การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท
Development of Fermented Grains Milk Fortified with Rice Protein Hydrolysate

ฐานวีร์ ลอยแก้ว[1*] ยุพกนิษฐ์ พ่วงวีระกุล[1] สุวิมล สร้อยทองสุข[2] วราพร ลักษณะลม้าย[1] และชิตสุดา ชัยศักดานุกูล[1]
Thanawee Loikaeo[1*], Yupakanit Puangwerakul[1], Suvimol Soithongsuk[2], Varaporn Laksanalamai[1] and Chitsuda Chaisakdanugull[1]

[1]คณะเทคโนโลยีอาหาร วิทยาลัยนวัตกรรมเกษตร และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี 12000 ประเทศไทย
[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมเพื่อผู้ประกอบการ มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี 12000 ประเทศไทย
[1]Faculty of Food Technology, College of Agricultural Innovation and Food Technology, Rangsit University, Pathum Thani 12000, Thailand
[2]Innovative Research and Incubation of Entrepreneur Center, Rangsit University, Pathum Thani 12000, Thailand
*Corresponding author, e-mail: narumon.l@rsu.ac.th
(Received: Dec 17, 2024; Revised: Mar 24, 2025; Accepted: Apr 8, 2025)

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันกระแสการนิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ การบริโภคมังสวิรัติเป็นอาหารทางเลือกใหม่ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากหลายปัจจัย ทั้งเรื่องความยั่งยืน การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาการแพ้ในการบริโภคอาหาร การลดอาการแพ้อาหารที่เกี่ยวข้องกับนมและผลิตภัณฑ์จากสัตว์เป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจจากทั่วโลก ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักจึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่น่าสนใจ โดยงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมปริมาณโปรตีนข้าวที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค พร้อมทั้งศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักที่ผลิตได้ จากการศึกษาพบว่า การใช้นมข้าวมอลต์ (ข้าวท่อนจากข้าวมอลต์ปทุมธานี 1) ผสมกับนมธัญพืชผสม (นมถั่วหรั่ง และนมข้าวโพด ในอัตราส่วน 1:2) ที่อัตราส่วน 50:50 เติมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่ร้อยละ 2.5 และปรับปรุงคุณภาพของเนื้อสัมผัสโดยการใช้เจลแลนกัมที่ร้อยละ 3.5 ภายหลังกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก 1.86 x 10^7 CFU/g และเมื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภคกลุ่มวีแกน และผู้บริโภคทั่วไป พบว่าให้การยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ที่ร้อยละ 98 โดยทุกคุณลักษณะให้ความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ ความชอบโดยรวมเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนมพืชในท้องตลาดนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรของผลิตภัณฑ์ทางการค้า($P<0.05$) ซึ่งอาจนำไปปรับปรุงคุณลักษณะนี้ได้ต่อไปในอนาคต งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นศักยภาพของการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากพืชตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการและความยั่งยืน

คำสำคัญ : ธัญพืชหมัก โยเกิร์ตจากพืช โปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท ข้าวมอลต์

Abstract

The trend towards health-conscious and plant-based foods has sparked growing interest in alternative dairy products, particularly those addressing food allergies and sustainability concerns. This study aimed to develop a fermented grain milk product fortified with rice protein hydrolysate, offering a novel alternative for consumers. The study found that mixing malted rice milk (broken rice grain from Pathum Thani 1 malted rice) with a mixed plant-based milk (Bambara groundnut milk and corn milk in a 1:2 ratio) at a 50:50 ratio. The product was enhanced by adding 2.5% rice protein hydrolysate and improving texture with 3.5% Gellan gum. The resulting fermented grain milk product achieved a lactic acid bacteria count of 1.86 x 10^7 CFU/g. Sensory evaluation conducted with vegan and general consumer groups revealed a high product acceptance rate of 98%. Sensory characteristics including color, flavor, taste, and overall preference were rated at a moderate likeness level. When compared to commercial plant-based yogurt products, there

were no significant differences in most sensory attributes (P<0.05), except for texture, which showed a statistically significant difference in likeness acceptance scores (P>0.05). The study demonstrates the potential of developing innovative, plant-based fermented milk alternatives that meet diverse consumer preferences while considering nutritional and sustainability aspects.

Keywords: Fermented grains milk, Plant-based yogurt, Rice protein hydrolysate, Malted rice

บทนำ

ในปัจจุบันกระแสการนิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการบริโภคเจและการบริโภคมังสวิรัติเป็นแนวทางใหม่ที่ได้รับความนิยม การลดการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารจากสัตว์ เนื่องจากปัญหาด้านสุขภาพ ความยั่งยืน และจริยธรรม (McClements, 2020) อีกทั้งในเรื่องของความมั่นคงด้านอาหารทั่วโลก เนื่องจากผลกระทบที่เพิ่มขึ้นของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมต่อการผลิตอาหาร ความต้องการอาหารที่มาจากพืชจึงเพิ่มมากยิ่งขึ้น (Puangwerakul *et al*., 2023) นมและผลิตภัณฑ์จากนมเป็นอาหารประเภทหนึ่งที่มีส่วนประกอบสำคัญต่อโภชนาการของมนุษย์มาเป็นเวลานาน แต่ในปัจจุบันจำนวนผู้ที่ประสบปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับภาวะแพ้แลคโตส การดูดซึมผิดปกติ และแพ้โปรตีนจากนมมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น จากรายงานของ Innova Market Insights (2018) พบว่า ความต้องการผลิตภัณฑ์จากพืชของผู้บริโภคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 62 ทั่วโลก ในช่วงห้าปีก่อนหน้า (2013-2017) โดยตลาดผลิตภัณฑ์นมทางเลือกได้รับประโยชน์จากแนวโน้มนี้ โดยเฉพาะเครื่องดื่มนมและผลิตภัณฑ์นมหมัก เช่น โยเกิร์ต ของหวานแช่แข็ง และไอศกรีม มีอัตราการเติบโตของสินค้าโยเกิร์ตที่สูงมาก ได้รับผลกำไรเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 12 ต่อปี แต่ถึงอย่างนั้นในกลุ่มโยเกิร์ตจากพืชก็มีการเติบโตที่ไวกว่า ได้รับผลกำไรเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 42 ต่อปี

การผลิตโยเกิร์ตปกติธรรมดาทำขึ้นโดยการหมักน้ำนมด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria: LAB) ที่เหมาะสมจนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำกว่า 4.5 กระบวนการหมักนี้ทำให้โปรตีนเสียสภาพและกลายเป็นนมเปรี้ยวที่มีรสเปรี้ยว อย่างไรก็ตามการผลิตโยเกิร์ตโดยทั่วไปจะใช้น้ำนมโคเป็นวัตถุดิบ แต่ก็สามารถใช้น้ำนมจากสัตว์ชนิดอื่นหรือผลิตภัณฑ์จากพืช เช่น น้ำนมถั่วเหลือง หรือกะทิมาแทนน้ำนมโคได้ เมื่อพิจารณาถึงวัตถุดิบจากพืช สารอาหารในวัตถุดิบเหล่านั้นจะแตกต่างจากนมวัว ดังนั้นการคัดเลือกจุลินทรีย์เริ่มต้นอย่างเหมาะสมจึงมีความสำคัญ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืชคุณภาพสูง นอกจากนี้ ควรควบคุมชนิด และปริมาณของโปรตีน รวมถึงไขมันจากพืชเพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสที่เหมาะสม ลักษณะของเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตที่ผลิตจากการใช้นมจากพืชจะแตกต่างจากโยเกิร์ตทางการค้าซึ่งเกิดจากความเข้มข้นของโปรตีนที่ต่ำกว่าและคุณสมบัติการเกิดเจลที่แตกต่างกันของโปรตีน เมื่อเทียบกับเคซีนในน้ำนม ซึ่งต้องใช้สารก่อเจลหรือไฮโดรคอลลอยด์เพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส (Gupta *et al*., 2022)

ถั่วหรั่ง (*Voandzeia subteranen;* Bambara groundnuts) อุดมไปด้วยสารอาหารและมีศักยภาพในการปรับปรุงโภชนาการของมนุษย์ โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบท ถั่วหรั่งมีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็น อาทิเช่น ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมไทโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน และวาลีน โดยเฉพาะ ทรีโอนีน ฟีนิลอะลานีน ไลซีน และลิวซีน ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของ FAO/WHO และยังมีวิตามิน และแร่ธาตุ ทำให้เป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่า สามารถใช้ทดแทนนมสัตว์ได้เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและสามารถหมักได้โดยใช้เชื้อเริ่มต้น (Jideani & Jideani, 2021; Adewumi *et al*., 2022) ข้าวโพดเป็นธัญพืชชนิดหนึ่งที่สามารถรับประทานได้ทั้งเมล็ดหรือบดเป็นแป้งข้าวโพด ข้าวโพดมีรสหวานและมีกลิ่นที่ดี จึงอาจนำไปใส่ในสูตรอาหารต่าง ๆ เพื่อเพิ่มรสชาติและกลิ่นหอมน่ารับประทาน อีกทั้งยังมีไทอามีนและวิตามินและแร่ธาตุอื่น ๆ อีกด้วย

ข้าวมอลต์ (Malt) หรือที่เรียกอีกอย่างว่า Kome-Koji ในญี่ปุ่น และ Nuruk ในเกาหลี ทำได้โดยการเพาะงอกเมล็ดข้าว ข้าวมอลต์มีรสชาติเฉพาะตัว มีกลิ่นถั่วเล็กน้อย และหวานกว่า รสชาติที่เป็นเอกลักษณ์นี้มาจากกระบวนการมอลต์ ข้าวมอลต์ใช้ในการผลิตเบียร์และกลั่นเพื่อผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ น้ำตาลที่หมักได้มีส่วนช่วยในการหมัก ข้าวมอลต์ยังใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูบางประเภทและในการปรุงอาหารด้วย ปริมาณโปรตีนในข้าวมอลต์อาจแตกต่างกันไป แต่โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่างร้อยละ 7 - 10.5 (Guimaraes *et al*., 2024).

รำข้าว (Rice bran) ที่ถูกสกัดน้ำมันออกมักถูกนำไปใช้ไม่เต็มที่ แม้ว่าจะมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 12 -15 (Dabade *et al*., 2018) โปรตีนไฮโดรไลเสทจากรำข้าว มีคุณสมบัติพิเศษหลากหลายประการ เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ ทำให้เป็นโปรตีนธัญพืชคุณภาพดี มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วนตามมาตรฐาน FAO/WHO/UNU สำหรับผู้ใหญ่และเด็ก (ยกเว้น

เมไทโอนีน) อุดมไปด้วยวิตามินบี 1 บี 3 บี 5 และ บี 6 ในปริมาณสูง มีกรดอะมิโนกลูตามิก และฟีนิลอะลานีนในปริมาณสูง อีกทั้งคุณสมบัติเชิงหน้าที่ ทางด้านสามารถในการละลายสูง (ร้อยละ 92-98) คุณสมบัติในการเกิดอิมัลชัน (Emulsion activity) และความสามารถในการเกิดโฟม (Foaming ability) ที่อาจนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้หลากหลาย (Puangwerakul & Soitongsuk, 2019)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท สำหรับเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค พร้อมทั้งศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ ได้แก่ คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ การทดสอบสารปนเปื้อนในอาหาร สารก่อภูมิแพ้ในอาหาร และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีประโยชน์ทางโภชนาการ โดยทำการศึกษาปริมาณโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่เหมาะสมต่อการผลิต ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองนี้ได้แก่ ข้าวมอลต์ตกเกรด (เป็นส่วนของข้าวหักซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตข้าวมอลต์) ถั่วหรั่ง ข้าวโพด และโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่ได้จากการสกัดจากกากรำข้าว (จากงานวิจัยก่อนหน้า) จากการเตรียมโดยวิธีของ Puangwerakul & Soitongsuk (2019) ซึ่งมีคุณสมบัติการละลายดี (ร้อยละ 98) วัตถุดิบที่ใช้หลักนี้เป็นวัตถุดิบท้องถิ่นในไทย ส่งเสริมให้เกษตรกรและชุมชนมีรายได้ อีกทั้งยังช่วยลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ยังตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เป็นมังสวิรัติและผู้บริโภคที่แพ้โปรตีนจากนมอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาผลของการเติมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทต่อผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมัก โดยวัตถุดิบหลักประกอบไปด้วย ข้าวท่อน (จากข้าวมอลต์ปทุมธานี 1: ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตข้าวมอลต์) โปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท (จากโรงสีข้าวทิพย์อรุณ อำเภอหนองสาหร่าย จังหวัดกาญจนบุรี) ถั่วหรั่ง (จากภาคใต้ จังหวัดนครศรีธรรมราช และข้าวโพดหวาน (จากจังหวัดสระบุรี) และหัวเชื้อจุลินทรีย์ผง (Freezed dried: Lyofast SYAB 1; SACCO company) ประกอบด้วยเป็นเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus thermophiles, Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis*

เตรียมน้ำนมข้าวข้าวมอลต์ปทุมธานี 1 โดยนำข้าวท่อน แช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำข้าวมานึ่งนาน 40 นาที แล้วพักไว้ให้เย็นจึงนำข้าวมาปั่นด้วยอัตราส่วนของข้าว 20 กรัมต่อน้ำ 80

เตรียมน้ำนมเมล็ดถั่วหรั่ง แช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียดแล้วเติมน้ำในอัตราส่วนต่อน้ำ เท่ากับ 1:3.5 คั้นผสมให้เข้ากันดี จากนั้นนำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง ต้มให้ความร้อน 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้ไฟปานกลาง

เตรียมน้ำนมข้าวโพด ทำได้โดยนำเมล็ดข้าวโพดดิบมาปั่นให้ละเอียด เติมน้ำในอัตราส่วนข้าวโพดต่อน้ำ เท่ากับ 1:1.5 คั้นผสมให้เข้ากันดี จากนั้นนำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง ต้มให้ความร้อน 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้ไฟปานกลาง

เตรียมนมผสม (ถั่วหรั่ง:ข้าวโพด) ทำได้โดยการนำน้ำนมถั่วหรั่ง และน้ำนมข้าวโพดที่เตรียมได้ในขั้นตอนก่อนหน้าผสมกันในอัตราส่วน 1:2

ขั้นตอนการการศึกษาผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท ที่ระดับต่าง ๆ

1) ขั้นตอนการผลิต ผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท หลังจากนั้นจึงนำน้ำนมจากข้าวมอลต์ และนมผสมระหว่างนมถั่วหรั่งและข้าวโพดมาผสมกัน ในอัตราส่วน 1:1 และปรับค่าความหวานด้วยน้ำตาลให้ได้ค่าความหวาน 8 องศาบริกซ์ (^{O}Brix) จากนั้นจึงเติมโปรตีนไฮโดรไลเสทจากข้าวร้อยละ 2.0 2.5 3.0 และ 3.5 โดยน้ำหนัก ทำการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรส์อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และลดอุณหภูมิลงมา 43 องศาเซลเซียส จึงเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สำหรับหมักโปรตีนจากพืช (Non-dairy cultures for plant base) และบ่มเป็นระยะเวลา 17 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมสำหรับการทดสอบคุณภาพ และการประเมินทางประสาทสัมผัสในขั้นถัดไป

2) การทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกปริมาณโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมัก โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point hedonic scale ทางด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

3) นำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มาทดสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

การวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter (OHAUS model Starter 300, U.S.A). การหาค่าความเป็นกรดแลคติกด้วยวิธีการไทเทรต ตามวิธี Oladipo *et al.* (2014) และคำนวณดังนี้

$$\text{Titratable acidity} = \frac{Vol.NaOH\ used\ (ml) \times 0.1N\ NaOH \times milliequivalent\ factor\ of\ lactic\ acid \times 100}{mass\ of\ sample\ (g)}$$

หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid ;TSS) ด้วยเครื่อง Hand refractometer (Atago Brix 0-32, Japan) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน The standard method of AOAC (2016) วัดค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield DV-E Viscometer หัว No 3 at 3 rpm (LV 4) ที่อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส และการวัดค่าสีในผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Minolta CR-400, Tokyo ในระบบ L^*, a^* และ b^*

2. ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท โดยศึกษาปริมาณเจลแลนกัม (ชนิด Low acyl gellan gum) ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์สามารถช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น โดยการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่มีจำหน่ายในท้องตลาดด้วยการวัดด้วยเครื่อง Brookfield เพื่อดูลักษณะและค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ถึง 0.35 จากนั้นเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Brookfield เพื่อดูลักษณะและค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์เทียบเคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่เป็นตัวผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืช และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนม

3. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า โดยศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า ที่เป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืช และโยเกิร์ตนม โดยศึกษาค่าของ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ pH การแยกชั้นของของเหลว (Syneresis, %) ตามวิธีของ Cheng *et al.* (2017) ค่าความเป็นกรด ปริมาณโปรตีน และเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (Stable Micro System; TA.XT plus) โดยการวัดความแน่นเนื้อ (Firmness) ความคงตัว (Consistency) สมบัติการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) และการยึดเหนี่ยวระหว่างกัน (Work of Cohesion)

4. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท โดยศึกษาเทียบกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืชทางการค้า ใช้ผู้ทดสอบกลุ่มวีแกนและผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 102 คน ในร้านอาหารวีแกน ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ทางด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

5. การทดสอบสารปนเปื้อนในอาหาร สารก่อภูมิแพ้ในอาหาร และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท โดยบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ ทำการทดลอง 3 ครั้ง ค่าข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้ซอฟต์แวร์สถิติ (SPSS 11 for window, SPSS Inc., USA) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และสำหรับการเปรียบเทียบระหว่างสองกลุ่มตัวอย่าง ใช้การทดสอบที (Independent-samples t-test) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ศึกษาผลของการเติมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทต่อผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมัก

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ โดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9–point hedonic scale (ตารางที่ 1) พบว่า ปริมาณโปรตีนข้าวที่ร้อยละ 2.0 2.5 และ 3.0 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม ผู้บริโภคมีคะแนนความชอบเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง) ในขณะที่คะแนนทางด้านสีที่ระดับการเสริมโปรตีนข้าวทุกระดับผู้ทดสอบให้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 1 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท ที่ระดับต่าง ๆ

Formula (%)	Color ns	Odor	Taste	Texture	Overall Acceptability
2.0	7.05 ± 1.62	5.14^{a} ± 2.64	4.50^{a} ± 2.24	4.73^{ab} ± 2.23	5.50^{a} ± 2.30
2.5	6.64 ± 1.71	5.23^{a} ± 2.31	5.14^{a} ± 2.40	5.59^{a} ± 2.15	6.14^{a} ± 2.17
3.0	7.00 ± 1.90	5.36^{a} ± 2.26	5.32^{a} ± 2.23	4.86^{ab} ± 2.40	5.18^{a} ± 2.22
3.5	6.50 ± 1.77	3.05^{b} ± 1.79	2.82^{b} ± 1.68	3.95^{b} ± 2.15	3.00^{b} ± 1.75

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
a, b ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบทางด้านกายภาพและเคมี (ตารางที่ 2 และ 3) พบว่า ที่ระดับการเติมปริมาณโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid,°Brix) และค่า pH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยการเติมโปรตีนไฮโดรไลเสทจากข้าวร้อยละ 2 2.5 และ 3 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเติมร้อยละ 3.5 โดยน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าสี (L, a* และ b*) มีการเปลี่ยนแปลงหากมีการเติมปริมาณโปรตีนที่เพิ่มมากขึ้น โดยค่าความสว่าง ค่าสีเขียวและเหลืองเพิ่มขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ค่าความเป็นกรดแลคติกด้วยวิธีการไทเทรต และปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ระดับการเติมปริมาณโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่ระดับต่าง ๆ

Formula (%)	Total soluble solid (°Brix)	pH	Color		
			L*	a*	b*
2.0	9.77^{b} ± 0.06	3.87^{b} ± 0.02	67.53^{b} ± 0.15	-2.43^{b} ± 0.12	22.37^{b} ± 0.31
2.5	9.90^{b} ± 0.10	3.99^{a} ± 0.00	67.57^{b} ± 0.31	-2.03^{a} ± 0.25	22.80^{b} ± 0.36
3.0	9.87^{b} ± 0.06	4.00^{a} ± 0.01	68.40^{a} ± 0.26	-1.93^{a} ± 0.06	23.63^{a} ± 0.29
3.5	10.07^{a} ± 0.06	4.00^{a} ± 0.01	68.80^{a} ± 0.40	-1.83^{a} ± 0.06	23.87^{a} ± 0.25

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
a, b ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าสี L* คือ ค่าความสว่าง ; a* คือสีแดง/ สีเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว) ; b* คือ ค่าสีเหลือง / สีน้ำเงิน (+ = สีเหลือง - = สีน้ำเงิน)

ตารางที่ 3 คุณลักษณะทางเคมีของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่ระดับต่าง ๆ

Formula (%)	Titratable acidity (%)	Protein content (%)
2.0	0.25^{d} ± 0.01	2.47^{d} ± 0.01
2.5	0.36^{c} ± 0.01	2.71^{c} ± 0.13
3.0	0.38^{b} ± 0.01	3.40^{b} ± 0.10
3.5	0.41^{a} ± 0.02	3.89^{a} ± 0.07

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
a, b, c,... ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท

จากการทดลอง (ตารางที่ 4) หาค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เติมสารก่อเจล หรือปริมาณเจลแลนกัมที่ร้อยละ 0.25-0.45 เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่เป็นโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง โยเกิร์ตจากนมอัลมอนด์ โยเกิร์ตจากนมอัลมอนด์รสสตอเบอร์รี่ และโยเกิร์ตจากนมวัว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณเจลแลนกัมที่ร้อยละ 0.45 ให้ค่าความหนืดสูงที่สุด

ตารางที่ 4 ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เติมสารก่อเจลที่ระดับต่าง ๆ เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

Product	Viscosity (cP)
ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท + 0.25% เจลแลนกัม	5,666.67^{c} ± 305.51
ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท + 0.35% เจลแลนกัม	17,000.00^{b} ± 1,414.21
ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท + 0.45% เจลแลนกัม	23,800.00^{a} ± 1,587.45
โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า)	6,200.00^{c} ± 721.11
โยเกิร์ตจากนมอัลมอนด์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า)	15,666.67^{b} ± 577.35
โยเกิร์ตจากนมอัลมอนด์ รสสตอเบอร์รี่ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า)	17,333.33^{b} ± 2,886.75
โยเกิร์ตจากนมวัว (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า)	16,666.67^{b} ± 1,527.53

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
a, b, c ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

นำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มาศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมี เทียบเคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่เป็นตัวอย่างตัวแทนโยเกิร์ตจากธัญพืชในท้องตลาด คือ โยเกิร์ตจากอัลมอนด์ และโยเกิร์ตจากนมโค (ตารางที่ 5) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid,°Brix) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยโยเกิร์ตจากนมโคเท่ากับ 15.23 °Brix รองลงมาผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท และโยเกิร์ตจากอัลมอนด์ มีค่าเท่ากับ 10.67 และ 9.67 °Brix ตามลำดับ ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 3.84- 4.11 โดยโยเกิร์ตจากนมโคมีความเป็นกรดสูงที่สุดเช่นเดียวกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ตารางที่ 5 คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

Physical-Chemical Characteristic	Product		
	Fermented Grains Milk Fortified with Rice Protein	Plant Based yogurt (Commercial)	Dairy yogurt (Commercial)
Total soluble solid (°Brix)	10.67^{b} ± 0.58	9.67^{c} ± 0.58	15.23^{a} ± 0.25
pH	3.87^{b} ± 0.06	4.11^{a} ± 0.01	3.84^{b} ± 0.01
Syneresis (%)	22.47^{a} ± 1.10	16.48^{b} ± 0.81	7.77^{c} ± 0.63
Viscosity (cP) ^{ns}	17,000.00 ± 1,414.21	17,333.33 ± 1,527.53	15,333.33 ± 577.35
Titratable acidity (%)	0.4446^{b} ± 0.01	0.4042^{b} ± 0.01	0.7532^{a} ± 0.04
Protein (%)	3.58^{b} ± 0.03	2.75^{c} ± 0.11	3.89^{a} ± 0.09

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
a, b, c ในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของของเหลวผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (Syneresis, %) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของของเหลวที่มากที่สุด คือ ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท โยเกิร์ตจากอัลมอนด์ และโยเกิร์ตจากนมโค ตามลำดับ มีค่าแตกต่างกันเชิงสถิติ ($P < 0.05$) โดยค่าเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวมีค่าใกล้เคียงกับค่าเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของโยเกิร์ตจากอัลมอนด์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) มากที่สุด (ตารางที่ 5) ในขณะที่ความหนืดของธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท โยเกิร์ตจากอัลมอนด์ และโยเกิร์ตจากนมโคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่าความหนืดของโยเกิร์ตจากอัลมอนด์สูงที่สุด เปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของของเหลวต่ำ ค่าความเป็นกรดแลคติกด้วยวิธีการไทเทรต (Titratable acidity) พบว่า โยเกิร์ตจากนมโค (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) มีปริมาณกรดแลคติกสูงที่สุด แตกต่างกับโยเกิร์ตที่ทำมาจากพืช คือ ผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท และโยเกิร์ตจากอัลมอนด์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท โยเกิร์ตจาก

อัลมอนด์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) และโยเกิร์ตจากนมโค (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งปริมาณโปรตีนในโยเกิร์ตจากนมโคมีปริมาณสูงที่สุดร้อยละ 3.89 รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท ร้อยละ 3.58 และโยเกิร์ตจากอัลมอนด์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) ร้อยละ 2.75 ตามลำดับ

จากการทดสอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยเครื่อง Texture analyzer โดยลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท โยเกิร์ตจากอัลมอนด์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) และโยเกิร์ตจากนมโค (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) ดังตารางที่ 6 พบว่า ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ความคงตัว (Consistency) สมบัติการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) และการยึดเหนี่ยวระหว่างกัน (Work of Cohesion) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 6 ลักษณะเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท และผลิตภัณฑ์ทางการค้า

TPA	Product		
	Fermented Grains Milk Fortified with Rice Protein	Plant Based yogurt (Commercial)	Dairy yogurt (Commercial)
Firmness (N)	$0.65^{b} \pm 0.00$	$0.77^{a} \pm 0.05$	$0.41^{c} \pm 0.01$
Consistency (N.sec)	$17.07^{b} \pm 0.28$	$19.14^{a} \pm 0.55$	$10.21^{c} \pm 0.20$
Cohesiveness (N)	$0.52^{b} \pm 0.01$	$0.80^{a} \pm 0.06$	$0.29^{c} \pm 0.01$
Work of Cohesion (N.sec)	$1.64^{b} \pm 0.01$	$2.32^{a} \pm 0.12$	$1.03^{c} \pm 0.03$

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
a, b, c ในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท

ในการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท ได้ให้ผู้ทดสอบชิมเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่เป็นโยเกิร์ตจากนมอัลมอนด์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดนี้เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับนมที่มาจากสัตว์ และใช้เป็นตัวเปรียบเทียบในขั้นตอนของการปรับเนื้อสัมผัส ซึ่งพบว่า จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคหลังจากทดสอบผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ในทุก ๆ คุณลักษณะผู้บริโภคให้ความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง โดยไม่ว่าจะเป็น สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสที่มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ในส่วนของการยอมรับของผู้บริโภคภายหลังจากการทดสอบผลิตภัณฑ์พบว่า มีการยอมรับอยู่ในระดับยอมรับคิดเป็นร้อยละ 98 (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ (n = 102)

Various Sensory Profiles	Fermented Grains Milk Fortified with Rice Protein	Plant Based yogurt (Commercial)
Color ^{ns}	7.11 ± 1.12	7.23 ± 1.06
Odor ^{ns}	7.25 ± 1.24	6.88 ± 1.06
Taste ^{ns}	7.22 ± 1.19	6.85 ± 1.58
Texture *	7.02 ± 0.97	7.53 ± 1.63
Overall Acceptability ^{ns}	7.20 ± 1.02	7.11 ± 1.42
Acceptability	**98 %**	

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
* หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. การทดสอบสารปนเปื้อนในอาหาร สารก่อภูมิแพ้ในอาหาร และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเป็นการวิเคราะห์เพื่อบ่งชี้ถึงปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ โดยจุลินทรีย์ดังกล่าวเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นหัวเชื้อในการหมักโยเกิร์ต ถ้าแบคทีเรียกรดแลคติกหลงเหลือหลังจากผ่านกระบวนการหมักในปริมาณมาก ก็จะมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากตามไปด้วย โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก 1.86 x 10^7 CFU/g ซึ่งปริมาณค่อนข้างใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์นมหมักที่มาจากพืชในท้องตลาด และปริมาณยีสต์และรา (Yeast and mold count) น้อยกว่า 10 CFU/g เมื่อวิเคราะห์เรื่องการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ทางด้านปริมาณจุลินทรีย์ สารปนเปื้อน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และการตรวจสอบอาหารที่มีสารก่อภูมิแพ้ (ถั่วลิสง) ไม่พบตามเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ปริมาณจุลินทรีย์ สารปนเปื้อนในอาหาร และสารก่อภูมิแพ้ในอาหาร ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท

Quality test	Specified quantity	Detected quantity
จุลินทรีย์		
1. แซลโมเนลลา *(Salmonella* spp.)	ไม่พบใน 25 กรัม (g)	ไม่พบ
2. สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส *(Staphylococcus aureus)*	ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)	<10
3. แบซิลลัส ซีเรียส (*Bacillus cereus*)	ไม่เกิน 500 ใน 1 กรัม (CFU/g)	<40
4. คลอสทริเดียม เพอรฟริงเจนส์ (*Clostridium perfringens*)	ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)	<10
สารปนเปื้อน		
ตะกั่ว (Lead)	ปริมาณสูงสุด ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	ไม่พบ
สารหนู (Arsenic)	ปริมาณสูงสุด ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	ไม่พบ
สารก่อภูมิแพ้ (Allergen)		
ถั่วลิสง (Peanut Allergen)	LOQ* = 0.31	ไม่พบ

หมายเหตุ : LOQ หมายถึง Limit of Quantitation ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ โดยมีความแม่นและความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ภายใต้สภาวะการทดสอบที่กำหนด

อภิปรายผลการวิจัย

1. ศึกษาผลของการเติมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทต่อผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมัก

จากศึกษาการเติมปริมาณโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมัก ปริมาณการเติมปริมาณโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้นมีผลให้คะแนนทางด้านกลิ่นรส รสชาติ และเนื้อสัมผัสต่ำลงอาจเป็นผลมาจากเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสของตัวโปรตีนโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณสูงขึ้น เมื่อพิจารณาความชอบทางด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมคะแนนเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดที่ระดับการเติมปริมาณโปรตีนที่ร้อยละ 2.5 และพิจารณาในเรื่องของต้นทุนการผลิต และการกำหนดราคาขายที่จะส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ จึงเลือกที่ระดับการเติมปริมาณโปรตีนที่ร้อยละ 2.5 อีกทั้งเมื่อพิจารณาในเกณฑ์ประกาศแนบท้ายของกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 เรื่องของหลักเกณฑ์ในการกล่าวอ้างทางฉลากโภชนาการ (Ministry of Public Health, 1998) โดยการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งใช้คำว่า “เสริม (Add, fortified, enriched)” นั้น จะต้องมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป และโปรตีนที่เพิ่มขึ้นจะต้องไม่น้อยกว่า 2.5 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม ดังนั้นปริมาณโปรตีนของโยเกิร์ตในสูตรปกติ (นมข้าวต่อนมธัญพืชผสม สัดส่วน 50:50) ก่อนการเติมปริมาณโปรตีนข้าวมีปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 1.07± 0.06 จึงเลือกที่ระดับการเติมปริมาณโปรตีนที่ร้อยละ 2.5 และการเพิ่ม

ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทของข้าวในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เพิ่มขึ้น ปริมาณกรดแลคติก (Total Acidity: %TA) มีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อระดับการเติมโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.25-0.41) เป็นผลมาจากปริมาณของพรีไบโอติกหรือใยอาหารละลายน้ำจากสารสกัดโปรตีนจากข้าวช่วยกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ดังรายงานการศึกษาของ Tiangpook *et al*. (2023) ที่พบว่า ใยอาหารละลายน้ำสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโปรไบโอติกสองสายพันธุ์คือ *Bifidobacterium longum* และ *Lactobacillus plantarum* และการเติมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท ทำให้ปริมาณกรดอะมิโนเพิ่มมากขึ้นซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียแลกติก จึงทำให้ปริมาณกรดสูงขึ้นทุกระดับการเติม และค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 3.87-4.00 พบว่าค่าความเป็นกรดไทเทรตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากโปรตีนข้าวที่มีไฟเบอร์ (พรีไบโอติก) ในปริมาณที่สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Part *et al*. (2023) ที่ทำการศึกษาโยเกิร์ตจากนมพืชในท้องตลาดที่ทำจากถั่วเหลือง ข้าวโอ๊ต มะพร้าว และถั่วลูปิน ในท้องตลาด จำนวน 25 ชนิดพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 3.63 - 4.76 โดยที่ปริมาณกรดแลคติกอยู่ที่ร้อยละ 0.14 – 0.96

2. ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท

ปริมาณที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับท้องตลาดมากที่สุดคือ ปริมาณเจลแลนกัมร้อยละ 0.35 ซึ่งมีความหนืดไม่แตกต่างกับทั้งตัวโยเกิร์ตจากนมอัลมอนด์ โยเกิร์ตจากนมอัลมอนด์รสสตอเบอร์รี่ และโยเกิร์ตจากนมวัว จึงเลือกใช้ระดับของปริมาณเจลแลนกัมร้อยละ 0.35 มาใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความใกล้เคียงกับความหนืดทางการค้ามากที่สุด เนื่องจากการใช้เจลแลนกัมเป็นที่รู้จักเนื่องจากใช้ปริมาณต่ำ แต่ความสามารถในการเกิดเจลที่ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่เนียนสม่ำเสมอเมื่อนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์นม นอกจากนี้ยังมีศึกษาว่าเจลแลนกัมเมื่อใช้ร่วมกับการใช้โปรตีนข้าวและโปรตีนจากถั่วจะช่วยให้เจลเกิดความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น (Ozorio *et al*., 2024) และ Kong *et al*. (2022) ยังรายงานด้วยว่าการเติม Low acyl gellan gum ในความเข้มข้นที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำ ความแข็งของเจล และความยืดหยุ่นของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง สามารถทำหน้าที่เป็นสารคงตัวที่เหมาะสม ช่วยให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับมากขึ้นด้วย

3. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า พบว่าผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท จำเป็นต้องมีการเติมสารที่ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสช่วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nehaa *et al*. (2022) ที่ทำการศึกษาการพัฒนาโยเกิร์ตจากนมพืช โดยเป็นสูตรใช้นมถั่วลิสง นมข้าวโอ๊ต และมะพร้าว มีการเติมน้ำตาล แป้งข้าวโพด เพคติน และแซนแทนกัมร่วมกัน เพื่อช่วยให้เนื้อสัมผัสความหนืดดีขึ้นพบว่าเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของเหลวจะน้อยลง และจากการวิเคราะห์ ปริมาณกรดแลคติก (Total Acidity: %TA) พบว่า โยเกิร์ตจากนมโค (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) มีปริมาณกรดแลคติกสูงที่สุด แตกต่างกับโยเกิร์ตที่ทำมาจากพืช สอดคล้องกับงานวิจัยของ Part *et al*. (2023) ที่ทำการศึกษาโยเกิร์ตจากนมพืชในท้องตลาดที่ทำจากถั่วเหลือง ข้าวโอ๊ต มะพร้าว และถั่วลูปิน ในท้องตลาด จำนวน 25 ชนิด พบว่า ค่าความเป็นกรดด่างอยู่ที่ 3.63 - 4.76 โดยที่ปริมาณกรดแลคติกอยู่ที่ร้อยละ 0.14 – 0.96 และในงานของ Grasso *et al*. (2020) ศึกษาองค์ประกอบ คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตจากพืชทางการค้า ได้แก่ โยเกิร์ตที่ทำจากถั่วเหลือง มะพร้าว เม็ดมะม่วงหิมพานต์ อัลมอนด์ กัญชง และโยเกิร์ตทางการค้าที่ทำจากนม พบว่าปริมาณกรดแลคติกของโยเกิร์ตที่ได้จากนมมีค่าสูงกว่าโยเกิร์ตจากพืชทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากจุลินทรีย์เข้าไปใช้น้ำตาลแลคโตส (ในสารตั้งต้นหรือน้ำนม) มีปริมาณแลคโตสที่มากกว่าคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืช สอดคล้องกับงานวิจัยของ Part *et al*. (2023) ที่ทำการศึกษาโยเกิร์ตจากนมพืชในท้องตลาดที่ทำจากถั่วเหลือง ข้าวโอ๊ต มะพร้าว และถั่วลูปิน ในท้องตลาด จำนวน 25 ชนิด พบว่าค่าความเป็นกรดด่างอยู่ที่ 3.63 - 4.76 โดยที่ปริมาณกรดแลคติกอยู่ที่ร้อยละ 0.14 – 0.96

จากการทดสอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากอัลมอนด์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) ค่าความแน่นเนื้อ ความคงตัว สมบัติการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร และการยึดเหนี่ยวระหว่างกันสูงที่สุด รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท และโยเกิร์ตจากนมโค (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) เป็นผลมาจากโยเกิร์ตจากอัลมอนด์ในผลิตภัณฑ์มีการเติมวุ้นสารทำให้เกิดเจลและเกิดความคงตัวในผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับ Grasso *et al*. (2020) ที่พบว่า ค่าความแน่นเนื้อ ความคงตัวและสมบัติการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารของโยเกิร์ตจากพืชในท้องตลาดที่ทำจากถั่วเหลือง มะพร้าว และมะม่วงหิมพานต์ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างผลิตภัณฑ์ ในขณะที่โยเกิร์ตที่ทำจากกัญชงค่าความแน่นเนื้อ ความคงตัว สมบัติการยึดเกาะกัน

ภายในเนื้ออาหาร และความหนืดสูงที่สุดเนื่องมาจากการการเติมผงวุ้นและแป้งข้าวในผลิตภัณฑ์ ในอุตสาหกรรมมีการใช้ผงวุ้นอย่างกว้างขวางเนื่องจากใช้ในปริมาณที่ไม่มาก แต่สามารถทำให้เกิดเจลที่แข็งแรงขึ้นได้ เนื่องจากการเติมเพิ่มความข้นหนืดที่เป็นแป้ง กัม หรือสารก่อเจลอื่น ๆ ที่เติมลงไป ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น อีกทั้งช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลและป้องกันการแยกชั้นของของเหลวได้อีกด้วย (Himashree *et al*., 2022) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้หากมีการเติมสารเพิ่มความข้นหนืดอาจช่วยเรื่องเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้ามากยิ่งขึ้น

ในการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท ได้ให้ผู้ทดสอบชิมเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่เป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืชทางการค้า โดยได้ทำการทดลองกับผู้กลุ่มวีแกนและผู้ทดสอบทั่วไปในร้านอาหารวีแกน ค่าลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นและรสชาติสูงขึ้นเนื่องมาจากทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคที่คุ้นชินกับผลิตภัณฑ์ และในทุก ๆ คุณลักษณะผู้บริโภคให้ความชอบไม่แตกต่างกัน อยู่ในระดับชอบปานกลาง แต่คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าจะปรับเนื้อสัมผัสโดยใช้สารเจลแลนกัมแล้วก็ตาม ซึ่งอาจนำไปปรับปรุงคุณลักษณะนี้ได้ต่อไปได้ในอนาคตโดยการใช้สารเจลแลนกัม ร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ตัวอื่น หรือใช้ร่วมกับโปรตีนจากถั่วร่วมกับโปรตีนข้าวโดยจะทำให้โครงสร้างเจลแข็งแรงขึ้น (Ozorio *et al*., 2024) ทางด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 98 นั่นหมายถึงหากนำไปผลิตทางการค้าน่าจะมีความเป็นไปได้ อีกทั้งเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบสารปนเปื้อนในอาหาร สารก่อภูมิแพ้ในอาหาร และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทพบว่าผลิตภัณฑ์นี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน อีกทั้งปริมาณปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก และปริมาณยีสต์และรา (Yeast and mold) อยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.2146-2546) (Thai Industrial Standards Institute (TISI), 2004) และประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 353 เรื่องผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว (Ministry of Public Health, 2013)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมข้าวไฮโดรไลเสท สูตรที่มีการเติมโปรตีนข้าวร้อยละ 2.5 โดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์สำหรับหมักโปรตีนจากพืช (Non-dairy cultures for plant base) ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์อยู่ที่ร้อยละ 3.58 เมื่อศึกษาการยอมรับของผลิตภัณฑ์โดยผู้ทดสอบชิมพบว่า ทุกคุณลักษณะผู้บริโภคให้ความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง โดยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส สี กลิ่นรส รสชาติ ความชอบโดยรวมเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดนั้นไม่แตกต่างกัน และให้การยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ที่ร้อยละ 98 แต่คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรของผลิตภัณฑ์ทางการค้า ซึ่งอาจนำไปปรับปรุงคุณลักษณะนี้ได้ต่อไปในอนาคต อีกทั้งยังมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก 1.86 x 10^7 CFU/g ซึ่งปริมาณค่อนข้างใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์นมหมัก และผ่านการตรวจสอบตามมาตรฐาน และไม่พบว่าเป็นอาหารที่มีสารก่อภูมิแพ้ประเภทถั่วลิสง

ข้อเสนอแนะแนวทางการศึกษาต่อไปคือ ควรมีการศึกษาปริมาณและชนิดสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมกับตัวผลิตภัณฑ์ เพื่อปรับเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดมากที่สุด หรือศึกษารูปแบบการผลิตผลิตภัณฑ์หมักในรูปแบบอื่น ๆ เช่น โยเกิร์ตจากธัญพืชแบบพร้อมดื่ม หรือโยเกิร์ตผง หรือรสชาติต่าง ๆ เพิ่มเติมเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่หลากหลาย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร โครงการการบริหารจัดการเพื่อพัฒนา RAINS for Thailand Food Valley ภาคกลาง ประจำปี 2565 และขอขอบคุณบุคลากรคณะเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต ทุกท่านสำหรับความร่วมมือและความช่วยเหลือในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Adewumi, O. O., Felix-Minnaar, J. V. & Jideani, V. A. (2022). Functional properties and amino acid profile of Bambara Groundnut and *Moringa oleifera* Leaf Protein Complex. *Processes, 10*(2), 1-15. https://doi.org/10.3390/pr10020205

AOAC. (2016). *Offcial methods of analysis of AOAC International*. USA: AOAC International.

Cheng, J., Xie, S., Yin, Y., Feng, X., Wang, S., Guo, M., *et al*. (2017). Physiochemical, texture properties, and the microstructure of set yogurt using whey protein–sodium tripolyphosphate aggregates as thickening agents. *J. Sci. Food Agric., 97*, 2819–2825. https://doi.org/10.1002/jsfa.8110

Dabade, A., Chugule, M., Kamat.S. & Shitole, S. (2018). Functional properties of de-oiled rice bran protein as a potential emulsifier- a solution to rice bran oil industry. In *NCIFEH Conference Proceeding RJLBPCS*, January, 2018. India: Life Science Informatics Publications.

Grasso, N., Miravalles, L. A. & O'Mahony, J. M. (2020). Composition, physicochemical and sensorial properties of commercial plant- based yogurts. *Foods, 9*, 252. https://doi.org/10.3390/foods9030252

Guimaraes, B. P., Schrickel, F., Rettberg, N., Pinson, S. R. M., McClung, A. M., Luthra, K., *et al.* (2024). Investigating the malting suitability and brewing quality of different rice cultivars. *Beverages, 10*(1), 1-23. https://doi.org/10.3390/beverages10010016

Gupta, M. K., Torrico, D. D., Ong, L., Gras, S. L., Dunshea, F. R. & Cottrell, J. J. (2022). Plant and dairy-based yogurts: A comparison of consumer sensory acceptability linked to textural analysis. *Foods, 11*(3), 1-18. https://doi.org/10.3390/foods11030463

Himashree, P., Sengar, A. S. & Sunil, C. K. (2022). Food thickening agents: sources, chemistry, properties and applications - A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *27*, 1-13. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100468

Innova Market Insights. (2018). *62% Increase in plant-based product claims, says innova market insights* [Online]. Retrieved September 16, 2024, form: https://www.prnewswire.com/news-releases/62-increase-in-plant-based-product-claims-says-innova-market-insights-300677563.html

Jideani, V. A. & Jideani, A. I. O. (2021). *Nutritional composition of Bambara Groundnut.* In Bambara groundnut: Utilization and Future Prospects. Cham: Springer.

Kong, X., Xiao, Z., Du, M., Wang, K., Chen, Y., Liu, Z., *et al.* (2022). Physicochemical, textural, and sensorial properties of soy yogurt as affected by addition of low acyl gellan gum. *Gels, 8*, 1-11. https://doi.org/10.3390/gels8070453

McClements, D. J. (2020). Development of next-generation nutritionally fortified plant-based milk substitutes: structural design principles. *Foods*, *9*(4), 1-26. https://doi.org/10.3390/foods9040421

Ministry of Public Health. (1998). *Notification of ministry of public health (No.182) B.E. 2541 (1998) Re: Nutrition Labeling. Government Gazette (Vol. 115, Part 47 Ngor)*. Bangkok: Ministry of Public Health.

Ministry of Public Health. (2013). *Notification of ministry of public health (No.353) B.E. 2556 (2013) Re: Fermented Milk. Government Gazette (Vol. 130, Part 87 Ngor)*. Bangkok: Ministry of Public Health.

Nehaa, B., Sabitha, V., Mathushree, R., Sudha, A. & Sangeetha, V. (2022). Development of plant-based yogurt. *Foods and Raw materials*, *10*(2), 274-282. http://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-2-537

Oladipo, I. C., Atolagbe, O. O. & Adetiba, T. M. (2014). Nutrition evaluation and microbiological analysis of yoghurt produced from full cream milk, tiger-nut milk, skimmed milk and fresh cow milk. *Pensee Journal*, *76*(4), 30-38.

Ozorio, L., Corradi, A. P. & Perrechil, F. (2024). Pea and rice proteins with gellan gum and monovalent salts for the development of plant-based gels for food applications. *Applied Food Research*, *4*(2), 1-8. https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100601

Part, N., Kazantseva, J., Rosenvald, S., Kallastu, A., Vaikma, H., Kriščiunaite, T., *et al.* (2023). Microbiological, chemical, and sensorial characterisation of commercially available plant-based yoghurt alternatives. *Future Foods, 7,* 1-10. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100212

Puangwerakul, Y. & Soitongsuk, S. (2019). Protein hydrolysate production from defatted rice bran by inner enzyme of rice malt plus bromelain. In *Proceeding of STT45*, October 7-9, 2019. Chiang Rai: Mae Fah Luang University.

Puangwerakul, Y., Soithongsuk, S., Sajjabut, S., & Pewlong, W. (2023). Effect of electron beam irradiation doses on quality and shelf life extension of non-allergenic ready-to-eat plant-based meat and egg. *Journal of Current Science and Technology, 14*(1), 1-10. https://doi.org/10.59796/jcst.V14N1.2024.19

Thai Industrial Standards Institute (TISI). (2004). *Thai industrial standard number 2146-2546 regarding to fermented milk [Online]*. Retrieved February 5, 2023, from: http://www.fio.co.th/WeB/tisi_fio/fulltext/TIS2146-2546.pdf (in Thai)

Tiangpook, S., Nhim, S., Prangthip, P., Pason, P., Tachaapaikoon, C., Ratanakhanokchai, K., & Waeonukul, R. (2023). Production of a Series of Long-Chain Isomaltooligosaccharides from Maltose by *Bacillus subtilis* AP-1 and Associated Prebiotic Properties. *Foods*, *12*(7), 1-18. https://doi.org/10.3390/foods12071499