาก เมื่อเพิ่มปริมาณข้าวฟ่างมาทดแทน โดยมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างต้มเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 6-7 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของพาสต้าปกติ คือมีค่าไม่เกินร้อยละ 8 (Dick และ Youngs, 1988) แต่เวลาที่เหมาะสมในการต้มพบว่า PS70 ใช้เวลามากที่สุดคือ 10 นาที เนื่องจาก SF มีปริมาณอะไมโลสสูงกว่า PF ปริมาณอะไมโลสที่มีมากมีผลต่อโครงสร้างของเม็ดแป้งของ SF คือเกิดเป็นร่างแหที่แข็งแรง ส่งผลต่อการพองตัวและการละลายต่ำ (จิรนาถ และสุกัญญา, 2559) จึงต้องใช้เวลาในการต้มที่นานขึ้น ผลการวัดเนื้อสัมผัสพบว่าตัวอย่างทั้ง 3 สูตรเมื่อเทียบกับตัวอย่างทางการค้าในด้านความแข็งแรงและร้อยละของความยืดตัวไม่แตกต่างกัน (Table 2) โดยค่าความแข็งแรงบอถึงความต้านทานต่อแรงดึงในทิศทางตรงกันข้าม ทั้งนี้อาจเป็นผลจากส่วนประกอบในสูตร ได้แก่ แขนแทนกัมมีสมบัติให้ความเหนียวสูง เวย์โปรตีนที่ทำให้พันธะระหว่างแป้งและโปรตีนมีความแข็งแรง (Ungureanu-luga และคณะ, 2020) ส่วนร้อยละของความยืดตัวมีค่าไม่แตกต่างจากตัวอย่างทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเกิดจากเม็ดแป้งของข้าวฟ่างถูกล้อมรอบด้วยโปรตีนคาพิรีน ซึ่งมีสมบัติในการจับน้ำ และทำให้มีสมบัติ extensional viscosity จึงส่งผลต่อการยืดตัวของพาสต้าคล้ายกลูเตน องค์ประกอบหลักทางเคมีของเส้นพาสต้าทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นค่าความชื้น ที่พบว่า PS90 มีค่าสูงที่สุด (Table 3) และ PS มีค่าพลังงานต่ำสุด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัสของเส้นพาสต้าเทียบกับตัวอย่างทางการค้าพบว่า เส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนทั้ง 3 สูตรมีค่าความเหนียวและความเรียบเนียนน้อยกว่า แต่ทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกัน ส่วนผลการทดสอบความชอบพบว่าทั้ง 3 สูตรได้รับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นรส ความเหนียว ความเรียบเนียน และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน (Table 4) โดยคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ระหว่างชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ ข้อเสนอแนะควรศึกษาเพิ่มในเรื่องการพัฒนาเนื้อสัมผัสของเส้นให้มีความเหนียวและเรียบเนียนมากขึ้น เช่น การเตรียม PF ให้มีขนาดอนุภาคที่เล็กลง

### สรุปผล

เส้นพาสต้าทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันในองค์ประกอบหลักทางเคมียกเว้น ค่าความชื้นที่ PS90 มีมากที่สุด และมีค่าพลังงานต่ำที่สุด ทุกสูตรได้รับคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสูตรที่ควรนำไปพัฒนาต่อคือ PS90 เนื่องจากมีปริมาณ PF และเบต้า-แคโรทีนสูงที่สุด

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาโภชนวิทยา บุคลากรและนักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.มหิดล ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการเป็นผู้ทดสอบชิม ตลอดจนอาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.มหิดล ที่ให้การสนับสนุน

### เอกสารอ้างอิง

- จิรนาถ บุญคง และสุกัญญา ส่งแสง, 2559, การใช้แป้งข้าวฟ่างแทนซาโมลินาบางส่วนเพื่อใช้ในการผลิตพาสต้า, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2):281-284.
- จิรนาถ ทิพย์รักษา และสุกัญษา นุดวงแก้ว, 2551, พาสต้าเสริมเส้นใยจากแป้งถั่วแดงหลวง, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 4(1):16-22.
- นรินทร์ เจริญพันธ์ และวิยดา กวานเทียน, 2560, ผลของแป้งจากเศษทิ้งของทุเรียนต่อคุณภาพของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน [วิทยานิพนธ์] มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี, 73 หน้า.
- พิลัยพร ตีมโชค และมาศอุบล ทองงาม, 2554, การใช้แป้งข้าวฟ่างทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง, ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ, หน้า 613-620.
- วัชร ภากร ณ ส น ท น า , 2562, ฟ ล า ว มั น ส ำ ปะ ห ลั ง แ บ ร น ด์ ไ ท ย ร ำ ก ลู เ ต น [ ส ี บ ค ้น ] , <https://www.nstda.or.th/th/news/12600-sci-update-20190613> [2/November/20].
- Dick, J.W. and Youngs, V.L., 1988, Evaluation of Durum Wheat, Semolina, and Pasta in The United States. In Fabriani, G. and Lintas, C. (Eds.) Durum Wheat Chemistry and Technology, St. Paul: AACC Press.
- Kolaric, L., Minarovicova, L., Laukova, M., Karovicova, J., and Kohajdova, Z., 2019, Pasta Noodles Enriched with

Sweet Potato Starch: Impact on Quality Parameters and Resistant Starch Content, *Journal of Texture Studies*, 51:464-74, p.1-11.

Menon, R., Padmaja, G., Jyothi, A.N., Asha, V., and Sajeev, M.S., 2016, Gluten-Free Starch Noodle from Sweet Potato with Reduced Starch Digestibility and Enhanced Protein Content, *Journal of Food Science and Technology*, 53(9):3532-3542.

The Association of Official Analytical Chemistry, Inc., 1990, *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemistry*, Vol.2, 15<sup>th</sup>, Ed., United States, 1220 p.

Thuy, N.M., Chi, N.T.D., Huyen, T.H.B., and Tai, N.V., 2020, Orange-Fleshed Sweet Potato Grown in Vietnam as Potential Source for Making Noodles, *Food Research*, 4(3):712-721.

Ungureanu-Iugaa, M., Dimianb, M., and Mironesa, S., 2020, Development and Quality Evaluation of Gluten-Free Pasta with Grape Peels and Whey Powders, *Journal of Food Science and Technology*, 130:1-9.

**Table 1** Color and cooking quality of pasta (mean  $\pm$  SD)

Sample	L*	a*	b*	Cooking yield (%)	Cooking loss (%)	Optimum cooking time (min.)
PS90	60.89 $\pm$ 0.75 <sup>b</sup>	18.77 $\pm$ 0.41 <sup>c</sup>	53.21 $\pm$ 0.29 <sup>c</sup>	133.46 $\pm$ 1.92 <sup>ns</sup>	6.99 $\pm$ 0.71 <sup>ns</sup>	9.0
PS80	59.70 $\pm$ 1.79 <sup>a</sup>	17.91 $\pm$ 1.06 <sup>b</sup>	50.40 $\pm$ 1.06 <sup>b</sup>	132.09 $\pm$ 3.80	6.46 $\pm$ 0.71	9.0
PS70	60.06 $\pm$ 0.16 <sup>ab</sup>	12.68 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	44.13 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>	135.55 $\pm$ 3.28	7.20 $\pm$ 0.99	10.0

Means in the same column with different superscripts are different ( $p \leq 0.05$ ).

**Table 2** Texture of pasta from texturometer and sensory test (n = 29) ns = not significant

Sample	Tensile strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	%Total elongation at maximum force	Scoring test	
			Toughness	Smoothness
Commercial	0.46 $\pm$ 0.15 <sup>ns</sup>	19.30 $\pm$ 0.39 <sup>ns</sup>	3.38 $\pm$ 0.82 <sup>b</sup>	4.28 $\pm$ 0.84 <sup>b</sup>
PS90	0.41 $\pm$ 0.10	19.55 $\pm$ 0.30	2.31 $\pm$ 0.85 <sup>a</sup>	2.97 $\pm$ 0.98 <sup>a</sup>
PS80	0.39 $\pm$ 0.19	19.60 $\pm$ 0.20	2.10 $\pm$ 0.82 <sup>a</sup>	2.48 $\pm$ 0.91 <sup>a</sup>
PS70	0.33 $\pm$ 0.91	19.69 $\pm$ 0.24	2.00 $\pm$ 0.96 <sup>a</sup>	2.32 $\pm$ 0.94 <sup>a</sup>

Means in the same column with different superscripts are different ( $p \leq 0.05$ ). ns = not significant

**Table 3** Chemical composition of pasta (%DB) and energy (kcal/ 100 g)

Sample	Moisture	Fat	Protein	Crude fiber	Ash	Carbohydrate	Energy
PS90	7.16 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	1.48 $\pm$ 0.25 <sup>ns</sup>	16.87 $\pm$ 0.21 <sup>ns</sup>	2.70 $\pm$ 0.33 <sup>ns</sup>	2.01 $\pm$ 0.15 <sup>ns</sup>	72.48 $\pm$ 0.15 <sup>ns</sup>	417.05 $\pm$ 1.88 <sup>a</sup>
PS80	6.72 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	1.42 $\pm$ 0.16	16.65 $\pm$ 0.55	1.98 $\pm$ 0.33	1.49 $\pm$ 0.92	73.72 $\pm$ 0.75	419.49 $\pm$ 0.81 <sup>ab</sup>
PS70	6.67 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>	1.67 $\pm$ 0.23	17.33 $\pm$ 1.04	1.72 $\pm$ 1.11	1.62 $\pm$ 0.77	72.71 $\pm$ 1.11	422.91 $\pm$ 0.75 <sup>b</sup>

Means in the same column with different superscripts are different ( $p \leq 0.05$ ). ns = not significant

**Table 4** Liking score of pasta (n=29)

Sample	Color	Flavor	Toughness	Smoothness	Overall
PS90	6.55 $\pm$ 1.62 <sup>ns</sup>	7.03 $\pm$ 1.30 <sup>ns</sup>	5.55 $\pm$ 1.27 <sup>ns</sup>	5.59 $\pm$ 1.55 <sup>ns</sup>	6.38 $\pm$ 1.32 <sup>ns</sup>
PS80	6.97 $\pm$ 1.27	6.59 $\pm$ 1.66	5.69 $\pm$ 1.71	5.83 $\pm$ 1.79	6.41 $\pm$ 1.43
PS70	6.66 $\pm$ 1.47	6.31 $\pm$ 1.28	5.17 $\pm$ 1.71	5.66 $\pm$ 1.80	5.90 $\pm$ 1.38

ns = not significant