

Received: March 2, 2023; Revised: August 15, 2023; Accepted: August 25, 2023

การห่อหุ้มโพรไบโอติกแบคทีเรียและการประยุกต์ใช้ในเจลลี่หม่อนอาหารสำหรับผู้สูงอายุ Encapsulation of probiotic bacteria and its application in mulberry jelly as food for elderly

นุจรี สอนสะอาด^{1*} สุพรรณษา บุญตั้ง¹ ศิริพร ห่วงเจริญ¹ วรนิษฐ์ เมืองมาหล้า¹นฤทธิ วาดเขียน¹ และไชยการณ ดำเนินงาม¹Nootjaree Somsaard^{1*}, Supansa Buntang¹, Siriporn Huangcharoen¹, Woranit Muangmala¹,
Narit wardkhean¹ and Chaiyakan Damnoenngam¹¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์¹Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus, Surin Province

*Corresponding Author E-mail Address : Nootjaree46@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมแบคทีเรีย (5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์) และการเติมเม็ดบีดตริงเซลล์แบคทีเรียโพรไบโอติก (5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์) ต่อคุณภาพ ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในเจลลี่หม่อน และอัตราการรอดชีวิตในระหว่างการเก็บรักษา ผลการทดลองพบว่า การเติมแบคทีเรียโพรไบโอติกในเจลลี่หม่อน และอัตราการรอดชีวิตในระหว่างการเก็บรักษา ผลการทดลองพบว่า การเติมแบคทีเรียโพรไบโอติกในเจลลี่หม่อน มีผลต่อเนื้อสัมผัส ทำให้ค่าความแข็ง และค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับเจลลี่หม่อนที่เติมแบคทีเรียโพรไบโอติก 10 เปอร์เซ็นต์ ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด การเติมเม็ดบีดตริงเซลล์แบคทีเรียโพรไบโอติกในเจลลี่หม่อนที่ระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์พบว่าไม่ทำให้เกิดความแตกต่างด้านค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก ปริมาณน้ำอิสระ (A_w) ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น และค่าสี อย่างไรก็ตามผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดในเจลลี่หม่อนที่เติมเม็ดบีดตริง 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความชอบปานกลางเท่ากับ 7.00 ± 0.98 และพบจำนวนของแบคทีเรียโพรไบโอติกที่นับได้ เท่ากับ 1.84×10^6 cfu/ml อัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติกแบคทีเรียระหว่างเก็บรักษา 30 วัน พบว่าโพรไบโอติกมีการรอดชีวิตได้นานสูงสุด เป็นเวลา 12 วัน ซึ่งมีอัตราการรอดชีวิตสูง 66 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นจะมีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่อง จะเห็นได้ว่าเจลลี่หม่อนที่ทำการพัฒนามีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นจากการเติมแบคทีเรียโพรไบโอติกและยังคงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกมีชีวิตที่มีประโยชน์ไว้ได้ ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่ายทางการค้าได้ในอนาคต

คำสำคัญ: แอนแคปซูลเลท แบคทีเรียโพรไบโอติก เจลลี่หม่อน แบคทีเรียโพรไบโอติก

Abstract

The objectives of this research were to study the effects of the additions of arrowroot flour (5, 10 and 15%) and of the additions of probiotic-encapsulated beads of 5, 10 and 15% on the quality of the mulberry jelly, as well as total probiotic culture in the jelly products, and its survival rate during the storage. The results showed that the addition of arrowroot flour affected the texture of mulberry jelly with hardness, and the springiness significantly increased ($p < 0.05$). The jelly with the addition of arrowroot at 10% was rated the best for its color, smell, taste, texture, and total acceptance by consumers. The addition of probiotic-encapsulated beads at 5, 10 and 15% in mulberry jelly resulted in non-significant changes in the pH, total acidity (citric acid), water activity (A_w), hardness, springiness, and color values ($p > 0.05$). However, the consumer gave the highest total acceptance mulberry jelly with 10% probiotic-encapsulated beads at the hedonic scale of like-moderately at 7.00 ± 0.98 . The total of probiotics was 1.84×10^6 CFU/ml. The study of the survival of probiotic bacteria in mulberry jelly product in 30 day-storage found that probiotics had the highest survival at 12 days with a survival rate of 66%, and this total probiotic continued to decline over extended storage. The developed mulberry jelly had a higher nutritional value and benefits with the addition of arrowroot flour and was able to maintain the amount of living probiotic bacteria. This provided the possibility to further develop the product commercially.

Keywords: Encapsulate, Probiotic bacteria, Mulberry jelly, Arrowroot flour

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ เนื่องจากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของประชากรผู้สูงอายุ โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2563 มีผู้สูงอายุประมาณ 12 ล้านคน คิดเป็นสัดส่วน 18 เปอร์เซ็นต์ ในอนาคตคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 31.28 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2583 (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย, 2563) ปัญหาของผู้สูงอายุส่วนมากจะพบปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพหลายอย่าง ได้แก่ การเสื่อมถอยของสุขภาพ การทำงานของต่อมไทรอยด์ที่ช้าลง ทำให้มีน้ำลายออกมาน้อย และมีฟันที่ไม่แข็งแรงทำให้การบดเคี้ยวอาหารที่ไม่ดี และการกลืนที่ลำบากมากขึ้น ด้วยข้อจำกัดดังกล่าว การพัฒนาอาหารสำหรับผู้สูงอายุจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และแนวทางการพัฒนาอาหารสำหรับผู้สูงอายุควรเป็นอาหารที่อยู่ในรูปแบบเนื้อสัมผัสเคี้ยวและกลืนง่าย นอกจากนี้ต้องมีคุณค่าทางโภชนาการสูงเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ

แป้งเท้ายายม่อม เป็นแป้งที่ได้จากหัวของเท้ายายม่อม มีอะไมโลส 35.20 เปอร์เซ็นต์ (Sumardiono et al., 2022) ลักษณะของแป้งเป็นผงสีขาวมีเม็ดสีเหลืองเล็ก ๆ เมื่อทำให้สุกด้วยการกวนกับน้ำด้วยไฟอ่อนปานกลาง แป้งละลายง่าย สุกง่าย เมื่อสุกแล้วจะใส มีเงาในเนื้อแป้ง เหนียวปานกลาง เมื่อเย็นแล้ว แป้งรวมตัวเป็นก้อน ร่อนออกจากภาชนะได้ดี แป้ง

ทำวยายม่อมจะมีความหนืดมากกว่า และมีคุณสมบัติเด่นคือคืนตัวได้ยาก เป็นแป้งที่ย่อยง่าย ดีต่อระบบย่อยอาหาร จะเห็นได้ว่าคุณสมบัติที่โดดเด่นทำให้แป้งทำวยายม่อมจึงมีความน่าสนใจที่จะนำมาพัฒนาเป็นอาหารสำหรับผู้สูงอายุ เจลลี่เป็นอาหารที่ทำจากผลไม้ผสมกับสารให้ความหวาน ส่วนผสมของเจลลี่ส่วนหนึ่งที่สำคัญคือ ส่วนประกอบสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาร์ราจีแนน และเพคติน เจลลี่เป็นอาหารที่ทำง่ายรับประทานเป็นของหวาน และมีสีสวยงาม เหมาะกับผู้บริโภคที่มีปัญหาในการเคี้ยว และกลืนอาหารลำบาก เจลลี่ส่วนมากใช้ผลไม้เป็นส่วนผสม และที่นิยมมาก คือผลไม้ในตระกูลเบอร์รี่ชนิดต่างๆ เนื่องจากผลไม้กลุ่มนี้ มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว และมีสีสวยงาม นอกจากนี้ยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารฟีนอล และสารฟลาโวนอยด์ที่ดีต่อสุขภาพของมนุษย์ เหมือนเป็นผลไม้ชนิดที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยหม่อนสุกจะมีโปรตีนสูงถึง 1.44 กรัมต่อ 100 กรัมหม่อนสด ซึ่งสูงกว่าผลไม้กลุ่มแบล็คเบอร์รี่และราซเบอร์รี่ ซึ่งมีโปรตีนเพียง 1.3 และ 1.2 กรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ และยังพบว่าหม่อนยังมีกรดอะมิโนที่มีคุณภาพสูงเทียบเท่ากับนมสดถึง 18 ชนิด และมีแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม วิตามินซีสูง วิตามินเอ อี เค และบี6 เป็นต้น เห็นได้ว่าการพัฒนาเจลลี่จากหม่อนจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพผู้สูงอายุ อย่างไรก็ตาม เจลลี่มีสารที่มีประโยชน์จากผลไม้มากมายแต่ก็ยังสามารถพัฒนาให้มีคุณสมบัติมากกว่าเจลลี่ทั่วไปได้โดยการเติมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

โพรไบโอติกซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตมีความสำคัญกับสิ่งมีชีวิต (FAO/WHO, 2002) โดยเป็นจุลินทรีย์ชนิดที่มีประโยชน์ทำให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ และประโยชน์ต่อสุขภาพ ช่วยยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรค ย่อยสารอาหารประเภทไขมันในลำไส้เล็ก ป้องกันความผิดปกติในระบบทางเดินอาหาร แต่ในผู้สูงอายุพบว่า จำนวนแบคทีเรียมีการลดลง เมื่ออายุเพิ่มขึ้น เนื่องจากร่างกาย ระบบการย่อยที่เสื่อมลง ส่งผลให้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมีจำนวนลดลงเช่นกัน (Du et al., 2021) ในปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารมีการนำโพรไบโอติก มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น โยเกิร์ต และนมเปรี้ยว แบคทีเรียโพรไบโอติกส่วนมากจะเติมลงในผลิตภัณฑ์โดยตรง ซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนมากจะเกิดการหมักและทำให้มีปริมาณกรดในอาหารเพิ่มขึ้น และเมื่อบริโภคเข้าไปในร่างกายแบคทีเรียโพรไบโอติกยังถูกทำลายโดยระบบการย่อยในกระเพาะอาหาร ทำให้จำนวนแบคทีเรียโพรไบโอติกมีจำนวนลดลง ซึ่งการใช้เทคโนโลยีเพื่อทำให้โพรไบโอติกรอดชีวิตทั้งในผลิตภัณฑ์และจากน้ำย่อยในร่างกายจึงมีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก เทคโนโลยีไมโครเอนแคปซูเลชัน (Microencapsulation) เป็นกระบวนการในการดักจับสารชนิดหนึ่ง (วัสดุหลักหรือสารออกฤทธิ์) ไว้ภายในสารอื่น (วัสดุผนัง) เช่น โพลีฟีนอล สี เอนไซม์ สารระเหย และแบคทีเรียในแคปซูลขนาดเล็ก เพื่อรักษาเสถียรภาพ ปกป้อง และรักษาต่อต้านการสูญเสียทางโภชนาการ สำหรับแบคทีเรียโพรไบโอติก เทคโนโลยีการทำเอนแคปซูเลชันเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้เพื่อการรอดชีวิตของเซลล์ โดยจะช่วยป้องกันเซลล์จากสภาวะแวดล้อม และเพิ่มความคงตัว ช่วยในการเก็บรักษาเซลล์ ช่วยปกป้องการทำลายแบคทีเรียในระบบทางเดินอาหารได้ ซึ่ง Kumherova et al. (2020) รายงานว่า การห่อหุ้มโพรไบโอติกสายพันธุ์ *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* Bb12 โดยห่อหุ้มร่วมกับกรดแอสคอร์บิก และ สารอินนูลิน ซึ่งผลของการห่อหุ้ม มีผลให้เซลล์มีความสามารถในการต้านทานสภาวะการย่อยในระบบทางเดินอาหารจำลอง ทำให้แบคทีเรียมีความสามารถในการรอดชีวิตได้มากขึ้น และในปัจจุบันได้มีผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดที่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการเติมโพรไบโอติกที่ผ่านการเอนแคปซูเลชัน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีประโยชน์มากขึ้น เช่น ไอศกรีม (Afzaal, 2020) โยเกิร์ต (Chen, 2017)

ดังนั้นผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเจลลี่หมอนสำหรับผู้สูงอายุ โดยศึกษาผลของการเติมแบคทีเรียที่ย่อยนม และการเติมเม็ดบีทรีซเซิลแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ระดับปริมาณต่างๆ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เจลลี่หมอน รวมทั้งศึกษาอัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์เจลลี่หมอนในระหว่างการเก็บรักษา

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัตถุดิบ และการเตรียมตัวอย่างน้ำหมอนสกัด

ผลหมอนสุก พันธุ์กำแพงแสน 42 จากสวนหมอนสาขาสีทองและการออกแบบ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ วิธีการสกัดน้ำหมอน โดยผลหมอนที่นำมาสกัดจะต้องมีลักษณะผลสีม่วงเข้มนำผลหมอนล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง นำผลหมอนผึ่งให้แห้ง ต้มหมอนเพื่อสกัดน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นกรองแยกกากหมอน นำน้ำหมอนใส่ถุงเย็น 500 กรัม/ถุง เก็บไว้ในอุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปใช้ทดลองต่อไป

2. การเตรียมเจลแบคทีเรียที่ย่อยนม

การเตรียมเจลแบคทีเรียที่ย่อยนม ใช้แป้งยี่ห้อมือ การชั่งแป้งที่ย่อยนม 20 กรัม ต่อน้ำ 1000 มิลลิลิตร คนแป้งให้ละลาย และนำไปให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที คนจนแป้งสุกจะมีลักษณะใส เป็นเนื้อเดียวกัน และเหนียว จากนั้นนำไปใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

3. ศึกษาปริมาณของแบคทีเรียที่ย่อยนมที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เจลลี่หมอน

ขั้นตอนการทำเจลลี่หมอนดัดแปลงจากสูตร ของวิชฌณี และคณะ (2560) โดยนำน้ำหมอนสกัด ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ปรับความหวานให้ได้ 20°Brix จากนั้นเติมปริมาณเจลาติน ที่ระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด เติมแป้งที่ย่อยนมที่ระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ต้มต่อ 5 นาที จะได้เจลลี่ที่ลักษณะใส บรรจุเจลลี่ลงในถ้วยพลาสติก แล้วเก็บเจลลี่ที่อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที นำตัวอย่างเจลลี่หมอนวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

4. ศึกษาปริมาณการเติมเม็ดบีทแบคทีเรียโพรไบโอติกที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เจลลี่

การเตรียมแบคทีเรียโพรไบโอติก

การเตรียมแบคทีเรียโพรไบโอติก นำแบคทีเรียโพรไบโอติกสายพันธุ์ *Lactobacillus acidophilus* TISTR1034 ปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร เลี้ยงในอาหาร Man Rogosa Sharpe (MRS)-broth (ยี่ห้อ Himedia™, India) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง จากนั้นดูดสารละลายแบคทีเรีย 1 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงเซลล์ที่ระดับความเร็วรอบ 4,000 รอบ นาน 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ล้างเซลล์ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จำนวน 3 ครั้ง วัดค่า OD ที่ค่าการดูดกลืนแสง 600 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติก เริ่มต้น ที่ 1×10^6 cfu/ml

การเตรียมเม็ดบีด

การทำเอนแคปซูเลท โดยดัดแปลงวิธีของ นุจรี และคณะ (2563) โดยชั่ง sodium alginate (ยี่ห้อ KC, China) ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เติม sodium alginate 2 กรัม ตั้งทิ้งไว้จนให้ sodium alginate ดูดน้ำสมบูรณ์ นำสารละลายเจลอุ่นบน Hot plate ให้เจลละลายสมบูรณ์ซึ่งมีลักษณะใส ทำให้เย็น จากนั้นผสมเซลล์โพรไบโอติก 1,000 ไมโครลิตร คนให้เข้ากัน หยดลงในสารละลาย calcium lactate เข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ทิ้งให้เจลแข็งตัว 30 นาที นำเม็ดบีดที่ได้มาล้างในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 2 ครั้ง นำเม็ดบีดเก็บไว้ในสารละลาย sodium chloride 0.85 เปอร์เซ็นต์ ที่การฆ่าเชื้อแล้ว โดยเก็บเม็ดบีดที่อุณหภูมิ 3-5 องศาเซลเซียส

5. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

นำผลิตภัณฑ์เจลลี่หมอนทดสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี ดังนี้ วัดค่าเนื้อสัมผัสของตัวอย่างเจลลี่และเม็ดบีด โดยวัดค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความ analyzer เหนียวแน่น (Cohesiveness) ด้วยเครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ TA-XT plus Texture analyser รุ่น stable micro systems ประเทศอังกฤษ โดยใช้หัววัด P/0.5R ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ความเร็วในการวัด 1 mm/sec จุ่มลงในตัวอย่างเจลลี่ บันทึกค่า หน่วยเป็นนิวตัน วัดค่า 1 ตัวอย่างทำการทดลอง 5 ซ้ำ (กมลพิพัฒน์ และคณะ, 2560) วัดค่าสี โดยนำเจลลี่หมอนมาวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น UltraScan VIS ประเทศไทย โดยค่า L* หรือความหมายสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว) ค่า a* (+a = สีแดง, -a = สีเขียว) ค่า b* (+b = สีเหลือง, -b = สีนํ้าเงิน) ค่าพีเอช (pH) โดยเครื่อง pH meter รุ่น Sp-2100 ยี่ห้อ SUNTEX วัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง water activity meter ยี่ห้อ Novasina รุ่น Labmaster-aw “Neo” ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (AOAC, 2000) วิเคราะห์ความชื้น (Moisture) (AOAC, 2000) วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Protein) โดยใช้วิธี Kjeldahl ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ยี่ห้อ Foss รุ่น Kjeltac™ 8100 ประเทศเดนมาร์ก (AOAC, 2005) ปริมาณไขมัน (Lipid) นำเจลลี่หมอนมาวิเคราะห์ไขมัน โดยใช้วิธี Soxhlet (Soxhlet system) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ยี่ห้อ Foss รุ่น ST 243 Soxtec™ ประเทศเดนมาร์ก (AOAC, 2005) วิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย ยี่ห้อ Foss รุ่น FT 122 Fibertec™ ประเทศเดนมาร์ก (AOAC, 2005) วิเคราะห์เถ้า (Ash) ด้วยเตาไฟฟ้า (Muffle furnace) ยี่ห้อ Thermolyne รุ่น 4790 ประเทศเยอรมัน (AOAC, 2005) วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยการคำนวณจากคำนวณตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต} = 100 - \text{เปอร์เซ็นต์ของ (ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เส้นใย)}$$

6. วิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในเจลลี่หมอน

ชั่งตัวอย่างเจลลี่ปริมาณ 25 กรัม ใส่ลงถุง Stomacher (steriblend™, USA) เติมสารละลายเจือจางของโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ ตีปนผสมตัวอย่างให้เข้ากันนาน 3 นาที นำตัวอย่างที่ได้ ทำการเจือจางที่ระดับ 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} และ 10^{-5} ปิเปตตัวอย่าง ปริมาณ 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงจานเพาะเชื้อ บนอาหารแข็ง MRS (ยี่ห้อ Himedia™, India) ทำการ Spread plate และบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นบนอาหาร รายงาน Colony Forming Unit (cfu) ต่อตัวอย่างเจลลี่หมอน 1 กรัม

7. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างเจลลี่หมอนที่เติมแป้งท้าวยายม่อมและเม็ดบีดี้ ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม การให้คะแนนผลิตภัณฑ์ คือ 1= ไม่ชอบมากที่สุด 5 = เฉยๆ 9=ชอบมากที่สุด

8. อัตราการรอดชีวิตของโฟรไบโอติกในเครื่องดื่มเจลลี่หมอน

นำเจลลี่หมอนที่มีการเติมแบคทีเรียโฟรไบโอติก นำมาบรรจุใส่ถ้วยแก้ว ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส วิเคราะห์อัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรีย ในระหว่างการเก็บรักษา ทำการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทุก 3 วัน เป็นระยะเวลา ทั้งหมด 1 เดือน

9. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) การยอมรับของผู้บริโภค วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Completely Block Design) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan 's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

ผลการวิจัย และการอภิปราย

การใช้แป้งท้าวยายม่อมในผลิตภัณฑ์เจลลี่หมอน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของปริมาณแป้งท้าวยายม่อมในเจลลี่หมอน ที่ระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) การเติมแป้งท้าวยายม่อมในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นมีผลต่อการลดลงของค่า L^* , a^* และ b^* พบว่าการเติมแป้งท้าวยายม่อมที่ 5 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการเติมแป้งท้าวยายม่อมที่ระดับ 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ดังตารางที่ 1 และนำเจลลี่หมอนวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผลของการเติมแป้งท้าวยายม่อมในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้เจลลี่หมอนมีค่าความแข็งและความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากการทดลองพบว่า เมื่อเติมแป้งที่เพิ่มมากขึ้นจะเห็นได้ชัดเจนว่าค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยพบว่า การเติมแป้งท้าวยายม่อม 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็งและยืดหยุ่นสูงสุด เท่ากับ 0.66 กับ 0.25 N ตามลำดับ ส่วนค่ากรดต่าง (pH) และค่า A_w ในเจลลี่ที่เติมแป้งท้าวยายม่อมพบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อการเติมแป้งในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเจลลี่หมอนที่มีส่วนผสมของปริมาณแป้งเท้ายายม่อม

ค่าวิเคราะห์	ปริมาณแป้งเท้ายายม่อม (เปอร์เซ็นต์)		
	5	10	15
ค่าสี			
L*	22.63±0.32 ^a	19.21±0.17 ^b	18.91±0.06 ^b
a*	0.95±0.13 ^a	0.52±0.11 ^b	0.50±0.05 ^b
b*	0.80±0.29 ^a	0.25±0.22 ^b	0.16±0.04 ^b
ความแข็ง (N)	0.56±0.06 ^b	0.63±0.02 ^{ab}	0.66±0.05 ^a
ความยืดหยุ่น (N)	0.21±0.02 ^b	0.23±0.01 ^{ab}	0.25±0.03 ^a
กรด-ด่าง (pH) ^{ns}	4.40±0.01	4.41±0.02	4.41±0.02
ปริมาณน้ำอิสระ (Aw) ^{ns}	0.98±0.03	0.98±0.01	0.97±0.02
กรดทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์) ^{ns}	0.01±0.00	0.01±0.01	0.02±0.01

หมายเหตุ: ^{a, b} ในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) a, b ในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อเติมแป้งเท้ายายม่อมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านสี ซึ่งสีที่เปลี่ยนแปลงเป็นผลมาจากลักษณะแป้งเมื่อโดนความร้อนแป้งจะสุกและมีการเปลี่ยนสีจากขาวขุ่นเป็นสีขาวใสมาก นั่นคือลักษณะของการเกิดเจลในแป้ง การที่แป้งใสจะส่งผลต่อการทะลุผ่านของแสงส่งผลให้ค่าของสีของเจลลี่มีการเปลี่ยนแปลงดังผลการทดลอง และจากรายงานของ ปิติพร และคณะ 2546 รายงานว่า คุณสมบัติแป้งเท้ายายม่อมเมื่อทำให้สุกที่อุณหภูมิต่ำในช่วง 69-71°C แป้งที่สุก พบว่า ส่งผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้นและมีอัตราการคืนตัวของแป้งปานกลางเมื่ออุณหภูมิต่ำลง ซึ่งเมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เหนียวขึ้นขึ้น จึงมีผลทำให้เจลลี่หมอนมีความหนืดเพิ่มขึ้นดังผลการทดลอง ซึ่งโดยทั่วไปแป้งเท้ายายม่อมนิยมนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารโดยส่วนมาก ใช้เป็นส่วนผสมเพื่อให้อาหารมีความข้นหนืด คงตัว และยืดหยุ่น เช่น อุตสาหกรรมบิสกิต เบอ์เกอร์ เค้กต่าง ๆ และยังสามารถนำไปใช้ในอาหารเพื่อสุขภาพเนื่องจากให้พลังงานต่ำ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเจลลี่หมอนที่มีปริมาณแป้งเท้ายายม่อม 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผลของการเติมแป้งเท้ายายม่อมเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนและเส้นใยในเจลลี่หมอนสูงเพิ่มขึ้น พบปริมาณโปรตีนสูงสุดในเจลลี่ที่เติมแป้งเท้ายายม่อม 15 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนและเยื่อใยเท่ากับ 12.36 และ 1.18 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 2 ซึ่งการทดลองจะเห็นได้ว่าการเติมแป้งเท้ายายม่อมลงในเจลลี่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้ ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากโดยแป้งเท้ายายม่อมเป็นแป้งที่มีคุณค่าทางอาหารและสารที่เป็นประโยชน์หลากหลายชนิด และจากรายงานของ Al et al., (2017) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแป้งเท้ายายม่อมที่พบในไนจีเรีย พบปริมาณสารอาหารที่สำคัญหลายชนิดได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เยื่อใย วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ แต่ที่มีปริมาณสูงมากโดยเฉพาะโปรตีน โดยมีปริมาณ 5.49 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเพิ่มแป้งเท้ายายม่อมลงในเจลลี่หมอนสามารถทำให้เจลลี่หมอนมีคุณค่าโภชนาการเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีในเจลลี่หมอนที่มีการเติมแป้งท้าวยายม่อม

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	แป้งท้าวยายม่อม (เปอร์เซ็นต์)		
	5	10	15
ความชื้น	17.02±6.36 ^a	8.87±4.66 ^{ab}	1.32±1.26 ^b
โปรตีน	5.77±1.56 ^b	10.18±0.19 ^b	12.36±1.85 ^a
ไขมัน ^{ns}	0.03±0.02	0.02±0.00	0.03±0.01
เส้นใย ^{ns}	0.46±0.07	0.61±0.15	1.18±0.36
เถ้า	0.26±0.12 ^b	0.42±0.01 ^a	0.44±0.02 ^a
คาร์โบไฮเดรต ^{ns}	78.93	80.51	80.65
คำนวณพลังงานทั้งหมด (Kcal)	331.01 ^b	362.92 ^{ab}	393.12 ^a

หมายเหตุ: ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

^{a, b} ในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale ของเจลลี่ที่เติมแป้งท้าวยายม่อม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน ให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า การเติมแป้งท้าวยายม่อม 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ในเจลลี่หมอน ผู้บริโภคให้การยอมรับความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าทิศทางการพัฒนาเจลลี่หมอนโดยการเติมแป้งท้าวยายม่อมผู้บริโภคมีแนวโน้มความชอบในระดับชอบปานกลาง และหากพิจารณาความชอบ พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนรสชาติและเนื้อสัมผัสของเจลลี่หมอนที่ระดับเปอร์เซ็นต์ของการเติมแป้งท้าวยายม่อมที่ 10 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด คะแนนความชอบ เท่ากับ 7.03 และ 7.23 ซึ่งมีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง ดังตารางที่ 3 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาจากการทดสอบการยอมรับผู้บริโภคและลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้ จึงเลือกเจลลี่หมอนที่มีการเติมแป้งท้าวยายม่อมที่ 10 เปอร์เซ็นต์นำไปศึกษาหาสภาวะปริมาณการเติมแบคทีเรียโพรไบโอติกในขั้นต่อไป

ตารางที่ 3 คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

ประเมินคุณภาพ	ปริมาณแป้งท้าวยายม่อม (เปอร์เซ็นต์)		
	5	10	15
สี ^{ns}	6.37±1.04	6.83±1.12	6.50±1.07
กลิ่น ^{ns}	6.37±1.32	6.50±1.01	6.20±1.19
รสชาติ ^{ns}	6.67±1.07	7.03±1.13	6.87±1.31
เนื้อสัมผัส ^{ns}	6.37±1.29	6.53±1.25	6.80±1.24
ความชอบโดยรวม	6.63±1.12 ^b	7.23±1.04 ^a	6.60±1.00 ^b

หมายเหตุ: ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

^{a, b} ในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

การเติมเม็ดบีดโพรไบโอติกในเจลลี่หม่อน

ผลการศึกษาปริมาณการเติมเม็ดบีดที่เหมาะสมในเจลลี่หม่อน พบว่า เม็ดบีดก่อนการเติมลงไปเจลลี่หม่อนจะมีสีขาวใส ดังภาพที่ 1(ก) และเมื่อเติมลงไปในเจลลี่และแช่เย็นไว้นาน 90 นาที พบว่าเม็ดบีดที่ได้จะมีสีแดงสดและใสดังภาพที่ 1(ข) และเมื่อพิจารณาผลของการเติมเม็ดบีดในเจลลี่หม่อน ในระดับที่เพิ่มมากขึ้นพบว่าค่าสี L^* , a^* และ b^* ของเจลลี่ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเติมมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าการเติมเม็ดบีดที่เพิ่มมากขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเจลลี่หม่อนสามารถเติมได้จนระดับมากที่สุดที่ 15 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 สีของเม็ดบีดก่อน (ก) และเม็ดบีดหลัง เติมเจลลี่หม่อน (ข)

ตารางที่ 4 ค่าสีของเจลลี่หม่อนหลังจากการเติมเม็ดบีดในปริมาณ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์

ค่าสี	ปริมาณเม็ดบีด (เปอร์เซ็นต์)			
	0	5	10	15
L^{*ns}	19.55±0.02	19.54±0.02	19.55±0.03	19.55±0.03
a^{*ns}	1.60±0.06	1.60±0.05	1.68±0.09	1.58±0.05
b^{*ns}	0.22±0.02	0.23±0.04	0.22±0.03	0.22±0.03

หมายเหตุ: ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลของการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความยืดหยุ่น และค่าความแข็งของเม็ดบีด โดยวิเคราะห์แยกกันระหว่างเจลลี่และเม็ดบีดที่เติมลงไปจากการทดลองพบว่า การเติมเม็ดบีดในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นไม่มีผลต่อคุณสมบัติของค่าความแข็ง และค่าความยืดหยุ่นของตัวเจลลี่และเม็ดบีดที่อยู่ในเจลลี่ซึ่งพบว่า ทุกระดับปริมาณการเติมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าเราสามารถเติมเม็ดบีดได้ในระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ก็ไม่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของเจลลี่ และเม็ดบีดในเจลลี่ ซึ่งจากการทดลองเห็นได้ว่าเทคโนโลยีการกักเก็บสารโดยใช้สารตัวกลางที่มีคุณภาพของโพลิเมอร์สูง ได้แก่ ไฮโดรเจลที่มีโครงข่ายสามมิติ มีลักษณะเป็นรูพรุน โดยสามารถดูดซับสารบางส่วนได้ และสามารถป้องกันไม่ให้สารข้างในที่ถูกกักเก็บไว้ไหลออกในขณะที่เดียวกับก็ยังสามารถป้องกันไม่ให้สารข้างนอกไหลเข้าไปข้างในเม็ดบีดได้ (Nezamdoost-Sani et al., 2023) จึงไม่ส่งผลให้การเติมเม็ดบีดลงไปเจลลี่ทำให้คุณภาพเนื้อสัมผัสของเนื้อเจลลี่เปลี่ยนแปลงได้ การวิเคราะห์การดัดแปลง ปริมาณน้ำอิสระ

และปริมาณกรดในเจลลี่หมอนพบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเติมปริมาณเมดิพิทที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ในตัวอย่างเจลลี่ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ค่าเนื้อสัมผัสของเจลลี่หมอนหลังจากการเติมเมดิพิทในปริมาณ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์

ประเมินคุณภาพเนื้อสัมผัส(N)			
ความแข็งเจลลี่ ^{ns}	ความแข็งเมดิพิท ^{ns}	ความยืดหยุ่นเจลลี่ ^{ns}	ความยืดหยุ่นเมดิพิท ^{ns}
0.17±0.04	37.00±8.67	0.07±0.01	42.54±15.36
0.18±0.04	37.21±8.63	0.08±0.01	51.85±17.01
0.17±0.03	36.48±7.48	0.08±0.01	55.87±21.61
0.16±0.03	38.40±7.95	0.07±0.01	54.10±20.33

หมายเหตุ: ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 6 ค่าวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมีของเจลลี่หมอนเติมเมดิพิทในปริมาณ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์

ประเมินคุณภาพ	ปริมาณเมดิพิทในเจลลี่หมอน (เปอร์เซ็นต์)			
	0	5	10	15
pH ^{ns}	4.21±0.01	4.28±0.11	4.28±0.01	4.28±0.02
a _w ^{ns}	0.98±0.01	0.98±0.00	0.99±0.00	0.98±0.00
ปริมาณกรดซิตริกทั้งหมด ^{ns}	0.01± 0.00	0.01± 0.00	0.01± 0.01	0.01 ±0.01

หมายเหตุ: ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05)

จากการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสของปริมาณการเติมเมดิพิทโพรไบโอติกที่เหมาะสมในเจลลี่หมอน 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ที่ไม่ผ่านการฝึกฝนให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการเติมปริมาณเมดิพิท 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ในด้านคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส แต่จะพบว่า คะแนนความชอบโดยรวม 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 7.00 ซึ่งมีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์เจลลี่หม่อน

ประเมินคุณภาพ	เม็ดปีทในเจลลี่หม่อน(เปอร์เซ็นต์)			
	0	5	10	15
สี ^{ns}	6.37±1.19	6.47±1.01	6.43±0.97	6.50±1.11
กลิ่น ^{ns}	6.03±1.03	6.10±1.24	5.83±1.12	6.17±1.19
รสชาติ ^{ns}	6.77±1.05	6.73±1.11	6.70±1.12	6.90 ±1.06
เนื้อสัมผัส ^{ns}	6.57±1.52	6.53±1.14	6.43±1.07	6.80±1.16
ความชอบโดยรวม	6.43±1.33 ^b	6.73±0.94 ^{ab}	7.00±0.98 ^a	6.57±1.05 ^b

หมายเหตุ: ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

^{a, b} ในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

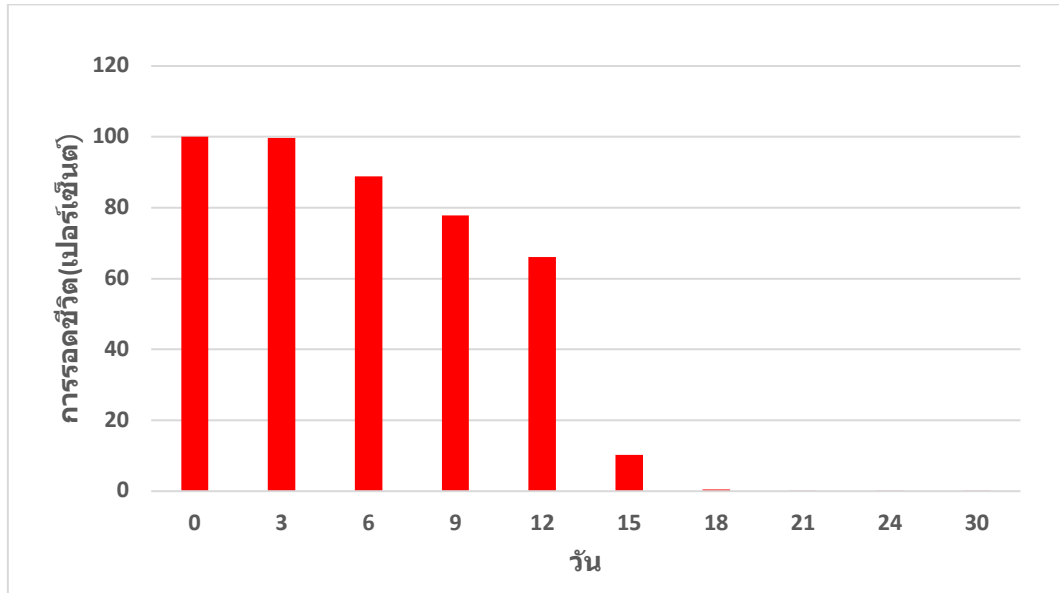
จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในเจลลี่หม่อนที่มีการเติมเม็ดปีท ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า ปริมาณของปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกมีปริมาณสูง เมื่อเพิ่มจำนวนปริมาณเม็ดปีท 5, 10 15 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือเนื่องจาก เจลลี่ที่มีการเติมเม็ดปีทจำนวนมากจึงทำให้ตรวจพบแบคทีเรียซึ่งการทดลองจะพบว่า การเติมเม็ดปีท 15 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวน แบคทีเรียโพรไบโอติกที่นับได้สูงสุด คือ 2.0×10^6 cfu/ml ซึ่งเปรียบเทียบกับเจลลี่หม่อนที่เติมปีทที่ปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนแบคทีเรียเท่ากับ 6.2×10^4 cfu/ml ตามลำดับ การตรวจพบปริมาณแบคทีเรียที่มีปริมาณที่แตกต่างกันเนื่องจาก ปริมาณของแบคทีเรียจะถูกไว้มัดปีทและเมื่อเพิ่มปริมาณปีทที่มากขึ้นก็มีผลทำให้มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในเจลลี่หม่อน

ปริมาณเม็ดปีท(เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก(cfu/ml)
0	ไม่พบ
5	6.2×10^4
10	1.8×10^6
15	2.0×10^6

การวิเคราะห์การรอดชีวิตจากการนำเจลลี่หม่อนที่เลี้ยงบนอาหาร MRS Agar และทำการเก็บรักษาเจลลี่หม่อน เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าอัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ เมื่อระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มมากขึ้น แต่จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถอยู่ได้นานสูงสุดถึง 12 วัน โดยพบว่ามีอัตราการรอดชีวิตอยู่ที่ 66 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นก็จะลดลงเรื่อย ๆ และต่ำสุด และในวันที่ 30 คาดว่าแบคทีเรียโพรไบโอติกไม่สามารถทนต่อสภาวะและระยะเวลาในการเก็บรักษาได้ ดังรูปที่ 2 การรอดชีวิตของแบคทีเรียที่อยู่ในสภาวะที่ถูกตรึงทำให้เซลล์ของแบคทีเรียจะรอดชีวิตได้สูงกว่า การเติมเซลล์แบคทีเรียโพรไบโอติกโดยตรง ซึ่งสอดคล้องจากรายงานวิจัยของ นุจรี และคณะ (2563) พบว่า การเติมกล้าเชื้อ หมักไวน์โดยวิธีการตรึงเซลล์ของยีสต์โดยใช้สารห่อหุ้มคืออัลจิเนต พบว่าการหมักไวน์เป็นเวลา 7 วัน มีผลทำให้จำนวนยีสต์ที่

ตรวจนับได้ในไวน์ยังคงมีปริมาณจำนวนที่สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับไวน์ที่ใช้กล้าเชื้อที่ไม่มีการห่อหุ้ม ซึ่งอธิบายได้ว่า นอกจากผลของการห่อหุ้มจะสามารถปกป้องเซลล์ให้รอดชีวิตจากสภาวะอาหารที่มีกรดสูงและแอลกอฮอล์สูงได้ ยังพบว่า เซลล์ที่ถูกห่อหุ้มจะค่อยๆ ปลดปล่อยออกจากโครงร่างแหสามมิติของอัลจินต เนื่องจากสภาวะของกรดของอาหารและสภาวะ ความร้อนที่เกิดจากการหมักมีผลให้เซลล์ค่อย ๆ ลดปริมาณลงอย่างช้า ๆ เมื่อระยะเวลาหมักที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 2 อัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติกในเจลลี่หมอนที่มีระยะเวลาในการเก็บ 30 วัน

บทสรุป

การพัฒนาเจลลี่ที่มีประโยชน์สำหรับผู้สูงอายุ โดยการเติมแบคทีเรียโพรไบโอติก มีผลทำให้เจลลี่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะปริมาณเยื่อใย โปรตีนเพิ่มขึ้น อีกทั้งแบคทีเรียโพรไบโอติกยังสามารถช่วยให้เจลลี่มีความคงตัวและยืดหยุ่นมากขึ้น เจลลี่ที่ได้มีความใสวาว และมีเนื้อสัมผัสที่กลืนง่าย ถูกใจผู้บริโภค ยิ่งไปกว่านั้นการเติมแบคทีเรียโพรไบโอติกในรูปเม็ดบียังช่วยให้เจลลี่มีความน่าสนใจและมีประโยชน์มากกว่าเจลลี่ทั่วไป และเทคโนโลยีการทำเอนแคปซูเลชันยังเป็นวิธีการที่ช่วยป้องกันเซลล์จากสภาวะแวดล้อม และเพิ่มความคงตัว ช่วยในการเก็บรักษาเซลล์ในระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น แต่ทั้งนี้ควรมีการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อที่จะมีปริมาณเพียงพอต่อความมีประโยชน์ และเก็บได้นานมากขึ้นได้อีก ดังนั้นการพัฒนาเจลลี่หมอนที่มีการเติมเม็ดบียังมีความน่าสนใจที่ต่อยอดในเชิงพาณิชย์ออกจำหน่ายในท้องตลาด อีกทั้งผลิตภัณฑ์เจลลี่ยังอาหาร ที่ตอบสนองความต้องการและรองรับกับสังคมผู้สูงอายุที่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- กมลพิพัฒน์ ชนะสิทธิ์, ปรัชญา แพนมงคล และศศิธร ป้อมเชียงพิณ. (2560). ผลิตภัณฑ์น้ำมันมะม่วงหาวมะนาวโห่พาสเจอร์ไรซ์พร้อมดื่มเสริมใยอาหาร. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 5, 99-107.
- นุจรี สอนสะอาด, สุภาพร รัชชี และวิลาวัลย์ เกสร. (2563). สภาวะที่เหมาะสมในการหมักไวน์ลำตวนโดยใช้กล่ำเชื้อแบบตรึงเซลล์. วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี. (1)1: 46-49.
- มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย (มส.ผส.). (2563). สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2562. สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. นครปฐม.
- วิชมนิ ยืนยงพุททกาล. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเจลเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุจากผลไม้ไทยที่มี องค์ประกอบของสารพรีไบโอติกโดยใช้เยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ. รายงานการวิจัย. การวิจัยมหาวิทยาลัยบูรพา. 177.
- Association of Official Analysis Chemists (AOAC). (2005). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 14th Edited. Washington, DC: USA
- Al O., SO A., CIC. O., Yakubu T., JU I. and VY D. (2017). Root tuber of *Tacca leontopetaloides* L. (kunze) for food and nutritional security. Microbiology: Current Research 2017. 1(1): 7-13.
- Afzaal M., Khan A. U., Saeed F., Arshad M. S., Khan M.A. and Saeed M. (2020). Survival and stability of free and encapsulated probiotic bacteria under simulated gastrointestinal conditions and in ice cream. Food Sciences and Nutrition. 8(3): 1649–1656.
- Chen L., Yang T., Song, Y. Shu G., and Chen H. (2017). Effect of xanthan-chitosan-xanthan double layer encapsulation on survival of *Bifidobacterium* BB01 in simulated gastrointestinal conditions, bile salt solution and yogurt. LWT–Food Science and Technology. 81: 274–280.
- Chiou D. and landrish T.A.G. (2007). Development and characterization of novel nutraceuticals with spray drying technology. Food Engineering. 82(1): 84-91.
- Du Y., Gao Y., Zeng B., Fan X., Yang D., and Yang M. (2021). Effects of anti-aging interventions on intestinal microbiota. Gut Microbes. 13(1): 199-4835.
- FAO/WHO. (2002). Working group report on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food Guidedlines for the evaluation of probiotics in food Report of anoint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food, London, Ontario, Cannada.
- Kumherova M., Vesela K., Jokesova K., Klojdova I., and Horackova S. (2020). Influence of co-encapsulation of *Bifidobacterium animalis* subsp. lactis Bb12 with inulin and ascorbic acid on its viability. Czech Journal of Food Sciences. 38(1): 57–62.

- Nezamdoost-Sani N., Khaledabad M., A., Amiri S., and Khanegha A.M. (2023). Alginate and derivatives hydrogels in encapsulation of probiotic bacteria: An updated review. *Food Bioscience*. 52:102433.
- Sumardiono S., Jos B., Antoni M.F.Z., and Handayani N.A.H. (2022). Physicochemical properties of novel artificial rice produced from sago, arrowroot, and mung bean flour using hot extrusion technology. *Heliyon*. 69-89.
- Zuitam N.J. and Shimoni E. (2010). Overview of microencapsulates for use in food Products or Processes and Methods to make Them In encapsulation Technologies for. *Active Food Ingredients and Food Processing*. Springer, NY.