

ทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงและการศึกษาอายุการเก็บรักษา Consumer Attitude towards High Protein Plant-Based Milk and an Evaluation of Its Shelf-life

เบญจมาศ ไชยสุวรรณ¹ ทองกร พลอยเพชร¹ ศิริพร บุตรสีโคตร¹ และวราภรณ์ ศรีเดช^{1,*}

Benchamat Chaisuwan¹ Thongkorn Ploypetchara¹ Siriporn Butseekhot¹ and Waraporn Sorndech^{1,*}

Received: January 2, 2024

Revised: May 20, 2024

Accepted: May 24, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์นมถั่วแดงโปรตีนสูงโดยใช้โปรตีนถั่วแดงเข้มข้นด้วยวิธีการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลเซชันที่นำแนวคิดมาจากการศึกษาทัศนคติของผู้บริโภคด้วยวิธีการสัมภาษณ์ด้วยคำถามแบบลำดับขั้น (laddering technique) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์นมพืช และศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาทัศนคติด้านสุขภาพและโภชนาการของผู้บริโภคจำนวน 30 คน พบว่าสามารถแบ่งผู้บริโภคได้เป็น 2 กลุ่มตามคะแนนความใส่ใจสุขภาพ (กลุ่มที่ 1 = 5.71 คะแนน และกลุ่มที่ 2 = 3.63 คะแนน) และความสนใจผลิตภัณฑ์นมจากพืช (กลุ่มที่ 1 = 5.86 คะแนน และกลุ่มที่ 2 = 3.69) โดยผู้ทดสอบกลุ่มที่ 1 มีทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์นมถั่วแดงที่ประกอบด้วย โปรตีนสูง รสชาติอร่อย หวานแบบไม่มีน้ำตาล ไม่หนืด และบรรจุภัณฑ์ดึงดูดน่าสนใจ จากนั้นทำการพัฒนาสูตรนมถั่วแดงโดยเติมโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น 5.7 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เพื่อให้สามารถกล่าวอ้างว่ามีโปรตีนสูงได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 445) พ.ศ. 2566 ผลการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เมื่อผ่านไป 3 เดือน พบว่ามีค่าสีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด และการยอมรับของผู้บริโภคลดลงซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การประเมินค่า Q_{10} โดยใช้การลดลงของค่าความเป็นกรดต่างที่ต่ำกว่า 4.3 ของผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์การไม่ยอมรับ พบว่าผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ประมาณ 269.4 วัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์นมจากโปรตีนพืชชนิดสเตอริไลเซชันที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคได้

คำสำคัญ: โปรตีนถั่วแดงเข้มข้น ผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูง การสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น อายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a high-protein red bean milk product using concentrated red bean protein and a sterilization method. The ideas for the product development were taken from a study of consumer attitudes which used the laddering technique and the shelf-life of the product was also evaluated. The results of the study on the health and nutritional attitudes of 30 consumers found that consumers could be divided into 2 groups according to their health consciousness scores (Group 1 = 5.71 points and Group 2 = 3.63 points) and their interest in dairy products from plants (Group 1 = 5.86 points and Group 2 = 3.69 points). The attitudes of the Group 1 test-taker towards the red bean milk products were that it contained high protein, a delicious taste, was sweet without sugar, was not viscous, and had attractive packaging. The red bean milk formula was developed by adding 5.7 grams of concentrated red bean protein per 100 milliliters, so that it could claim to have a high protein content, according to the Ministry of Public Health Announcement (No. 445), 2023. The product shelf-life was studied under accelerated conditions at 35, and 45 degrees Celsius for 3 months. It was found that the products stored under these conditions at 35 and 45 degrees Celsius showed an increase in yellowness, while pH, total solid content, and consumer acceptance were significantly decreased. We assessed Q_{10} of the test by identifying a pH drop below 4.3 as an unacceptable criterion. It was found that the product has a shelf life of approximately 269.4 days at 25 degrees Celsius. Therefore, we can further utilize this research to develop plant-based milk products that align with consumer needs.

Keywords: red bean protein concentrate, high-protein plant-based milk, laddering technique, shelf-life accelerating technique

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

บทนำ

ปัจจุบันความนิยมในการบริโภคโปรตีนจากพืชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกระแสสุขภาพ การบริโภคอาหารจากสัตว์ถูกลดสัดส่วนลง และความต้องการบริโภคโปรตีนจากพืชจึงเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนพืชเป็นองค์ประกอบที่มีขายในท้องตลาดที่มีทั่วไปคือผลิตภัณฑ์นมจากโปรตีนพืช เช่น นมถั่วเหลือง เป็นต้น ตลาดนมจากพืชทั่วโลกมีแนวโน้มเติบโตอย่างมีนัยสำคัญในช่วงปี พ.ศ. 2566 ถึง พ.ศ. 2573 การวิจัยตลาด Data Bridge วิเคราะห์ว่าตลาดโปรตีนพืชกำลังมีอัตราการเติบโตแบบทบต้นต่อปี (CAGR) ที่ร้อยละ 12.4 และคาดว่าจะมีมูลค่าถึง 50,066.21 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ภายในปี พ.ศ. 2573 [1] นอกจากนี้ ยังพบว่าผู้บริโภคจำนวนร้อยละ 70 มีแนวโน้มในการบริโภคผลิตภัณฑ์นมพืชที่มีการเติมแต่งรสชาติมากกว่ารสชาติดั้งเดิมอีกด้วย [2]

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีการนำโปรตีนจากพืชมาใช้ทดแทนโปรตีนนม จำเป็นต้องศึกษาความต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการกำหนดทิศทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลต่อการเลือกซื้อของผู้บริโภค การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต่อนั้น สามารถศึกษาได้จากการสัมภาษณ์ผู้บริโภคด้วยคำถามแบบลำดับขั้น (laddering interview technique) ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัวด้วยคำถามแบบลำดับขั้นที่ทำให้รู้แนวทางและโครงสร้างความคิดของผู้บริโภค ทำให้เข้าใจถึงความคิดของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์นั้นๆ จากข้อมูลดังกล่าวจะทำให้สามารถคัดเลือกคุณลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปสู่ผลลัพธ์และคุณค่าที่มีความหมายต่อผู้บริโภค รวมไปถึงมีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้ออีกด้วย [3] คำถามของการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้นจะเป็นรูปแบบการสัมภาษณ์เชิงลึก ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด นำไปสู่การค้นหาลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการและสามารถตอบเป็นเรื่องราวจากความชอบและประสบการณ์ส่วนตัวต่อผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยจะมีชุดคำถามว่า ทำไมคุณลักษณะนั้นๆ ถึงมีความสำคัญกับผู้บริโภค และมีความสำคัญอย่างไร เป็นต้น การถามจะต้องละเว้นคำถามที่ให้คำตอบว่า ใช่/ไม่ใช่ จากผู้บริโภค เพื่อให้เกิดการคิดคำตอบจากผู้บริโภคอย่างแท้จริง โดยจะให้ความสำคัญที่

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ (attribute) เชื่อมโยงกับผลลัพธ์ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ (consequence) และคุณค่าที่ผู้บริโภคได้รับจากผลิตภัณฑ์ (value) ที่ผู้บริโภคคาดหวังว่าจะได้รับจากการซื้อสินค้านั้นๆ เทคนิคการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้นมีประโยชน์ในด้านของการเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพสูง [4] จากงานวิจัยของ Ngampeerapong et al. (2012) ศึกษาทัศนคติของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์นมโดยใช้เทคนิคการสัมภาษณ์ด้วยคำถามแบบลำดับขั้น พบว่าทัศนคติโดยรวมของผู้บริโภคทั้งหมด ด้านคุณลักษณะ ผู้บริโภคสนใจการใช้สารให้ความหวานมากที่สุด รองลงมาคือเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ และสูตรแบบปกติ ตามลำดับ ด้านความสำคัญ ผู้บริโภคให้ความสนใจในเรื่องประโยชน์ ในด้านคุณค่า ผู้บริโภคต้องการประโยชน์ต่อสุขภาพและการป้องกันโรค เมื่อพิจารณาทัศนคติของผู้บริโภคในแต่ละกลุ่ม พบว่าผู้บริโภคกลุ่มที่ 1 สนใจการใช้สารทดแทนความหวาน ในด้านผลที่ได้ คือ รับประทานแล้วไม่อ้วน และคุณค่า คือ สุขภาพดี ป้องกันโรค ผู้บริโภคกลุ่มที่ 2 นั้น ให้ความสนใจการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ ผลที่ได้คือ ประโยชน์ที่ได้จากสารต้านอนุมูลอิสระ ส่วนด้านคุณค่านั้นเป็นในเรื่องของการมีสุขภาพดีและป้องกันโรค และผู้บริโภคกลุ่มที่ 3 ให้ความสนใจในสูตรปกติ คุณค่าที่ได้รับคือความพึงพอใจ จากการใช้เทคนิคสัมภาษณ์แบบลำดับขั้นทำให้ทราบถึงคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์นมและสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเพื่อสุขภาพ [5] จากงานวิจัยของ Chaisawat (2014) ศึกษาปัจจัยและคุณค่าที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์บำรุงผิวออร์แกนิกของผู้บริโภคเพศหญิงโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบลำดับขั้น ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างเพศหญิงมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 22 ปี ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์บำรุงผิวออร์แกนิกในด้านคุณลักษณะมากที่สุดคือไม่มีสารเคมี รองลงมาคือมีกลิ่นเป็นธรรมชาติ ด้านผลลัพธ์ที่ได้คือไม่เกิดผลข้างเคียงและให้ความชุ่มชื้นผิวที่มากกว่าผลิตภัณฑ์บำรุงผิวทั่วไป นำไปสู่ด้านคุณค่าที่ผู้บริโภคคาดหวังมากที่สุดคือการมีสุขภาพผิวที่ดีและพึงพอใจเมื่อใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวออร์แกนิก จากผลการทดลองสามารถใช้เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

[6] และงานวิจัยของ Ares et al. (2008) ซึ่งได้ศึกษาการรับรู้ของผู้บริโภคเกี่ยวกับโยเกิร์ตธรรมชาติและโยเกิร์ตเชิงฟังก์ชันโดยใช้การหาความสัมพันธ์ระหว่างคำ (word association) และการใช้คำถามแบบลำดับขั้น ซึ่งพบว่าทั้งสองวิธีมีผลลัพธ์ที่คล้ายกันโดยการรับรู้ของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เหล่านี้ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ โภชนาการ ลักษณะทางประสาทสัมผัส และความสุข แต่ทั้งสองวิธีมีข้อมูลที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาด้วยการหาความสัมพันธ์ระหว่างคำนั้นพบว่ามีข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ข้อบกพร่องทั่วไปของผลิตภัณฑ์ในตลาด แรงจูงใจเบื้องหลังทางเลือกของผู้บริโภค และคุณลักษณะที่อาจจำกัดความสนใจของผู้บริโภค และผลจากการใช้วิธีการแบบลำดับขั้น พบว่าช่วยให้สามารถระบุผลที่ตามมาและคุณค่าที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น เป็นประโยชน์ในการทำความเข้าใจทางเลือกของผู้บริโภค [7]

โปรตีนถั่วแดงเข้มข้น (red bean protein concentrate) เป็นผลผลิตจากการสกัดโปรตีนด้วยการใช้การตกตะกอนโปรตีนที่จุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point precipitation) ซึ่งการสกัดโปรตีนข้างต้นเป็นวิธีที่ดั้งเดิม ทำได้ง่าย อีกทั้งให้ปริมาณโปรตีนสูงมากกว่าร้อยละ 60 [3] โปรตีนถั่วแดงเข้มข้นที่สกัดในสภาวะค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 9 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 74.88 อีกทั้งมีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น 93.35 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งมีครบทั้ง 9 ชนิด และมีปริมาณกรดอะมิโนไม่จำเป็น 122.88 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง จากงานวิจัยของ Ahmed et al. (2018) ได้ทำการสกัดโปรตีนถั่วแดง (kidney bean) พบว่ามีโปรตีน 80.82 กรัม ถั่ว 4.1 กรัม ความชื้น 4 กรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการนำมาผลิตเป็นโปรตีนพืชทางเลือกใหม่ได้ [8] จากงานวิจัยของ Aydar et al. (2020) ศึกษาความสามารถโปรตีนไอโซเลท และโปรตีนไฮโดรไลเสตจากถั่วแดงในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของสารออกซิไดซ์ในโยเกิร์ตธรรมชาติ และพบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสตจึงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าโปรตีนไอโซเลท [9] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Aydar et al. (2023) ที่

ศึกษาผลของการใช้ถั่วแดงเป็นเครื่องเติมจากพืช โดยวิเคราะห์การนำไปใช้ทางชีวภาพของสารประกอบฟีนอลิกองค์ประกอบของกรดไขมันในระดับหลอดทดลอง และการประเมินทางประสาทสัมผัสของนมพืชจากถั่วแดงในท้องถิ่นสองสายพันธุ์ที่ปลูกในตุรกี โดยนมถั่วแดงที่ได้มีโปรตีนร้อยละ 1.92–2.32 ซึ่งมากกว่านมทางเลือกจากพืชเชิงพาณิชย์อื่นๆ กรดไขมันส่วนใหญ่ในกลุ่มตัวอย่างเป็น กรดลิโนเลอิก (linolenic acid) และกรดปาล์มมิติก (palmitic acid) การต้านอนุมูลอิสระโดย α , α -diphenyl- β -picrylhydrazyl (DPPH) อยู่ที่ร้อยละ 50–186 การยอมรับโดยรวมของนมถั่วแดงแตกต่างกันระหว่าง 2.9 ถึง 4.1 (จาก 10 คะแนน) ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่านมถั่วแดงเป็นทางเลือกสำหรับอุตสาหกรรมอาหารแม้จะมีกลิ่นถั่วที่เข้มข้น [10]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น จากนั้นผลิตผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้บริโภค วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ การประเมินทางประสาทสัมผัส รวมไปถึง ศึกษาอายุการเก็บแบบเร่งด้วยการใช้ค่า Q_{10} จากการวิจัยนี้พบว่าการนำเอาโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์นมพืชจะสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับถั่วแดง อีกทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์นมจากพืชทางเลือกให้กับผู้บริโภค รวมไปถึงผู้ที่มีอาการแพ้เนื้อถั่วเหลืองได้อีกด้วย

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การศึกษาความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น

1.1 การศึกษาทัศนคติด้านสุขภาพและโภชนาการต่อผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น

ทำการแบ่งกลุ่มด้วยแบบสอบถามด้านทัศนคติด้านสุขภาพและโภชนาการประกอบด้วยคำถาม ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับทัศนคติของผู้ทดสอบที่มีต่อสุขภาพและโภชนาการส่วนบุคคลดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Ares et al. (2008) [7] โดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน จะทำการให้คะแนนในแต่ละคำถาม กำหนดให้คะแนนอยู่ในช่วง 1

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

ถึง 7 คะแนน โดย 1 คะแนน คือไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง และ 7 คือเห็นด้วยอย่างยิ่ง จากนั้นนำข้อมูลของผู้ทดสอบมาทำการแบ่งกลุ่มผู้บริโภคร (cluster analysis)

1.2 การศึกษาความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นด้วยวิธีการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น (laddering technique)

เก็บข้อมูลความต้องการของผู้บริโภคจากการสัมภาษณ์ด้วยวิธีการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น (laddering technique) ตามวิธีของ Reynolds and Gutman (1988) [11] จากผู้ทดสอบวัยทำงานอายุ 25-30 ปี จำนวน 30 คน โดยทำการสัมภาษณ์ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี, ประเทศไทย ใช้วิธีการถามแบบลำดับขั้นซึ่งเป็นการถามคำถามต่อเนื่อง และใช้คำตอบของผู้บริโภคเพื่อสร้างคำถามใหม่ โดยเริ่มจากการถามคำถามถึงคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดสำหรับการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นมพืชและเหตุผลที่เลือกคุณลักษณะนั้นๆ และถามคำถามต่อเนื่องจากคำตอบที่ได้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นความคิดเห็นที่เกิดขึ้นจากประสบการณ์การบริโภคผลิตภัณฑ์นมพืช จากนั้น รวบรวมข้อมูลที่ได้มาจากการสัมภาษณ์มาทำการวิเคราะห์เป็น คุณลักษณะ (attribute) ผลที่ตามมา (consequences) และคุณค่า (values) ของผลิตภัณฑ์ ต่อมาทำการสร้าง implication matrix เพื่อหาสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลข้างต้น จากนั้นทำการตัดข้อมูล (cut-off) โดยงานวิจัยนี้กำหนดค่า cut-off ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของจำนวนผู้บริโภค หากมีผู้กล่าวถึงน้อยกว่าค่านี้ข้อมูลจะถูกตัดออก จากนั้นสร้างแผนผัง hierarchical value map (HVM) เพื่อทราบความสัมพันธ์ของกลุ่มคำที่มาจากคำตอบของผู้ทดสอบ

2. การเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น

สกัดโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นตามวิธีการของ Ahmed et al. (2018) โดยใช้แป้งถั่วแดงผสมกับน้ำกลั่น

ในอัตราส่วน 1:10 w/v ปรับค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 8 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ นำสารละลายปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเก็บส่วนใสมาปรับค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 4.5 ทำการปั่นเหวี่ยงอีกครั้ง เป็นเวลา 5 นาที และนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง [8] จากนั้นผลิตผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงโดยใช้ปริมาณโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น 5.71 กรัมต่อปริมาตรทั้งหมด 100 มิลลิลิตร ซึ่งความเข้มข้นของโปรตีนที่ใช้ได้มาจากการคัดเลือกจากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของงานวิจัยก่อนหน้า โดยมีขั้นตอนการผลิตดังแสดงใน Figure 1 เริ่มต้นจากการนำเอาถั่วแดงกะเทาะเปลือกปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม (HR2225, PHILIPS, China) กับน้ำดื่มอัตราส่วน 1 ต่อ 6 ความเร็วสูงสุด (800 วัตต์) เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (iKnowZyme HTAA 40 L, Reach Biotechnology Co. LTD., Thailand) ที่ร้อยละ 0.3 และทำการบ่มที่อุณหภูมิ 55.0 ± 1.0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อกำจัดแป้งที่ตกค้างในโปรตีนเข้มข้น ซึ่งเป็นการช่วยลดความหนืดของผลิตภัณฑ์ จากนั้นยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 100.0 ± 1.0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที กรองนมถั่วแดงผ่านผ้ากรองที่ความละเอียด 100 mesh จากนั้นทำการผสมโปรตีนถั่วแดงและส่วนผสมอื่นๆ ดัง Table 1 ซึ่งประกอบไปด้วยนมถั่วแดงที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ น้ำร้อน ผงโกโก้ สารให้ความหวาน (sucralose) สารให้ความหวาน (Acesulfame K) ครีมเทียม น้ำมันมะพร้าว กลิ่นช็อคโกแลต และ Gellan gum ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องโฮมจีไนเซอร์ (T18 Digital, IKA, Germany) ที่ความเร็วรอบ 500 rpm เป็นเวลา 30 วินาที บรรจุในขวดแก้วและให้ความร้อนด้วยวิธีสเตอริไลเซชันที่อุณหภูมิ 121.0 ± 1.0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

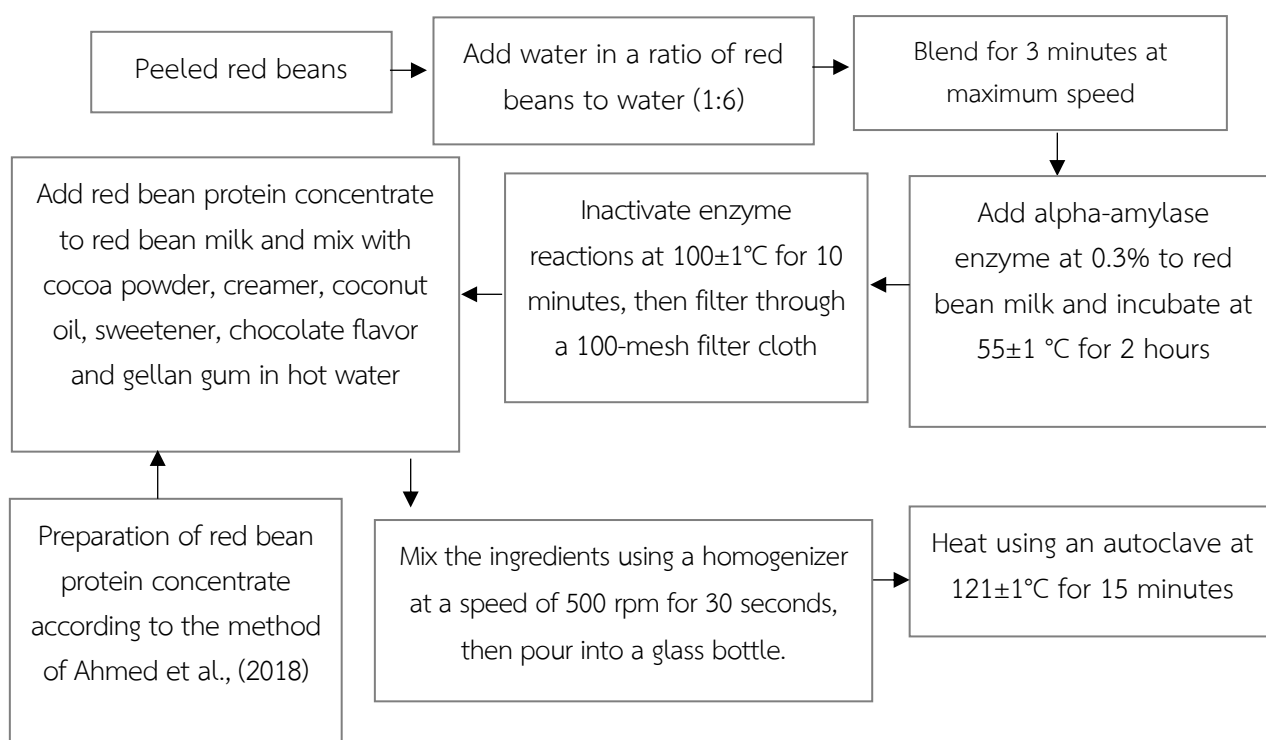
*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

Table 1 Ingredients of plant-based milk from red bean protein concentrate.

Ingredients (g/100g)								
Red bean protein concentrate powder	Red bean milk digested with enzymes	Hot water	Sweetener (Sucralose)	Sweetener (Acesulfame K)	Creamer from Coconut oil	Cocoa powder	Chocolate Flavor	Gellan gum
5.714	49.272	40.000	0.007	0.004	4.000	0.600	0.400	0.003

**Figure 1** Production process of plant-based milk with red bean protein concentrate

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

2. วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ

นำผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูง มาทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โยอาหาร ความชื้น วิตามิน และแร่ธาตุ ตามวิธีการของ AOAC (1990) [12] ทำการวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าสีโครมาโตกราฟ (CR-400, Konica Minolta, Japan) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ค่า pH (LAQUAtwin pH-22, Horiba, Japan) และร้อยละปริมาณของแข็งทั้งหมด ($^{\circ}$ Brix) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณของแข็ง (PAL-alpha, ATAGO, Japan)

3. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบด้วยวิธี 7 points-Hedonic scale ในด้านของลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส รสหวาน เนื้อสัมผัส ความรู้สึกหลังกลืน รสชาติโดยรวม ความชอบโดยรวม และร้อยละการยอมรับของผลิตภัณฑ์จากผู้ทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 30 คน ณ ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารเพื่อสุขภาพ สถาบันวิจัย

กำหนดให้

$$\text{สูตร } Q_{10} = \frac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } T1}{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } T1+10} \text{ และ } Q_1 = Q_{10}^{0.1} \quad (1)$$

$$Q^{\Delta T} = \frac{Qs(T)}{Qs(T+\Delta T)} \quad (2)$$

$$\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ต้องการหา (วัน)} = Q_1^{\Delta T} \times \text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } T1 \text{ (วัน)} \quad (3)$$

เมื่อ	$\theta_s(T)$	= อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T (วัน)
	$\theta_s(T+10)$	= อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T+10 (วัน)
	Q_{10}	= อัตราส่วนของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิต่างกันที่ 10 องศาเซลเซียส
	Q_1	= อัตราส่วนของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิต่างกัน 1 องศาเซลเซียส
	ΔT	= ผลต่างของอุณหภูมิที่ทำนายกับอุณหภูมิ T

5. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การแบ่งกลุ่มผู้บริโภค (cluster analysis) วิเคราะห์ผลด้วยเทคนิค Hierarchical cluster analysis โดยใช้วิธี Ward's aggregation ในการรวมกลุ่ม และ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ปทุมธานี, ประเทศไทย

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ในวันที่ 0, เดือนที่ 1, 2 และ 3 โดยวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 ของผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคชนิดเหลวที่มีค่าความเป็นกรดต่างมากกว่า 4.3 โดยนำผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างมาทำการคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยคำนวณอายุการเก็บรักษาตามงานวิจัยของ Thanakit et al. (2018) [13] ซึ่งเป็นการหาอายุการเก็บรักษาโดยใช้ Accelerated shelf-life testing (ASLT) ด้วยการหา Q_{10} Factor ทำการศึกษาในสภาวะแบบเร่งที่สัดส่วนของอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิมีความแตกต่างกันทุกๆ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์ของค่า Q_{10} และ Q_1 ได้ดังนี้

Square Euclidean distances ในการวัดระยะห่างและความคล้ายระหว่างกลุ่มผู้ทดสอบด้วยซอฟต์แวร์ SPSS และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Tukey's test ($p \leq 0.05$) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) การทดสอบคุณภาพการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7 points-Hedonic scale จากผู้เชี่ยวชาญการทดสอบทางประสาทสัมผัสในระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 30 คน ณ ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารเพื่อสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ปทุมธานี, ประเทศไทย วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล Analysis of Variance (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS (SPSS, IBM, NY, USA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น

1.1 ผลการศึกษาทัศนคติด้านสุขภาพและโภชนาการ

จากการศึกษาทัศนคติของผู้บริโภคด้านสุขภาพและโภชนาการโดยใช้แบบสอบถามด้านสุขภาพและโภชนาการ ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มผู้ทดสอบได้ 2 กลุ่ม โดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ทางสถิติซึ่งแยกให้คำตอบของผู้บริโภคมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการตอบคำถามแต่ละข้อ โดยในกลุ่มที่ 1 มีจำนวน 14 คน และกลุ่มที่ 2 มีจำนวน 16 คน จากผลการทำแบบสอบถามพบว่า ในคำถามที่ 3, 4, 7, 8, 11, 12, 13 และ 14 มีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยจากคำถามในข้อข้างต้นพบว่ากลุ่มที่ 1 ให้คะแนนที่สูงกว่าในกลุ่มที่ 2 จากผลของแบบสอบถามแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบทั้ง 2 กลุ่มให้ความสำคัญของสุขภาพและมีความกังวลเกี่ยวกับการมีสุขภาพที่ดีที่แตกต่างกันออกไปโดยในกลุ่มที่ 1 จะให้ความสำคัญในด้านของสุขภาพมากกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งส่งผลไปถึงคะแนนของแบบสอบถามในข้อที่ 11, 12, 13

และ 14 โดยเป็นคำถามที่เกี่ยวกับความสนใจในการรับประทานโปรตีนจากพืช ผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนสูง และผลิตภัณฑ์นมจากพืช โดยพบว่าผู้ทดสอบในกลุ่มที่ 1 มีความสนใจผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากโปรตีนจากพืชมากกว่าผู้ทดสอบในกลุ่มที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Haas et al. (2019) [14] ที่ได้ศึกษาทัศนคติของผู้บริโภคนมวัว และนมจากพืช โดยทำการสำรวจโดยใช้แบบสอบถามจำนวน 1,001 คน พบว่าภาพลักษณ์ของนมวัวที่ผู้บริโภคให้การประเมินคือ ส่งผลต่อสุขภาพมากกว่า เป็นธรรมชาติมากกว่า และมีส่วนช่วยส่งเสริมกระดูกดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับนมจากพืช ในขณะที่ภาพลักษณ์ของนมจากพืชจากงานวิจัยดังกล่าวนี้ ผู้ประเมินให้ความเห็นว่าดีกว่า ระบบย่อยอาหารมากกว่า และไม่มีสารก่อภูมิแพ้เมื่อเปรียบเทียบกับนมวัว ดังนั้นทัศนคติของบุคคลที่ตอบแบบสอบถามจึงมีความสัมพันธ์กับภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

Table 2 Clusters' profile on attitudinal questionnaire referring to the importance of health and plant-based products (N = 30).

Statements	Average score	
	Cluster 1 (n=14)	Cluster 2 (n=16)
1. I believe that food is essential for health.	6.93 ^{ns}	6.19 ^{ns}
2. I think that consuming certain food products affects health.	6.57 ^{ns}	6.19 ^{ns}
3. I think that consuming some food products may help prevent certain diseases.	6.29 ^a	4.94 ^b
4. I do everything I can to keep myself healthy.	5.50 ^a	4.06 ^b
5. I am interested in measures to prevent certain diseases.	6.00 ^a	5.19 ^b
6. I exercise regularly for good health.	4.36 ^{ns}	3.00 ^{ns}
7. I am interested in weight loss.	5.93 ^a	4.06 ^b
8. I am interested in getting an annual health checkup.	5.71 ^a	3.63 ^b
9. Good overall health and high nutritional value have an impact on my food choices.	5.36 ^{ns}	4.81 ^{ns}
10. I am interested in healthy food products, but I don't really like them much.	5.93 ^{ns}	4.88 ^{ns}
11. I am interested in consuming products that have a high protein content.	6.00 ^a	3.94 ^b
12. I am interested in consuming plant-based protein products.	5.64 ^a	3.56 ^b
13. I am interested in plant-based milk products.	5.86 ^a	3.69 ^b
14. I am interested in high-protein plant-based milk products.	5.86 ^a	4.06 ^b

Remark: Values with different superscripts in the same row indicate that average scores for cluster 1 and cluster 2 are significantly ($p \leq 0.05$); NS Means not significantly different within the same row ($p > 0.05$)

1.2 ผลการศึกษาความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงด้วยวิธีการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น (laddering technique)

แผนภาพลำดับขั้น (Hierarchical value map) จากวิธีการสัมภาษณ์ด้วยคำถามแบบลำดับขั้นของผลิตภัณฑ์นมพืช ดังแสดงใน Figure 2 โดย Figure 2A คือผู้ทดสอบทั้งหมด (จำนวน = 30, cut-off = 3) Figure 2B คือ ผู้ทดสอบในกลุ่มที่ 1 (จำนวน = 14, cut-off = 1.4) และ Figure 2C คือ ผู้ทดสอบในกลุ่มที่ 2 (จำนวน = 16, cut-off = 1.6) จากผลของการศึกษาความต้องการของผู้บริโภคด้วยวิธีการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น

(Laddering technique) ทำให้ทราบถึงทัศนคติของผู้บริโภค และความสัมพันธ์ของคุณลักษณะ (attributes) ผลที่ตามมา (consequence) และคุณค่าที่ได้รับ (value) ซึ่งมีผลต่อความต้องการและความคาดหวังของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์นมพืช ทั้งนี้กลุ่มของผู้ทดสอบเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณลักษณะ ผลที่ตามมาและคุณค่าที่ได้รับของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าผู้ทดสอบในกลุ่มที่ 1 ที่มีความสนใจในเรื่องของสุขภาพที่ดีจะมีความต้องการที่แตกต่างกันออกไปกับผู้ทดสอบในกลุ่มที่ 2 ที่มีความสนใจในเรื่องของสุขภาพที่น้อยกว่า รวมไปถึงผู้ทดสอบในกลุ่มที่ 1 มีความสนใจใน

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

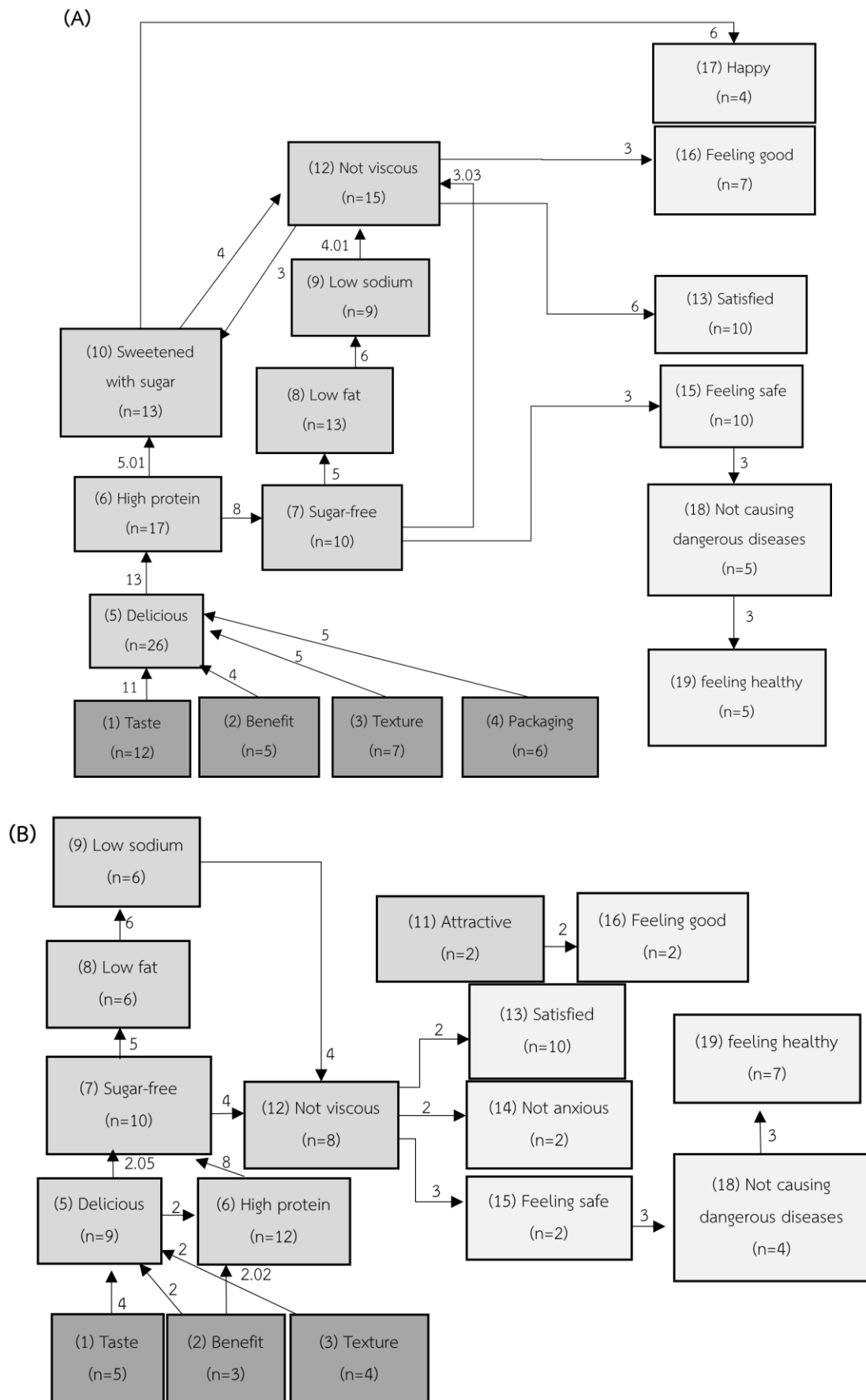
เรื่องของการรับประทานผลิตภัณฑ์โปรตีนสูงจากพืช มากกว่ากลุ่มที่ 2 โดยงานวิจัยนี้จะทำการเลือกคุณลักษณะ ผลที่ตามมา และคุณค่าที่ได้รับที่มาจากความต้องการของผู้ทดสอบในกลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ทดสอบเป้าหมายที่มีความสนใจในเรื่องของสุขภาพที่ดีและมีความสนใจผลิตภัณฑ์โปรตีนสูงจากพืช ดังนั้นผลิตภัณฑ์นมพืชจะถูกพัฒนาตามคุณลักษณะและผลที่ตามของผู้ทดสอบกลุ่มที่ 1 คาดหวังคือ โปรตีนสูง รสชาติอร่อย หวานแบบไม่มีน้ำตาล ไม่เหนียว ไขมันต่ำ และผลิตภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์ดึงดูดและน่าสนใจ งานวิจัยของ Short et al. (2021) [15] ซึ่งศึกษาผลของการปรับปรุงคุณภาพชีสจากโปรตีนพืชให้มีลักษณะคล้ายชีสที่ได้จากนมวัว พบว่าชีสจากนมวัวมีกลิ่นรสเฉพาะตัวที่โปรตีนพืชไม่มีสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ความต้องการของผู้บริโภคเพื่อพัฒนานมจากพืชคือ รสชาติอร่อย ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการที่โปรตีนพืชจะมีลักษณะที่เป็นกลิ่นอืด (beany หรือ painty) เกิดความรู้สึกขณะอยู่ในปากและขณะกลืนแบบ chalky ที่เกิดจากอนุภาคของโปรตีนพืชที่มีขนาดใหญ่และไม่ละลายน้ำ [15] ซึ่งเป็นความท้าทายในการพัฒนา

ผลิตภัณฑ์นมถั่วแดงโปรตีนสูง นอกจากนี้การปรับปรุงเพื่อแต่งรสชาติ ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสยังเป็นวิธีการที่ทำให้ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์นมโปรตีนสูงจากพืช รวมทั้งการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ด้วย จากงานวิจัยที่ผ่านมาที่มีการศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นมจากพืช พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนนมจากพืชที่ผ่านการปรับปรุงรสชาติ สี กลิ่นรส และความหนืดมากกว่านมจากพืชที่ไม่ผ่านการปรุงแต่ง นอกจากนี้การเติมกลีนาวัลลาหรือซ็อกโกแลตที่มีรสหวานยังทำให้ผู้บริโภคเลือกซื้อมากกว่านมจากพืชที่ไม่ได้ปรุงแต่งรสหรือปรุงแต่งรสชาติอื่นอีกด้วย [16] ดังนั้นทิศทางการปรับปรุงคุณภาพของนมโปรตีนสูงจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น คือ การปรับปรุงความหนืดโดยใช้เอนไซม์ย่อยแป้งส่วนเกินที่ปนมากับโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น รวมทั้งเติมกลีนาวัลลาหรือซ็อกโกแลต เพื่อให้ง่ายต่อการบริโภคและผลิตเพื่อจัดจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120



*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

(C)

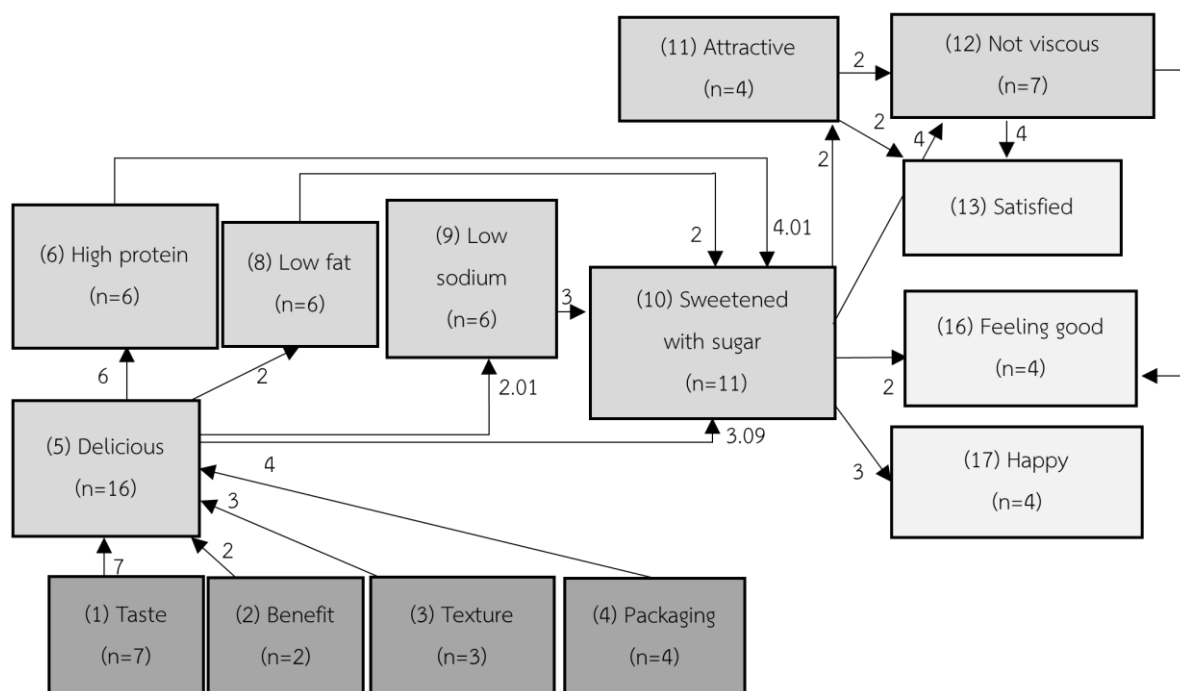


Figure 2 Hierarchical value map of laddering for all respondents, Consumers in Cluster 1 and Consumers in Cluster 2

Remark: A = all respondents (n=30, cut-off = 3), B= Consumers in Cluster 1 (n=14, cut-off = 1.4), C= Consumers in Cluster 2 (n=16, cut-off = 1.6)

2. คุณค่าทางโภชนาการ และอายุการเก็บรักษาในสถานะแข็งของผลิตภัณฑ์

จากผลการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้นที่ได้พารามิเตอร์สำคัญ คือ ต้องการผลิตภัณฑ์นมจากพืชที่โปรตีนสูง รสชาติอร่อย หวานแบบไม่มีน้ำตาล ไม่เหนียวเหนียว ไขมันต่ำ และผลิตภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์ดึงดูดและน่าสนใจ จึงนำไปสู่การผลิตผลิตภัณฑ์นมพืชใช้ปริมาณโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น 5.7 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งสูตรดังกล่าวได้รับการคัดเลือกจากการวิเคราะห์จากวิจัยก่อนหน้า และนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่าผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น 100 มิลลิลิตร มีพลังงาน 45.1 กิโลแคลอรี มีปริมาณโปรตีน 5.7 กรัม คาร์โบไฮเดรต 1.3 กรัม ไขมันทั้งหมด 1.8 กรัม รวมทั้งวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ โดยในผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น หนึ่งหน่วยบริโภคตามประกาศ

กระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 445) พ.ศ. 2566 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง ฉลากโภชนาการ ซึ่งคือปริมาณ 200 มิลลิลิตร มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 11.4 กรัม สามารถกล่าวอ้างถึงผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่องหลักเกณฑ์ในการกล่าวอ้างทางโภชนาการบนฉลากอาหาร เนื่องจากในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการกล่าวอ้างสารอาหารโปรตีนสูงนั้น ในหนึ่งหน่วยบริโภคจะต้องมีปริมาณโปรตีนตั้งแต่ร้อยละ 20 ของ Thai RDI ขึ้นไป โดยปริมาณโปรตีนที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป มีปริมาณที่แนะนำต่อวัน (Thai RDI) เท่ากับ 50 กรัม ในผลิตภัณฑ์จึงต้องมีปริมาณของโปรตีนไม่น้อยกว่า 10 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ซึ่งในผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นมีสารอาหารโปรตีนสูงกว่าร้อยละ 20 ของ Thai

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

RDI ดังนั้นผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นสามารถกล่าวอ้างเป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนสูงได้

ในส่วนของการศึกษาอายุการเก็บแบบเร่งของผลิตภัณฑ์ โดยวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน แสดงดัง Table 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ในวันที่ 0 เดือนที่ 1, 2 และ 3 พบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา ในด้านของการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างและร้อยละปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ในวันที่ 0 เดือนที่ 1, 2 และ 3 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งในด้านของผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างและร้อยละปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รวมไปถึง ผลของการวิเคราะห์ความสว่าง (L^*) และความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างที่ลดลงระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Narayanan et al. (1993) [17] ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของนมถั่วเหลืองที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธี Ultra-High Temperature processing (UHT) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดต่างมีค่าลดลงและมีค่าลดลงมากที่สุดในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงสุดที่ 45 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องมาจากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิสูง ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเคมีบางอย่าง เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาและนำไปสู่การสร้างกรดอินทรีย์ รวมไปถึงความเป็นกรดที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์อาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางเคมีจากการสลายไขมัน และการสลาย

โปรตีน ในระหว่างการเก็บรักษาได้เช่นเดียวกัน [18] นอกจากนี้ การลดลงของค่าความเป็นกรดต่างระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้น ยังส่งผลต่อร้อยละปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเหลือง เนื่องจากเมื่อความเป็นกรดต่างในผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงถึงจุดไอโซอิเล็กทริก (Isoelectric Point Precipitation) หรือค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 4.5 จะเกิดการตกตะกอนของโปรตีน และอาจเกิดจากตกตะกอนอนุภาคของแข็งอื่นๆ เช่น แร่ธาตุ [19] ซึ่งมีผลโดยตรงต่อค่าร้อยละปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในผลิตภัณฑ์ลดลง นอกจากนี้ ยังส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื่องจาก วัตถุดิบหลักของผลิตภัณฑ์ คือ โปรตีนถั่วแดงเข้มข้นซึ่งจะมีลักษณะของสีเป็นสีชาวลำ เมื่อมีการตกตะกอนของโปรตีนเกิดขึ้นจึงส่งผลให้ค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

ในส่วนของการประเมินทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน แสดงใน Figure 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง โดยมีร้อยละการยอมรับคือ วันที่ 0 ยอมรับร้อยละ 80, เดือนที่ 1 ยอมรับร้อยละ 73, เดือนที่ 2 ยอมรับร้อยละ 60 และเดือนที่ 3 เหลือการยอมรับเพียงร้อยละ 53 ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้การเก็บรักษาในเดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ไม่สามารถทำการประเมินทางประสาทสัมผัสได้ เนื่องจากค่าความเป็นกรดต่างของผลิตภัณฑ์ มีการลดลงน้อยกว่า 4.3 ซึ่งไม่เป็นไปตามกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 เรื่องกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานหลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของ

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

อาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคของผลิตภัณฑ์พร้อม เชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์หรือกรรมวิธีอื่นที่
 บริโภคชนิดเหลวที่มี $\text{pH} \geq 4.3$ เฉพาะที่ผ่านกรรมวิธีฆ่า เทียบเท่า ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงไม่สามารถยอมรับได้

Table 3 Change of physicochemical properties of plant-based milk from red bean protein concentrate during storage.

Temperature for storage (°C)	Storage duration	Physical characteristics	Average $\pm$ Standard deviation				
			Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)	pH	Total solid (°Brix)
35	Day 0		47.66 $\pm$ 1.49 ^{ns}	9.79 $\pm$ 0.71 ^{ns}	14.41 $\pm$ 0.39 ^b	5.75 $\pm$ 0.05 ^a	8.31 $\pm$ 0.12 ^a
	1 st Month		47.83 $\pm$ 1.52 ^{ns}	9.87 $\pm$ 0.79 ^{ns}	14.97 $\pm$ 0.58 ^b	5.45 $\pm$ 0.14 ^b	8.08 $\pm$ 0.33 ^{ab}
	2 nd Month		48.01 $\pm$ 0.75 ^{ns}	10.07 $\pm$ 0.51 ^{ns}	15.55 $\pm$ 0.76 ^a	5.10 $\pm$ 0.72 ^c	7.26 $\pm$ 0.15 ^b
	3 rd Month		48.76 $\pm$ 0.29 ^{ns}	9.59 $\pm$ 0.22 ^{ns}	16.38 $\pm$ 0.17 ^a	4.91 $\pm$ 0.01 ^d	6.66 $\pm$ 0.13 ^c
45	Day 0		46.96 $\pm$ 0.31 ^c	9.64 $\pm$ 0.54 ^{ns}	14.63 $\pm$ 0.31 ^c	5.80 $\pm$ 0.15 ^a	8.45 $\pm$ 0.33 ^a
	1 st Month		48.72 $\pm$ 0.48 ^b	9.94 $\pm$ 0.33 ^{ns}	16.06 $\pm$ 0.38 ^b	5.22 $\pm$ 0.16 ^b	7.81 $\pm$ 0.44 ^b
	2 nd Month		49.55 $\pm$ 0.20 ^a	9.97 $\pm$ 0.05 ^{ns}	17.70 $\pm$ 0.24 ^a	4.29 $\pm$ 0.11 ^c	6.56 $\pm$ 0.15 ^c
	3 rd Month		49.67 $\pm$ 0.47 ^a	9.92 $\pm$ 0.20 ^{ns}	17.92 $\pm$ 0.16 ^a	4.16 $\pm$ 0.01 ^d	6.23 $\pm$ 0.08 ^d

Remark: ^{a-d} Different characters within same column for each storage temperature indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

^{ns} Not significantly different within the same column for each storage temperature ($p > 0.05$)

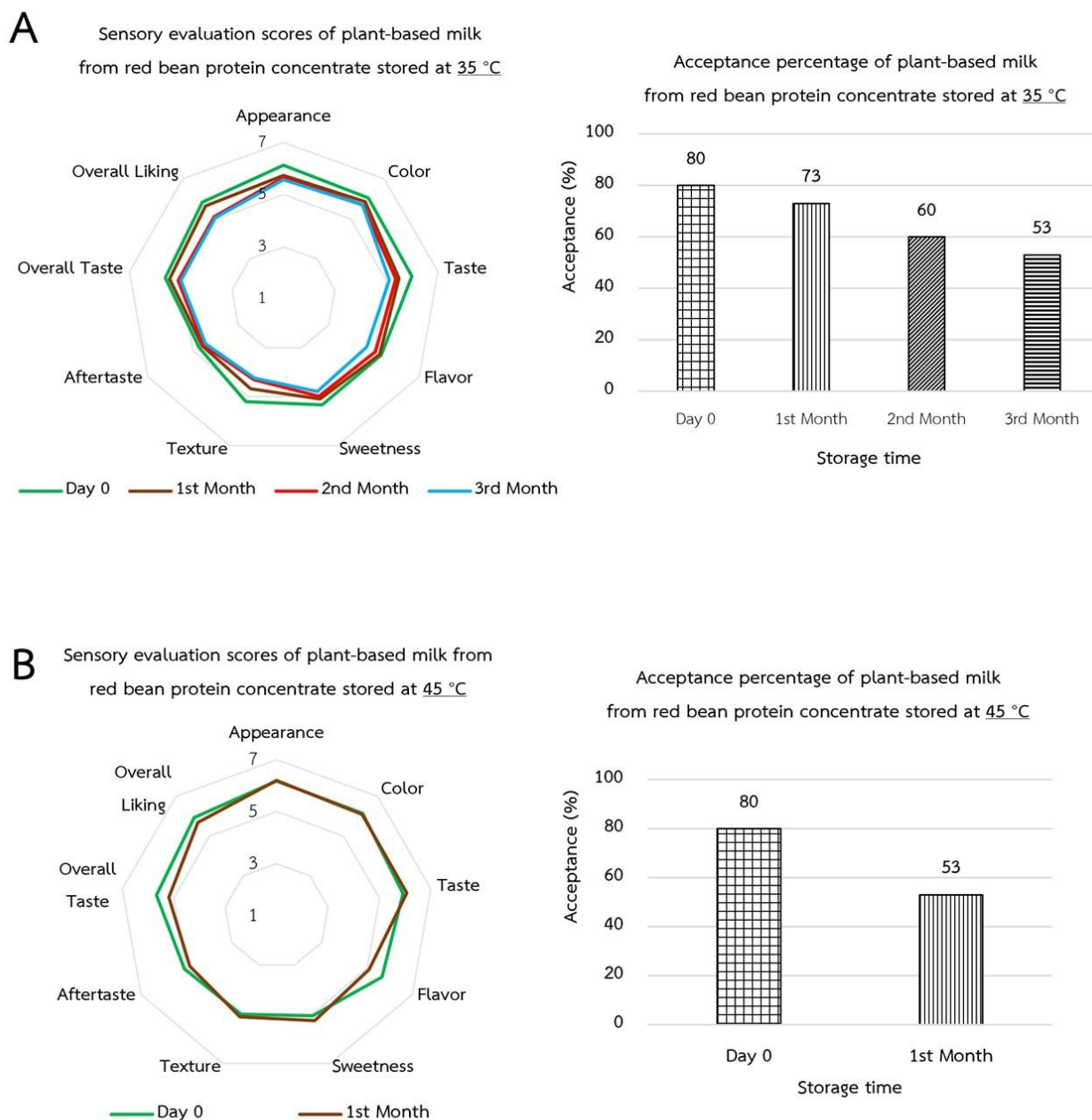


Figure 3 Sensory evaluation scores and acceptance rate of high protein plant-based milk from red bean protein concentrate stored at A) 35 °C and B) 45 °C.

ในส่วนของการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลา 3 เดือน ดังแสดงใน Table 4 พบว่าผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดง

เข้มข้น มีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 ว่าด้วยเรื่องการกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไขและวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้าน

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคชนิดเหลวที่มี pH ≥ 4.3 เฉพาะที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์หรือกรรมวิธีอื่นที่เทียบเท่า กล่าวคือ ตัวอย่างนมพืชโปรตีนสูงไม่พบ *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* และ *Listeria monocytogenes* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการสเตอริไลเซชัน (sterilization) ที่อุณหภูมิ 121.0 ± 1.0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ในหม้ออัดความดันไอน้ำแรงสูงซึ่งการให้ความร้อนด้วยวิธีดังกล่าวจะสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของอาหารเน่าเสีย จุลินทรีย์ที่ทนต่อความร้อน รวมทั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้ และทำให้ไม่สามารถเติบโตในสภาวะที่เก็บรักษาได้ [20] อย่างไรก็ตามการลดลงของค่าความเป็นกรดต่างในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ช่วงเดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 อาจเกิดจากปฏิกิริยาโปรตีโอไลซิส (proteolysis) ซึ่งสามารถทำให้เกิด

กรดอะมิโนอิสระ (free amino acids) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอะมิโนชนิดกรดแอสพาติก (aspartic acid) และกรดกลูตามิก (glutamic acid) ที่สามารถทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของผลิตภัณฑ์ลดต่ำลงได้ เนื่องจากเป็นกรดอะมิโนในกลุ่ม acidic amino acids ที่มีกรดคาร์บอกซิลิก (-COOH) มากกว่า 1 หมู่ในโครงสร้าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Meng and Ma (2002) ที่ศึกษาชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนถั่วแดง และพบว่าปริมาณกรดอะมิโนชนิดกรดแอสพาติก (aspartic acid) เท่ากับ 113 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และกรดกลูตามิก (glutamic acid) เท่ากับ 212 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งจัดเป็นกรดอะมิโนที่มีปริมาณสูงที่สุด 2 ลำดับแรกที่พบในโปรตีนถั่วแดง [21] นอกจากนี้ ยังมีรายงานการวิจัยของ Roland et al. (2024) ที่ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์นมจากโปรตีนพืชทางการค้า และพบว่าเกิดปฏิกิริยาโปรตีโอไลซิสซึ่งทำให้เกิดกรดอะมิโนอิสระเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น [22] ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองใน Table 3

Table 4 Microbial contamination during storage analysis.

Storage time (month)	Microbial type (CFU/g)				<i>Salmonella</i> spp. (per 25g)
	Total plate count	<i>Bacillus</i> <i>cereus</i>	<i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i>	<i>Clostridium</i> <i>perfringens</i>	
0	<10	<10	<10	<10	nd
1	<10	<10	<10	<10	nd
2	<10	<10	<10	<10	nd
3	<10	<10	<10	<10	nd

Remark: nd = Not detected.

ต่อมาทำการคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ จากการคำนวณอายุการเก็บรักษาตามงานวิจัย [9] ซึ่งเป็นการหาอายุการเก็บรักษาด้วยการใช้ค่า Q_{10} Factor นำข้อมูลคุณภาพทางเคมีในการศึกษา คือ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) มาทำการวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีสเตอริไลเซชันที่อุณหภูมิ 121.0 ± 1.0

องศาเซลเซียส 15 นาที และมีค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นอยู่ในช่วงประมาณ 5 ซึ่งเป็นไปตามกำหนดของผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคชนิดเหลวที่มี pH ≥ 4.3 เฉพาะที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์หรือกรรมวิธีอื่นที่เทียบเท่า ดังนั้นผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นที่ผ่านการเก็บรักษาที่มีค่าความเป็นกรดต่างที่น้อยกว่า 4.3 จะถือว่าผลิตภัณฑ์สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา จากผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

ต่างของผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะแบบเร่งเป็นระยะเวลา 3 เดือน ดังแสดงใน Table 3 พบว่าผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ในวันที่ 0 เดือนที่ 1, 2 และ 3 มีค่าความปั่นป่วนต่างมากกว่า 4.3 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ในเดือนที่ 2 พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความปั่นป่วนต่างน้อยกว่า 4.3 ซึ่งจะถือว่าผลิตภัณฑ์สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเมื่อสิ้นเดือนที่ 1 โดยปฏิริยาดังกล่าวจัดเป็นปฏิริยาลำดับศูนย์ ซึ่งเป็นปฏิริยาที่อัตราเร็วการเกิดไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์โปรตีนถั่วแดงเข้มข้นที่ผ่านการเก็บรักษาที่

อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส จะมีอายุการเก็บรักษาที่ 90 และ 30 วัน ตามลำดับ และเมื่อทำการคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้การศึกษาอันดับและอัตราเร็วของปฏิริยาการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส จากนั้นคำนวณหาอัตราการบ่มในสภาวะเร่ง (A) และอายุการเก็บรักษา (shelf life) ของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิการเก็บในสภาวะที่ต้องการ (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) โดยใช้สมการที่ 4, 5 และ 6 พบว่า ผลิตภัณฑ์นมพืชจากโปรตีนถั่วแดงเข้มข้นมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 269.4 วัน หรือประมาณ 8 เดือน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

$$\text{สูตร} \quad Q_{10} = \frac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } 35^{\circ}\text{C (วัน)}}{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } 45^{\circ}\text{C (วัน)}} \quad Q_{10} = \frac{90}{30} = 3 \quad (4)$$

$$\text{จาก} \quad Q_1 = Q_{10}^{0.1} = 3^{0.1} = 1.116$$

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 °C สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาได้

$$Q_1^{\Delta T} = Q_1^{45-25} = 1.116^{20} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } 25^{\circ}\text{C (วัน)} &= Q_1^{45-25} \times \text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } 45^{\circ}\text{C (วัน)} \\ &= 1.116^{20} \times 30 \\ &= 8.98 \times 30 \\ &= 269.4 \text{ วัน} \end{aligned} \quad (6)$$

สรุปผล

การศึกษาความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงจากถั่วแดงด้วยวิธีการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น พบว่าผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายในกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มผู้ทดสอบที่สนใจในการรับประทานผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืชและมีความสนใจในเรื่องของสุขภาพที่ดีจึงต้องการให้ผลิตภัณฑ์นมพืชมีโปรตีนสูง รสชาติอร่อย หวานแบบไม่มีน้ำตาล โซเดียมต่ำ และไขมันต่ำ จะส่งผลให้มีความพึงพอใจและรู้สึกดีเมื่อมีคุณลักษณะข้างต้นและต้องการความปลอดภัยในการบริโภคที่ไม่ก่อให้เกิดโรคอันตรายจะทำให้รู้สึกถึงความมีสุขภาพที่ดี นำไปสู่การผลิตผลิตภัณฑ์นมพืชโปรตีนสูงแบบสเตอริไรเซชันจากโปรตีน

ถั่วแดงเข้มข้นโดยใช้โปรตีนถั่วแดงเข้มข้น 5.71 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ศึกษาอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส นาน 3 เดือน โดยใช้ค่าความปั่นป่วนต่างที่น้อยกว่า 4.3 เป็นจุดสิ้นสุดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 90 และ 30 วัน ตามลำดับ และเมื่อทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นาน 269.4 วัน หรือ 8 เดือน

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจาก กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม และ สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรมแห่งชาติ โดยหน่วยบริหารและจัดการทุน ด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) ร่วมกับ บริษัท ไทยฟู้ด กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2565 เลขที่สัญญา C10F640373 และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ซึ่งสนับสนุนสถานที่และเครื่องมือ สำหรับการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Data bridge market research. (2023). Plant-based milk market. [Online] Available from <https://www.globenewswire.com/news-release/2023/03/27/2635196/0/en/Plant-Based-Milk-Market-to-Perceive-Highest-Growth-of-USD-50-066-21-Million-by-2030-Size-Share-Trends-Key-Drivers-Growth-Challenges-and-Opportunity-Forecast.html> [Accessed November 2, 2023].
- [2] Strategic market research. (2022). Global plant based milk market. [Online] Available from <https://www.strategicmarketresearch.com/market-report/plant-based-milk-market> [Accessed January 25, 2023].
- [3] Olson, J.C. (1989). Theoretical foundations of means-end chains. *Werbeforschung and Praxis Folge*. 5: 174–178.
- [4] Waruttama, S. (2015). Using the theory of psychological hierarchy to study and understand the values of recipients. Eyebrow tattoo service. Master's thesis. College of Management, Mahidol University. Bangkok, Thailand. (in Thai).
- [5] Ngampeerapong, N., Dhamvithee, P. and Chantrapornchai, W. (2012). Study of attitude of consumer on jam using laddering interview technique. The 50th Kasetsart University Annual Conference. KC5006033. 276-283. (in Thai).
- [6] Chaisawat, C. (2014). The factors and values affected to female consumer's purchase decision of organic skincare products by the means end chain theory. Master's Thesis, College of Management, Mahidol University. Bangkok, Thailand. (in Thai).
- [7] Ares, G., Giménez, A., and Gámbaro, A. (2008). Understanding consumers' perception of conventional and functional yogurts using word association and hard laddering. *Food Quality and Preference*. 19(7): 636-643.
- [8] Ahmed, J., Al-Ruwaih, N., Mulla, M., and Rahman, M.H. (2018). Effect of high pressure treatment on functional, rheological and structural properties of kidney bean protein isolate. *LWT -Food Science and Technology*. 91: 191-197.
- [9] Aydar, E.F., Tutuncu, S., and Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*. 70: 103975.
- [10] Aydar, E.F., Mertdinç, Z., Demircan, E., Çetinkaya, S.K., and Özçelik, B. (2023). Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) milk substitute as a novel plant-based drink: fatty acid profile, antioxidant activity, in-

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

- vitro phenolic bio-accessibility and sensory characteristics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 83: 103254.
- [11] Reynolds, T.J. and Gutman, J. (1988). Laddering theory, method, analysis, and interpretation. *Journal of advertising research*. 28(1): 11-31. <https://psycnet.apa.org/record/2001-01229-001>.
- [12] AOAC. (1990). Official methods of analysis of AOAC. (15th ed). The Association of official Analytical Chemists, Arlington.
- [13] Thanakit, T., Pilai, R., and Dusadee, B. (2018). Evaluation of product shelf-life mulberry leaf tea mixed with mulberry fruit using the accelerated method. *Agricultural Journal*. 34(1): 157-166. (in Thai).
- [14] Haas, R., Schnepps, A., Pichler, A., and Meixner, O. (2019). Cow milk versus plant-based milk substitutes: a comparison of product image and motivational structure of consumption. *Sustainability*. 11(18): 5046. doi: 10.3390/su11185046.
- [15] Short, E.C., Kinchla, A.J., and Nolden, A.A. (2021). Plant-based cheeses: a systematic review of sensory evaluation studies and strategies to increase consumer acceptance. *Foods*. 10(4): 725. doi: 10.3390/foods10040725.
- [16] Moss, R., Barker, S., Falkeisen, A., Gorman, M., Knowles, S., and McSweeney, M.B. (2022). An investigation into consumer perception and attitudes towards plant-based alternatives to milk. *Food Research International*. 159(1): 111648.
- [17] Narayanan, K.A., Kumar, A., and Patil, G.R. (1993). Kinetics of various deteriorative changes during storage of UHT soy beverage and development of a shelf-life prediction model. *LWT- Food Science and Technology*. 26(3): 191-197. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111648.
- [18] Achouri, A., Boye, J.I., and Zamani, Y. (2007). Changes in soymilk quality as a function of composition and storage. *Journal of Food Quality*. 30(5): 731-744.
- [19] Khodke, S.U., Shinde, K.S., and Yenge, G.B. (2014). A study on the storage of sterilized soymilk. *International Journal of Farm Sciences*. 4(4): 166-179.
- [20] Wattanasin, S. (2006). *Food microbiology*. (2nd ed). Thammasat University Printing House, Thailand. (in Thai).
- [21] Meng, G. and Ma, C.-Y. (2002). Characterization of globulin from *Phaseolus angularis* (red bean). *International Journal of Food Science & Technology*. 37: 687-695. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00601.x>.
- [22] Roland, I.S., Le, T.T., Chen, T., Aguilera-Toro, M., Nielsen, S.D., Larsen, L.B., and Poulsen, N.A. (2024). Storage stability of plant-based drinks related to proteolysis and generation of free amino acids. *Foods*. 13(3): 367. doi:10.3390/foods13030367.

*Corresponding author e-mail: waraporn_s@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120¹Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120