

การพัฒนาผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงา

จรรยา คงแก้ว¹ พิศมัย กรุดพิศมัย² และ น้อมจิตต์ สุธิบุตร^{3*}

¹แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุราษฎร์ธานี

²สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษานครปฐม

³คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

¹456/3 ถ.ตลาดใหม่ ต.ตลาด อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี 84000

²90 ถนนเทศบาล ตำบลพระปฐมเจดีย์ อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

³168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวังใหม่ เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

รับบทความ 23 เมษายน 2566 แก้ไขบทความ 8 ตุลาคม 2566 ตอรับบทความ 31 ตุลาคม 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงา โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวไรด์อกข้าฟงงาที่บดผสมกับน้ำในขั้นตอนการเตรียมน้ำนมข้าว ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำตาลล่อฮังก้วยผงซึ่งเป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวาน ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของผงโปรตีนจากข้าวสำหรับเสริมในสูตรและศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวาน โดยนำนมข้าวชั้นหวานที่ได้ในแต่ละขั้นตอนมาประเมินคุณภาพและวิเคราะห์ผลทางสถิติ จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของข้าวไรด์อกข้าฟงงาที่ผสมกับน้ำมีผลต่อความเข้มข้นของนมข้าวชั้นหวาน จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าการเตรียมน้ำนมข้าวที่ใช้ข้าวไรด์อกข้าฟงงาผสมกับน้ำเปล่าอัตราส่วน 10:40 ได้คะแนนความชอบมากกว่าการใช้อัตราส่วน 5:45 และ 15:35 ($p \leq 0.05$) การใช้น้ำตาลล่อฮังก้วยผงทดแทนความหวานจากน้ำตาลทรายที่ระดับร้อยละ 30 ทำให้นมข้าวชั้นหวานมีคะแนนความชอบสูงกว่าการทดแทนที่ระดับร้อยละ 40 และ 50 ($p \leq 0.05$) การเสริมผงโปรตีนจากข้าวทำให้นมข้าวชั้นหวานมีสีอ่อนลง ความข้นหนืดสูงขึ้น ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานที่เสริมผงโปรตีนจากข้าวร้อยละ 4 สูงกว่าการเสริมปริมาณร้อยละ 2 และ 6 ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงาสูตรที่พัฒนาได้ประกอบด้วยน้ำนมข้าวไรด์อกข้าฟงงาร้อยละ 46 น้ำตาลทรายป่นร้อยละ 35 น้ำตาลล่อฮังก้วยผงร้อยละ 15 และผงโปรตีนจากข้าวร้อยละ 4 โดยผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานปริมาณ 100 กรัม ให้พลังงาน 215.66 กิโลแคลอรี มีปริมาณโปรตีน 3.03 กรัม ไขมัน 0.82 กรัม และคาร์โบไฮเดรต 49.04 กรัม และมีปริมาณแอสโทไซยานิน 8.88 มิลลิกรัม

คำสำคัญ : ข้าวไรด์อกข้า; นมข้าวชั้นหวาน; ผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม; ล่อฮังก้วย

* ผู้พิมพ์ประสานงาน โทร: +668 5346 4522 ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: nomjit.s@mutp.ac.th

Product Development of Sweetened Condensed Rice Milk from Rai Dok Kha Phang Nga Rice

Janya Khongkaew¹ Pitsamai Grutpisamai² and Nomjit Suteebut^{3*}

¹Food and Nutrition Program, Suratthani Vocational College

²Food and Nutrition Program Nakhon Pathom Vocational College

³Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

1456/3 Talad Mai Road, Talad, Muang, Surat Thani 84000

290 Tesa Rd, Phra Prathom Chedi Sub-district, Mueang Nakhon Pathom, Nakhon Pathom 73000

3168 Sri Ayutthaya Road, Dusit, Wachira Hospital, Bangkok 10300

Received 23 April 2023; Revised 8 October 2023; Accepted 31 October 2023

Abstract

The objectives of this research were to formulate sweetened condensed rice milk from Rai Dok Kha Phang Nga rice by studying the ratio of rice to water in a rice milk-preparation step, to study the suitable amount of Luo Han Kuo powder used as a sweetener for sucrose substitute, to study the appropriate amount of supplementation with rice protein powder, and to analyze nutritional values of sweetened condensed rice milk product. The sweetened condensed rice milk obtained at each stage was evaluated for quality and statistical analysis. From the experiment, it was found that a ratio of crushed rice mixed with water affects the concentration of the product. From the results of sensory evaluation, it was found that the preparation of rice milk using Dok Kha rice mixed with water at a ratio of 10:40 received a higher preference score than using the ratios of 5:45 and 15:35 ($p \leq 0.05$). The use of Luo Han Kuo sugar powder sweetened replaced 30% sugar resulted in the product having a higher preference score than substitutions of 40% and 50% ($p \leq 0.05$). By adding rice protein powder, the sweetened condensed rice milk products had a lighter color. The viscosity was higher, and panelists rated the sweetened condensed rice milk product fortified with 4% rice protein powder more highly than those fortified with 2% and 6% ($p \leq 0.05$). The developed sweetened condensed rice milk product consists of 46% Phang Nga rice milk, 35% granulated sugar, 15% Luo Hang Kuay sugar powder, and 4% rice protein powder. The 100 g of developed sweetened condensed rice milk was 215.66 kcal with a protein content of 3.03 g, 0.82 g of fat, 49.04 g of carbohydrates, and 8.88 mg of anthocyanins.

Keywords: Rai Dok Kha rice; Sweetened condensed rice milk; Immitation milk; Monk fruit

** Corresponding Author. Tel.: +668 5346 4522, E-mail Address: nomjit.s@rmutp.ac.th*

1. บทนำ

ประเทศไทยมีผู้บริโภคบางกลุ่มที่มีปัญหาแพ้โปรตีนจากนมวัวหรือมีข้อจำกัดในการดื่มนมวัว ซึ่งเกิดจากร่างกายมีภาวะพร่องเอนไซม์ย่อยน้ำตาลแลคโตสในนม จากสถิติพบภาวะนี้ในคนไทยประมาณร้อยละ 3 [1] [2] ดังนั้นจึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมจากพืชหลากหลายชนิดเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์นมทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค อาทิ นมจากถั่ว กระเจียบ [3] ข้าวโพด ลูกเดือย และข้าวชนิดต่างๆ [4] และผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม นมเปรี้ยว โยเกิร์ต [5], [6], [7], [8] เป็นต้น โดยมีทั้งการใช้ส่วนของเมล็ด ผัก หรือหัวพืชมาผลิตโดยตรง หรืออาจใช้ในรูปของโปรตีนสกัดจากส่วนของพืชเหล่านั้น

ข้าวที่นิยมมาทำผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพมักเป็นข้าวกลุ่มมีสี ด้วยพบคุณค่าจากสารสีที่มีประโยชน์สูงกว่าข้าวขาว เช่น สารแอนโทไซยานิน ข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงา คือ ข้าวไร้พันธุ์ดอกข้า 50 เป็นข้าวไร้พันธุ์พื้นเมืองที่มีสีน้ำตาลแดงอมม่วง สีแดง หรือสีแดงแกมขาว เมื่อสุกจะมีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) ของจังหวัดพังงา เมื่อปี พ.ศ. 2557 [9] ในพื้นที่จังหวัดพังงามีการส่งเสริมการปลูกข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาเป็นสินค้าชุมชน มีการแปรรูปเบื้องต้นจำหน่ายเป็นข้าวกล้อง ชา และจมูกข้าว ซึ่งได้รับความนิยมในหมู่ผู้รักสุขภาพ คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องพันธุ์ดอกข้า 50 มีโปรตีน 7.57 กรัม/100 กรัม วิตามินบี1 0.194 มิลลิกรัม/100 กรัม วิตามินชนิดอัลฟาโทโคฟีรอลและแกมมาโทโคฟีรอล 12.15 และ 13.90 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ [10] มีการนำข้าวไร้ดอกข้ามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เจลลีส ผลิตภัณฑ์จีนอบแห้งจากข้าวไร้ดอกข้าทดแทนการใช้แป้งข้าวเจ้าเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชุมชนในท้องถิ่นออกสู่ตลาด [11]

ปัจจุบันผู้บริโภคคำนึงถึงอาหารที่ดีกับสุขภาพ นอกจากหลีกเลี่ยงอาหารที่ทำให้เกิดอาการแพ้แล้ว ยังหลีกเลี่ยงอาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูงและเลือกบริโภคอาหารที่ให้พลังงานต่ำด้วย จึงให้ความสนใจบริโภค

อาหารที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่ให้พลังงานลดลงหรือไม่ให้พลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารสกัดที่มาจากธรรมชาติมากขึ้น เช่น หญ้าหวาน และน้ำตาลหล่อฮังก้วย [12], [13], [14]

น้ำตาลหล่อฮังก้วยสกัดมาจากผลหล่อฮังก้วย (Monk fruit) ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Siraitia grosvenori* อยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae หรือพืชในวงศ์แตง เป็นไม้เลื้อย มีผลทรงกลมขนาดเล็ก และมีถิ่นกำเนิดในตอนใต้ของประเทศจีนมีสารโมโกรไซด์ (Mogroside) ที่ให้ความหวาน ซึ่งจากการศึกษาการเมตาบอลิซึมของโมโกรไซด์ พบว่าจะไม่ถูกดูดซึมในทางเดินอาหารส่วนบน แต่พบว่ามีกระบวนการย่อยของกลูโคสออกโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ใช้เป็นแหล่งพลังงาน จากนั้นโมโกรไซด์ถูกขับออกจากระบบทางเดินอาหาร อาจมีปริมาณเล็กน้อยถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและถูกขับออกทางปัสสาวะ ซึ่งไม่ส่งผลต่อการเพิ่มของระดับน้ำตาลในเลือด น้ำตาลหล่อฮังก้วยจึงเป็นสารให้ความหวานที่ไม่มีแคลอรี โดยน้ำตาลที่สกัดได้จากหล่อฮังก้วยนั้นให้ความหวานกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 150-200 เท่า [12] มีผลดีต่อสุขภาพ สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัยและไม่มีผลข้างเคียง มีการละลายที่ดีและทนต่อความเป็นกรดต่าง สามารถใช้ในกระบวนการผลิตที่มีการใช้ความร้อน ทนความร้อนได้สูงถึง 150 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที ใช้ปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้มีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือด ไม่ก่อให้เกิดฟันผุ [14], [15]

ปัจจุบันองค์การอาหารและยาสหรัฐอเมริกา (USFDA) ได้ประกาศให้ใช้สารสกัดจากผลหล่อฮังก้วยเป็นสารแต่งรสหวานในอาหารได้ โดยไม่มีการระบุปริมาณขั้นต่ำในการใช้เนื่องจากมีผลข้างเคียงต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่ใช้ปรุงแต่งอาหารโดยทั่วไป จึงเป็นสารให้ความหวานที่สกัดจากธรรมชาติอีกทางเลือกในการนำไปใช้ในส่วนผสมของอาหาร และผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ [12] อย่างไรก็ตามด้วยสารสกัดโมโกรไซด์ที่ได้จากหล่อฮังก้วยนั้นมีความหวานสูงมาก การนำสาร

โมโกรไซด์ปริมาณเล็กน้อยผสมในอาหารจึงเกิดการกระจายตัวค่อนข้างยาก ไม่สะดวกในการนำมาใช้งาน น้ำตาลหล่ออังก๊วยที่จำหน่ายสำหรับผู้บริโภคทั่วไปจึงมักผสมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลชนิดอื่นด้วย เช่น อิริทริทอล (Erythritol) ซึ่งมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 70% เมื่อผสมกับสารสกัดโมโกรไซด์จึงช่วยให้ปริมาณการใช้ไม่แตกต่างกับการใช้น้ำตาลทราย

โปรตีนจากข้าว มีการสกัดและผลิตจำหน่ายทางการค้าหลายชนิดเพื่อเสริมในผลิตภัณฑ์อาหาร ด้วยไม่มีน้ำตาลแลคโตส ปราศจากกลูเตน อุดมด้วยโปรตีนเหมือนเวย์โปรตีน คุณประโยชน์ของโปรตีนจากข้าว อาทิ เสริมสร้างกล้ามเนื้อและรักษากล้ามเนื้อ ชุ่มชื้นเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย คุณค่าทางโภชนาการประมาณ 1,000 กรัม ให้โปรตีน 825 กรัม ไขมัน 83 กรัม พลังงาน 4,290 กิโลแคลอรี [16]

งานวิจัยนี้เล็งเห็นความสำคัญของข้าวไร่ดอกข้าฟงา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร่ดอกข้าฟงา ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเพิ่มมูลค่าของข้าวไร่ดอกข้าฟงา สร้างความแปลกใหม่ให้ผลิตภัณฑ์นมชั้นหวาน กลุ่มลูกค้าที่แพ้นมวัว แพ้น้ำตาลแลคโตส สามารถรับประทานได้และลดพลังงานลดปริมาณน้ำตาลด้วยการใช้น้ำตาลหล่ออังก๊วยให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย และเพิ่มปริมาณโปรตีนด้วยผงโปรตีนสกัดจากข้าวเพื่อตอบโจทยอาหารเพื่อสุขภาพทางเลือกสำหรับผู้บริโภค

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 ศึกษาความเข้มข้นของนํ้านมข้าวไร่ดอกข้าฟงาสำหรับการผลิตนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร่ดอกข้าฟงา

ศึกษาความเข้มข้นของนํ้านมข้าวไร่ดอกข้าฟงา โดยแปรระดับอัตราส่วนข้าวไร่ดอกข้าฟงาต่อนํ้าที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 5:45 10:40 และ 15:35 โดยนํ้าหนักเตรียมนมข้าวชั้นหวานโดยการนำข้าวสารของข้าวไร่ดอกข้าฟงา (ข้าวไร่พันธุ์ดอกข้า 50 จากอำเภอเมืองฟงา)

มาบดให้ละเอียดแล้วแช่ข้าวสารที่บดได้นี้ในนํ้าเปล่าในปริมาณข้าวสารบด:นํ้าเปล่า 50:450 100:400 และ 150:350 (กรัม) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนํ้าส่วนผสมไปให้ความร้อนด้วยการตุ๋นด้วยหม้อไฟฟ้า (Electrolux) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที เติมนํ้าตาลทรายบ่น (ตราลิน) ปริมาณเท่ากับส่วนผสมของนํ้านมข้าว (อัตราส่วน 1:1 คือ นํ้านมข้าว 500 กรัม ผสมนํ้าตาลทรายบ่น 500 กรัม) คนให้นํ้าตาลละลาย ตุ่นต่อเป็นเวลา 8 นาที แล้วนํ้าส่วนผสมมาบ่นให้ละเอียดด้วยเครื่องบ่นไฟฟ้า (Bosch รุ่น MMB66G7M) กรองผ่านกระชอน แล้วนำไปตุ๋นด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที บรรจุนมข้าวชั้นหวานในขวดแก้วปิดฝาขณะร้อน (Hot fill) และทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส ระหว่างรอการทดสอบ [17] นํ้านมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร่ดอกข้าฟงา ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

1) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของสิ่งที่ทดลองด้วยวิธี Duncan' New Multiple Range Test (DMRT) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS ได้แก่ การวัดค่าสี แสดงผลในรูปค่าความสว่าง (L^*) (0-100) ค่าความเป็นสีแดง (a^* ค่าบวก) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^* ค่าบวก) ด้วยเครื่องวัดค่าสี Konica Minolta รุ่น 35000 และวัดค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดค่าความหนืด Brookfield Viscometer (RVDV-II+PRO, USA) โดยใช้หัวเข็ม No. 1 ใช้ปริมาณตัวอย่าง 250 มิลลิลิตรต่อการวัดแต่ละครั้ง อ่านค่าที่ระดับความเร็วรอบ 50 rpm บันทึกค่าในหน่วยเซนติพอยส์ (cP) วัดซ้ำ 3 ครั้ง

2) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยนํ้านมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร่ดอกข้าฟงาที่ได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ

(9-point hedonic scale) มีคะแนนตั้งแต่ 1-9 โดยให้คะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด คะแนนเท่ากับ 5 หมายถึง บอกรับไม่ถูกว่าชอบหรือไม่ชอบ และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด) ประเมินผลทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความข้นหนืด) และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน เป็นนักศึกษาสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคพังงา วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของสิ่งที่ทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด นำไปศึกษาขั้นตอนต่อไป

2.2 ศึกษาปริมาณการใช้น้ำตาลหล่อฮังก้วยผงให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายสำหรับผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงาสูตรลดน้ำตาล

นำสูตรผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.1 มาศึกษาปริมาณน้ำตาลหล่อฮังก้วยผง (ยี่ห้อหวานดี WanD น้ำตาลหล่อฮังก้วยผสมอิทธิพล) สำหรับทดแทนความหวานจากน้ำตาลทรายในปริมาณร้อยละ 0 30 40 และ 50 ของน้ำตาลทรายในสูตร (น้ำตาลหล่อฮังก้วยผงที่ใช้ในสูตรหวานเท่ากับน้ำตาลทรายแต่ไม่ให้พลังงาน การเตรียมนมข้าวชั้นหวานที่ใช้น้ำตาลหล่อฮังก้วยผงทดแทนน้ำตาลทรายปนร้อยละ 30 คือ นำนํ้านมข้าวปริมาณ 500 กรัม มาเติมน้ำตาลทรายปน 350 กรัม เติมน้ำตาลหล่อฮังก้วยผง 150 กรัม) จากนั้นนำนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงาสูตรลดน้ำตาลทรายไปวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ การวัดค่าสี ค่าความหนืด และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับวิธีการข้อ

2.1 คัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดเพื่อนำไปศึกษาปริมาณการเสริมผงโปรตีนจากข้าวที่เหมาะสมต่อไป

2.3 ศึกษาปริมาณการเสริมผงโปรตีนจากข้าวสำหรับผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงาสูตรลดน้ำตาลและเสริมโปรตีน

นำสูตรผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานสูตรลดน้ำตาลที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.2 มาศึกษาการเสริมผงโปรตีนจากข้าว (ตราวิชามิน, โปรตีน 83%) เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ โดยเสริมในปริมาณแตกต่างกันได้แก่เสริม ร้อยละ 0 2 4 และ 6 (โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด) จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน [18] ค่าสี ค่าความหนืด และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับวิธีการข้อ 2.1 คัดเลือกสูตรผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงาสูตรที่มีปริมาณโปรตีนเหมาะสม และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด

2.4 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงา

นำผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.3 มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและค่าพลังงานทั้งหมดได้จากการคำนวณ [18] วิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี ชนิดอัลฟาโทโคฟีรอลด้วย HPLC [19] และวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน [20] เปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงาสูตรพื้นฐาน

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนข้าวไรด์อกข้าฟงงาต่อน้ำในการเตรียมนมข้าวชั้นหวาน

จากการศึกษาปริมาณข้าวไรด์อกข้าฟงงาผสมกับน้ำที่แตกต่างกันในอัตราส่วน 15:35 10:40 และ

5:45 โดยน้ำหนัก และผสมกับน้ำตาลทรายเทียบอัตราส่วนในสูตรนมข้าวชั้นหวานเท่ากับร้อยละ 50 นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวข้นสีน้ำตาลเข้มอมแดง ความเข้มข้นของนมข้าวชั้นหวานลดลงเมื่อใช้น้ำในปริมาณมากขึ้น ผลการวิเคราะห์คุณภาพดังตารางที่ 1 พบว่าสูตรที่มีปริมาณข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาสูงขึ้นมีผลต่อค่าสี L^* a^* และ b^* โดยสีของผลิตภัณฑ์เข้มข้น และความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้ศึกษาเรื่องการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิล [21] พบว่าเมื่อปริมาณน้ำลดลง นำนมข้าวมีความเข้มข้นสูงขึ้น สีเข้มข้น ค่า L^* ของเครื่องดื่มจากข้าวมีค่าลดลงด้วยการใช้น้ำในปริมาณมากไปเจือจางส่วนผสมมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์อ่อนลง ค่า L^* จึงเพิ่มขึ้น การมีปริมาณข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาในปริมาณที่สูงส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) สูงขึ้น เนื่องจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงามีปริมาณแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นรงควัตถุหรือสารสีที่ให้สีแดงม่วง และน้ำเงิน ทั้งนี้สารแอนโทไซยานินละลายได้ดีในน้ำ ไม่เสถียร สลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน ออกซิเจน และแสงแดด ดังนั้นเมื่อโครงสร้างของแอนโทไซยานินเปลี่ยนแปลงไป สีจึงเปลี่ยนไปด้วย [22]

ข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาที่บดผสมกับน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 15:35 10:40 และ 5:45 โดยน้ำหนัก เมื่อนำมาผลิตเป็นนมข้าวชั้นหวาน พบว่าค่าความข้นหนืดของนมข้าวชั้นหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณข้าวและน้ำที่ต่างกัน ถ้าใช้ข้าวปริมาณมากและน้ำปริมาณน้อยมีผลทำให้นมข้าวชั้นหวานที่ได้มีความเข้มข้นสูง ค่าความข้นหนืดที่วัดได้มีค่าสูง อัตราส่วนข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาต่อน้ำที่ 5:45 โดยน้ำหนัก มีผลทำให้ค่าความข้นหนืดน้อยที่สุดที่ 4,480 เซนติพอยส์ (cp)

ตารางที่ 1 ค่าสีและค่าความข้นหนืดของนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาที่มีปริมาณข้าวบดผสมกับน้ำอัตราส่วนต่างกัน

คุณภาพทางกายภาพ	อัตราส่วนข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงา : น้ำ : น้ำตาลทราย		
	5: 45: 50	10: 40: 50	15: 35: 50
ค่าสี L^*	35.72±0.62 ^a	35.66±0.15 ^a	33.91±0.21 ^b
a^*	8.96±0.35 ^c	13.35±0.13 ^b	15.57±0.07 ^a
b^*	10.04±0.08 ^c	13.91±0.28 ^b	15.45±0.06 ^a
ความข้นหนืด (cP)	4,480±323 ^c	5,300±210 ^b	6,550±180 ^a

หมายเหตุ : ^{a b c} ที่กำกับค่าในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความหนืดของนํานมข้าวเกิดขึ้นจากการที่ข้าวถูกบดผสมกับน้ำและได้รับความร้อน เมื่อน้ำแบ่งได้รับความร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในภายในโมเลกุลของเม็ดแป้ง(starch granule) ด้วยความร้อนทำลายพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของสตาร์ชในเม็ดแป้งสายพอลิเมอร์ของอะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพกทิน (amylopectin) ที่อัดแน่นอยู่ในเม็ดแป้งจะคลายตัวและรวมกับน้ำที่ล้อมรอบส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏ เม็ดแป้งพองตัว และความหนืดของน้ำแบ่งเพิ่มสูงขึ้น [22] การเพิ่มปริมาณของข้าวทำให้ปริมาณอะไมโลส อะไมโลเพกทิน ในอาหาร รวมถึงปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำและการเกิดเจล จึงทำให้ค่าความความหนืดของนํานมข้าวเพิ่มขึ้น [23] สอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้ทำการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิล [21] พบว่าเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์ลดลงตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาผลของความร้อนและการทำให้เย็นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการย่อยของแป้ง [23] เช่นเดียวกับการเตรียมเครื่องดื่มจากข้าวหอมนิลที่มีความเข้มข้นมากขึ้น ค่าความหนืดสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของข้าวหอมนิลในสูตรเพิ่มขึ้น [21]

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาที่มีปริมาณข้าวบดผสมกับน้ำอัตราส่วนต่างกัน

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		
	ข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงา : น้ำ : น้ำตาลทราย 5:45:50	10:40:50	15:35:50
สี	4.30±0.60 ^c	7.73±1.28 ^a	5.10±0.76 ^b
กลิ่น	4.73±1.01 ^c	7.17±1.39 ^a	5.73±0.91 ^b
รสชาติ	5.80±1.24 ^b	7.20±1.10 ^a	5.67±0.84 ^b
เนื้อสัมผัส (ข้นหนืด)	5.87±1.14 ^b	7.47±1.04 ^a	5.43±0.68 ^b
ความชอบโดยรวม	5.80±0.81 ^b	7.43±1.10 ^a	4.90±0.92 ^c

หมายเหตุ: ^{a b c} ที่กำกับค่าในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

อัตราส่วนของข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาต่อน้ำที่แตกต่างกันยังส่งผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมข้าวชั้นหวานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 2) โดยสูตรที่ใช้ข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาและน้ำ อัตราส่วน 10:40 โดยน้ำหนัก ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดในทุกด้าน ($p \leq 0.05$) มากกว่าอัตราส่วน 5:45 และ 15:35 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับความชอบปานกลาง คะแนนความชอบอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับได้ เนื่องจากผู้ทดสอบชิมชอบผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นหนืดที่พอดีไม่เจือจางหรือข้นหนืดเกินไป การใช้ข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาและน้ำในอัตราส่วน 15:35 มีความเข้มข้นเกินไป ผู้ทดสอบชิมให้ข้อเสนอแนะว่ารับประทานแล้วรู้สึกฝืดคอ ลักษณะคล้ายเม็ดแป้งดิบที่ไม่ละลายน้ำ จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาจากค่าคะแนนความชอบในทุกด้าน จึงได้เลือกสูตรนมข้าวชั้นหวานที่ได้จากการใช้ข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาและน้ำในอัตราส่วน 10:40 และผสมกับน้ำตาลทรายอีกร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ไปพัฒนาผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาสูตรลดน้ำตาลในขั้นตอนต่อไป

3.2 ผลการศึกษาการใช้น้ำตาลหล่ออังก้วยผงให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาสูตรลดน้ำตาล

จากการศึกษาปริมาณน้ำตาลหล่ออังก้วยผงทดแทนความหวานจากน้ำตาลทรายในปริมาณร้อยละ 0 30 40 และ 50 ของปริมาณน้ำตาลทรายในสูตรผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาที่ได้มีสีน้ำตาลอมแดง เหลือง มีความข้นหนืดน้อยกว่าสูตรพื้นฐานที่ใช้น้ำตาลทรายล้วน (ทดแทนร้อยละ 0) จากผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ (ตารางที่ 3)

นมข้าวชั้นหวานที่ใช้น้ำตาลหล่ออังก้วยผงทดแทนความหวานของน้ำตาลระดับมากขึ้น มีผลทำให้สีของนมข้าวชั้นหวานแนวโน้มอ่อนลง ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าสูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่า a^* และมีผลต่อค่า b^* สูงขึ้นด้วยน้ำตาลหล่ออังก้วยมีสมบัติทนต่อความร้อนได้ดี [12] ประกอบกับในส่วนผสมมีปริมาณน้ำตาลน้อยลงจึงช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) กับกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยาซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [24], [25], [26] ที่ได้ศึกษาการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการให้ความร้อน มีผลการวัดค่าสีลักษณะคล้ายกันโดยเมื่อใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลมากขึ้น หรือใช้น้ำตาลทรายปริมาณลดลง สีของผลิตภัณฑ์ยิ่งอ่อนลง ค่า L^* จึงสูงขึ้น

ด้านความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์พบว่าการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลหล่ออังก้วยผงที่ระดับร้อยละ 30 40 และ 50 โดยน้ำหนัก มีผลให้ผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานมีความข้นหนืดน้อยกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณน้ำตาลทรายที่ใช้ลดลง

ดังนั้นการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลหล่อฮังก้วยผง ปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลต่อระดับความหนืดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [27] ที่ได้ศึกษาเรื่องการ ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของขนมอาลัวและ

ฝอยทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล พบว่าการใช้สารให้ความหวานต่างชนิดกันทดแทน น้ำตาลทรายในระดับที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าความหนืด แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ค่าสีและความข้นหนืดของนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาที่ใช้น้ำตาลหล่อฮังก้วยผงทดแทนความหวานจากน้ำตาลทรายร้อยละ 0 30 40 และ 50 โดยน้ำหนัก

คุณภาพ ทางกายภาพ	ระดับการทดแทนความหวานด้วยน้ำตาลหล่อฮังก้วยผง			
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 30	ร้อยละ 40	ร้อยละ 50
ค่าสี L*	35.66±0.15 ^d	39.89±0.24 ^c	41.88±0.05 ^b	44.66±0.26 ^a
a* ^{ns}	13.35±0.13	13.57±0.09	13.66±0.04	13.45±0.25
b*	13.91±0.28 ^a	14.04±0.13 ^a	13.72±0.09 ^a	12.94±0.56 ^b
ความข้นหนืด (cP)	5,300±210 ^a	4,9500±100 ^b	4,750±350 ^c	4,600±120 ^d

หมายเหตุ: ^{a b c} ที่กำกับค่าในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ที่กำกับในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งงาที่ใช้น้ำตาลหล่อฮังก้วยผงทดแทนความหวานจากน้ำตาลทรายร้อยละ 0 30 40 และ 50 โดยน้ำหนัก

คุณภาพ ทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ			
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 30	ร้อยละ 40	ร้อยละ 50
สี	8.10±1.20 ^a	8.20±0.81 ^a	6.23±1.36 ^b	5.80±1.30 ^b
กลิ่น	7.55±1.30 ^a	7.50±0.94 ^a	5.57±1.45 ^b	5.43±1.33 ^b
รสชาติ	8.10±1.00 ^a	8.10±0.84 ^a	5.97±1.33 ^b	5.73±1.28 ^b
เนื้อสัมผัส (ความข้นหนืด)	7.87±1.12 ^a	7.97±1.00 ^a	5.97±1.13 ^b	5.37±1.45 ^b
ความชอบโดยรวม	8.33±0.98 ^a	8.47±1.01 ^a	6.60±1.40 ^b	6.30±0.88 ^b

หมายเหตุ: ^{a b c} ที่กำกับค่าในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ที่กำกับในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมข้าวชั้นหวานที่ใช้น้ำตาลหล่อฮังก้วยผงทดแทนความหวานจากน้ำตาลทรายในปริมาณร้อยละ 0 30 40 และ 50 (ตารางที่ 4) มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมข้าวชั้นหวานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ใช้น้ำตาลหล่อฮังก้วยผงปริมาณร้อยละ 30 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดในทุกด้าน ด้วยเหตุผลรสชาติของนมข้าวชั้น

หวานที่ได้มีความหวานพอดี ไม่มีรสหวานตกค้างจากผงหล่อฮังก้วย และผู้ทดสอบชิมไม่รู้สึกรสชาติแตกต่างจากการใช้น้ำตาลทราย เมื่อใช้น้ำตาลหล่อฮังก้วยถึงระดับร้อยละ 40 ผู้ทดสอบชิมให้ความเห็นว่ารู้สึกมีรสเผื่อนเล็กน้อยแตกต่างจากการใช้น้ำตาลทราย ทั้งนี้มีงานวิจัย [28] ที่ศึกษาเรื่องการปรับปรุงรูปแบบการรับรู้ความรู้สึกตามเวลาของสารให้ความหวานสังเคราะห์ที่พบว่าสารให้ความหวานสังเคราะห์บางชนิดเมื่อบริโภค

แล้วให้ความรู้สึกถึงรสหวานเร็ว บางชนิดมีรสขม บางชนิดให้รสซ่า บางชนิดเหลือรสหวานตกค้างยาวนาน (after taste) บางชนิดมี off-taste หรือกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ แต่น้ำตาลหล่อยังก๊วยมีรายงานว่า เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานเช่นเดียวกับสารสตีวียอลไกลโคไซด์ในหญ้าหวาน หากแต่มีข้อดีกว่าคือไม่เกิดรสขมหลังรับประทาน อีกทั้งยังไม่พบรายงานการเกิดผลข้างเคียงรุนแรงจากการบริโภค [14] จึงได้เลือกสูตรนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงาที่ใช้น้ำตาลหล่ออังก๊วยผงทดแทนความหวานจากน้ำตาลทรายในปริมาณร้อยละ 30 เพื่อไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.3 ผลการศึกษาปริมาณผงโปรตีนจากข้าวที่เหมาะสมสำหรับเสริมในผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงา

การเสริมผงโปรตีนจากข้าวปริมาณร้อยละ 0 2 4 และ 6 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมดของนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงาสู่สูตรดน้ำตาล มีผลให้นมข้าวชั้นหวานที่ได้มีความข้นหนืดเพิ่มขึ้น และด้วยผงโปรตีนจากข้าวมีสีขาว ประกอบกับโปรตีนจากข้าวส่วนใหญ่เป็นกลูเตลิน (Glutelin) ซึ่งละลายน้ำได้น้อยที่ค่าพีเอช 4-5 เมื่อเติมผงโปรตีนในน้ำนมข้าวเพิ่มขึ้นจึงมีผลให้นมข้าวชั้นหวานมีสีอ่อนลง (ดังรูปที่ 1) การเสริมปริมาณผงโปรตีนจากข้าวที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงขึ้น แต่ค่าสีแดง (a^*) ลดลง (ตารางที่ 5) ซึ่งสอดคล้องงานวิจัย [29] ที่พัฒนาโปรตีนบาร์จากข้าวกล้องและเวย์โปรตีนที่พบว่าโปรตีนบาร์สูตรที่มีปริมาณเวย์โปรตีนสูงขึ้น มีสีอ่อนลง มีค่าความสว่าง (L^*) สูงกว่าสูตรอื่น และสอดคล้องกับงานวิจัยที่พัฒนาผลิตภัณฑ์จุกข้าวรวมเสริมผงโปรตีนที่พบว่าผงจุกข้าวรวมเสริมโปรตีนจะมีสีอ่อนลงเมื่อเติมโปรตีนสกัดเพิ่มขึ้น [30]

การเติมผงโปรตีนจากข้าวที่ระดับร้อยละ 4 และ 6 โดยน้ำหนักทำให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดมากกว่าสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ยกเว้นการเติมร้อยละ 2

โดยน้ำหนักที่มีค่าความข้นหนืดไม่แตกต่างกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) การเติมผงโปรตีนจากข้าวปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์ด้วยโปรตีนเมื่อได้รับความร้อนเกิดการสูญเสียสภาพตามธรรมชาติ ทำให้ส่วนที่เป็นไฮโดรโฟบิกเปิดตัวออกมา ความสามารถในการดูดซับน้ำลดลง การพองตัวลดลง เกิดเป็นโครงสร้างลักษณะคล้ายร่างแหที่สามารถห่อหุ้มน้ำ ไขมัน และของแข็งให้อยู่รวมกันได้ ในลักษณะอิมัลชัน ส่งผลต่อค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ข้นหนืดขึ้นหรือแน่นขึ้น [31] ด้วยโปรตีนมีคุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ จากผลการศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ด้านความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันพบว่าโปรตีนที่สกัดจากร้าข้าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นอิมัลชันได้หลากหลายชนิด เช่น ใส่กรอกชนิดต่างๆ น้ำสลัด หรือมายองเนส [32] เป็นต้น ดังนั้นการเสริมผงโปรตีนจากข้าว นอกจากช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการปริมาณโปรตีนแล้วยังช่วยให้ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานให้มีความข้นหนืดและคงตัวอีกด้วย ทั้งนี้ค่าความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานที่ได้มีค่าสูงกว่าความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์นมชั้นหวานทางการค้าที่มีค่า $1,890 \pm 54.08$ cp และนมข้าวชั้นหวานผสมอัลมอนต์และงาขาวจากรายงานวิจัย [4] ที่มีความข้นหนืด $2,498.33 \pm 130.33$ cp



รูปที่ 1 นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไรด์อกข้าฟงงาเสริมผงโปรตีนจากข้าวร้อยละ 0 2 4 และ 6 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 5 ค่าสี ค่าความชื้นหนืด และโปรตีนของนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งาสูตรลดน้ำตาลและเสริมผงโปรตีนจากข้าวปริมาณต่างกัน

คุณภาพ ทางกายภาพ	ปริมาณการเสริมผงโปรตีนจากข้าว			
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 2	ร้อยละ 4	ร้อยละ 6
ค่าสี L*	35.66±0.15 ^d	48.66±0.05 ^c	51.15±0.08 ^b	54.27±0.10 ^a
a*	13.35±0.13 ^a	12.20±0.07 ^b	10.41±0.02 ^c	9.91±0.07 ^c
b*	13.91±0.28 ^c	16.11±0.02 ^b	16.14±0.03 ^b	17.59±0.08 ^a
ความชื้นหนืด (cP)	4,950±100 ^b	5,100±250 ^{ab}	5,280±250 ^a	5,350±50 ^a
โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	0.54±0.00 ^d	1.25±0.05 ^c	3.03±0.05 ^b	4.85±0.05 ^a

หมายเหตุ :^{a b c d} กำกับค่าในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งาสูตรลดน้ำตาลและเสริมผงโปรตีนจากข้าวปริมาณปริมาณต่างกัน

คุณภาพ ทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ			
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 2	ร้อยละ 4	ร้อยละ 6
สี	8.03±0.84 ^a	7.60±0.56 ^a	7.73±0.84 ^{ab}	7.43±0.77 ^b
กลิ่น ^{ns}	7.53±0.78	7.67±0.68	7.53±0.78	7.53±0.73
รสชาติ	7.90±0.85 ^a	7.70±0.70 ^a	7.60±0.85 ^{ab}	7.40±0.86 ^b
เนื้อสัมผัส (ความชื้นหนืด)	7.83±0.98 ^a	7.73±0.58 ^a	7.63±0.98 ^a	7.33±0.80 ^b
ความชอบโดยรวม	7.93±0.68 ^a	7.83±0.37 ^a	7.63±0.68 ^{ab}	7.40±0.56 ^b

หมายเหตุ: ^{a b} กำกับค่าในแนวนอนเดียวกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

^{ns} ที่กำกับในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การเสริมผงโปรตีนปริมาณที่แตกต่างกันมีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) โดยการเสริมผงโปรตีนร้อยละ 0 2 และ 4 ของน้ำหนัก ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่การเสริมผงโปรตีนที่ร้อยละ 6 ส่งผลให้ความชอบโดยรวม สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ด้านความหนืดลดลงต่ำกว่าการเสริมร้อยละ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ประกอบกับจากข้อเสนอแนะของผู้ทดสอบชิมที่พบว่าตัวอย่างนมข้าวชั้นหวานสูตรที่เสริมผงโปรตีนจากข้าวปริมาณสูงขึ้น รู้สึกมีสิ่งตกค้างในปากหลังการกลืนและรู้สึกฝืดคอมากขึ้น ดังนั้นการเสริมผงโปรตีนจากข้าวในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบลดลง ผู้วิจัยจึงเลือกสูตรนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งาสูตรลดน้ำตาลและเสริมผงโปรตีนจากข้าวใน

ปริมาณร้อยละ 4 ของส่วนผสมทั้งหมด พิจารณาจากคะแนนความชอบและปริมาณโปรตีนที่วัดได้ร้อยละ 3.03 กรัม ไปศึกษาในขั้นต่อไป เมื่อเทียบสัดส่วนทั้งหมดของสูตรผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานที่พัฒนาได้นี้ประกอบด้วย นำนมข้าวไร้ดอกข้าฟ้งางา น้ำตาลทรายป่น น้ำตาลหล่อฮังก้วยผง และผงโปรตีนจากข้าว ปริมาณร้อยละ 46 35 15 และ ร้อยละ 4 ตามลำดับ

3.4 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งาสูตรลดน้ำตาลและเสริมโปรตีน

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งาสูตรพื้นฐาน และนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกข้าฟ้งาสูตรที่พัฒนาได้จากการลดน้ำตาลทรายและเสริมผงโปรตีนจาก

ข้าว ทำให้ผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกขำมีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต พลังงานทั้งหมด วิตามินอีชนิดอัลฟาโทโคฟีรอลและปริมาณแอนโทไซยานิน (ดังตารางที่ 7) คุณค่าทางโภชนาการของนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกขำพังกาสูตรใช้น้ำตาลหล่ออังก้วยผงทดแทนความหวานจากน้ำตาลร้อยละ 30 และเสริมผงโปรตีนจากข้าวร้อยละ 4 ซึ่งเป็นสูตรที่ประกอบด้วยน้ำมันข้าวที่ได้จากการบดผสมข้าวไร้ดอกขำกับน้ำในอัตราส่วน 10:40 มาผสมกับน้ำตาล 50 ส่วน (น้ำตาลทรายป่นร้อยละ 70 น้ำตาลหล่ออังก้วยร้อยละ 30) และเติมผงโปรตีนจากข้าวร้อยละ 4 ช่วยลดพลังงานของผลิตภัณฑ์ให้มีเพียง 215.66 กิโลแคลอรี/100 กรัม ลดลงจากสูตรพื้นฐานร้อยละ 13.98 และ มีคาร์โบไฮเดรต 49.04 กรัม ซึ่งลดลงจากสูตรพื้นฐานร้อยละ 19.86 มีปริมาณโปรตีน 3.03 กรัม ซึ่งมีปริมาณมากกว่านมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกขำสูตรพื้นฐาน จึงเหมาะเป็นอาหารสำหรับทุกช่วงวัย โดยเฉพาะผู้ที่แพ้นมวัวและโปรตีนจากนมสัตว์

ตารางที่ 7 คุณค่าทางโภชนาการของนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกขำสูตรพื้นฐานและสูตรใช้น้ำตาลหล่ออังก้วยและเสริมโปรตีนจากข้าว

องค์ประกอบทางเคมี (ต่อ 100 กรัม)	นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกขำ	
	สูตรพื้นฐาน	สูตรลดน้ำตาลและเสริมโปรตีน
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	250.7±0.20 ^a	215.66 ±0.15 ^b
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	61.19±0.06 ^a	49.04 ±0.04 ^b
โปรตีน (กรัม)	0.54±0.05 ^b	3.03 ±0.05 ^a
ไขมัน (กรัม)	0.42±0.02 ^b	0.82 ±0.03 ^a
เถ้า (กรัม)	0.08±0.00 ^b	0.15 ±0.01 ^a
ความชื้น (กรัม)	37.77±0.09 ^b	46.96±0.10 ^a
แอนโทไซยานิน ^{ns} (มิลลิกรัม)	0.55 ±0.09	0.58±0.05
วิตามินอี ชนิดอัลฟา	Not	Not
โทโคฟีรอล (มิลลิกรัม)	Detected	Detected

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 2 ซ้ำ

ปริมาณแอนโทไซยานินของนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกขำพังกาทั้งสองสูตรพบ 0.55-0.58 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งไม่แตกต่างกัน ด้วยสมบัติของแอนโทไซยานินที่สามารถละลายได้ในน้ำ ไม่เสถียรจากความร้อน ดังนั้นปริมาณแอนโทไซยานินจึงมีค่าลดลง ยิ่งใช้อุณหภูมิสูง ระยะเวลาานขึ้นจะเพิ่มโอกาสในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือการสลายตัวของแอนโทไซยานินมากขึ้นอีกด้วย สอดคล้องกับหลายงานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับความคงตัวของแอนโทไซยานินในข้าวและผลิตภัณฑ์จากข้าวต่างๆ [33]-[35]

4. สรุป

การเตรียมส่วนผสมของนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกขำพังกา โดยแปรอัตราส่วนของข้าวสารที่บดผสมกับน้ำ พบว่าอัตราส่วน 10:40 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมทำให้นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกขำพังกาได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงกว่าอัตราส่วน 15:35 และ 5:45 เมื่อใช้น้ำตาลหล่ออังก้วยผงให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายป่นร้อยละ 30 สำหรับผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานสูตรลดน้ำตาล ทำให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบเฉลี่ยสูงกว่าสูตรที่ทดแทนความหวานจากน้ำตาลทรายป่นในปริมาณร้อยละ 40 และ 50 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบนมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกขำพังกาสูตรลดน้ำตาลและเสริมผงโปรตีนร้อยละ 4 ของส่วนผสมทั้งหมด ผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกขำพังกาสูตรที่ใช้น้ำตาลหล่ออังก้วยผงทดแทนน้ำตาลทรายและเสริมผงโปรตีนจากข้าว ปริมาณ 100 กรัม ให้พลังงานเท่ากับ 215.66 กิโลแคลอรี ต่ำกว่าสูตรพื้นฐานที่มีพลังงานเท่ากับ 250.70 กิโลแคลอรี และยังมีปริมาณโปรตีน 3.03 กรัม ซึ่งสูงกว่าสูตรพื้นฐานที่มี 0.54 กรัม ผลิตภัณฑ์นมข้าวชั้นหวานจากข้าวไร้ดอกขำพังกาที่พัฒนาได้จึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่แพ้นมวัวและสนใจการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และวิทยาลัยเทคนิคพังงาที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดสอบชิม และเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Che, *Cow milk protein allergy*, CMPA, The Pharmaceutical Association of Thailand under Royal Patronage. Bangkok: Mahidol University, 2018.
- [2] Anonymous. (2020, December 19). Cow's milk allergy. [Online]. Available: <https://www.marketthink.co/12400>
- [3] N. Satsue and N. Suteebut, "limitation milk product from Water Caltrop," *RMUTP Research Journal*, vol. 17, no. 2, pp. xx-xx, July. 2023.
- [4] R. Polpued and K. Khuenpet, "Formulation of sweetened condensed rice-milk fortified with cereals in retortable pouch," *International Journal of Agricultural Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 349-64, 2020.
- [5] K. Wadeesirisak, "Fermented plant-based milk and functional properties," *Journal of Food Research and Product Development*, vol. 52, no. 4, pp.14-26. 2022.
- [6] K. Huang, Y. Liu, Y. Zhang, H. Cao, D.K. Luo, C. Yi and X. Guan, "Formulation of plant-based yoghurt from soybean and quinoa and evaluation of physicochemical, rheological, sensory and functional properties," *Food Bioscience*, vol. 49, p.101831. October 2022.
- [7] N. Suteebut and P. Sangthong, "Brown rice yogurt products fortified with soy protein and prebiotics," in *Proceeding of 11th National Conference of Sri-Ayutthaya Rajabhat University*, Valaya Alongkorn Rajabhat University, 2018, pp. 808-8190.
- [8] T. Kitisripanya. (2018). Plant-based dairy products and their consumption as substitutes for cow's milk, Mahidol University. [Online]. Available: <https://www.pharmacy.mahidol.ac.th>
- [9] S. Chuchart, P. Ratchanit, S. Arintapach, K. Sirinthon, T. Orak and P. Rujira, "Dawk Kha50, a non-glutinous rice variety," *Thai Rice Research Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 18-29. 2018.
- [10] S. Chotechuen, A. Na Lampang Noenplab, S. Mulkum, J. Pengrat, N. Saeng-arun and S. Saeton, *Nutritional values of some Thai traditional rice varieties*, Rice Research and Development Division, Rice Department. Rice Department. 2015.
- [11] J. Keerati. (2019, June 14). Dried Rice Vermicelli Jellos, Nationnal Innovation Agency. [Online]. Available: <http://www.nia3portal.mworkgroup.co.th>
- [12] P. Anusiri. (2021, Dec 19). Sugar, handsome, hung guay. [Online]. Available: <https://www.nsm.or.th/nsm/th/node/6421>
- [13] H. Kantrong, "Stevia... sweet and healthy herb," *Food Journal*. vol 45, no. 3, pp.41-44. 2015.
- [14] K. Plomlek. (2014). Monk fruit: A new choice of sweeteners. National Food Institute. [Online]. Available: <http://www.fic.nfi.or.th>

- [15] O. Matangkasombut and P. Thanyasrisung, "Sugar substitutes and their effects on systemic and oral health," *Journal Dent. Assoc. Thai*, Vol 69, no. 4, pp.379-397. 2019.
- [16] Max Global Marketing Co., Ltd. (2022, November 28). Rice protein drink VISAMIN brand. [Online]. Available: <https://www.max-gbm.com/>
- [17] J. Khongkaew, "Sweetened condensed rice milk from Rai Dowk Kha Phang Nga rice," M.HE. thesis, Dept. Home Econ., RMUTP Univ., Thailand, 2022.
- [18] AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC International, 21st ed. USA: Gaithersburg, MD. 2019.
- [19] R. Bucci, A. D. Magri, A. L. Magri and F. Marini, "Comparison of three spectrophotometric methods for the determination of gamma-oryzanol in rice bran oil," *Analytical Bioanalytical Chemistry*, vol. 375, no. 8, pp. 1254-1259. 2003.
- [20] M. K. Kim, H. A. Kim, K. Koh, H. S. Kim, Y. S. Lee and Y. H. Kim, "Identification and quantification of anthocyanin pigments in colored rice," *Nutrition Research and Practice*. vol. 2, no. 1, pp. 46-9. 2008.
- [21] T. Juthamas and T. Chalermphon, "Production of healthy beverage from Homnil rice," *Science Journal*, vol. 43, no. 3 (Suppl), pp. 395-402. 2015.
- [22] P. Pimpen and N. Rattanapanon. (2022, November 20). Anthocyanin. [Online]. Available: <https://www.foodnetworksolution.com>
- [23] R. Thanaporn, "Effects of heating and cooling on strccturalc change and digestion of starth," *Science Journal Burapha University*, vol. 21, no. 2 (Suppl), pp. 246-259. 2017.
- [24] N. Thaweeseang, K. Lueangprasert and K. Saelim, "Effects of alternative sweeteners on physical, chemical and sensory characteristics of purple yard long bean jam," *RMUTP Research Journal*, vol. 14, no. 1, pp. 91-102. 2022.
- [25] A. Sirisupjarean, S. Kubglomsong and S. Sinsuwan, "Development of brownies using Chai Nat RD 43 cooked rice as a substitute for wheat flour and sweetener sucralose as a substitute for sugar," *PBRU Science Journal*, vol. 19, no. 2, pp. 82-99. 2022.
- [26] J. Othong, L. Klinmalai and A. Chareonchai, "The using of inulin replaced with sugar in milk ice cream supplemented with chicken breas," *Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST)*, vol. 19, no. 1, pp. 39-50. May. 2020.
- [27] S. Nuttarat, "Nutritional improvement of A-LUA and FOI-THONG desserts by using non-sugar sweeteners." M.S. thesis, Dept. Food Tech., Silpakorn Univ. Bangkok, Thailand, 2012.
- [28] N. Krodchakorn, "Improving the temporal profile of artificial sweeteners." M.S. thesis, Dept. Food Tech., Silpakorn Univ. Bangkok, Thailand, 2014.
- [29] S. Kotchaew and W. Chawakon, "Development of protein bar from brown rice and whey protein on physical and chemical properties of product," *FST MU Research Exercis Journal*, pp. 1-20. 2016.

- [30] P. Sirirat, T. Ohennapha and B. Orawan, "Development of rice germ powder fortified protein." *PSRU Journal of Science and Technology*, vol. 7, no. 1, pp.129-139. Jan. 2022.
- [31] N. Rattanapanon, *Food chemistry*, 5th ed. Bangkok: Odeon Store Publisher, 2014.
- [32] S. Kannanuch, "Protein extraction and hydrolysate production from deoiled Sangyod Muang Phatthalung rice bran," M.S. thesis, Dept. Food Pro. Eng., Chiang Mai Univ., Chiang Mai, Thailand, 2012.
- [33] S. Parnsakhorn and J. Langkapin, "Effect of different rice varieties on changes in anthocyanin content and physical properties of Zongzi products," *Journal of Engineering, RMUTT*, vol. 20, no. 2, pp.57-68. 2022.
- [34] S. Parnsakhorn, J. Langkapin and R. Muangrat, "Effect of freezing on the stability of GABA and anthocyanin content of cooked germinated," *Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi*, vol 18, no. 1, pp. 1-13. 2019.
- [35] C. Petchlert and T. Sangprathum, "Comparison of phenolic and anthocyanin content among four differences of raw and cooked rice," *Naresuan Phayao Journal*, vol. 13, no. 2, pp.36-41. 2020.

