การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนอบแห้งจากแป้งข้าวสังข์หยด

Product Development of Dried Gluten-Free Pasta from Sangyod Rice Flour

ขนิษฐา หมวดเอียด

Khanittha Muadiad

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา เขารูปช้าง เมืองสงขลา 90000

โทร: +66 7426 0272, E-mail: khanittha.mu@skru.ac.th

Department of Food Science and Technology Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajaphat University, Songkhla, 90000 Thailand

*Corresponding author. Tel.: +668 0521 8038, E-mail: khanittha.mu@skru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนแบบแห้งจาก แป้งข้าวสังข์หยด โดยการศึกษาปริมาณแซนแทนกัมที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน โดยเติมแซนแทนกัม 0, 1, 1.5, 2 และ 2.5 กรัม/100 กรัมของแป้งข้าวสังข์หยด พบว่าน้ำหนักหลังปรุงสุก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและการสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรุงสุกมีแนวโน้มลดลงเมื่อแซนแทนกัมที่ระดับสูงขึ้น โดย เส้นพาสต้าที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 1.5 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด เมื่อศึกษาระยะเวลาในการให้ความร้อนเบื้องต้นต่อเส้นพาสต้าที่อุณหภูมิ 80±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4 และ 6 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าน้ำหนัก หลังปรุงสุก และความสามารถในการดูดซับน้ำของเส้นพาสต้าที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าลดลง ($p<0.05$) เมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ในขณะที่เส้นพาสต้าที่อบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าน้ำหนักหลังปรุงสุก และความสามารถในการดูดซับน้ำไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) เมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้เส้นพาสต้ามีน้ำหนักหลังปรุงสุก และความสามารถในการดูดซับน้ำลดน้อยลง โดยเส้นพาสต้าที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิสูงจะมี ค่าความแข็งแรงในการตัดขาด และคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าเส้นพาสต้าที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำ

คำสำคัญ: พาสต้าปราศจากกลูเตน ไฮโดรคอลลอยด์ แซนแทนกัม อบแห้ง แป้งข้าวสังข์หยด

Received 21-08-2018
Revised 11-10-2018
Accepted 18-10-2018

ABSTRACT

The objective of this research was to develop the dried gluten-free pasta from Sangyod rice flour. The suitable amount of xanthan gum to improve gluten-free pasta qualities was investigated. Xanthan gum was added into the pasta formula at the level of 0, 1, 1.5, 2 and 2.5 g/100 g of Sangyod rice flour. The cooking weight and cooking loss tended to increase and decrease, respectively with increasing the amount of xanthan gum. The sensory evaluation revealed that the dried gluten-free pasta with 1.5 g/100 g xanthan gum showed the highest score in appearance, color, odor, flavor, texture and overall liking aspects. The qualities of dried gluten-free pasta from Sangyod rice flour with various pre-cooking times (80±5˚C for 2, 4 and 6 min) and drying temperatures (60 and 80˚C) were compared. The results indicated that cooking weight and water absorption of dried samples at 60˚C were significantly decreased with increasing the pre-cooking times ($p<0.05$). There were no significantly different among the dried samples at 80˚C although the pre-cooking times were increased ($p\geq0.05$). Nevertheless, increasing the drying temperature caused decreasing the cooking weight and water absorption. The sample treated with higher drying temperature led to increase the firmness, work of shearing and overall preference scores of samples comparing the lower temperature.
Keywords: Gluten-free pasta, Hydrocolloids, Xanthan gum, Drying, Sangyod rice flour

1. บทนำ

พาสต้า (Pasta) เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ โดยเฉพาะในปี 2011 ประเทศสหรัฐอเมริกามียอดจำหน่ายสูงถึง 2.84 พันล้านเหรียญสหรัฐอเมริกา ซึ่งอาหารประเภทนี้เป็นที่นิยมในประเทศไทยมากขึ้นเช่นกัน จากสถิติของกรมศุลกากรพบว่าในปี 2012 ประเทศไทยมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ประเภทพาสต้า มักกะโรนี หรือประเภทเส้นต่าง ๆ เป็นจำนวนเงินมากกว่า 81 ล้านบาท [1] แสดงถึงปริมาณความต้องการบริโภคที่มากขึ้นในปัจจุบัน โดยในแป้งสาลีซึ่งเป็นส่วนผสมหลักของพาสต้ามีโปรตีนกลูเตนซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ทำให้ผู้ป่วยที่แพ้กลูเตน (Celeac desease) ไม่สามารถบริโภคอาหารประเภทนี้ได้ จึงทำให้อาหารที่ปราศจากกลูเตนเป็นที่นิยม และมีแนวโน้มว่าจะเป็นที่นิยมมากขึ้นในยุโรปและประเทศสหรัฐอเมริการวมถึงประเทศอื่น ๆ ทั่วโลก ปัจจุบันจึงทำให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งชนิดต่าง ๆ ที่ปราศจากกลูเตนเป็นที่สนใจมากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่แพ้สารกลูเตน โดยมี การนำแป้งปราศจากกลูเตนที่ได้จากธัญพืชต่าง ๆ มาใช้ทดแทนแป้งสาลี ได้แก่ แป้งข้าวฟ่าง แป้งข้าวโพด แป้งข้าว แป้งมันฝรั่ง แป้งฟักทอง แป้งเมล็ดทุเรียน แป้งถั่ว เพื่อลดการเกิดภูมิแพ้ดังกล่าว [2,3,4] ทั้งนี้ยังเป็นการเพิ่มคุณค่า ทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีนและใยอาหารให้แก่ผลิตภัณฑ์พาสต้า และหนึ่งในบรรดาพันธุ์ข้าวเพื่อสุขภาพคือ ข้าวสังข์หยด ซึ่งมีถิ่นกำเนิดทางภาคใต้ของไทย ซึ่งข้าวสังข์หยดเป็นข้าวพันธุ์ไทยแท้ที่มีมานับร้อยปี ปลูกได้ผลดีในจังหวัดพัทลุง มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน วิตามิน เกลือแร่

และเส้นใยอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง คือ กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิกอยู่สูง ซึ่งปัจจุบันมีการนำข้าวสังข์หยดไปใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารเพียงเล็กน้อย เช่น คุกกี้ ขนมข้าวกล้องธัญพืช ผลิตภัณฑ์ ขนมทองม้วนสอดไส้ซีเรียลบาร์ และผลิตภัณฑ์ ขนมลาข้าวสังข์หยด เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม การทดแทนแป้งชนิดต่าง ๆ ในข้าวสาลีจะส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณภาพการปรุงสุกของเส้นพาสต้าที่ได้ จึงมีการปรับปรุงคุณภาพ ของเส้นพาสต้าปราศจากแป้งกลูเตนแบบแห้ง a โดยมีการเติมสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ที่มีสมบัติเพิ่มความคงตัว ปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น ลดการสูญเสียน้ำทำให้เส้นพาสต้านุ่มไม่แห้งแข็งกระด้าง โดยแซนแทนกัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ชนิดหนึ่งที่ให้คุณสมบัติใกล้เคียงกับคุณสมบัติวิสโคอิลาสติกของกลูเตนที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางและมากกว่าไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องด้วยคุณสมบัติเฉพาะของแซนแทนกัม [5] สามารถเข้ากันได้ดีกับองค์ประกอบอื่น ๆ ในผลิตภัณฑ์สามารถละลายน้ำได้ที่อุณหภูมิปกติ และให้ความหนืดสูงแม้ที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ ให้ลักษณะความเป็นวิสโคอิลาสติกที่ดีของสารละลาย เกิดเป็นโครงข่ายเจลแบบอ่อนตัว ซึ่งสามารถยับยั้งการจับตัวกันของไขมันและยับยั้งการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) ได้และช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างคุณภาพ และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ [6]

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาปริมาณของแซนแทนกัมรวมทั้งศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณลักษณะและคุณภาพการปรุงสุกของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนแบบแห้งจากข้าวสังข์หยด นอกจากเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนสำหรับผู้ป่วยแพ้กลูเตนแล้ว ยังเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคและเพิ่มมูลค่าแป้งข้าวได้อีกด้วย

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ทำการผลิตแป้งข้าวสังข์หยด โดยการนำข้าวสังข์หยดมาปั่นโดยเครื่องโม่แป้ง รุ่น DXM-2000 ความเร็วรอบ 28,000 รอบ/นาที แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมโครเมตร (60 เมช) นำแป้งตัวอย่างที่ได้เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ความชื้นร้อยละ 9-10 โดยน้ำหนัก) แล้วปิดผนึกแบบสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และทำการผลิตแป้งพรีเจลจากข้าวสังข์หยด โดยการนำข้าวสังข์หยดมาหุงสุก โดยใช้อัตราส่วนระหว่างข้าวสังข์หยด : น้ำ เท่ากับ 2 : 1 เป็นเวลา 28 นาที แล้วนำข้าวหุงสุกมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งข้าวมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 9-10 นำมาปั่นโดยเครื่องโม่แห้ง (ความชื้นร้อยละ 9-10) แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมโครเมตร (60 เมช) และบรรจุแป้งที่ได้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์แล้วปิดผนึกแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

2.2 ศึกษาปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพเส้นพาสต้า

ทำการเตรียมส่วนผสมเส้นพาสต้า โดยใช้ส่วนผสม ดังตารางที่ 1 ได้แก่ แป้งดิบ แป้งพรีเจลาติไนซ์ แป้งมัน น้ำมันพืช ไข่ทั้งฟอง เกลือ ไข่แดง แล้วทำการศึกษาชนิดและปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน โดยการเติมแซนแทนกัมที่ระดับร้อยละ 0, 1, 1.5, 2.0 และ 2.5 ของน้ำหนักแป้ง แล้วทำการผลิตเส้นพาสต้าโดยใช้วิธีการผลิต ดังภาพที่ 1 โดยการนวดผสมให้เข้ากันและชั่งน้ำหนักโด 50±1 กรัม ขึ้นรูปให้เป็นก้อน ห่อด้วยฟิล์มยืดพักโดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นรีดโดเป็นแผ่นบางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วยเครื่องรีด เริ่มจากเบอร์ 1 หลังจากนั้นรีดไปเรื่อย ๆ จนถึงเบอร์ 5 นำแป้งที่รีดแผ่นแล้ว

ตัดเป็นเส้นพาสต้าด้วยเครื่องทำเส้นพาสต้าแล้วทำการศึกษาคุณลักษณะของเส้นพาสต้า

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)
แป้งข้าวสังข์หยด (แป้งดิบ)	42.25
แป้งมัน	14.08
เกลือ	1.41
ไข่ทั้งฟอง	25.82
ไข่แดง	14.08
น้ำมันพืช	2.35

2.2.1 วัดค่าสี L*, a* และ b* ด้วยเครื่อง Hunter Lab

2.2.2 วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w)

2.2.3 วัดปริมาณความชื้น [7]

2.2.4 การทดสอบคุณภาพการปรุงสุก ของเส้นพาสต้า

- การหาระยะเวลาในการปรุงสุก (cooking time) [8] โดยการนำตัวอย่างปรุงสุกในน้ำเดือดเพื่อหาระยะเวลาที่ต้องใช้ในการทำให้ตัวอย่างสุก โดยทำการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจทุก ๆ 30 วินาที ด้วยการนำตัวอย่างไปบีบกดด้วยกระจก 2 แผ่นซึ่งถ้าตัวอย่างสุกอย่างสมบูรณ์แล้ว แกนแข็งที่อยู่ภายในตัวอย่างจะหายไป บันทึกเวลา (นาที)

- การหาน้ำหนักหลังปรุงสุก (cooking weight) [9] ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม แล้วหักให้มีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร นำไปปรุงสุกในน้ำเดือดจนกระทั่งสุกขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เหมาะสมจากการศึกษาก่อนหน้า นำตัวอย่างขึ้นแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นพักบนตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 นาที บันทึกน้ำหนักตัวอย่างหลังปรุงสุก (กรัม)

ร้อยละน้ำหนักหลังปรุงสุก

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังปรุงสุก} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนปรุงสุก}}$$

- การหาการสูญเสียระหว่างปรุงสุก (cooking loss) [9] ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม แล้วหักให้มีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปปรุงสุกในน้ำเดือดจนกระทั่งสุกซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เหมาะสม นำน้ำที่ใช้ในการปรุงสุกตัวอย่างไปอบ ให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ คำนวณหาร้อยละการสูญเสียระหว่างปรุงสุก

ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรุงสุก

$$= \frac{\text{น้ำหนักของแข็งที่เหลือจากน้ำที่ใช้ปรุงสุก} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนปรุงสุก}}$$

2.2.5 ทดสอบคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมินความชอบด้าน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเส้นพาสต้า และทำการทดสอบแบบ Multi-sample difference test ในด้านความเหนียว ความยืดหยุ่น ความเรียบเนียน และการกัดขาดของเส้นพาสต้าที่ได้โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน และมีการคัดเลือกสัดส่วนระหว่างแป้งดิบ และแป้งพรีเจลที่เหมาะสม โดยการพิจารณาจากคุณภาพการปรุงสุกประกอบการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

2.3 ศึกษาระยะเวลาในการให้ความร้อนเบื้องต้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนแบบแห้ง

ทำการผลิตเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ในระดับที่มีคุณลักษณะเหมาะสม

มากที่สุดประกอบกับผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งคัดเลือกได้จากข้อ (2.2) แล้วนำมาให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4 และ 6 นาที เพื่อป้องกันไม่ให้เส้นแตกหักในระหว่างการม้วน และการอบแห้งแล้วนำไปอบแห้งขั้นต้นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 13 แล้วทำการศึกษาคุณลักษณะดังนี้

2.3.1 วัดค่าสีในระบบ CIE LAB บันทึกค่า L*, a* และ b*

2.3.2 ทดสอบคุณภาพการปรุงสุกของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวสังข์หยด ได้แก่

- ระยะเวลาในการปรุงสุก (cooking time) [8]
- น้ำหนักหลังปรุงสุก (cooking weight) [9]
- ความสามารถในการดูดซับน้ำ (water absorption) [10]

$$\text{ร้อยละการสูญเสียระหว่างปรุงสุก} = \frac{\text{น้ำหนักหลังปรุงสุก} - \text{น้ำหนักก่อนปรุงสุก} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนปรุงสุก}}$$

เตรียมส่วนผสมพาสต้า

↓

นวดแป้งดิบกับแป้งพรีเจลด้วยเครื่องตีแป้งที่ระดับความเร็วต่ำสุด 1 นาที

↓

ใส่ไข่ทั้งฟอง เกลือ และไข่แดง แล้วนวดต่ออีก 3 นาที

↓

เติมแป้งมันแล้วนวดต่ออีก 1 นาที

↓

เติมน้ำมัน นวดด้วยความเร็วระดับที่สองนาน 2 นาที

↓

ขึ้นรูปให้เป็นก้อนกลม (50±1 กรัม)

↓

ห่อด้วยฟิล์มยืดและพักโด 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

↓

รีดโด โดยเริ่มรีดจากเบอร์ 1 แล้วรีดต่อไปจนถึงเบอร์ 5

↓

ตัดเส้นพาสต้าด้วยเครื่องทำเส้นพาสต้า

↓

เส้นพาสต้า

ภาพที่ 1 การผลิตเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน

2.3.3 ศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน ด้วยเครื่อง texture analyzer (TA-XT.Plus) โดยการนำเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนหลังปรุงสุกตามระยะเวลาที่ทดลองข้างต้น มาเตรียมเป็นเส้นขนาดความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร จำนวน 5 เส้น มาทำการทดสอบค่าความแข็ง (firmness; g force) และค่าแรงในการตัดขาด (work of shear; g-cm) ด้วยหัววัดแบบใบมีด (light knife blade) ชนิด A/LKB

2.3.4 ทดสอบคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสโดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมินความชอบด้าน สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน

2.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

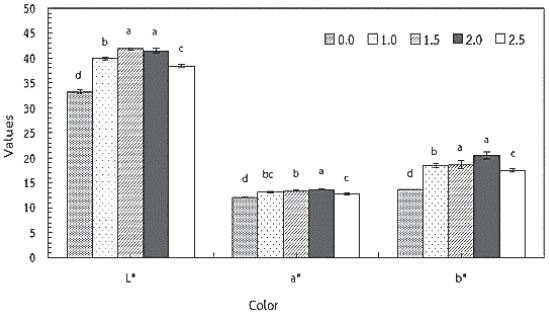
ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ในทุกชุดการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพ และทางเคมี ทำการวางแผนการทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomied Design, CRD) และการศึกษาด้านประสาทสัมผัส ใช้การวางแผนแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomied Completely Block Design, RCBD) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ

ผลการทดลอง (Analysis of variance, ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Rang test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

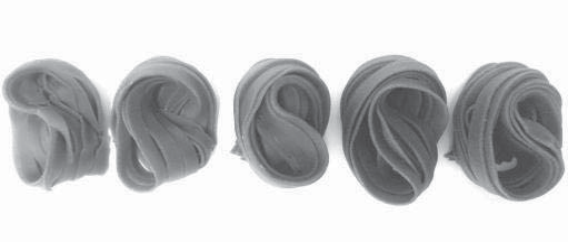
3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษาปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน

จากการศึกษาค่าสีของเส้นพาสต้าที่เติมแซนแทนกัมระดับร้อยละ 0, 1, 1.5, 2 และ 2.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวสังข์หยด (ภาพที่ 2) พบว่าค่า L*, a* และ b* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการเติมแซนแทนกัมเพิ่มขึ้น เนื่องจากแซนแทนกัมมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี ดังนั้นจึงส่งผลให้ดูดซับน้ำไว้ภายในโครงข่ายโดพาสต้าได้ทำให้มีลักษณะที่สว่างมากขึ้นอย่างไรก็ตามหากเติมแซนแทนกัมในระดับที่สูงมากถึงระดับร้อยละ 2.5 ค่าความสว่างจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อปริมาณแซนแทนกัมมากขึ้นจะส่งผลให้แซนแทนกัมแย่งจับกับน้ำภายในโครงข่ายโดทำให้เกิดการพัฒนาโครงข่ายโดพาสต้า ที่ไม่ดี [11,12] ส่งผลให้โดพาสต้ามีสีคล้ำขึ้น ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ค่าสี L*, a* และ b* ของพาสต้าปราศจากกลูเตน เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 3 เส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวสังข์หยดเติมแซนแทนกัมที่ระดับร้อยละ 0, 1, 1.5, 2 และ 2.5 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำอิสระและความชื้นของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนหลังปรุงสุก

แซนแทนกัม (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ	ความชื้น (ร้อยละ)
0.0	0.94 ± 0.00^{b}	26.20 ± 0.26^{d}
1.0	0.94 ± 0.00^{b}	29.75 ± 0.16^{c}
1.5	0.95 ± 0.00^{a}	30.02 ± 0.04^{b}
2.0	0.95 ± 0.00^{a}	30.09 ± 0.06^{b}
2.5	0.95 ± 0.00^{a}	30.45 ± 0.16^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำa±aส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการศึกษาปริมาณน้ำอิสระของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนที่ทำการปรับปรุงคุณลักษณะเส้นพาสต้าโดยการเติมแซนแทนกัมที่ระดับร้อยละ 0, 1, 1.5, 2 และ 2.5 (ตารางที่ 2) พบว่าปริมาณ น้ำอิสระและความชื้น มีแนมโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับแซนแทนกัมสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแซนแทนกัมมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี โดยหมู่ไฮดรอกซิลของไฮโดรคอลลอยด์จะจับกับน้ำภายในโครงข่ายโดพาสต้าทำให้สามารถช่วยดูดซับน้ำไว้ภายในโครงสร้างหลังจากการปรุงสุกได้ [11,12]

จากการศึกษาคุณภาพการปรุงสุกของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวสังข์หยดที่เติมแซนแทนกัมที่ระดับร้อยละ 0, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวสังข์หยด (ตารางที่ 3) พบว่าระยะเวลาในการปรุงสุก (cooking time) ของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับแซนแทนกัมเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3 คุณภาพการปรุงสุกของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวสังข์หยด

แซนแทนกัม (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการปรุงสุก (นาที)	น้ำหนักหลังปรุงสุก (ร้อยละ)	การสูญเสียระหว่างปรุงสุก (ร้อยละ)
0.0	6.50± 0.08^{c}	175.98± 4.67^{d}	3.37± 0.27^{a}
1.0	6.52± 0.10^{c}	202.84± 6.90^{c}	3.43± 0.25^{a}
1.5	6.55± 0.05^{c}	202.12± 3.064^{c}	2.58± 0.23^{b}
2.0	8.00± 0.11^{b}	221.08± 3.01^{b}	2.41± 0.25^{b}
2.5	8.50± 0.18^{a}	235.40± 3.24^{a}	2.55± 0.06^{b}

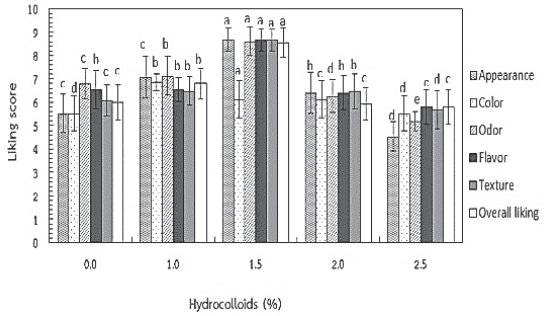
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

ทั้งนี้เนื่องจากแซนแทนกัมมีคุณสมบัติ ในการดูดซับได้ดีประกอบกับการเกิดอันตรกิริยาระหว่างแซนแทนกัมและโปรตีน ทำให้โครงข่ายโดพาสต้ามีความแข็งแรงมากขึ้น เมื่อระดับแซนแทนกัมมากขึ้น [11,12] ส่งผลให้เส้นพาสต้ามีเวลาในการปรุงสุกเพิ่มขึ้นเมื่อเติมแซนแทนกัมที่ระดับสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาน้ำหนักหลังปรุงสุก (cooking weight) และการสูญเสียระหว่างปรุงสุก (cooking loss) ของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเติมแซนแทนกัมที่ระดับสูงขึ้น เนื่องจากแซนแทนกัมมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและกักเก็บน้ำระหว่างการปรุงสุกให้สุกในน้ำเดือด โดยลักษณะผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ต้องการ คือน้ำหนักหลังปรุงสุกสูงและการสูญเสียระหว่างปรุงสุกน้อย แต่ในขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการปรุงสุกแล้วต้องไม่เปื่อยยุ่ย [13]

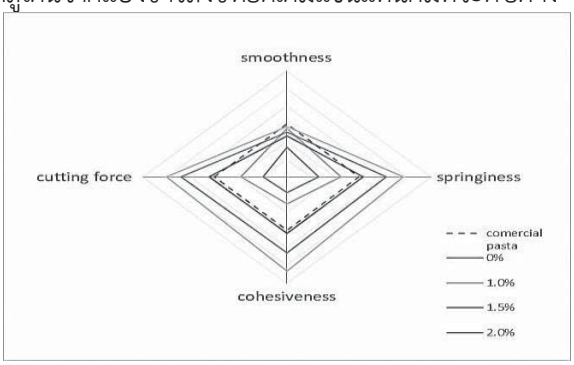
เมื่อทำการทดสอบคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวสังข์หยดที่มีการปรับปรุงคุณภาพ โดยการเติมแซนแทนกัม โดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากข้าวสังข์หยด (ภาพที่ 4) พบว่าเมื่อระดับแซนแทนกัมสูงขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นโดยมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดที่ระดับการเติมแซนแทนกัมร้อยละ 1.5 แต่จะลดลงที่ระดับการเติมแซนแทนกัมร้อยละ 2 และ 2.5 เนื่องจากเมื่อเติมแซนแทนกัมในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ลักษณะปรากฏของเส้นมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติในการดูดซับน้ำของแซนแทนกัม จึงทำให้เส้นพาสต้ามีการดูดซับน้ำมากขึ้นและมีขนาดใหญ่ขึ้น ในขณะเดียวกันแซนแทนกัมมีกลิ่นเฉพาะตัว เพราะฉะนั้นการเติมแซนแทนกัมในปริมาณที่มากจนเกินไปจะส่งผลต่อการขยายขนาดของเส้น และกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผู้บริโภคมีความพึงพอใจลดน้อยลง

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงคุณภาพแบบ Multi-sample difference test ของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวสังข์หยดที่เติมแซนแทนกัมที่ระดับต่าง ๆ (ภาพที่ 5) พบว่าความเรียบเนียน (smoothness) ความยืดหยุ่น

(springiness) และความเหนียว (cohesiveness) เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) เมื่อมีการเติมแซนแทนกัมที่ระดับสูงขึ้น ในขณะเดียวกันส่งผลให้ความสามารถในการกัดขาด (cutting force) มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากแซนแทนกัมมีคุณสมบัติในการให้ความหนืดแก่ผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อมีการเติมแซนแทนกัมในปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้เส้นพาสต้ากัดขาดได้ยาก ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อมีการเติมแซนแทนกัมที่ระดับสูงขึ้นที่ระดับร้อยละ 2 และ 2.5 ผู้ทดสอบชิมจะให้ความชอบลดลง ทั้งนี้เนื่องจากคุณลักษณะความเรียบเนียน ความเหนียว และความสามารถในการกัดขาด ส่งผลต่อความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้า



ภาพที่ 4 คะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวสังข์หยดเติมแซนแทนกัมที่ระดับต่าง ๆ



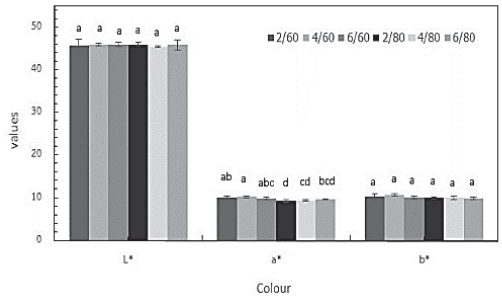
ภาพที่ 5 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Multi-sample difference test ของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวสังข์หยดเติมแซนแทนกัมที่ระดับต่าง ๆ

3.2 ผลการศึกษาระยะเวลาในการให้ความร้อนเบื้องต้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ เส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนแบบแห้ง

นำเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนที่ผลิตได้จากข้อ (3.1) มาทำการให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4 และ 6 นาทีแล้วนำเส้นมาม้วนเป็นก้อนหลวม ๆ อบขั้นต้นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเส้นพาสต้ามีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 13 แล้วทำการศึกษาคุณลักษณะของเส้นพาสต้าปรุงสุกดังนี้

3.2.1 คุณลักษณะทางกายภาพ

จากการวัดค่าสี L*, a* และ b* ของเส้นพาสต้าหลังปรุงสุก (ภาพที่ 6) พบว่าค่า L* (ความสว่าง) และค่า b* (ความเป็นสีเหลือง) ของเส้นพาสต้าที่สภาวะต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ส่วนค่า a* หรือค่าความเป็นสีแดงของเส้นพาสต้า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่เวลาในการให้ความร้อนเบื้องต้นต่างกันไม่มีผลต่อค่าสีของเส้นพาสต้า ($p\geq0.05$) แต่เมื่ออบเส้นพาสต้าที่อุณหภูมิสูงขึ้นพบว่าส่งผลให้เส้นพาสต้ามีค่าความเป็นสีแดงลดลง เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะช่วยยับยั้งการเกิด ปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดสีน้ำตาลในเส้นพาสต้าและยับยั้งกิจกรรมของเอนไซน์เพอริออกซิเดส ทำให้เส้นพาสต้ายังคงมีสีเหลือง [10] ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัย [10] พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง 80-90 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เส้นพาสต้ามีคะแนนความชอบด้านค่าสีมากที่สุด

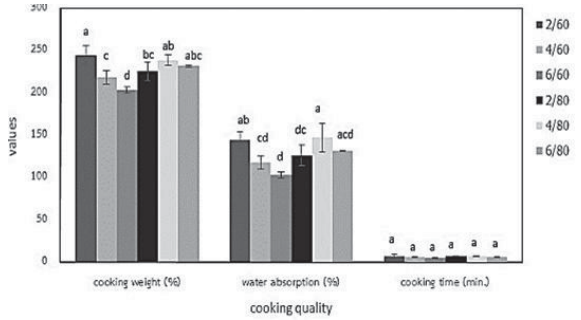


ภาพที่ 6 ค่าสี L*, a* และ b* ของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนที่ผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้นที่ระยะเวลา 2, 4 และ 6 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส

3.2.2 คุณภาพการปรุงสุกของเส้นพาสต้า

จากการศึกษาระยะเวลาในการปรุงสุก (cooking time) น้ำหนักหลังการปรุงสุก (cooking weight) และความสามารถในการดูดซับน้ำ (water absorption) ของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนหลังจากการให้ความร้อนเบื้องต้นที่ 2, 4 และ 6 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 7) พบว่าระยะเวลาในการให้ความร้อนเบื้องต้นเส้นพาสต้าไม่มีผลต่อระยะเวลาในการปรุงสุกของเส้นพาสต้าปราศจากกูลเตน แต่มีผลต่อน้ำหนักหลังการปรุงสุกและความสามารถในการดูดซับน้ำของเส้นพาสต้าหลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเบื้องต้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำหนักหลังปรุงสุกและความสามารถในการดูดซับน้ำลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากการให้ความร้อนเบื้องต้นเส้นพาสต้าด้วยเวลาที่นานขึ้นส่งผลให้แป้งเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization) มากขึ้น ทำให้เส้นพาสต้าสูญเสียองค์ประกอบอะไมโลสออกจากโครงข่ายโดพาสต้ามากกว่า ทำให้น้ำหนักหลังการปรุงสุก และร้อยละการดูดซับน้ำน้อยลงหลังจากปรุงสุก อย่างไรก็ตามหากพาสต้ามีโปรตีนกลูเตนเป็นองค์ประกอบจะส่งผลให้โครงข่ายโดภายในเส้นพาสต้ามีความหนาแน่น และเกิดการจับตัวกันของโครงข่ายที่แข็งแรงขององค์ประกอบไขมันและอะไมโลส (lipid-amylose complex) ภายหลังการอบแห้ง [14] ทำให้เส้นพาสต้า มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อยลง ในระหว่างการปรุงสุก และส่งผลให้น้ำหนักหลังปรุงสุกลดน้อยลงเมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเบื้องต้นเส้นนานขึ้น นอกจากนี้การอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อน้ำหนักหลังปรุงสุกและความสามารถในการดูดซับน้ำของเส้นพาสต้าที่ผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้นด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งเส้นพาสต้าด้วยอุณหภูมิสูง 80 องศาเซลเซียส ส่งผลให้แป้งเกิดการเจลาติไนเซชันที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นประกอบกับเกิดการจับกันเป็นโครงข่ายที่แข็งแรงระหว่างโปรตีนกับองค์ประกอบอะไมโลสภายในเส้นพาสต้า ทำให้เส้นพาสต้าที่ได้มีความแข็งแรงอีกทั้งการจับตัวกันอย่างหนาแน่นของโครงข่ายโดพาสต้ายังส่งผลให้น้ำหนักหลังการปรุงสุกและความสามารถในการดูดซับน้ำหลังการปรุงสุกของเส้นพาสต้าที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าเส้นพาสต้าที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้น 2 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามมีน้ำหนักหลังปรุงสุกและความสามารถในการดูดซับน้ำที่มากกว่าเส้นพาสต้าที่ผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้นเป็นเวลา 4 และ 6 นาที ที่สภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับงานวิจัย [10] พบว่าน้ำหนักหลังการปรุงสุกและความสามารถในการดูดซับน้ำ ของพาสต้าหลังปรุงสุกจะมีค่าลดลงเมื่อผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง โดยการตกตะกอนของโปรตีนกลูเตนจับตัวกันเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงของเส้นพาสต้าจากแป้งสาลีก่อนการปรุงสุกนั้นจะถูกชักนำโดยการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะเส้นพาสต้าที่มีปริมาณโปรตีนกลูเตนน้อยจะมีความแข็งแรงของเส้นพาสต้ามากขึ้นเมื่ออบแห้งที่

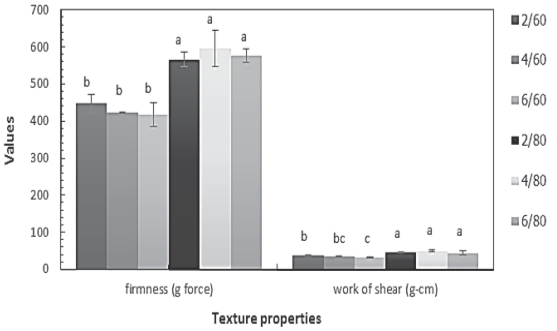
อุณหภูมิสูง แต่ขณะเดียวกันการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงไม่ได้มีผลต่อความแข็งแรงของเส้นพาสต้าที่มีปริมาณโปรตีนกลูเตนสูง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณโปรตีนสามารถปรับปรุงคุณภาพ การปรุงสุกของเส้นพาสต้าได้ นอกจากนี้การเติมโปรตีนชนิดอื่น เช่น โปรตีนไข่ขาว ยังสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพการปรุงสุกของเส้นพาสต้าให้ดีขึ้นได้ โดยส่งผลให้เส้นพาสต้ามีความแน่นเนื้อ (firmness) ยืดหยุ่น (elastic) และลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุกของเส้นพาสต้า ซึ่งสามารถนำมาปรับใช้ได้ดีกับพาสต้า ปราศจากกลูเตนได้ นอกจากนี้การอบแห้งเส้นพาสต้าด้วยอุณหภูมิสูงจะส่งผลให้อุณหภูมิในการปรุงสุก (pasting temperature) ของเส้นพาสต้าสูงขึ้น [15] ทำให้อุณหภูมิในการปรุงสุกของเส้นพาสต้าที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 7 คุณภาพการปรุงสุกของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนหลังปรุงสุก

3.3.3 คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส

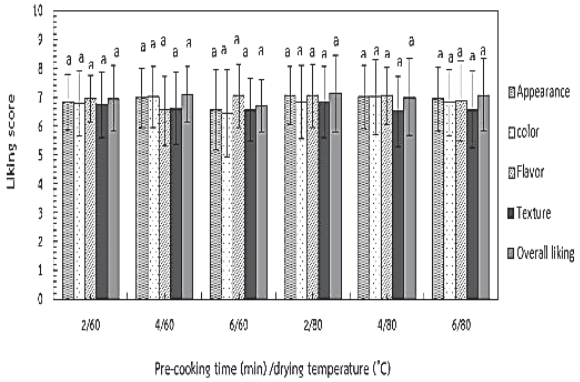
จากการทดสอบคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าความแข็ง (hardness) และแรงในการตัดขาด (work of shear) ของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนที่สภาวะการผลิตต่าง ๆ (ภาพที่ 8) พบว่าเวลาในการให้ความร้อนเบื้องต้นไม่มีผลต่อความแข็ง และแรงในการตัดขาดของเส้นพาสต้า แต่เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นส่งผลให้เส้นพาสต้ามีความแข็งมากขึ้นทำให้แรงในการตัดขาดสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้โครงข่ายภายในเส้นพาสต้ามีความหนาแน่น และเกิดการจับตัวกันของโครงข่ายที่แข็งแรงภายหลังการอบแห้ง [14] สอดคล้องกับงานวิจัย [10] พบว่าความแข็งของเส้นพาสต้าจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ส่งผลให้เส้นพาสต้าที่ได้มีเกิดโครงข่ายที่แข็งแรงของโครงข่ายโปรตีน และเม็ดแป้งทำให้มีค่าแรงต้านทานการแตกหักที่สูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ



ภาพที่ 8 ค่าความแข็ง (firmness) และค่าแรงในการตัดขาด (work of shear) ของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนหลังปรุงสุก

3.3.4 ศึกษาคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส

จากการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) พบว่าเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนที่ทุกสภาวะการผลิตมีคะแนนลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.5$) อย่างไรก็ตามเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มของคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าการอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.00-7.13 คะแนน) แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 คะแนนประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนแบบแห้ง

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวสังข์หยด โดยการเติมแซนแทนกัมพบว่าแซนแทนกัมสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพการปรุงสุกของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนได้ ซึ่งระดับการเติมที่เหมาะสม คือระดับสูงสุดร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักแป้งข้าวสังข์หยด และเมื่อศึกษาสภาวะในการอบแห้ง พบว่าระยะเวลาในการให้ความร้อนเบื้องต้นที่เหมาะสมที่สุด คือ 4-6 นาที เนื่องจากทำให้เส้นพาสต้าเกิดเจลและขาดยากในขั้นตอนการม้วน และไม่แตกหักในระหว่างการอบแห้ง โดยอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสมคืออุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยให้ลักษณะเส้นพาสต้าที่แข็งแรง และมีคุณภาพการปรุงสุกที่ดีกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสโดยมีน้ำหนักหลังปรุงสุก และความสามารถในการดูดซับน้ำสูงกว่า นอกจากนี้ผู้บริโภคให้มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบ มากกว่าเนื่องจากเส้นพาสต้าที่ได้มีความหนาแน่น และมีความแข็งแรงกว่าการอบที่อุณหภูมิต่ำส่งผลให้เส้นพาสต้าอบแห้งที่อุณหภูมิสูงมีคะแนนความชอบด้านคุณภาพโดยรวมสูง

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Marachai W., Kwangpan S., Phimolsiripol Y., Glycemic index and certain qualities of macaroni containing lablab flour (Dolichos lablab). Food and Applied Biosci J 2013; 1(3):146-159.

[2] Giuberti G., Antonio G., Carla C., et al. Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. Food Chem 2015; 175:43–49.

[3] Mirhosseini H., Abdul Rashid NF., Amid BT., et al. Effect of partial replacement of corn flour with durian Seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta. LWT-Food Sci and Tech 2015; 63:184-190.

[4] Sila MRF., Ana Paula M., Mônica CRA., et al. Utilization of sorghum, rice, corn flours with potato starch for the preparation of gluten-free pasta. Food Chem 2016; 191:147–151.

[5] Udachan IS., Sahoo AK.. Effect of hydrocolloids in the development of gluten free brown rice pasta. Int J ChemTech Res 2017; 10(6):407-415.

[6] Gambus H., Sikora M., Ziobro R. The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment 2007; 6(3):61-74.

[7] AOAC. Official Method of Analysis of the Association of Official Analysis Chemistry. 16th ed. AOAC International: Washington: USA; 2000.

[8] Bergman CJ., Gualberto, DG., Weber CW. Development of a high-temperature dried soft wheat pasta supplemented with cowpea (Vigna unguiculate(L.)) cooking quality, color, and sensory evaluation. Cereal Chem 1994; 71:523-527.

[9] Wang N., Bhirud PR., Sosulski FW., et al. Pasta-like product from pea flour by twin screw extrusion. J Food Sci 1999; 64:671-678.

[10] Padalino L., Caliandro R., Chita G., et al. Study of drying process on starch structural properties and their effect on semolina pasta sensory quality. Carbohydrate Polymers 2016; 153: 229–235.

[11] Guarda A., Rosell CM., Benedito C., et al. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloids 2004; 18:241–247.

[12] Rosell CM., Rojas JA., Benedito C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. Food Hydrocolloids 2001; 15:75-81.

[13] Smewing J. Analyzing the texture of pasta for quality control. Cereal Foods World 1997; 42:8-12.

[14] Zhang L., Nishizu T., Hayakawa S., et al. Effects of different drying conditions on water absorption and gelatinization properties of pasta. Food and Bioprocess Technol 2013; 6(8):2000-2009.

[15] D'Amico S., Maschle, Jekle M., et al. Effect of high temperature drying on gluten-free pasta properties. Food Sci and Technol 2015; 63:391-399.