

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ไร้น้ำตาลเสริมใยอาหาร Development of Sugar Free Riceberry Pearl Enriched with Dietary Fiber

ภัทราภรณ์ สุขขาว^{1,*}, กังสดาล หมูภัทรโรจน์¹Pattraporn Sukkhown^{1,*}, Kungsadarn Mupattararot¹

Received: November 24, 2023

Revised: June 11, 2024

Accepted: June 11, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานและศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งมันสำปะหลังที่ 5 ระดับ คือ 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 และ 100:0 แปรระดับการต้มเม็ดไข่มุกเป็นระยะเวลา 35, 40, 45 นาที ผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มากขึ้นและต้มเป็นระยะเวลานานขึ้นส่งผลให้เม็ดไข่มุกที่ได้มีค่า hardness และ springiness ที่ลดลง อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ 25:75 (แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่:แป้งมันสำปะหลัง) โดยต้มเม็ดไข่มุกเป็นระยะเวลานาน 40 นาที ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด การศึกษาปริมาณของบุกเพื่อเพิ่มใยอาหารในเม็ดไข่มุกจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระดับ ร้อยละ 0, 5 และ 10 พบว่าระดับที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 10 การเติมบุกทำให้เม็ดไข่มุกมีเนื้อสัมผัสเหนียวและหนึบขึ้นโดยมีค่า springiness (1.42N) และ gumminess (3.21N) ที่เพิ่มขึ้นจากตัวอย่างควบคุม การพัฒนาสูตรโดยการศึกษ้อัตราส่วนของซูคราโลส สารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายแดง พบว่า สามารถใช้ซูคราโลสที่ร้อยละ 0.42 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ทดแทนน้ำตาลทรายแดงในสูตรควบคุมได้ร้อยละ 100 โดยสูตรดังกล่าว มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 5.84 g/100g ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม (16.50 g/100g) ประมาณ 3 เท่า นอกจากนี้สูตรที่ผ่านการพัฒนามีความชื้น ร้อยละ 23.85 เถ้า ร้อยละ 0.30 โปรตีน ร้อยละ 2.10 ไขมัน ร้อยละ 0.95 เส้นใยหยาบ ร้อยละ 2.12 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 70.68 มีคุณภาพด้านจุลินทรีย์และยีสต์และราทั้งหมด 0 cfu/g การทดสอบผู้โดยบริโภคน 200 คน ที่มีต่อผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการพัฒนา พบว่า ผู้บริโภคมอบรับผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 94 และสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 92

คำสำคัญ : เม็ดไข่มุก, เม็ดไข่มุกไร้น้ำตาล, ข้าวไรซ์เบอร์รี่, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุก

ABSTRACT

The research aimed to develop healthy pearls from riceberry rice by selecting the basic formula and studying the appropriate ratio of using riceberry flour as a substitution for tapioca flour at 5 levels, namely 0:100, 25:75, 50:50, 75:25, and 100:0, varying the pearl boiling time at 35, 40 and 45 minutes. The results showed that when increasing the amount of riceberry flour and boiling it for a longer period of time, the hardness and springiness of the pearls decreased. The appropriate ratio was 25:75 (riceberry flour: tapioca flour) by boiling time the pearls for 40 minutes, with the highest overall liking score. The study of the amount of konjac to increase dietary fiber in riceberry rice pearls at the levels of 0, 5 and 10 percent found that the appropriate level was 10 percent. The addition of konjac made the pearls have a tougher and chewy texture with increased springiness (1.42N) and gumminess (3.21N) values from the control sample. The formulation development by studying the ratio of sucralose, a sweetener, and a substitute of brown sugar. The results found that sucralose at 0.42 percent (percentage by weight) could be used in place of 100 percent brown sugar in the control formulation. The amount of reduced sugar was 5.84 g/100g, which was approximately 3 times less than the control sample (16.50 g/100g). In addition, the developed formula had a moisture content of 23.85%, 0.30% ash, 2.10% protein, 0.95% fat, 2.12% crude fiber, and 70.68% carbohydrates, with microbial quality and all yeasts and molds at 0 cfu/g. The testing by 200 consumers of developed healthy pearls from riceberry rice, found that 94% of consumers accepted the product and 92% were interested in purchasing the product.

Keyword: pearls, sugar-free pearl pellets, riceberry rice, development of pearls

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

บทนำ

ตลาดเครื่องดื่มในไทยมีปริมาณการบริโภคสูงถึง 1.3 หมื่นล้านลิตรต่อปี มูลค่าประมาณ 7.2 แสนล้านบาท แบ่งเป็นตลาดเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เครื่องดื่มของไทยส่วนใหญ่เป็นเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 88 ของมูลค่าส่งออกเครื่องดื่มทั้งหมดของไทย โดยเครื่องดื่มที่ไทยมีศักยภาพส่งออก อาทิ น้ำอัดลม ชาพร้อมดื่ม กาแฟพร้อมดื่ม มีตลาดอาเซียนเป็นตลาดส่งออกหลักสัดส่วนประมาณร้อยละ 64 ของมูลค่าส่งออกเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ รองลงมาคือ สหรัฐฯ (ร้อยละ 12) [1] ทั้งนี้ หากกล่าวถึงเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมสูงในปัจจุบันหนึ่งนั้นคือชาวมะกอก จากงานวิจัยของ Phothipiranan (2016) [2] พบว่า ผลิตภัณฑ์ชาวมะกอกที่ผู้บริโภคชื่นชอบมากที่สุด คือ ชาวมะกอกดำรับ และที่อปปิ้งมะกอก มะกอก มูลค่าตลาดชาวมะกอกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ 3.66 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งเป็นมูลค่ารวมทั้งชาวมะกอกข้ามสัญชาติ และในแต่ละประเทศ ตลาดชาวมะกอกในประเทศไทย มีมูลค่าตลาด 749 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งเป็นอันดับ 2 ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รองมาจากประเทศอินโดนีเซีย มีมูลค่าตลาด คือ 1.6 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ [3]

มะกอก หมายถึง มะกอกที่เกิดจากการนำแป้งสำปะหลัง ซึ่งมีอะไมโลสในปริมาณมากทำให้โครงสร้างของมะกอกมีโครงสร้างเจลที่แข็งแรงเมื่อนำมาทำให้อ่อน การทำมะกอกจะนำแป้งมาเคี่ยวกับน้ำและน้ำตาล บั่นให้เป็นก้อนกลมขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร ส่วนมากนำมารับประทานคู่กับชาหรือเครื่องดื่มประเภทอื่นที่เข้ากัน [4] มะกอกจะเรียกว่า pearl หรือ boba ที่ย่อมาจากคำว่า bubble ก็ได้ โดยทั่วไปมะกอกหนึ่งเม็ดจะให้พลังงาน 2-4 กิโลแคลอรี และมีสารอาหารอื่นๆต่ำ สำหรับชาวมะกอกจะให้พลังงาน 136 แคลอรีต่อหนึ่งแก้ว [5] เนื่องจากมะกอกมีส่วนประกอบของแป้งและน้ำตาลเป็นหลัก ก่อให้เกิดผลกระทบต่อร่างกาย คือส่งผลให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นและก่อให้เกิดโรคต่างๆ ตามมา จากผลสำรวจปี 2564 พบว่ามีผู้ป่วยโรคเบาหวานทั่วโลกแล้ว 537 ล้านคน และมีแนวโน้ม

เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มะกอกที่ใช้เป็นท็อปปิ้งในเครื่องดื่มชาวมะกอกนั้น นิยมผลิตจากแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีปริมาณอะไมโลส (amylose) สูง แต่มีปริมาณแป้งทนย่อย (resistant starch) ต่ำเพียง 4.5 กรัม/100 กรัม [6] นอกจากนั้นมะกอกยังมีส่วนประกอบของน้ำตาล การบริโภคท็อปปิ้งมะกอกอย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดผลกระทบต่อร่างกาย ส่งผลให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นและก่อให้เกิดโรคต่างๆตามมา อาทิเช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน เป็นต้น ผู้ป่วยโรค Noncommunicable diseases (NCDs) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกปี โดยอัตราโรค NCDs ที่สูงที่สุดคือ โรคเบาหวาน โรคดังกล่าวเป็นภาวะที่ร่างกายมีน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติ เนื่องจากการขาดฮอร์โมนอินซูลิน การดูดซึมน้ำตาลในเลือดให้เป็นพลังงานของเซลล์ในร่างกายมีความผิดปกติหรือทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จนเกิดน้ำตาลสะสมในเลือดปริมาณมาก ในปี พ.ศ.2565 พบปีที่ผ่านมา มีผู้ป่วยด้วยโรค NCDs ทั่วโลกแล้ว 537 ล้านคน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โรคเบาหวานมีส่วนทำให้เสียชีวิตสูงถึง 6.7 ล้านคน [7] จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่ามะกอกในสูตรปกติที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำตาลเป็นส่วนประกอบนั้นไม่ดีต่อสุขภาพ ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะกอกจากข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรไม่มีน้ำตาล จึงน่าสนใจอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณแป้งทนย่อย (resistant starch) สูงถึง 16.92 กรัม/100 กรัม ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถต่อต้านการไฮโดรไลซิสโดยเอนไซม์ในลำไส้เล็กเนื่องจากการก่อตัวของสารเชิงซ้อน (อะไมโลส-ลิพิด) จากนั้นจะไปถึงระบบลำไส้โดยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่จะย่อยช้าๆ และทำให้อาหาร GI ต่ำเนื่องจากการปลดปล่อยพลังงานอย่างต่อเนื่อง ทำให้น้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นช้าๆ หลังการย่อยอาหาร [8] คุณสมบัติทางโภชนาการ คุณสมบัติเด่นของข้าวไรซ์เบอร์รี่คือ มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง มีไฟเบอร์สูง และสารอาหารที่มีประโยชน์อื่นๆ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี เทนิน สังกะสี และเส้นใย เป็นต้น สารอาหารเหล่านี้มีส่วนช่วยในการบำรุงร่างกาย บำรุงสายตา บำรุงระบบประสาท ลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง ช่วยป้องกันโรคต่างๆ ได้อย่างมากมาย อาทิ

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

โรคเบาหวาน โรคเมะเร็ง โรคหลอดเลือด โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง โรคสมองเสื่อม และโรคโลหิตจาง มีส่วนช่วยในการสร้างคอลลาเจน ช่วยชะลอความแก่ ลดระดับไขมัน และคอเลสเตอรอลได้ อีกทั้งยังมีดัชนีน้ำตาลต่ำ-ปานกลางอีกด้วย [9]

การใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ เม็ดไข่มุกทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้น ทั้งนี้สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน (noncaloric sweeteners) หรือสารให้ความหวานที่ให้รสหวานจัด (intense sweeteners) เป็นสารที่ให้ความหวานมากกว่าสารให้ความหวานที่ให้พลังงาน (caloric sweeteners) เช่น น้ำตาลซูโครส น้ำเชื่อมจากข้าวโพด (corn syrup) และน้ำผลไม้เข้มข้น เป็นต้น ในปริมาณน้ำหนักที่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อใช้สารเหล่านี้ทดแทนสารให้ความหวานที่ให้พลังงาน จึงสามารถใช้ปริมาณที่น้อยกว่าและไม่เพิ่มพลังงานในอาหารหรือเครื่องดื่ม ซึ่งได้ผ่านการยอมรับจากองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกาแล้ว ได้แก่ แซ็กคาริน (saccharin) แอสปาทัม (aspartame) อะซีซัลเฟม โพแทสเซียม (acesulfame potassium) นิวโอแทม (neotame) แอดวานแทม (advantame) สตีวียออล ไกลโคไซด์ (steviol glycoside) สารสกัดจากผลลอฮังก้วย (lou hun guo) และซูคราโลส (sucralose) [10] ทั้งนี้ซูคราโลส (sucralose) นั้นให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 600 เท่า ไม่มีรสขมตกค้าง ทนความร้อนสูง เกิดจากการดัดแปลงโครงสร้างของน้ำตาลซูโครส จึงนิยมใช้ในขนมอบของหวานและเครื่องดื่มชนิดต่างๆ

จากงานวิจัยของ Whamak et al. (2018) [11] เรื่อง “ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อคุณภาพของหมั่นโถว” ผลการศึกษาพบว่า หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 15 ของน้ำหนักแป้งได้รับคะแนนการยอมรับในทุกๆ ด้านสูงที่สุด จึงทำให้หมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 15 มีปริมาณเถ้าและเส้นใยสูงกว่าชุดการทดลองอื่นที่ไม่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แต่ก็ทำให้หมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต

ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนทำให้หมั่นโถวมีสีม่วงเข้มขึ้นตามปริมาณที่เพิ่มขึ้น และเนื่องจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณเถ้าและเส้นใยสูงกว่าแป้งสาลี

การเลือกรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในอนาคตและปรับปรุงความเป็นอยู่ที่ดีโดยรวม ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงทำวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ เพื่อพัฒนาเม็ดไข่มุกสุขภาพ โดยศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อแป้งมันสำปะหลัง และพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นโดยใช้ผงบุก รวมถึงพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์มีพลังงานลดลงจากการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ดีต่อสุขภาพเป็นการสร้างทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค และ ยังส่งเสริมการใช้ผลผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่ของไทยในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มเป็นการส่งเสริมทางด้านการเศรษฐกิจให้แก่ประเทศอีกด้วย

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. การศึกษาสูตรมาตรฐานของเม็ดไข่มุก

ในขั้นตอนนี้เป็นการคัดเลือกสูตรมาตรฐานเพื่อใช้เป็นสูตรต้นแบบในการทดลองทำเม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ในขั้นต่อไป โดยนำส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลัง น้ำตาลทรายแดง ผงโกโก้ และน้ำเปล่าที่เตรียมไว้มาผสมให้เข้ากันตามสูตรมาตรฐานทั้ง 3 สูตร (Table 1) ขึ้นรูปด้วยการปั้นเป็นก้อนกลม น้ำหนัก 1.5 กรัม/เม็ด จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 35 นาที ปิดไฟและปิดฝาทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที ดัดแปลงจาก Leelawat et al. (2020) [4] แล้วสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพ

*Corresponding author e-mail: pattapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

Table 1 Ingredients of tapioca pearls from three different formulations

Ingredients (%)	Formulations		
	1	2	3
Tapioca flour	44.83	46.30	53.33
Brown sugar	15.52	22.22	20.00
Cocoa powder	5.17	3.70	13.33
Water	34.48	27.78	13.33

Remark: formulation 1 [12], formulation 2 [13], formulation 3 [14]

หลังจากทำเสร็จงานทั้ง 3 สูตร นำมาวัดค่าคุณภาพด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.1 คุณภาพทางกายภาพ

1.1.1 ค่าสี: วัดค่าสีในระบบ CIE ($L^*a^*b^*$): ทำการเทียบมาตรฐานเครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer โดยวัดค่าการสะท้อนแสง (reflectance) ใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมผู้สังเกตการณ์มาตรฐาน 10 องศา มาวัดค่าสีด้วยระบบ CIE $L^*a^*b^*$ โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta (CM-3500d, Konica Minolta, Tokyo, Japan) แหล่งกำเนิดแสง D65 ค่าที่รายงานผลได้แก่ค่าสี L^* (ค่าความสว่าง มีค่า 0 - 100), a^* (+ หมายถึงสีแดง, - หมายถึงสีเขียว) และ b^* (+หมายถึงสีเหลือง, - หมายถึงสีน้ำเงิน) วัดค่าสีตัวอย่างละ 5 ซ้ำ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยตามวิธีการของ [15]

1.1.2 ค่าเนื้อสัมผัส: วิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System (TA.XT plus, United Kingdom) รายงานผลค่า Texture profile analysis โดยใช้หัววัด aluminium probe ขนาด 50mm diameter platen อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดก่อนการทดสอบและขณะทำการทดสอบเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ตัวอย่างจะถูกกดลงไปเป็น ระยะทางร้อยละ 30 ของความสูงตัวอย่าง และอัตราเร็วหลังการทดสอบเท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที จากนั้นวัดเนื้อสัมผัสของตัวอย่างเม็ดไข่มุกโดยนำตัวอย่างมาวาง ณ จุดกึ่งกลางของหัวกด และเริ่มการทดสอบเพื่อวัดค่าเนื้อสัมผัส วัดตัวอย่างละ 10 ซ้ำ วัดค่าเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture profile analysis ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก [4]

1.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุก ด้วยวิธี 9-point hedonic scale กับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นของเม็ดไข่มุก รสหวาน เนื้อสัมผัส (ความหนึบ) และความชอบโดยรวม โดยการออกแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทางประชากรศาสตร์ ทดสอบความชอบของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 50 คน ที่รักสุขภาพและรับประทานเม็ดไข่มุก ช่วงอายุ 18-60 ปี

1.3 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แปรระดับของปัจจัยที่ศึกษาและวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ของข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับปัจจัยที่ศึกษา 3 ปัจจัย และใช้สถิติ Independent Samples T-Test สำหรับปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 12 (Version 12, SPSS Inc., USA).

คัดเลือกสูตรมาตรฐานที่ดีที่สุดที่ได้รับ ความชอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสสูงสุด หรือมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด มาพัฒนาสูตรในขั้นตอนถัดไป

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

2. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งมันสำปะหลัง

การเตรียมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีออร์แกนิก ตราแฟร์ดี ที่ผ่านการโม่อย่างละเอียดแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช จากนั้นเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบลามิเนต ที่สภาวะสุญญากาศภายในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นเตรียมตัวอย่างเม็ดไข่มุกโดยปรับจากสูตรมาตรฐานที่ได้รับความนิยมทางประสาทสัมผัสมากที่สุดจากสูตรที่ 2 มาพัฒนา ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งมันสำปะหลังที่ 5 ระดับ คือ 0:100 (แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี 0 g: แป้งมันสำปะหลัง 125 g), 25:75 (แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี 31.25 g: แป้งมันสำปะหลัง 93.75 g), 50:50 (แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี 62.50 g: แป้งมันสำปะหลัง 62.50 g), 75:25 (แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี 93.75 g: แป้งมันสำปะหลัง 13.25 g) และ 100:0 (แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี 125 g: แป้งมันสำปะหลัง 0 g) ร่วมกับการศึกษาระยะเวลาของการต้มสุกของเม็ดไข่มุกเพื่อหาระยะเวลาการสุกของแป้งเม็ดไข่มุกที่เหมาะสม เป็นระยะเวลา 35, 40 และ 45 นาที จากนั้น

ประเมินค่าคุณภาพทางด้านต่างๆ นำมาวัดค่าคุณภาพด้านต่างๆ ตามวิธีที่กล่าวถึงในข้อ 1.1-1.3

3. การศึกษาอัตราส่วนของผงบุกเพื่อเพิ่มใยอาหารในเม็ดไข่มุกจากข้าวไรซ์เบอร์รี

จากการทดลองในข้อ 2 คัดเลือกระดับการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยข้าวไรซ์เบอร์รีที่ดีที่สุด มาศึกษาปริมาณผงบุกที่เหมาะสม สำหรับการเพิ่มใยอาหารและปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเม็ดไข่มุก โดยแปรปริมาณผงบุกเป็น 3 ระดับ คือร้อยละ 0, 5 และ 10 โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (Table 2) ปริมาณผงบุกจะมีผลต่อความหนืดและเนื้อสัมผัสเม็ดไข่มุก ร่วมกับการศึกษาระยะเวลาของการต้มสุกของเม็ดไข่มุก เป็นระยะเวลา 35, 40 และ 45 นาที เพื่อหาระยะเวลาการสุกของแป้งเม็ดไข่มุกที่เหมาะสม จากนั้นประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม็ดไข่มุกและคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดที่ได้รับความนิยมทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุด หรือมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดเพื่อศึกษาขั้นตอนถัดไป

Table 2 Formulation of konjac pearls with different konjac power level

Ingredients (g)	Percentage of konjac powder		
	0%	5 %	10 %
Tapioca Powder	93.75	93.75	93.75
Riceberry Rice Flour	31.25	31.25	31.25
Konjac Powder	0	7.25	14.50
Brown Sugar	60	60	60
Cocoa Powder	10	10	10
Water	75	75	75

4. การศึกษาผลของการใช้ซูคราโลสแทนน้ำตาลทรายแดงต่อคุณภาพของเม็ดไข่มุกจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี

นำผลการทดลองจากสูตรเสริมใยอาหารจากผงบุกที่จากข้อ 3 มาแทนที่น้ำตาลทรายแดงด้วยซูคราโลสที่ระดับ ร้อยละ 0 และ ร้อยละ 100 (Table 3) การใช้ น้ำตาลซูคราโลสเพื่อลดปริมาณน้ำตาลของเม็ดไข่มุกลง ทำให้ดีต่อสุขภาพมากขึ้น และเนื่องจากน้ำตาลซูคราโลส

หวานกว่าน้ำตาลทรายถึง 600 เท่าและไม่ให้พลังงานจึงใช้สารทดแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณ 0.10 g แทนที่การใช้น้ำตาลทรายแดงในสูตรปกติที่มีปริมาณ 60 g (สามารถลดปริมาณการใช้น้ำตาลลงน้อยกว่าการใช้น้ำตาลทรายแดง 600 เท่า) จากนั้นประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม็ดไข่มุก คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

Table 3 Formulation of healthy pearls from riceberry rice flour without sugar

Ingredients	Percentage of sucralose	
	0%	100%
Tapioca Powder (g)	93.75	93.75
Riceberry Rice Flour (g)	31.25	31.25
Konjac Powder (g)	27	27
Brown Sugar (g)	60	0
Sucralose (g)	0	0.10
Cocoa Powder (g)	10	10
Water (g)	75	75

จากนั้นประเมินค่าคุณภาพทางด้านต่างๆ นำมาวัดค่าคุณภาพด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ: การวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ AOAC (2000) [16]

ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ: การวิเคราะห์ค่า DPPH assay ตามวิธีการของ [17]

การวิเคราะห์หาค่าน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธี AOAC 2016 [18] โดยสกัดน้ำตาลในตัวอย่างเม็ดไข่มุกด้วยสารละลายแอลกอฮอล์กับ น้ำ (1:1) ที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส แล้วตรวจวัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูงชนิดสารพาหะเหลว (High Performance liquid Chromatography)

4.2 คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสี: วิเคราะห์ค่าสีตามวิธีที่กล่าวไว้ในข้อ 1.1.1

ค่าเนื้อสัมผัส: วิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสตามวิธีที่กล่าวไว้ในข้อ 1.1.2

4.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุก ด้วยวิธี 9-

point hedonic scale กับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นของเม็ดไข่มุก รสหวาน เนื้อสัมผัส (ความหนึบ) และความชอบโดยรวม วิเคราะห์ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามวิธีที่กล่าวไว้ในข้อ 1.2

4.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ตามวิธี BAM (2001) [19]

การวิเคราะห์ยีสต์และรา (total yeast and mold) ตามวิธี BAM (2001) [19]

4.5 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ: วิเคราะห์ค่าสีตามวิธีที่กล่าวไว้ในข้อ 1.3

ทั้งนี้จากการคัดเลือกสูตรมาตรฐานที่ดีที่สุดที่ได้รับความนิยมชอบทางประสาทสัมผัสด้านคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด จะถูกคัดเลือกมาศึกษาความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาในข้อ 5

5. การทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการพัฒนา

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนากับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย คือ วัยทำงานอายุ 18-60 ปี ที่

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

บริโภคผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุก ด้วยวิธีการประเมินในศูนย์ ประเมินกลางชุมชน (Central Location Test-CLT) กับผู้ ทดสอบจำนวน 200 คน เสนอตัวอย่างพร้อมแบบสอบถาม ให้ผู้ทดสอบ โดยใช้แบบสอบถามการทดสอบความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งมีทั้งหมด 2 ส่วน คือ ส่วน ที่ 1 ข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์ ส่วนที่ 2 ข้อมูล เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาแจกแจงความถี่ของ แต่ละรายการ และนำเสนอข้อมูลในรูปตารางเปรียบเทียบ ร้อยละ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาสูตรมาตรฐานของเม็ดไข่มุก

จากการทดสอบความชอบของผู้ตอบแบบสอบถาม ทั้งหมด 50 คน ของเม็ดไข่มุกทั้งหมด 3 สูตร ต่อ คุณสมบัติต่างๆของเม็ดไข่มุก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี

กลิ่น กลิ่นรส รสหวาน เนื้อสัมผัส (ความหนึบ) และ ความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบแบบ 9- Point Hedonic Scale [20] จาก Table 4 พบว่า ผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกสูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบ ด้านต่างๆสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ ด้านลักษณะ ปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสหวาน เนื้อสัมผัส (ความ หนึบ) และความชอบโดยรวม โดยมีระดับความชอบอยู่ ในระดับชอบปานกลาง รองลงมาเป็นสูตรที่ 1 และสูตร ที่ 3 ตามลำดับ (สูตรที่ 1 และ 2 มีคะแนนความชอบ โดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \geq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสูตรที่ 2 มีปริมาณแป้ง มันสำปะหลัง (ร้อยละ 46.30) ประมาณ 2 เท่าของ น้ำตาลทรายแดง (ร้อยละ 22.22) ทำให้เนื้อสัมผัสของ เม็ดไข่มุกมีความเหนียวหนึบเป็นที่ชื่นชอบของผู้ทดสอบ จึงส่งผลให้สูตรดังกล่าวได้รับคะแนนความชอบทาง ประสาทสัมผัสด้านต่างๆสูงสุด

Table 4 The sensory scores of healthy pearls for three formulations

Formulation	Sensory Scores						Overall liking
	Appearance	Color	Odor	Flavor	Sweetness	Texture (Stringiness)	
1	7.14 ^a ±0.72	7.20 ^a ±0.89	6.84 ^a ±0.99	6.98 ^a ±0.91	6.72 ^b ±1.04	7.20 ^a ±1.17	7.08 ^a ±0.91
2	7.26 ^a ±0.91	7.34 ^a ±0.93	7.00 ^a ±1.11	7.06 ^a ±0.95	7.12 ^a ±1.19	7.30 ^a ±1.12	7.16 ^a ±1.05
3	6.58 ^b ±0.98	6.72 ^b ±1.04	6.34 ^b ±1.14	6.54 ^b ±1.24	6.56 ^b ±1.06	6.32 ^b ±1.33	6.60 ^b ±1.04

Data are shown as average ± standard deviation

^{a,b,c} The means followed by same letter are not significantly different in the same column ($p < 0.05$)

Note: 1 = formulation no.1, 2 = formulation no.2, 3 = formulation no.3

จาก Table 5 การทดสอบวัดค่าทางกายภาพ ของเม็ดไข่มุกของสูตรมาตรฐานทั้ง 3 สูตร โดยการวัด ค่าทางกายภาพของเม็ดไข่มุก ได้แก่ การวัดค่าสี (L^* , a^* , b^*) และค่าเนื้อสัมผัส พบว่ามีเม็ดไข่มุกสูตรที่ 3 ค่า ความสว่างของสีต่ำที่สุดโดยมีค่า L^* (30.14) น้อยที่สุด และมีค่า a^* มากที่สุด เม็ดไข่มุกสูตรนี้มีสีค่อนข้างคล้ำ เนื่องจากมีปริมาณผงโกโก้ในสูตรมากที่สุดส่งผลให้เม็ด ไข่มุกมีสีโตนดำ จากค่าเนื้อสัมผัสเม็ดไข่มุกทั้ง 3 สูตร มี ค่า cohesiveness และ adhesiveness ไม่แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สูตรที่ 2 มีค่า hardness ในระดับปานกลาง (โดยสูงเป็นลำดับที่ 2) และมีค่า springiness, gumminess และค่า chewiness มากที่สุด ซึ่งเป็นค่าที่อธิบายได้ว่าเม็ดไข่มุกสูตรที่ 2 มีความยืดหยุ่นสูงโดยที่เมื่อออกแรงกดแล้วกลับคืนรูปได้ ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความหนึบสูงสุด เมื่อเคี้ยวมีความ ด้านทานการเคี้ยว ทำให้เคี้ยวได้ยากซึ่งเป็นลักษณะของ อาหารที่เหนียวหนึบ จากการทดสอบความชอบเม็ด ไข่มุกสูตร 2 เป็นสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบในด้าน

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

ต่างๆ สูงที่สุด สอดคล้องกับผลการทดสอบทางกายภาพที่เม็ดไข่มุกสูตรนี้มีค่า gumminess มากที่สุด จึงกล่าวได้ว่าตัวอย่างที่ 2 เป็นเม็ดไข่มุกที่มีค่าเนื้อสัมผัสดีที่สุด

จึงได้คัดเลือกสูตรที่ 2 เพื่อให้ได้สูตรมาตรฐานที่ดีที่สุดเพื่อการพัฒนาต่อไป

Table 5 Color and texture qualities of healthy pearls from three formulations

Property	Formulations		
	1	2	3
Color quality			
L*	33.38 ^a ±0.61	32.80 ^a ±1.49	30.14 ^b ±1.27
a* ^{NS}	3.65±2.17	3.28±1.52	3.72±2.48
b*	3.86 ^a ±1.35	2.10 ^b ±1.75	2.85 ^b ±3.54
Texture quality			
Hardness (N)	2.90 ^b ±2.11	3.45 ^a ±3.58	4.08 ^c ±3.10
Adhesiveness (N) ^{NS}	-1.05±1.14	-0.90±1.08	-1.20±1.20
Springiness (N)	1.20 ^{ab} ±2.10	1.37 ^a ±1.07	1.08 ^b ±1.44
Cohesiveness (N) ^{NS}	0.90±1.31	1.20±1.56	1.14±1.09
Gumminess (N)	2.80 ^b ±2.43	3.01 ^a ±2.15	2.95 ^{ab} ±1.80
Chewiness (N)	2.10 ^b ±2.60	2.92 ^a ±1.40	2.70 ^a ±1.19

Data are shown as average ± standard deviation

^{a-c} The means followed by same letter not are significantly different in the same row (p<0.05)

Note: 1 = formulation no.1, 2 = formulation no.2, 3 = formulation no.3

^{NS}, (within the same row) means not significantly different (p>0.05).

2. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งมันสำปะหลัง

จาก Table 6 การเตรียมตัวอย่างเม็ดไข่มุกโดยปรับจากสูตรมาตรฐานที่ 2 ซึ่งได้รับความชอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุดมาพัฒนา ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งมันสำปะหลัง 5 ระดับ คือ 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 และ 100:0 ร่วมกับศึกษาระยะเวลาการต้มโดยแปรผันระยะเวลาการต้มเม็ดไข่มุกเป็นระยะเวลานาน 35, 40 และ 45 นาที ตามลำดับ การทดสอบความชอบของเม็ดไข่มุกของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 50 คน ต่อคุณลักษณะต่างๆของเม็ดไข่มุก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสหวาน เนื้อสัมผัส (ความหนึบ) และ

ความชอบโดยรวม พบว่า เม็ดไข่มุกจากการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 25 เป็นระยะเวลานาน 40 นาที ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด ทั้งนี้ตัวอย่างเม็ดไข่มุกสูตรดังกล่าวมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงสุดโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับตัวอย่างเม็ดไข่มุกจากการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 25 เป็นระยะเวลานาน 35 นาที ในการนี้จึงคัดเลือกสูตรเม็ดไข่มุกจากการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 25 เป็นระยะเวลานาน 40 นาทีเป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด เนื่องจากปัจจัยด้านเนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกับความชอบของผู้บริโภคต่อเม็ด

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

ไข่มุก จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเพิ่มระยะเวลาการต้มนานขึ้นจะเพิ่มความชอบทางประสาทสัมผัสด้านสีและเนื้อสัมผัสที่นิ่มลง อันเนื่องจากการต้มนานขึ้นทำให้เม็ดไข่มุกเกิดการอมน้ำมีสีอ่อนลงเล็กน้อยและมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มลง เนื่องจากการให้ความร้อนแก่เม็ดไข่มุก ซึ่งมียอดประกอบหลักเป็นแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิการเกิดเจล (gelatinization temperature) ที่ระยะเวลาต่างกัน จะส่งผลต่อคุณลักษณะของเจล การเกิดเจลในตัวของแป้ง ความร้อนจะทำให้ลายพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของเม็ดแป้งส่งผลให้เม็ดแป้งพองตัวและแตกออก สารละลายน้ำแป้งจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น จากนั้นจะเกิดรีโทรเกรเดชันจากสารละลายน้ำแป้งที่ได้รับความร้อนสูงกว่าอุณหภูมิการเกิดเจลในเซลล์ต่อไปเรื่อยๆ จนเม็ดแป้งเกิดการพองตัวและแตกออก โมเลกุลของอะมิโลสจึงกระจายออกมา แล้วเมื่อถูกทำให้เย็นลง โมเลกุลของอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติได้โครงสร้างใหม่ที่สามารรถอุ้มน้ำและไม่มี การดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลหนืดคล้ายฟิล์มหรือฟลิก ลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลอิสระที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมาออกเซลล์ ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า syneresis ปรากฏการณ์ทั้งสองนี้จะทำให้เจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น ปริมาณและขนาดอะมิโลสมีความสำคัญต่อการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งโดยแป้งที่มีอะมิโลสสูงจะเกิดรีโทรเกรเดชันได้ดี และเร็วกว่าแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำหรือมีปริมาณอะมิโลสเพกตินสูง อะมิโลสเพกตินจะมีผลทำให้เกิดรีโทรเกรเดชันได้น้อย ดังนั้นแป้งแต่ละชนิดจะมีอัตราการเกิดรีโทรเกรเดชันที่แตกต่างกัน [21] ในที่นี้แป้งมันสำปะหลังซึ่งมีปริมาณอะมิโลส ร้อยละ 17 มากกว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสเพียง ร้อยละ 15.60 จึงเกิดรีโทรเกรเดชันได้ดีและเร็วกว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทำให้เม็ดไข่มุกที่ใช้แป้งมันสำปะหลังในปริมาณที่มากกว่ามีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าเม็ดไข่มุกจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

ดังนั้นการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในระดับที่มากขึ้นทำให้เม็ดไข่มุกที่นิ่มลงส่งผลต่อคะแนนความชอบที่ลดลง โดยผู้บริโภคโดยทั่วไปมักจะชอบรับประทานเม็ดไข่มุกที่สีเข้มและมีเนื้อสัมผัสหนึบ

ค่าสี L^* a^* และ b^* ของเม็ดไข่มุกที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แสดงใน Table 7 พบว่า ค่าสี L^* a^* และ b^* ของสิ่งทดลองทั้ง 5 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี L^* เป็นค่าแสดงความสว่างของสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าสูงสุด และเมื่อทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในสิ่งทดลองควบคุมในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้น ค่า L^* มีค่าลดลง ซึ่งหมายความว่าเม็ดไข่มุกที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้เม็ดไข่มุกมีความสว่างลดลงและมีสีคล้ำขึ้น จะเห็นได้ว่าที่เวลาการต้ม 35 นาที จากสิ่งทดลองควบคุมที่มีองค์ประกอบของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ร้อยละ 0 มีค่า L^* 37.30 ในขณะที่สิ่งทดลองที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 100 มีค่า 34.36 ในส่วนของค่า a^* ที่เป็นค่าสีแดง เพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มากขึ้น สีของเม็ดไข่มุกมีสีน้ำตาลแดงมากขึ้น จากสิ่งทดลองควบคุมที่มีองค์ประกอบของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ร้อยละ 0 มีค่า 2.73 ในขณะที่สิ่งทดลองที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 100 มีค่า 4.17 และค่า b^* เป็นค่าสีเหลืองซึ่งมีค่าลดลง เมื่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มมากขึ้นทำให้เม็ดไข่มุกมีสีเข้มขึ้น จากสิ่งทดลองควบคุมที่มีองค์ประกอบของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ร้อยละ 0 มีค่า 4.10 ในขณะที่สิ่งทดลองที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ร้อยละ 100 มีค่า 2.43 และเมื่อต้มเป็นเวลานานขึ้นเม็ดไข่มุกมีสีเข้มขึ้น ความสว่างลดลง เนื่องจากในข้าวไรซ์เบอร์รี่มีองค์ประกอบของโปรตีนสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (maillard Reaction) ระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโนในโปรตีนระหว่างให้ความร้อน [22] จึงทำให้เม็ดไข่มุกที่มีปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มขึ้นมีสีเข้มกว่าเม็ดไข่มุกที่ไม่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นองค์ประกอบ

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

ผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาลเข้มอมดำ และการเกิดสีน้ำตาลเข้มอมดำของเม็ดไข่มุกยังเกิดจากขบวนการ dextrinization เป็นขบวนการให้สีและกลิ่นเฉพาะให้กับเม็ดไข่มุกเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งเกิดจากโมเลกุลของแป้งจะแตกออกเล็กลงเรียกว่า dextrin ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีคล้ำ เกิดการเปลี่ยนสีและขนาดโมเลกุล อาหารที่เกิดจากขบวนการนี้เช่นเดียวกันได้แก่ ขนมปังปิ้ง กะโหลกขนมปัง ทองม้วน และแป้งทอดในน้ำมัน [23]

Percentage of riceberry substitution (%)	Boiling time (min)	Sensory scores					
		Color	Odor	Flavor	Sweetness	Texture	Overall
0	35	6.76 ^d ±0.90	6.93 ^c ±1.14	6.93 ^c ±1.20	6.33 ^e ±0.80	7.03 ^d ±1.10	7.20 ^{ab} ±1.06
	40	6.90 ^{cd} ±0.87	6.80 ^c ±1.25	7.10 ^{bc} ±0.70	7.06 ^c ±0.74	7.66 ^c ±1.1	7.46 ^{ab} ±0.78
	45	7.00 ^c ±1.12	6.28 ^{cd} ±1.03	6.08 ^d ±0.87	7.14 ^c ±1.14	7.38 ^{cd} ±0.97	6.90 ^c ±1.04
25	35	8.00 ^{ab} ±0.90	8.02 ^a ±0.90	7.66 ^a ±0.77	8.00 ^a ±1.09	7.33 ^c ±0.90	7.66 ^a ±0.97
	40	8.33 ^a ±1.07	8.16 ^a ±0.97	7.23 ^b ±0.90	7.93 ^b ±1.14	8.66 ^a ±0.87	7.83 ^a ±1.08
	45	7.66 ^b ±1.20	7.73 ^b ±0.80	7.68 ^a ±1.04	7.33 ^c ±0.76	8.10 ^b ±1.15	7.06 ^b ±1.24
50	35	7.40 ^b ±0.90	6.00 ^d ±1.00	6.33 ^d ±0.97	6.66 ^d ±1.20	7.00 ^d ±1.31	7.00 ^b ±0.66
	40	7.70 ^b ±0.75	6.66 ^c ±0.80	6.00 ^d ±0.82	6.33 ^e ±1.14	6.66 ^e ±1.20	6.80 ^{bc} ±0.96
	45	7.14 ^{bc} ±0.94	6.33 ^{cd} ±0.97	7.00 ^c ±0.70	6.66 ^d ±1.19	7.00 ^d ±0.97	6.57 ^c ±0.80
75	35	5.68 ^e ±0.97	5.33 ^e ±0.78	5.00 ^e ±0.90	4.63 ^g ±0.60	4.00 ^h ±1.00	5.70 ^d ±1.02
	40	5.43 ^e ±0.90	5.08 ^e ±1.00	5.00 ^e ±0.92	5.33 ^f ±0.90	5.33 ^f ±0.94	5.53 ^d ±1.17
	45	5.13 ^f ±1.35	4.67 ^f ±0.97	5.33 ^e ±1.23	5.40 ^f ±0.72	4.33 ^{gh} ±0.87	5.00 ^e ±1.40
100	35	5.60 ^e ±1.27	4.66 ^f ±1.27	4.43 ^g ±1.27	5.00 ^f ±0.90	4.00 ^h ±1.13	4.20 ^f ±1.20
	40	5.12 ^f ±1.06	5.02 ^e ±1.02	4.66 ^f ±1.20	5.06 ^f ±0.76	4.66 ^g ±0.87	4.33 ^f ±1.36
	45	4.67 ^g ±1.18	5.13 ^e ±0.84	4.61 ^f ±1.15	4.33 ^h ±1.20	3.90 ⁱ ±1.40	4.00 ^f ±1.28

^{a-i} The means followed by same letter not are significantly different in the same column (p<0.05)

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

Table 7 Color of healthy pearls with different treatments

Percentage of riceberry substitution (%)	Boiling time (min)	Color		
		L*	a*	b*
0	35	37.30±1.46 ^a	2.73±0.17 ^{ef}	4.10±0.98 ^a
	40	37.42±0.39 ^a	3.14±0.16 ^{ab}	4.02±0.47 ^a
	45	35.95±0.21 ^{abc}	2.71±0.56 ^{ef}	3.18±0.26 ^{ab}
25	35	36.51±0.60 ^{ab}	3.26±0.44 ^{de}	3.68±0.34 ^a
	40	36.15±0.72 ^{abc}	3.28±0.16 ^{de}	3.52±0.79 ^a
	45	36.09±0.49 ^{abc}	3.52±0.43 ^{cd}	3.46±0.53 ^a
50	35	36.13±1.46 ^{abc}	3.64±0.20 ^{cd}	4.05±0.69 ^a
	40	35.33±0.49 ^{abcd}	4.00±0.84 ^{abcd}	3.36±0.40 ^{ab}
	45	35.11±0.76 ^{abcd}	4.22±0.40 ^{abc}	3.16±0.31 ^{ab}
75	35	35.97±0.50 ^{abc}	3.78±0.46 ^{bcd}	3.15±0.68 ^{ab}
	40	34.12±4.23 ^{bcd}	4.43±0.36 ^{ab}	2.18±0.32 ^f
	45	33.84±1.34 ^{cd}	4.44±0.19 ^{ab}	1.89±0.24 ^c
100	35	34.36±0.79 ^{bcd}	4.17±0.28 ^{abc}	2.43±0.43 ^{bc}
	40	33.76±0.26 ^{cd}	4.58±0.50 ^a	1.95±0.26 ^c
	45	32.99±0.12 ^d	4.77±0.09 ^a	1.92±0.59 ^c

Data are shown as average ± standard deviation

^{a-d} Means within the same column with different letters are significantly different (p<0.05)**Table 8** Cooking time on Texture Profile Analysis (TPA) value

% of Riceberry Rice flour	Boiling time (min)	Hardness (N)	Adhesiveness (N)	Springiness (N)	Cohesiveness (N)	Gumminess (N)	Chewiness (N)
0	35	3.80 ^a ±0.10	-0.04 ^f ±0.12	0.96 ^a ±0.18	0.94 ^a ±0.03	2.07 ^b ±0.10	1.99 ^b ±0.16
	40	3.34 ^b ±0.24	-0.09 ^f ±0.23	0.95 ^a ±0.07	0.91 ^a ±0.05	3.05 ^a ±0.14	2.89 ^a ±0.23
	45	2.79 ^c ±0.08	-0.21 ^f ±0.15	0.95 ^a ±0.12	0.93 ^a ±0.10	2.32 ^b ±0.10	2.19 ^a ±0.20
25	35	3.95 ^a ±0.17	-2.70 ^d ±0.20	0.91 ^a ±0.12	0.66 ^b ±0.08	1.29 ^{cd} ±0.08	1.10 ^c ±0.30
	40	3.16 ^b ±0.50	-1.75 ^e ±0.05	0.85 ^a ±0.12	0.60 ^{bc} ±0.02	1.88 ^c ±0.20	1.44 ^{bc} ±0.24
	45	2.51 ^c ±0.26	-2.21 ^d ±0.10	0.77 ^b ±0.04	0.75 ^b ±0.14	1.87 ^c ±0.17	1.71 ^b ±0.18
50	35	2.98 ^a ±0.18	-1.16 ^e ±0.16	0.61 ^{bc} ±0.05	0.51 ^c ±0.09	1.52 ^c ±0.05	0.93 ^c ±0.17
	40	2.89 ^c ±0.05	-0.54 ^f ±0.30	0.57 ^c ±0.05	0.52 ^c ±0.11	0.99 ^d ±0.07	0.57 ^d ±0.03
	45	2.01 ^d ±0.12	-0.22 ^f ±0.20	0.67 ^b ±0.07	0.42 ^d ±0.20	0.84 ^e ±0.14	0.56 ^d ±0.07
75	35	2.61 ^c ±0.13	-0.75 ^f ±0.15	0.64 ^b ±0.11	0.50 ^c ±0.14	0.81 ^e ±0.16	0.51 ^d ±0.12
	40	1.06 ^f ±0.20	-1.66 ^e ±0.07	0.67 ^b ±0.10	0.53 ^c ±0.19	1.08 ^d ±0.07	0.72 ^d ±0.35
	45	1.97 ^e ±0.09	-0.26 ^f ±0.30	0.67 ^b ±0.05	0.54 ^c ±0.32	1.11 ^d ±0.10	0.74 ^d ±0.19
100	35	1.24 ^f ±0.15	-5.83 ^c ±0.25	0.84 ^a ±0.03	0.62 ^b ±0.02	1.02 ^d ±0.12	1.70 ^b ±0.15
	40	1.80 ^e ±0.10	-16.15 ^a ±0.14	0.57 ^c ±0.08	0.38 ^d ±0.07	0.31 ^e ±0.16	0.17 ^e ±0.10
	45	1.78 ^e ±0.14	-9.18 ^b ±0.27	0.24 ^d ±0.17	0.23 ^d ±0.09	0.22 ^e ±0.30	0.05 ^e ±0.14

Data are shown as average ± standard deviation

^{a-c} The means followed by same letter not are significantly different in the same column (p<0.05)

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

จาก Table 8 เมื่อต้มเม็ดไข่มุกเป็นระยะเวลานานขึ้นมีผลทำให้ค่าความแข็ง (hardness) และค่าความยืดหยุ่น springiness มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการต้มนานขึ้นเกิดการเจลาตินในเซชันของเม็ดแป้ง เมื่อเม็ดแป้งพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างระหว่างโมเลกุลภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลงเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามาและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เม็ดแป้งจะเปลี่ยนรูปร่างและโครงสร้าง birefringence ความหนืดของแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมา เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีก รูปร่างของเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล [21] เป็นผลทำให้เม็ดไข่มุกมีความนิ่มลงเมื่อต้มเป็นระยะเวลาที่นานขึ้นจึงส่งผลให้ค่าความแข็ง (hardness) และค่าความยืดหยุ่น springiness ลดลง การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มากขึ้นจากระดับที่ทดแทนร้อยละ 0-100 มีผลทำให้ค่า hardness, cohesiveness, gumminess และ chewiness มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากแป้งไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณอะไมโลเพกตินสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง โดยโมเลกุลของอะไมโลเพกตินมีลักษณะเป็นก้าน ซึ่งถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน โมเลกุลของน้ำจึงเข้าไปแทรกระหว่างสายของอะไมโลเพกตินได้ง่ายกว่าอะไมโลส [24] แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ 15.60) น้อยกว่าแป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ 17.00) [25] เม็ดไข่มุกจึงค่าความแข็งลดลง และมีค่า adhesiveness ที่เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าเม็ดไข่มุกมีความนิ่มเกิดการเกาะติดกับพื้นผิวมากขึ้นเมื่อเคี้ยวจะติดฟัน ส่วนค่า fracturability

ค่าความแตกเปราะเม็ดไข่มุกในทุกตัวอย่างไม่ปรากฏค่านี้เนื่องจากเม็ดไข่มุกมีความเหนียวหนืด มีส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันจึงไม่มีการแตกเปราะที่ผิวสัมผัสเมื่อมีการบดเคี้ยวผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ร้อยละ 100 ต้มเป็นระยะเวลานาน 35 นาที เม็ดไข่มุกมีค่า springiness สูง และไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ร้อยละ 0 และร้อยละ 50 เนื่องจากการต้มด้วยระยะเวลาไม่นานพอที่ทำให้สูญเสียความยืดหยุ่นจากการคลายตัวของโครงสร้างเจลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้ในปริมาณมากถึงร้อยละ 100 แต่เมื่อต้มเป็นระยะเวลานานขึ้นถึง 40 และ 45 นาที พบว่าเม็ดไข่มุกมีค่า springiness ลดลงแตกต่างจากตัวอย่างแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 0 และร้อยละ 50 อย่างเห็นได้ชัด ($p < 0.05$) จากการศึกษาอัตราส่วนของข้าวไรซ์เบอร์รี่และระยะเวลาการต้มเม็ดไข่มุกโดยพิจารณาร่วมกับผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่าอัตราส่วนร้อยละ 25 ที่เวลาการต้ม 40 นาที เหมาะสมที่สุดจึงเลือกสิ่งทดลองนี้ไปศึกษาขั้นถัดไป

3. การศึกษาอัตราส่วนของบุกเพื่อเพิ่มใยอาหารในเม็ดไข่มุกจากข้าวไรซ์เบอร์รี่

การศึกษารัตส่วนของบุกเพื่อเพิ่มใยอาหารในเม็ดไข่มุกจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระดับการเติมบุกร้อยละ 5 และ ร้อยละ 10 โดยทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นของเม็ดไข่มุกรสหวาน เนื้อสัมผัส (ความหนืด) และความชอบโดยรวมของเม็ดไข่มุก ได้ผลดัง Table 9

Table 9 Sensory scores of healthy pearls enhanced konjac powder with different treatments

Percentage of Konjac powder	Sensory scores					
	Color ^{NS}	Odor	Flavor	Sweetness ^{NS}	Texture (Gumminess)	Overall liking
0	7.08±1.14	6.65 ^b ±1.23	6.25 ^b ±1.20	7.33±1.10	6.64 ^b ±0.92	6.53 ^b ±1.08
5	7.00±0.70	6.33 ^b ±1.27	6.40 ^b ±1.04	7.20±0.94	6.70 ^b ±1.13	6.66 ^b ±0.97
10	7.10±0.90	7.33 ^a ±1.08	7.33 ^a ±1.02	7.60±0.70	8.20 ^a ±0.70	8.04 ^a ±1.02

Data are shown as average ± standard deviation

^{a-b} The means followed by same letter not are significantly different in the same column ($p < 0.05$)

^{NS}, (within the same column) means not significantly different ($p \geq 0.05$).

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

จาก Table 9 เมื่อเติมบุกในปริมาณมากขึ้นทำให้เม็ดไข่มุกมีเนื้อสัมผัสที่หนึบขึ้น ในการนี้จากผลทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส การเติมบุกที่ร้อยละ 10 ส่งผลทำให้มีค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่น กลิ่นรส รสหวาน เนื้อสัมผัส (ความหนึบ) และความชอบโดยรวมใน

ระดับที่สูงกว่า การเติมบุกที่ร้อยละ 0 และ 5 โดยระดับคะแนนความชอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นจึงคัดเลือกการเติมบุกที่ร้อยละ 10 สำหรับศึกษาในขั้นถัดไป

Table 10 Different of konjac powder level on color and Texture Profile Analysis (TPA)

Property	0% Konjac powder	5% Konjac powder	10% Konjac powder
Color			
L* ^{NS}	36.15±0.72	36.26±0.47	36.90±0.10
a*	3.28 ^b ±0.16	4.17 ^a ±0.27	4.45 ^a ±0.46
b* ^{NS}	3.52±0.79	3.86±0.32	3.43±0.49
Texture			
Hardness (N)	3.16 ^b ±0.50	4.12 ^a ±1.76	4.14 ^a ±1.68
Adhesiveness (N)	-1.75 ^a ±0.05	-1.32 ^b ±0.26	-0.84 ^c ±0.18
Springiness (N)	0.85 ^b ±0.12	0.86 ^b ±1.16	1.42 ^a ±1.44
Cohesiveness ^{NS} (N)	0.60±0.02	0.70±1.69	0.78±0.21
Gumminess (N)	1.88 ^c ±0.20	2.89 ^b ±0.45	3.21 ^a ±1.09
Chewiness (N)	1.44 ^c ±0.24	2.48 ^b ±2.40	2.96 ^a ±2.30

Data are shown as average ± standard deviation

^{a-c} The means followed by same letter not are significantly different in the same row ($p < 0.05$)

^{NS}, (within the same row) means not significantly different ($p \geq 0.05$).

จาก Table 10 การเติมบุกในปริมาณมากขึ้นจากร้อยละ 0-10 ไม่ส่งผลต่อค่าความสว่างของสี L* และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน b* ค่าที่วัดได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดง-เขียว a* มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างจากสูตรควบคุม เนื่องจากการเติมบุกทำให้เม็ดไข่มุกมีการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นทำให้เม็ดไข่มุกที่ได้มีเจดสีน้ำตาลเข้มอมดำที่สว่างขึ้นเล็กน้อยทำให้ค่าความเป็นสีแดง-เขียว a* เพิ่มขึ้น โดยมีค่าการเติมบุกในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 ให้ค่าสี L*a*b* ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากบุกมีสีขาวใสการใช้บุกในปริมาณที่แตกต่างกันเพียงร้อยละ 5 เป็นระดับที่ไม่ทำให้ค่าสีของเม็ดไข่มุกเกิดการเปลี่ยนแปลง

การเติมบุกในปริมาณที่มากขึ้นจากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 10 ไม่ส่งผลต่อค่าเนื้อสัมผัส hardness และ cohesiveness ($p < 0.05$) แต่ส่งผลต่อค่า adhesiveness, springiness, gumminess และ chewiness การเติมบุกร้อยละ 10 ทำให้เม็ดไข่มุกมีเนื้อสัมผัสที่มีความยืดหยุ่นและความเหนียวหนึบมากขึ้น พิจารณาได้จากค่า springiness (1.42N) และ gumminess (3.21N) ที่สูงขึ้นมากกว่าการเติมบุกร้อยละ 5 การเพิ่มปริมาณบุกจะทำให้ค่าเหล่านี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากบุกมีองค์ประกอบของกลูโคแมนแนนซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งจะแทรกตัวอยู่ในโปรตีนเมทริกซ์ของเม็ดไข่มุกเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้พอลิแซคคาไรด์พองตัวและเกิดเป็นโครงสร้างที่เสริมความแข็งแรงของโครงสร้าง

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

ร่างแหของโปรตีนในเม็ดไข่มุก [26] ทำให้เม็ดไข่มุกมีเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่นและหนึบขึ้นได้มากกว่าสิ่งทดลองที่มีบุกในปริมาณที่น้อยกว่าซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เม็ดไข่มุกที่มีการเติมบุกร้อยละ 10 ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับความชอบของผู้บริโภคทำให้มีค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่น กลิ่นรส รสหวาน เนื้อสัมผัส (ความหนึบ) และความชอบโดยรวมในระดับที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นๆที่มีการเติมบุกเพียงร้อยละ 0 และ 5 ตามลำดับ

4. การศึกษาผลของการใช้ซูคราโลสแทนน้ำตาลทรายแดงต่อคุณภาพของเม็ดไข่มุกจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

การศึกษาผลของการใช้ซูคราโลสแทนน้ำตาลทรายแดงต่อค่าสีของเม็ดไข่มุกจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยศึกษาการใช้สารทดแทนความหวานที่ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) และร้อยละ 100 ได้ผลดัง Table 11

Table 11 Effect of sucralose on color of healthy pearls

Percentage of sucralose	Color of healthy pearls		
	L*	a*	b*
0.00	36.90 ^b ±0.76	4.60a±0.32	3.45 ^a ±0.59
0.42	37.74 ^a ± 0.30	4.07 ^b ±0.45	3.02 ^b ±0.62

Data are shown as average ± standard deviation

^{a-b}The means followed by same letter not are significantly different in the same column (p<0.05) using Independent Samples T-Test

จาก Table 11 การเติมซูคราโลสส่งผลต่อค่าสีของตัวอย่าง การใช้ซูคราโลสร้อยละ 0.42 จากน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมดในสูตรสามารถทดแทนการใช้ น้ำตาลทรายสูตรปกติได้ร้อยละ 100 เป็นผลทำให้ค่าความสว่างของสีสูตรที่ใช้ซูคราโลสมีค่า L*=37.74 สูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลปกติซึ่งมีค่า L* = 36.90 และมีค่า a* (4.07) และ b* (0.23) ที่ต่ำกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลปกติ ทั้งนี้เนื่องจากสูตรที่ใช้น้ำตาลทรายแดง(สูตรปกติ) จะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) เป็นการ

เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนโปรตีนหรือ สารประกอบไนโตรเจนอื่นๆที่อยู่ในผลิตภัณฑ์โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา ผลผลิตที่ได้จะเป็นสารประกอบหลายชนิดที่ให้สีน้ำตาลและกลิ่นรสต่างๆได้ เกิดขึ้นจากการนำเม็ดไข่มุกที่มีแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และแป้งมันสำปะหลังที่มีองค์ประกอบของโปรตีนและมีส่วนผสมของน้ำตาลไปต้มทำให้เม็ดไข่มุกมีสีน้ำตาลและมีกลิ่นรสเฉพาะของน้ำตาลทรายแดงทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ขึ้น [27]

Table 12 Effect of sucralose on sensory scores of healthy pearls

Percentage of sucralose	Sensory scores					
	Color ^{NS}	Odor ^{NS}	Flavor ^{NS}	Sweetness ^{NS}	Texture ^{NS}	Overall ^{NS}
0.00	7.66±0.87	7.65±0.57	7.33±0.96	7.33±0.90	7.66±0.57	7.63±1.20
0.42	7.22±0.80	7.20±0.90	7.40±1.13	7.08±0.68	7.82±1.14	7.33±1.08

Data are shown as average ± standard deviation

^{NS}, (within the same column) means not significantly different (p>0.05) using Independent Samples T-Test.

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

ตัวอย่างที่มีองค์ประกอบของข้าวไรซ์เบอร์รี่และไม่มีน้ำตาล ยังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ต่ำกว่า เนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลังมาก และการทดแทนน้ำตาลในสูตรด้วยซูคราโลสที่ไม่ให้พลังงานจึงไม่ มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต ในขณะที่น้ำตาลทรายแดงมีคาร์โบไฮเดรตอยู่ในปริมาณมาก จึงทำให้ตัวอย่างที่ พัฒนาแล้วมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ต่ำกว่า จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง โดยมีค่า TEAC เท่ากับ 883.03 ไมโครโมลต่อกรัม หรือ 221.014 มิลลิกรัมต่อกรัม [32] ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jonhjaited et al. (2018) [33] พบว่า ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีแอนโทไซยานินสูงถึง 87.46 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sueaman et al. (2019) [34] อีกด้วยที่พบว่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงนั้นจะแปรผันตรงกับ ปริมาณแอนโทไซยานิน จากงานวิจัยนี้พบว่าผลิตภัณฑ์ เม็ดไข่มุกที่พัฒนาขึ้นมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH assay ($\mu\text{mol TE/g}$) ที่ 119.72 $\mu\text{mol TE/g}$ ในขณะที่เม็ดไข่มุกสูตรควบคุม มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH assay ($\mu\text{mol TE/g}$) ที่ต่ำกว่า เท่ากับ 80.25 $\mu\text{mol TE/g}$ จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเม็ดไข่มุกข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรไร้น้ำตาลที่ผ่านการพัฒนาสามารถกล่าวได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายสามารถช่วยในเรื่องของระบบขับถ่าย การควบคุมน้ำหนัก การลดระดับน้ำตาลและคอเลสเตอรอลในเลือดบำรุงผิวพรรณ และต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น

Table 15 Microbial quality of the developed healthy pearls

Total plate count (cfu/g)	Yeast and Mold (cfu/g)
0	0

การศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ เม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการ พัฒนา (Table 15) พบว่า มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 0 cfu/g และจำนวนยีสต์และรา 0 cfu/g (ทุก count น้อยกว่า 30) ซึ่งมีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

5. การทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค ที่มีต่อผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการพัฒนา

การทดสอบความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์ เม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการพัฒนา จากการศึกษาเชิงปริมาณ โดยการออกแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทางประชากรศาสตร์ ความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 200 คน พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 60) ส่วนใหญ่มีสถานะโสด (ร้อยละ 80) อายุ 21-30 ปี (ร้อยละ 56) ระดับการศึกษาปริญญาตรี (ร้อยละ 84) และมีรายได้ต่อเดือนที่ 20,001–30,000 (ร้อยละ 42) ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Janead (2021) [35] พบว่า ผู้บริโภคชานมส่วนใหญ่เลือกที่อปปี้เป็นเม็ดไข่มุก ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงอายุระหว่าง 20-24 ปี เป็นพนักงานบริษัทเอกชน การศึกษาระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่า มีรายได้เดือนละ 15,001 – 25,000 บาท บริโภคมากกว่า 6 แก้ว/สัปดาห์ ช่วงเวลาการบริโภคมากที่สุด คือ ช่วงบ่าย เหตุผลหลักในการบริโภคชานมเม็ดไข่มุก คือ รสชาติของชานมเม็ดไข่มุก

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

Table 16 Sensory test results of developed healthy pearls

Sensory characteristic		Developed healthy pearls	
		N=200	
Color		7.00±1.16	
Odor		7.10±0.94	
Flavor		6.40±1.12	
Sweetness		6.80±1.25	
Texture (Stickiness)		7.30±1.14	
Overall liking		7.14±1.20	

จาก Table 16 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนน ความชอบด้านสี (7.00), กลิ่น (7.10), เนื้อสัมผัส (ความหนึบ) (7.30) และความชอบโดยรวม (7.14) อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนความชอบด้านกลิ่นรส (6.40) และรสหวาน (6.80) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

Table 17 Consumer acceptance of developed healthy pearls

Question				N=200	
Yes (%)		Undecided (%)		No (%)	
Product acceptance		94		4	
Purchase Intention		92		2	

จาก Table 17 พบว่า ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพที่ผ่านการพัฒนาร้อยละ 94 และสนใจซื้อร้อยละ 92 ซึ่งที่ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายตอบไม่แน่ใจและไม่ยอมรับเนื่องจากต้องการข้อมูลทราบทางโภชนาการและราคาเพิ่มเติม ซึ่งหากดีต่อสุขภาพและมีราคาเหมาะสมก็พร้อมที่จะยอมรับและซื้อผลิตภัณฑ์นี้

สรุปผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานและศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 25:75 (แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่:แป้งมันสำปะหลัง) โดยต้มเม็ดไข่มุกเป็นระยะเวลา 40 นาที โดยได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดในระดับชอบปานกลาง (7.83)

การศึกษาอัตราส่วนของบุกเพื่อเพิ่มใยอาหารในเม็ดไข่มุกจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าระดับที่เหมาะสมคือร้อยละ 10 การเติมบุกทำให้เม็ดไข่มุกมีเนื้อสัมผัสเหนียวและหนึบขึ้น โดยมีค่า springiness (1.42N), gumminess (3.21N) และ chewiness (2.96N) ที่เพิ่มขึ้นจากตัวอย่างควบคุมสามารถให้ซูคราโลสที่ร้อยละ 0.42 ทดแทนน้ำตาลทรายแดงในสูตรควบคุมได้ร้อยละ 100 สูตรที่ผ่านการพัฒนามีความชื้น ร้อยละ 23.85, เถ้า ร้อยละ 0.30, โปรตีน ร้อยละ 2.10, ไขมันร้อยละ 0.95, เส้นใยหยาบร้อยละ 2.12 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 70.68 มีคุณภาพด้านจุลินทรีย์และยีสต์และราทั้งหมด < 10 est. (cfu/g) ซึ่งอยู่ในระดับปลอดภัยได้มาตรฐาน การทดสอบผู้บริโภค 200 คนที่มีต่อผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการพัฒนา พบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 94 และสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 92 ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่จึงเป็น

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

ทางเลือกใหม่ที่สามารถตอบโจทย์ผู้ที่รักสุขภาพได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ต่างๆ งานวิจัยนี้สำเร็จไปได้อย่างสมบูรณ์ และขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาที่สนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

- [1] Krungsri Research. (2024). Business/industry trends 2022-2024: beverage industry. [Online] Available from <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/food-beverage/beverage/io/io-beverage-2022> [Accessed March 18, 2024].
- [2] Phothipiranan, B. (2016). Factors affecting bubble milk tea consumption. Case study of tea more shop. Master's thesis, Rajamangala University of Technology PhraNakhon, Bangkok.
- [3] Insightsconnectasia. In-depth look at bubble milk tea for Thai people and people in SEA. [Online] Available from <https://insights.nconnect.asia/bubble-tea-insights-in-southeast-asia-and-thailand/> [Accessed March 18, 2024].
- [4] Leelawat, B., Tilokkul, R. and Baikhunakon, M. (2020). Development of kaimook from purple rice. Thai Science and Technology Journal (TSTJ). 28(3): 455-465. (in Thai).
- [5] Bureau of Information Office of The Permanent Secretary of MOPH. (2022). Department of Disease Control reveals the situation of diabetes around the world. There are 537 million people already sick, up to 6.7 million deaths, or 1 death every 5 seconds. [Online] Available from <https://pr.moph.go.th/?url=pr/detail/2/02/181256/> [Accessed October 5, 2023].
- [6] Vatanasuchart, N., Boonma, N. and Karuna, W. (2009). Resistant starch contents and the in vitro starch digestibility of Thai Starchy Foods. Kasetsart Journal (Natural Science). 43: 178-186.
- [7] Thongtaeng, N. (2021). Non-Communicable Disease. Faculty of Medicine Siriraj Hospital. [Online] Available from https://www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/sirirajonline2021/Article_files/1371_1.pdf. [Accessed October 5, 2023].
- [8] Raungrusmee, S., Sushil, K. and Anil, K.A. (2022). Effect of physicochemical modification on granule morphology, pasting behavior, and functional properties of riceberry rice (*Oryza Sativa* L.) starch. Food Chemistry Advances. 1: 1-9.
- [9] Rice Family Thailand. (2023). Riceberry rice. [Online] Available from <https://www.thairicedb.com/rice-detail.php?id=15> [Accessed October 5, 2023].
- [10] Matangkasombut, O. and Thanyasrisung, P. (2019). Sugar substitutes and their effects on systemic and oral health. The Dental Association of Thailand Journal. 69(4): 379-397. (in Thai).

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

- [11] Whamak, S., Chuairung, W. and Chaichareon, T. (2018). Effect of partial substitution of wheat flour with riceberry flour on quality of mantou. Proceedings of the 4th Pibulsongkram Research National Conference, pp 61-64. March 23, 2018. Bangkok. Thailand.
- [12] Beamy, K. (2021). How to make easy brown sugar pearls with only 3 ingredients, you can cook it by yourself at home. [Online] Available from <https://food.trueid.net/detail/zkfwQrKJdDWy> [Accessed October 1, 2023].
- [13] Monkeytan. (2019). How to make soft and chewy Taiwanese pearls recipe. [Online] Available from <https://food.mthai.com/dessert/142108.html> [Accessed October 1, 2023].
- [14] Spring Green Evolution. (2023). How to make soft and chewy pearls, just as delicious as the store. [Online] Available from <https://www.sgethai.com/article/%E0%B9%84%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B8%E0%B8%81/> [Accessed October 1, 2023].
- [15] Davis, A.R., Fish, W.W. and Veazie, P.P. (2003). A rapid spectrophotometric method for analyzing lycopene content in tomato and tomato products. *Postharvest Biology and Technology*. 28: 425-430.
- [16] AOAC. (2012). Official method of analysis. (19thed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
- [17] Mcorist, A.L., Miller, R.B., Bird, A.R., Keogh, J.B., Noakes, M., Topping, D.L. and Conlon, M.A. (2011). Fecal butyrate levels vary widely among individuals but are usually increased by a diet high in resistant starch. *The Journal of Nutrition*. 141: 883-889.
- [18] AOAC. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC International. Gaithersburg, MD, USA: AOAC International.
- [19] BAM. (2002). Food and Drug Administration Bacteriological Analytical Manual. (8thed.), AOAC International, USA
- [20] Williams, L.J. and Abdi, H. (2010). Fisher's Least Significant Difference (LSD) Test. In N. Salkind. (ed.), *Encyclopedia of Research Design*. (pp.154). Sage, Thousand Oaks.
- [21] Srirod, K. and Piyajomkwan, K. (2007). Starch technology. (4thed.). Publisher Kasetsart University, Bangkok.
- [22] Podjanalekha, P., Saenmuang, S. and Phothiset, S. (2018). Effect of temperatures on physicochemical properties of riceberry flour after modification by heat-moisture treatment. *Journal of Khon Kaen Agriculture, Kasetsart University*. 46(1):212-217. (in Thai).
- [23] Naiwikul, O. (2004). *Rice: Science and Technology*. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).
- [24] Kibar, E.A.A., Gönenc, I. and Us, F. (2010). Gelatinization of waxy, normal and high amylose corn starches. *GIDA*. 35(4): 237-244.
- [25] Pongsawatmanita, R., Parita, T. and Shinya, I. (2002). Effect of sucrose on RVA

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

- viscosity parameters, water activity and freezable water fraction of cassava starch suspensions. *ScienceAsia*. 28: 129-134.
- [26] Colmenero, F.J. (1996). Technologies for developing low-fat meat product. *Trends in Food Science and Technology*. 7: 41-48.
- [27] Villamiel, M., Del Castillo, M.D., Corzo, N. (2006). Browning Reactions. In *Food biochemistry and food processing*. Wiley-Blackwell. pp. 83–85. Ames, Iowa.
- [28] Medthai. (2020). Sugar, properties and benefits of sugar 14! (sugar). [Online] Available from <https://medthai.com/%e0%b8%99%e0%b9%89%e0%b8%b3%e0%b8%95%e0%b8%b2%e0%b8%a5/> [Accessed October 12, 2023].
- [29] HealthToday (2009). Can be sweet, does not harm health. [Online] Available from <http://www.yourhealthyguide.com/article/an-sweet-healthy.html> [Accessed October 12, 2023].
- [30] Office of Nutrition. (2018). Department of Health. Food composition table of Thai foods., 1,800. (1st ed.). War Veterans Organization Thai Printing, Bangkok. (in Thai).
- [31] Food Research for Nutrition Section. (2018). Nutrition of Cassava flour. [Online] Available from <https://thaifcd.anamai.moph.go.th/nss/view.php?flD=0> 2016 [Accessed October 15, 2023].
- [32] Pinwattana, K., Sueaman, K., Paksee, S., Arpsuwan, A., Sam-ang, P., Jannoey, P. and Chalongsuppunyoo, R. (2019). Determination of antioxidant capacity of riceberry and khao dok mali 105 cultivars. *PSRU Journal of Science and Technology*. 4(3): 95-108. (in Thai).
- [33] Yawadio, R., Tanimori, S. and Morita, N. (2007). Identification of Phenolic compounds isolated from pigmented rices and their aldose reductase inhibitory activities. *Food Chemistry*. 101(4): 1616-1625.
- [34] Department of Science Service. (2010). Anthocyanin. Ministry of Science and Technology. Bangkok. (in Thai).
- [35] Janead, J. (2021). Marketing mix factors and consumer's behavior of bubble tea in Songkhla Municipality, Songkhla Province. *Public Administration Academic Conference National level*. 13: 193-207.

*Corresponding author e-mail: pattrapornsukk@pim.ac.th

¹คณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

¹Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management