



## การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท

## Development of Fermented Grains Milk Fortified with Rice Protein Hydrolysate

ฐานวีร์ ลอยแก้ว<sup>1\*</sup> ยุพกนิษฐ์ พวงวีระกุล<sup>1</sup> สุวิมล สร้อยทองสุข<sup>2</sup> วราพร ลักษณะลmäßาย<sup>1</sup> และชิตสุดา ชัยศักดิ์านุกุล<sup>1</sup>  
Thanawee Loikaeo<sup>1\*</sup>, Yupakanit Puangwerakul<sup>1</sup>, Suvimol Soithongsuk<sup>2</sup>, Varaporn Laksanalamai<sup>1</sup>  
and Chitsuda Chaisakdanugull<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีอาหาร วิทยาลัยนวัตกรรมการเกษตรและเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี 12000 ประเทศไทย

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมการเพื่อผู้ประกอบการ มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี 12000 ประเทศไทย

<sup>1</sup>Faculty of Food Technology, College of Agricultural Innovation and Food Technology, Rangsit University, Pathum Thani 12000, Thailand

<sup>2</sup>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 การบริโภคมังสวิรัตเป็นอาหารทางเลือกใหม่ที่ได้รับ ความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากหลายปัจจัย ทั้งเรื่องความยั่งยืน การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาการแพ้ในการ บริโภคอาหาร การลดอาการแพ้อาหารที่เกี่ยวข้องกับนมและผลิตภัณฑ์จากสัตว์เป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจจากทั่วโลก ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักจึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่น่าสนใจ โดยงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิต ผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมปริมาณโปรตีนข้าวที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค พร้อมทั้ง ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักที่ผลิตได้ จากการศึกษาพบว่า การใช้นมข้าวมอลต์ (ข้าวท่อนจากข้าวมอลต์ปทุมธานี 1) ผสมกับนมธัญพืชผสม (นมถั่วหรั่ง และนมข้าวโพด ในอัตราส่วน 1:2) ที่อัตราส่วน 50:50 เติมนมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท ที่ร้อยละ 2.5 และปรับปรุงคุณภาพของเนื้อสัมผัสโดยใช้เจลาแลนกัมที่ร้อยละ 3.5 ภายหลังกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์ มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก  $1.86 \times 10^7$  CFU/g และเมื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภคกลุ่มวีแกน และผู้บริโภค ทั่วไป พบว่าให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ร้อยละ 98 โดยทุกคุณลักษณะให้ความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง คุณลักษณะ ทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ ความชอบโดยรวมเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนมพืชในท้องตลาดนั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P>0.05$ ) แต่คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญกับสูตรของผลิตภัณฑ์ทางการค้า ( $P<0.05$ ) ซึ่งอาจนำไปปรับปรุงคุณลักษณะนี้ได้ต่อไปในอนาคต งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นศักยภาพของการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากพืชตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและคำนึงถึงคุณค่าทาง โภชนาการและความยั่งยืน

**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  $1.86 \times 10^7$  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 โดยเฉพาะการบริโภคและการบริโภคมังสวิรัตินั้นเป็นแนวทางใหม่ที่ได้รับการยอมรับ การลดการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารจากสัตว์ เนื่องจากปัญหาด้านสุขภาพ ความยั่งยืน และจริยธรรม (McClements, 2020) อีกทั้งในเรื่องของความมั่นคงด้านอาหารทั่วโลก เนื่องจากผลกระทบที่เพิ่มขึ้นของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมต่อการผลิตอาหาร ความต้องการอาหารที่มาจากพืชจึงเพิ่มมากยิ่งขึ้น (Puangwerakul *et al.*, 2023) นมและผลิตภัณฑ์จากนมเป็นอาหารประเภทหนึ่งที่มีส่วนประกอบสำคัญต่อโภชนาการของมนุษย์มาเป็นเวลานาน แต่ในปัจจุบันจำนวนผู้ที่ประสบปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับภาวะแพ้อัลแลคโตส 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

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

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

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

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



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

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท สำหรับเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค พร้อมทั้งศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ ได้แก่ คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ การทดสอบสารปนเปื้อนในอาหาร สารก่อภูมิแพ้ในอาหาร และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีประโยชน์ทางโภชนาการ โดยทำการศึกษาระดับปริมาณโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่เหมาะสมต่อการผลิต ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองนี้ได้แก่ ข้าวมอลต์ตอกเกรด (เป็นส่วนหนึ่งของข้าวหักซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตข้าวมอลต์) 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 อำเภอนองสาทราย 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 ( $^{\circ}$ Brix) จากนั้นจึงเติมโปรตีนไฮโดรไลเสทจากข้าวร้อยละ 2.0 2.5 3.0 และ 3.5 โดยน้ำหนัก ทำการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอร์ไรส์อุณหภูมิ 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 โดยใช้ผู้ทดสอบทั้งฝึกฝนจำนวน 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

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

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 เพื่อคุณลักษณะและค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ถึง 0.35 จากนั้นเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Brookfield เพื่อคุณลักษณะและค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่เป็นตัวผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืช และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนม

3. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า โดยศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า ที่เป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืช และโยเกิร์ตนม โดยศึกษาค่าของของแข็งที่ละลายน้ำได้ 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 ใช้ผู้ทดสอบกลุ่มวัยเกษมและผู้ทดสอบทั่วไป 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  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้ซอฟต์แวร์สถิติ (SPSS 11 for window, SPSS Inc., USA) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และสำหรับการเปรียบเทียบระหว่างสองกลุ่มตัวอย่าง ใช้การทดสอบที่ (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** คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวหมักเสริมโปรตีนโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท ที่ระดับต่าง ๆ

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

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

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

**ตารางที่ 2** คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่ระดับต่าง ๆ

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

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ค่าสี L\* คือ ค่าความสว่าง ; a\* คือสีแดง/ สีเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว) ; b\* คือ ค่าสีเหลือง / สีน้ำเงิน (+ = สีเหลือง - = สีน้ำเงิน)

**ตารางที่ 3** คุณลักษณะทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวหมักเสริมโปรตีนโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสทที่ระดับต่าง ๆ

Formula (%)	Titrateable acidity (%)	Protein content (%)
2.0	0.25 <sup>d</sup> ± 0.01	2.47 <sup>d</sup> ± 0.01
2.5	0.36 <sup>c</sup> ± 0.01	2.71 <sup>c</sup> ± 0.13
3.0	0.38 <sup>b</sup> ± 0.01	3.40 <sup>b</sup> ± 0.10
3.5	0.41 <sup>a</sup> ± 0.02	3.89 <sup>a</sup> ± 0.07

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b, c,... ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

## 2. ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท

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

**ตารางที่ 4** ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เติมสารก่อเจลที่ระดับต่าง ๆ เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

Product	Viscosity (cP)
ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท + 0.25% เจลแลนกัน	5,666.67 <sup>c</sup> ± 305.51
ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท + 0.35% เจลแลนกัน	17,000.00 <sup>b</sup> ± 1,414.21
ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท + 0.45% เจลแลนกัน	23,800.00 <sup>a</sup> ± 1,587.45
โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า)	6,200.00 <sup>c</sup> ± 721.11
โยเกิร์ตจากนมอัลมอนต์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า)	15,666.67 <sup>b</sup> ± 577.35
โยเกิร์ตจากนมอัลมอนต์ รสสตอเบอร์รี่ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า)	17,333.33 <sup>b</sup> ± 2,886.75
โยเกิร์ตจากนมวัว (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า)	16,666.67 <sup>b</sup> ± 1,527.53

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b, c ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

### 3. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

นำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มาศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมี เทียบเคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่เป็นตัวอย่างตัวแทนโยเกิร์ตจากธัญพืชในท้องตลาด คือ โยเกิร์ตจากอัลมอนต์ และโยเกิร์ตจากนมโค (ตารางที่ 5) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid, °Brix) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยโยเกิร์ตจากนมโคเท่ากับ 15.23 °Brix รองลงมาผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท และโยเกิร์ตจากอัลมอนต์ 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 <sup>b</sup> ± 0.58	9.67 <sup>c</sup> ± 0.58	15.23 <sup>a</sup> ± 0.25
pH	3.87 <sup>b</sup> ± 0.06	4.11 <sup>a</sup> ± 0.01	3.84 <sup>b</sup> ± 0.01
Syneresis (%)	22.47 <sup>a</sup> ± 1.10	16.48 <sup>b</sup> ± 0.81	7.77 <sup>c</sup> ± 0.63
Viscosity (cP) <sup>ns</sup>	17,000.00 ± 1,414.21	17,333.33 ± 1,527.53	15,333.33 ± 577.35
Titrateable acidity (%)	0.4446 <sup>b</sup> ± 0.01	0.4042 <sup>b</sup> ± 0.01	0.7532 <sup>a</sup> ± 0.04
Protein (%)	3.58 <sup>b</sup> ± 0.03	2.75 <sup>c</sup> ± 0.11	3.89 <sup>a</sup> ± 0.09

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b, c ในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของของเหลวผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (Syneresis, %) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของของเหลวที่มากที่สุด คือ ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท โยเกิร์ตจากอัลมอนต์ และโยเกิร์ตจากนมโค ตามลำดับ มีค่าแตกต่างกันเชิงสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยค่าเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวมีค่าใกล้เคียงกับค่าเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของโยเกิร์ตจากอัลมอนต์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) มากที่สุด (ตารางที่ 5) ในขณะที่ความหนืดของธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท โยเกิร์ตจากอัลมอนต์ และโยเกิร์ตจากนมโคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่าความหนืดของโยเกิร์ตจากอัลมอนต์สูงที่สุด เปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของของเหลวต่ำ ค่าความเป็นกรดแลคติกด้วยวิธีการไทเทรต (Titrateable acidity) พบว่า โยเกิร์ตจากนมโค (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) มีปริมาณกรดแลคติกสูงที่สุด แตกต่างกับโยเกิร์ตที่ทำมาจากพืช คือ ผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท และโยเกิร์ตจากอัลมอนต์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท โยเกิร์ตจาก

อัลมอนต์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) และโยเกิร์ตจากนมโค (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งปริมาณโปรตีนในโยเกิร์ตจากนมโคมีปริมาณสูงที่สุดร้อยละ 3.89 รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวโฮโดรไลส ร้อยละ 3.58 และโยเกิร์ตจากอัลมอนต์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) ร้อยละ 2.75 ตามลำดับ

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

**ตารางที่ 6** ลักษณะเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวโฮโดรไลส และผลิตภัณฑ์ทางการค้า

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

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b, c ในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

#### 4. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวโฮโดรไลส

ในการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวโฮโดรไลส ได้ให้ผู้ทดสอบชิมเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่เป็นโยเกิร์ตจากนมอัลมอนต์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดนี้เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับนมที่มาจากสัตว์ และใช้เป็นตัวเปรียบเทียบในขั้นตอนของการปรับเนื้อสัมผัส ซึ่งพบว่า จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคหลังจากทดสอบผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวโฮโดรไลส ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ในทุก ๆ คุณลักษณะผู้บริโภคให้ความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง โดยไม่ว่าจะเป็น สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสที่มีความแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) ในส่วนของการยอมรับของผู้บริโภคหลังจากการทดสอบผลิตภัณฑ์พบว่า มีการยอมรับอยู่ในระดับยอมรับคิดเป็นร้อยละ 98 (ตารางที่ 7)

**ตารางที่ 7** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ (n = 102)

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

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

\* หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## 5. การทดสอบสารปนเปื้อนในอาหาร สารก่อภูมิแพ้ในอาหาร และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเป็นการวิเคราะห์เพื่อบ่งชี้ถึงปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ โดยจุลินทรีย์ดังกล่าวเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นตัวเชื้อในการหมักโยเกิร์ต ถ้าแบคทีเรียกรดแลคติกหลงเหลือหลังจากผ่านกระบวนการหมักในปริมาณมาก ก็จะมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากตามไปด้วย โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก  $1.86 \times 10^7$  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
<b>จุลินทรีย์</b>		
1. แซลโมเนลลา ( <i>Salmonella</i> spp.)	ไม่พบใน 25 กรัม (g)	ไม่พบ
2. สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส ( <i>Staphylococcus aureus</i> )	ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)	<10
3. แบซิลลัส ซีเรียส ( <i>Bacillus cereus</i> )	ไม่เกิน 500 ใน 1 กรัม (CFU/g)	<40
4. คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ( <i>Clostridium perfringens</i> )	ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)	<10
<b>สารปนเปื้อน</b>		
ตะกั่ว (Lead)	ปริมาณสูงสุด ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	ไม่พบ
สารหนู (Arsenic)	ปริมาณสูงสุด ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	ไม่พบ
<b>สารก่อภูมิแพ้ (Allergen)</b>		
ถั่วลิสง (Peanut Allergen)	LOQ* = 0.31	ไม่พบ

หมายเหตุ : LOQ หมายถึง Limit of Quantitation ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ โดยมีความแม่นยำและความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ 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 จะต้องมีการเติมโปรตีนเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป และโปรตีนที่เพิ่มขึ้นจะต้องไม่น้อยกว่า 2.5 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม ดังนั้นปริมาณโปรตีนของโยเกิร์ตในสูตรปกติ (นมข้าวตอมนธัญพืชผสม สัดส่วน 50:50) ก่อนการเติมปริมาณโปรตีนข้าวมีปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ  $1.07 \pm 0.06$  จึงเลือกที่ระดับการเติมปริมาณโปรตีนที่ร้อยละ 2.5 และการเพิ่ม



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

## 2. ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชีสหมักเสริมด้วยโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท

ปริมาณที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับท้องตลาดมากที่สุดคือ ปริมาณเจลแลนกัมร้อยละ 0.35 ซึ่งมีความหนืดไม่แตกต่างกับทั้งตัวยูเกิร์ตจากนมอัลมอนด์ ยูเกิร์ตจากนมอัลมอนด์รสสตอเบอร์รี่ และยูเกิร์ตจากนมวัว 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 และความยืดหยุ่นของยูเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง สามารถทำหน้าที่เป็นสารคงตัวที่เหมาะสม ช่วยให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับมากขึ้นด้วย

## 3. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าพบว่า ผลิตภัณฑ์ชีสหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท จำเป็นต้องมีการเติมสารที่ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสช่วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nehaa *et al.* (2022) ที่ทำการศึกษารพัฒนาโยเกิร์ตจากนมพืช โดยเป็นสูตรใช้นมถั่วลิสง นมข้าวโอ๊ต และมะพร้าว มีการเติมน้ำตาล แป้งข้าวโพด เพคติน และแซนแทนกัมร่วมกัน เพื่อช่วยให้เนื้อสัมผัสความหนืดดีขึ้นพบว่าเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของเหลวจะน้อยลง และจากการวิเคราะห์ ปริมาณกรดแลคติก (Total Acidity: %TA) พบว่า ยูเกิร์ตจากนมโค (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) มีปริมาณกรดแลคติกสูงที่สุด แตกต่างกับยูเกิร์ตที่ทำมาจากพืช สอดคล้องกับงานวิจัยของ Part *et al.* (2023) ที่ทำการศึกษายูเกิร์ตจากนมพืชในท้องตลาดที่ทำจากถั่วเหลือง ข้าวโอ๊ต มะพร้าว และถั่วลันเตา ในท้องตลาด จำนวน 25 ชนิด พบว่า ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ที่ 3.63 - 4.76 โดยที่ปริมาณกรดแลคติกอยู่ที่ร้อยละ 0.14 - 0.96 และในงานของ Grasso *et al.* (2020) ศึกษาองค์ประกอบ คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตจากพืชทางการค้า ได้แก่ ยูเกิร์ตที่ทำจากถั่วเหลือง มะพร้าว เม็ดมะม่วงหิมพานต์ อัลมอนด์ กัญชง และยูเกิร์ตทางการค้าที่ทำจากนม พบว่าปริมาณกรดแลคติกของโยเกิร์ตที่ได้จากนมมีค่าสูงกว่าโยเกิร์ตจากพืชทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากจุลินทรีย์เข้าไปใช้น้ำตาลแลคโตส (ในสารตั้งต้นหรือน้ำนม) มีปริมาณแลคโตสที่มากกว่าคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืช สอดคล้องกับงานวิจัยของ Part *et al.* (2023) ที่ทำการศึกษายูเกิร์ตจากนมพืชในท้องตลาดที่ทำจากถั่วเหลือง ข้าวโอ๊ต มะพร้าว และถั่วลันเตา ในท้องตลาด จำนวน 25 ชนิด พบว่าค่าความเป็นกรดต่างอยู่ที่ 3.63 - 4.76 โดยที่ปริมาณกรดแลคติกอยู่ที่ร้อยละ 0.14 - 0.96

จากการทดสอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากอัลมอนด์ (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) ค่าความแน่นเนื้อ ความคงตัว สมบัติการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร และการยึดเหนี่ยวระหว่างกันสูงที่สุด รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์ชีสหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสท และยูเกิร์ตจากนมโค (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า) เป็นผลมาจากโยเกิร์ตจากอัลมอนด์ในผลิตภัณฑ์มีการเติมส่วนผสมทำให้เกิดเจลและเกิดความคงตัวในผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับ Grasso *et al.* (2020) ที่พบว่า ค่าความแน่นเนื้อ ความคงตัว และสมบัติการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารของโยเกิร์ตจากพืชในท้องตลาดที่ทำจากถั่วเหลือง มะพร้าว และมะม่วงหิมพานต์ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างผลิตภัณฑ์ ในขณะที่โยเกิร์ตที่ทำจากถั่วลิสงค่าความแน่นเนื้อ ความคงตัว สมบัติการยึดเกาะกัน



ภายในเนื้ออาหาร และความหนืดสูงที่สุดเนื่องจากการการเติมผงวุ้นและแป้งข้าวในผลิตภัณฑ์ ในอุตสาหกรรมมีการใช้ผงวุ้นอย่างกว้างขวางเนื่องจากใช้ในปริมาณที่ไม่มาก แต่สามารถทำให้เกิดเจลที่แข็งแรงขึ้นได้ เนื่องจากการเติมเพิ่มความข้นหนืดที่เป็นแป้ง กัม หรือสารก่อเจลอื่น ๆ ที่เติมลงไป ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น อีกทั้งช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจล และป้องกันการแยกชั้นของของเหลวได้อีกด้วย (Himashree *et al.*, 2022) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้หากมีการเติมสารเพิ่มความข้นหนืดอาจช่วยเรื่องเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้ามากยิ่งขึ้น

ในการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลส ได้ให้ผู้ทดสอบชิมเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่เป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืชทางการค้า โดยได้ทำการทดลองกับผู้กลุ่มวิแกนและผู้ทดสอบทั่วไปในร้านอาหารวิแกน ค่าลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นและรสชาติสูงขึ้นเนื่องมาจากทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคที่คุ้นชินกับผลิตภัณฑ์ และในทุก ๆ คุณลักษณะผู้บริโภคให้ความชอบไม่แตกต่างกัน อยู่ในระดับชอบปานกลาง แต่คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าจะปรับเนื้อสัมผัสโดยใช้สารเจลแลนกันแล้วก็ตาม ซึ่งอาจนำไปปรับปรุงคุณลักษณะนี้ได้ต่อไปในอนาคตโดยการใช้สารเจลแลนกัน ร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ตัวอื่น หรือใช้ร่วมกับโปรตีนจากถั่วร่วมกับโปรตีนข้าวโดยจะทำให้โครงสร้างเจลแข็งแรงขึ้น (Ozorio *et al.*, 2024) ทางด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 98 นั้นหมายถึงหากนำไปผลิตทางการค้าน่าจะเป็นไปได้ อีกทั้งเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบสารปนเปื้อนในอาหาร สารก่อภูมิแพ้ในอาหาร และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมโปรตีนข้าวไฮโดรไลสพบว่าผลิตภัณฑ์นี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน อีกทั้งปริมาณปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก และปริมาณยีสต์และรา (Yeast and mold) อยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.2146-2546) (Thai Industrial Standards Institute (TISI), 2004) และประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 353 เรื่องผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว (Ministry of Public Health, 2013)

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชหมักเสริมข้าวไฮโดรไลส 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  $1.86 \times 10^7$  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). *Official methods of analysis of AOAC International*. USA: AOAC International.



- Cheng, J., Xie, S., Yin, Y., Feng, X., Wang, S., Guo, M., *et al.* (2017). Physicochemical, 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, from: <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](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>