การผลิตวีแกนโยเกิร์ตจากน้ำนมถั่วเหลืองเสริมผงมันเทศสีม่วง

Vegan Yogurt Production Using Soy Milk Supplemented with Purple Sweet Potato Powder

ปุญญิศา วัฒนะชัย[1*] และ วิสุตตา เกาพูล[1]

Punyisa Wattanachai[1*] and Wissuta Phaopool[1]

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[1]Department of Microbiology, Faculty of Science, Burapha University

Received : Jun 6, 2025

Revised : Aug 19, 2025

Accepted : Sep 4, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตวีแกนโยเกิร์ตจากน้ำนมถั่วเหลืองเสริมมันเทศสีม่วง โดยศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิต โดยแปรผันอัตราส่วนของผงมันเทศสีม่วงและน้ำนมถั่วเหลือง ในอัตราส่วน 1 : 5, 1 : 8 และ 1 : 10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ในระหว่างการบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศา-เซลเซียส ระยะเวลา 15 วัน เก็บตัวอย่างทุก ๆ 5 วัน เพื่อทดสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ พบว่าวีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วง อัตราส่วน 1 : 10 ได้รับคะแนนสูงสุดในทุกด้านของการทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนอยู่ที่ 6.70±2.27, 5.70±2.00, 7.40±1.05, 5.25±1.48 และ 5.55±1.76 ตามลำดับ และในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 วัน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในวันที่ 15 มีค่าอยู่ที่ 13.23 องศาบริกซ์ โยเกิร์ตที่ได้มีสีม่วง และมีปริมาณแอนโทไซยานินคงเหลือในวันที่ 15 เท่ากับ 104.98±4.54 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับจุลินทรีย์ พบว่าแม้ปริมาณแบคทีเรียแลคติกจะมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา แต่ยังคงมีค่ามากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 353 (พ.ศ. 2556) ตลอดระยะเวลา 15 วัน และตรวจไม่พบการปนเปื้อนที่เกินเกณฑ์ของยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม จึงยืนยันถึงความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วงที่ได้ไม่เพียงคงคุณค่าทางโภชนาการ แต่ยังมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจากมันเทศสีม่วง ได้แก่ สารแอนโทไซยานิน สามารถต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่นำไปสู่การผลิตและการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากมันเทศสีม่วงอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : วีแกนโยเกิร์ต, มันเทศสีม่วง, แอนโทไซยานิน

Abstract

This study aimed to investigate the production of vegan yogurt from soy milk supplemented with purple sweet potato. The optimal formulation was determined by varying the ratios of purple sweet potato powder to soy milk at 1:5, 1:8, and 1:10 (w/v). The mixtures were incubated at 45 ℃ for 10 hours and stored at 4℃ for 15 days. Samples were analyzed every 5 days to determine physiochemical and microbiological properties. The vegan yogurt supplemented with purple sweet potato at a 1:10 ratio

received the highest scores in all sensory attributes, including appearance, texture, color, flavor, and overall acceptability at 6.70±2.27, 5.70±2.00, 7.40±1.05, 5.25±1.48 and 5.55±1.76 respectively. During refrigerated storage, the total soluble solids tended to increase, reaching 13.23 °Brix on day 15. The yogurt exhibited a purple coloration and retained anthocyanin content at 104.98±4.54 mg/L on day 15. Microbiological analysis revealed that although the viable counts of lactic acid bacteria fluctuated during storage, they consistently remained above the minimum level required by the Thai Ministry of Public Health Notification No. 353 (2013) throughout 15 days, while yeast, mold, and coliform counts remained within the permissible limits. These results confirm the microbiological safety of the product. The purple sweet potato–supplemented vegan yogurt not only retained its nutritional value but also provided antioxidant compounds, particularly anthocyanins, representing a potential functional food product that supports sustainable utilization of purple sweet potato.

Keywords : vegan yogurt; purple sweet potato; anthocyanin

***Corresponding author. E-mail :** punyisa@go.buu.ac.th

บทนำ

โยเกิร์ตจากพืช (Plant-based yogurts) เป็นหนึ่งในประเภทอาหารฟังก์ชั่นที่สำคัญ ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในกลุ่มมังสวิรัติ หรือกลุ่มผู้บริโภคที่มีอาการพร่องแลคโตส (Lactose intolerance) โยเกิร์ตส่วนใหญ่ที่พบได้ในท้องตลาดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำนมจากสัตว์ หมักด้วยแบคทีเรียแลคติก ได้แก่ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* อาจเสริมแต่งกลิ่น รส สี หรือเติมวัตถุเจือปนอาหาร สารอาหาร หรือส่วนประกอบอื่นที่มิใช่น้ำนม แบคทีเรียแลคติกทั้งสองชนิดมีความสามารถในการหมักน้ำตาลแลกโทสได้ ผลผลิต คือ กรดแลกติก ทำให้ค่าพีเอชของน้ำนมลดลง ส่งผลให้โปรตีนเคซีนที่อยู่ในน้ำนมเสียสภาพ จับตัวเป็นก้อนนม (curd) ซึ่งเป็นลักษณะของโยเกิร์ต

ปัจจุบันกระแสรักสุขภาพมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทำให้กลุ่มผู้บริโภคที่มีการรับประทานอาหารมังสวิรัติ (Vegan) ที่เป็นตลาดเฉพาะกลุ่ม แต่กำลังก้าวไปสู่การเป็นตลาดกระแสหลัก แม้ผู้บริโภคชาววีแกนในประเทศไทยจะยังคงมีไม่มากนัก แต่ก็สามารถพบเห็นการตื่นตัวของผู้บริโภคกลุ่มนี้ได้ (จีระศักดิ์ คำสุริย์ และคณะ, 2562) โดยอาหารที่ชาววีแกนบริโภคจะอยู่ภายใต้ความเชื่อในเรื่องการไม่เบียดเบียนสัตว์ ไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม เน้นการบริโภคอาหารจำพวกผัก ผลไม้ ถั่ว และธัญพืชต่าง ๆ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปมาจากวัตถุดิบดังกล่าว โดยไม่บริโภคเนื้อสัตว์ รวมถึงผลิตภัณฑ์จากสัตว์ อาทิ ไข่ นม เนย น้ำผึ้ง รังนก และ เจลาติน เป็นต้น การรับประทานอาหารมังสวิรัติยังมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงจากโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non- communicable diseases ; NCDs) ไม่เพียงแต่กระแสในการรักสุขภาพที่เป็นตัวกระตุ้นทำให้ตลาด Plant-based Food ขยายตัวในระยะเวลาอันรวดเร็ว ผู้บริโภคที่ตระหนักถึงสวัสดิภาพสัตว์ (Animal Welfare) และคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมก็ถือเป็นอีกกลุ่มที่ทำให้เกิดแรงผลักดันในการบริโภคอาหารมังสวิรัติ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2564) สำหรับอาหารจากพืชในนมและผลิตภัณฑ์นม ได้มีการนำเอาพืชชนิดต่าง ๆ มาใช้ในผลิตภัณฑ์ เช่น ถั่ว หรือธัญพืชต่าง ๆ เช่น นมมะพร้าว นมถั่วเหลือง นมข้าวโพด นมอัลมอนด์ อย่างไรก็ตาม มันเทศก็ถือเป็นพืชอีกหนึ่งชนิดที่เหมาะสมต่อการนำมาผลิตเป็นอาหารมังสวิรัติ

มันเทศ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea batatas* (L.) อยู่ในวงศ์ Convolvulaceae เป็นพืชที่มีความสำคัญมากชนิดหนึ่งมีความสำคัญทั้งทางเศรษฐกิจและโภชนาการ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2559) โดยมันเทศในแต่ละสายพันธุ์จะมีความแตกต่างกันไปตามสีผิวของหัวและเนื้อ โดยทั่วไปที่พบได้และมีความต้องการในตลาดจะเป็นพันธุ์ที่มีเนื้อสีม่วง (Purple sweet potato) เนื้อสีเหลือง (Yellow sweet potato) เนื้อสีส้ม (Orange potato) และเนื้อสีขาว (White sweet potato)

โดยเฉพาะในมันเทศเนื้อสีม่วง หรือที่เรียกทั่วไปว่ามันม่วง มีสารอาหารที่มีประโยชน์สูง เช่น ใยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุ มันม่วงมีสารพฤษเคมีที่สำคัญ คือ แอนโทไซยานิน ในปริมาณสูง ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชลอความเสื่อมของเซลล์ในร่างกาย ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ (ประจงเวท สาตมาลี, 2567) ทำให้มันม่วงได้รับความสนใจในด้านสุขภาพ สามารถนำมาเพาะปลูกได้ทั่วทุกพื้นที่ในประเทศไทย มีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ส่งจำหน่ายไปยังที่ต่าง ๆ ได้ ผู้วิจัยจึงสนใจนำมันเทศสีม่วง มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืช เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับมันม่วง เพิ่มรสชาติและความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจต่อสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของมันเทศสีม่วงต่อการผลิตวีแกนโยเกิร์ต

นำมันเทศสีม่วง มาล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือก และหั่นให้มีขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร นึ่งจนสุก นำไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้ง ชิ้นมันเทศสีม่วงมีนำออกจากตู้อบลมร้อนมีลักษณะเปราะแตกง่าย ไม่มีความชื้นเมื่อสัมผัส จากนั้นปั่นให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (Blender) ผงมันเทศที่ปั่นจนละเอียดนำมาเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในที่แห้งจนกว่าจะใช้งาน เมื่อใช้งานให้นำมาเติมนมถั่วเหลืองปราศจากน้ำตาล ในอัตราส่วน 1 : 5, 1 : 8 และ 1 : 10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยส่วนประกอบในการผลิตวีแกนโยเกิร์ต แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบในการผลิตวีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วง

ส่วนประกอบของโยเกิร์ต	สูตรที่ 1 (1:5)	สูตรที่ 2 (1:8)	สูตรที่ 3 (1:10)
ผงมันเทศสีม่วง (กรัม)	15	10	8
นมถั่วเหลือง (มิลลิลิตร)	75	80	82
หัวเชื้อตั้งต้น (กรัม)	9.9	9.9	9.9
คาราจีแนน (กรัม)	0.1	0.1	0.1
รวม	**100**	**100**	**100**

ที่มา : ดัดแปลงจาก อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และคณะ (2557)

เมื่อผสมผงมันเทศสีม่วง นมถั่วเหลือง และคาราจีแนน ให้เข้ากันในอัตราส่วน ดังตารางที่ 1 นำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 63-65 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ลดอุณหภูมิลงจนถึง 43 องศาเซลเซียส ใส่หัวเชื้อโยเกิร์ตลงในภาชนะปิดสนิทที่ฆ่าเชื้อแล้ว นำไปบ่มที่ 45 องศาเซลเซียส ทำการวัดค่าพีเอชทุกชั่วโมง จนค่าพีเอชเท่ากับ 4.5-4.6 ซึ่งเป็นจุดยุติของการหมักจะได้โยเกิร์ตที่มีความคงตัว เก็บโยเกิร์ตไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วัน โดยเก็บตัวอย่างทุก ๆ 5 วัน เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน และศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป

2. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำโยเกิร์ตทุกสูตร มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมเป็นนิสิตที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จากภาควิชาจุลชีววิทยา จำนวน 20 คน ทดสอบด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 9 คะแนน โดยกำหนดให้ คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด คุณลักษณะที่ทดสอบมีดังนี้ คือ ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2561)

3. การศึกษาอายุการเก็บรักษาวีแกนโยเกิร์ต

นำโยเกิร์ตมันเทศสีม่วงสูตรที่ดีที่สุดทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน โดยทำการสุ่มตัวอย่างในวันที่ 0, 5, 10 และ 15 ของการเก็บรักษา โดยนำตัวอย่างโยเกิร์ต 1 กรัม มาทำการเจือจางเป็นลำดับ 10 เท่า ด้วย 0.85 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคลอไรด์ นำมาตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา ดังต่อไปนี้

3.1 ตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียแลคติก (BAM, 2001) โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างลงในจานเพาะเชื้อที่ปราศจากเชื้อปริมาตร 1 มิลลิลิตร เทอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar หลอมเหลว (55 องศาเซลเซียส) ลงในจานเพาะเชื้อ ปริมาตร 12-15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้วุ้นแข็งตัว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ในโถบ่มเชื้อไร้ออกซิเจน คำนวณโคโลนีแบคทีเรียแลคติก หน่วยเป็น CFU/g

3.2 ตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียทั้งหมด (BAM, 2001) โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างลงในจานเพาะเชื้อที่ปราศจากเชื้อปริมาตร 1 มิลลิลิตร เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA หลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อ ปริมาตร 12-15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้วุ้นแข็งตัว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนี คำนวณปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดบนอาหาร PCA หน่วยเป็น CFU/g

3.3 ตรวจวิเคราะห์ยีสต์และรา (BAM, 2001) โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA การเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยแท่งแก้วสามเหลี่ยม (Spreader) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน โดยไม่ต้องคว่ำจานเพาะเชื้อและวางซ้อนกัน ไม่เกิน 3 จานเพาะเชื้อ เมื่อครบ 5 วัน ถ้าไม่มีการเจริญของเชื้อให้บ่มต่ออีก 48 ชั่วโมง

3.4 ตรวจวิเคราะห์จำนวนโคลิฟอร์ม โดยวิธี Most Probable Number (MPN Method)

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างโคลิฟอร์ม ชั่งโยเกิร์ต 25 กรัม ลงในสารละลายเปปโตนเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ตีป่นด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 2 นาที

3.4.2 MPN - Presumptive and confirmed test for coliform ทำ Serial dilution แบบ 3-tube dilution โดยใช้สารละลายเปปโตนเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวเจือจาง เจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจาง 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3} (0.1, 0.01 และ 0.001 กรัม ของโยเกิร์ตมันเทศสีม่วง) จากนั้นถ่ายตัวอย่างแต่ละระดับความเจือจาง ลงในหลอด Lauryl tryptose broth (LST) หลอดละ 1 มิลลิลิตร ทำซ้ำความเจือจางละ 3 หลอด บ่มหลอด LST (ทั้งหมด 9 หลอด) ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (BAM, 2001)

4. การตรวจวิเคราะห์ทางเคมี

4.1 ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000) วิเคราะห์ด้วยวิธี Titratable acidity โดยนำตัวอย่างวีแกนโยเกิร์ตจำนวน 10 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน หลังจากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร แล้วหยดสารละลายฟีนอฟทาลีน 2-3 หยด จากนั้นนำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ จนกระทั่งถึงจุดยุติ เมื่อสารละลายในขวดรูปชมพู่เป็นสีชมพูอ่อน นำปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไป มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน (สุภาพร ฟักเงิน และศิรประภา มีรอด, 2560) วิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินรวมของโยเกิร์ตมันเทศสีม่วง ใช้วิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (pH-Differential method) โดยหลอดที่ 1 นำตัวอย่างโยเกิร์ต 0.5 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วย สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) พีเอช 1.0 ปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร และหลอดที่ 2 นำตัวอย่างโยเกิร์ต 0.5 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยสารละลายโซเดียมอะซิเตด (CH_3COONa) พีเอช 4.5 ปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในสภาวะมืดนาน 30 นาที จากนั้นนำสารละลายไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร ตามลำดับ โดยใช้เครื่อง UV-VIS spectrophotometer การหาปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล ดังสมการ

$$\text{Anthocyanin (mg/L)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\varepsilon \times L}$$

โดย	A	=	(A510 nm-A700nm) pH 1.0 - (A510nm - A700nm) pH 4.5
	MW	=	ค่าน้ำหนักโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ 449.2 กรัมต่อโมล
	DF	=	Dilution factor ของสารละลายตัวอย่าง
	ε	=	26,900 L/mol/cm (โมลาร์แอฟซอฟติวิตี้)
	L	=	ขนาดความกว้างของคิวเวต (เซนติเมตร) ที่ใช้วัดค่าดูดกลืนแสง

5. การวิเคราะห์ทางกายภาพ

5.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด วิเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง Hand refractometer ทำการสอบเทียบเครื่องด้วยน้ำกลั่นโดยหยดลงบนกระจกปริซึม ปิดแผ่นเพลทให้น้ำกระจายคลุมทั่วผิวกระจกทั้งหมด โดยจะต้องไม่มีฟองอากาศเกิดขึ้น หันเครื่องมือไปยังทิศทางที่มีแสง ส่องกล้องจนเห็นแถบเป็น 0 จากนั้นนำกระดาษทิชชู่ซับให้แห้ง นำส่วนใสของโยเกิร์ตที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ (Centrifuge) หยดลงบนกระจกปริซึม ปิดแผ่นเพลทให้น้ำกระจายคลุมทั่วผิวกระจกทั้งหมด และอ่านค่า รายงานค่าเป็นองศาบริกซ์

5.2 วัดค่าสี นำตัวอย่างโยเกิร์ตมันเทศสีม่วงมาทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ Hunter lab ที่มีค่าพารามิเตอร์ พิจารณา คือ L ค่าความสว่าง ที่อ่านได้จากมืดสุดไปสว่างสุดตั้งแต่ 0-100 ส่วน a คือ ค่าที่บ่งบอกสีเขียวไปจนถึงสีแดง โดยค่า a- แสดงความเป็นสีเขียว และ a+ แสดงความเป็นสีแดง ค่า b คือ ค่าที่บ่งบอกสีน้ำเงินไปจนถึงสีเหลือง โดยค่า b- แสดงความเป็นสีน้ำเงิน และ b+ แสดงความเป็นสีเหลือง โดยทำการทดสอบเทียบเครื่องด้วยแผ่นกระเบื้องเทียบสีขาว และนำตัวอย่างโยเกิร์ตใส่ลงในถ้วยวัดสี จากนั้นวางถ้วยวัดสีลงในเครื่องวัดสี ทำการวัดและอ่านค่า ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ด้านเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ (n=3) ออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ด้วยโปรแกรม Minitab 17 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองรายงานในรูปแบบค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)

ผลและวิจารณ์ผล

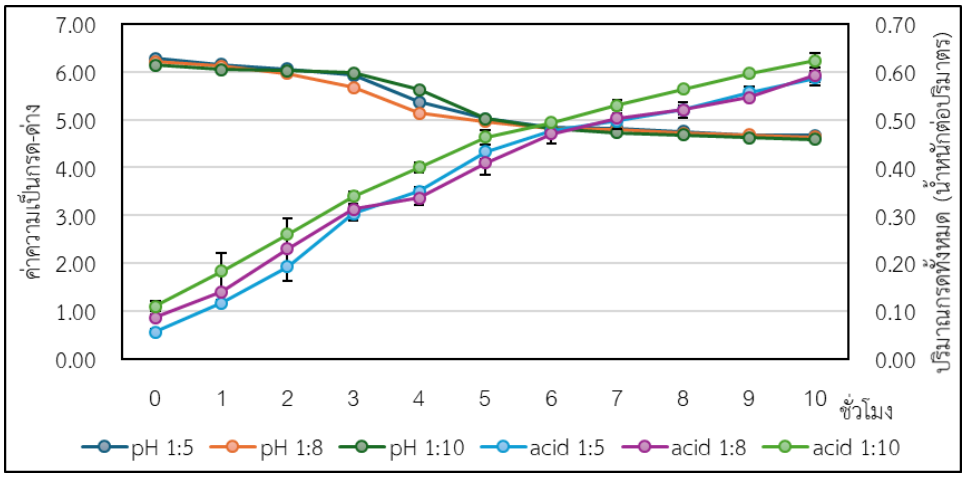
1. ผลการศึกษาอัตราส่วนของปริมาณมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณมันเทศสีม่วงต่อการผลิตวีแกนโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 (1 : 5), สูตรที่ 2 (1 : 8) และสูตรที่ 3 (1 : 10) ที่ประกอบด้วยปริมาณมันเทศสีม่วงนมถั่วเหลือง หัวเชื้อจากโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง 9.9 กรัม และคาราจีแนน 0.1 กรัม นำมาวิเคราะห์ค่าพีเอช และปริมาณกรดแลคติกทุกชั่วโมงเป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่าโยเกิร์ตทุกสูตรมีค่าพีเอชเริ่มต้น ในชั่วโมงที่ 0 มีค่าอยู่ระหว่าง 6.14-6.28 ค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงชั่วโมงสุดท้ายของการหมัก โดยมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.59-4.66 ในช่วงการหมักสุดท้ายของการหมักโยเกิร์ตสูตรที่ 1, 2 และ 3 จะอยู่ในชั่วโมงที่ 11, 10 และ 9 ตามลำดับ มีปริมาณกรดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.59-0.62 น้ำหนักต่อปริมาตร จากการสังเกตพบว่าในระหว่างการหมัก โยเกิร์ตจะเซ็ตตัวและเริ่มเกิดเวย์ที่ผิวหน้าโยเกิร์ตในช่วงชั่วโมงที่ 4 ถึง 5 สำหรับคุณสมบัติในด้านสี กลิ่น รส และลักษณะปรากฏโดยรวมของโยเกิร์ตทุกสูตร พบว่า ความเข้มสีของมันม่วงจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณ

ของมันเทศสีม่วงที่ใช้ในแต่ละสูตร โดยโยเกิร์ตสูตรที่ 1 มีสีม่วงเข้มมากกว่า สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ตามลำดับ โดยโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตรมีกลิ่นของมันม่วงที่ชัดเจน

วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วง เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืชที่มีส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับการเลือกผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากนม โดยทั่วไปจะทำได้โดยการหมักด้วยการสกัดน้ำจากวัตถุดิบต่าง ๆ เช่น พืชตระกูลถั่ว และธัญพืช โยเกิร์ตพืชที่ทำมาจากนมถั่วเหลืออุดมไปด้วยโปรตีน อีกทั้งนมถั่วเหลืองยังเหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติก (Alonso-Miravalles *et al*., 2020) ส่วนมันเทศสีม่วงยังอุดมไปด้วยสารพฤษเคมีที่สำคัญ และน้ำตาลซูโครส จึงเลือกใช้น้ำนมถั่วเหลือง และมันเทศสีม่วง สำหรับส่วนประกอบในการผลิตวีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วง และสำหรับหัวเชื้อในกลุ่มแบคทีเรียแลคติกที่นำมาใช้เป็นหัวเชื้อตั้งต้นในกระบวนการหมักโยเกิร์ตของงานวิจัยนี้ คือ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยมีกลไกการทำงานร่วมกันโดย *L. bulgaricus* จะไม่สามารถใช้น้ำตาลซูโครสได้ แต่ *S. thermophilus* สามารถใช้น้ำตาลซูโครสได้ ซึ่งน้ำตาลจากการย่อยสลายซูโครส จะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญของ *L. bulgaricus* ได้ จึงจำเป็นต้องใช้แบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้ร่วมกันทำให้สามารถสร้างกรดแลคติกเพิ่มขึ้น (วรรณภา ทาบโลกา และคณะ, 2554) หลังจากกระบวนการหมักโยเกิร์ต จะมีกรดเพิ่มมากขึ้นในโยเกิร์ต ส่งให้ส่วนผสมเริ่มจับตัวเป็นก้อน โยเกิร์ตมีความแข็งตัว มีกลิ่นรสที่เฉพาะตัวของอะซีตัลดีไฮด์ (Bolten *et al*., 2019) การแข็งตัวของโยเกิร์ตเกิดขึ้นเนื่องจากกรดแลคติกที่แบคทีเรียสร้างขึ้นทำให้ค่าพีเอชลดลงใกล้กับจุดไอโซอิเล็กทริกของโปรตีน (Isoelectric point) ส่งผลให้โครงสร้างโปรตีนสูญเสียประจุและเกิดการรวมตัวเป็นเจล (Khalesi *et al*., 2024) กระบวนการนี้เป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดการก่อตัวของเจลในโยเกิร์ต ขณะเดียวกัน *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* สามารถสร้างสาร Exopolysaccharides (EPS) ซึ่งมีบทบาทช่วยเพิ่มความหนืดและความคงตัวของเจล ทำให้เนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตมีความคงตัวและสม่ำเสมอมากขึ้น (Mende *et al*., 2016) ดังนั้น การแข็งตัวของโยเกิร์ตจึงเกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างการลดลงของค่า พีเอช ที่ส่งผลต่อโปรตีน และการสร้างสารพอลิเมอร์จากแบคทีเรียแลคติก

ทั้งนี้โยเกิร์ตที่มีพืชเป็นองค์ประกอบซึ่งปราศจากโปรตีนเคซีนและเวย์ การก่อตัวของเจลตามธรรมชาติจึงไม่สมบูรณ์ ผลิตภัณฑ์มีปัญหาทางด้านเนื้อสัมผัส จำเป็นต้องเติมสารให้ความคงตัว เช่น คาราจีแนน เพื่อช่วยเสริมโครงสร้างและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (Dhakal *et al*., 2023) และได้กำหนดความเข้มข้นของผงมันเทศสีม่วง ต่อน้ำนมถั่วเหลืองอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 สูตร จากนั้นทำการหมักโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร โดยพบว่า เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มนานขึ้น ปริมาณของกรดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างกระบวนการหมัก 0 ถึง 10 ชั่วโมงของวีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วง

2. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี รสชาติ และความชอบโดยรวมของวีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วงทั้ง 3 สูตร

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน ประเมินด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วง พบว่าคะแนนด้านเนื้อสัมผัส และสีของผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วงทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) คะแนนด้านลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม ของสูตรที่ 3 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.70 ± 2.27 และ 5.55 ± 1.70 ซึ่งไม่แตกต่างกันจากสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และด้านรสชาติสูตรที่ 3 ให้ค่าสูงสุด เท่ากับ 5.25 ± 1.48 มีความแตกต่างจากสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นอกจากนี้ผู้ทดสอบชิมได้มีข้อเสนอแนะในเรื่องเนื้อสัมผัสที่หยาบ และไม่เรียบเนียน กลิ่นของมันม่วงที่แรงจนเกินไป จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วง ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับในสูตรที่ 3 (1 : 10) สูงสุด จึงทำการเลือกผลิตภัณฑ์ในสูตรที่ 3 (1 : 10) มาใช้วิเคราะห์ผลต่อไป ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วง

สูตรโยเกิร์ต	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	สี	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
สูตรที่ 1 (1:5)	5.35 ± 1.79^{b}	4.55 ± 1.90^{a}	6.50 ± 1.76^{a}	3.95 ± 1.93^{b}	4.40 ± 1.79^{b}
สูตรที่ 2 (1:8)	5.65 ± 2.11^{a}	5.65 ± 2.01^{a}	6.95 ± 1.39^{a}	4.70 ± 1.81^{ab}	5.30 ± 1.75^{a}
สูตรที่ 3 (1:10)	6.70 ± 2.27^{a}	5.70 ± 2.00^{a}	7.40 ± 1.05^{a}	5.25 ± 1.48^{a}	5.55 ± 1.76^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวสดมภ์ แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p > 0.05$)
ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

3. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วง

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของจำนวนแบคทีเรียแลคติก ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์รา และแบคทีเรียโคลิฟอร์มในผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0, 5, 10 และ 15 วัน พบว่าจากผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน โดยในช่วง 5 วันแรกของการเก็บรักษา โยเกิร์ตมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกลดลง และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในวันที่ 10 โดยในแต่ละวันที่เก็บตัวอย่างวันที่ 0, 5 และ 10 คือ $2.32 \times 10^{8} \pm 0.03$, $2.01 \times 10^{8} \pm 0.02$ และ $2.35 \times 10^{8} \pm 0.02$ CFU/g ตามลำดับ รวมไปถึงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วย คือ $1.43 \times 10^{8} \pm 0.02$, $1.26 \times 10^{8} \pm 0.03$ และ $1.86 \times 10^{8} \pm 0.02$ CFU/g ตามลำดับ และเมื่อทำการเก็บรักษาผ่านไป 15 วัน ปริมาณของแบคทีเรียแลคติก และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง เท่ากับ $1.59 \times 10^{8} \pm 0.04$ และ $9.23 \times 10^{7} \pm 0.04$ CFU/g ตามลำดับ โดยตลอดการเก็บรักษาระยะเวลา 15 วัน ปริมาณของยีสต์และรามีจำนวนน้อยกว่า 1.00×10^{3} CFU/g และจำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มยังมีปริมาณน้อยกว่า 3 MPN/1g ซึ่งจำนวนจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตในผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน เป็นไปตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 353 (2556) เรื่อง นมเปรี้ยว ตามที่กำหนดไว้ว่าต้องมีปริมาณแบคทีเรียไม่น้อยกว่า 10,000,000 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และราได้ไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม และโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่อกรัม โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (Most Probable Number)

มันเทศสีม่วงและน้ำนมถั่วเหลืองประกอบด้วยแหล่งคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง (starch) น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลมอลโตส น้ำตาลฟรุกโตส โปรตีน ไฟเบอร์ แร่ธาตุ รวมถึงวิตามินต่าง ๆ ที่จะไปช่วยส่งเสริมความสามารถในการอยู่รอดของแบคทีเรียแลคติกในระหว่างการหมัก (Lambertus *et al*., 2022) โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Afiati *et al*. (2018) ที่รายงานว่าแป้งมันเทศสีม่วงเป็นแหล่งของพรีไบโอติก ที่จะช่วยส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียแลคติกในกระบวนการหมักและทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง และกรดแลคติกที่แบคทีเรียผลิตขึ้นยังสามารถยับยั้งการเจริญของโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้อีกด้วย (วรรณภา ทาบโลกา และคณะ, 2554) ผลการตรวจสอบด้านจุลินทรีย์ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนเซลล์แบคทีเรียแลคติก จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์รา และแบคทีเรียโคลิฟอร์ม ในผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วงสูตรที่ 3 (1 : 10) เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 วัน

วันที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนแบคทีเรียแลคติก (CFU/g)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ยีสต์และรา (CFU/g)	Coliform (MPN/g)
วันที่ 0	$2.32 \times 10^8 \pm 0.03$	$1.43 \times 10^8 \pm 0.02$	$< 1.00 \times 10^3 \pm 0.01$	< 3
วันที่ 5	$2.01 \times 10^8 \pm 0.02$	$1.26 \times 10^8 \pm 0.03$	$< 1.00 \times 10^3 \pm 0.02$	< 3
วันที่ 10	$2.35 \times 10^8 \pm 0.02$	$1.86 \times 10^8 \pm 0.02$	$< 1.00 \times 10^3 \pm 0.01$	< 3
วันที่ 15	$1.59 \times 10^8 \pm 0.04$	$9.23 \times 10^7 \pm 0.04$	$< 1.00 \times 10^3 \pm 0.00$	< 3

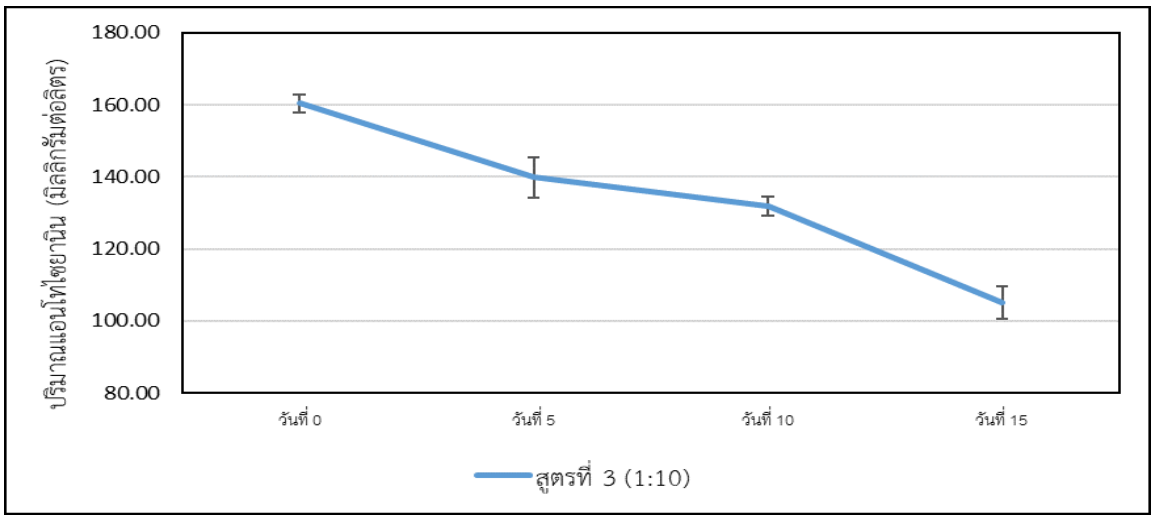
หมายเหตุ : ค่าที่ได้ในตารางแสดงค่าเฉลี่ย (means) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จากการทดลอง 3 ซ้ำ

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วง

แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระให้ประโยชน์ทั้งทางด้านสุขภาพและความงาม จึงจำเป็นต้องนำมาทดสอบเพื่อหาปริมาณสารแอนโทไซยานินที่มีในผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วง ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินด้วยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียลในผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วงสูตรที่ 3 อัตราส่วน 1 : 10 ระยะเวลา 15 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณของแอนโทไซยานินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) หากระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณแอนโทไซยานินมีแนวโน้มลดลง โดยวันที่ 0, 5, 10 และ 15 มีค่าเท่ากับ 160.43, 139.83, 131.77 และ 104.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 2

ปริมาณแอนโทไซยานินที่ลดลงเป็นผลมาจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งจากรายงานของ Corke *el al.* (2002) พบว่า เมื่อทำการเก็บรักษามันหวานแบบแห้ง ในช่วง 60 วันแรกของการเก็บรักษา ปริมาณแป้งที่ลดลงสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอมไซม์แอลฟาอะไมเลส โดยความเข้มข้นของกลูโคสและซูโครสจะเพิ่มขึ้นในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษา เป็นเพราะในมันเทศสีม่วงสดประกอบไปด้วยน้ำตาลสูงสุด 8.41 เปอร์เซ็นต์ โดยเป็นน้ำตาลซูโครสเกือบทั้งหมด ดังนั้นน้ำตาลซูโครสจึงเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำตาลในมันเทศสีม่วง (Chan *et al*., 2013) และสำหรับปริมาณน้ำตาลที่สูงของมันเทศสีม่วงมีผลต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน ซึ่งความเสถียรนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างความเข้มข้นของแอนโทไซยานินและชนิดของน้ำตาล โดยความเสถียรของแอนโทไซยานินจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของซูโครสเพิ่มขึ้น (ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) และจากรายงานของอัญจนา จันทร์ปะทิว และคณะ ในปี 2560 ที่ศึกษาผลของความร้อนและการเก็บรักษาต่อปริมาณแอนโทไซยานินในผักสีม่วงบางชนิด พบว่าการต้มและการนึ่งทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระยะสด คือ มันเทศสีม่วงที่ผ่านการต้มและนึ่ง มีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 52.44 และ 46.67 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Amirina *et al.* (2020) พบว่าในโยเกิร์ตที่ทำจากผงมันเทศสีม่วงมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 9.73 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมโยเกิร์ต และในโยเกิร์ตที่ทำจากมันเทศสีม่วงแบบสดมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 16.87 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมโยเกิร์ต

แต่อย่างไรก็ตามการคงอยู่ของแอนโทไซยานินนั้นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน โดยพบว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของแอนโทไซยานินที่มีผลต่อความเสถียรมากที่สุด ได้แก่ อุณหภูมิ แสง ความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาล และออกซิเจน รวมทั้งความเข้มข้น โครงสร้างเคมี และองค์ประกอบของแอนโทไซยานิน (Enaru *et al*., 2021)

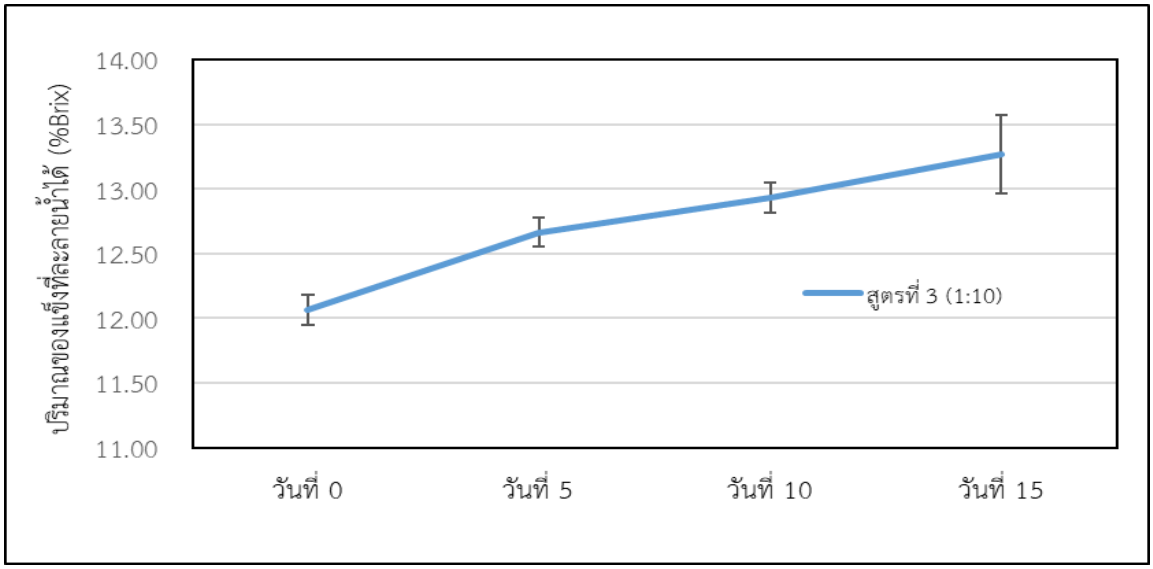


ภาพที่ 2 ปริมาณแอนโทไซยานินในวีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วงสูตรที่ 3 (1 : 10) เมื่อผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 วัน

5. ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วง

จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วง เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วัน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วง ลักษณะปรากฏ คือ โยเกิร์ตมีความข้นหนืด สีม่วงอ่อน ผิวหน้าเรียบ มีการแยกชั้นน้ำเล็กน้อย มีกลิ่นเฉพาะของมันเทศสีม่วง และกลิ่นของนมถั่วเหลือง ทั้งโยเกิร์ตยังคงเซ็ทตัวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วง เมื่อทำการเก็บรักษาวีแกนโยเกิร์ตสูตรที่ 3 (1 : 10) เป็นระยะเวลา 15 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยพบว่า ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยในวันที่ 0, 5, 10 และ 15 เท่ากับ 12.07 ± 0.12, 12.67 ± 0.12, 12.93 ± 0.12 และ13.27 ± 0.31 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ดังแสดงภาพที่ 3 จากรายงานของ Corke *el al.* (2002) พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษามันหวานแบบแห้ง ในช่วง 60 วันแรกของการเก็บรักษา ปริมาณแป้งที่ลดลงสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอมไซม์แอลฟาอะไมเลส โดยความเข้มข้นของกลูโคสและซูโครสจะเพิ่มขึ้นในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษา

ผลจากการวิเคราะห์ค่าสีระบบสี CIE L*, a* และ b* ในผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วง พบว่าค่า L* อยู่ในช่วง 56.96 ถึง 58.51 ค่า a* อยู่ในช่วง 22.04 ถึง 22.87 มีแนวโน้มออกไปทางสีแดง และ ค่า b* อยู่ในช่วง -6.04 ถึง -6.29 มีแนวโน้มทางสีน้ำเงิน ดังนั้นผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วงค่าที่ได้ไปทางสีม่วงแดง (Purple red) ซึ่งเป็นลักษณะของเม็ดสีแอนโทไซยานินในมันเทศสีม่วง ซึ่งสอดคล้องกับการมองเห็นด้วยตาเปล่า วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วงนั้นเป็นสีม่วงอ่อน และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุวิชา ดีหะสิงห์ (2550) ได้รายงานว่า สารแอนโทไซยานินเป็นสารที่สามารถละลายน้ำได้ มีสีตั้งแต่สีม่วงแดงจนถึงสีน้ำเงิน โดยจะดูดกลืนแสงในช่วง 240-285 นาโนเมตร และช่วง 300-550 นาโนเมตร จัดเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ในกลุ่มฟีโนลิก (Phenolic)



ภาพที่ 3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์บริกซ์) ในวีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วงสูตรที่ 3 (1:10) เมื่อผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 วัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการผลิตวีแกนโยเกิร์ตจากมันเทศสีม่วง ด้วยการทดแทนนมวัวด้วยผงมันเทศสีม่วง และน้ำนมถั่วเหลือง จนได้วีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วงทั้ง 3 สูตร พบว่าปริมาณของผงมันเทศสูงขึ้นจะส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต ค่าความเป็นกรดด่าง ในระหว่างกระบวนการหมักลดลงจนถึงชั่วโมงสุดท้ายของทุกสูตรอยู่ในช่วง 4.59 - 4.66 ในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวีแกนโยเกิร์ตมันเทศสีม่วงสูตรที่ 3 (1 : 10) ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด จึงได้นำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา พบว่า ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 13.40 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ มีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงจนเหลือเท่ากับ 104.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าสีที่วัดได้ คือ L* a* และ b* เท่ากับ 56.99, 22.87 และ -6.12 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วงมีสีม่วงแดง แสดงถึงการคงอยู่ของสารแอนโทไซยานิน

การตรวจสอบคุณลักษณะทางจุลชีววิทยา พบว่า มีปริมาณแบคทีเรียแลคติกที่รอดชีวิตในผลิตภัณฑ์วีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วง เท่ากับ 1.59×10^{8} โคโลนีต่อกรัม ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์รา และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของนมเปรี้ยวตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 353 (2556) ผลการตรวจวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตวีแกนโยเกิร์ตเสริมมันเทศสีม่วงที่ได้นั้น นอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการจากมันเทศสีม่วงซึ่งมีสารต้านอนุมูลอิสระ ยังประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และปลอดภัยต่อร่างกาย อย่างไรก็ดี หากมีการศึกษาการปรุงแต่งกลิ่นรสเพื่อลดกลิ่นของมันเทศสีม่วงในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่ดียิ่งขึ้น จะสามารถทำให้ผู้บริโภคยอมรับทางด้านรสชาติเพิ่มสูงขึ้น หรือการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีรูปลักษณ์ต่าง ๆ เช่น การใส่ผลไม้ หรือธัญพืช หรือทำในรูปแบบผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น โยเกิร์ตพร้อมดื่ม จะเป็นการเพิ่มความน่าสนใจในตัวผลิตภัณฑ์และมีโอกาสพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้ทุนสนับสนุน รวมทั้งอนุเคราะห์จุลินทรีย์ อุปกรณ์เครื่องมือ และสถานที่ทำการทดลอง จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2564). Plant-based Food อาหารแห่งโลกอนาคต. *วารสารกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม,* 63 : 1-44.

กระทรวงสาธารณสุข. (2556). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556 เรื่อง นมเปรี้ยว*. 19 สิงหาคม 2568, เข้าถึงได้จาก : https://food.fda.moph.go.th/food-law/announ-moph-353.

จีระศักดิ์ คำสุริย์, ดุจเดือน บุญสม และเมธาวี ชุณหวุฒิยานนท์. (2562). โครงการศึกษาตลาดอาหารวีแกน (Vegan) เพื่อรองรับการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารไทย. *ในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันอาหาร* (หน้า 1-124): กระทรวงอุตสาหกรรม.

นรินทร์ เจริญพันธ์. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากมันเทศเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตผลเกษตรท้องถิ่นของจังหวัดสระแก้ว. ใน *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร* (หน้า 1-88). ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา.

ไพโรจน์ วิริยจารี. (2561). *การประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)*. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประจงเวท สาตมาลี. (2567). มันเทศ : แหล่งแป้งทางเลือกสำหรับผู้รักสุขภาพ. *วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร,* 54(1) : 83-87.

วรรณภา ทาบโลกา. (2560). การผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองคุณภาพจากโพรไบโอติกที่คัดเลือก. *รายงานวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). *แอนโทไซยานิน (Anthocyanin)*. 1 เมษายน 2566, เข้าถึงได้จาก : http://siweb.dss.go.th/index.php/th/information-repacking/5624-anthocyanin.

สถาบันวิจัยพืชสวน. (2559). *เทคโนโลยีการผลิตมันเทศ.* กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

สุภาพร ฟักเงิน และศิรประภา. (2560). การสกัดแยกหาปริมาณแอนโทไซยานินจากลูกมะม่วงหาว มะนาวโห่. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ* ครั้งที่ 4 สถาบันวิจัย. (หน้า 1002-1011), กำแพงเพชร : มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

สุวิชา ดีหะสิงห์. (2550). *การสกัดและการทำให้สารแอนโธไซยานินในลูกหว้าบริสุทธิ์*. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัญชนา จันทร์ประทิว, ยุพา มิตรมังกร และนาตยา มนตรี. (2560). ผลของความร้อนและการเก็บรักษาในผักสีม่วงบางชนิด. *วารสารแก่นเกษตร*, 45(1) : 1278-1282.

อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์, วิญญู ช่วยแก้ว และเนตรนภา สกุลซ้ง. (2557). การผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 45(2) (พิเศษ) : 273-276.

Afiati, F., Priadi, G. and Setiyoningrum, F. (2018). The improvement of functional food in yogurt enriched with purple sweet potato (*Ipomea batatas* var. *Ayamurasaki*). *Indonesian Tropical Animal Agriculture,* 43(2) :159-168.

Alonso-Miravalles, L., Grasso, N. and O' Mahony, JA. (2020). Composition, physicochemical and sensorial properties of commercial plant-based yogurts. *Food* 2020, 9(252) : 1-11. DOI:10.3390/foods9030252.

Amirina, Q. S., Anindyah, D. S., Huda, A. N., Indrianingrum, W., Lestari, L. A., Nisa, A., Nurliyani. and Prasetyastuti. (2020). Characteristics of purple sweet potato yogurt and its effect on lipid profiles of sprague dawley rats fed with high fat diet. *Journal of food and pharmaceutical sciences,* 8(2) : 240-251.

AOAC. (2000). *Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed.* Verginia, USA, Association of Official Analysis Chemists.

Bolten, J. C., Muller, J., Tangyu, M. and Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103 : 9263-9275. DOI: 10.1007/s00253-019-10175-9.

Chan, C. F., Huang, C. L., Lai, Y. C., Liao, W. C., and Lien, C.Y. (2013). Studies of sugar composition and starch morphology of baked sweet potatoes (Ipomoea batatas (L.) Lam). *J Food Sci Technol*, 50(6) : 1193-1199. DOI: 10.1007/s13197-011-0453-6.

Corke, H., Wheatley, C. C., and Zhang, Z. (2002). Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content. *Postharvest biology and technology,* 24(3) : 317-325. DOI: 10.1016/S0925-5214(01)00149-1.

Dhakal, D., Younas, T., Bhusal., R.P., Devkota, L., Henry, C.J., and Dhital, S. (2023). Design rules of plant-based yoghurt-mimic : Formulation, functionality, sensory profile and nutritional value. *Food Hydrocolloid*, 142 : 1-21. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.108786.

Enaru, B., Dretcanu, G., Pop, T.D., Stanila, A., and Diaconeasa, Z. (2021). Anthocyanins : factors affecting their stability and degradation. *Antioxidants*, 10(12). DOI: 10.3390/antiox 10121967.

Lambertus, E., Srianta, I., Liem, D., Wanapruta, F., Nugerahani, I., Kuswardhani, I., and Tewfik, I. (2022). Enhancement of lactic acid bacteria population, chemical and organoleptic properties of soygurt with nutraceunicals from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L) paste. E3S web of conferences, 344(02004), DOI: 10.1051/e3sconf/202234402004.

Mende, S., Rohm, H., and Jaros, D. (2026). Influence of exopolysaccharides on the structure, texture, stability and sensory properties of yogurt and related products. *International Dairy Journal*, 52 : 57-71.

US Food and Drug Administration. (2001). Biological analytical manual (BAM). Washington DC, USA : New Hampshire Avenue, Department of Health and Human Services.