การพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกน

Development of Vegan Rice-berry Rice Pudding

นำชัย พลายละหาร[1], นันท์นภัส นามมีบุญ[1], อัปสร พรหมมา[1], อาฒยา สันตะกุล[1] และ นฤมล จอมมาก[1]*

Numchai Plailaharn[1], Nannapat Nammeboon[1], Apsorn Bhromma[1], Ataya Santakul[1], and Naruemon Jommark[1]*

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการความปลอดภัยของอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 10120

[1] Division of Food Safety Management and Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep, 10120

*Corresponding Author: naruemon.j@mail.rmutk.ac.th

Received 15 พฤษภาคม 2567; Revised 31 กรกฎาคม 2567; Accepted 13 สิงหาคม 2567

ACCEPTED

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกน ได้แก่ สูตรโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) และสูตรโปรตีนถั่วลันเตาสกัด (PPI) โดยเบื้องต้นได้ทำการแปรปริมาณโปรตีนสกัดที่ใช้เป็นสารให้ความคงตัว (ร้อยละ 1.0 และ 1.5) และปริมาณคาราจีแนนเป็นสารก่อเจล (ร้อยละ 0.6 และ 0.8) เพื่อนำไปวิเคราะห์และคัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงและมีการสูญเสียน้ำระหว่างแช่เย็นต่ำ พบว่าสูตรที่คัดเลือกจำนวน 2 สูตร ประกอบด้วยโปรตีนสกัดและคาราจีแนนเท่ากับ ร้อยละ 1.5 และ 0.6 ตามลำดับ และประกอบด้วยน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ น้ำและน้ำตาล ร้อยละ 50 40.9 และ 7 ตามลำดับ และผลการศึกษาคุณภาพต่างๆ พบว่าพุดดิ้งสูตร SPI และ PPI ที่พัฒนาขึ้น ได้รับคะแนนการยอมรับด้านสี รสชาติโดยรวม รสหวาน กลิ่นข้าว กลิ่นถั่ว ความเนียน ความเด้ง และความชอบโดยรวม จาก 9 คะแนน อยู่ในระดับ 6.80±0.95 ถึง 7.45±0.88 และระดับ 6.70±0.92 ถึง 7.10±0.85 คะแนน ตามลำดับ โดยมีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างแช่เย็นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.08-1.47 และองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ซึ่งพบแอนโทไซยานินชนิดไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์และเพลาร์โกนิดิน-3-กลูโคไซด์ ปริมาณ 0.17 และ 0.09 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ในพุดดิ้งสูตร SPI ขณะที่พุดดิ้งสูตร PPI มีอยู่ 1.28 และ 0.68 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสำหรับเต้าหู้นมสดคือไม่เกิน 5×10^4 โคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม ขณะที่ลักษณะเนื้อสัมผัสของพุดดิ้งที่แสดงถึงความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความแข็งของพุดดิ้งสูตร SPI มีค่ามากกว่าสูตร PPI ($p<0.05$) ในขณะที่ความยืดหยุ่น ความเหนียวและความต้านทานการเคี้ยวได้ของพุดดิ้งสูตร PPI สูงกว่าสูตร SPI ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามความแตกต่างด้านเนื้อสัมผัสจะเป็นการเพิ่มทางเลือกตามความต้องการของผู้บริโภค

***คำหลัก**: พุดดิ้ง; ข้าวไรซ์เบอร์รี่; โปรตีนถั่วเหลืองสกัด; โปรตีนถั่วลันเตาสกัด; คาราจีแนน*

Abstract

This research aimed to develop vegan rice-berry pudding, including formulations with soy protein isolate (SPI) and pea protein isolate (PPI), varying the amount of carrageenan used as a gelling agent (0.6% and 0.8%) and protein isolate used as a stabilizer (1.0% and 1.5%). To determine and provide suitable levels for vegan rice-berry puddings, their high sensory evaluation scores and low drip loss during low-

temperature storage of puddings were evaluated. The results for the 2 products indicated the suitable levels of protein isolate and carrageenan were 0.6% and 1.5%, respectively, and other constituents, including rice-berry rice milk, water, and sugar, were 50%, 40.9%, and 7%, respectively. It was found that both SPI and PPI formula puddings had a moderate acceptance score in the ranges of 6.80±0.95 to 7.45±0.88 and 6.70±0.92 to 7.10±0.85 based on 9 points. Their amount of drip loss ranged between 1.08% and 1.24%, and their chemical composition was not significantly different ($p \geq 0.05$), which cyanidin-3-glucoside anthocyanins as well as pelargonidin-3-glucosides were found with 0.17 and 0.09 mg/100 ml, respectively, for the SPI formula, while the PPI formula has 1.28 and 0.68 mg/100 ml, respectively. Their total viable count of microorganisms did not exceed the criteria according to the Thai Community Product Standard for soy pudding, with an amount of no more than 5×10^4 colonies per gram. For textural properties, it was found that the PPI formula pudding had a significantly higher hardness ($p<0.05$), however, the SPI formula pudding had significantly greater springiness, adhesiveness, and chewiness than the SPI formula pudding ($p<0.05$). However, the different findings revealed alternative products for consumption.

Keywords: *pudding; rice-berry rice; soy protein isolate; pea protein isolate; carrageenan*

1. บทนำ

พุดดิ้ง (Pudding) เป็นผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย จัดเป็นอาหารว่างหรือขนมหวานที่รับประทานง่าย ให้คุณค่าทางอาหารสูงจากทั้งโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตและแคลเซียม และเหมาะกับทุกเพศทุกวัย [1] ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตพุดดิ้ง ได้แก่ นมสด ไข่แดง น้ำตาล และเจลาติน เป็นต้น เมื่อนำไปผ่านความร้อนโดยวิธีต่างๆ เช่น ต้ม ตุ๋น และอบ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะกึ่งของแข็ง ซึ่งมีลักษณะเนื้อสัมผัสละเอียด นุ่ม คงรูป ไม่มีการแยกชั้นกันของน้ำและเนื้อ [2], [3] ในการผลิตพุดดิ้งจึงมีการใช้สารก่อเจลและสารช่วยให้คงตัว เช่น เจลาตินหรือไข่ เพื่อช่วยให้เนื้อสัมผัสของพุดดิ้งคงตัวมากขึ้น [4], [5] อย่างไรก็ตามการใช้เจลาตินในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งอาจมีข้อจำกัดบางประการสำหรับผู้บริโภคบางศาสนาหรือผู้ที่รับประทานเจ [6] เนื่องจากเจลาตินนั้นทำมาจากเอ็น กระดูกอ่อน กระดูก หรือผิวหนังของสัตว์ เช่น หมู วัว และปลา เป็นต้น อย่างไรก็ตามในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้สารปรุงแต่งอาหารประเภทสารก่อเจลหลายชนิดที่ผลิตจากพืช เช่น ผงบุก และคาราจีแนน เป็นต้น ทำให้เนื้อสัมผัสของพุดดิ้งสามารถคงทนต่อการอุ้มน้ำได้ [7], [8] แต่อาจจำเป็นต้องใช้ร่วมกับสารให้ความคงตัวที่มีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์เพื่อเชื่อมโยงระหว่างน้ำและเนื้อ อาทิเช่น โปรตีนจากถั่วเหลืองหรือถั่วลันเตา เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อช่วยรักษาความคงตัวของเจลและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีนให้กับผลิตภัณฑ์

โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Soy protein isolate) มีสมบัติเชิงหน้าที่คล้ายกับโปรตีนจากนมและไข่ โดยเป็นอิมัลซิฟายเออร์ที่ดีเนื่องจากในโมเลกุลประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) จึงสามารถจับน้ำและไขมันทำให้อาหารอิมัลชันคงตัวได้ ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์แปรรูปต่างๆ เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส ทำให้มีความชุ่มฉ่ำมากขึ้น รวมถึงช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกและระหว่างการเก็บรักษา [9], [10] ส่วนโปรตีนถั่วลันเตาสกัด (Pea protein isolate) มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่โดยมีความสามารถในการเกิดเจลโปรตีนมีส่วนสำคัญต่อการสร้างคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เจลของโปรตีนชนิดนี้มีหน้าที่สำคัญในการช่วยกักเก็บน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มความคงตัวของอาหารและเพิ่มการกักเก็บน้ำไว้ภายในโดยการปรับสมดุลระหว่างอันตรกิริยาของโปรตีนและน้ำ ตลอดจนเพิ่มแรงดึงดูดและระหว่างสายโซ่เปปไทด์ภายในโครงสร้างอาหาร [11] ขณะที่คาราจีแนนเป็นสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากสาหร่ายทะเลสีแดง มีคุณสมบัติเกิดเจลได้และมีคุณสมบัติข้นหนืดจึงใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด และยังกระจายตัวได้ในอาหาร การ

ACCEPTED

ใช้คาราจีแนนผสมลงในอาหารที่มีโปรตีน หมู่ซัลเฟตในโมเลกุลของคาราจีแนน จะทำปฏิกิริยากับหมู่ที่มีประจุในโมเลกุลของโปรตีนได้ ในอุตสาหกรรมอาหารการนำคาราจีแนนไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์นม เช่น มูส พุดดิ้ง และไอศกรีมซึ่งจะเติมคาราจีแนนลงในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นสารเพิ่มความคงตัว ช่วยให้ส่วนสมของอาหารผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่าย และไม่มีส่วนที่เป็นของเหลวแยกตัวออกมาระหว่างการเก็บรักษา [12], [13]

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Rice-berry rice) เป็นข้าวพันธุ์สีม่วงที่เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับผู้ที่ใส่ใจการบริโภค เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ อาทิเช่น โปรตีนสูงและยังมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากมีสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีม่วงดำ [14] จึงสามารถช่วยชะลอการลุกลามของมะเร็ง [15] และลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ [16] สำหรับอาหารวีแกนหมายถึงอาหารที่มีการบริโภคภายใต้ความเชื่อที่ว่าไม่มีการเบียดเบียนสัตว์ ไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อมก็ตาม ซึ่งเน้นอาหารจำพวกผักผลไม้ ถั่ว และธัญธัญพืชต่างๆ รวมทั้งผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปมาจากวัตถุดิบดังกล่าว โดยไม่บริโภคเนื้อสัตว์ซึ่งรวมถึงผลิตภัณฑ์จากสัตว์ อาทิเช่น ไข่ นม เนย น้ำผึ้ง รังนก ยีสต์ และเจลาติน เป็นต้น [17] การนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาเป็นวัตถุดิบสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งสูตรวีแกนอาจจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดข้อจำกัดการบริโภคสำหรับผู้บริโภคบางกลุ่มลงได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนเพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคกลุ่มที่ใส่ใจการบริโภค ผู้ที่มีข้อจำกัดและต้องการหลีกเลี่ยงการบริโภคผลิตภัณฑ์จากสัตว์ โดยศึกษาการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดหรือโปรตีนถั่วลันเตาสกัดเป็นสารให้ความคงตัวในปริมาณแตกต่างกัน 2 ระดับ ร่วมกับคาราจีแนนซึ่งเป็นสารช่วยก่อเจลในปริมาณแตกต่างกัน 2 ระดับ สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกน

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกน ทั้งหมด 2 สูตร ได้แก่ สูตรผสมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและสูตรผสมโปรตีนถั่วลันเตาสกัดซึ่งโปรตีนจะทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัวแก่พุดดิ้ง และใช้คาราจีแนนเป็นสารก่อเจลเพื่อทดแทนเจลาตินที่ผลิตมาจากสัตว์ โดยแต่ละสูตรผู้วิจัยได้ทำการทดลองสูตร ศึกษาขั้นตอนการผลิต และพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และมีคุณสมบัติด้านค่าการสูญเสียน้ำระหว่างแช่เย็นที่ต่ำซึ่งแสดงถึงความคงตัวที่ดีของผลิตภัณฑ์ ตามลำดับดังนี้

2.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานและขั้นตอนการผลิตพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกน

2.1.1 สูตร เบื้องต้นทำการศึกษาสูตรพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 1 ถ้วย (100 กรัม) ทั้งหมด 8 สูตร ได้แก่ สูตรผสมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (S1 –S4) และสูตรผสมโปรตีนถั่วลันเตาสกัด (P1-P4) ซึ่งมีการใช้คาราจีแนนเป็นสารก่อเจลจำนวนอย่างละ 4 สูตร แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่ผลิตโดยแปรปริมาณสารให้ความคงตัว (โปรตีนถั่วเหลืองหรือโปรตีนถั่วลันเตา) และสารก่อเจล (คาราจีแนน)

ปริมาณ (ร้อยละ)	สูตร							
	S1	S2	S3	S4	P1	P2	P3	P4
น้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่	65	65	65	65	65	65	65	65
น้ำ	28.4	27.9	28.2	27.7	28.4	27.9	28.2	27.7
น้ำตาล	5	5	5	5	5	5	5	5
โปรตีนถั่วเหลืองสกัด	1	1.5	1	1.5	-	-	-	-
โปรตีนถั่วลันเตา	-	-	-	-	1	1.5	1	1.5
คาราจีแนน	0.6	0.6	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	0.8

หมายเหตุ: S1-S4 หมายถึง พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและคาราจีแนน สูตรที่ 1-4
: P4-P4 หมายถึง พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้โปรตีนถั่วลันเตาสกัดและคาราจีแนน สูตรที่ 1-4

2.1.2 ขั้นตอนการผลิตพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกน เตรียมน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่โดยนำเมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่แช่น้ำสะอาด เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที [18] รอ

ACCEPTED

เย็นและนำไปปั่นกับน้ำ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ เท่ากับ 1 ต่อ 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร ปั่นจนละเอียดแล้วกรองด้วยผ้าขาวบางสะอาด นำเฉพาะส่วนของน้ำนมข้าวไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จะได้น้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากนั้นทำการผลิตพุดดิ้งโดยนำน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมกับส่วนผสม ได้แก่ น้ำตาล โปรตีนถั่วเหลืองหรือโปรตีนถั่วลันเตาสกัด และคาราจีแนนผงซึ่งละลายในน้ำแล้ว และคนผสมกันขณะให้ความร้อน 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ตามวิธีดัดแปลงจากสุนันทา [19] จนกระทั่งส่วนผสมทั้งหมดละลายเข้ากัน บรรจุใส่ถ้วยสะอาดที่ลวกเตรียมไว้ ปิดฝาและนำไปแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้พุดดิ้งแข็งหรือเซตตัว

2.2. ศึกษาระดับความชอบทางประสาทสัมผัสและปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างแช่เย็นของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกน

ทำการผลิตพุดดิ้งตามสูตรและขั้นตอนที่ 2.1 แล้วพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และมีคุณสมบัติด้านการสูญเสียน้ำระหว่างแช่เย็นที่ต่ำ

การประเมินคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่ผลิตขึ้นตามขั้นตอนที่ 2.1 จะประเมินในด้านสี รสชาติโดยรวม รสหวาน กลิ่นรสโดยรวม กลิ่นรสข้าว กลิ่นรสถั่ว ความเนียน ความเด้ง และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนน 9 ระดับ (9-point hedonic scale) [20] จากผู้ทดสอบจำนวน 17 คน ที่ผ่านการฝึกฝน ได้แก่ ผู้ทดสอบได้รับการชี้แจงจำนวนและชนิดของตัวอย่าง และผู้ทดสอบจะได้รับการชิมพุดดิ้งทั่วไปก่อนที่จะเปรียบเทียบกับพุดดิ้งที่ผลิตขึ้นเพื่อหาสูตรการทดลองที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบอย่างน้อยระดับ 6 คะแนนขึ้นไป ซึ่งหมายถึงมีความชอบผลิตภัณฑ์เล็กน้อย จากสูตรที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและโปรตีนถั่วลันเตาสกัด อย่างละ 1 สูตร

ตัวอย่างอีกส่วนหนึ่งจะได้รับการทดสอบปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างแช่เย็น [21] โดยตัดชิ้นส่วนตัวอย่างพุดดิ้งแต่ละสูตร ให้มีขนาด 1.3x1.3×2.5 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x หนา) อย่างละ 3 ซ้ำ มาชั่งน้ำหนักก่อน (W_1) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่วางลงบนกระดาษกรองซึ่งอยู่บนจานแก้วเปล่า นำไปวางบนถาดและครอบด้านบนด้วยจานแก้วอีกใบเพื่อป้องกันไอน้ำหยดลงบนตัวอย่าง นำไปแช่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาจึงนำตัวอย่างออกมาชั่งน้ำหนักหลัง (W_2) และคำนวณปริมาณการสูญเสียน้ำ (ร้อยละ) ดังสมการที่ (1)

$$\text{การสูญเสียน้ำ} = [(W_1 - W_2) / W_1] \times 100 \qquad (1)$$

2.3. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่พัฒนาขึ้น

หลังจากทำการพัฒนาปรับปรุงสูตรของพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่มีส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลืองและโปรตีนถั่วลันเตาสกัด และคัดเลือกได้จากการทดลองในขั้นตอนที่ 2.2 ผู้วิจัยจึงทำการผลิตผลิตภัณฑ์พุดดิ้งทั้ง 2 สูตร แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

2.3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี นำพุดดิ้งทั้ง 2 สูตร ไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า และความชื้น [22] โดยทำการส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.2 วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน ทำการสกัดสารแอนโทไซยานินจากพุดดิ้ง โดยชั่งพุดดิ้ง 5 กรัม เติมเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 (v/v) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง และนำไปเหวี่ยงแยกตะกอน ที่ความเร็ว 4,600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส [23] จึงเก็บของเหลวเหนือตะกอนมาวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (pH-differential method) [24] โดยนำของเหลวเหนือตะกอนของสารสกัดพุดดิ้งมาเจือจางด้วยสารละลาย KCl buffer pH 1.0 และสารละลาย CH_3COONa pH 4.5 ในอัตราส่วน 1: 10 ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร (A_{520}) และ 700 นาโนเมตร (A_{700}) คำนวณและรายงานผลเป็นปริมาณแอนโทไซยานินต่อสารละลายตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) ดังสมการที่ (2)

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานิน} = (A \times MW \times DF \times 100) / (\varepsilon \times l) \qquad (2)$$

ACCEPTED

โดยที่ $A = (A_{520} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH\ 4.5}$

MW = ค่ามวลโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ เท่ากับ 499.2 กรัมต่อโมล หรือค่ามวลโมเลกุลของเพลาร์โกนิดิน-3-กลูโคไซด์ เท่ากับ 306.7 กรัมต่อโมล

ε = โมลาร์แอบซอร์บติวิตี จะขึ้นกับชนิดของแอนโทไซยานิน ค่า ε ของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ เท่ากับ 26,900 ลิตรต่อโมลต่อเซนติเมตร และเพลาร์โกนิดิน-3-กลูโคไซด์ เท่ากับ 31,100 ลิตรต่อโมลต่อเซนติเมตร

l = ขนาดความกว้างของคิวเวต (เซนติเมตร) ที่ใช้วัดค่าดูดกลืนแสง

2.3.3 วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ทำการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Aerobic plate count) ตามวิธี BAM [25] โดยส่งตรวจวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.4 ทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของพุดดิ้ง เตรียมตัวอย่างโดยตัดพุดดิ้งเป็นชิ้นขนาด 15x15x15 มิลลิเมตร (กว้างxยาวxหนา) นำมาทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile analysis (TPA) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส วิธีการทดสอบใช้หัวกดทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ความเร็วในการกดตัวอย่าง 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ด้วยระยะทางการกดบนตัวอย่างร้อยละ 50 ของความสูงของตัวอย่าง ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และบันทึกค่าความแข็ง (Hardness) การยึดติด (Adhesiveness) การเกาะกัน (Cohesiveness) ความยืดหยุ่น (Springiness) ความเหนียว (Gumminess) และความต้านทานการเคี้ยวได้ (Chewiness)

2.3.5 วิเคราะห์ผลทางสถิติ นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาคำนวณค่าทางสถิติตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design) ส่วนข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางกายภาพและเคมีของพุดดิ้งสูตรโปรตีนถั่วเหลืองและโปรตีนถั่วลันเตาในระหว่างการพัฒนา จำนวนสูตรละ 4 ตัวอย่าง นำมาคำนวณค่าทางสถิติตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design) แล้วนำผลทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ขณะที่ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น ทั้ง 2 สูตร นำมาคำนวณค่าทางสถิติแบบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 ตัวอย่าง ด้วยวิธี Independence sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

3.1 ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานและขั้นตอนการผลิตพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกน

ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสและปริมาณการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ในระหว่างแช่เย็นของพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกน โดยการแปรระดับปริมาณส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลืองสกัดหรือโปรตีนถั่วลันเตาสกัดที่ใช้เป็นสารช่วยให้คงตัวและคาราจีแนนซึ่งใช้เป็นสารก่อเจลในผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 1 จำนวนอย่างละ 4 สูตร มีดังนี้

3.1.1. ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสและการสูญเสียน้ำของพุดดิ้งสูตรโปรตีนถั่วเหลือง

พุดดิ้งทั้งหมด 4 สูตร ที่มีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 1.0 และ 1.5 ร่วมกับคาราจีแนนร้อยละ 0.6 และ 0.8 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี รสชาติโดยรวม รสหวาน กลิ่นรสโดยรวม กลิ่นรสข้าว กลิ่นรสถั่ว ความเนียน ความเด้ง และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับใกล้เคียงกันทุกด้าน โดยมีคะแนน 5 ถึง 6 คะแนน คือ เฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อยจากผู้ทดสอบ ($p \geq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

คุณลักษณะ	สูตร			
	S1	S2	S3	S4
สี^{ns}	6.41±1.54	6.41±1.62	6.29±0.77	6.29±1.04
รสชาติโดยรวม^{ns}	5.88±1.69	6.18±1.38	5.71±1.16	5.76±1.30
รสหวาน^{ns}	5.82±1.81	5.59±1.77	4.76±1.20	4.82±1.18
กลิ่นรสโดยรวม^{ns}	5.88±1.69	6.18±1.38	5.71±1.16	5.76±1.30
กลิ่นรสข้าว^{ns}	5.71±1.40	5.82±1.66	5.41±1.12	5.35±1.22
กลิ่นรสถั่ว^{ns}	5.53±1.54	5.59±2.18	5.12±1.16	5.12±1.16
ความเนียน^{ns}	5.71±1.92	5.76±2.04	5.41±1.73	6.12±1.93

ACCEPTED

ตารางที่ 2 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (ต่อ)

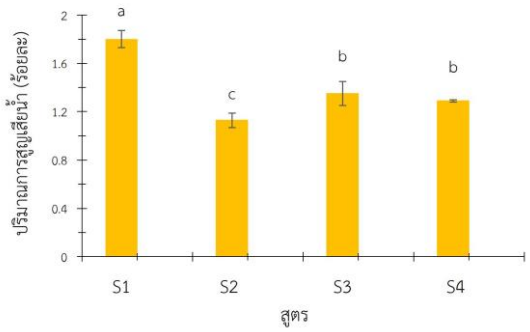
คุณลักษณะ	สูตร			
	S1	S2	S3	S4
ความเด้ง^{ns}	6.35±1.99	5.88±1.96	5.82±1.46	6.41±1.37
ความชอบโดยรวม^{ns}	6.12±1.96	5.88±1.61	5.88±0.85	5.88±0.92

หมายเหตุ: S1-S4 หมายถึง พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและคาราจีแนน สูตรที่ 1-4

: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=17)

: ค่าที่กำกับด้วย ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ส่วนปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างแช่เย็นของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่มีการใช้โปรตีนถั่วเหลือง พบว่าพุดดิ้งสูตร S2 ที่มีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 และคาราจีแนนร้อยละ 0.6 มีปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างแช่เย็นต่ำที่สุด ($p<0.05$) อยู่ที่ร้อยละ 1.13 รองลงมาคือสูตร S3 และ S4 ซึ่งมีส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลืองสกัดแตกต่างกัน แต่ปริมาณคาราจีแนนเท่ากันคือร้อยละ 0.8 ขณะที่สูตร S1 มีปริมาณการสูญเสียน้ำสูงที่สุด ($p<0.05$) อยู่ที่ร้อยละ 1.80 (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ปริมาณการสูญเสียน้ำ (ร้อยละ) ของพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษร a, b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าพุดดิ้งสูตร S2 หรือสูตรพื้นฐานที่มีส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 1.5 และคาราจีแนนร้อยละ 0.6 เป็นสูตรที่มีแนวโน้มที่จะนำไปพัฒนาต่อ แต่ยังต้องปรับปรุงในด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ได้แก่ การปรับรสหวาน กลิ่นรสข้าว กลิ่นรสถั่ว และลักษณะเนื้อสัมผัสอีกเล็กน้อย เนื่องจากคะแนนระดับ 5 หมายถึงความชอบในระดับเฉยๆ ไม่สามารถแสดงทิศทางที่แน่ชัดได้ว่าผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์หรือไม่ชอบเพียงใด ดังนั้นจึงควรปรับปรุงสูตรเพื่อให้ได้ระดับคะแนนที่แสดงถึงความชอบต่อผลิตภัณฑ์คือมีระดับคะแนนตั้งแต่ 6 ขึ้นไปซึ่งหมายถึงชอบเล็กน้อย และนำมาใช้เพื่อการศึกษาในลำดับถัดไป

3.1.2. ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสและการสูญเสียน้ำของพุดดิ้งสูตรโปรตีนถั่วลันเตา

พุดดิ้งทั้งหมด 4 สูตร ที่มีการใช้โปรตีนถั่วลันเตาร้อยละ 1.0 และ 1.5 ร่วมกับคาราจีแนนร้อยละ 0.6 และ 0.8 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี รสชาติโดยรวม รสหวาน กลิ่นรสโดยรวม กลิ่นรสข้าว กลิ่นรสถั่ว ความเนียน ความเด้ง และความชอบโดยรวม ส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับ 5 ถึง 6 คะแนน คือเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) อย่างไรก็ตามตัวอย่างพุดดิ้งสูตร P2 มีคะแนนการยอมรับในด้านของรสชาติโดยรวม กลิ่นรสข้าวและกลิ่นรสถั่วแนวโน้มสูงกว่าตัวอย่างอื่น โดยมีคะแนน 6.41 6.12 และ 5.82 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรโปรตีนถั่วลันเตาสกัด

คุณลักษณะ	สูตร			
	P1	P2	P3	P4
สี^{ns}	6.24±1.25	6.47±1.23	5.65±1.53	5.71±1.68
รสชาติโดยรวม^{ns}	6.12±1.21	6.41±1.54	5.29±1.68	5.53±1.41
รสหวาน^{ns}	5.47±1.41	5.59±1.77	4.53±1.50	5.35±1.41
กลิ่นรสโดยรวม^{ns}	6.24±1.20	6.12±0.99	5.41±1.22	5.82±1.66
กลิ่นรสข้าว^{ns}	5.94±1.51	6.12±1.69	5.41±1.41	5.41±1.46
กลิ่นรสถั่ว^{ns}	5.53±1.00	5.82±1.74	4.88±1.45	4.59±1.54
ความเนียน^{ns}	6.65±1.41	6.29±1.77	5.59±1.50	6.18±1.41
ความเด้ง^{ns}	6.47±1.50	6.24±2.10	5.76±1.60	6.06±1.85
ความชอบโดยรวม^{ns}	6.41±1.50	6.41±1.87	5.59±1.50	5.71±1.92

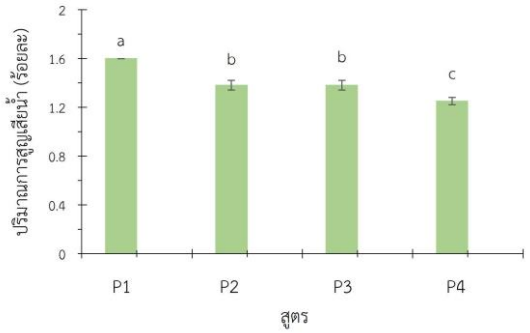
หมายเหตุ: P1-P4 หมายถึง พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้โปรตีนถั่วลันเตาสกัดและคาราจีแนน สูตรที่ 1-4

: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=17)

: ค่าที่กำกับด้วย ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ACCEPTED

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละสูตร พบว่าพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่มีการใช้โปรตีนถั่วลันเตาสูตร P4 ที่มีการใช้โปรตีนถั่วลันเตาร้อยละ 1.5 และคาราจีแนนร้อยละ 0.6 มีปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างแช่เย็นต่ำที่สุด ($p<0.05$) อยู่ที่ร้อยละ 1.25 รองลงมาคือสูตร P2 ที่มีการใช้โปรตีนถั่วลันเตาร้อยละ 1.0 ร่วมกับคาราจีแนนร้อยละ 0.6 และ P3 ที่มีการใช้โปรตีนถั่วลันเตาร้อยละ 1.5 ร่วมกับคาราจีแนนร้อยละ 0.8 โดยมีค่าปริมาณการสูญเสียน้ำเท่ากันคือร้อยละ 1.38 (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ปริมาณการสูญเสียน้ำ (ร้อยละ) ของพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรโปรตีนถั่วลันเตาสกัด

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษร a, b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากผลการศึกษาปริมาณการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งที่มีการใช้โปรตีนถั่วลันเตาบ่งชี้ให้เห็นว่าพุดดิ้งสูตร P4 ที่มีการใช้โปรตีนถั่วลันเตาสกัดร้อยละ 1.5 ร่วมกับคาราจีแนนร้อยละ 0.8 เป็นสูตรที่มีปริมาณการสูญเสียน้ำต่ำที่สุด แต่เมื่อพิจารณาคู่กับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของพุดดิ้งสูตร P4 ถึงแม้ว่าจะไม่แตกต่างกับพุดดิ้งสูตร P2 ในทุกๆ ด้านก็ตาม ($p\geq0.05$) แต่ในส่วนของคะแนนความชอบโดยเฉพาะด้านกลิ่นรสถั่วสำหรับสูตร P4 นั้นมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับ 4 ซึ่งหมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย ในขณะที่สูตร P2 ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสถั่วแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แต่คะแนนความชอบอยู่ในระดับ 5 หรือเฉยๆ ซึ่งมีแนวโน้มในการพัฒนาปรับปรุงให้ดีขึ้นง่ายกว่าสูตร P4 ในขณะที่สูตร P2 มีค่าปริมาณการสูญเสียน้ำรองลงมาจากสูตร P4 สำหรับการพัฒนาพุดดิ้งสูตรโปรตีนถั่วลันเตานี้ ผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือกสูตร P2 มาปรับปรุงสูตรโดยคำนึงถึงระดับคะแนนความชอบให้สูงขึ้นเป็นระดับ 6 และปริมาณการสูญเสียน้ำต่ำให้ได้เทียบเท่ากับสูตร P4 ด้วย ดังนั้นสูตร P2 ที่มีการใช้โปรตีนถั่วลันเตาร้อยละ 1.5 ร่วมกับคาราจีแนนร้อยละ 0.6 จึงได้รับการคัดเลือกสำหรับนำไปพัฒนาต่อไป

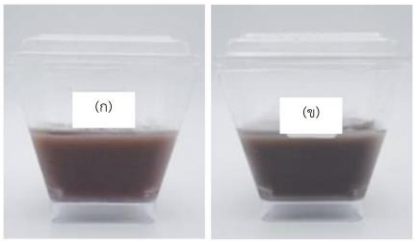
3.2. ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่ใช้โปรตีนถั่วสกัดเป็นสารช่วยให้คงตัวและคาราจีแนนเป็นสารก่อเจลในผลิตภัณฑ์

จากผลการศึกษาการผลิตพุดดิ้งในหัวข้อที่ 3.1 ผู้วิจัยได้สูตรที่เหมาะสมสำหรับนำมาพัฒนาปรับปรุงเป็นผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกน จำนวน 2 สูตร ทั้งนี้เพื่อให้ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นรสและรสหวานดีขึ้น โดยหลังจากการปรับปรุงสูตรพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้โปรตีนถั่วเหลือง พุดดิ้งสูตร S2 ที่ประกอบด้วยน้ำนมข้าว น้ำตาล โปรตีนถั่วเหลืองสกัด และคาราจีแนน เท่ากับร้อยละ 65 5 1.5 และ 0.6 ตามลำดับ ทางผู้วิจัยได้ปรับสัดส่วนขององค์ประกอบอีกครั้งเป็นน้ำนมข้าวร้อยละ 50 น้ำตาลร้อยละ 7 ขณะที่โปรตีนถั่วเหลืองและคาราจีแนนคงเท่าเดิม ร้อยละ 1.5 และ 0.6 ตามลำดับ ส่วนพุดดิ้งสูตร P2 ที่มีการใช้โปรตีนถั่วลันเตาสกัดได้มีการปรับสัดส่วนขององค์ประกอบเช่นเดียวกันกับสูตร S2 ซึ่งได้แก่ สูตรโปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับคาราจีแนน (SPI) และสูตรโปรตีนถั่วลันเตาร่วมกับคาราจีแนน (PPI) ตามลำดับ (ตารางที่ 4) โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนาแล้วแสดงดังรูปที่ 3

ตารางที่ 4 ปริมาณส่วนผสม (ร้อยละ) ของพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่พัฒนาแล้ว จำนวน 2 สูตร

ปริมาณส่วนผสม (ร้อยละ)	สูตร	
	โปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับคาราจีแนน (SPI)	โปรตีนถั่วลันเตาร่วมกับคาราจีแนน (PPI)
น้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่	50	50
น้ำ	40.9	40.9
น้ำตาล	7	7
โปรตีนถั่วเหลืองสกัด	1.5	-
โปรตีนถั่วลันเตา	-	1.5
คาราจีแนน	0.6	0.6

ACCEPTED



รูปที่ 3 ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดร่วมกับคาราจีแนน (ก) และที่ใช้โปรตีนถั่วลันเตาสกัดร่วมกับคาราจีแนน (ข)

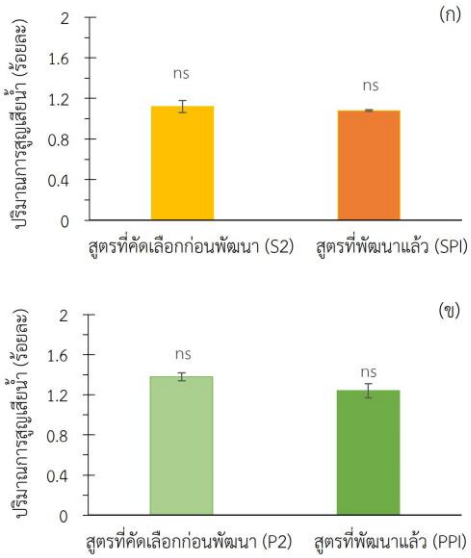
หลังจากการผลิตพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรที่พัฒนาแล้ว ผู้วิจัยได้นำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสและปริมาณการสูญเสียน้ำอีกครั้ง ซึ่งทั้ง 2 สูตร ได้รับคะแนนการยอมรับจากเดิมซึ่งอยู่ในช่วง 5 ถึง 6 คะแนน (เฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย) และหลังพัฒนาสูตร S2 มีคะแนนการยอมรับสูงขึ้นอยู่ในช่วง 6 ถึง 7 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) โดยพุดดิ้งสูตรโปรตีนถั่วเหลืองที่พัฒนาแล้วสูตร SPI มีทิศทางการยอมรับสูงขึ้นในทุกด้าน ($p \geq 0.05$) ขณะที่พุดดิ้งสูตรโปรตีนถั่วลันเตาที่พัฒนาแล้วเมื่อเปรียบเทียบกับพุดดิ้งสูตร P2 ที่ได้รับจากการคัดเลือกก่อนหน้านั้น พบว่าคะแนนการยอมรับต่อคุณลักษณะด้านต่างๆ ของพุดดิ้งสูตร PPI เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ ด้านสี ความเนียน และความชอบโดยรวม ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรโปรตีนถั่วเหลืองสกัดหลังจากพัฒนาแล้ว

คุณลักษณะ	สูตรที่พัฒนาแล้ว	
	SPI	PPI
สี^{ns}	7.40±0.68	7.05±0.68
รสชาติโดยรวม^{ns}	7.35±0.81	6.85±1.04
รสหวาน^{ns}	6.80±0.95	6.70±0.92
กลิ่นรสโดยรวม^{ns}	7.10±0.78	6.80±0.89
กลิ่นรสข้าว^{ns}	7.10±0.91	7.05±0.99
กลิ่นรสถั่ว^{ns}	6.85±0.87	6.80±0.89
ความเนียน^{ns}	7.45±0.88	7.10±0.85
ความเด้ง^{ns}	7.25±1.02	7.05±0.88
ความชอบโดยรวม^{ns}	7.40±0.94	6.95±0.88

หมายเหตุ: SPI หมายถึง พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและคาราจีแนน ที่พัฒนาจากสูตร S2
: PPI หมายถึง พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้โปรตีนถั่วลันเตาสกัดและคาราจีแนน ที่พัฒนาจากสูตร P2
: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=17)
: ค่าที่กำกับด้วย ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ส่วนผลการศึกษาปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างแช่เย็น เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างพุดดิ้งสูตรก่อนและหลังจากการพัฒนา พบว่าพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้งสูตรโปรตีนถั่วเหลืองและสูตรโปรตีนถั่วลันเตาที่ทำการพัฒนาแล้วมีปริมาณน้ำที่สูญเสียระหว่างการแช่เย็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) และยังมีแนวโน้มลดลงจากเดิมร้อยละ 1.12 เป็นร้อยละ 1.08 และจากเดิมร้อยละ 1.38 เป็นร้อยละ 1.24 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ปริมาณการสูญเสียน้ำ (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งสูตรโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (ก) และสูตรโปรตีนลันเตาสกัด (ข) ที่คัดเลือกก่อนการพัฒนาและหลังจากการพัฒนาแล้ว

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
: ค่าที่กำกับด้วย ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ซึ่งผลการศึกษานี้พบว่าปริมาณการสูญเสียน้ำจากรูปที่ 2สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าที่กล่าวว่าโปรตีนถั่วเหลืองสกัด มีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำได้มากกว่าโปรตีนถั่วลันเตา เนื่องจากเป็นผลของโครงสร้างของโปรตีนพืชที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำและมีเซลล์อากาศมากกว่า [26]

ดังนั้นผู้วิจัยได้รับผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่เหมาะสมทั้งหมด 2 สูตร ซึ่งได้แก่ สูตรที่ทำการผลิตโดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและโปรตีนถั่วลันเตาสกัด ที่ระดับร้อยละ 1.5 โดยใช้ร่วมกับคาราจีแนน ที่ระดับร้อยละ

ACCEPTED

0.6 และทั้งสองสูตรมีส่วนผสมอื่น ได้แก่ น้ำนมข้าว น้ำ และน้ำตาล เท่ากับร้อยละ 50 40.9 และ 7 ตามลำดับ

3.3. ผลวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่พัฒนาขึ้น

ผลการวิเคราะห์คุณภาพอื่นๆ ของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่พัฒนาจากการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดหรือโปรตีนถั่วลันเตาสกัดร่วมกับคาราจีแนน ทั้ง 2 สูตร แสดงดังต่อไปนี้

3.3.1 องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณแอนโทไซยานินและจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) และสูตรโปรตีนถั่วลันเตาสกัด (PPI) ที่พัฒนาขึ้นในการศึกษานี้ พบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรต เถ้าและความชื้นแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากส่วนผสมในพุดดิ้งแต่ละสูตรนั้นมีปริมาณที่เท่ากันแตกต่างกันเพียงชนิดของโปรตีนสกัด นอกจากนี้ผลยังพบว่าปริมาณโปรตีนและไขมันมีความใกล้เคียงกัน คือ สูตร SPI มีอยู่ร้อยละ 1.65 และ 0.16 และสูตร PPI มีอยู่ร้อยละ 1.72 และ 0.24 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ซึ่งโดยทั่วไปโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีปริมาณโปรตีนและไขมันอยู่ที่ร้อยละ 90 และร้อยละ 0.5 ตามลำดับ [27] ในขณะที่โปรตีนถั่วลันเตาสกัดปริมาณโปรตีนและไขมันอยู่ที่ร้อยละ 85 และร้อยละ 4 ตามลำดับ [28]

ปริมาณแอนโทไซยานินที่พบในพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตร SPI และ PPI แสดงดังตารางที่ 6 พบว่าพุดดิ้งสูตร SPI มีปริมาณแอนโทไซยานินชนิดไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (Cyanidin-3-glucoside) และเพลาร์โกนิดิน-3-กลูโคไซด์ (Pelargonidin-3-glucoside) เท่ากับ 0.17 และ 0.09 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ขณะที่พุดดิ้งสูตร PPI มีอยู่ 1.28 และ 0.68 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณแอนโทไซยานินที่พบในพุดดิ้งนั้นมีน้อยมากเมื่อเทียบกับที่พบในเมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีอยู่ถึง 250.36 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตพุดดิ้งผ่านการล้าง การให้ความร้อนหลายขั้นตอน จึงอาจทำให้ปริมาณของแอนโทไซยานินลดลงได้ [29] สารแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ สามารถจับกับโปรตีนในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งด้วยพันธะที่ไม่ใช่โควาเลนต์ (non-covalent) หรือพันธะโควาเลนต์ (covalent) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้ ซึ่งการจับกันนี้ สามารถเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต ทั้งนี้สารแอนโทไซยานินคงตัวอยู่ได้อาจขึ้นอยู่กับชนิดหรือการจับกับโปรตีนที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ [30] ซึ่งผลของความร้อนในระหว่างการแปรรูปโปรตีนถั่วเหลืองสามารถจับกับสารแอนโทไซยานินด้วยพันธะที่ไม่แข็งแรงมาก ได้แก่ พันธะไฮโดรเจน. (hydrogen bonding) และพันธะไฮโดรโฟบิค (hydrophobic interaction) และบางส่วนเป็นพันธะไดซัลไฟต์ แต่ในทางตรงกันข้ามการจับกันระหว่างโปรตีนถั่วลันเตาและสารแอนโธไซยานินส่วนใหญ่เกิดขึ้นโดยพันธะโควาเลนต์ [31] ด้วยเหตุนี้จึงเป็นไปได้ว่าในขณะที่มีการใช้โปรตีนในปริมาณที่เท่ากันนั้น PPI ในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ สามารถทำให้สารแอนโธไซยานินมีเสถียรภาพคงตัวมากกว่า SPI เมื่อโปรตีนเสียสภาพจากการแปรรูปด้วยความร้อน

ตารางที่ 6 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณแอนโทไซยานินและจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่พัฒนาขึ้น

รายการวิเคราะห์	ผลวิเคราะห์	
	SPI	PPI
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)[a, ns]	10.83±0.11	10.77±0.11
เถ้า (ร้อยละ)[a, ns]	0.34±0.00	0.34±0.00
ความชื้น (ร้อยละ)[a, ns]	87.02±0.14	86.93±0.20
ไขมัน (ร้อยละ)[a, ns]	0.16±0.00	0.24±0.01
โปรตีน (ร้อยละ)[a, ns]	1.65±0.01	1.72±0.03
ไซยานิดิน กลูโคไซด์ (มิลลิกรัม/ตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร)[b, *]	0.17±0.05	1.28±0.10
เพลาโกนิดิน กลูโคไซด์ (มิลลิกรัม/ตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร)[b, *]	0.09±0.03	0.68±0.05
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/ตัวอย่าง 1 กรัม)[a, *]	3.4×10^3	1.3×10^4

หมายเหตุ: [a] ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=2)
: [b] ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งสูตร SPI และ PPI เท่ากับ 3.4×10^3 และ 1.30×10^4 โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยกำหนดในมาตรฐานเต้าหู้นมสด (มผช. 528/2547) ต้องไม่เกินที่ 5×10^4 โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม [32]

ACCEPTED

3.3.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของพุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่พัฒนาขึ้น ทั้ง 2 สูตร แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่พัฒนาขึ้น

รายการวิเคราะห์	ผลวิเคราะห์	
	SPI	PPI
ความแข็ง (Hardness)* หน่วย : กรัม	50.91±4.19	112.64±5.70
การยึดติด (Adhesiveness)^{ns} หน่วย : นิวตัน.วินาที	-8.24±1.60	-11.96±4.12
การเกาะกัน (Cohesiveness)^{ns} หน่วย : ไม่มีหน่วย	0.20±0.03	0.17±0.03
ความยืดหยุ่น (Springiness)* หน่วย : มิลลิเมตร	8.47±0.89	10.86±0.74
ความเหนียว (Gumminess)* หน่วย : กรัม	10.22±1.81	18.62±2.09
ความต้านทานการเคี้ยวได้ (Chewiness)* หน่วย : นิวตัน	0.86±0.07	2.01±0.14

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
: ค่าที่กำกับด้วย * หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)
: ค่าที่กำกับด้วย ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

พุดดิ้งสูตร SPI มีความแข็ง (Hardness) มากกว่าสูตร PPI โดยค่าความแข็งวัดจากแรงในการเคี้ยวครั้งแรกสอดคล้องกับค่าความเหนียว (Gumminess) และความต้านทานการเคี้ยวได้ (Chewiness) ซึ่งเทียบได้กับแรงและระยะเวลาที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารจนกระทั่งกลืนได้ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงการต้องใช้แรงในการเคี้ยวที่มากกว่าและใช้ระยะเวลานานกว่าจึงจะเคี้ยวอาหารละเอียดหมดของพุดดิ้งสูตร SPI เมื่อเทียบกับลักษณะเนื้อสัมผัสของพุดดิ้งสูตร PPI ($p<0.05$) ขณะที่พุดดิ้งสูตร PPI จะมีความสามารถในการคืนตัวซึ่งประเมินได้จากค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ที่ดีกว่าพุดดิ้งสูตร SPI ($p<0.05$) อาจเป็นผลของความสามารถในการดูดซับน้ำเนื่องมาจากโครงสร้างของโปรตีนถั่วลันเตาที่มีลักษณะเป็นเส้นใยและมีช่องว่างอากาศน้อยกว่าโปรตีนถั่วเหลืองซึ่งจะสัมพันธ์กับการทำให้ค่าความแข็งและพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวผลิตภัณฑ์จากการวัดค่าความต้านทานการเคี้ยวที่น้อยกว่า [26]

4. สรุปผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรวีแกนที่พัฒนาจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดหรือโปรตีนถั่วลันเตาสกัดอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัวแก่พุดดิ้งร่วมกับคาราจีแนนซึ่งทำหน้าที่เป็นสารก่อเจลทดแทนเจลาตินที่ผลิตมาจากสัตว์ จำนวน 2 สูตร ได้แก่ สูตรโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) และสูตรโปรตีนถั่วลันเตาสกัด (PPI) ประกอบด้วยส่วนผสมเท่ากันยกเว้นชนิดของโปรตีน ได้แก่ โปรตีนสกัด ร้อยละ 1.5 คาราจีแนน ร้อยละ 0.6 และมีส่วนผสมอื่น ได้แก่ น้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ น้ำ และน้ำตาล ร้อยละ 50 40.9 และ 7 ตามลำดับ โดยเป็นสูตรที่ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในระดับชอบเล็กน้อยขึ้นไป หรือมีคะแนนตั้งแต่ 6 ขึ้นไป และมีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างแช่เย็นต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างตัวอย่างในสูตรเดียวกัน มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกันและพบปริมาณแอนโทไซยานินเล็กน้อย จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อย่างไรก็ตามลักษณะเนื้อสัมผัสของพุดดิ้งทั้งสองสูตรมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อความหลากลายของผลิตภัณฑ์และเป็นทางเลือกตามความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะในด้านความแข็ง ความเหนียว ความยากง่ายในการเคี้ยวและความยืดหยุ่นของพุดดิ้ง

เอกสารอ้างอิง

[1] C. Alamprese and M. Mariott, “Effects of different milk substitutes on pasting, rheologicaland textural properties of puddings,” *LWT Food Science and Technology,* vol. 44, no. 10, pp. 2019-2025, Dec, 2011.

[2] M.G. Sajilata and R.S. Singhal. “Specialty starches for snack foods.” *Carbohydrate Polymers*, vol. 59, no. 2, pp. 131-151, Jan. 2005.

[3] H.S. Lim and G. Narsimhan, “Pasting and rheological behavior of soy protein-based

ACCEPTED

pudding," *LWT Food Science and Technology*, vol. 39, no. 4, pp. 343-349, May. 2006

[4] *Bakery (No Bake)*, Maeban Co. Ltd., Bangkok, 2011, pp. 40-41.

[5] *Chinese Sweets*, Maeban Co. Ltd., Bangkok, 2012, pp. 102-103.

[6] A. Mehraj and S. Benjakul. "Impact of legume seed extracts on degradation and functional properties of gelatin from unicorn leather jacket skin," *Process Biochemistry*, vol. 46, no. 10, pp. 2021-2029, Oct, 2011

[7] P.A. Spagnuolo, D.G. Dalgleish, H.D. Goff, and E.R. Morris, "Kappa- carrageenan interactions in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers," *Food Hydrocolloids*, vol. 19. No. 3, pp. 371-377, May. 2005.

[8] D. Verbeken, K. Bael, O. Thas, and K. Dewettinck, "Interactions between K-carrageenan, milk proteins and modified starch in sterilized dairy desserts," *International Dairy Journal*, vol. 16, no. 5, pp. 482-488, May. 2006

[9] R. Marsili, "Protein power: Functionality and versatility", *Food Product Design*, pp. 67-80, Sept., 1993.

[10] M. Petracci, M. Bianchi, S. Mudalal and C. Cavani, "Functional ingredients for poultry meat products," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 33, no. 1, pp. 27-39, 2013.

[11] Zhang, S., Huang, W., Feizollahi, E., Roopesh, M. S., & Chen, L. Improvement of pea protein gelation at reduced temperature by atmospheric cold plasma and the gelling mechanism study. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *67*, 102567, 2021

[12] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2543). Soy protein/โปรตีนถั่วเหลือง [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2036/soy-protein- โปรตีนถั่วเหลือง (สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2565)

[13] Karim, A. A., & Rajeev, B. "Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 19, no. 12, pp. 644-656, Dec. 2008.

[14] ชมดาว สิกขะมณฑล และ ศิริพร ตันจอ, *KU สร้างสรรค์ข้าวไทย ศาสตร์แห่งแผ่นดิน เพื่อความกินดีอยู่ดี,* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2560.

[15] S. Thomasset, N. Teller, & H. Cai, "Do anthocyanins and anthocyanidins, cancer chemopreventive pigments in the diet, merit development as potential drugs?," *Cancer Chemother Pharmacol*, vol. 64, no. 1, pp. 201-211, Jun. 2009.

[16] H. Shimoda, M. Aitani, and J. Tanaka, "Purple rice extract exhibits preventive activities on experimental diabetes models and human subject," *Journal of Rice Research*, vol. 3, no. 2, pp. 137, Feb. 2015.

[17] จีระศักดิ์ คำสุริย์, เมธาวี ชุณหวุฒิยานนท์ และดุจเดือน บุญสม. *รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) โครงการศึกษาตลาดอาหารวีแกนเพื่อรองรับการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารของไทย ภายใต้โครงการพัฒนาศูนย์อัจฉริยะสารสนเทศอัจฉริยะอุตสาหกรรมอาหาร ปี2562*. กรุงเทพฯ: สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, 2562

[18] พนิตตรา ชำนาญศิลป์ และอารยา อารมณ์ฤทธิ์, "การเปลี่ยนแปลงระดับการสุก ปริมาณแกมมาโอไรซานอลและกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของข้าวมีสีหลังจากการให้ความร้อน," ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 12*, 28 มกราคม 2554, หน้า 750-756

ACCEPTED

[19] สุนันทา ประจำ, “ปฏิสัมพันธ์ของโปรตีนนม โพลีแซคคาไรด์ และสารเพิ่มความคงตัวทางการค้าในการพัฒนาพุดดิ้งข้าวหอมมะลิ,”. วิทยานิพนธ์ วท.บ. (เทคโนโลยีอาหาร), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 2558.

[20] I.V.E. Chamber and M.B. Wolf, *Sensory Testing Methods*, 2nd ed, Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 1996.

[21] K.O. Honikel, “Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat,” *Meat Science*, vol. 49, no. 4, pp. 447-457, Aug. 1998.

[22] *Official Method of Analysis; Association of Official Analytical Chemist (AOAC)*, 18th Ed., Washington D.C., 2005.

[23] S. Charoenkiatkul, K. Judprasong and P. Thiyajai, “Nutrients and bioactive compounds in popular and indigenous durian,” *Food Chemistry*, vol. 193, pp. 181-186, Feb. 2016.

[24] R.E. Wrolstad, “Color and pigment analyses in fruit products,” *Oregon Agricultural Experiment Station Bulletin*, vol. 624, pp. 1-17, 1976.

[25] *Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online Edition 2001 (US-FDA)* [Online]. http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-3.html. (Accessed: Feb. 20, 2019).

[26] S. Samard and G.H. Ryu, “Physicochemical and functional characteristics of plant protein-based meat analogs,” *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 43, no. 10, e14123, Oct. 2019.

[27] J. Giese, “Proteins as ingredients: Types, functions, applications,” *Journal of Food Science and Technology*, vol. 48, no. 10, pp. 50-60, Dec. 1994.

[28] N. Babault, C. Paizis, G. Deley, G.L. Deremaux, H.M. Saniez, L.C. Millot and A.F. Allaert, “Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gain during resistance training: a double-blind, randomized, placebo-controlled clinical trial vs whey protein,” *Journal of the International Society of Sports Nutrition,* vol. 12, no. 3, pp. 1-9, Dec. 2015.

[29] K. Anukulwattana, K. Srinual and A. Halee, “Effects of processing, storage and reheating on the amounts and capacities of the antioxidants of ready-to-eat rice in retort pouch,” *KMUTT Research and Development Journal*, vol. 41, no. 3, pp. 299-309, Jul. 2018.

[30] Jiang, T., Shuai, X., Li, J., Yang, N., Deng, L., Li, S., ... & He, J. Protein-bound anthocyanin compounds of purple sweet potato ameliorate hyperglycemia by regulating hepatic glucose metabolism in high-fat diet/streptozotocin-induced diabetic mice. Journal of agricultural and food chemistry, 68(6), 1596-1608, 2020.

[31] Liao, M., Chen, F., Hu, X., Liao, X., Miao, S., Ma, L., & Ji, J. Controlled gastrointestinal digestion of micellar casein loaded anthocyanins: The chelating and complexing effect of dextran sulfate. Food Hydrocolloids, 132, 107863, 2022

[32] *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเต้าหู้นมสด,* มผช. 528/2547, 2547.

ACCEPTED