การพัฒนาเส้นเกี้ยมอี๋อบแห้งจากแป้งข้าวเหนียวดำ เสริมใยอาหารจากอินูลิน

รสพร เจียมจริยธรรม[1,*] พรเพ็ญ มรกตจินดา[1]
สุริยา อติวิทยาภรณ์[2]

[1]ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพ ฯ
[2]สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพ ฯ
[*]Corresponding author email: rossaporn@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวเหนียวดำเสริมใยอาหารจากอินูลิน โดยศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำที่ 4 ระดับ ได้แก่ 75: 25, 50: 50, 25: 75 และ 0: 100 คะแนนความชอบในคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี ความเหนียว ความแข็ง กลิ่นรส และความชอบรวมของตัวอย่างทั้ง 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำเท่ากับ 50: 50 สูงที่สุด ซึ่งเมื่อปริมาณของแป้งข้าวเหนียวดำเพิ่มขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณอินูลินเพิ่มขึ้นส่งผลให้คะแนนความเข้มของคุณลักษณะด้านความแข็ง และความเหนียวติดฟันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้ปริมาณอินูลินร้อยละ 25 สูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ จากการศึกษาผลของการอบแห้งเส้นเกี้ยมอี๋ต่ออายุการเก็บรักษาและการยอมรับของผู้บริโภค โดยเส้นเกี้ยมอี๋ที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำเท่ากับ 50: 50 และมีอินูลินร้อยละ 25 และ 50 ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่า เส้นเกี้ยมอี๋มีค่า a_w เท่ากับ 0.4-0.5 โดยระยะเวลาการอบแห้งที่ 2 และ 2.5 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมี ระยะเวลาการลวกเส้น และการยอมรับของผู้บริโภค ($p>0.05$) และเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำเท่ากับ 50: 50 และอินูลินร้อยละ 25 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคร้อยละ 93.33

คำสำคัญ : แป้งข้าวเจ้า/ แป้งข้าวเหนียวดำ/ เส้นเกี้ยมอี๋/ อินูลิน

Development of Dried Rice Noodle Product from Black Glutinous Rice Flour Fortified with Inulin

Rossaporn Jiamjariyatam[1,*] Pornpen Morakotjinda[1]
Suriya Atiwittayaporn[2]

[1]Department of Home Economics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Bangkok
[2]Home Economics Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdej-chaopraya University, Bangkok
[*]Corresponding author email: rossaporn@g.swu.ac.th

Abstract

This research aims to develop dried noodles made from black waxy rice flour and fortified fiber supplement with inulin. This research was investigated the ratio of non-waxy rice flour to black waxy rice flour of 75: 25, 50: 50, 25: 75 and 0: 100. The preference score of appearance, color, toughness, hardness, flavor and overall liking of different ratio was significance difference ($p \leq 0.05$). The maximum preference was found in the noodle made from non-waxy and waxy rice flour of 50: 50. Increasing waxy rice flour decreased in liking score significantly ($p \leq 0.05$). Increased inulin content added in the noodle resulted in increased hardness and stickiness significantly ($p \leq 0.05$). For acceptability, the noodle with 25% inulin gave the highest score of appearance, color, toughness, hardness, flavor and overall liking. The a_w of dried noodle was in a range of 0.4-0.5. The drying time for 2 and 2.5 h at 40 °C did not affect the chemical properties, cooking time and consumer acceptance ($p > 0.05$). The dried noodle made from white non-waxy and black waxy rice flour of 50: 50 and 25% inulin was accepted by 93.33% of consumers.

Keywords: rice starch/ black waxy rice flour/ noodle/ inulin

บทนำ

เส้นก๋วยเตี๋ยว หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งข้าวเจ้า หรือแป้งข้าวเจ้าผสมกับแป้งชนิดอื่น หรืออาจมีส่วนผสมอื่นด้วย รีดให้เป็นแผ่นบาง ๆ ทำให้สุกด้วยการนึ่งแล้วนำมาตัดตามขนาดที่ต้องการ จากนั้นทำให้แห้ง เกี้ยมอี๋ หมายถึงของกินชนิดหนึ่ง ทำจากแป้งข้าวเจ้า เป็นตัว ๆ คล้ายลอดช่อง เส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นอาหารหลักในชีวิตประจำวันของคนไทยที่รองลงมาจากข้าว ซึ่งเกี้ยมอี๋จัดเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวประเภทหนึ่ง โดยมีส่วนประกอบหลักคือแป้งข้าวเจ้า เนื่องด้วยเส้นเกี้ยมอี๋ในท้องตลาดใช้แป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการขัดสีเป็นส่วนประกอบ ซึ่งทำให้เกี้ยมอี๋นั้นมีคุณค่าทางสารอาหารและเส้นใยอาหารน้อยและเส้นก๋วยเตี๋ยวในท้องตลาดมักมีอายุการเก็บรักษาสั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาและพัฒนาเส้นเกี้ยมอี๋จากแป้งข้าวเหนียวดำเนื่องจากข้าวเหนียวดำมีสารสำคัญที่มีชื่อว่า แกมมาโอไรซานอล เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ หรือแอนติออกซิแดนท์ (Antioxidant) (Chen *et al*., 2012) จึงเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับเกี้ยมอี๋ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มการแปรรูปจากข้าวเหนียวดำ ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของไทยที่เริ่มหาได้ยากขึ้นในปัจจุบัน และเพิ่มใยอาหารด้วยการเติมอินูลิน (Inulin) และศึกษากระบวนการอบแห้งเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ประเภทเส้น

แป้งข้าวเหนียวดำ (Black waxy rice flour) ได้จากข้าวสารเหนียวดำหรือข้าวเหนียวก่ำ (*Oryza sativa L.*) โดยสีม่วงดำเกิดจากสารที่มีชื่อว่า แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) ข้าวเหนียวก่ำมีคุณค่าทางอาหาร ทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร รวมถึงมีแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม และยังพบสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวเหนียวก่ำอีกด้วย ได้แก่ แกมมาโอไรซานอล และสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารที่ให้ประโยชน์กับร่างกาย สามารถลดการเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัว สามารถยับยั้งการเจริญและยับยั้งการลุกลามของเซลล์มะเร็ง และยังสามารถเพิ่มภูมิคุ้มกันได้อีกด้วย (Hu *et al*., 2003; Lee *et al*., 2008)

อินูลิน (Inulin) คือ คาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ จัดเป็นเส้นใยอาหารประเภทที่ละลายได้ในน้ำ ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหาร และไม่ให้พลังงาน แต่ถูกย่อยได้ด้วยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (Prebiotic) พบได้ในหัวกระเทียม หอมหัวใหญ่ หน่อไม้ฝรั่ง กล้วย ดอกอาร์ติโชค แก่นตะวัน และหัวชิคอรี อินูลินในทางเคมีจัดเป็นฟรุกแทน คือเป็นสายยาวของคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วย D-fructose ต่อกันด้วยพันธะ β-(2,1) และจะมีปลายด้านหนึ่งที่ต่อด้วยกลูโคส α-(1,2) ซึ่งอินูลินเป็นฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ จึงจัดได้ว่าอินูลินเป็นใยอาหารชนิดหนึ่ง รวมทั้งเป็นพรีไบโอติกซึ่งกระตุ้นการเจริญเติบโตของโพรไบโอติก (Marcella *et al*., 2012) อินูลินมีคุณสมบัติคล้ายใย

อาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble dietary fiber) ทั้งนี้การบริโภคอินูลินในปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยให้รู้สึกอิ่ม สามารถเพิ่มความถี่ของการขับถ่ายและเพิ่มมวลของอุจจาระได้ รวมทั้งยังสามารถควบคุมระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดได้ (Singh & Singh, 2010) อินูลินสามารถพบได้ตามส่วนประกอบต่าง ๆ ของพืช อินูลินสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีอยู่แล้วในลำไส้ รวมทั้งยังสามารถปรับปรุงการอยู่รอด การฝังตัว และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สายพันธุ์ใหม่ที่เข้ามาในร่างกายได้อีกด้วย (Singh and Singh, 2010) อินูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ซึ่งเป็นส่วนประกอบของอาหาร พบว่าส่งผลให้สุขภาพร่างกายโดยรวมดีขึ้นและลดความเสี่ยงของโรคต่าง ๆ กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย มีการลดลงของเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในลำไส้ บรรเทาอาการท้องผูก ลดความเสี่ยงของโรคกระดูกพรุน โดยสามารถเพิ่มการดูดซึมแร่ธาตุโดยเฉพาะแคลเซียม ลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือด โดยการลดการสังเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์และกรดไขมันในตับ และยังสามารถลดระดับของการย่อยฟรุกโทส ช่วยปรับระดับฮอร์โมนอินซูลิน ซึ่งฮอร์โมนอินซูลินควบคุมการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตและไขมันโดยการลดระดับน้ำตาลในเลือด (Kaur & Gupta, 2002) อินูลินเป็นตัวปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์นม โดยพบว่าความแข็งแรงของเจลอินูลินขึ้นอยู่กับชนิดของอินูลินและความเข้มข้นของอินูลินโดยเมื่อความเข้มข้นของอินูลินเพิ่มขึ้น จะทำให้เจลมีความแข็งมากขึ้นด้วย (Meyer *et al*., 2011) เมื่ออินูลินละลายน้ำจะมีส่วนที่ไม่ถูกละลายซึ่งเรียกว่า “Microcrystals” ซึ่ง Microcrystals สามารถเชื่อมต่อระหว่างกันได้ และยังสร้างเป็นโครงสร้างร่างแหกับสารละลายตัวอื่นและกับอินูลินเอง จึงทำให้เจลมีความแข็งขึ้น (Mensink *et al*., 2015) นอกจากนี้การใช้แป้งข้าวเหนียวในผลิตภัณฑ์จะทำให้ผลิตภัณฑ์ลดการคืนตัวของแป้ง หรือลดการระเหยออกของน้ำจากเนื้อในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวเป็นแป้งที่มีปริมาณแอไมโลเพกตินสูง ทำให้มีการคืนตัว (Retrogradation) ช้ากว่าแป้งชนิดอื่นที่มีแอไมโลเพกตินต่ำแต่แอไมโลสสูง (Jiamjariyatam *et al*., 2015) ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นิ่มขึ้น และชะลอการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของอาหารในระหว่างการเก็บรักษา (พรรณทิพา, 2555)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวดำของเส้นเกี้ยมอี๋ต่อการยอมรับของผู้บริโภค

2. เพื่อศึกษาปริมาณอินูลินที่เหมาะสมต่อเส้นเกี้ยมอี๋

3. เพื่อศึกษาผลของการอบแห้งเส้นเกี้ยมอี๋ต่อคุณภาพทางเคมีและการยอมรับของผู้บริโภค

วิธีการทดลอง

1. การผลิตเส้นเกี้ยมอี๋

สูตรพื้นฐานที่ใช้ในการผลิตเส้นเกี้ยมอี๋ประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 26.79 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 6.70 น้ำมันพืชร้อยละ 2.23 น้ำร้อยละ 58.04 และแป้งดัดแปร Verity 353 (Siam Modified Starch, ประเทศไทย) ร้อยละ 6.25 นำแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันสำปะหลัง เติมน้ำและน้ำมันพืช ใส่ในกระทะเทฟลอน ตั้งเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส กวนส่วนผสมเป็นเวลา 15-20 นาที พักไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำแป้งคลึงให้เป็นเส้นกลมยาว โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตร ตัดให้เส้นมีความยาวประมาณ 3 เซนติเมตร

2. การศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวดำต่อการยอมรับของผู้บริโภค

ศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำ โดยแปรอัตราส่วนเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 75: 25, 50: 50, 25: 75, 0: 100 จากนั้นทำการทดสอบความชอบและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ตามคุณลักษณะดังนี้ คือ ลักษณะปรากฏ สี ความเหนียว กลิ่นรส และความชอบรวม โดยใช้แบบประเมิน 7-Point Hedonic Test และผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

3. การศึกษาผลของปริมาณอินูลินต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส

นำเส้นเกี้ยมอี๋สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากข้อ 2 มาศึกษาผลของอินูลิน (Orafti®GR, DPO International, ประเทศไทย) โดยแปรอัตราส่วนของอินูลินเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100

3.1 การทดสอบเชิงพรรณนา (Quantitative Descriptive Analysis Method)

ทำการทดสอบเชิงพรรณนาโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน มีการพัฒนาคำศัพท์ กำหนดตัวอย่างอ้างอิง และให้คำจำกัดความของลักษณะของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความแข็ง และความเหนียวติดฟัน โดยการให้คะแนนจากสเกล 1 ถึง 15 โดยความแข็งหมายถึงแรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างขาด โดยประเมินจากการกัดตัวอย่าง 1 ครั้งด้วยฟันหน้า และความเหนียวติดฟันหมายถึงปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ติดระหว่างฟัน โดยประเมินจากการเคี้ยวตัวอย่าง 5 ครั้งด้วยฟันกราม

3.2 การทดสอบการยอมรับ (Acceptance test)

ทำการประเมินการยอมรับของผลิตภัณฑ์ตามคุณลักษณะดังนี้ คือ ลักษณะปรากฏ สี ความเหนียว กลิ่นรส และความชอบรวม โดยใช้แบบประเมิน 7-Point Hedonic Test ผ่านผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

4. การศึกษาผลของการอบแห้งเส้นเกี้ยมอี๋ต่อคุณภาพทางเคมีและการยอมรับของผู้บริโภค

นำเส้นเกี้ยมอี๋จากข้อ 2.3 (สูตรที่เติมอินูลินร้อยละ 25 และ 50 ของแป้งทั้งหมด) มาศึกษาผลของการอบแห้ง โดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2.5 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นทำการวัดค่าคุณภาพทางเคมี และการยอมรับของผู้บริโภค ดังนี้

4.1 คุณภาพทางเคมี (Chemical Qualities)

ทำการวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) ของเส้นเกี้ยมอี๋ โดยเครื่อง Water Activity Meter (AQUA LAB Dew Point, USA)

4.2 การทดสอบการยอมรับ (Hedonic Test)

นำเส้นเกี้ยมอี๋ที่ผ่านการอบแห้งมาลวกในน้ำเดือดเป็นเวลาประมาณ 3 นาที จากนั้นทำการประเมินการยอมรับของผลิตภัณฑ์ตามคุณลักษณะดังนี้ คือ ลักษณะปรากฏ สี ความเหนียว กลิ่นรส และความชอบรวม โดยใช้แบบประเมิน 7-Point Hedonic Test ผ่านผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

5. วิเคราะห์ผลทางสถิติ

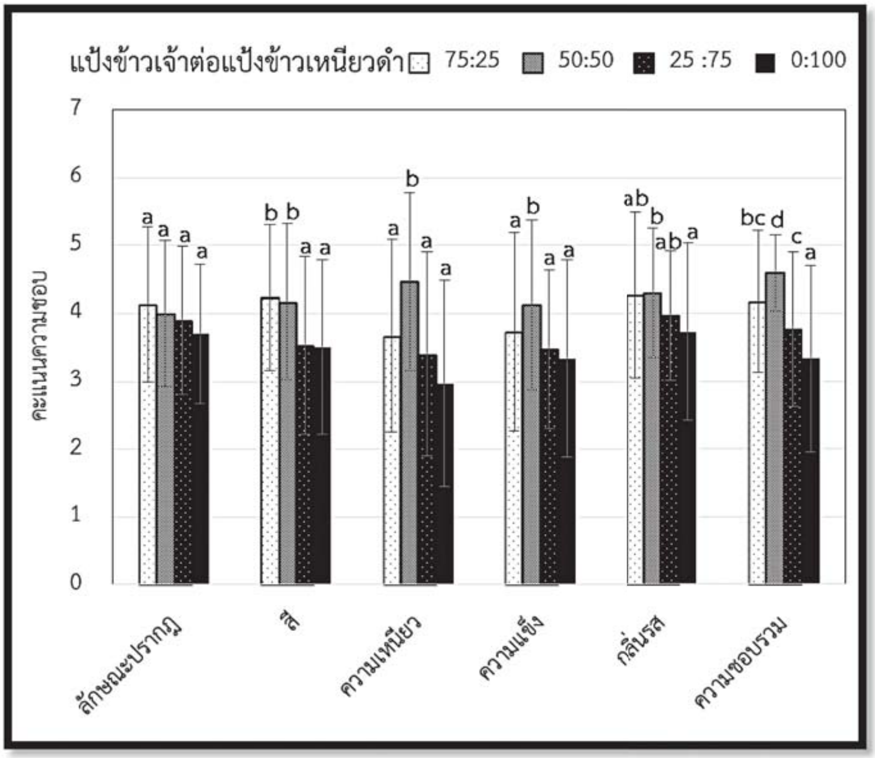
นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New multiple range test

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. ผลของอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวดำต่อการยอมรับของผู้บริโภค

จากการเปรียบเทียบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นเกี้ยมอี๋ พบว่า เส้นเกี้ยมอี๋ทั้ง 4 สูตร ที่ใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำเป็น 75: 25, 50: 50, 25: 75 และ 0: 100 มีคะแนนความชอบด้าน สี ความเหนียว ความแข็ง และความชอบรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำเท่ากับ 50: 50 สูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ โดยลักษณะปรากฏ สี ความเหนียว ความแข็ง กลิ่นรส และความชอบรวม ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ถึงชอบเล็กน้อย (4.00 และ 4.60) และผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเส้นเกี้ยมอี๋ที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำเป็น 0: 100 ต่ำที่สุด โดยอยู่ในระดับไม่ชอบปานกลางถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ การเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวเหนียวดำทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 1 จากการเปรียบเทียบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นเกี้ยมอี๋ที่แปรอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำเป็น 75: 25, 50: 50, 25: 75 และ 0: 100 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับ

อัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำเท่ากับ 50: 50 มากที่สุด โดยยอมรับร้อยละ 90 และเมื่อเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวเหนียวทำให้การยอมรับของผู้ทดสอบลดลง โดยยอมรับเพียงร้อยละ 26.67



ภาพที่ 1 คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของเส้นเกี้ยมอี๋ที่แปรอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำ

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-d) ที่แตกต่างกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

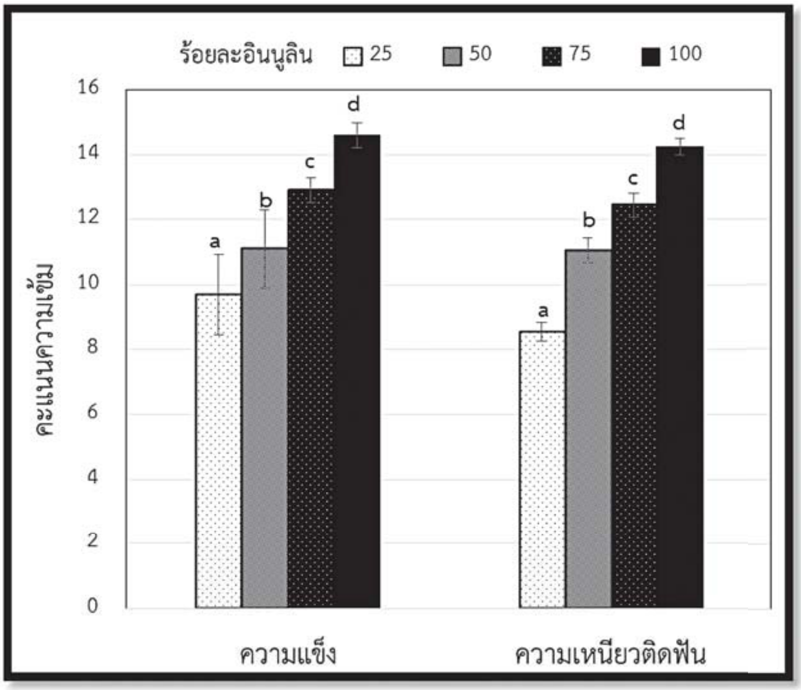
เมื่อปริมาณของแป้งข้าวเหนียวดำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้คะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำเพิ่มขึ้น ทำให้ความแข็งของเส้นเกี้ยมอี๋ลดลง แต่จะมีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรรณทิพา (2555) ที่รายงานว่าเมื่อเพิ่มแป้งข้าวเหนียวลงไปในขนมปัง ทำให้ขนมปังมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติในการคืนตัวได้น้อยของแป้งข้าวเหนียว ซึ่งคุณสมบัติในการคืนตัวของแป้งเกิดจากการที่แป้งคืนตัวหลัง

ได้รับความเย็น ซึ่งก็คือปรากฏการณ์การคืนตัวของแป้ง (Retrogradation) (Jiamjariyatam *et al.*, 2015; Jiamjariyatam, 2016; Jiamjariyatam & Atiwittayaporn, 2016)

2. ผลของปริมาณอินูลินต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค

2.1 การทดสอบเชิงพรรณนา (Quantitative Descriptive Analysis Method)

จากการทดสอบเชิงพรรณนาเพื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นเกี้ยมอี๋ โดยแสดงเป็นความเข้มของเส้นเกี้ยมอี๋ ความเข้มของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ความแข็ง และความเหนียวติดฟัน) ของเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำเท่ากับ 50: 50 และเพิ่มอินูลินเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณอินูลินในเส้นเกี้ยมอี๋ ทำให้ความแข็งและความเหนียวติดฟันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณอินูลินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้คะแนนความเข้มของคุณลักษณะด้านความแข็ง และความเหนียวติดฟันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากอินูลินที่ใช้ในการทดลองนี้มีความยาวสายโซ่ประมาณ 10 glucose unit ทำให้สามารถสร้างพันธะกับแอไมโลสในแป้งข้าวเจ้า และสร้างพันธะได้บางส่วนกับแอไมโลเพกตินในแป้งข้าวเหนียวดำ ทำให้โมเลกุลของแป้งจัดเรียงตัวได้แน่นขึ้น นอกจากนี้การจัดเรียงตัวของโมเลกุลแป้งที่แน่นขึ้นนั้นอาจเกิดขึ้นจากผลของการสร้างพันธะระหว่าง Amylose-amylose complex, Amylose-amylopectin complex และเกิดจาก Amylose-lipid complex ได้เช่นกัน (Jiamjariyatam *et al.*, 2015) ส่งผลให้เส้นเกี้ยมอี๋มีความแข็งมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mensink *et al.* (2015) ที่รายงานว่าเมื่ออินูลินละลายน้ำ จะมีส่วนที่ไม่ถูกละลายน้ำซึ่งเรียกว่า “Microcrystals” ซึ่งส่วนนี้จะสามารถจับกับแอไมโลสและแอไมโลเพกตินในแป้งได้และสร้างเป็นโครงสร้างร่างแห ทำให้เจลแป้งที่มีปริมาณอินูลินสูงมีความแข็งเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Meyer *et al.* (2011) ที่รายงานว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของอินูลินทำให้เจลมีความแข็งมากขึ้น



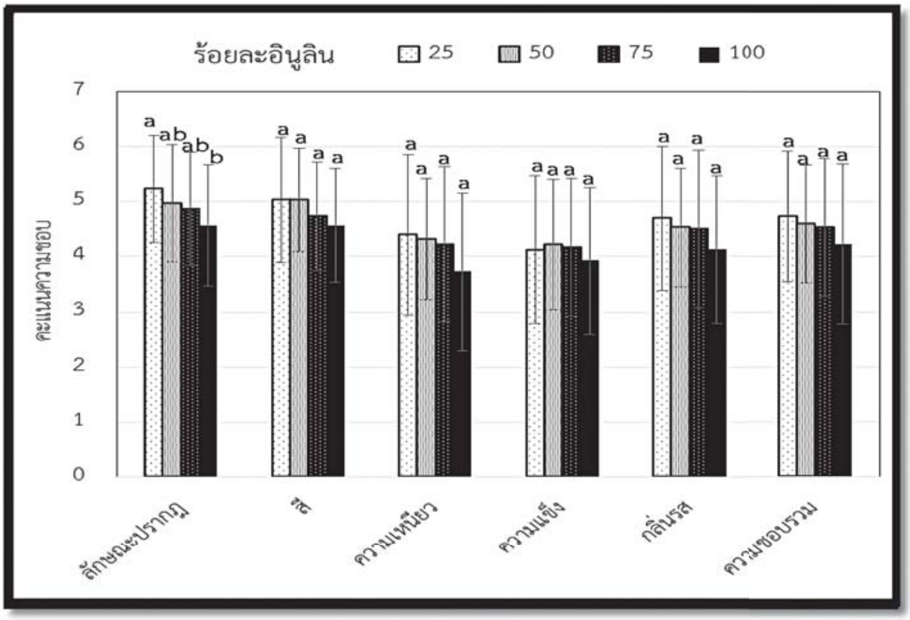
ภาพที่ 2 ความเข้มของเส้นเกี้ยมอี๋ที่มีการแปรอัตราส่วนของอินูลินต่างกัน

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-d) ที่แตกต่างกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.2 การทดสอบการยอมรับ (Hedonic Test)

จากการเปรียบเทียบคะแนนความชอบของเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำเป็น 50: 50 และใช้อินูลินร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 พบว่าเส้นเกี้ยมอี๋มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้ปริมาณอินูลินร้อยละ 25 สูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ โดยมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และสี อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (5.23 และ 5.03) ความเหนียว ความแข็ง กลิ่นรส และความชอบรวม อยู่ในระดับบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ถึงชอบเล็กน้อย (4.13 และ 4.73) เส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้ปริมาณอินูลินร้อยละ 100 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด โดยอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ การเพิ่มปริมาณอินูลินทำให้คะแนนความชอบของเส้นเกี้ยมอี๋ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 3 เมื่อปริมาณของอินูลินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้คะแนน

ความชอบในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการเติมปริมาณอินูลินที่เพิ่มขึ้น ทำให้อินูลินสามารถเข้าไปสร้างพันธะกับแอไมโลสและแอไมโลเพกตินในแป้งบางส่วนได้ (Jiamjariyatam *et al*., 2015) ทำให้โมเลกุลของเส้นเกี้ยมอี๋มีความแน่นเพิ่มขึ้น และมีความแน่นแข็งที่สุดในเส้นเกี้ยมอี๋ที่มีอินูลินร้อยละ 25 และ 100 โดยที่อินูลินร้อยละ 25 ลักษณะปรากฏยังคงมีความนุ่ม แข็งแต่ไม่กระด้าง ในขณะที่อินูลินร้อยละ 100 ลักษณะปรากฏไม่คงความนุ่ม มีความแข็งและกระด้าง จึงทำให้มีคะแนนความชอบที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่อินูลินร้อยละ 50 และ 75 ผู้ทดสอบให้คะแนนไม่แตกต่างกันมากนัก



ภาพที่ 3 คะแนนความชอบของคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของเส้นเกี้ยมอี๋ที่แปรอัตราส่วนของอินูลินต่างกัน

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-b) หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นเกี้ยมอี๋ที่แปรอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำเท่ากับ 50: 50 และใช้อินูลินร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับปริมาณอินูลินร้อยละ 25 มากที่สุด โดยยอมรับร้อยละ 70 และเมื่อเพิ่มปริมาณของอินูลินทำให้การยอมรับ

ของผู้ทดสอบลดลง โดยยอมรับเพียงร้อยละ 40

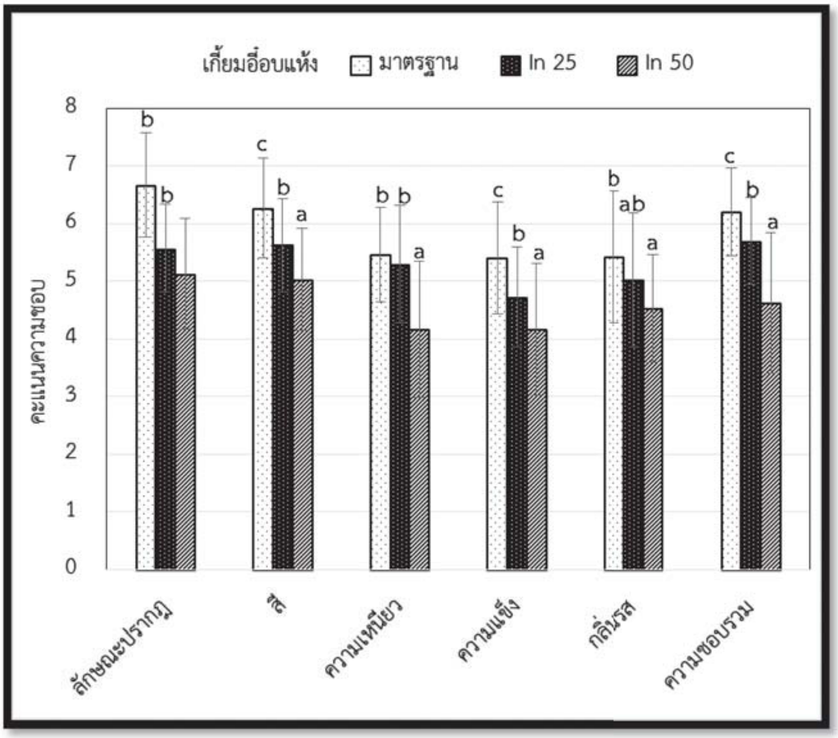
3. ผลของระยะเวลาการอบแห้งเส้นต่อคุณภาพทางเคมีและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

3.1 คุณภาพทางเคมี (Chemical Qualities)

จากการศึกษาระยะเวลาการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5 และ 2 ชั่วโมง พบว่าระยะเวลาการอบแห้งไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าค่า a_w ของเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำ เท่ากับ 50: 50 และมีปริมาณอินูลินเท่ากับร้อยละ 25 และ 50 มีค่าปริมาณน้ำอิสระของเส้นเกี้ยมอี๋แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.4-0.5 เมื่อปริมาณของอินูลินเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า a_w ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากอินูลินมีความสามารถในการละลายน้ำได้มาจากการมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระที่ปลายสายโมเลกุล ทำให้หมู่ไฮดรอกซิลอิสระไปสร้างพันธะกับน้ำอิสระภายในเส้นเกี้ยมอี๋ส่งผลให้เส้นเกี้ยมอี๋มีค่า a_w ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mensink *et al.* (2015) ที่รายงานว่าอินูลินมีความสามารถในการละลายน้ำได้ ทั้งอินูลินที่ต่างชนิดหรือขนาดโมเลกุลต่างกัน

3.2 การทดสอบการยอมรับ (Hedonic Test)

จากการศึกษาผลของระยะเวลาการอบแห้งพบว่า ระยะเวลาการอบแห้งที่ 2 และ 2.5 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค จากการเปรียบเทียบคะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อเส้นเกี้ยมอี๋ที่ผ่านการอบแห้งแล้ว พบว่าเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวเหนียวดำเท่ากับ 50: 50 และมีปริมาณอินูลินร้อยละ 25 และ 50 มีคะแนนความชอบแตกต่างจากสูตรพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้ปริมาณอินูลินร้อยละ 25 มากกว่าเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้ปริมาณอินูลินร้อยละ 50 ในทุกคุณลักษณะ โดยคะแนนความชอบด้านความแข็ง อยู่ในระดับบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ (4.73) ลักษณะปรากฏ สี ความเหนียว กลิ่นรส และความชอบรวม อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (5.03 และ 5.70) ดังแสดงในภาพที่ 4 เมื่อปริมาณอินูลินเพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากอินูลินมีสายโซ่ที่สั้นเพียง 10 glucose unit จึงสามารถเข้าไปสร้างพันธะกับแอไมโลสและแอไมโลเพกตินบางส่วนได้ (Jiamjariyatam, 2016) ทำให้โมเลกุลของเส้นเกี้ยมอี๋มีความแน่นมากขึ้น ส่งผลให้น้ำอิสระบางส่วนภายในเส้นเกี้ยมอี๋ลดลง และเมื่อผ่านการอบแห้งทำให้น้ำอิสระภายในเส้นเกี้ยมอี๋ลดลงมากขึ้น ซึ่งทำให้เส้นเกี้ยมอี๋มีลักษณะที่แห้งและแข็งมาก รวมทั้งมีคะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นรสที่ลดลง



ภาพที่ 4 คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่าง ๆ ต่อเส้นเกี้ยมอี๋ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณภูมิ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2.5 ชั่วโมง

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-c) ที่แตกต่างกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4. ผลของการอบแห้งต่อระยะเวลาที่ใช้ในการลวกเส้น

4.1 ผลของอัตราส่วนแป้งต่อระยะเวลาที่ใช้ในการลวกเส้น

จากการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการลวกเส้นเกี้ยมอี๋ให้สุกในอุณหภูมิน้ำเดือด พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำในเส้นเกี้ยมอี๋มากขึ้นทำให้ระยะเวลาในการลวกเส้นน้อยลง จาก 2.00 นาที สำหรับเส้นเกี้ยมอี๋ที่ไม่ใส่แป้งข้าวเหนียวดำ ลดลงเหลือ 0.35 นาที สำหรับเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้แป้งข้าวเหนียวดำทั้งหมด

4.2 ผลของอินูลินต่อระยะเวลาที่ใช้ในการลวกเส้น

จากการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการลวกเส้นเกี้ยมอี๋ให้สุกในอุณหภูมิน้ำเดือด พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณอินูลินในเส้นเกี้ยมอี๋มากขึ้นทำให้ระยะเวลาในการลวกเส้นเพิ่มขึ้น จาก 1.20 นาที ของเส้นเกี้ยมอี๋

ที่ใส่อินูลินน้อยที่สุด เพิ่มขึ้นถึง 2.00 นาที ของเส้นเกี้ยมอี๋ที่ใส่อินูลินสูงที่สุด

เมื่อปริมาณของแป้งข้าวเหนียวดำเพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาในการลวกเส้นเกี้ยมอี๋ลดลง เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวดำมีแอไมโลเพกตินที่สูงกว่าแป้งข้าวเจ้า ซึ่งแอไมโลเพกตินมีลักษณะเป็นสายที่มีกิ่งก้าน เมื่อมีการสร้างพันธะกันแอไมโลเพกตินจะเรียงตัวได้ไม่หนาแน่น เพราะสายโมเลกุลที่เป็นกิ่งก้านขวางทางการเข้าไปเรียงตัวอย่างชิดกันระหว่างโมเลกุล ทำให้การจัดเรียงตัวไม่หนาแน่นเท่าแอไมโลสที่เป็นสายยาว เมื่อนำไปลวกในน้ำเดือดจึงใช้ระยะเวลาน้อยเพื่อทำให้สุก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรรณทิพา (2555) ที่รายงานว่าแป้งข้าวเหนียวมีปริมาณแอไมโลเพกตินที่สูง ซึ่งแอไมโลเพกตินเป็นสายที่มีกิ่งก้านทำให้มีความหนาแน่นในการจัดเรียงตัวน้อย และเมื่อปริมาณอินูลินเพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาในการลวกเส้นเกี้ยมอี๋เพิ่มขึ้น เนื่องจากอินูลินเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีความยาวสายโซ่ 10 glucose unit จึงสามารถสร้างพันธะกับแอไมโลสในแป้งข้าวเจ้า และสร้างพันธะได้บางส่วนกับแอไมโลเพกตินในแป้งข้าวเหนียวดำ ทำให้โมเลกุลของเส้นเกี้ยมอี๋มีความแน่นขึ้น จึงต้องใช้ระยะเวลาในการลวกเส้นเกี้ยมอี๋ให้สุกนานขึ้น เส้นเกี้ยมอี๋ที่ผ่านการอบแห้งแล้วระยะเวลาในการลวกให้สุกอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากมีการควบคุมลักษณะทางกายภาพของเส้นเกี้ยมอี๋ที่มีปริมาณอินูลินแตกต่างกันให้อยู่ในระดับเดียวกัน รวมทั้งมีค่า a_w ที่ใกล้เคียงกันด้วย จึงทำให้เส้นเกี้ยมอี๋ที่มีอินูลินร้อยละ 25 และ 50 มีระยะเวลาในการลวกให้สุกอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันคือประมาณ 3 นาที

สรุป

การเพิ่มขึ้นของปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำในผลิตภัณฑ์เส้นเกี้ยมอี๋ ทำให้เส้นเกี้ยมอี๋มีความเหนียวมากขึ้น แต่ทำให้คะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นรสลดลง การเติมอินูลินให้กับผลิตภัณฑ์เส้นเกี้ยมอี๋ช่วยเพิ่มความแข็งให้กับเส้นเกี้ยมอี๋ การอบแห้งเส้นเกี้ยมอี๋ทำให้เส้นเกี้ยมอี๋มีค่า $a_w \leq 0.5$ ซึ่งจัดเป็นอาหารแห้ง จึงสามารถเพิ่มอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เส้นเกี้ยมอี๋ที่ใช้แป้งข้าวเหนียวดำต่อแป้งข้าวเจ้าเท่ากับ 50: 50 และอินูลิน ร้อยละ 25 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทสยามโมดิฟายด์สตาร์ชที่ให้ความอนุเคาะห์แป้งดัดแปร และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้และช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือสำหรับการทำวิจัย และขอบคุณนางสาวผกาวัลย์ โชติศรีลือชา และนางสาวกมลชนก ทองสันต์ ผู้ช่วยวิจัยในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

พรรณทิพา เจริญไทยกิจ. (2555). **การพัฒนาแป้งขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวเหนียว**. สืบค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2559. จาก http://thesis.swu.ac.th/swufac/Agri_Tec/Panthipa_J_R415610.pdf

Chen, X.Q., Nagao, N., Itani, T., & Irifune, K. (2012). **Anti-oxidative analysis, and identification and quantification of anthocyanin pigments in different coloured rice**. Food Chemistry, 135(4), 2783-2788.

Hu, C., Zawistowski, J., Ling, W., & Kitts, D.D. (2003). Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, 51(18), 5271-5277.

Jiamjariyatam, R., Kongpensook, V., & Pradipasena, P. (2015). Effects of amylose content, cooling rate and aging time on properties and characteristics of rice starch gels and puffed products. **Journal of Cereal Science**, 61, 16-25.

Jiamjariyatam, R. (2016). Development of ready-to-eat rice starch-based puffed products by coupling freeze-drying and microwave. **International Journal of Food Science and Technology**, 51(2), 444-452.

Jiamjariyatam, R., & Atiwittayaporn, S. (2016). Interaction of moisture content and fat content on puffing propertiesof expanded-product from native rice starch. **Food and Applied Bioscience Journal**, 4(3), 116-125.

Kaur, N., & Gupta, A.K. (2002). Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. **Journal of Bioscience**, 27(7), 703-714.

Lee, J.C., Kim, J.D., Hsieh, F.H., & Eun, J.B. (2008). Production of black rice cake using ground black rice and medium-grain brown rice. **International Journal of Food Science and Technology**, 43(6), 1078-1082.

Marcella, M., Mariapia, I., Valentina, C., Grazia, S., & Matteo, A.D.N. (2012). Effect of the inulin addition on the properties of gluten free pasta. **Food and Nutrition Sciences**, 3, 22-27.

Mensink, M.A., Frijlink, H.W., Maarschalk, K.V.D.V., & Hinrichs, W.L.J. (2015). Inulin, a flexible oligosaccharide. I: Review of its physicochemical characteristic. **Carbohydrate Polymers**, 130, 405-419.

Meyer, D., Bayarri, S., Tárrega, A., & Costell, E. (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. **Food Hydro colloids**, 25(8), 1881-1890.

Singh, R.S., & Singh, R.P. (2010). Production of fructooligo-saccharides from inulin by endoinulinases and their prebiotic potential. Fructooligosaccharides from Inulin as Prebiotics. **Food Technology and Biotechnology**, 48(4), 435-450.