

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

จตุพัฒน์ สมป์ปิโต* จิรพร ทูลภิรมย์ และ ณัฐหทัย ธรรมวาโร

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะผลิตอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในรูปของอาหารทั่วไปและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งโยเกิร์ตจัดเป็นหนึ่งในอาหารเพื่อสุขภาพที่สามารถรับประทานได้ทั้งในเด็ก วัยรุ่น ผู้ใหญ่ และผู้สูงอายุ โดยงานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการผลิตโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำด้วยการแปรอัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ (black glutinous hang rice milk, BGHRM) ต่อนมวัว (cow milk, CM) ที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 0:100 (สูตรควบคุม) 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 ตามลำดับ หลังจากนั้นนำโยเกิร์ตที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ผลการทดลองพบว่า ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตแต่ละสูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำต่อนมวัวที่อัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่สูงมากขึ้น จะทำให้ค่าความหนืด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย ($p \leq 0.05$) และโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำทุกสูตรมีปริมาณแบคทีเรียแลคติกอยู่ในช่วง 8.34 - 8.75 log CFU/g และตรวจไม่พบยีสต์และรา จากการนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทุกสูตรมาประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโยเกิร์ตที่ผลิตด้วย BGHRM:CM ที่อัตราส่วน 10:90 ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด และพบว่าโยเกิร์ตที่ผลิตด้วย BGHRM:CM ที่อัตราส่วน 10:90 ให้ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุดเช่นเดียวกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม ดังนั้น โยเกิร์ตที่ใช้ใช้น้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำต่อนมวัวที่อัตราส่วน 10:90 จึงเหมาะสมสำหรับการผลิตโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

คำสำคัญ: แอนโทไซยานิน ข้าวฮางข้าวเหนียวดำ แบคทีเรียแลคติก โยเกิร์ต

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: jatupat.sa@bru.ac.th

Product Development of Black Glutinous Hang Rice Yogurt

Jatupat Samappito^{*}, Jiraporn Toolpirom and Natthatai Thummawaro

*Department of Food Science, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University,
Buriram, 31000, Thailand*

Abstract

This research was aimed to produce healthy foods in the form of regular diet which was accepted by consumers and yogurt is a healthy product which is popular among children, teenagers, adults and elders. Firstly, yogurt from black sticky Hang rice which composed of the different ratio of black glutinous hang rice milk (BGHRM) to cow milk (CM) as 0: 100 (control), 10:90, 20:80, 30:70 and 40:60 was conducted. After that, they were determined for chemical, physical and microbiological properties. The result showed that the yoghurts were not different ($p>0.05$) in pH, and total acidity contents. It was found that yogurts that were prepared from BGHRM with the higher BGHRM:CM ratios led to the more of an increase in viscosity, total phenolic content, anthocyanin content and scavenging abilities in yogurts ($p\leq 0.05$). All formula of yogurts revealed that the number of lactic acid bacteria ranged from 8.34 to 8.75 log CFU/g. Yeast and mold were not found in the products. All products were sensory evaluated for liking scores (color, odor, taste, texture and overall liking) by using 9-point hedonic scale and used 30 panelists. The result indicated that BGHRM (10): CM (90) yogurt got the highest acceptability scores of color, smell, flavor and overall liking. The results showed that BGHRM (10):CM (90) yogurt got the highest acceptability scores from the panelists in moderate to like level as same as control. Consequently, yoghurt added with BGHRM: CM as a ratio of 10:90 was suitable for black glutinous Hang rice yogurt production.

Keywords: Anthocyanin, Black Glutinous Hang Rice, Lactic Acid Bacteria, Yogurt

*

Corresponding author: E-mail: jatupat.sa@bru.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่เริ่มสนใจต่อสุขภาพของตนเองมากขึ้นโดยมุ่งเน้นบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์นมหมักก็เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะโยเกิร์ต (yoghurt) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้จากกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างกรดแลคติกได้ เช่น *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นจุลินทรีย์ที่ปลอดภัย (Generally Recognized As Safe; GRAS) (Tanganurat *et al.*, 2014) โดยจุลินทรีย์จะย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก ทำให้โปรตีนในนม คือ เคซีน (casein) เกิดการเปลี่ยนแปลงตกตะกอนเป็นเคิร์ด คล้ายไข่ตุ๋น ผิวเรียบ อ่อนนุ่ม ทำให้มีภาวะเป็นกรดจึงทำให้มีรสเปรี้ยว โดยมีความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 3.8-4.6 โยเกิร์ตมีประโยชน์มากมายหลายประการ เช่น ป้องกันอาการท้องอืด อาหารไม่ย่อย หรือท้องเดิน ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดมะเร็งบริเวณเนื้อเยื่อกระดูก เป็นต้น (Chaikul sareewath *et al.*, 2015) นอกจากนี้การรับประทานโยเกิร์ตเป็นประจำจะช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันโรคในร่างกายควบคุมคอเลสเตอรอลในเลือด และช่วยลดไขมันในธรรมชาติที่มีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมน ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันผนังกระเพาะอาหารจากสารกระตุ้น เช่น แอลกอฮอล์ บุหรี่ เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคมะเร็งและเนื้องอกในลำไส้ใหญ่ (Unhasirikul *et al.*, 2018)

ข้าวฮาง (Hang rice) เป็นผลผลิตทางภูมิปัญญามาตั้งแต่สมัยโบราณ สำหรับกระบวนการผลิตนั้นข้าวเปลือกจะถูกแช่น้ำนาน 12 ชม. เพื่อให้เปลือกข้าวมีการอ่อนตัว จากนั้นนำข้าวมาบ่มเพื่อให้เกิดการงอกก่อนนำมาหนึ่งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำให้เย็น อบแห้ง และนำมากะเทาะเปลือกออก โดยไม่ผ่านการขัดสีจะได้เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวฮาง ด้วยกระบวนการที่มีการแช่ การบ่ม

เพื่อให้เกิดการงอก และทำให้ข้าวเปลือกสุกโดยการนี้ก่อนนำไปกะเทาะเปลือก ทำให้สารอาหารต่างๆ จากเปลือกเข้าไปยังเมล็ดข้าว จึงอาจถือได้ว่าข้าวฮางเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพ (Chienseng *et al.*, 2018) อีกทั้งข้าวฮางงอกเป็นข้าวที่มีส่วนของจมูกข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นแหล่งรวมแร่ธาตุและสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้ยังมีกรดแกมมา-แอมิโนบิวเทริก (gamma-aminobutyric acid; GABA) ช่วยป้องกันโรคเกี่ยวกับระบบประสาท ลดความดันโลหิต ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (Komatsuzaki *et al.*, 2007; Vansavang *et al.*, 2016) ปัจจุบันมีการนำข้าวหลากหลายสายพันธุ์ทั้งข้าวเจ้า (ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหอมมะลิ ข้าวหอมแดง ข้าวหอมทอง ข้าวหอมจันทร์) และข้าวเหนียวดำ (ข้าวลิ้มผั่ว) มาใช้ในการผลิตข้าวฮางสำหรับข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L.) เป็นข้าวที่มีลักษณะเด่น คือเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นสีแดงจนถึงม่วงเข้ม ซึ่งเป็นแหล่งของสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) สารดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Chuched *et al.*, 2007) มีคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) ช่วยในเรื่องของการหมุนเวียนกระแสโลหิต และชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Oumaree *et al.*, 2014) และยังมีรายงานว่าแอนโทไซยานินเป็นสารที่มีคุณสมบัติต้านมะเร็งทำให้เซลล์ในร่างกายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ป้องกันการเกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคหัวใจ ลดการอักเสบของผิวหนัง และลดริ้วรอยทำให้ผิวพรรณสดใส (Aninbon *et al.*, 2011)

จากคุณประโยชน์ของโยเกิร์ตและข้าวฮาง ข้าวเหนียวดำที่กล่าวมาในข้างต้น และปัจจุบันการนำข้าวฮางมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพยังมีค่อนข้างน้อย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำข้าวฮางข้าวเหนียวดำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ซึ่งจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภค อีกทั้งเพื่อเพิ่มความ

หลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปมาจากวัตถุดิบภายในประเทศ สามารถเพิ่มมูลค่าและยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้นอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

ข้าวฮางข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว (ข้าวฮางลิ้มผั่ว) จัดซื้อจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนข้าวหอมมะลิ-ข้าวฮางภูเขาไฟ บ้านหนองบัวราย ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ นมพาสเจอร์ไรซ์รสจืด (ตราซีพี-เมจิ) น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล) เจลาติน (ตราแม็กกาแลต) และโยเกิร์ตทางการค้ารสธรรมชาติ (ตราดัชชี)

2. การเตรียมน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

โดยนำข้าวฮางลิ้มผั่วมาแช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 6 ชม. จากนั้นนำข้าวมาล้างนาน 40 นาที แล้วพักไว้ให้เย็น จึงนำข้าวมาปั่นด้วยอัตราส่วนของข้าว 20 ก./น้ำ 80 มล. จะได้น้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ (black glutinous hang rice milk, BGHRM) สำหรับนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3. การผลิตโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

สำหรับส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำประกอบไปด้วยส่วนผสมต่างๆ ในอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ได้แก่ น้ำตาลทราย (ร้อยละ 6) เจลาติน (ร้อยละ 0.5) หัวเชื้อ โยเกิร์ต (ร้อยละ 8) นมวัว (cow milk, CM) และน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ ซึ่งจะทำการทดแทนนมวัวด้วยน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 0:100 (สูตรควบคุม) 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 (ดัดแปลงสูตรจาก Chaikul sareewath & Korsaked, 2009) จากนั้นนำมาส่วนผสมมาพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ลดอุณหภูมิให้เหลือ 42-45 °ซ แล้วจึงเติม

หัวเชื้อโยเกิร์ต และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 43 °ซ นาน 6 ชม. หรือจนกระทั่งโยเกิร์ตมีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 จากนั้นทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5±1 °ซ เพื่อรอการวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

4. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

4.1 ค่าสี วิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น ColorFlex Ez 45/0 L (Hunter Associates Laboratory; USA) โดยค่า L* คือค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือสีดำ และ 100 คือสีขาว a* คือค่าสีเขียว (-a*) – ค่าสีแดง (+a*) และ b* คือสีน้ำเงิน (-b*) – ค่าสีเหลือง (+b*)

4.2 วัดความหนืด ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Brookfield DV2T Rotational Viscometer โดยเตรียมตัวอย่างโยเกิร์ตใส่ภาชนะทรงสูง ปริมาตร 150 มล. ใช้หัววัดเบอร์ 4 ความเร็วรอบ 80 rpm อ่านผลการทดลองเป็นเวลา 30 วินาที

4.3 การวัดค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (Syneresis) โดยชั่งตัวอย่างโยเกิร์ตจำนวน 20 ก. นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เป็นเวลา 2 ชม. จากนั้นชั่งน้ำหนักน้ำที่แยกตัวออกมาจากตัวอย่างโยเกิร์ต แล้วคำนวณหาค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต ตามวิธีคำนวณตั้งสมการด้านล่าง (Cheng *et al.*, 2017)

$$\text{Syneresis (\%)} = W_1 \times 100/W_0$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักของน้ำที่แยกออกจากโยเกิร์ต

W_0 = น้ำหนักของโยเกิร์ตเริ่มต้น

4.4 การวิเคราะห์ลักษณะด้านเนื้อสัมผัส เตรียมตัวอย่างโยเกิร์ตแต่ละสูตร โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5±1 °ซ เป็นเวลา 48 ชม. จากนั้นนำมาวิเคราะห์ลักษณะด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น CT3 (Brookfield Ametek; UK) ดัดแปลงจากวิธีของ Cheng *et al.* (2017) ด้วยการวัด Texture

Profile Analysis (TPA) ซึ่งจะทำให้การกัดตัวอย่าง 2 ครั้ง แทนการเคี้ยวของผู้บริโภค ด้วยหัววัดชนิด Cylindrical probe 36 mm (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 36 มม. (TA4/1000)) โดยตั้งค่า Pre-test 1 mm/s, Post-test 10 mm/s, Test-speed 1 mm/s และ Distance 20 mm.

5. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

5.1 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ทำการสุ่มตัวอย่างโยเกิร์ตแต่ละสูตรมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (Sartorius, Docu-pH)

5.2 การวัดค่าความเป็นกรดจากการไทเทรต (Titratable acidity, TA) โดยการสุ่มตัวอย่างโยเกิร์ต 2 กรัม แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 3-5 หยด แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าความเป็นกรดจากสูตร โดยคำนวณเทียบกับกรดแลคติก (AOAC, 2000) ดังสมการด้านล่าง

ความเป็นกรด (กรดแลคติก) (%) = $\frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH} \times \text{ปริมาตรของ NaOH} \times 0.09 \times 100}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}}$

หมายเหตุ 0.09 คือ milliequivalent weight ของกรดแลคติก

5.3 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content, TPC) โดยวิธี Folin-Ciocalteu method ดัดแปลงวิธีจาก Butsat and Siriamornpun (2010) โดยสกัดตัวอย่าง 5 ก. ด้วยสารละลาย เอทานอลความเข้มข้น 80% ปริมาตร 100 มล. เขย่าด้วยความเร็ว 150 rpm เป็นเวลา 2 ชม. แล้ว

กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นจึงนำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 0.5 มล. มาผสมกับสารละลาย 10% Folin Ciocalteu's reagent ปริมาตร 2.5 มล. เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที แล้วเติมสารละลาย sodium carbonate ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มล. และเขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชม. จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer และใช้กรดแกลลิกเป็นสารละลายมาตรฐาน รายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก (Gallic acid) ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (mg GAE/ 100 g sample)

5.4 วิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total Anthocyanin Content, TAC) ด้วยวิธี pH differential ดัดแปลงตามวิธีของ Wrolstad *et al.* (2005) ทำการสกัดสารละลายตัวอย่าง 5 ก. ด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 80% ปริมาตร 100 มล. เขย่าด้วยความเร็ว 150 rpm เป็นเวลา 2 ชม. และกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นจึงผสมสารสกัดตัวอย่างลงในหลอดทดลองที่ 1 ปริมาณ 1 มล. เติมสารละลายบัฟเฟอร์โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride, 0.025 M) pH 1.0 ปริมาตร 4 มล. และผสมสารสกัดตัวอย่างในหลอดทดลองที่ 2 ปริมาณ 1 มล. เติมสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตท (Sodium acetate, 0.4 M) pH 4.5 ปริมาตร 4 มล. จากนั้นนำหลอดทดลองทั้ง 2 หลอด ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร ตามลำดับ ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer จากนั้นคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินของตัวอย่างในรูปของมิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ ดังสมการด้านล่าง

ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/L) =
$$(A \times Mw \times DF \times 1,000) / (\epsilon \times L)$$

เมื่อ $A = (A_{510} - A_{700})_{\text{pH 1.0}} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH 4.5}}$
 A_{510} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm.
 A_{700} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 nm.
 $Mw = 449.2 \text{ g/mol}$ (น้ำหนักโมเลกุลของ cyanidin-3-glucoside)
 DF = dilution factor ของสารละลายตัวอย่าง
 $\epsilon = 26,900 \text{ L/mol/cm}$ (โมลาร์เอพซอพติวิตี)
 L = ความกว้างของ cuvette = 1 cm
 จำนวนหน่วยเป็นมิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (mg cyanidin-3-glucoside/100 g sample)

5.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ
 โดยวิธีการทดสอบความสามารถของสารละลายตัวอย่าง ในการดักจับอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity assay) ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Brand-Williams *et al.* (1995) โดยทำการสกัดตัวอย่าง 5 ก. ด้วยสารละลาย เอทานอลความเข้มข้น 80% ปริมาตร 100 มล. เขย่า ด้วยความเร็ว 150 rpm เป็นเวลา 2 ชม. แล้วกรองด้วย กระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นจึงนำสารสกัดตัวอย่าง 0.5 มล. มาเติมด้วยสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 10 μM ปริมาตร 3 มล. เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปตั้งในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer และคำนวณหาความสามารถ ในการต้านอนุมูลอิสระ ดังสมการด้านล่าง

Scavenging ability (%) =
$$[(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100$$

เมื่อ A_{control} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH
 A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างที่ผสม

กับสารละลาย DPPH

6. การศึกษาคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

6.1 ปริมาณแบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria count) (Srisuk, 2016) วิเคราะห์โดยวิธี spread plate ทำการชั่งโยเกิร์ต 25 ก. ใส่ลงใน Peptone water ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มล. นำไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีปั่น (Stomacher) เป็นเวลา 2 นาที เตรียมความเจือจางให้เหมาะสมในการตรวจหาเชื้อแบคทีเรียแลคติกนำตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง Man Rogosa Sharp (MRS Agar) บ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 24-48 ชม. คำนวณจำนวนแบคทีเรียแลคติก แล้วรายงานผล เป็น Colony Forming Unit (log CFU/ml)

6.2 ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and mold count) โดยทำการชั่งโยเกิร์ต 25 กรัมใส่ลงใน Peptone water ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มล. นำไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีปั่น เป็นเวลา 2 นาที เตรียมความเจือจางให้เหมาะสมในการตรวจหา จุลินทรีย์ทั้งหมด นำสารละลายที่ระดับความเจือจางที่ เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ แล้ว นำอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA Agar) ที่เตรียมไว้และทิ้งไว้ในอุณหภูมิ 45-50 °ซ นำมาใช้ วิเคราะห์ด้วยเทคนิค pour plate บ่มที่อุณหภูมิ 28 °ซ นาน 3-5 วัน และคำนวณจำนวนยีสต์และรา รายงานผล เป็น Colony Forming Unit (log CFU/ml) (Harrigan, 1998)

7. การประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

นำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำทั้ง 5 สูตร มาวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ คือ ทดสอบความชอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน

จำนวน 30 คน โดยให้คะแนนความชอบด้วยวิธีการ 9-point hedonic scale test (Chaikulsareewath *et al.*, 2015) ซึ่งมีระดับคะแนน 1-9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่/เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด)

8. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำในระหว่างการเก็บรักษา

ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำของสูตรควบคุม และสูตรที่เหมาะสมในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 °C เป็นเวลา 21 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโยเกิร์ตทางกายภาพทางเคมี และศึกษาคุณภาพของโยเกิร์ตทางด้านจุลชีววิทยา โดยตรวจสอบหาปริมาณจุลินทรีย์แลคติกและปริมาณยีสต์และรา

9. การวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์ทางสถิติ

สำหรับการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ส่วนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดสอบแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปของค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean \pm SD) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้จากแต่ละการศึกษาด้วย one-way ANOVA และ Duncan Multiple Range Test สำหรับการทดสอบคุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาจะทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างด้วย Independent Sample T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

จากการผลิตโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำด้วยการแปรอัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ (black glutinous hang rice milk, BGHRM) กับนมวัว (cow milk, CM) ที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 0:100 (สูตรควบคุม) 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพได้ผลการทดลองดังนี้

ค่าสีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลการแปรอัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำกับนมวัวที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าค่าความสว่าง (L^*) มีค่าอยู่ระหว่าง 72.39-91.20 ค่าสีเขียว-ค่าสีแดง (a^*) มีค่าอยู่ระหว่าง (-2.17)-6.41 ค่าสีน้ำเงิน-ค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าอยู่ระหว่าง 6.21-9.76 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) และในโยเกิร์ตสูตรที่มีการทดแทนนมวัวด้วยน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนที่มากขึ้น จะทำให้ค่าความสว่างและค่าสีเหลือง มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสีเขียวและสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ จากการวิเคราะห์ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนระหว่าง BGHRM:CM ที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) โดยโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 40:60 มีความหนืดมากที่สุดในการวิเคราะห์ทางสถิติที่อัตราส่วน 30:70 ไม่แตกต่างกับอัตราส่วน 40:60 และ 20:80 เช่นเดียวกับที่อัตราส่วน 10:90 ไม่แตกต่างกับอัตราส่วน 20:80 และ 0:100 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในกระบวนการผลิตจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความหนืดในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตด้วย

ค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตของโยเกิร์ตแต่ละสูตรพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำนมข้าวฮางในการผลิตโยเกิร์ต ส่งผลให้ค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 40:60 มีค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตน้อยที่สุดในขณะที่โยเกิร์ตสูตรควบคุม มีค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตมากที่สุด (Table 1) ซึ่งจะสังเกตเห็นที่ผิวหน้าโยเกิร์ตนั้นจะมีน้ำใสๆ แยกตัวออกมาจากเคิร์ดของโยเกิร์ตอย่างชัดเจน โดยในการผลิตโยเกิร์ตต้องการให้มีการเกิดค่าการแยกตัวของน้ำในผลิตภัณฑ์ในปริมาณน้อยที่สุด

2. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างในการหมักโยเกิร์ตแต่ละสูตร พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ ไม่มีผลต่อกรดลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการหมัก คือโยเกิร์ตทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4.24-4.27 เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาค่าปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ซึ่งคิดเทียบกับกรดแลคติก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณกรดแลคติกของโยเกิร์ตแต่ละสูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.94-0.97 % ดังแสดงใน Table 2

จากการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของนมวัวที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตด้วยน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยโยเกิร์ตที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ (BGHRM:CM = 0:100) จะตรวจไม่พบทั้งสารประกอบฟีนอลิกและสารแอนโทไซยานิน สำหรับ

โยเกิร์ตที่มีส่วนผสมน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำกับนมวัวที่อัตราส่วนต่างๆ จะพบว่าในสูตรที่มีการเติมน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนที่สูงขึ้นจะส่งผลให้โยเกิร์ตมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 40:60 จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดมากที่สุด เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตสูตรอื่นๆ ดังแสดงใน Fig. 1 (A) และ (B) และเมื่อทำการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโยเกิร์ตที่ไม่มีส่วนผสมน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำจะมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตทุกสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนต่างๆ โดยโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 40:60 จะมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ดังแสดงใน Fig. 1 (C)

3. ผลการศึกษาปริมาณแบคทีเรียแลคติกของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

การวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต เพื่อป้อนถึงปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ โดยจุลินทรีย์ดังกล่าวเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นหัวใจในการหมักโยเกิร์ต ถ้าแบคทีเรียแลคติกหลงเหลือหลังจากผ่านกระบวนการหมักในปริมาณมากก็จะมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากตามไปด้วย และผลการทดลองพบว่าในโยเกิร์ตที่มีการแปรอัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำกับนมวัวที่อัตราส่วนที่แตกต่างกัน ยังคงมีปริมาณแบคทีเรียแลคติกในปริมาณสูง ซึ่งมีค่าระหว่าง 8.34-8.75 log CFU/g (Table 2) และมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม (8.43 log CFU/g)

Table 1 Physical properties of yogurt with various contents (10-40%) of black glutinous hang rice milk.

BGHRM:CM	L*	a*	b*	Viscosity (cP)	Syneresis (%)
0:100	91.20±0.01 ^a	-2.17±0.01 ^e	9.76±0.01 ^a	2922.66±238.15 ^c	33.12±0.45 ^a
10:90	85.25±0.01 ^b	1.59±0.01 ^d	7.46±0.01 ^b	3405.33±101.19 ^{bc}	32.03±0.25 ^b
20:80	80.32±0.02 ^c	3.63±0.01 ^c	6.62±0.01 ^c	3583.00±60.62 ^b	30.29±0.88 ^c
30:70	75.55±0.01 ^d	5.15±0.14 ^b	6.28±0.01 ^d	3822.66±267.85 ^{ab}	28.90±0.71 ^d
40:60	72.39±0.01 ^e	6.41±0.01 ^a	6.21±0.01 ^e	4245.33±471.21 ^a	27.85±0.10 ^e

Note: Value are mean±SD (n=3). Different superscripts in the same column indicate the significant differences (p≤0.05); BGHRM = black glutinous hang rice milk; CM = cow milk.

Table 2 Chemical properties and Lactic acid bacteria count of yogurt with various contents (10-40%) of black glutinous hang rice milk.

BGHRM:CM	pH ^{ns}	Titratable acidity ^{ns} (%)	Lactic acid bacteria ^{ns} (log CFU/g)
0:100	4.27±0.01	0.97±0.03	8.43±0.08
10:90	4.26±0.03	0.96±0.05	8.34±0.05
20:80	4.25±0.02	0.96±0.05	8.45±0.09
30:70	4.25±0.03	0.94±0.05	8.75±0.16
40:60	4.24±0.02	0.94±0.05	8.55±0.08

Note: Value are mean±SD (n=3). ns = non-significant differences (p>0.05); BGHRM = black glutinous hang rice milk; CM = cow milk.

4. ผลการศึกษาลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลิตจากการแปรอัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำกับนมวัวที่อัตราส่วนต่างๆ ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้ (Table 3) ค่าความแข็ง (Hardness) เป็นค่าแรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเสียรูป จากผลการทดลองพบว่า การแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM มีผลต่อค่าความแข็งของโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) โดยโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 0:100 มีความแข็งมากที่สุด เท่ากับ 9.33 N (p≤0.05) เมื่อเทียบ

กับโยเกิร์ตสูตรอื่น รองลงมาคือโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 ตามลำดับ ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) หรือเป็นค่าที่บ่งบอกความแข็งแรงของพันธะภายในที่เกิดขึ้นในชิ้นตัวอย่างแล้วทำให้ตัวอย่างทนต่อแรงที่มากกระทำก่อนที่ตัวอย่างจะขาดหรือแยกออกจากกัน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 30:70 และ 40:60 มีค่าความสามารถเกาะรวมตัวกันมากที่สุด (p≤0.05) เท่ากับ 0.46 และ 0.49 ตามลำดับ รองลงมาคือโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 20:80 และ 10:90

โดยโยเกิร์ตสูตรควบคุมมีค่าความสามารถเกาะรวมตัวกันน้อยที่สุด ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) เป็นระดับความสามารถในการคืนตัวกลับมาเหมือนเดิมเมื่อมีการถอนแรงกดออกไปจากตัวอย่าง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโยเกิร์ตที่สูตรควบคุมมีค่าความยืดหยุ่นมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 20:80 และ 30:70 ($p>0.05$) ค่าความเหนียวเป็นยางหรือกาว (Gumminess) เป็นพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างที่เป็นกึ่งของแข็งในอัตรา

การเคี้ยวที่คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้ ผลการทดลองพบว่าในโยเกิร์ตที่มีการแปรอัตราส่วนของของ BGHRM:CM ที่อัตราส่วนที่แตกต่างกัน มีผลต่อค่าความเหนียวเป็นยางหรือกาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 มีค่าความเหนียวเป็นยางหรือกาวไม่แตกต่างจากโยเกิร์ตสูตรควบคุม รองลงมาคือโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่อัตราส่วน 20:80 30:70 และ 40:60 ตามลำดับ

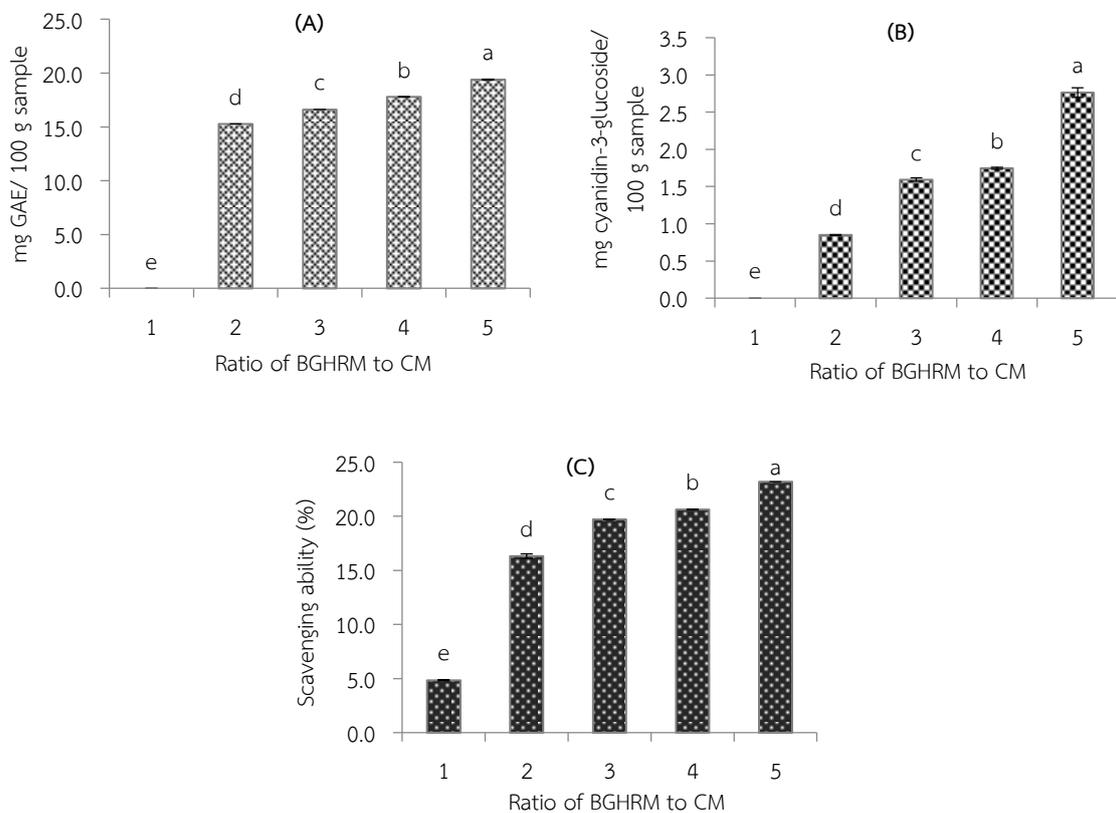


Fig. 1 Total phenolic content (A), total anthocyanin content (B) and scavenging ability (C) of yogurt with different ratio of black glutinous hang rice milk (BGHRM) to cow milk (CM) as 0:100 (1), 10:90 (2), 20:80 (3), 30:70 (4) and 40:60 (5).

Table 3 Texture profile analysis (TPA) of yogurt with various contents (10-40%) of black glutinous hang rice milk.

BGHRM:CM	Hardness (N)	Cohesiveness	Springiness (mm)	Gumminess (N)
0:100	9.33±0.62 ^a	0.32±0.02 ^c	21.74±2.57 ^a	3.10±0.10 ^a
10:90	8.05±0.40 ^b	0.38±0.01 ^b	20.66±0.57 ^{ab}	3.03±0.26 ^a
20:80	5.09±0.12 ^c	0.40±0.01 ^b	20.60±0.31 ^{ab}	2.02±0.05 ^b
30:70	3.56±0.17 ^d	0.46±0.01 ^a	20.19±0.42 ^{ab}	1.69±0.03 ^c
40:60	3.45±0.61 ^d	0.49±0.03 ^a	19.01±0.84 ^c	1.68±0.19 ^c

Note: Value are mean ±SD (n=3). Different superscripts in the same column indicate the significant differences (p≤0.05); BGHRM = black glutinous hang rice milk; CM = cow milk.

5. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

จากการนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีการแปรอัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำกับนมวัวที่อัตราส่วนที่ต่างกัน มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค แสดงผลในรูปของคะแนนความชอบเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (Table 4) จากตารางพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 0:100 และ 10:90 มากที่สุด ซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 8.27 และ 8.20

ตามลำดับ ซึ่งคะแนนดังกล่าวอยู่ในระดับความชอบมาก รวมถึงคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และรสชาติ ก็ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าสูตรอื่นเช่นกัน ในส่วนของโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 ยังได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (BGHRM:CM = 0:100) (p>0.05) ในขณะที่โยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 40:60 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคน้อยที่สุดในทุกๆ ด้าน

Table 4 Sensory evaluations of yogurt with various contents (10-40%) of black glutinous hang rice milk.

BGHRM:CM	Color	Odor	Flavor	Texture	Overall liking score
0:100	8.16±0.91 ^a	8.10±0.76 ^a	8.20±0.81 ^a	8.46±0.68 ^a	8.27±0.78 ^a
10:90	8.00±0.78 ^a	7.73±1.11 ^a	8.07±0.98 ^a	7.93±1.23 ^b	8.20±0.92 ^a
20:80	6.90±1.37 ^b	7.20±1.00 ^b	7.10±1.09 ^b	6.77±1.30 ^c	7.23±1.04 ^b
30:70	6.73±1.28 ^b	7.17±1.29 ^b	6.33±1.40 ^c	6.33±1.56 ^{cd}	6.90±1.24 ^b
40:60	6.63±1.56 ^b	6.70±1.37 ^c	6.20±1.63 ^c	6.03±1.47 ^d	6.40±1.35 ^c

Note: Value are mean ±SD (n=3). Different superscripts in the same column indicate the significant differences (p≤0.05); BGHRM = black glutinous hang rice milk; CM = cow milk.

6. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำในระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเคมี จุลชีววิทยา และการประเมินทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำทุกสูตร ได้ทำการคัดเลือกโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรที่เหมาะสม คือโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 จากนั้นนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม (BGHRM:CM ที่ 0:100) โดยนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 °ซ เป็นเวลา 21 วัน ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้ (Table 5)

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าค่าสีความสว่างและค่าสีเหลืองมีค่าต่ำกว่าโยเกิร์ตสูตรควบคุม ในขณะที่ค่าสีแดงมีค่ามากกว่า

โยเกิร์ตสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความหนืดพบว่าโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรที่เหมาะสมมีค่ามากกว่าโยเกิร์ตสูตรควบคุม และค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรควบคุมจะมีค่ามากกว่าโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรที่เหมาะสม

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลคติกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 4.16 และ 1.04% ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรที่เหมาะสมจะมีค่ามากกว่าโยเกิร์ตสูตรควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Table 5 Physical, chemical, and microbiological properties of yogurt under 21 days of refrigerated storage.

Properties		Control (0:100)	BGHRM:CM (10:90)
Physical	L*	90.36±0.01 ^a	85.25±0.01 ^b
	a*	-2.20±0.01 ^b	0.96±0.01 ^a
	b*	10.37±0.02 ^a	8.45±0.01 ^b
	Viscosity (cP)	4361.00±15.55 ^b	4896.00±55.15 ^a
	Syneresis (%)	37.06±0.49 ^a	31.55±0.56 ^b
Chemical	pH ^{ns}	4.16±0.01	4.16±0.01
	Titratable acidity ^{ns} (%)	1.04±0.06	1.04±0.06
	Scavenging ability (%)	2.21±0.05 ^b	4.84±0.04 ^a
Microbiology	Lactic acid bacteria (log CFU/g)	7.40±0.97 ^b	8.08±0.19 ^a
	Yeast & Mold (log CFU/g)	ND	ND

Note: Value are mean ±SD (n=3). Different superscripts in the same row indicate the significant differences ($p \leq 0.05$); ns = non-significant differences ($p > 0.05$); ND = not detect.

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่ผลิตด้วยการแปรรูปอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าตลอดการเก็บรักษาปริมาณแบคทีเรียแลคติกของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ $8.08 \log \text{CFU/g}$ ซึ่งเป็นปริมาณจุลินทรีย์ที่มากพอที่จะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค และยังพบว่ามีค่ามากกว่าโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำทั้งสองสูตรยังตรวจไม่พบยีสต์และราตลอดช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษา

วิจารณ์ผลการวิจัย

คุณสมบัติทางกายภาพของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ ในโยเกิร์ตที่มีส่วนผสมของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในปริมาณสูงชัน จะทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง และค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ขณะที่ค่าสีเขียวและสีแดง (a^*) มีค่าเพิ่มขึ้น มีความเป็นสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Charoenphun (2019) ได้ทำการศึกษากาการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำจากน้ำนมข้าวเหนียวดำ พบว่าการผสมข้าวเหนียวดำลงในไอศกรีมจะทำให้ค่าสีมีแนวโน้มไปโทนสีแดงถึงม่วง เพราะในข้าวฮางข้าวเหนียวดำมีองค์ประกอบของมีรงควัตถุ 3 ชนิด คือ แอนโทไซยานิน ฟลาโวนอล และโปรแอนโทไซยานิน (Mapan *et al.*, 2014) ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง สีนํ้าเงิน หรือสีม่วง โดยเฉพาะในส่วนของเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีม่วงจะมีปริมาณของแอนโทไซยานินในปริมาณมาก ประกอบด้วยแอนโทไซยานินเดี่ยว 4 ชนิด คือ cyanidin dihexoside, cyanidin 3-glucoside, cyanidin hexoside และ peonidin (Jansom *et al.*, 2016) ค่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำมากขึ้น เพราะในข้าวฮางข้าวเหนียวดำมีองค์ประกอบ

ที่เป็นแป้งที่มีอะไมโลสอยู่ด้วย ซึ่งปริมาณอะไมโลสที่มากขึ้น จะมีผลต่อการเกิดการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) จึงส่งผลให้โยเกิร์ตมีความหนืดเพิ่มมากขึ้นไปด้วยส่วนค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตของโยเกิร์ตที่มีน้ำนมข้าวฮางเป็นส่วนผสมจะมีค่าต่ำกว่าโยเกิร์ตสูตรควบคุม อาจเนื่องมาจากสารพรีไบโอติกที่มีในข้าวฮางข้าวเหนียวดำจะช่วยลดการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (Amatayakul *et al.*, 2006)

คุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลคติกของโยเกิร์ตทุกสูตรมีค่าไม่แตกต่างกัน และปริมาณกรดแลคติกมีค่าอยู่ในช่วง 0.94-0.97 % ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของนมเปรี้ยว มอก. 2146-2546 ที่ระบุให้ความเป็นกรดไม่น้อยกว่า 0.6 % (คำนวณเป็นกรดแลคติก) แสดงว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากหัวเชื้อที่ใช้หมักสามารถผลิตกรดแลคติกได้จากสารตั้งต้นคือ น้ำตาล โดยเมื่อเชื้อผลิตกรดออกมาแล้วจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง จนทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ Isoelectric point (pI) ของโปรตีนส่งผลให้โปรตีนในนมตกตะกอนลงมาจนเป็นเคิร์ด จนได้เป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (Chaikulsaareewath and Amsem, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chaikulsaareewath *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษากาการผลิตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล พบว่าโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.06-4.42 สำหรับโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่มีส่วนผสมของน้ำนมข้าวฮาง ข้าวเหนียวดำในปริมาณสูงชันจะส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดมากขึ้นไปด้วย ขณะเดียวกันก็ส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของโยเกิร์ตมากขึ้นเช่นกัน เพราะในข้าวฮางข้าวเหนียวดำประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (83.98 mg/100 g sample) และสารแอนโทไซยานิน (112.63 mg/100 g sample) ในปริมาณสูง โดยในบริเวณเยื่อหุ้ม

ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562

วารสารเกษตรพระวรุณ 241

ผิวชั้นนอกและชั้นในของเมล็ดจะมีสารสำคัญที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากสารแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งเป็นสารประกอบไกลโคไซด์หรือเอซิลไกลโคไซด์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก (Ratthanatham *et al.*, 2013) อีกทั้งข้าวฮางเป็นข้าวที่ผ่านการเพาะงอกยังพบสารในกลุ่มของสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ สารฟีนอลทั้งหมด (phenol content) แกมมา-โอไรซานอล (gamma-oryzanol) และวิตามินอี (Chienseng *et al.*, 2018)

คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ ด้วยเหตุที่ข้าวฮางข้าวเหนียวดำมีแป้งเป็นองค์ประกอบจึงก่อให้เกิดเจล หรือเกิดการบวมการเจลาตินในเซชัน (gelatinization) ได้เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนในกระบวนการผลิต จึงทำให้ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกันในโยเกิร์ตเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น และค่าความเหนียวเป็นยางหรือกาวมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำต่อนมวัว เป็นผลมาจากปริมาณโปรตีนอาจจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการทดแทนนมวัวด้วยน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ จึงทำให้โปรตีนที่จะเสียสภาพและการเกิดร่างแหเจลที่อุ้มน้ำเอาไว้ในโครงสร้างลดลงไปด้วย ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตทำให้เกิดเป็นเคิร์ดได้ไม่ดีเท่าที่ควร

คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ จากการที่เพิ่มน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลต่อการเกิด เคิร์ดของโยเกิร์ต และมีความหนืดมากขึ้นด้วย จึงทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับต่ำในทุกๆ ด้านสำหรับโยเกิร์ตที่มีน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม แต่โยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดในทุกๆ ด้าน และมีค่าคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากโยเกิร์ตสูตรควบคุม ยกเว้นด้านเนื้อสัมผัส

คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ ในโยเกิร์ตที่มีส่วนผสมของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนต่างๆ มีปริมาณของแบคทีเรียแลคติกในปริมาณสูง มีค่าอยู่ในช่วง 8.34-8.75 log CFU/g ซึ่งไม่แตกต่างจากโยเกิร์ตสูตรควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Uzuner *et al.* (2016) ได้ศึกษาการใช้ข้าวฮางในการผลิตโยเกิร์ตโพรไบโอติกพบว่า การผสมนมข้าวร้อยละ 25 ช่วยให้เชื้อ *S. thermophiles* มีการรอดชีวิตเท่ากับ 8.06 log CFU/g ระหว่างทำการเก็บรักษา 21 วัน และในข้าวฮางข้าวเหนียวดำมีองค์ประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นสารอาหารสำหรับจุลินทรีย์โพรไบโอติก (Srisuvor, 2016) จึงทำให้มีแหล่งสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกทั้งในระหว่างการบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส ดังนั้นโยเกิร์ตที่ผลิตได้ ถือได้ว่าเป็นโยเกิร์ตที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของนมเปรี้ยว มอก. 2146-2546 ที่ระบุว่ายูเกิร์ตที่มีคุณภาพต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกได้ไม่น้อยกว่า 10^7 CFU/g ซึ่งเป็นจำนวนที่มากพอที่จะเป็นประโยชน์ต่อร่างกายในการบำบัดรักษาโรค (Therapeutic) การบริโภคจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมากกว่าหรือเท่ากับ 10^6 CFU/g ของโยเกิร์ตต่อวัน จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกาย (Chaikul sareewath *et al.*, 2015) อีกทั้งในผลิตภัณฑ์ยังมีข้าวฮางข้าวเหนียวดำเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย ซึ่งข้าวฮางข้าวเหนียวดำมีคุณค่าทางโภชนาการหลายอย่าง และหากรับประทานเป็นประจำจะเสริมภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย และทำให้ร่างกายต้านทานโรคได้หลายชนิด การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในระหว่างการเก็บรักษา สำหรับโยเกิร์ตโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 มีน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำเป็นส่วนผสมอยู่จะช่วยส่งเสริมคุณสมบัติที่ดีหลายๆ ด้านให้กับโยเกิร์ตในระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม เช่น

ค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และค่าการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติก เป็นต้น ขณะเดียวกันคุณสมบัติด้านอื่นๆ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลคติก ยังคงเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดไว้

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการพัฒนาโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ โดยการทดแทนนมวัวด้วยน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต เมื่อนำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนที่สูงขึ้น จะส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต โดยค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง, ค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต, ค่าความแข็ง, ค่าความยืดหยุ่น และค่าความเหนียวเป็นยางหรือกาวมีค่าลดลง ส่วนค่าสีแดง ความหนืด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และค่าความสามารถเกาะรวมตัวกันมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดแลคติก และปริมาณแบคทีเรียแลคติก ไม่แตกต่างกัน

จากโยเกิร์ตสูตรควบคุม ผลการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส พบว่าการใช้น้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ทดแทนนมวัวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดอยู่ในระดับชอบมาก (8.20) และมีคุณลักษณะตรงตามความต้องการของผู้บริโภค และมีการรอดชีวิตของจุลินทรีย์สร้างกรดแลคติกในปริมาณสูง (8.08 log CFU/g) และไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์และราตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่ผลิตได้นั้น นอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการ มีสารต้านอนุมูลอิสระ และยังมีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งมีความปลอดภัยและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้

References

- Amatayakul, T., Halmosb, A.L., Sherkatb, F. and Shah, N.P. 2006. Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide-producing starter cultures and varying casein to whey protein ratio. *Int Dairy J.* 16: 40-51.
- Aninbon, C., Banterng, P., Sanitchon J. and Songsri, P. 2011. A study of anthocyanin content in black glutinous rice using HPLC and spectrophotometric methods. *Khon Kaen Agr J.* 39 (Suppl.): 353-357. (in Thai)
- AOAC. 2000. Official method of analysis of AOAC international. Volume 2, 12nd edition. The association of Official analytical chemists, Virginia.

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 28(1): 25-30.
- Butsat, S. and Siriamornpun, S. 2010. Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. *Food Chem.* 119: 606–613.
- Chaikulsareewath, A. and Amsem, P. 2007. Production of *Wolffia globosa* Hartog & Plas Yoghurt. *Journal of Food Technology, Siam University.* 3(1): 30-36. (in Thai)
- Chaikulsareewath, A. and Korsaked, O. (2009). Production of Brown Rice Drinking Yoghurt. *Journal of Food Technology, Siam University.* 4(1): 34-41. (in Thai)
- Chaikulsareewath, A., Chauykaew, W. and Sakulsong, N. (2015). Flavor Quality Improvement of Hom Nin Brown Rice Yoghurt. *Agricultural Sci J.* 46(3) (Suppl.): 709-712. (in Thai)
- Charoenphun, N. 2019. Production of Low Fat Ice Cream from Black Glutinous Rice Milk. *Journal of Food Technology, Siam University.* 4(1): 1-11. (in Thai)
- Cheng, J., Xie, S., Yin, Y., Feng, X., Wang, S., Guoc M. and Ni, C. 2017. Physiochemical, texture properties, and the microstructure of set yogurt using whey protein–sodium tripolyphosphate aggregates as thickening agents. *J Sci Food Agr.* 97: 2819–2825.
- Chienseng, C., Phattayakorn, K. and Prommakool, A. 2018. Effect of Germination Time on Total Phenol Content, Antioxidant Activity and GABA Content of Germinated Hang Rice. *Khon Kaen Agr J.* 46 (Suppl. 1): 19-24. (in Thai)
- Chuched, P., Kim, S. R. and Uthaiattanachep, A. 2007. Comparative of Active Compound in 6 Black Glutinous Rice Species. *Sci. & Tech. RMUTT J.* 7(2); 271–279. (in Thai)
- Harrigan, W.F. (1998). *Laboratory Methods in Food Microbiology.* 3rd ed. London: Academic Press. 532 p.
- Jansom, C., Skulkhu, E., Jansom, V., Lerdvuthisopon N. and Bhamarapavati, K. (2016). Study on appropriate methods for extraction of antioxidant compounds from black glutinous rice. *Thammasat Med J.* 16(4): 625-633.
- Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzukic, T., Shimizu, N. and Kimura, T. (2007). Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. *J Food Eng.* 78: 556–560.
- Mapan, P., Thipkan, S., Prom-u-thai, C.T., Kaladee, D. and Jamjod, S. 2014. Early generation selection for high anthocyanin and photoperiod insensitivity in F₂ population between Kumdoisaket and Pathumthani 1. *Naresuan Phayao J.* 7(2): 160-171.
- Oumaree, K., Promsinphup, A. and Phetsri, K. 2014. The change of bioactive compounds in puffed rice from parboiled purple glutinous rice. *Phranakhon Rajabhat Research Journal.* 9(1): 56-65. (in Thai)
- Ratthanatham, P., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O. 2013. Phenolic Compound, Anthocyanin and Antioxidant Activity of Germinated Colored Rice. *Agricultural Sci J.* 44(2)(Suppl.): 441-444. (in Thai)

- Srisuk, S. 2016. Job's Tears Drinking Yoghurt Development. YRU Journal of Science and Technology. 1(2): 53-64. (in Thai)
- Srisuvor, N. 2016. Use of Cooked Rice (*Oryza sativa* L.) of Indigenous Cultivars as Food Matrices for Probiotics. KMUTT Research & Development J. 39(1): 51-61. (in Thai)
- Tanganurat, P., Yodkum, S., Soiyodthong, N. and Mangkit, P. 2014. Development of Drinking Yoghurt-like Product from Germinated Hom Nil Rice. Agricultural Sci J. 45(2)(Suppl.): 565-568. (in Thai)
- Thai Industrial Standard: Fermented Milk TISI 2146-2546. 2004. Thai Industrial Standards Institute (TISI), Ministry of Industry. Page 1-5. (in Thai)
- Unhasirikul, M., Unhasirikul, K., Thongphueak, D., Bannoen, C., Yingprayun T. and Chantarangsi, N. 2018. Yoghurt Production using Local Germinated Brown Rice Cultivars from Chanthaburi Province. Agricultural Sci J. 49(3)(Suppl.): 118-124. (in Thai)
- Uzuner, A.E., Kinik O., Korel F., Yildiz, G. and Yerlikaya, O. 2016. Usage of rice milk in probiotic yoghurt production. Carpathian J. Food Sci. Technol. 8(4): 5-25.
- Vansavang, V., Utto, W., Onsaard, E., Boonyaputipong, W., and Maweang, M. 2016. Effects of rough rice storage in different packages, storage temperature and periods on qualities of parboiled germinated rice. King Mongkut's Agricultural J. 34 (3): 73-85. (in Thai)
- Wrolstad, R., Durst, R. and Lee, J. 2005. Tracking Color and Pigment Changes in Anthocyanin Products. Trends Food Sci. Tech. 16(9): 423-428.