BSJ
BURAPHA SCIENCE JOURNAL
ISSN 2985-0983 (online)
วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 30 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2568
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 30 (No.1) January – April 2025
บทความวิจัย

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการรอดชีวิตของ *Lactobacillus casei* 01 ในผลิตภัณฑ์มูสนมสดและมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินระหว่างการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็น

Quality Changes and *Lactobacillus casei* 01 Survivability in Milk and Maoberry Mousse Products Supplemented with Inulin during Refrigerated Storage

จรัสสินี สุวีรานนท์[1], ศุภวัฒน์ นามคำ[2], สุทธิพงศ์ ยุสเปรมานนท์[3], พวงชมพู หงษ์ชัย[4] และ พิทยา ใจคำ[4*]

Jaratsinee Suweeranon[1], Supawat Namkham[2], Suttipong Yutsapremanon[3], Puangchompoo Hongchai[4] and Pittaya Chaikham[4*]

[1]*สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ประเทศไทย*

[2]*สาขาวิชาการโรงแรม คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ประเทศไทย*

[3]*สาขาวิชาธุรกิจอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ประเทศไทย*

[4]*สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และการจัดการเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ประเทศไทย*

[1]*Division of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Thailand*

[2]*Division of Hospitality, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Krungthep, Thailand*

[3]*Division of Food Business, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep, Thailand*

[4]*Division of Food Science and Technology Management, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Thailand*

Received : 3 February 2025, Received in revised form : 13 February 2025, Accepted : 14 February 2025

Available online : 10 March 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : มูสเป็นของหวานที่มีเนื้อสัมผัสเบาและขึ้นฟูทำโดยการผสมอากาศเข้าไปในส่วนผสมของวิปครีม ไข่ขาวหรือเจลาติน จนกระทั่งมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนและนุ่มฟู เป็นได้ทั้งของหวานหรือคาว มูสที่นิยมรับประทาน เช่น มูสช็อกโกแลต และมูสผลไม้ เม่าเบอร์รี่หรือเม่าหลวง (*Antidesma bunius*) เป็นผลไม้เขตร้อนที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์และจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟลาโวนอยด์ และกรดฟีนอลิก จากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์พบว่า สารดังกล่าวมีคุณสมบัติต้านการอักเสบ ต้านจุลชีพ และป้องกันโรคที่เกี่ยวข้องกับหัวใจ ช่วยส่งเสริมระบบย่อยอาหาร ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และเสริมสร้างการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันเนื่องจากมีวิตามินและแร่ธาตุสูง อินูลิน (inulin) เป็นเส้นใยพรีไบโอติก (prebiotics) จากธรรมชาติที่พบในพืชหลายชนิด เช่น รากชิโครี (chicory) กระเทียม และหัวหอม ซึ่งได้รับการยอมรับทางวิทยาศาสตร์ว่าช่วยส่งเสริมสุขภาพของลำไส้โดยการกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยให้การขับถ่ายเป็นปกติ และช่วยเพิ่มการดูดซึมสารอาหาร อินูลินยังสามารถช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และช่วยควบคุมน้ำหนักหรือควบคุมความอยากอาหารได้ จุลินทรีย์โปรไบโอติก (probiotics) มีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยการส่งเสริมสุขภาพของลำไส้ ช่วยย่อยอาหาร และเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน นอกจากนั้นยังมีบทบาทสำคัญในการป้องกันความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร และช่วยในการควบคุมน้ำหนัก การบริโภคอาหารหรือเครื่องดื่มเสริมโพรไบโอติกอย่างสม่ำเสมอจะทำให้สุขภาพโดยรวมดีขึ้นได้อย่างมาก ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการรอดชีวิตของโพรไบโอติก *Lactobacillus casei* 01 ในผลิตภัณฑ์มูสนมสดและมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินในระหว่างการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วิธีดำเนินการวิจัย : ทำการผลิตมูสเสริมโพรไบโอติกสูตรต่าง ๆ ได้แก่ มูสนมสด มูสนมสดเสริมอินูลิน มูสเม่าเบอร์รี่ มูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลิน จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน และสุ่มเก็บตัวอย่างทุก ๆ 3 วัน และทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ ทางกายภาพ (ค่าสี และค่าความแน่นเนื้อ) ทางเคมี (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมด) และทางจุลชีววิทยา วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ (กรดแอสคอร์บิก แอนโธไซยานินทั้งหมด และสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด) และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ FRAP assays) รวมทั้งวิเคราะห์หาอัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติก *L. casei* 01 ในตัวอย่างอีกด้วย

ผลการวิจัย : จากผลการทดลองพบว่า สารแอนโธไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุหลักที่พบในเม่าเบอร์รี่มีผลต่อค่าสี (*L*, *a** และ *b**) ของมูส แต่การเสริมอินูลินไม่มีผลต่อค่าสีของตัวอย่าง และพบว่า มูสที่มีส่วนผสมของเนื้อเม่าเบอร์รี่จะมีค่าความแน่นเนื้อและค่า pH ต่ำกว่ามูสนมสด และการเสริมอินูลินไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อและค่า pH ของมูส นอกจากนั้นยังพบว่ามูสที่มีส่วนผสมของเม่าเบอร์รี่มีปริมาณกรดแอสคอร์บิก แอนโธไซยานินทั้งหมด และสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด รวมทั้งประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ FRAP assays) มากกว่ามูสที่ไม่มีส่วนผสมของเม่าเบอร์รี่ เมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ครบ 12 วัน พบว่า การเสริมเม่าเบอร์รี่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีมากกว่าการเสริมอินูลิน การเปลี่ยนแปลงของค่าสีของมูสเม่าเบอร์รี่เกิดจากการเสื่อมสภาพของแอนโธไซยานินเป็นหลัก ค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในมูสนมสดเสริมอินูลิน และยังพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในตัวอย่างทั้งหมดมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง แต่ค่า pH มีค่าลดลงเล็กน้อย ปริมาณกรดแอสคอร์บิก แอนโธไซยานินทั้งหมด และสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด รวมทั้งประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลงในช่วงของการเก็บรักษา โดยในมูสที่มีส่วนผสมของเม่าเบอร์รี่ยังคงมีสารสำคัญและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ามูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลิน งานวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงบทบาทของอินูลินในการเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติก *L. casei* 01 ในระหว่างการเก็บรักษา โดยในมูสสูตรที่มีการเสริมอินูลิน จำนวนของ *L. casei* 01 ยังคงมีค่ามากกว่า 6 log CFU/g หลังจากการเก็บรักษาครบ 12 วัน ในทางตรงกันข้ามในสูตรที่ไม่มีการเสริมอินูลิน จำนวนของ *L. casei* 01 ลดลงต่ำกว่า 6 log CFU/g ภายในระยะเวลาเดียวกัน จะเห็นได้ชัดว่าจำนวนของ *L. casei* 01 ในมูสนมสดเสริมอินูลินและมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานของโพรไบโอติกซึ่งควรมีจำนวนอย่างน้อย 6 - 7 log CFU/g ในอาหารก่อนนำไปบริโภค และจากการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม รวมทั้งจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดต่าง ๆ ได้แก่ *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* ในตัวอย่างทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทุกกลุ่มมีจำนวนอยู่ภายใต้มาตรฐานผลิตภัณฑ์จากนม

สรุปผลการวิจัย : ในภาพรวมจากงานวิจัยนี้พบว่าวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตมูสมีผลต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) โดยเม่าเบอร์รี่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่าสี ความแน่นเนื้อ และ pH รวมทั้งปริมาณสารสำคัญและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของมูส

ส่วนอินูลินมีผลต่อค่าความแน่นเนื้อ และช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของ *L. casei* 01 เมื่อเก็บรักษาครบ 12 วัน พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ชี้วัดต่าง ๆ มีจำนวนอยู่ภายใต้มาตรฐานผลิตภัณฑ์จากนมซึ่งมีความปลอดภัยกับผู้บริโภค

คำสำคัญ : มูสผลไม้ ; เม่าเบอร์รี่ ; พรีไบโอติก ; โพรไบโอติก

Abstract

Background and Objectives : Mousse is a light and airy dessert made by incorporating air into a mixture of whipped cream, egg whites, or gelatin, creating a smooth and fluffy texture. It can be sweet or savory, with popular variations including chocolate and fruits. Maoberry or Mao-Luang (*Antidesma bunius*) is a tropical fruit rich in bioactive compounds, including antioxidants, flavonoids, and phenolic acids. Scientifically, it has been shown to exhibit anti-inflammatory, antimicrobial, and cardioprotective properties. The fruit supports digestive health, regulates blood sugar levels, and enhances immune function due to its high vitamin and mineral content. Inulin is a natural prebiotic fiber found in plants like chicory root, garlic, and onions, scientifically recognized for promoting gut health by stimulating beneficial bacteria growth. It aids digestion, improves bowel regularity, and enhances nutrient absorption. Inulin also supports metabolic health by regulating blood sugar levels. Additionally, its ability to increase satiety helps with weight management and appetite control. Probiotics are live microorganisms, primarily bacteria and yeasts, which provide health benefits when consumed in adequate amounts. They mainly belong to genera *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*. Probiotics offer numerous health benefits by promoting gut health, enhancing digestion, and strengthening the immune system. They play a vital role in preventing gastrointestinal disorders and aiding in weight management. Regular consumption of probiotics through foods or beverages can significantly enhance overall well-being. Thus, this research aimed to investigate the changes in qualities and the survival rate of probiotic *Lactobacillus casei* 0 1 in milk and maoberry mousses supplemented with inulin during refrigerated storage at 4ºC for 12 days.

Methodology : Probiotic-mousse formulas, including milk mousse, milk mousse supplemented with inulin, maoberry mousse, and maoberry mousse supplemented with inulin, were produced and were then refrigerated stored at 4ºC for 1 2 days. The samples were taken every 3 days for quality assessments in various aspects, *viz.* physical (color parameters and firmness), chemical (total soluble solids, pH, and total titratable acidity), and microbiological qualities. Amounts of bioactive compounds (ascorbic acid, total anthocyanins, and total polyphenolic compounds) and antioxidant activity (DPPH and FRAP assays) were investigated. The survival rates of probiotic *L. casei* 01 in the samples were also monitored.

Main Results : From the experimental results, it was found that anthocyanins, which were the main pigments found in maoberry, affected the color values (*L*, *a**, and *b**) of the mousse samples. However, the addition of

inulin did not affect the color values of the samples. It was also found that maoberry mousses had lower firmness and pH values than the milk mousses. The addition of inulin did not affect the texture and pH values of the mousses. Additionally, it was found that maoberry mousses had higher levels of ascorbic acid, total anthocyanins, and total polyphenolic compounds, as well as higher antioxidant activity (DPPH and FRAP assays), than the milk mousses. During storage the samples in a refrigerator at 4ºC for 12 days, it was found that the addition of maoberry pulp had a greater effect on color changes than the addition of inulin. Color changes in maoberry mousses were primarily due to the degradation of anthocyanins. The firmness of the samples increased from the first day of storage, especially in milk mousse supplemented with inulin. It was also found that total soluble solids in all samples remained unchanged, but pH value slightly decreased. Amounts of ascorbic acid, total anthocyanins, and total polyphenolic compounds, as well as antioxidant activity, decreased during the refrigerated storage. However, maoberry mousses maintained higher levels of bioactive compounds and antioxidant activity compared to the other. This research also highlighted the role of inulin in increasing the survival rate of probiotic *L. casei* 01 during storage. The numbers of *L. casei* 01 in mousses supplemented with inulin remained above 6 log CFU/g after 12 days of storage. In contrast, the numbers of *L. casei* 01 in mousses without inulin addition decreased to below 6 log CFU/g within the storage period. It was evident that the numbers of *L. casei* 01 in both milk and maoberry mousses supplemented with inulin met the probiotic standard, which should have a count of at least 6 - 7 log CFU/g in food before consumption. Furthermore, the analysis of total plate counts, yeasts-molds, coliforms, and various pathogenic microorganisms, *viz. Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, and *Staphylococcus aureus*, in all samples during storage, found that the numbers of all microbial groups remained below the dairy product standards.

Conclusions : Overall, this research found that the ingredients used in the production of mousses affected various quality aspects of the products during refrigerated storage (4ºC). Maoberry significantly impacted the color parameters, firmness, and pH, as well as the amounts of bioactive compounds and antioxidant capacity of the samples. Inulin affected the texture and helped increase the survival rate of *L. casei* 01. After 12 days of storage, the numbers of various indicator microorganisms remained within the standards for dairy products, ensuring consumer safety.

Key words: fruit mousse ; maoberry ; prebiotic ; probiotic

***Corresponding author. E-mail** : pittaya.chaikham@gmail.com

Introduction

มูสเป็นขนมหวานที่มีเนื้อสัมผัสมีลักษณะเป็นเนื้อครีมและขึ้นฟู ทำโดยการผสมนม วิปปิ้งครีมหรือไข่ขาวเข้ากับช็อกโกแลต ผลไม้หรือส่วนผสมอื่น ๆ เช่น กาแฟหรือผลไม้ปั่น และอาจเติมไข่แดงหรือเจลาตินเพื่อให้มูสมีโครงสร้างที่แข็งแรง จากนั้นจะนำไปแช่เย็นจนกระทั่งมูสเซทตัว เนื้อครีมของมูสจะมีลักษณะเนียนนุ่มทำให้เป็นขนมหวานที่ได้รับความนิยม รสชาติของมูสสามารถทำได้หลากหลาย เช่น มูสช็อกโกแลต มูสสตรอเบอร์รี่ มูสวานิลลา หรือแม้แต่มูสแบบคาว เช่น ทำจากชีสหรือฟัวกรา (Xavier-Santos *et al*., 2019) ผลไม้ที่นิยมนำมาเป็นส่วนผสมของมูสส่วนมากจะเป็นผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ เม่าเบอร์รี่ (*Antidesma bunius*) เป็นต้นไม้ขนาดเล็กถึงขนาดกลางในวงศ์ Phyllanthaceae ที่มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มักพบในป่าหรือบริเวณชายป่าของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผลมีลักษณะเล็กกลม ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มหรือสีม่วงเมื่อสุกและมีรสเปรี้ยวหวาน (sweet-tart flavor) ผลของเม่าเบอร์รี่มีสารประกอบทางชีวภาพหลายชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แอนโธไซยานิน (anthocyanins) แทนนิน (tannins) และซาโพนิน (saponins) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และต้านเชื้อจุลินทรีย์ เม่าเบอร์รี่ถูกนำมาใช้ในยาพื้นบ้านเพื่อรักษาอาการต่าง ๆ เช่น การติดเชื้อ ปัญหาทางเดินอาหาร และการอักเสบ นอกจากนี้ยังเชื่อว่าช่วยส่งเสริมสุขภาพตับ ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และช่วยป้องกันมะเร็งจากคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย ผลเม่าเบอร์รี่รับประทานสดหรือทำเป็นน้ำผลไม้ แยม และผลิตภัณฑ์หมักต่าง ๆ ในด้านโภชนาการเม่าเบอร์รี่มีกรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) ใยอาหาร และแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น โพแทสเซียมและแคลเซียม (Jorjong *et al*., 2015; Chaikham & Baipong, 2016; Kittibunchakul *et al*., 2023) นอกจากนั้นยังพบว่าในเมล็ดและใบของเม่าเบอร์รี่ยังมีสารสำคัญหลายชนิดและมีประโยชน์ทางการแพทย์ เนื่องจากมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง เช่น กรดแกลลิก (gallic acid) และเควอซิทิน (quercetin) โดยพบว่ามีประโยชน์ในการบำรุงสมองและชะลอโรคที่เกี่ยวข้องกับวัยชรา (Siwalee *et al*., 2021) และ Trang *et al*. (2016) รายงานพบ ไบฟลาโวน (biflavones) และเทอร์พีนอยด์ ไกลโคไซด์ (terpenoid glycosides) ในสารสกัดเมทานอลของใบเม่าเบอร์รี่ ซึ่งสารสกัดดังกล่าวมีฤทธิ์ยับยั้งการผลิตไนตริกออกไซด์ (NO production) ใน BV2 cells และสามารถกระตุ้นระบบภูมิต้านทานให้เกิดการอักเสบได้ (LPS-induced macrophages) ใน RAW264.7 cells สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาอื่น ๆ ของเม่าเบอร์รี่ พบว่า เม่าเบอร์รี่สามารถยับยั้งกระบวนการสะสมไขมัน (adipogenesis) และการพัฒนาของเซลล์ไขมัน (adipocyte differentiation) ได้ (Krongyut & Sutthanut, 2019) ลดการเกิดภาวะไขมันพอกตับ (Ngamlerst *et al*., 2019) และลดภาวะอุดตันของหลอดเลือดหัวใจ (Tawali *et al*., 2019) ปัจจุบันในประเทศไทยเม่าเบอร์รี่ถูกปลูกและนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและยาพื้นบ้าน และได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างมาก

อินูลิน (inulin) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่จัดอยู่ในกลุ่มเส้นใยอาหารที่เรียกว่า ฟรุกแทน (fructan) ซึ่งประกอบด้วยสายโซ่ของโมเลกุลฟรุกโตส อินูลินไม่ถูกย่อยในลำไส้เล็ก แต่จะถูกหมักในลำไส้ใหญ่โดยจุลินทรีย์บางชนิด โดยจะทำหน้าที่เป็นพรีไบโอติก (prebiotics) ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ เกิดการผลิตกรดไขมันสายสั้น (short-chain fatty acids, SCFAs) ซึ่งทำหน้าที่ในการช่วยบำรุงระบบย่อยอาหารให้แข็งแรง ประโยชน์ต่อสุขภาพของอินูลิน ได้แก่ การช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ช่วยปรับปรุงสุขภาพลำไส้ การเพิ่มการดูดซึมแคลเซียม การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และช่วยในการจัดการหรือควบคุมน้ำหนัก นอกจากนั้นยังถูกใช้เป็นสารทดแทนไขมันและน้ำตาลใน

ผลิตภัณฑ์อาหารได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเพิ่มความข้นหนืดและมีรสหวานเล็กน้อย อินูลินมักจะถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารเสริม อาหารเชิงหน้าที่หรืออาหารฟังก์ชัน อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ อาทิเช่น โยเกิร์ต โปรตีนแท่ง ธัญพืชอัดแท่ง และไอศกรีม (Shoaib *et al*., 2016; Illippangama *et al*., 2022; Kheto *et al*., 2023)

โพรไบโอติก (probiotics) คือ จุลินทรีย์ที่มีชีวิตซึ่งเมื่อบริโภคในปริมาณที่เพียงพอจะให้ประโยชน์ต่อสุขภาพแก่ผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะช่วยปรับปรุงหรือฟื้นฟูจุลินทรีย์ชนิดดีในลำไส้ แบคทีเรียที่มีประโยชน์กลุ่มนี้ เช่น *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* ซึ่งพบได้ในอาหารหมัก เช่น โยเกิร์ต คีเฟอร์ ผักและผลไม้หมักดอง โพรไบโอติกมีบทบาทสำคัญในการบำรุงรักษาสุขภาพของลำไส้โดยการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ ช่วยย่อยอาหาร และส่งเสริมหรือกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน รวมทั้งช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นอันตราย ช่วยในการดูดซึมสารอาหารและผลิตสารเมตาบอไลต์ที่เป็นประโยชน์ เช่น กรดไขมันสายสั้น (Gibson *et al*., 2017) โพรไบโอติกยังถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารชนิดอื่น ๆ เช่น น้ำผลไม้ ธัญพืชอัดแท่ง ไอศกรีม และมูส (Saad *et al*., 2013; dos Santos *et al*., 2019; Xavier-Santos *et al*., 2019)

ปัจจุบันมีรายงานเพียงไม่กี่ชิ้นที่ได้ศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหวานที่มีส่วนผสมของเม่าเบอร์รี่ ซึ่งก่อนหน้านี้คณะผู้วิจัยได้ทำศึกษาหาปริมาณเม่าเบอร์รี่และอินูลินที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มูส (Hongchai *et al*., 2023) แต่ยังไม่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเสริมโพรไบโอติกและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการรอดชีวิตของโพรไบโอติก *Lactobacillus casei* 01 ในผลิตภัณฑ์มูสนมสดและมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินในระหว่างการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างทุก ๆ 3 วัน และทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ ทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งวิเคราะห์หาจำนวน *L. casei* 01 ในตัวอย่าง

Methodology

1. การเตรียมเซลล์ของโพรไบโอติก Lactobacillus casei 01

การเตรียมและแยกเซลล์ของโพรไบโอติกทำตามวิธีของ Kemsawasd & Chaikham (2020) โดยเพาะเลี้ยง *L. casei* 01 (Chr. Hansen, Hørsholm, Denmark) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกเซลล์ของ *L. casei* 01 ด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,500×*g* อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (Centrifuge model Rotina 46 R, Tuttlingen, Germany) นำเซลล์ตกตะกอนของเชื้อที่แยกได้มาล้างด้วยน้ำกลั่นอีก 2 ครั้ง ก่อนเติมลงไปในขั้นตอนของการผลิตมูส

2. การผลิตมูสนมสดและมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินและโพรไบโอติก

ส่วนผสมของมูสนมสดเสริมโพรไบโอติกประกอบด้วยนมสดพาสเจอไรซ์รสจืด วิปปิ้งครีม เจลาติน น้ำตาลทรายขาวและเซลล์ของ *L. casei* 0.1 ปริมาณ 35.36, 49.50, 1.52, 12.62 และ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ขั้นตอนการผลิตมูสนมสดทำได้โดยนำเจลาตินมาละลายในน้ำ 10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เจลาตินพองตัวเป็นเวลา 10 นาที เทนมใส่หม้อนำขึ้นตั้งไฟระดับปานกลาง พอนมเริ่มร้อนเทเจลาตินลงไป คนให้เจลาตินละลาย ยกลงจากเตา พักไว้ให้เย็น ตีวิปปิ้งครีม

น้ำตาลและเซลล์ของ *L. casei* 0.1 เข้าด้วยกันให้เป็นครีมข้น นำครีมที่ได้ไปผสมกับนมที่เย็นแล้วให้เข้ากัน จากนั้นตักมูสนมสดใส่ถ้วยพลาสติกและแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อให้มูสนมสดคงตัว สำหรับการผลิตมูสเม่าเบอร์รี่เสริมโพรไบโอติกทำได้โดยนำผลเม่าเบอร์รี่ที่เก็บจากเทือกเขาภูพาน จังหวัดสกลนคร ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567 มาล้างทำความสะอาด กดให้เนื้อเละ และกรองผ่านตะแกรงเพื่อแยกเมล็ดออก จากนั้นนำไปให้ความร้อนเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ติดมากับวัตถุดิบสดที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นระเวลา 1 นาที และทิ้งไว้ให้เย็น โดยพบว่าสภาวะดังกล่าวทำให้ตรวจไม่พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในเนื้อเม่าเบอร์รี่ เพิ่มเนื้อเม่าเบอร์รี่ปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมดจากส่วนประกอบของมูสนมสดเสริมโพรไบโอติก และผสมเพื่อให้เป็นครีมข้นในขั้นตอนการตีวิปปิ้งครีม น้ำตาลและเซลล์ของ *L. casei* 0.1 การเสริมอินูลินในมูสนมสดเสริมโพรไบโอติกและมูสเม่าเบอร์รี่เสริมโพรไบโอติกทำได้โดยทดแทนน้ำตาลทรายขาวด้วยอินูลิน (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) ที่ปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของน้ำตาล (Hongchai *et al*., 2023) เมื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์จนครบทุกสูตรแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน และเก็บตัวอย่างทุก ๆ 3 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาจำนวนคงเหลือของ *L. casei* 01 และวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ของตัวอย่างต่อไป

3. การวิเคราะห์ทางกายภาพ

วิเคราะห์ค่าสี *L** (ค่าความสว่าง), *a** (ค่าความเป็นสีแดง/สีเขียว) และ *b** (ค่าความเป็นสีเหลือง/น้ำเงิน) ของตัวอย่างด้วยเครื่อง Miniscan XP plus Colorimeter (Hunter Lab, USA) และวิเคราะห์หาค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (Brookfielb, CT3 10K, USA) โดยใช้หัววัดทรงกระบอก (Cylindrical) ขนาด 25.4 มิลลิเมตร (TA11/1000) ตั้งค่า Trigger load เท่ากับ 5 กรัม ค่า Test speed 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ค่า Return speed เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที และใช้ Load cell น้ำหนัก 1,000 กรัม (Hongchai *et al*., 2023)

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของตัวอย่างด้วยเครื่อง Hand refractometer (ATAGO, Japan) โดยชั่งตัวอย่างมา 10 กรัม ผสมให้เข้ากันกับน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์) (Hongchai *et al*., 2023) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของตัวอย่างด้วยเครื่อง pH meter (EXTECH, PH100, USA) โดยการนำตัวอย่างมา 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ให้เข้ากันด้วยเครื่อง Stomacher (BagMixer® 400, Interscience International, France) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,500×*g* เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายส่วนใสที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่า pH และสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมด ทำโดยการปิเปตสารละลายส่วนใสของตัวอย่างที่ได้มาปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 10 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอฟทาลีนจำนวน 2-3 หยด เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งถึงจุดยุติได้เป็นสารละลายสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก (AOAC, 2005)

5. การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ

5.1 กรดแอสคอร์บิก

วิเคราะห์หาปริมาณกรดแอสคอร์บิกในตัวอย่างด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ดัดแปลงตามวิธีของ Chaikham & Apichartsrangkoon (2012) และ Kittibunchakul *et al.* (2023) ชั่งตัวอย่างมา 5 กรัม ผสมกับกรดซัลฟิวริกเจือจาง (pH 2.2) ปริมาณ 45 ลลิลิตร นำไปสกัดเป็นเวลา 10 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (VCX 130 PB, Sonics & Materials Inc., Newtown, USA) ที่ความถี่ 20 กิโลเฮิร์ต และกำลัง 130 วัตต์ จากนั้นไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,500×*g* เป็นเวลาอีก 15 นาที และนำสารละลายส่วนใสไปกรองผ่านเยื่อไนลอนขนาดรูพรุน 0.20 ไมโครเมตร ก่อนที่จะฉีดเข้าไปในคอลัมน์ C-18 (YMC-Pack ODS-AM, 5 μm, 4.6 mm × 250 mm; YMC, Japan) ที่ติดตั้งกับระบบ HPLC-DAD คำนวณหาปริมาณของกรดแอสคอร์บิกในตัวอย่างจากพื้นที่ใต้กราฟและกราฟมาตรฐาน

5.2 แอนโธไซยานินทั้งหมด

วิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด (total anthocyanins) ตามวิธีดัดแปลงของ Lee *et al.* (2005) และ Kittibunchakul *et al.* (2023) โดยทำการชั่งตัวอย่างมา 5 กรัม ผสมกับสารละลายผสมของเมทานอลความเข้มข้น 99.99 เปอร์เซ็นต์ และกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ที่อัตราส่วน 85 ต่อ 15 โดยปริมาตร ปริมาณ 45 มิลลิลิตร นำไปสกัดเป็นเวลา 10 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิก จากนั้นไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,500×*g* เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปิเปตสารละลายส่วนใส ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์ของโพแทสเซียมคลอไรด์ (pH 1.0) หรือสารละลายบัฟเฟอร์ของโซเดียมอะซิเตตความเข้มข้น 0.03 โมลาร์ (pH 4.5) ปริมาณ 1.5 มิลลิลิตร นำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Perkin Elmer UV WINLAB spectrophotometer (Perkin Elmer, USA) สาร cyanidin 3-*o*-glucoside (CG) ถูกใช้เป็นสารมาตรฐานในการคำนวณหาปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดในหน่วย mg CGE/100 g ของน้ำหนักตัวอย่าง คำนวณได้ตามสมการ Total anthocyanins (mg CGE/100 g) = (A x MW x DF x 1000)/(**ε** x l) เมื่อ A คือ $(A_{520} - A_{700})_{pH\ 1.0}$ - $(A_{520} - A_{700})_{pH\ 4.5}$, MW คือ 499.2 g/mol (มวลโมเลกุลของ CG), DF คือ dilution factor, **ε** = 26,900 1/M.cm (molar extinction coefficient) และ l คือ ความกว้างของคิวเวต (เซนติเมตร)

5.3 สารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์หาสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด (total polyphenolic compounds) ดัดแปลงตามวิธีของ Zainol *et al.* (2003) และ Kittibunchakul *et al.* (2023) ชั่งตัวอย่างมา 5 กรัม ผสมกับเอทานอลบริสุทธิ์ ปริมาณ 45 มิลลิลิตร นำไปสกัดเป็นเวลา 10 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิก จากนั้นไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,500×*g* เป็นเวลาอีก 15 นาที จากนั้นปิเปตสารละลายส่วนใสปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย Folin-Ciocalteu ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่อิ่มตัว ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Perkin Elmer UV WINLAB spectrophotometer สาร gallic acid (GA) ถูกใช้เป็นสารมาตรฐานในการคำนวณหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมดในหน่วย mg GAE/100 g ของน้ำหนักตัวอย่าง

6. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ

6.1 การสกัดตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างมา 5 กรัม ผสมกับเมทานอล ปริมาณ 45 มิลลิลิตร นำไปสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (High intensity ultra-sonic processor, VCX 130 PB 130 W, Sonics & Materials Inc., Newtown, CT) เป็นเวลา 10 นาที และปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,500×*g* เป็นเวลาอีก 15นาที แยกส่วนใสที่ได้เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ (Kittibunchakul *et al*., 2023)

6.2 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity

ปิเปตสารละลายส่วนใสที่สกัดได้มา 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 0.02 มิลลิโมลาร์ ในเมทานอล ปริมาณ 100 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Perkin Elmer UV WINLAB spectrophotometer ค่า DPPH radical scavenging activity คำนวณได้ตามสมการ DPPH radical scavenging activity (%) = $[1 - (Abs_{sample}/Abs_{control})] \times 100$ (Chaikham & Apichartsrangkoon, 2012)

6.3 Ferric ion reducing antioxidant power

การวิเคราะห์หาค่า Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) ของตัวอย่างทำตามวิธีของ Benzie & Strain (1996) ทำการเตรียมสารละลาย FRAP โดยผสมของบัฟเฟอร์ของโซเดียมอะซิเตตความเข้มข้น 300 มิลลิโมลาร์ (pH 3.6) สารละลาย 2,4,6-tris (2-pyridyl-1,3,5-triazine (TPTZ) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ และสารละลายเฟอริคคลอไรด์เฮกซะไฮเดรตความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ที่อัตราส่วน 10 ต่อ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร จากนั้นปิเปตสารละลายส่วนใสของตัวอย่างที่สกัดได้มา 30 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย FRAP ปริมาณ 270 ไมโครลิตร และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Perkin Elmer UV WINLAB spectrophotometer คำนวณค่า FRAP ออกมาในหน่วย mM $FeSO_4$/g ของตัวอย่าง

7. การวิเคราะห์หาจำนวนโพรไบโอติก

ชั่งตัวอย่างมา 10 กรัม ผสมกับสารละลาย peptone water ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 3 นาที และนำไปเจือจางด้วยสารละลาย peptone water ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ จนถึงระดับที่เหมาะสม ก่อนที่จะนำไปเพาะเลี้ยงลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ LC ซึ่งประกอบด้วย peptone, yeast extract, Lab Lemco, KH_2PO_4, sodium acetate, tri-ammonium citrate, $MgSO_4$, casein hydrolysate และ Tween 80 ปริมาณ 10, 1, 4, 2, 3, 1, 0.2, 1 และ 1 กรัม ตามลำดับ ในน้ำกลั่น 1 ลิตร (Ravula & Shah, 1998)

8. การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม รวมทั้งจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดต่าง ๆ ได้แก่ *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* ในตัวอย่างตามวิธีมาตรฐานของ US Food and Drug Administration (2001) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องเฝ้าระวังในผลิตภัณฑ์จากนมตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 (Announcement of the Ministry of Public Health, 2020)

9. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์สถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์หาความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Results

Table 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีของมูสนมสดและมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินและโพรไบโอติกในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ค่าสี L^* และค่าสี b^* ของมูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลินมีค่ามากกว่ามูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ค่าสี a^* ของมูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินจะมีค่าสูงกว่ามูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน พบว่า ค่าสี L^* ของมูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลินมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่มูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ($P > 0.05$) ส่วนค่าสี a^* ของทุกตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับค่าสี b^* พบว่า ค่าสี b^* ของมูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลินมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$) ในทางกลับกันค่าสี b^* ของมูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์หาค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่าง (Table 1) พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างทุกสูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างมูสทั้งหมดเป็นเวลา 12 วัน พบว่า ค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างทุกสูตรมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งมูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลิน ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่ามูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลินมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่ามูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเก็บรักษาครบ 12 วัน ($P \leq 0.05$)

จาก Table 2 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมูสนมสดเสริมอินูลินมีค่ามากกว่าสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) รองลงมาคือ มูสนมสด มูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลิน และมูสเม่าเบอร์รี่ ตามลำดับ ในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของแต่ละสูตรไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($P > 0.05$) เมื่อเทียบกับวันแรกของการเก็บรักษา และเมื่อวิเคราะห์หาค่า pH ในตัวอย่าง พบว่า มูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินจะมีค่า pH ต่ำกว่ามูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลิน โดยที่ค่า pH ของทุกสูตรมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

Table 2 Changes of chemical qualities of different probiotic-mousses during refrigerated storage at 4ºC for 12 days

Samples	Days	Total soluble soilds (%)	pH	Total titratable acidity (%)
Milk mousse	0	16.41±0.04^{b}	6.85±0.03^{a}	0.10±0.01^{g}
	3	16.42±0.07^{ab}	6.84±0.01^{a}	0.10±0.01^{g}
	6	16.41±0.06^{b}	6.84±0.01^{a}	0.10±0.01^{g}
	9	16.42±0.03^{b}	6.83±0.01^{ab}	0.10±0.00^{g}
	12	16.40±0.04^{b}	6.82±0.01^{b}	0.11±0.01^{f}
Milk mousse plus inulin	0	16.49±0.02^{a}	6.85±0.02^{a}	0.10±0.01^{g}
	3	16.49±0.05^{a}	6.84±0.01^{a}	0.10±0.01^{g}
	6	16.48±0.06^{ab}	6.83±1.03^{ab}	0.10±0.01^{g}
	9	16.49±0.02^{a}	6.80±0.01^{b}	0.11±0.01^{f}
	12	16.48±0.05^{ab}	6.78±0.01^{c}	0.13±0.01^{f}
Maoberry mousse	0	16.30±0.05^{c}	5.16±0.02^{d}	0.19±0.01^{e}
	3	16.31±0.03^{c}	5.15±0.02^{d}	0.19±0.01^{e}
	6	16.32±0.03^{c}	5.14±0.01^{de}	0.20±0.02^{d}
	9	16.33±0.07^{c}	5.13±0.01^{e}	0.20±0.01^{d}
	12	16.30±0.04^{c}	5.11±0.01^{ef}	0.21±0.01^{c}
Maoberry mousse plus inulin	0	16.37±0.07^{bc}	5.16±0.01^{d}	0.22±0.01^{c}
	3	16.38±0.05^{bc}	5.14±0.02^{de}	0.22±0.01^{c}
	6	16.38±0.08^{bc}	5.12±0.01^{e}	0.23±0.01^{b}
	9	16.39±0.09^{bc}	5.10±0.01^{ef}	0.24±0.01^{a}
	12	16.37±0.04^{bc}	5.09±0.01^{f}	0.24±0.01^{a}

Means in the same column followed by the same letters are not significantly different ($P > 0.05$). Means were calculated from triplicate determinations with individual duplication.

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในตัวอย่าง ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก แอนโธไซยานินทั้งหมด และสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด (Table 3) พบว่า ในตัวอย่างมูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลินมีปริมารกรดแอสคอร์บิกน้อยมาก และค่าน้อยกว่า 0.01 mg/100 g และตรวจไม่พบปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดและสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด ส่วนในมูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินพบมีปริมาณกรดแอสคอร์บิก แอนโธไซยานินทั้งหม ดและสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด อยู่ในช่วง 12.47 - 13.05 mg/100 g, 5.47 – 5.81 mg CGE/100 g และ 39.64– 40.13 mg GAE/100 g ตามลำดับ สารสำคัญทั้ง 3 กลุ่มในมูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาครบ 12 วัน ตัวอย่างทั้งมูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินมีปริมาณสารทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์หาค่า DPPH inhibition และ FRAP พบว่า มูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลิน มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ FRAP assays) ต่ำกว่ามูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

และในระหว่างการเก็บรักษา ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของทุกตัวอย่างมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่มูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินยังตรวจพบค่าดังกล่าวสูงกว่ามูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลิน

Table 3 Changes of bioactive compounds and antioxidant capacity of different probiotic-mousses during refrigerated storage at 4ºC for 12 days

Samples	Days	AA (mg/100 g)	TAs (mg CGE/100 g)	TPCs (mg GAE/100 g)	DPPH (%)	FRAP values (mmol $FeSO_4$/g)
Milk mousse	0	nf^{h}	nd^{d}	nd^{g}	27.56±0.70^{g}	16.45±0.49^{f}
	3	nf^{h}	nd^{d}	nd^{g}	26.89±0.64^{g}	16.49±0.31^{f}
	6	nf^{h}	nd^{d}	nd^{g}	27.04±1.25^{g}	14.03±0.18^{gh}
	9	nf^{h}	nd^{d}	nd^{g}	23.29±0.48^{i}	13.78±0.23^{h}
	12	nf^{h}	nd^{d}	nd^{g}	21.11±0.68^{j}	11.04±0.15^{j}
Milk mousse plus inulin	0	nf^{h}	nd^{d}	nd^{g}	27.42±1.41^{g}	16.15±0.47^{f}
	3	nf^{h}	nd^{d}	nd^{g}	27.31±0.83^{g}	16.68±0.50^{f}
	6	nf^{h}	nd^{d}	nd^{g}	26.97±0.91^{g}	14.37±0.14^{g}
	9	nf^{h}	nd^{d}	nd^{g}	24.15±0.47^{h}	13.09±0.10^{i}
	12	nf^{h}	nd^{d}	nd^{g}	21.87±0.42^{j}	10.96±0.21^{j}
Maoberry mousse	0	12.47±0.65^{a}	5.47±0.29^{a}	39.64±1.06^{a}	45.47±1.65^{a}	30.11±0.23^{a}
	3	10.65±0.43^{c}	5.51±0.53^{a}	37.58±0.57^{b}	42.60±0.94^{b}	31.45±0.61^{a}
	6	8.46±0.71^{de}	5.23±0.12^{a}	32.04±0.45^{cd}	40.59±0.56^{c}	29.62±0.45^{b}
	9	7.91±0.25^{e}	4.95±0.37^{b}	30.15±0.61^{e}	35.47±0.50^{d}	27.73±0.12^{c}
	12	6.97±0.18^{g}	4.62±0.26^{c}	28.67±0.78^{f}	31.15±0.48^{f}	24.25±0.26^{e}
Maoberry mousse plus inulin	0	13.05±0.13^{a}	5.81±0.38^{a}	40.13±0.66^{a}	46.50±0.97^{a}	31.69±0.20^{a}
	3	11.18±0.21^{b}	5.70±0.25^{a}	36.73±0.38^{b}	41.97±1.18^{bc}	30.77±0.17^{a}
	6	8.97±0.39^{d}	5.18±0.44^{ab}	33.46±1.12^{c}	41.04±0.66^{bc}	28.93±0.33^{b}
	9	7.85±0.20^{ef}	4.82±0.23^{b}	31.24±0.85^{de}	34.47±1.02^{d}	27.60±0.27^{c}
	12	7.08±0.42^{fg}	4.65±0.16^{bc}	29.08±0.71^{ef}	32.85±0.37^{e}	25.02±0.21^{d}

Means in the same column followed by the same letters are not significantly different ($P > 0.05$). Means were calculated from triplicate determinations with individual duplication. AA is ascorbic acid, TAs is total anthocyanins and TPCs is total polyphenolic compounds. nf is less than 0.01 mg/100 g sample. nd is not detected.

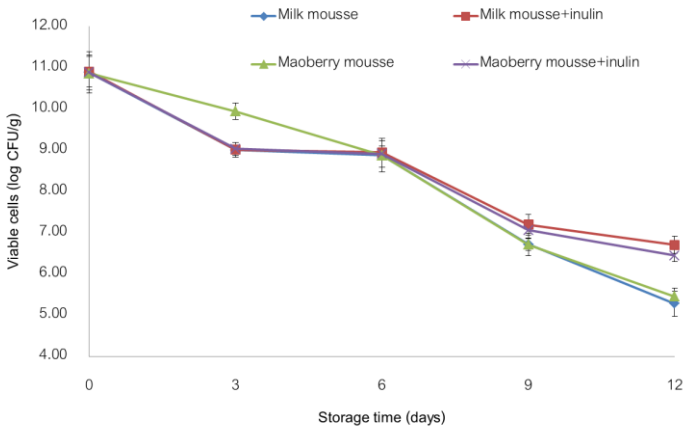

Figure 1 Monitoring viable cells of *Lactobacillus casei* 01 in different types of probiotic-mousses during refrigerated storage at 4ºC for 12 days

จาก Figure 1 พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษาจำนวนของ *L. casei* 01 ในตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 7.38×10^{10} – 8.10×10^{10} CFU/g โดยมีจำนวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น เมื่อเก็บรักษาครบ 12 วัน มูสนมสดและมูสเม่าเบอร์รี่ตรวจพบจำนวนของ *L. casei* 01 อยู่ในช่วง 1.90×10^{5} – 2.82×10^{5} CFU/g ส่วนมูสนมสดเสริมอินูลินและมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินตรวจพบอยู่ในช่วง 2.78×10^{6} – 5.08×10^{6} CFU/g โดยที่จำนวนของ *L. casei* 01 ในมูสนมสดเสริมอินูลินจะมีจำนวนการรอดชีวิตสูงกว่าในมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั่วไปที่พบในตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษา (Table 4) พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์มในมูสทุกสูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยที่จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนโคลิฟอร์มตรวจพบจำนวนน้อยกว่า 1.1 MPN/g ตลอดช่วงการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาครบ 12 วัน จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา มีค่ามากกว่าวันแรกของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ก่อโรคในตัวอย่าง พบว่า จำนวนของ *E. coli* และ *S. aureus* มีค่าน้อยกว่า 2 MPN/g และ 10 CFU/g ตามลำดับ ส่วน *L. monocytogenes* และ *Salmonella* ตรวจไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม ทั้งในวันแรก และตลอดช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษา (Table 5)

Table 4 Detection of general microorganisms in different types of probiotic-mousses during refrigerated storage at 4ºC for 12 days

Samples	Days	Total plate counts (CFU/g)	Yeasts & molds (CFU/g)	Coliform (MPN/100 g)^{ns}
Milk mousse	0	$1.40\pm0.82^{m}\times10^{2}$	$<10^{i}$	<1.1
	3	$6.15\pm0.65^{i}\times10^{2}$	$<10^{i}$	<1.1
	6	$7.38\pm1.25^{h}\times10^{2}$	$<25^{h}$	<1.1
	9	$4.40\pm1.12^{f}\times10^{3}$	$2.72\pm0.65^{e}\times10^{2}$	<1.1
	12	$8.78\pm1.26^{c}\times10^{3}$	$5.80\pm0.92^{a}\times10^{3}$	<1.1
Milk mousse plus inulin	0	$1.52\pm0.82^{m}\times10^{2}$	$<10^{i}$	<1.1
	3	$4.08\pm0.83^{j}\times10^{2}$	$<10^{i}$	<1.1
	6	$8.52\pm1.24g^{h}\times10^{2}$	$<25^{h}$	<1.1
	9	$3.68\pm1.73^{f}\times10^{3}$	$1.75\pm0.92^{fg}\times10^{2}$	<1.1
	12	$8.52\pm0.54^{c}\times10^{3}$	$4.32\pm0.46^{c}\times10^{3}$	<1.1
Maoberry mousse	0	$1.53\pm0.13^{n}\times10^{2}$	$<10^{i}$	<1.1
	3	$2.37\pm0.17^{l}\times10^{2}$	$<10^{i}$	<1.1
	6	$7.34\pm0.29^{h}\times10^{2}$	$<25^{h}$	<1.1
	9	$5.46\pm0.12^{e}\times10^{3}$	$2.00\pm0.44^{f}\times10^{2}$	<1.1
	12	$1.80\pm0.41^{b}\times10^{4}$	$3.68\pm0.80^{d}\times10^{3}$	<1.1
Maoberry mousse plus inulin	0	$1.80\pm0.35^{m}\times10^{2}$	$<10^{i}$	<1.1
	3	$3.29\pm0.15^{k}\times10^{2}$	$<10^{i}$	<1.1
	6	$9.32\pm1.39^{g}\times10^{2}$	$<25^{h}$	<1.1
	9	$7.16\pm0.19^{d}\times10^{3}$	$1.45\pm0.64^{g}\times10^{2}$	<1.1
	12	$2.07\pm0.22^{a}\times10^{4}$	$5.02\pm0.72^{b}\times10^{3}$	<1.1

Means in the same column followed by the same letters are not significantly different ($P > 0.05$). ns is not significant. Means were calculated from triplicate determinations with individual duplication.

Table 5 Detection of indicator pathogenic microorganisms in different types of probiotic-mousses during refrigerated storage at 4ºC for 12 days

Samples	Days	*E. coli* (MPN/100 g)^{ns}	*L. monocytogenes*^{ns}	*Salmonella*^{ns}	*S. aureus* (CFU/g)^{ns}
Milk mousse	0	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	3	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	6	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	9	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	12	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
Milk mousse plus inulin	0	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	3	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	6	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	9	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	12	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
Maoberry mousse	0	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	3	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	6	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	9	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	12	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
Maoberry mousse plus inulin	0	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	3	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	6	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	9	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10
	12	<2	Absent in 25 g	Absent in 25 g	<10

Means in the same column followed by the same letters are not significantly different ($P > 0.05$). ns is not significant. Means were calculated from triplicate determinations with individual duplication.

Discussion

ค่าสีของอาหารเป็นตัวชี้วัดคุณภาพที่สำคัญทั้งในด้านความน่ารับประทาน ความสดใหม่ ความปลอดภัย และคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้น ด้านอุตสาหกรรมอาหารจึงให้ความสำคัญกับการควบคุมสีของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ตรงกับมาตรฐานและความต้องการของผู้บริโภค จากผลการทดลอง พบว่า ตัวอย่างมูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินมีค่าสี a^* มากกว่ามูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลิน ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของเนื้อเม่าเบอร์รี่ที่มีสีม่วงแดง เนื่องจากมี

สารแอนโธไซยานินเป็นรงควัตถุหลักของเม่าเบอร์รี่ และสารแอนโธไซยานินเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงสีได้ตามค่า pH ของอาหาร โดยทั่วไปสีของแอนโธไซยานินในสภาวะที่เป็นกรดจะมีแนวโน้มเป็นสีแดงมากขึ้น (Giusti & Wrolstad, 2001; Castañeda-Ovando *et al*., 2009; He & Giusti, 2010) จึงส่งผลให้ค่าสี *a** สูงขึ้นในตัวอย่างที่มีเนื้อเม่าเบอร์รี่เป็นส่วนผสม นอกจากนี้การเติมอินูลินในมูสไม่ได้ส่งผลต่อค่าสี *a** อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นเพราะอินูลินเป็นเส้นใยอาหารที่ไม่มีสี จึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์ แต่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ (Pojic *et al*., 2015) อย่างไรก็ตาม ค่าสี *L** และ *b** ของมูสเม่าเบอร์รี่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับมูสนมสด เนื่องจากเนื้อเม่าเบอร์รี่มีสีเข้มจึงทำให้ผลิตภัณฑ์โดยรวมมีความมืดมากขึ้น ส่งผลให้ค่าสี *L** ซึ่งแสดงถึงความสว่างของสีลดลง ในขณะที่ค่าสี *b** ที่สะท้อนถึงสีเหลืองหรือสีน้ำเงินก็ลดลงเช่นกัน เนื่องจากแอนโธไซยานินไม่ได้ให้สีในช่วงสีเหลือง เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่า ค่าสี *L** และ *b** ของมูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลินมีค่าลดลง แต่มีค่าสี *a** เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบโปรตีนและไขมันในผลิตภัณฑ์ที่มีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันบางส่วน นอกจากนี้กระบวนการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลแลคโตสและโปรตีนในสภาวะเย็นอาจส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น (Jakobek, 2015) ส่วนมูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินมีค่าสี *L** ไม่เปลี่ยนแปลง แต่ค่าสี *a** และ *b** เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแอนโธไซยานินที่มีความเสถียรสูงขึ้นเมื่อเก็บในอุณหภูมิต่ำ ทำให้เกิดการแสดงผลของสีแดงเข้มขึ้น พร้อมทั้งอาจมีปฏิสัมพันธ์กับอินูลินและส่วนประกอบอื่นในผลิตภัณฑ์ (Garzón & Wrolstad, 2002; Jakobek, 2015; Kamiloglu *et al*., 2015) จึงทำให้ค่าสี *b** เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ค่าความแน่นเนื้อของมูสผลไม้มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น เนื้อสัมผัส ความแข็งแรงของโครงสร้าง อิทธิพลของส่วนผสม และความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา (Hongchai *et al*., 2023) จากงานวิจัยนี้ พบว่ามูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลิน มีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน และมีค่ามากกว่ามูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลิน โดยที่การเติมอินูลินไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ชัดว่าเนื้อเม่าเบอร์รี่มีอิทธิพลต่อค่าความแน่นเนื้อของมูสมากกว่าการเติมอินูลิน แต่เมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลา 12 วัน ค่าความแน่นเนื้อของทุกตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างมูสนมสดเสริมอินูลิน รองลงมา คือ มูสนมสด มูสเม่าเบอร์รี่ และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของค่าความแน่นเนื้ออาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของส่วนผสมระหว่างการเก็บรักษา เช่น การเกิด gelation หรือการสูญเสียความชื้น ซึ่งส่งผลให้โครงสร้างของมูสแข็งตัวขึ้น รวมทั้งอาจเกิดการรวมตัวของส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ เช่น การแข็งตัวของไขมันและน้ำ (Duquenne *et al*., 2016; Purkiewicz *et al*., 2024) ในวันแรกของการเก็บรักษาถึงแม้ว่าอินูลินจะไม่ส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อ แต่มูสนมสดเสริมอินูลินมีแนวโน้มแสดงค่าความแน่นเนื้อที่เพิ่มขึ้นสูงสุด ซึ่งอาจแสดงให้เห็นถึงผลของอินูลินในการสร้างโครงสร้างที่แข็งแรงมากขึ้นในมูส (Roberfroid, 2007; Meyer *et al*., 2011; Xavier-Santos *et al*., 2019)

การเสริมอินูลินในมูสมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในตัวอย่างเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์อาหารจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณอินูลินที่เพิ่มขึ้น (Gomez-Betancur *et al*., 2020; Ngamlerst *et al*., 2023; Wajs *et al*., 2023) มูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินมีค่า pH ต่ำกว่ามูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลิน เกิดจากความเป็นกรดตามธรรมชาติของเม่าเบอร์รี่ โดยเม่าเบอร์รี่จะมีค่า pH ประมาณ 3.55±0.02 (Hongchai *et al*., 2023) ค่า pH ของมูสทุกสูตรมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาใน

การเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าเกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์ อาจเนื่องมาจากการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น โพรไบโอติก หรือปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา (Bakr, 2015; Xavier-Santos *et al*., 2019)

ในงานวิจัยนี้ตรวจไม่พบกรดแอสคอร์บิก แอนโธไซยานินทั้งหมดและสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมดในมูสนมสด และมูสนมสดเสริมอินูลิน แต่พบในในมูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลิน อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ FRAP assays) พบว่า ในมูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลินมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ แต่มีค่าต่ำกว่ามูสเม่าเบอร์รี่และมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลิน กรดแอสคอร์บิก และสารแอนโธไซยานินซึ่งเป็นฟลาโวนอยด์มักพบในผลไม้และผัก เช่น เม่าเบอร์รี่ และผลไม้ตระกูลเบอร์รี่อื่น ๆ (Pap *et al*., 2021; Kittibunchakul *et al*., 2023) ในน้ำนมอาจพบกรดแอสคอร์บิกแต่มีปริมาณน้อย และอาจเกิดการเสื่อมสลายจากขั้นตอนการพาสเจอไรซ์ แต่อย่างไรก็ตามในน้ำนมอาจมีส่วนประกอบที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดอื่น เช่น แลคโตเฟอริน (lactoferrin) วิตามินเอ วิตามินอี ซีลีเนียม และกลูตาไธโอน (glutathione) รวมทั้งเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเตส (superoxide dismutase, SOD) และคาตาเลส (catalase) กรดไขมันและโปรตีน เช่น เคซีนและเวย์โปรตีน (Stobiecka *et al*., 2022) การลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิก แอนโธไซยานินทั้งหมด และสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด รวมทั้งประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระในระหว่างการเก็บรักษาเกิดจากหลายปัจจัย เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การทำลายโดยแสง ความร้อน และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในอาหารระหว่างการเก็บรักษา กรดแอสคอร์บิกเป็นสารที่ไวต่อออกซิเจน ความร้อน แสงแดด และความชื้น ซึ่งสามารถทำให้เกิดการออกซิเดชันและการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกได้ในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อกรดแอสคอร์บิกถูกออกซิไดซ์จะกลายเป็นดีไฮดรอแอสคอร์บิก (dehydroascorbic acid) ซึ่งไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับกรดแอสคอร์บิกเดิม (Zulueta *et al*., 2010) เช่นเดียวกับแอนโธไซยานินซึ่งเป็นสารที่มีความไวต่ออุณหภูมิสูง แสงแดด และค่า pH ที่เปลี่ยนแปลง การเก็บรักษาสามารถทำให้แอนโธไซยานินเกิดการสลายตัวหรือเปลี่ยนสีได้ทำให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ลดลง (Gamage *et al*., 2024) และสารประกอบฟีนอลิกสามารถถูกทำลายได้เมื่อสัมผัสกับออกซิเจนและแสง ซึ่งทำให้สารฟีนอลิกเกิดการออกซิเดชันและสูญเสียฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ การเก็บรักษาในภาชนะที่เปิดหรือที่ไม่ปิดสนิทสามารถเร่งกระบวนการออกซิเดชันได้ หรือในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น การทำปฏิกิริยากับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ซึ่งจะเร่งกระบวนการออกซิเดชันของสารฟีนอลิก ในบางกรณีการเก็บรักษาอาหารที่มีโปรตีนและน้ำตาลร่วมกันอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งทำให้สารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดถูกทำลายได้ (Aaby & Amundsen, 2023) ดังนั้นการใช้วิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสม เช่น การเก็บในที่มืดหรือในภาชนะที่ปิดสนิท และรักษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เหมาะสมจะสามารถช่วยลดการเสื่อมสภาพของสารสำคัญและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ได้ (Khan *et al*., 2017, 2019; Tian *et al*., 2020)

งานวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงบทบาทของอินูลินในการเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติก *L. casei* 01 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยในมูสสูตรที่มีการเสริมอินูลิน จำนวนของ *L. casei* 01 ยังคงมีค่ามากกว่า 6 log CFU/g หลังจากการเก็บรักษาครบ 12 วัน ซึ่งแสดงถึงความสามารถของอินูลินในการปกป้องโพรไบโอติกจากการเสื่อมสภาพหรือการตายเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมหรือในช่วงของการเก็บรักษา ในทางตรงกันข้ามในสูตร

ที่ไม่มีการเสริมอินูลิน จำนวนของ *L. casei* 01 ลดลงต่ำกว่า 6 log CFU/g ภายในระยะเวลาเดียวกัน จะเห็นได้ชัดว่าจำนวนของ *L. casei* 01 ในมูสนมสดเสริมอินูลินและมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานของโพรไบโอติกซึ่งควรมีจำนวนอย่างน้อย 6-7 log CFU/g ในอาหารก่อนนำไปบริโภค (Gibson *et al*., 2017) เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าอินูลินจัดเป็นพรีไบโอติกชนิดหนึ่งที่เป็นเส้นใยอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ โดยอินูลินจะถูกย่อยและหมักโดยแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้ใหญ่ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมสุขภาพของระบบย่อยอาหารและส่งเสริมการเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (โพรไบโอติก) เช่น *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* นอกจากนี้อินูลินยังถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ เช่น การเสริมในโยเกิร์ต ขนมปัง เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ และอาหารเสริมอื่น ๆ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเพิ่มความข้นหนืดและสามารถใช้แทนน้ำตาลได้ (Roberfroid, 2007) จากงานวิจัยของ dos Santos *et al.* (2019) พบว่า อินูลินสามารถช่วยลดอัตราการสูญเสียของโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์มูสในระหว่างการเก็บรักษาและในระบบจำลองของทางเดินอาหารของมนุษย์ได้ และ Xavier-Santos *et al*. (2019) ยังพบว่า ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructo-oligosaccharides, FOS) และอินูลิน มีผลทำให้โพรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* LA5 มีอัตราการรอดชีวิตสูงขึ้นในผลิตภัณฑ์มูสสูตรลดพลังงาน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 112 วัน สอดคล้องกับวิจัยของ Buriti *et al.* (2010) ในผลิตภัณฑ์มูสฝรั่งเสริมอินูลินและโพรไบโอติก นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม รวมทั้งจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดต่าง ๆ ได้แก่ *E. coli*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* และ *S. aureus* ในตัวอย่างทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทุกกลุ่มมีจำนวนอยู่ภายใต้มาตรฐานผลิตภัณฑ์จากนมตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 (Announcement of the Ministry of Public Health, 2020) แสดงว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ถึงแม้คุณภาพบางประการจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับวันแรกของการเก็บรักษา

Conclusions

จากงานวิจัยนี้พบว่า สารแอนโธไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุหลักที่พบในเม่าเบอร์รี่มีผลต่อค่าสี (*L*, *a** และ *b**) ของมูส แต่การเสริมอินูลินไม่มีผลต่อค่าสีของตัวอย่าง และพบว่า มูสที่มีส่วนผสมของเนื้อเม่าเบอร์รี่จะมีค่าความแน่นเนื้อและค่า pH ต่ำกว่ามูสนมสด และการเสริมอินูลินไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อและค่า pH ของมูส นอกจากนั้นยังพบว่ามูสที่มีส่วนผสมของเม่าเบอร์รี่มีปริมาณกรดแอสคอร์บิก แอนโธไซยานินทั้งหมด และสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด รวมทั้งประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ FRAP assays) มากกว่ามูสที่ไม่มีส่วนผสมของเม่าเบอร์รี่ เมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ครบ 12 วัน พบว่า การเสริมเม่าเบอร์รี่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีมากกว่าการเสริมอินูลิน การเปลี่ยนแปลงของค่าสีของมูสเม่าเบอร์รี่เกิดจากการเสื่อมสภาพของแอนโธไซยานินเป็นหลัก ค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในมูสนมสดเสริมอินูลิน และยังพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในตัวอย่างทั้งหมดมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง แต่ค่า pH มีค่าลดลงเล็กน้อย ปริมาณกรดแอสคอร์บิก แอนโธไซยานินทั้งหมด และสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมด รวมทั้งประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลงในช่วงของการเก็บรักษา โดยในมูสที่มีส่วนผสมของเม่าเบอร์รี่ยังคงมีสารสำคัญและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ามูสนมสดและมูสนมสดเสริมอินูลิน งานวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงบทบาทของอินูลิน

ในการเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติก *L. casei* 01 ในระหว่างการเก็บรักษา โดยในมูสสูตรที่มีการเสริมอินูลิน จำนวน*ของ L. casei* 01 ยังคงมีค่ามากกว่า 6 log CFU/g หลังจากการเก็บรักษาครบ 12 วัน ในทางตรงกันข้ามในสูตรที่ไม่มีการเสริมอินูลิน จำนวนของ *L. casei* 01 ลดลงต่ำกว่า 6 log CFU/g ภายในระยะเวลาเดียวกัน จะเห็นได้ชัดว่าจำนวนของ *L. casei* 01 ในมูสนมสดเสริมอินูลินและมูสเม่าเบอร์รี่เสริมอินูลินมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานของโพรไบโอติก ซึ่งควรมีจำนวนอย่างน้อย 6 - 7 log CFU/g ในอาหารก่อนนำไปบริโภค และจากการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม รวมทั้งจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดต่าง ๆ ได้แก่ *E. coli*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* และ *S. aureus* ในตัวอย่างทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทุกกลุ่มมีจำนวนอยู่ภายใต้มาตรฐานผลิตภัณฑ์จากนม

Acknowledgments

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านสถานที่และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ และมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

References

Aaby, K., & Amundsen, M. R. (2023). The stability of phenolic compounds and the colour of lingonberry juice with the addition of different sweeteners during thermal treatment and storage. *Heliyon*, *9*, e15959

Announcement of the Ministry of Public Health. (2020). Define quality or standard: Terms and conditions and methods for analysis of food and disease-causing microorganisms (Issue 416). Ministry of Public Health, Bangkok, Thailand.

AOAC. (2005). Official methods of analysis (18th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Bakr, S. A. (2015). The potential applications of probiotics on dairy and non-dairy foods focusing on viability during storage. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *4*, 423-431.

Benzie, I. F. F., & Stain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power; the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, *239*, 70-76.

Buriti, F. C. A., Castro, I. A., & Saad, S. M. I. (2010). Viability of *Lactobacillus acidophilus* in synbiotic guava mousses and its survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. *International Journal of Food Microbiology*, *137*, 121-129.

Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M. L., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, *113*(4), 859-871.

Chaikham, P., & Apichartsrangkoon, A. (2012). Comparison of dynamic viscoelastic and physicochemical properties of pressurised and pasteurised longan juices with xanthan addition. *Food Chemistry*, *134*(4), 2194-2200.

Chaikham, P., & Baipong, S. (2016). Comparative effects of high hydrostatic pressure and thermal processing on physicochemical properties and bioactive components of Mao Luang (*Antidesma bunius* Linn.) juice. *Chiang Mai Journal of Science*, *43*(4), 851-862.

dos Santos, D. X., Casazza, A. A., Aliakbarian, B., Bedani, R., Saad, S. M. I., & Perego, P. (2019). Improved probiotic survival to in vitro gastrointestinal stress in a mousse containing *Lactobacillus acidophilus* La-5 microencapsulated with inulin by spray drying. *LWT - Food Science and Technology*, *99*, 404-410.

Duquenne, B, Vergauwen, B., Capdepon, C., Boone, M. A., De Schryver, T., Van Hoorebeke, L., Van Weyenberg, S., Stevens, P., & De Block, J. (2016). Stabilising frozen dairy mousses by low molecular weight gelatin peptides. *Food Hydrocolloids*, *60*, 317-323.

Gamage, G. C. V., Goh, J. K., & Choo, W. S. (2024). Application of anthocyanins from blue pea flower in yoghurt and fermented milk: An alternate natural blue colour to spirulina. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *37*, 100957.

Garzón, G. A., & Wrolstad, R. E. (2002). Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *Journal of Food Science*, *67*(4), 1288-1299.

Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., Scott, K., Stanton, C., Swanson, K. S., Cani, P. D., Verbeke, K., & Reid, G. (2017). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, *14*, 491-502.

Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, F1.2.1-F1.2.13.

Gomez-Betancur, A. M., Carmona-Tamayo, R., Jaimes-Jaimes, J., Casanova-Yepes, H., & Torres-Oquendo, J. D. (2020). Optimisation of yogurt mousse dairy protein levels: a rheological, sensory, and microstructural study. International Food Research Journal, 27(6), 1076-1086.

He, J., & Giusti, M. M. (2010). Anthocyanins: Natural colorants with health-promoting properties. *Annual Review of Food Science and Technology*, *1*, 163-187.

Hongchai, P., Saentaweesuk, S., & Chaikham, P. (2023). Quality and acceptability of maoberry mousse product supplemented with inulin. *Thai Science and Technology Journal*, *31*(6), 60-73. (in Thai)

Illippangama, A. U., Jayasena, D. D., Jo, C., & Mudannayake, D. C. (2022). Inulin as a functional ingredient and their applications in meat products. *Carbohydrate Polymers*, *275*, 118706.

Jakobek, L. (2015). Interactions of polyphenols with carbohydrates, lipids and proteins. *Food Chemistry*, *175*, 556-567.

Jorjong, S., Butkhup, L., & Samappito, S. (2015). Phytochemicals and antioxidant capacities of mao-luang (*Antidesma bunius* L.) cultivars from Northeastern Thailand. *Food Chemistry*, *15*(181), 248-255.

Kamiloglu, S., Pasli, A. A., Ozcelik, B., Van Camp, J., & Capanoglu, E. (2015). Colour retention, anthocyanin stability and antioxidant capacity of black carrot (*Daucus carota*) jams and marmalades: Effect of processing, storage conditions and *in vitro* gastrointestinal digestion. *Journal of Functional Foods*, *13*, 1-10.

Kemsawasd, V., & Chaikham, P. (2020). Effects of frozen storage on viability of probiotics and antioxidant capacities of synbiotic riceberry and sesame-riceberry milk ice creams. *Current Research in Nutrition and Food Science*, *8*(1), 107-121.

Khan, I. T., Bule, M., Ullah, R., Nadeem, M., Asif, S., & Niaz, K. (2019). The antioxidant components of milk and their role in processing, ripening, and storage: Functional food. *Veterinary World*, *12*(1), 12-33.

Khan, I. T., Nadeem, M., Imran, M., Ayaz, M., Ajmal, M., Ellahi, M. Y., & Khalique, A. (2017). Antioxidant capacity and fatty acids characterization of heat treated cow and buffalo milk. *Lipids in Health and Disease*, *16*, 163.

Kheto, A., Bist, Y., Awana, A., Kaur, S., Kumar, Y., & Sehrawat, R. (2023). Utilization of inulin as a functional ingredient in food: Processing, physicochemical characteristics, food applications, and future research directions. *Food Chemistry Advances*, *3*, 100443.

Kittibunchakul, S., Temviriyanukul, P., Chaikham, P, & Kemsawasd, V. (2023). Effects of freeze drying and convective hot-air drying on predominant bioactive compounds, antioxidant potential and safe consumption of maoberry fruits. *LWT-Food Science and Technology*, *184*, 114992.

Krongyut, O., & Sutthanut, K. (2019). Phenolic profile, antioxidant activity, and antiobesogenic bioactivity of Mao Luang fruits (*Antidesma bunius* L.). *Molecules*, *24*, 4109.

Lee, J., Durst, R. W., & Wrolstad, R. E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. *Journal of AOAC International*, *88*(5), 1269-1278.

Meyer, D., Bayarri, S., Tárrega, A., & Costell, E. (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. *Food Hydrocolloids*, *25*, 1881-1890.

Ngamlerst, C., Udomkasemsab, A., Kongkachuichai, R., & Kwanbunjan, K. (2019). The potential of antioxidant-rich Maoberry (*Antidesma bunius*) extract on fat metabolism in liver tissues of rats fed a high-fat diet. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, *19*(1), 294.

Ngamlerst, C., Vatthanakul, S., Leelawat, B., Supawong, S., & Prinyawiwatkul, W. (2023). The impact of inulin addition and high-pressure processing on physical characteristics of strawberry-flavoured egg white pudding. *International Journal of Food Science and Technology*, *58*(3), 1230-1240.

Pap, N., Fidelis, M., Azevedo, L., do Carmo, M. A. V., Wang, D., Mocan, A., Pereira, E. P. R., Xavier-Santos, D., Sant'Ana, A. S., Yang, B., & Granato, D. (2021). Berry polyphenols and human health: evidence of antioxidant, anti-inflammatory, microbiota modulation, and cell-protecting effects. *Current Opinion in Food Science*, *42*, 167-186.

Pojic, M., Mišan, A., Tiwari, B., & Šaric, B. (2015). Effects of inulin addition on physico-chemical and sensory characteristics of gluten-free cookies. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(1), 1-8.

Purkiewicz, A., Wisniewski, S., Tanska, M., Goksen, G., & Pietrzak-Fiecko, R. (2024). Effect of the storage conditions on the microbiological quality and selected bioactive compound content in fruit mousses for infants and young children. *Applied Sciences*, *14*, 11347.

Ravula, R. R., & Shah, N. P. (1998). Selective enumeration of *Lactobacillus casei* from yogurts and fermented milk drinks. *Biotechnology Techniques*, *12*(11), 819-822.

Roberfroid, M. B. (2007). Inulin-type fructans: functional food ingredients. *The Journal of Nutrition*, *137*(11), 2493S-2502S.

Saad, N., Delattre, C., Urdaci, M., Schmitter, J. M., & Bressollier, P. (2013). An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. *LWT - Food Science and Technology*, *50*(1), 1-16.

Shoaib, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H. R., Shakeel, A., Ansari, A., & Niazi, S. (2016). Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, *147*, 444-454.

Siwalee, R., Wiriyaporn, S., Akharasit, B., & Samart, J. (2021). *In vitro* antioxidants and anticancer activity of crude extract isolates from *Euphorbiaceae* in Northern Thailand. *The Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*, *45*(5), 394-399.

Stobiecka, M., Król, J, & Brodziak, A. (2022). Antioxidant activity of milk and dairy products. *Animals*, *12*, 245.

Tawali, S., Asad, S., Hatta, M., Bukhari, A., Khairi, N., & Rifai, Y., R, D. (2019). Anthocyanin-rich buni-berry (*Antidesma bunius*) extract increases paraoxonase 1 gene expression in BALB/c mice fed with a high-fat diet. Journal of Young Pharmacists, *11,* 46-50.

Tian, X. Z., Lu, Q., Paengkoum, P., & Paengkoum, S. (2020). Effect of purple corn pigment on change of anthocyanin composition and unsaturated fatty acids during milk storage. *Journal of Dairy Science*, *103*(9), 7808-7812.

Trang, D. T., Huyen, L. T., Nhiem, N. X., Quang, T. H., Hang, D. T. T., Yen, P. H., Tai, B. H., Anh, H. L. T., Binh, N. Q., Van Minh, C., & Van Kiem, P. (2016). Tirucallane glycoside from the leaves of *Antidesma bunius* and inhibitory NO production in BV2 cells and RAW264.7 macrophages. *Natural Product Communications*, *11*, 935-937.

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

Wajs, J., Brodziak, A., & Król, J. (2023). Shaping the physicochemical, functional, microbiological and sensory properties of yoghurts using plant additives. *Foods*, *12*(6), 1275.

Xavier-Santos, D., Bedani, R., Perego, P., Converti, A., & Saad, S. M. I. (2019). *L. acidophilus* La-5, fructo-oligosaccharides and inulin may improve sensory acceptance and texture profile of a synbiotic diet mousse. *LWT - Food Science and Technology*, *105*, 329-335.

Zainol, M. K., Abd-Hamid, A., Yusof, S., & Muse, R. (2003). Antioxidative activity and total phenolic compounds of leaf, root and petiole of four accessions of *Centella asiatica* (L.) Urban. *Food Chemistry*, *81*(4), 575-581.

Zulueta, A., Esteve, M. J., & Frígola, A. (2010). Ascorbic acid in orange juice-milk beverage treated by high intensity pulsed electric fields and its stability during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *11*, 84-90.