

การพัฒนาสูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

Formulation Development of Instant Rice Berry Porridge Fortified with Egg White Protein

กชกร กันหาเรียง¹, ทิพวรรณ ทองสุข¹, ศศิวิมล จิตรากร¹ และ สูดาร์ตน์ เจียมยังยีน^{1*}
Kotchakorn Kanhariang¹, Tipawan Thongsook¹, Sasivimon Chittrakorn¹
and Sudarat Jiamyangyuen^{1*}

¹ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University,
Phitsanulok, Thailand 65000

*Corresponding author: sudaratj@nu.ac.th

Received: 31 March 2023; Accepted: 3 May 2023; Published: 1 June 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาอัตราส่วนของปริมาณปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่และปริมาณไข่ขาวต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว โดยศึกษาอัตราส่วน 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, และ 20:80 และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว จากการศึกษา พบว่า โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทุกตัวอย่างมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 และมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.27 และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของไข่ขาวมากขึ้น ทำให้ปริมาณโปรตีน, ค่าแตกต่างสีโดยรวม และค่าดัชนีการละลายน้ำเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าดัชนีการดูดซับน้ำลดลง ส่วนโจ๊กคีนรูปมีค่าแตกต่างสีโดยรวมเพิ่มขึ้นและค่าความหนืดลดลง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้สเกลการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) สเกลวัดความพอดี (Just about right, JAR) และคะแนนความเข้มข้นกลิ่นคาว พบว่า สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 ให้คุณลักษณะที่เหมาะสมที่สุด ในการนำไปปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงขึ้น ผลการทดสอบความเข้มข้นกลิ่นคาว พบว่า มีเพียงสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 80 มีคะแนนความเข้มข้นกลิ่นคาวสูงกว่าสูตรอื่นๆ ผลการวิเคราะห์ค่าพินอลติ (Penalty analysis) พบว่า คุณลักษณะด้านสีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อ่อนเกินไปและเนื้อสัมผัสของโจ๊กที่หยาบเกินไปมีผลต่อการยอมรับรวม (Noteworthy) จึงควรปรับปรุงให้ได้โจ๊กที่มีสีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เข้มข้นและปรับเนื้อสัมผัสของโจ๊กให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น

คำสำคัญ: ไข่ขาว; โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป; ข้าวไรซ์เบอร์รี่; โปรตีน; คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effect of broken rice berry and egg white ratio on chemical and physical properties of instant rice berry porridge fortified with egg white protein. The ratio of broken rice and egg white evaluated were 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, and 20:80 and the consumer acceptance of instant rice berry porridge fortified with egg white protein was investigated. The result obtained indicated that the instant porridge fortified with egg white protein in all samples had moisture content less than 7% with water activity value less than 0.27. Moreover, increase in the addition of egg white resulted in higher protein content, total

color difference (ΔE) and water solubility index while lower the water absorption index. After adding water, the instant porridge fortified with more egg white added showed increased total color difference (ΔE) and decreased viscosity. Sensory evaluation using the 9-point hedonic scale, the just about right (JAR) scale and egg smell intensity score demonstrated that the 40% egg white formula was the most desirable as the overall acceptability scores and properties were improved indicating more acceptance by the consumers. The result of egg smell intensity score demonstrated that only the 80% egg white formula had a higher score for the egg smell intensity than other formula. The result from the penalty analysis indicated that the attributes of the too-soft endpoints of the purple color of rice berry rice and too-rough endpoints of the texture of the porridge had a significant effect on total acceptance (Noteworthy). Therefore, properties of instant porridge fortified with egg white protein could be improved by adjusting the darker purple color of the rice berry rice and adjusting the texture of the porridge to a softer texture.

Keywords: egg white; instant porridge; rice berry; protein; sensory characteristics

คำนำ

ปัจจุบันอาหารกึ่งสำเร็จรูปได้รับความนิยมมากขึ้น ผู้บริโภคเลือกที่จะบริโภคอาหารกึ่งสำเร็จรูปเนื่องจากสะดวกสบาย และรวดเร็ว โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมามุ่งเน้นในเรื่องคุณภาพ และใส่ใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น โดยอาหารกึ่งสำเร็จรูปมีให้เลือกมากมาย เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป อาหารกึ่งสำเร็จรูปแช่แข็ง เป็นต้น (Niyomwet *et al.*, 2018) ซึ่งปัจจุบันตลาดโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป เป็นตลาดที่มีศักยภาพการขยายตัวในการตลาดสูง ดังนั้น จึงทำให้ตลาดโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปมีบทบาทและขยายตัวได้อย่างรวดเร็ว (Khuenpet *et al.*, 2019)

ผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเป็นอาหารที่ทำมาจากธัญพืช เช่น ข้าวสาลี ข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวกล้องโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปยังเป็นที่นิยมมากในเอเชียและในประเทศไทย เนื่องจากสะดวกต่อการรับประทาน หาซื้อได้ง่าย มีราคาถูก มีอายุการเก็บรักษาที่นาน (Khuenpet *et al.*, 2019) ทำให้ตลาดโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปมียอดขายเติบโตมากขึ้น โดยในปี 2560 ตลาดโจ๊กและข้าวต้มกึ่งสำเร็จรูปในประเทศมีมูลค่าทางการตลาด 2 พันล้านบาท และตลาดโจ๊กและข้าวต้มกึ่งสำเร็จรูป มีการเติบโตเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 44 (Deeprasert, 2018) โจ๊กจัดเป็นอาหารที่คนไทยคุ้นเคย สำหรับบริโภคเป็นอาหารเช้าและนิยมบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุและผู้ป่วยพักฟื้น เนื่องจากย่อยง่ายและอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ โจ๊กที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 11.77 (Khuenpet *et al.*, 2019) และส่วนใหญ่ใช้ข้าวหอมมะลิเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งในข้าวหอมมะลิเมื่อผ่านความร้อนจะเกิดเจลลิตินในช่องว่างสมบูรณ์และโครงสร้างโมเลกุลเปลี่ยนแปลงทำให้ช่วยเพิ่มการย่อยเป็นผลให้ค่าดัชนีน้ำตาลในเลือดสูง (Srikaeo and Sopade, 2010) และหากรับประทานอาหารประเภทนี้เป็นประจำ โดยไม่เติมสารอาหารอื่น จะทำให้ได้คุณค่าจากสารอาหารไม่เพียงพอ ในปัจจุบันมีการพัฒนาโจ๊กที่เพิ่มสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น โจ๊กผสมถั่วและลูกเดือย โจ๊กข้าวโอ๊ต โจ๊กข้าวหอมมะลิ และโจ๊กผสมโปรตีนและหางนม (Deeprasert, 2018)

ไข่ขาวจัดว่าเป็นโปรตีนที่มีความบริสุทธิ์และเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย โปรตีนที่มีสัดส่วนมากที่สุดคืออัลบูมิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี มีไขมันต่ำและมีประสิทธิภาพการดูดซึมสูงสุดที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ทันที โดยในเลือดจะมีปริมาณโปรตีนอัลบูมินอยู่ที่ 3.2-5.0 กรัมต่อเดซิลิตร (Nakban, 2020) หากในเลือดมีค่าอัลบูมินต่ำจะทำให้ร่างกายขาดภูมิคุ้มกันโรคและทำให้ติดเชื้อได้ง่าย มีการนำไข่ขาวไปใช้อย่าง

แพร่หลายในอุตสาหกรรมและเป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยในโรงพยาบาล (Deeprasert, 2018) ผู้ป่วยที่เป็นโรคเรื้อรังต้องจำกัดการรับประทานอาหารกลุ่มโปรตีน เนื่องจากเมื่อโปรตีนในร่างกายถูกเผาผลาญจะถูกกำจัดทางไต ทำให้ไตทำงานหนัก ดังนั้นการรับประทานอาหารที่มีโปรตีนคุณภาพดีจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้ป่วย (Nakban, 2020) จากข้อมูลที่ได้กล่าวมานั้น จึงเลือกใช้ไข่ขาวเป็นวัตถุดิบหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิล (พันธุ์พ่อ) และข้าวขาวดอกมะลิ 105 (พันธุ์แม่) ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นวัตถุดิบอย่างหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตจ๊าก โดยข้าวไรซ์เบอร์รี่มีรงควัตถุหรือสารสีม่วงแดงที่เรียกว่าแอนโทไซยานิน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังมีสารอาหารมากมายหลายชนิดได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล โอเมก้า 3 ธาตุเหล็ก มีดัชนีน้ำตาลต่ำ-ปานกลางและมีใยอาหารสูงที่อยู่ในรำข้าวจึงช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาลช้ากว่าข้าวขาวขัดสีหรือข้าวกล้อง ดังนั้นเซลล์ในร่างกายจะรับน้ำตาลในเลือดไปใช้เป็นพลังงานได้มากขึ้นระดับน้ำตาลในเลือดจึงต่ำลง ข้าวไรซ์เบอร์รี่เต็มเมล็ดมีราคาค่อนข้างสูง แต่ระหว่างกระบวนการสีข้าว จะมีข้าวที่เกิดจากการแตกหัก เรียกว่า ปลายข้าวหรือข้าวหัก ซึ่งเป็นส่วนที่เล็กกว่า 2.5 ส่วนจาก 10 ส่วน จัดเป็นข้าวที่ไม่ตรงตามเกณฑ์มาตรฐาน (Tammatanta and Wipusitworakul, 2016) ปลายข้าว จึงมีราคาขายต่ำเฉลี่ย กิโลกรัมละ 15-20 บาท ต่ำกว่าราคาข้าวสารปกติประมาณ 2-3 เท่า (Khwanchai and Fong-In, 2021) ปัจจุบันเริ่มมีการใช้ประโยชน์จากปลายข้าวนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด ได้แก่ การใช้ประโยชน์จากปลายข้าวเพื่อผลิตข้าวแต่น (Charoenphun, 2020) การพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมแป้งเกล็ดเสริมคุณสมบัติของไลโคปีนจากมะละกอสุก (Jakkranuhwat and Kunchansombat, 2021) การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดลดพลังงานจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ (Tammatanta and Wipusitworakul, 2016) เป็นต้น เนื่องจากปลายข้าวหรือข้าวหักยังคงมีสารอาหารที่มีประโยชน์ การนำปลายข้าวหรือข้าวหักมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับปลายข้าวหรือข้าวหัก ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกข้าว (Charoenphun, 2020)

วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำไข่ขาวมาใช้ประโยชน์โดยเป็นแหล่งของโปรตีนในจ๊ากกึ่งสำเร็จ โดยมีขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของข้าวไรซ์เบอร์รี่และปริมาณไข่ขาวต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของจ๊ากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคของจ๊ากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว เพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคในการรับประทานอาหารจากไข่ขาว

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ แพ็คสุญญากาศ ซื้อมาจากบริษัทรุ่งนที ดีโรซ์ จำกัด จังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย เมื่อวันที่ 30 มิถุนายน 2565 มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน กัวร์กัม ซื้อมาจากบริษัทเมอร์ เคจี เอเอจำกัด ประเทศไทย ไข่ขาวเหลว ข้าวโพดหวานกระป๋อง แคร่รอตสด ต้นหอม ชิงสด พริกไทยขาวป่นและน้ำตาลทรายขาว ซื้อจากซูเปอร์มาร์เก็ตท้องถิ่นในจังหวัดพิษณุโลก

การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมไข่ขาวต้ม

นำไข่ขาวใส่ถุงพลาสติกทนความร้อน จากนั้นนำไปต้มในน้ำสะอาด 1000 มิลลิลิตรด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ให้ไข่ขาวเซตตัว

การเตรียมข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำข้าวไรซ์เบอร์รี่หักคัทยกสิ่งเจือปนและล้างทำความสะอาด จากนั้นนำไปต้มกับน้ำในสัดส่วนของปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ 1:6 โดยน้ำหนัก ให้ความร้อนด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้า อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที กวนผสมอย่างต่อเนื่อง พักปลายข้าวต้มให้เย็นลงจนอุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส ได้เป็นข้าวไรซ์เบอร์รี่ชั้นเพื่อนำมาใช้ในการผลิต โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปต่อไป (ดัดแปลงจากวิธีของ Musika *et al.*, 2020)

การเตรียมวัตถุดิบอบแห้งเพื่อผสมกับผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

การทำแห้งวัตถุดิบอบแห้งสำหรับทำผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป สำหรับแครรอตหั่นเป็นลูกเต๋ารูขนาด $0.5 \times 0.5 \times 0.5$ เซนติเมตร นำไปต้ม 10 นาทีจนสุก ข้าวโพดหวานหั่นขนาด $0.5 \times 0.5 \times 0.8$ เซนติเมตร นำไปต้ม 10 นาที ต้นหอมหั่นขนาด $0.3 \times 0.3 \times 0.5$ เซนติเมตร ชิงหั่นเป็นเส้นขนาด $0.2 \times 1 \times 0.2$ เซนติเมตร จากนั้นนำวัตถุดิบทั้งหมดที่เตรียมไว้ทำแห้งด้วย เครื่องอบแห้งแบบ Tray ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 (ดัดแปลงจากวิธีของ Niyomwet *et al.*, 2018)

การเตรียมผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป

นำข้าวไรซ์เบอร์รี่ชั้นที่ได้ผสมกับไข่ขาวต้มสุกตามอัตราส่วนของข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อไข่ขาวคือ 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 และ 20:80 หรือเรียกว่าสูตรเต็มไข่ขาวร้อยละ 0, 20, 40, 60 และ 80 ตามลำดับ จากนั้นนำไปปั่นและนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่สภาวะอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.5 มิลลิเมตร นำแผ่นโจ๊กที่อบได้มาบดด้วยเครื่องปั่นได้เป็นผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว นำผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวร้อยละ 90 ผสมกับวัตถุดิบที่ผ่านการทำแห้ง ได้แก่ แครรอต, ข้าวโพดหวาน, ต้นหอม และชิง อย่างละร้อยละ 1.5 น้ำตาลทรายขาวร้อยละ 2.5, พริกไทยขาวป่นร้อยละ 1, และกัวร์กัมร้อยละ 0.5 (น้ำหนักรวมของวัตถุดิบอบแห้งรวมร้อยละ 10 ของน้ำหนักโจ๊กทั้งหมด) บรรจุผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ในซองพอยล์ปิดสนิท ปริมาณซองละ 5 กรัม เก็บในโถสุญญากาศความชื้นตลอดเวลาก่อนนำมาวิเคราะห์ จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ และวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

1. วิเคราะห์ปริมาณความชื้น

การวิเคราะห์ความชื้นของตัวอย่างผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว ใช้วิธีการของ AOAC (2000) ชั่งตัวอย่าง 3 g ลงในถ้วยอลูมิเนียม นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ทำซ้ำ 3 ซ้ำ คำนวณหาค่าปริมาณความชื้น จากสมการ

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{w_1 - w_2 \times 100}{w_1}$$

โดย w_1 คือ น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ (g)

w_2 คือ น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ (g)

2. การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี

ชั่งตัวอย่างผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 2 กรัม นำไปใส่ในภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่าง จากนั้นนำไปวัดค่า a_w ทำการทดสอบโดยใช้เครื่อง Water Activity, a_w (Aqua Lab, model: Series 4TE, U.S.A) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3. วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ไนโตรเจน โปรตีนอัตโนมัติ (Automatic Nitrogen protein analyser) (ยี่ห้อ Leco รุ่น TruMac N, U.S.A) ใช้วิธีการของ AOAC Official Method 990.03: Combustion Method การวิเคราะห์เริ่มจากชั่งน้ำหนักตัวอย่างผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว ใส่ภาชนะที่ปราศจากไนโตรเจน จากนั้นนำตัวอย่างไปเผาในเตาเผา (Combustion tube) ที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส ภายใต้ออกซิเจนที่มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99.97 % ประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ แสดงผลเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและสามารถคำนวณเป็นปริมาณโปรตีนโดยคูณด้วยแฟกเตอร์ 6.25 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4. การวิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Color Flex EZ, UK) มีค่ามาตรฐาน white plate คือ ค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 94.16 ค่าสีแดง (a^*) เท่ากับ -0.81 และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 1.46 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รายงานผลค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) วิเคราะห์โดยใช้ตัวอย่าง 2 แบบคือ เป็นผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวและโจ๊กคินรูป ใช้ตัวอย่างผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวปริมาณ 25-30 กรัม อุณหภูมิตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 °C) และนำตัวอย่างผงโจ๊กที่สำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 10 กรัม เติมน้ำร้อน 72 มิลลิลิตร (ปริมาณน้ำร้อนเท่ากันทุกตัวอย่าง) อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส คนให้เข้ากัน รอจนอุณหภูมิตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นคำนวณค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE) จากสมการ

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2}$$

L^* , a^* และ b^* คือค่าความสว่าง ค่าสีแดงและสีเขียว และค่าสีเหลืองและสีน้ำเงินของตัวอย่างเดิมไข่ขาวร้อยละ 20, 40, 60 และ 80

L_0^* , a_0^* และ b_0^* คือค่าความสว่าง ค่าสีแดงและสีเขียว และค่าสีเหลืองและสีน้ำเงินของตัวอย่างเดิมไข่ขาวร้อยละ 0

5. การวิเคราะห์ความหนืด

วิเคราะห์ค่าความหนืดโดยชั่งตัวอย่างผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 35 กรัม เติมน้ำร้อน 250 มิลลิลิตร (ปริมาณน้ำร้อนเท่ากันทุกตัวอย่าง) อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิตัวอย่างลดลงถึง 60-65 °C จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer ใช้หัววัด R7 (ตัวอย่างโจ๊กคินรูปเดิมไข่ขาวร้อยละ 0 และ 20) ใช้หัววัด R5 (ตัวอย่างโจ๊กคินรูปเดิมไข่ขาวร้อยละ 40) ใช้หัววัด R2 (ตัวอย่างโจ๊กคินรูปเดิมไข่ขาวร้อยละ 60 และ 80) โดยอธิบายค่าความหนืดที่ความเร็วรอบ 40 รอบ/นาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

6. การวิเคราะห์ดัชนีการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index, WAI)

การวัดดัชนีการดูดซับน้ำวิเคราะห์ตามวิธีของ Anderson et al. (1969) ทำโดยชั่งผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว ปริมาณ 2.5 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 30 มิลลิลิตร จากนั้นทำการคนทุก ๆ 5 นาที เป็นเวลา 30 นาที นำส่วนที่ติดกับแท่งแก้วมาล้างด้วยน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แยกน้ำส่วนใสด้านบนออก และนำหลอดหมุนเหวี่ยงพร้อมส่วนที่เหลือไปชั่งน้ำหนัก ทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณค่าดัชนีการดูดซับน้ำ ดังสมการ

$$WAI = \frac{\text{น้ำหนักหลอดหมุนเหวี่ยงพร้อมตะกอน} - \text{น้ำหนักหลอดหมุนเหวี่ยง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

7. การวิเคราะห์ดัชนีการละลายน้ำ (Water Soluble Index, WSI)

การวัดดัชนีการละลายน้ำวิเคราะห์ตามวิธีของ Anderson et al. (1969) ทำโดยชั่งผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว ปริมาณ 2.5 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 30 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสลงในถ้วยออสุมิเนียม นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณค่าดัชนีการละลายน้ำ จากสมการ

$$WSI = \frac{\text{น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำได้} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การศึกษาดูสูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด ทำโดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน เตรียมตัวอย่างผงโจ๊กสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 5 กรัม (ปริมาณเท่ากับทุกตัวอย่าง) เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณ 36, 35, 30, 25 และ 20 มิลลิลิตร ในตัวอย่างที่เติมน้ำข้าวร้อยละ 0, 20, 40, 60 และ 80 ตามลำดับ เสิร์ฟ ในถ้วยพลาสติกทนร้อนขนาด 2 ออนซ์ พร้อมน้ำเปล่า ใส่รหัสตัวอย่างโดยใช้เลขสุ่ม 3 หลัก ทำการเสิร์ฟตัวอย่างให้ผู้ทดสอบขณะที่โจ๊กมีอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบโดยใช้ 3 วิธี ดังนี้

วิธีการทดสอบโดยใช้สเกล 9-point hedonic scale โดยให้คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด, 5 = เฉยๆ, และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ประเมินในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม

วิธีการทดสอบโดยใช้สเกลวัดความพอดี (Just about right, JAR scale) 5 ระดับ ทำการทดสอบคุณลักษณะ ได้แก่ สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ (สีม่วงอ่อนเกินไป สีม่วงอ่อนไป พอดี สีม่วงเข้มไป และสีม่วงเข้มมากไป) เนื้อสัมผัสของโจ๊ก (ละเอียดเกินไป และไปพอดี หยิบไป และหยิบมากไป) และความข้นหนืดของโจ๊ก (น้อยเกินไป น้อยไป พอดี มากไป และมากเกินไป)

วิธีการทดสอบโดยใช้สเกลความเข้ม 5 ระดับ โดยทำการประเมินด้านกลิ่นไข่ขาวของผลิตภัณฑ์ 1=ไม่มีกลิ่นคาว 2=กลิ่นคาวเล็กน้อย 3=กลิ่นคาวปานกลาง 4=กลิ่นคาวมาก 5=กลิ่นคาวมากไป

จากนั้น คัดเลือกสูตรโจ๊กคั้นรูปที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด นำไปประเมินแนวทางในการตัดสินใจเกี่ยวกับการปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มากขึ้นโดยใช้การวิเคราะห์แบบพินอลติ (ค่าเฉลี่ยที่ลดลง) หรือ Penalty (mean drop) analysis (Wangcharoen, 2013) การคำนวณวิเคราะห์แบบพินอลติ ดังสมการ

Mean Drop = ค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมของระดับที่ไม่พอดี - ค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมของระดับพอดี

$$\text{Total Penalty} = \text{Mean Drop} \times \text{ร้อยละของคำตอบของระดับที่ไม่พอดี}$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) สำหรับวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีทดลอง 3 ซ้ำ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized

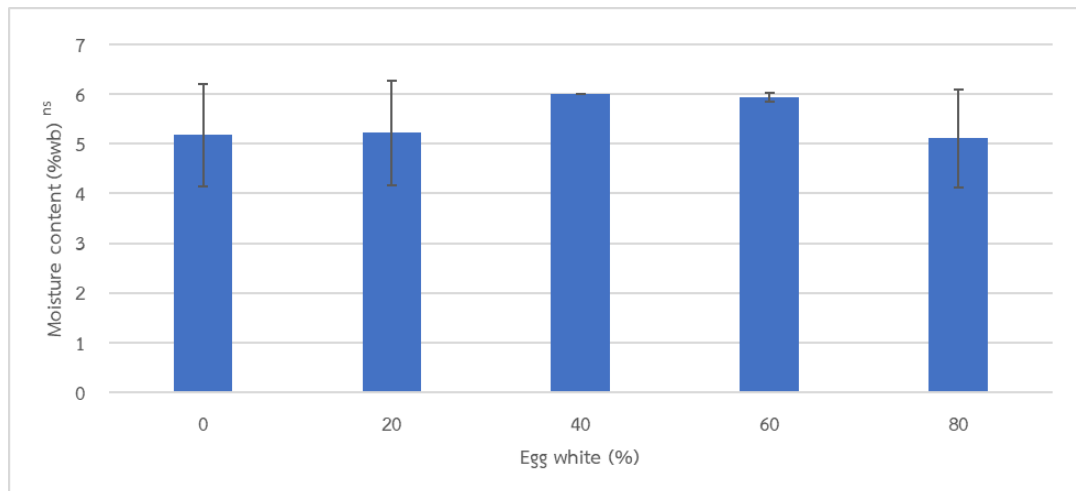
Complete Block Design) สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS

โครงการวิจัยผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์เอกสารเลขที่ COA No. 469/2022

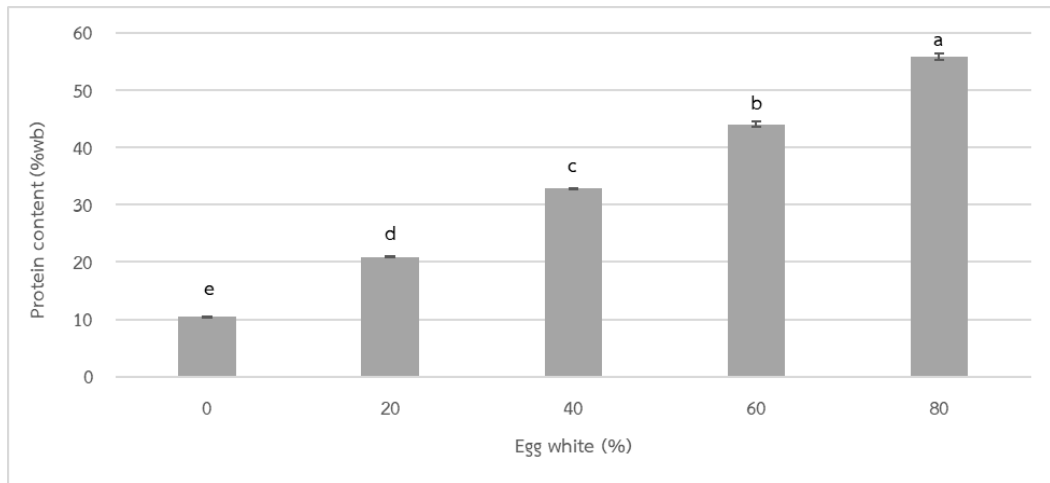
ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

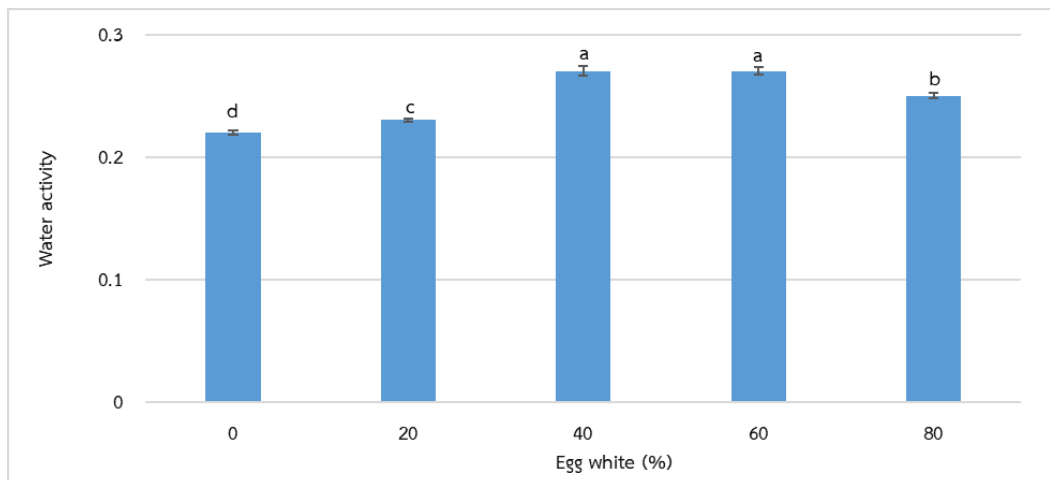
จากผลการทดลองพบว่า ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทุกตัวอย่าง (Figure 1a) มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 5.11-6.00 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป (มอก.) (Ministry of industry-TISs 315/2005) ที่กำหนดไว้ว่า ต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีน (Figure 1b) พบว่าตัวอย่างที่เติมไข่ขาวร้อยละ 0 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 11.14 ซึ่งใกล้เคียงกับผลของ Khuenpet *et al.* (2019) รายงานว่าโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 11.48 และเมื่อเติมไข่ขาวลงไป โดยในไข่ขาวมีโปรตีนร้อยละ 9.7-10.6 (Deeprasert, 2018) ทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปริมาณโปรตีนของผงโจ๊กกึ่งข้าวไรซ์เบอร์รี่สำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทุกตัวอย่าง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่กำหนดให้โปรตีนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก เมื่อพิจารณาค่า a_w ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว แสดงใน Figure 1c พบว่าผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทุกตัวอย่างมีค่าน้อยกว่า 0.6 เมื่อค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 ทำให้เชื้อจุลินทรีย์หยุดการเจริญเติบโตสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน (Khuenpet *et al.*, 2019) และเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป (มผช.) (Ministry of Industry- No.1068, 2015) ที่กำหนดไว้ว่า มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ไม่เกิน 0.6



(a) Moisture content of instant rice berry porridge fortified with egg white protein powder



(b) Protein content of instant rice berry porridge fortified with egg white protein powder



(c) Water activity of instant rice berry porridge fortified with egg white protein powder

Figure 1 Moisture content (%); (a) Protein content (%); (b) and water activity; (c) of instant rice berry porridge fortified with egg white protein powder. [^{a-e} Means with different letters above each column indicate significant differences ($P < 0.05$); ^{ns} not significant ($P > 0.05$).]

เมื่อพิจารณาค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวและโจ๊กคั้นรูป (Table 1) พบว่าเมื่อเติมไข่ขาวมากขึ้น ทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ของผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวและโจ๊กคั้นรูปมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสีม่วงเข้มเมื่อเติมไข่ขาวส่งผลทำให้มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดง (a^*) ของผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวและโจ๊กคั้นรูป มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นรงควัตถุหรือสารสีแดงถึงม่วง เมื่อเติมไข่ขาวที่มีสีขาวยาวไปจึงส่งผลทำให้ค่า a^* ลดลง ค่าสีเหลือง (b^*) ของผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว มีค่าเพิ่มขึ้น

เนื่องจากการใช้ความร้อนในการทำแห้งของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีในข้าวไรซ์เบอร์รี่กับโปรตีนที่มีในไข่ ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ (Deeprasert, 2018) ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวผลิตภัณฑ์จึงมีค่า b^* เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b^*) ของโจ๊กคีนรูป พบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจาก สีของตัวอย่างถูกเจือจางเมื่อเติมน้ำลงไป ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Niyomwet *et al.* (2018) ที่ศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ พบว่า เมื่อเติมน้ำในตัวอย่างโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทำให้ค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE) ของผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวและโจ๊กคีนรูปพบว่า เมื่อปริมาณไข่ขาวมากขึ้นค่าความแตกต่างสีโดยรวมจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Table 1 Analysis of color (L^* , a^* and b^*) of non-rehydrated and rehydrated instant rice berry porridge fortified with egg white protein

Sample (egg white %)	Color of instant rice berry porridge fortified with egg white protein powder				Color of rehydrated instant rice berry porridge fortified with egg white protein			
	L^*	a^*	b^*	ΔE	L^*	a^*	b^*	ΔE
0	40.88 $\pm$ 0.01 ^a	8.08 $\pm$ 0.01 ^a	6.50 $\pm$ 0.01 ^a	-	29.96 $\pm$ 0.01 ^e	6.80 $\pm$ 0.02 ^a	4.72 $\pm$ 0.01 ^a	-
20	43.62 $\pm$ 0.00 ^d	7.85 $\pm$ 0.01 ^b	7.23 $\pm$ 0.02 ^d	2.84 $\pm$ 0.01 ^d	35.44 $\pm$ 0.00 ^d	5.27 $\pm$ 0.00 ^b	4.52 $\pm$ 0.01 ^b	5.70 $\pm$ 0.01 ^d
40	47.33 $\pm$ 0.01 ^c	6.58 $\pm$ 0.01 ^c	7.82 $\pm$ 0.01 ^c	6.75 $\pm$ 0.01 ^c	37.24 $\pm$ 0.01 ^c	4.14 $\pm$ 0.01 ^c	4.44 $\pm$ 0.01 ^c	7.76 $\pm$ 0.01 ^c
60	48.74 $\pm$ 0.01 ^b	5.95 $\pm$ 0.01 ^d	7.90 $\pm$ 0.01 ^b	8.26 $\pm$ 0.00 ^b	39.59 $\pm$ 0.01 ^b	3.19 $\pm$ 0.01 ^d	4.35 $\pm$ 0.01 ^d	10.29 $\pm$ 0.01 ^b
80	52.74 $\pm$ 0.00 ^a	4.53 $\pm$ 0.02 ^e	8.12 $\pm$ 0.00 ^a	12.49 $\pm$ 0.01 ^a	42.71 $\pm$ 0.02 ^a	2.61 $\pm$ 0.01 ^e	4.32 $\pm$ 0.01 ^e	13.44 $\pm$ 0.02 ^a

a-e Mean values and standard deviations with different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

เมื่อพิจารณาค่าความหนืดของโจ๊กคีนรูปที่มีสัดส่วนของไข่ขาวที่แตกต่างกัน 5 ระดับ (Table 2) พบว่าตัวอย่างเติมไข่ขาวร้อยละ 0 มีค่าความหนืดสูงสุด โดยการเปลี่ยนแปลงความหนืดของโจ๊กคีนรูปขึ้นอยู่กับปริมาณและขนาดของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินที่มีในข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Khuenpet *et al.*, 2019) เมื่อปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดลง ทำให้ค่าความหนืดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อปริมาณไข่ขาวเพิ่มขึ้นทำให้โจ๊กคีนรูปมีความหนืดน้อยลง เนื่องจาก โปรตีนในไข่ขาวเมื่อผ่านความร้อนสูงจะทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (denaturation) และเกิดการรวมตัวกันทำให้โปรตีนตกตะกอน (aggregation) (Akkouche *et al.*, 2012) ส่งผลทำให้เมื่อปริมาณไข่ขาวเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีความหนืดน้อยลง ($p < 0.05$)

ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) และค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว (Table 2) ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการดูดซับน้ำของสตาร์ช ส่วนค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณโพลีแซ็กคาไรด์ในอาหารที่ละลายน้ำได้ โดยจะถูกปล่อยจากองค์ประกอบของแป้งหลังกระบวนการผลิตและขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่ละลายน้ำได้ (Khuenpet *et al.*, 2019) จากผลการทดลองพบว่า ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) ของตัวอย่างเติมไข่ขาวร้อยละ 0 มีค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) สูงสุด เนื่องจากในข้าวไรซ์เบอร์รี่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบเมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูง ความร้อนจะไปทำลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแป้ง ส่งผลทำให้ข้าวไรซ์เบอร์รี่สามารถดูดซับน้ำได้ดีกว่าตัวอย่างอื่นๆ เมื่อปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดลง ทำให้ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Niyomwet *et al.* (2018) ที่ได้ทำการศึกษาการพัฒนาสูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป โดยศึกษาผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง ผลของความเร็วยรอบการหมุนของลูกกลิ้ง และผลของ

ปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าดัชนีการดูดซับน้ำ จากการทดลอง พบว่า ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) ของผงข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งและอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งสูงขึ้น เนื่องจาก เมื่อผงข้าวไรซ์เบอร์รี่ผ่านความร้อนสูง พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแป้งถูกทำลาย ส่งผลทำให้แป้งจากข้าวไรซ์เบอร์รี่สามารถดักจับน้ำและดูดซับน้ำได้มากขึ้น ค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) ของผงจากแป้งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว จากผลการทดลองพบว่า ตัวอย่างที่เติมไข่ขาว ร้อยละ 40, 60 และ 80 มีค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) สูงกว่าตัวอย่างที่เติมไข่ขาวร้อยละ 0 และ 20 เป็นผลมาจาก ความร้อนสูงส่งผล ทำให้โครงสร้างของโปรตีนข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีลักษณะเป็นเกล็ดที่เลื่อม พื้นผิวของอนุภาคบางส่วนมีลักษณะเรียบและบางส่วนมีลักษณะเป็นหลุม ส่วนโครงสร้างของไข่ขาวจะขึ้นขนาดและพื้นผิวของอนุภาคที่เล็กและเรียบ เมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวมากขึ้น ค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) จึงมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vargas-del-Rio *et al.* (2022) ได้ผลิตผงไข่ไก่และศึกษาอัตราส่วนของไข่แดงต่อไข่ขาว การเติมน้ำตาลซูโครสต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณสมบัติทางโภชนาการและกรดอะมิโนของผงไข่ไก่ พบว่า ค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) ของผงไข่ไก่ทุกตัวอย่างมีค่าสูงกว่าร้อยละ 80 เนื่องจากผลของอุณหภูมิในการทำแห้ง ส่งผลทำให้ขนาดอนุภาคของตัวอย่างเล็กลง ตัวอย่างจึงมีพื้นที่สัมผัสน้ำมากขึ้น การละลายน้ำจึงมีค่าสูงขึ้น

Table 2 Analysis of viscosity, water absorption index (WAI), and water solubility index (WSI) of instant rice berry porridge fortified with egg white protein powder

Sample (egg white %)	Viscosity (cp)	WAI	WSI
0	18466.67 $\pm$ 305.51 ^a	647.15 $\pm$ 19.28 ^a	4.25 $\pm$ 0.13 ^b
20	10333.33 $\pm$ 57.74 ^b	547.81 $\pm$ 10.11 ^b	4.62 $\pm$ 0.22 ^b
40	1553.33 $\pm$ 20.82 ^c	439.97 $\pm$ 8.91 ^{cd}	6.63 $\pm$ 0.20 ^a
60	575.67 $\pm$ 4.16 ^d	443.38 $\pm$ 6.46 ^c	6.93 $\pm$ 0.68 ^a
80	117.67 $\pm$ 15.5 ^e	419.73 $\pm$ 5.58 ^d	7.26 $\pm$ 0.10 ^a

a-e Mean values and standard deviations with different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 30 คน ที่มีต่อตัวอย่างโจ๊กคีนรูปที่มีสัดส่วนของไข่ขาวที่แตกต่างกัน 5 ระดับ (Table 3) พบว่าคะแนนความชอบโดยรวมของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 สูงกว่าคะแนนความชอบโดยรวมของสูตรอื่นๆ ยกเว้น สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านคุณลักษณะต่างๆพบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และเนื้อสัมผัสของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 และ 40 ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 สูงกว่าคะแนนของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคะแนนความเข้มข้นด้านกลิ่นคาว พบว่า สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0, 20, 40, 60, และ 80 มีคะแนนความเข้มข้นด้านกลิ่นคาวเท่ากับ 1.27 $\pm$ 0.64, 1.33 $\pm$ 0.55, 1.20 $\pm$ 0.41, 1.67 $\pm$ 0.96, และ 2.17 $\pm$ 1.02 ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบให้คะแนนสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0, 20, 40, และ 60 อยู่ในระดับไม่มีกลิ่นคาว มีเพียงสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 80 มีคะแนนความเข้มข้นด้านกลิ่นคาวสูงกว่าสูตรอื่นๆ โดยอยู่ในระดับมีกลิ่นคาวเล็กน้อย สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 60 และ 80 ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณโปรตีนสูงแต่มีคะแนนความชอบรวมน้อยกว่าสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 และ 40 ทั้งนี้เนื่องจากการเติมไข่ขาวปริมาณมากมีผลต่อลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อ

สัมผัสของโจ๊กคีนรูป ดังนั้น การคัดเลือกสูตรโจ๊กคีนรูปที่เหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อ ได้แก่ สูตรเติมไข่ขาว ร้อยละ 40 เพราะนอกจากมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติสูงกว่าสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 แล้วยังเป็น สูตรที่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20

Table 3 Sensory characteristics of instant rice berry porridge fortified with egg white protein evaluated by 9-point hedonic scale

Sample (egg white %)	Appearance	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall preference
0	5.10 ± 1.69 ^b	5.47 ± 1.91 ^{ab}	5.17 ± 1.21 ^b	4.00 ± 1.70 ^c	5.20 ± 2.12 ^{ab}	5.27 ± 1.68 ^b
20	6.20 ± 1.19 ^a	5.77 ± 1.77 ^a	5.27 ± 1.20 ^b	4.80 ± 1.37 ^{bc}	5.67 ± 2.09 ^a	5.73 ± 1.31 ^{ab}
40	6.00 ± 1.55 ^a	5.70 ± 1.53 ^a	6.40 ± 1.38 ^a	5.70 ± 1.90 ^a	5.67 ± 1.67 ^a	6.37 ± 1.45 ^a
60	5.30 ± 1.37 ^b	5.33 ± 1.29 ^{ab}	5.67 ± 1.79 ^b	5.30 ± 1.72 ^{ab}	4.90 ± 1.75 ^{ab}	5.57 ± 1.48 ^b
80	5.17 ± 1.46 ^b	4.93 ± 1.44 ^b	5.10 ± 1.69 ^b	5.47 ± 1.94 ^{ab}	4.57 ± 1.87 ^b	5.23 ± 1.48 ^b

a-c Mean values and standard deviations with different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่สำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว ของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 โดยการทดสอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale ร่วมกับวิธี 5-point just about right (Table 4) พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ เนื้อสัมผัสของโจ๊ก และความข้นหนืดของโจ๊ก โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.52-6.94

ผลการทดสอบความพอดี โดยเกณฑ์การพิจารณาค่าความถี่ที่อยู่ในระดับพอดีมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 65 ไม่ต้องการปรับปรุงลักษณะ (Supanpayak *et al.*, 2020) จากผลการทดสอบความพอดี พบว่า ผู้ทดสอบชิมระบุด้านความข้นหนืดของโจ๊ก ไม่ต้องการปรับปรุง เนื่องจาก มีค่าความพอดีร้อยละ 83.33 ในขณะที่ด้านสีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ และเนื้อสัมผัสของโจ๊ก มีค่าความพอดีร้อยละ 53.33 จึงควรมีการปรับปรุงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

Table 4 Mean and standard deviation evaluated by 9-point hedonic scale and degree of change scale (just about right scale) of instant rice berry porridge fortified with egg white protein with 40% egg white

Attributes	Direction for improvement (%)				
	Greatly decrease	Slightly decrease	Just-right	Slightly increase	Greatly increase
Color of rice berry	0.00	6.67	53.33	40.00	0.00
Texture of porridge	6.67	23.33	53.33	16.67	0.00
Viscosity of porridge	0.00	6.67	83.33	10.00	0.00

การวิเคราะห์แบบพินอลติ (ค่าเฉลี่ยที่ลดลง)

เนื่องจากสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 มีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง จึงใช้การวิเคราะห์แบบพินอลติเพื่อสรุปแนวทางที่ควรตัดสินใจปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ได้รับคะแนนความชอบสูงขึ้น โดยนำผลการทดสอบจากมาตราความชอบ 9 จุด (9-point hedonic scale) และการประเมินโดยใช้มาตราพอดี (Just about right scale, JAR) จาก Table 4 มาคำนวณค่าเฉลี่ยที่ลดลง (Mean drop value) และ ค่าพินอลติทั้งหมด (Total penalty value) ดังแสดงใน (Table 5) จากผลทดสอบด้วยการวัดสเกลความพอดีและผลการทดสอบจากมาตราความชอบ 9 จุด พบว่า

ด้านสีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ อยู่ในระดับไม่พอดี เนื่องจากความถี่ของผู้บริโภคเท่ากับ ร้อยละ 53.33 และให้คะแนนความชอบเท่ากับ 6.88 สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อ่อนเกินไป มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเท่ากับ -0.71 ค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0.0 ถึง -0.99 แสดงว่าสีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อ่อนเกินไป มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อยมาก (Very slightly concerning) และสีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เข้มเกินไป มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเท่ากับ -1.88 ค่าที่ได้อยู่ในช่วง -1.5 ถึง -1.99 แสดงว่า สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เข้มเกินไป มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมปานกลาง (concerning) เมื่อพิจารณาค่าพินอลติทั้งหมด พบว่า สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อ่อนเกินไป มีค่าพินอลติทั้งหมดเท่ากับ 0.2840 ค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่า สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อ่อนเกินไป มีผลต่อการยอมรับรวม (Noteworthy) ในขณะที่สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เข้มเกินไป มีค่าพินอลติทั้งหมดเท่ากับ 0.1254 และไม่มีผลต่อการยอมรับรวม (No effect)

ด้านเนื้อสัมผัสของโจ๊ก อยู่ในระดับไม่พอดี เนื่องจากความถี่ของผู้บริโภคเท่ากับ ร้อยละ 53.33 และให้คะแนนความชอบเท่ากับ 6.94 เนื้อสัมผัสของโจ๊กที่ละเอียดเกินไปและหยาบเกินไป มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเท่ากับ -1.14 และ -1.08 ตามลำดับ ค่าที่ได้อยู่ในช่วง -1.0 ถึง -1.49 แสดงว่า เนื้อสัมผัสของโจ๊กที่ละเอียดเกินไปและหยาบเกินไป มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อย (slightly concerning) เมื่อพิจารณาค่าพินอลติทั้งหมด พบว่า เนื้อสัมผัสของโจ๊กที่ละเอียดเกินไป มีค่าพินอลติทั้งหมดเท่ากับ 0.1900 ค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่า เนื้อสัมผัสของโจ๊กที่ละเอียดเกินไป ไม่มีผลต่อการยอมรับรวม (No effect) ในขณะที่ เนื้อสัมผัสของโจ๊กที่หยาบเกินไป ค่าพินอลติทั้งหมดเท่ากับ 0.3240 และมีผลต่อการยอมรับรวม (Noteworthy)

คุณลักษณะด้านความขุ่นหนืดของโจ๊กคีนรูป อยู่ในระดับพอดี และให้คะแนนความชอบเท่ากับ 6.52 (ความถี่ที่ระดับพอดีมีร้อยละ 83.33) ความขุ่นหนืดของโจ๊กคีนรูปที่น้อยเกินไป มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเท่ากับ 0.15 แสดงว่า ความขุ่นหนืดของโจ๊กคีนรูปที่น้อยเกินไป มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อยมาก (Very slightly concerning) และความขุ่นหนืดของโจ๊กคีนรูปที่ข้นเกินไป มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเท่ากับ -1.02 ค่าที่ได้อยู่ในช่วง -1.0 ถึง -1.49 แสดงว่า ความขุ่นหนืดของโจ๊กคีนรูปที่ข้นเกินไป มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อย (slightly concerning) เมื่อพิจารณาค่าพินอลติทั้งหมด พบว่า ความขุ่นหนืดของโจ๊กคีนรูปที่น้อยเกินไปและข้นเกินไป มีค่าพินอลติทั้งหมดเท่ากับ 0.0150 และ 0.0680 ตามลำดับ ค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่า ความขุ่นหนืดของโจ๊กคีนรูปที่น้อยเกินไปและข้นเกินไป ไม่มีผลต่อการยอมรับรวม (No effect)

การที่สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อ่อนเกินไปและเนื้อสัมผัสของโจ๊กที่หยาบเกินไป อยู่ในระดับไม่พอดี ส่งผลต่อการยอมรับรวม ดังนั้น แนวทางในการพัฒนาสูตรที่เติมไข่ขาวร้อยละ 40 ให้ได้รับคะแนนความชอบเพิ่มขึ้น จึงควรปรับปรุงสูตรให้ได้โจ๊กที่มีสีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เข้มข้น โดยการเพิ่มปริมาณปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ และเนื้อสัมผัสของโจ๊กควรปรับให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น

Table 5 Mean drop and total penalty of instant rice berry porridge fortified with egg white protein with 40% egg white.

Attributes	Attributes meaning	Percent of respondent #	9-point hedonic scale*	Mean drop	Mean drop meaning	Total penalty value*	Total penalty meaning
Color of rice berry	too pale	40	6.17	-0.71	Very slightly concerning	0.2840	Noteworthy
	JAR	53.33	6.88				
	too dark	6.67	5.00	-1.88	concerning	0.1254	No effect
Texture of porridge	too soft	16.67	5.80	-1.14	slightly concerning	0.1900	No effect
	JAR	53.33	6.94				
	too grainy	30	5.86	-1.08	slightly concerning	0.3240	Noteworthy
Viscosity of porridge	too thin	10	6.67	0.15	Very slightly concerning	0.0150	No effect
	JAR	83.33	6.52				
	too thick	6.67	5.50	-1.02	slightly concerning	0.0680	No effect

$<|0.25|$ = No effect

$>|0.25|$ = Noteworthy

$>|0.50|$ = High Impact

Percent of respondent who found the sensory attribute from JAR score to be greatly decrease + slightly decrease and slightly increase + greatly increase (Table 4)

* 9-point hedonic scale is mean of the overall preference scores from 9-point hedonic test for respondent who found the sensory attribute from JAR score to be greatly decrease + slightly decrease and slightly increase + greatly increase (Table 4)

สรุป

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่มีสัดส่วนไข่ขาวแตกต่างกัน 5 ระดับ พบว่า ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทั้ง 5 ตัวอย่าง มีปริมาณความชื้นไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ มีค่า a_w ที่ต่ำ ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวเมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวมากขึ้นทำให้ปริมาณโปรตีน, ค่าแตกต่างสีโดยรวมและค่าดัชนีการกลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าดัชนีการดูดซับน้ำลดลง ส่วนโจ๊กคีนรูปมีค่าแตกต่างสีโดยรวมเพิ่มขึ้นและค่าความหนืดลดลง ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ได้แก่ สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรอื่นๆ ยกเว้นสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคะแนนความเข้มข้นกลิ่นคาวพบว่า สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0, 20, 40, และ 60 อยู่ในระดับไม่มีกลิ่นคาว ในขณะที่สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 80 มีกลิ่นคาวเล็กน้อย ดังนั้น สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 ที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 34.91 และมีปริมาณโปรตีนสูงมากกว่าโจ๊กที่มีจำหน่ายทั่วไปถึง 3 เท่า อีกทั้งยังมีคะแนนรวมด้านกลิ่นสูงกว่าสูตรอื่นๆ จึงเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาต่อ โดยมีแนวทางในการปรับปรุงสูตร ผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่เติมไข่ขาวร้อยละ

ละ 40 คือควรปรับปรุงให้ได้โจ๊กที่มีสีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เข้มข้นและปรับเนื้อสัมผัสของโจ๊กให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Akkouche, Z., Aissat, L. and Madani, K. 2012. Effect of heat on egg white proteins. International Conference on Applied Life Sciences. 407-413.
- Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F. and Griffin, E. L. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. Cereal Science Today, 14(1), 4-11.
- AOAC Official Method 990.03 (2005) Official Methods of Analysis of AOAC international, 18th Ed., AOAC international, Gaithersburg, MD.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. Official Method of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Arlington.
- Charoenphun, N. 2020. Utilization of broken rice for rice cracker production. Thai Science and Technology Journal. 28(12): 2150-2163. (in Thai).
- Deeprasert, A. 2018. Development of ready-to-eat egg white porridge. MS Thesis, Thammasat University, Bangkok. (in Thai).
- Jakkranuhwat, N. and Jakkranuhwat, P. 2021. Development of snack from broken-milled riceberry flours mixed with chestnut flours enriched with papaya lycopene. YRU Journal of Science and Technology. 6(2): 145-153. (in Thai).
- Khwanchai, P. and Khwancha, S. 2021. Effect of heat treatment of broken rice flour as partial substitution of wheat flour on the qualities of bread. Burapha science journal. 27(1): 171-187. (in Thai).
- Khuenpet, K., Polpued, R., Leevanichayakul, K. and Kaveekiew, S. 2019. Effect of Different Rice Varieties and Drying Methods on the Quality of Instant Riceberry Porridge Fortified with Jerusalem Artichoke. Thai Science and Technology. J. 28(10): 1813-1833. (in Thai).
- Ministry of industry. 2005. Thai Industrials Standards Institute. Instant rice porridge (congee). TISs 315/2005. Bangkok. 11p. (in Thai).
- Ministry of Industry. 2015. Thai Community Product Standard: Instant Brown Rice No. 1068, Thai Industrial Standards, Bangkok. (in Thai).
- Musika, S., Khongla, C., Woraratphoka, J., Soisungnoen, P., Buangern, W., Ausavasukhi, A., Pienpoompong, P. and Boonmasungsong, D. T. 2020. Study of Instant Organic Jasmine Rice Porridge Properties. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. J. 13(3): 88-105. (in Thai).
- Nakban, S. 2020. The egg white substitution in curry puff with chicken for elders. VRU. Research and development. J. 15(1): 37-46. (in Thai).
- Niyomwet, P., Sappasit, P., Waree, A. and Khongsit, P. 2018. Product Development of Instant Rice berry Porridge. Burapha Sci. J. 23(3): 1638-1654. (in Thai).
- Srikaeo, K. and Sopade, P. A. 2010. Functional properties and starch digestibility of instant Jasmine rice porridges. Carbohydrate Polymers. J. 82: 952-957.

- Supanpayak, J., Chalermchaiwat, P. and Limsuwan, T. 2020. Effect of microwave puffing times on the physical and sensory properties of sea lettuce crackers. Proceedings of 58th Kasetsart University Annual Conference, Bangkok, Thailand, 5-7 Feb 2020. 643-652. (in Thai).
- Thammatanta, N. and Wipusitworakul, B. 2016. Product Development of Reduced Energy- Salad Dressing from Broken Rice berry. BS Thesis, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok. (in Thai).
- Vargas-del-Río, L. M., García-Figueroa, A. and Fernández-Quintero, A. 2022. Spray-drying hen eggs: effects of the egg yolk to egg white ratio and sucrose addition on the physicochemical, functional, and nutritional properties of dried products and on their amino acid profiles. *Appl Sci.* 12:4516.
- Wangcharoen, W. 2013. Penalty analysis in sensory characterization. Academic Article, Maejo University, Chiang Mai. 43(4): 20-23. (in Thai).