

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมโคและนมถั่วเหลืองเสริมรำข้าวไฮโดรไลเสท ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ

Development of Yogurt from Cow and Soybean Milk Supplemented by Rice Bran Hydrolysate with Antioxidant Activity

ชมพูนุช หนองลา^{1*} สุมาลี มุสิกกา¹ อารยา รานอก¹ เสกสรร มังคลานันท์¹

กึ่งนาง บุญเสริม² และชนิดา กุประดิษฐ์³

Chompoonuch Khongla^{1*}, Sumalee Musika¹, Araya Ranok¹, Seksan Mangkalanant¹,

Kungnang Bunsroem² and Chanida Kupradit³

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมโคและนมถั่วเหลืองเสริมรำข้าวไฮโดรไลเสทที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ โดยเติมรำข้าวไฮโดรไลเสทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0.0-1.0 %) วิเคราะห์คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ต ผลการทดลองพบว่า คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ 2, 2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) และคุณสมบัติในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกของโยเกิร์ตนมโคและนมถั่วเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของรำข้าวไฮโดรไลเสท ยกเว้นคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและคงที่ที่ความเข้มข้นของรำข้าวไฮโดรไลเสท 0.75 % การเติมรำข้าวไฮโดรไลเสทที่ความเข้มข้น 0.25-1.0 % ไม่มีผลต่อความชอบโดยรวมของโยเกิร์ตนมโคแต่มีผลทำให้คะแนนความชอบโดยรวมในโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองลดลง ความเข้มข้นรำข้าวไฮโดรไลเสทที่เหมาะสมที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงในโยเกิร์ตนมโคและนมถั่วเหลือง คือ 1.0 % และ 0.75 % ตามลำดับ งานวิจัยนี้บ่งชี้ได้ว่ารำข้าวไฮโดรไลเสทมีศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเสริมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อพัฒนาเป็นอาหารเชิงหน้าที่

คำสำคัญ: โยเกิร์ต รำข้าวไฮโดรไลเสท สารต้านอนุมูลอิสระ คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

¹ อ.ดร., สาขาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

² อ., สาขาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

³ ผศ.ดร., สาขาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

¹ Lecturer, Dr., Department of Applied Biology, Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand

² Lecturer, Department of Applied Biology, Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand

³ Asst. Prof. Dr., Department of Applied Biology, Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand

* Corresponding Author: E-mail address: chompoonuch.2840@gmail.com

(Received: June 9, 2020; Revised: July 26, 2020; Accepted: August 19, 2020)

Abstract

The objectives of this study were to develop the cow and soybean milk yogurt product supplemented by rice bran hydrolysate with antioxidant activity using the addition of 0.0-1.0 % w/w rice bran hydrolysate, analyze antioxidant activity, and examine sensory characteristics of the yogurt. The study found that 2, 2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging activity and ferric reducing antioxidant power of cow and soybean milk yogurt trend to be increased based on the increase of rice bran hydrolysate concentration, except for ABTS radical scavenging activity of soybean milk yogurt, which was slightly increased and then constant at 0.75 % of rice bran hydrolysate. Addition of rice bran hydrolysate at concentration of 0.25-1.0 % had no effect on overall acceptability of cow milk yogurt but decreased overall acceptability score of soybean yogurt. Optimum concentration of rice bran hydrolysate with high antioxidant activity in cow and soybean milk yogurt was 1.0 and 0.75 %, respectively. This research indicated that rice bran hydrolysate has a potential use as antioxidant agent supplemented in yogurt for development as functional food.

Keywords: Yogurt, Rice Bran Hydrolysate, Antioxidant Activity, Sensory Characteristics

บทนำ

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ร่างกายสามารถย่อย และดูดซึมสารอาหารไปใช้ได้ง่าย ไม่ว่าจะเป็นโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุจากน้ำนม โดยเฉพาะแคลเซียม การหมักน้ำนมด้วยจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนน้ำตาลแล็กโทสเป็นกรดแล็กติก เช่น *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophiles* [1] ทำให้โปรตีนตกตะกอนเป็นเคิร์ด มีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งกึ่งเหลว ส่วนใหญ่โยเกิร์ตมีส่วนผสมหลักจากน้ำนมโค และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำนม เช่น ครีม หางนม เวียโปรตีน และนมผง เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามยังมีผู้บริโภคที่มีปัญหาแพ้โปรตีนในนมโค ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืชอาจเป็นการเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์และเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคอีกทางหนึ่ง

ถั่วเหลืองเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ไม่มีคอเลสเตอรอล ไร้ออกซิน ไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเลซิดิน ไอโซฟลาโวน แร่ธาตุ กรดอะมิโนอิสระ และพอลิเพปไทด์ [2] โยเกิร์ตถั่วเหลืองคือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักนมถั่วเหลืองด้วยแบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กติก ดังนั้น การบริโภคโยเกิร์ตจากถั่วเหลืองจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่แพ้นมโคและยังเหมาะสำหรับคนที่รับประทานอาหารเจหรือมังสวิรัตอีกด้วย

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญอาหารสุขภาพมากขึ้น ดังนั้นการพัฒนาโยเกิร์ตสูตรที่เสริมสารที่มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ (Functional Ingredients) เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งอาหารเชิงหน้าที่ (Functional Food) คืออาหารที่มีสารอื่นที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกเหนือจากมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ช่วยป้องกันโรค รักษาโรคได้ และสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) เป็นต้น ซึ่งกลุ่มอาหารเชิงหน้าที่ที่ได้รับความนิยมมากคือกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุทำให้เซลล์ร่างกายเสียหาย และทำให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ

โรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น [3-4] หากร่างกายได้รับสารต้านอนุมูลอิสระจากอาหารอาจป้องกันโรคได้ ดังนั้นจึงมีงานวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจในการศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งธรรมชาติ

รำข้าวเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าว ประกอบด้วยโปรตีนที่มีคุณภาพสูง และยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นสูง ประเทศไทยผลิตรำข้าวประมาณ 2 ล้านตันต่อปี ซึ่งรำข้าว 40 % ใช้ในการผลิตน้ำมันรำข้าว และรำข้าวส่วนที่เหลือใช้ในการเป็นอาหารสัตว์ซึ่งมีมูลค่าต่ำ [5] มีรายงานว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทจากรำข้าวหอมมะลิประกอบด้วยโปรตีน 30-40 % ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนมีมากเทียบเคียงกับโปรตีนจากพืชอื่น ๆ โดยเฉพาะกรดอะมิโนจำเป็น มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 4.11-14.70 mg GAE/g และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยโปรตีนรำข้าวเป็นโปรตีนที่ไม่ทำให้เกิดการแพ้และยังย่อยง่าย จึงเหมาะสำหรับการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ [6] การนำรำข้าวไฮโดรไลเสทมาเสริมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมโคและนมถั่วเหลือง นอกจากจะเป็นอาหารฟังก์ชันแล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับรำข้าวอีกด้วย

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมโคและนมถั่วเหลืองเสริมรำข้าวไฮโดรไลเสทที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมรำข้าวไฮโดรไลเสทผง (Rice Bran Hydrolysate, RBH)

ผลิตรำข้าวไฮโดรไลเสทผงโดยนำรำข้าวที่สกัดไขมันออกแล้วมาบดด้วยเอนไซม์ Alcalase เข้มข้น 2 % (เอนไซม์ Alcalase ผลิตได้จากแบคทีเรีย *Bacillus licheniformis* บริษัท Novozymes, Bagsvaerd, Denmark) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม (pH 10.0 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการย่อย 2 ชั่วโมง) จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4500 rpm เป็นเวลา 10 นาที เก็บตัวอย่างส่วนใสผสมมอลโทเดกซ์ทรินในอัตราส่วน 5 % w/v และนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิเข้า เท่ากับ 130 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิออก เท่า 90 องศาเซลเซียส โปรตีนรำข้าวไฮโดรไลเสทผงที่ได้มีค่าความชื้น เถ้า และโปรตีนเท่ากับ 3.52 ± 0.38 %, 6.01 ± 0.08 % และ 14.07 ± 0.68 % ตามลำดับ และมีปริมาณแอลฟาอะมิโน 48.47 ± 1.27 mg Leucine eq./g RBH สารฟีนอลิกทั้งหมด 1.35 ± 0.03 mg Gallic Acid eq./g RBH คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS และการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริก เท่ากับ 47.17 ± 0.25 และ 19.02 ± 0.80 mg Trolox eq./g RBH ตามลำดับ

การเตรียมโยเกิร์ตนมโคและโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเสริมรำข้าวไฮโดรไลเสท

การเตรียมโยเกิร์ตนมโค

ชั่งนมโค 500 กรัม ให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมน้ำตาล 25 กรัม และนมผง 15 กรัม เติมรำข้าวไฮโดรไลเสทผงความเข้มข้น 0.0-1.0 % คนส่วนผสมให้ละลายเข้ากัน และพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส และเติมหัวเชื้อโยเกิร์ตทางการค้า 64 กรัม จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส จนกระทั่ง pH อยู่ในช่วง 4.4-4.8 ประมาณ 4 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส และเก็บตัวอย่างโยเกิร์ตที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 1 วัน ไปวิเคราะห์คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS และคุณสมบัติในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริก และทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

การเตรียมโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง

นำถั่วเหลืองแช่น้ำอัตราส่วน 1:6 นาน 16-18 ชั่วโมงหรือข้ามคืน จากนั้นนำถั่วเหลืองที่แช่น้ำมาปั่นกับน้ำสะอาดอัตราส่วน 1:5 จนส่วนผสมเนียนละเอียด แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที แล้วนำไปกรองด้วยผ้าขาวบางบีบเอาเฉพาะน้ำ จะได้นมถั่วเหลืองเข้มข้น และพักไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เตรียมโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง โดยนำนมถั่วเหลือง 500 กรัม ให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมน้ำตาล 25 กรัม แป้งข้าวโพด 1.0 % เติมน้ำข้าวไฮโดรไลเสทผงความเข้มข้น 0.0-1.0 % นำไปพาสเจอร์ไรส์ และหมักโยเกิร์ต และวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ เช่นเดียวกับโยเกิร์ตนมโค การวิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริก

ซึ่งตัวอย่างโยเกิร์ต 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสสำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS และคุณสมบัติในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกตามวิธีของ Wiriayaphan *et al.* [7] คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ แสดงในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัมตัวอย่าง (mg Trolox eq./g Sample)

การทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

นำโยเกิร์ตนมโค และนมถั่วเหลืองเสริมข้าวไฮโดรไลเสทผงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 20 คน ซึ่งเป็นกลุ่มนักศึกษาปริญญาตรีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยทดสอบทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้การทดสอบโดยวิธี 9-point Hedonic Scale ที่ระดับคะแนน 1-9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย ๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด)

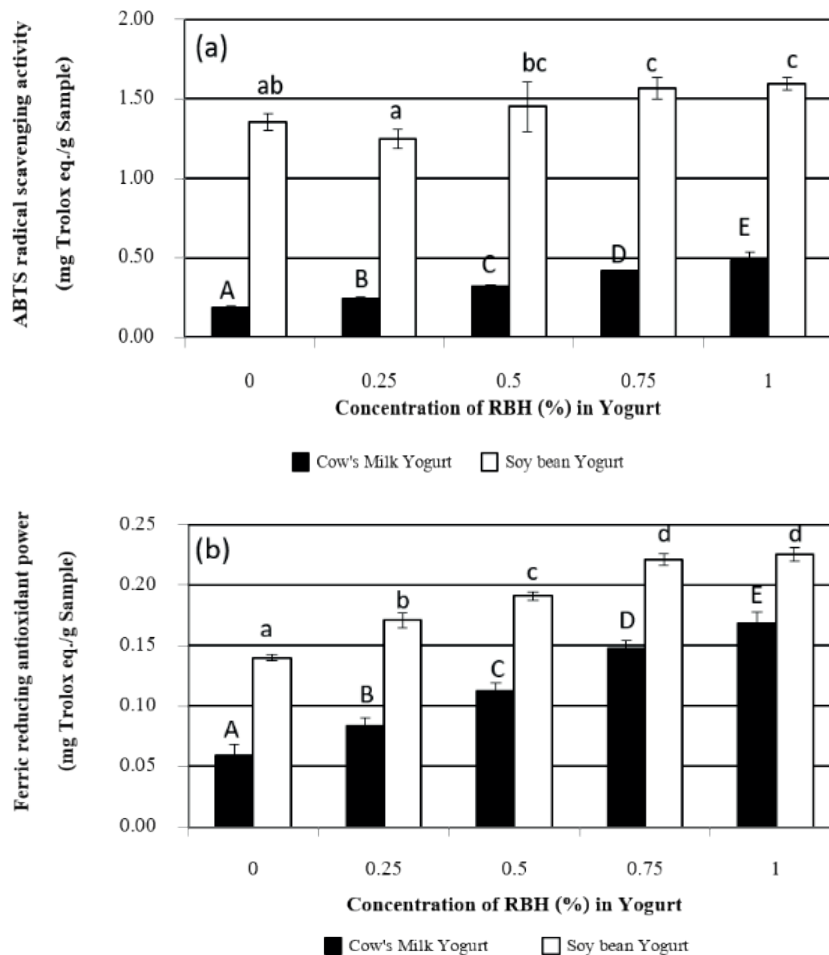
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการทดลองแสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรม PASW Statistics 18 Release 18.0.0 Software

ผลการทดลอง

คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของโยเกิร์ตนมโคและถั่วเหลืองเสริมข้าวไฮโดรไลเสทผง

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมโคและนมถั่วเหลืองเสริมข้าวไฮโดรไลเสทผงที่ความเข้มข้น 0.0-1.0 % พบว่า คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS และคุณสมบัติในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมโคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของข้าวไฮโดรไลเสทผง (ภาพที่ 1a และ b, $p < 0.05$) ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำข้าวไฮโดรไลเสทผงที่ความเข้มข้น 1.0 % มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS และคุณสมบัติในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกสูงสุดเท่ากับ 0.48 และ 0.17 mg Trolox eq./g Sample ตามลำดับ



ภาพที่ 1 (a) คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS และ (b) คุณสมบัติรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมโคและนมถั่วเหลืองเสริมรำข้าวไฮโดรไลเสทผง ที่ความเข้มข้น 0.0-1.0 %

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างความเข้มข้นของรำข้าวไฮโดรไลเสทของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมโคและนมถั่วเหลือง ตามลำดับ

ในขณะที่โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่ไม่เติมรำข้าวไฮโดรไลเสทผงมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS เริ่มต้นค่อนข้างสูงซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.36 mg Trolox eq./g Sample การเติมรำข้าวไฮโดรไลเสทผงที่ความเข้มข้น 0.75 และ 1.0 % ส่งผลให้คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ไม่เติมรำข้าวไฮโดรไลเสทผงเล็กน้อย มีค่าเท่ากับ 1.57 และ 1.60 mg Trolox eq./g Sample ตามลำดับ (ภาพที่ 1a) ส่วนคุณสมบัติในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเสริมรำข้าวไฮโดรไลเสทผงเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของรำข้าวไฮโดรไลเสทผงจนถึง 0.75 % (ภาพที่ 1b, $p < 0.05$) และเริ่มคงที่เมื่อความเข้มข้นเพิ่มเป็น 1.0 % ซึ่งมีความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกเท่ากับ 0.23 mg Trolox eq./g Sample

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากถั่วเหลืองเสริมรำข้าวไฮโดรไลเสทพหุที่ความเข้มข้น 0.0-1.0 % มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS และคุณสมบัติในการวัดสีเหลืองฟลูออเรสเซนต์ สูงกว่าโยเกิร์ตจากนมโค (ภาพที่ 1a และ b, $p < 0.05$)

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมรำข้าวไฮโดรไลเสทพหุ

การเติมรำข้าวไฮโดรไลเสทพหุที่ความเข้มข้น 0.75-1.0 % มีแนวโน้มทำให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความเป็นเนื้อเดียวกันของโยเกิร์ตนมโคมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ตารางที่ 1) คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความเป็นเนื้อเดียวกันของโยเกิร์ตนมโคสูตรที่เติมรำข้าวไฮโดรไลเสท 0.50 % มากกว่าสูตรอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม คะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (ตารางที่ 1)

การเติมรำข้าวไฮโดรไลเสทพหุในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองมีแนวโน้มทำให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม แต่ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านสี เนื้อสัมผัส และความเป็นเนื้อเดียวกัน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมโคเสริมรำข้าวไฮโดรไลเสทพหุ 0.0-1.0 %

RBH (%)	สี	กลิ่น	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	ความชอบโดยรวม ^{ns}
0.00	6.95 ± 1.79 ^c	6.20 ± 1.32 ^{ab}	5.55 ± 2.19	6.35 ± 1.76 ^{ab}	6.75 ± 1.62 ^{ab}	6.45 ± 1.39
0.25	6.60 ± 1.23 ^{bc}	6.55 ± 1.05 ^{ab}	5.75 ± 1.80	5.75 ± 1.80 ^a	6.75 ± 1.37 ^{ab}	6.45 ± 1.32
0.50	6.85 ± 1.34 ^{bc}	7.05 ± 1.28 ^b	6.45 ± 1.57	6.95 ± 1.57 ^c	7.20 ± 1.44 ^c	6.60 ± 1.76
0.75	6.15 ± 1.69 ^{ab}	5.80 ± 2.04 ^a	5.90 ± 1.731	5.95 ± 1.73 ^a	6.15 ± 1.57 ^a	6.05 ± 1.47
1.00	5.85 ± 1.95 ^a	5.75 ± 1.86 ^a	5.60 ± 2.00	5.65 ± 2.00 ^a	6.15 ± 1.76 ^a	5.85 ± 2.13

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$); ตัวอักษร ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเสริมรำข้าวไฮโดรไลเสทพหุ 0.0-1.0 %

RBH (%)	สี ^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส ^{ns}	ความเป็นเนื้อเดียวกัน ^{ns}	ความชอบโดยรวม
0.00	5.15 ± 2.13	5.51 ± 2.03 ^b	5.75 ± 2.55 ^b	5.65 ± 2.21	5.80 ± 2.07	5.80 ± 2.12 ^b
0.25	4.95 ± 2.21	4.80 ± 2.44 ^{ab}	4.95 ± 2.80 ^{ab}	5.20 ± 2.46	5.30 ± 2.52	5.15 ± 2.48 ^{ab}
0.50	4.95 ± 2.11	4.40 ± 1.93 ^{ab}	4.60 ± 2.46 ^a	4.75 ± 2.47	4.80 ± 2.63	4.45 ± 1.93 ^a
0.75	4.85 ± 1.95	4.20 ± 2.17 ^a	4.80 ± 2.40 ^{ab}	4.90 ± 2.22	5.15 ± 2.18	4.95 ± 2.01 ^{ab}
1.00	4.95 ± 2.06	4.65 ± 1.93 ^{ab}	5.15 ± 1.87 ^{ab}	5.30 ± 2.00	4.90 ± 2.45	5.05 ± 1.90 ^{ab}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$); ตัวอักษร ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

วิจารณ์ และสรุปผลการทดลอง

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากในกระบวนการหมักแบคทีเรียจะย่อยสลายโปรตีนนมได้เปปไทด์และกรดอะมิโนที่มีหมู่ฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบ [8] จากภาพที่ 1a และ b คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS และคุณสมบัติการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกของโยเกิร์ตนมโคเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของรำข้าวไฮโดรไลเสท และมีความมากกว่าสูตรที่ไม่เติมรำข้าวไฮโดรไลเสท เนื่องจากรำข้าวไฮโดรไลเสทผงซึ่งมีส่วนผสมของเปปไทด์ (แอลฟาอะมิโน) และสารประกอบฟีนอลิก จึงส่งผลให้คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น Thamnarathip *et al.* [9] รายงานว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดบ่งชี้ถึงสารประกอบฟีนอลิกและกรดอะมิโนที่อยู่ภายในสายเปปไทด์ที่มีหมู่ฟีนอลิกเป็นส่วนประกอบ และมีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และพบว่าเปปไทด์จากรำข้าวแสดงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ Phongthai *et al.* [10] รายงานว่ารำข้าวไฮโดรไลเสทมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และกรดอะมิโนไทโรซีนและฟีนิลอะลานีนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS และคุณสมบัติในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริก

โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่ไม่เติมรำข้าวไฮโดรไลเสทผง (สูตรควบคุม) มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS เริ่มต้นค่อนข้างสูง (ภาพที่ 1a) ถั่วเหลืองมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากถั่วเหลืองมีสารประกอบไอโซฟลาโวน และสารประกอบฟีนอลิก [11-12] จึงทำให้โยเกิร์ตถั่วเหลืองสูตรควบคุมมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูง ดังนั้น การเติมรำข้าวไฮโดรไลเสทผงที่ความเข้มข้น 0.75-1.0% จึงมีผลในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย การที่คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมรำข้าวไฮโดรไลเสทผงความเข้มข้น 0.5-1.0% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 1a) อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านการละลายของรำข้าวไฮโดรไลเสทผง Charoen *et al.* [13] รายงานว่าที่สภาวะความเป็นกรด (pH 4.0) ความสามารถในการละลายของรำข้าวไฮโดรไลเสทผงลดลงมีค่าเท่ากับ $27.60 \pm 0.56\%$ เนื่องจากค่า pH ดังกล่าวใกล้เคียงกับจุดไอโซอิเล็กทริก (Isoelectric Point) ของโปรตีนรำข้าวซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.5 [14] ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.4-4.88 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับจุดไอโซอิเล็กทริกอาจทำให้ความสามารถในการละลายของรำข้าวไฮโดรไลเสทลดลง จึงส่งผลให้คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS ไม่แตกต่างทางสถิติที่ความเข้มข้นรำข้าวไฮโดรไลเสทผง 0.5-1.0% (ภาพที่ 1a) ส่วนคุณสมบัติในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกของโยเกิร์ตถั่วเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของรำข้าวไฮโดรไลเสทผงจนถึงความเข้มข้น 0.75% และมีความคงที่หลังจากนั้น (ภาพที่ 1b) อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านการละลายของรำข้าวไฮโดรไลเสทผง

โยเกิร์ตจากถั่วเหลืองเสริมรำข้าวไฮโดรไลเสทผงที่ความเข้มข้น 0.0-1.0% มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ABTS และคุณสมบัติในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริก สูงกว่าโยเกิร์ตจากนมโค (ภาพที่ 1a และ b) เนื่องจากถั่วเหลืองมีสารไอโซฟลาโวนและสารประกอบฟีนอลิกสูง ผลงานวิจัยนี้สอดคล้องกับ Shori [8] ซึ่งรายงานว่า การเติมสารสกัดจากถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมโคส่งผลให้คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของโยเกิร์ตนมโคผสมนมถั่วเหลืองมีค่าสูงกว่าโยเกิร์ตนมโคที่ไม่ได้ผสมนมถั่วเหลือง

การเติมรำข้าวไฮโดรไลเสทผงที่ความเข้มข้น 0.75-1.0% มีผลทำให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และความเป็นเนื้อเดียวกันของโยเกิร์ตนมโคมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ตารางที่ 1) เนื่องจากรำข้าวไฮโดรไลเสทมีสีน้ำตาลเข้มและมีกลิ่นของรำข้าวค่อนข้างแรง ทำให้ผู้ทดสอบชิมไม่ชอบ และ

การเติมรำข้าวไฮโดรไลสความเข้มข้น 0.75-1.0 % อาจไปขัดขวางการเกิดเจลของโปรตีนในโยเกิร์ต ทำให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะด้านความเป็นเนื้อเดียวกันลดลง แต่อย่างไรก็ตาม การเติมรำข้าวไฮโดรไลสความเข้มข้น 0.75-1.0 % ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของโยเกิร์ตนมโค Demirci *et al.* [15] รายงานว่าการเติมรำข้าวความเข้มข้น 12 และ 3 % มีผลในการเพิ่มคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ แต่มีผลทำให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตนมโคสูตรที่ไม่ได้เติมรำข้าว

การเติมรำข้าวไฮโดรไลสผงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองมีผลทำให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ตารางที่ 2) แต่ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านสี และเนื้อสัมผัส เนื่องจากโยเกิร์ตถั่วเหลืองมีสีน้ำตาล ดังนั้นการเติมรำข้าวไฮโดรไลสผงซึ่งมีสีน้ำตาลเหมือนกันจึงไม่มีผลต่อความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ การเติมรำข้าวไฮโดรไลสผงที่ความเข้มข้น 0.25-1.0 % มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความเป็นเนื้อเดียวกัน และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2, $p > 0.05$) เนื่องจากโยเกิร์ตถั่วเหลืองมีกลิ่นเหม็นเขียวหรือกลิ่นถั่วค่อนข้างแรง ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของรำข้าวไฮโดรไลสผงอาจจะไม่มีผลต่อความชอบด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองสูตรควบคุมและสูตรที่เติมรำข้าวไฮโดรไลสผงความเข้มข้น 0.25-1.0 % อยู่ในระดับเฉย ๆ ซึ่งผลคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งพบว่าคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่อโยเกิร์ตถั่วเหลืองค่อนข้างต่ำ เนื่องมาจากกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ของถั่วเหลือง [16]

จากงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าการเติมรำข้าวไฮโดรไลสผงที่ความเข้มข้น 0.25-1.0 % มีผลในการเพิ่มคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS และคุณสมบัติในการรีดิวซ์เหล็กเฟอริกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมโคและนมถั่วเหลือง ความเข้มข้นรำข้าวไฮโดรไลสผงที่เหมาะสมที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมโคและนมถั่วเหลือง คือ 1.0 % และ 0.75 % ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม การเติมรำข้าวไฮโดรไลสผงมีผลทำให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลดลง งานวิจัยนี้บ่งชี้ว่าการเติมรำข้าวไฮโดรไลสผงมีศักยภาพในการเสริมคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในโยเกิร์ตนมโคและนมถั่วเหลืองสำหรับพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์นม (ต่อเนื่อง) คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (นายธนพงษ์ นิลกลาง นายฤทธิชัย พงษ์ราชศรี และนายวันชัย วิเชียรรัมย์) ที่ช่วยทำงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นครราชสีมา ที่สนับสนุนสถานที่ และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

References

- [1] Trachoo, N. (2002). Yogurt: The fermented milk. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 24(4), 727–737.
- [2] Smith, K. J., & Huyser, W. (1987). World distribution and significance of soybean. In J.R. Wilcox (ed.). *Soybeans: Improvement, production and uses*, 2nd Ed. 1-22. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
- [3] Moskovitz, J., Yim, M. B., & Chock, P. B. (2002). Free radicals and disease. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 397(2), 354–359. DOI: 10.1006/abbi.2001.2692.
- [4] Qian, Z. J., Jung, W. K., & Kim, S. K. (2008). Free radical scavenging activity of a novel antioxidative peptide purified from hydrolysate of bullfrog skin, *Rana catesbeiana* Shaw. *Bioresource Technology*, 99(6), 1690–1698. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.04.005.
- [5] Wattanasiritham, L., Theerakulkait, C., Wickramasekara, S., Maier, C. S., & Stevens, J. F. (2016). Isolation and identification of antioxidant peptides from enzymatically hydrolyzed rice bran protein. *Food Chemistry*, 192, 156–162. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.06.057.
- [6] Tadakottisarn, S. (2015). *Protein products and hydrolyzed protein from jasmine rice bran* (Online). Retrieved June 7, 2020, from <http://https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=20578>.
- [7] Wiriyaphan, C., Chitsomboon, B., & Yongsawadigul, J. (2012). Antioxidant activity of protein hydrolysates derived from threadfin bream surimi byproducts. *Food Chemistry*, 132(1), 104–111. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.10.040.
- [8] Shori, A.B. (2013). Antioxidant activity and viability of lactic acid bacteria in soybean-yogurt made from cow and camel milk. *Journal of Taibah University for Science*, 7(4), 202–208. DOI:10.1016/j.jtusci.2013.06.003.
- [9] Thamnarathip, P., Jangchud, K., Nitisinprasert, S., & Vardhanabhuti, B. (2016). Identification of peptide molecular weight from rice bran protein hydrolysate with high antioxidant activity. *Journal of Cereal Science*, 69, 329–335. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.04.011.
- [10] Phongthai, S., Lim, S. T., & Rawdkuen, S. (2016). Optimization of microwave-assisted extraction of rice bran protein and its hydrolysates properties. *Journal of Cereal Science*, 70, 146–154. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.06.001.
- [11] Kim, J. A., Jung, W. S., Chun, S. C., Yu, C. Y., Ma, K. H., Gwag, J. G., & Chung, I. M. (2006). A correlation between the level of phenolic compounds and the antioxidant capacity in cooked-with-rice and vegetable soybean (*Glycine max* L.) varieties. *European Food Research and Technology*, 224(2), 259–270. DOI:10.1007/s00217-006-0377-y.
- [12] Slavin, M., Cheng, Z., Luther, M., Kenworthy, W., & Yu, L. (2009). Antioxidant properties and phenolic, isoflavone, tocopherol and carotenoid composition of Maryland-grown soybean lines with altered fatty acid profiles. *Food Chemistry*, 114(1), 20–27. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.09.007.

- [13] Charoen, R., Tipkanon, S., & Savedboworn, W. (2017). Production of rice bran protein hydrolysates from traditional Thai rice bran (Plai-Ngahm-Prachinburi). *International Food Research Journal*, 24(6), 2304–2311.
- [14] Chandi, G. K., & Sogi, D. S. (2007). Functional properties of rice bran protein concentrates. *Journal of Food Engineering*, 79(2), 592–597. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.02.018.
- [15] Demirci, T., Aktaş, K., Sözeri, D., Öztürk, H.I., & Akin, N. (2017). Rice bran improve probiotic viability in yoghurt and provide added antioxidative benefits. *Journal of Functional Foods*, 36(1), 396–403. DOI:10.1016/j.jff.2017.07.019.
- [16] Wu, Y. F., Molaison, E. F., Pope, J. F., & Reagan, S. (2005). Attitudes and acceptability of soy-based yogurt by college students. *Nutrition & Food Science*, 35(3–4), 253–257. DOI: 10.1108/00346650510605649.