

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยจากแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช
จังหวัดสิงห์บุรี

PRODUCT DEVELOPMENT OF YOGURT SUPPLEMENTED WITH
BANANA FLOUR FROM LARGE SCALE OF CAVENDISH BANANA FIELD
IN SINGBURI PROVINCE

วันที่รับ: 10 มิถุนายน 2565

วันที่แก้ไข: 8 กันยายน 2565

วันที่ตอบรับ: 12 กันยายน 2565

วิจิตรา เหลียวตระกุล^{1*},

นวรรตน์ ทรงสุภาพ¹ และ รุ่งนภา ประไพพงษ์¹

Wijitra Liaotrakoon^{1*},

Nawarat Songsuphap¹ and Rungnapha Prapaiphong¹

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

¹Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University
of Technology Suvarnabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13000

*Corresponding author e-mail: L_wijitra@hotmail.com



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวจากแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช จังหวัดสิงห์บุรี และเพื่อศึกษาผลของการเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ การยอมรับของผู้บริโภค และความสามารถในการอยู่รอดของโพรไบโอติกในโยเกิร์ต ที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่า การเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำให้โยเกิร์ตมีความหนืดเพิ่มขึ้นจาก 712.35 เป็น 2,122.57 เซนติพอยส์ (cP) มีการแยกตัวของน้ำหางนมลดลงจากร้อยละ 15.92 เป็นร้อยละ 5.37 และมีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1 เป็นร้อยละ 1.35 เมื่อเทียบกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวทำให้ความสามารถในการอยู่รอดของโพรไบโอติกมากขึ้น โดยมีจำนวนเชื้อ *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium* spp. มากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าโยเกิร์ตเสริม

แป้งกล้วยหอมเขียวได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค โดยลักษณะปรากฏรสชาติและความชอบโดยรวมของชุดควบคุมและโยเกิร์ตที่เสริมแป้งกล้วยหอมเขียวร้อยละ 2.5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวได้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้น ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวเป็นการใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยหอมเขียวคาเวนดิชของกลุ่มแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช จังหวัดสิงห์บุรี และอาจขยายผลสู่กลุ่มอื่นได้

คำสำคัญ: แป้งกล้วย, โยเกิร์ต, กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช, 프리ไบโอติก



Abstract

This research aimed to develop yogurt supplemented with banana flour from large scale Cavendish banana field in Singburi Province, and to examine the effect of green banana flour supplementation in yogurt products on physicochemical, sensory acceptability and probiotic survival after fermentation at 45°C for 5 hours. It was found that yogurt supplemented with 2.5% (w/v) of green banana flour increased viscosity values from 712.35 to 2,122.57 cP, decreased % syneresis from 15.92% to 5.37%, and increased lactic acid content from 1.00% to 1.35%, as comparing with the control sample ($p \leq 0.05$). The yogurt supplemented with green banana flour enhanced probiotic survival, showing higher amounts of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. than those of the control ($p \leq 0.05$). According to the sensorial results, panelists accepted yogurt supplemented with green banana flour in terms of overall characteristics of taste and liking appearances between the control sample and the yogurt supplemented with green banana flour was at 2.5%. However, it was not statistically different between the yogurt supplemented with green banana flour and the control ($p > 0.05$), while the textural liking score of the yogurt supplemented with green banana flour was higher than the control ($p \leq 0.05$). Therefore, the yogurt supplemented with green banana flour could be further utilization of Cavendish green banana of large scale of Cavendish banana field in Singburi Province, and it could be extended to other relating groups.

Keywords: Banana Flour, Yogurt, Green Cavendish Banana, Prebiotic



บทนำ

กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช (*Musa cavendishii*) เป็นพืชเศรษฐกิจของโลกที่มีปริมาณการบริโภคกว่า 100–120 ล้านตันต่อปี คิดเป็นมูลค่าเศรษฐกิจกว่าล้านล้านบาท ลักษณะเด่นของกล้วยหอมเขียวคาเวนดิชจะมีรสชาติหวานน้อยและมีเปลือกหนาทนต่อการขนส่ง (เก นันทะเสน และวราภรณ์ นันทะเสน, 2563) ลูกใหญ่น้ำหนักมาก และอุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการ เกษตรกรในพื้นที่ตำบลโพประทับชัยและตำบลถอนสมอ อำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี รวมกลุ่มเป็นเกษตรแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช มีพื้นที่รวมประมาณ 200 ไร่ กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช ขนาดเครือใหญ่มี 7–12 หวี อาจมีผลผลิตกล้วยตากเกรดที่มีขนาดเล็กที่ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด บางครั้งมีผลผลิตล้นตลาด ทางชุมชนจึงร่วมกันจัดตั้งกลุ่มแปรรูปกล้วยและถนอมอาหารทำซังเพื่อทำการแปรรูปกล้วยเป็นแป้งกล้วยและผลิตภัณฑ์จากกล้วย แป้งกล้วย มีปริมาณเยื่อใยอาหาร วิตามินเอ วิตามินบี 6 แร่ธาตุโพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียมและสังกะสี และสารประกอบฟีนอลิก รวมทั้งประกอบไปด้วยแป้งทนย่อย (Resistance Starch) อยู่ระหว่างร้อยละ 40.9–58.5 (ฐานน้ำหนักแห้ง) (Tribess et al., 2009) แป้งกล้วยเป็นแป้งที่ปราศจากกลูเตน (Gluten Free) และมีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (Prebiotic) สามารถนำแป้งกล้วยไปพัฒนาเป็นนวัตกรรมอาหารที่หลากหลาย แป้งกล้วยยังมีแป้งทนย่อยที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เนื่องจากจะไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหาร แต่จะถูกย่อยโดยแบคทีเรียโพรไบโอติก (Probiotic) ในลำไส้ใหญ่ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมันสายสั้น ๆ ที่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อลำไส้ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่คล้ายกับเยื่อใยอาหารโดยช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ช่วยป้องกันโรคเบาหวาน ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและการดูดซึมแร่ธาตุ ปรับปรุงการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันและการป้องกันการเกิดมะเร็งในลำไส้ และแป้งกล้วยดิบจะช่วยสนับสนุนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก (สุชาติ สุขสถิตย์ และผุสดี ตั้งวัชรินทร์, 2558; Mahore & Shirolkar, 2018) โดยแป้งกล้วยดิบสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม (Yangilar, 2015; Prashanth et al., 2018) และในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ช่วยเป็นแหล่งอาหารให้กับแบคทีเรียโพรไบโอติกถือเป็นผลิตภัณฑ์ซินไบโอติก (Synbiotic) (Batista et al., 2017; Da Costa et al., 2017; Vogado et al., 2018)

ตลาดผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์โพรไบโอติก และพรีไบโอติก โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์นมมีแนวโน้มความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่มีจุลินทรีย์ที่ให้ประโยชน์ ช่วยในการปรับสมดุลลำไส้ ทำให้จุลินทรีย์ที่ดีมีจำนวนมากขึ้น จึงทำให้ระบบทางเดินอาหารทำงานได้ดีขึ้นและสามารถเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง (Vodnar et al., 2020; Precup et al., 2022) อาหารประเภทนมหมักหรือโยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Tadesse, 2011) แบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic

Acid Bacteria, LAB) เช่น แบคทีเรียกลุ่ม *Bifidobacteria*, *Lactobacilli* และ *Enterococci* จัดเป็นโพรไบโอติกที่ช่วยทำให้มีสุขภาพที่ดีได้ เช่น สามารถย่อยสลายน้ำตาลแลคโตส ในโยเกิร์ต สามารถผลิตสารยับยั้งจุลชีพ สารยับยั้งการเกิดมะเร็งและกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันด้วย (Guarner & Schaafsma, 1998) ตัวอย่างโพรไบโอติกที่นิยมเสริมในผลิตภัณฑ์อาหาร อาทิเช่น สารประกอบโอลิโกแซคคาไรด์และโพลีแซคคาไรด์ รวมทั้งเยื่อใยอาหาร นอกจากนี้ โยอาหารยังช่วยในการต้านมะเร็งลำไส้ใหญ่ ช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิดได้ ช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคกระดูกพรุน ช่วยย่อยสลายคอเลสเตอรอลและยับยั้งการดูดซึมไขมันผ่านผนังลำไส้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้และเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เช่น เครื่องดื่ม ซอสปรุงรส ขนมอบ ซุป เค้ก ขนมหวาน น้ำสลัด และผลิตภัณฑ์นม (Gibson & Roberfroid, 1995; Manning & Gibson, 2004) ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมแบงก์กล้วยหอมเขียวจากแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช จังหวัดสิงห์บุรี นั้น จะส่งผลให้นำไปต่อยอดเชิงพาณิชย์ โดยใช้ผลผลิตเกษตรในพื้นที่มาแปรรูปสร้างมูลค่าเพิ่มและสร้างความหลากหลายในการประยุกต์ใช้แบงก์กล้วยได้ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลที่ต้องการให้มีการขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานรากให้มีความเข้มแข็งอันเป็นการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาทั้งในด้านองค์ความรู้ การพัฒนาด้านอาชีพ อันนำไปสู่การสร้างงานและสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนต่อไป



วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมแบงก์กล้วยหอมเขียวจากแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช จังหวัดสิงห์บุรี
2. เพื่อศึกษาผลของการเสริมแบงก์กล้วยหอมเขียวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ การยอมรับของผู้บริโภค และความสามารถในการอยู่รอดของโพรไบโอติก



วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมแบงก์กล้วยหอมเขียว

การเตรียมแบงก์กล้วยหอมเขียวตามวิธีของวิจิตรา เหลียวตระกูล และคนอื่น ๆ (2564) โดยนำผลกล้วยหอมเขียวสายพันธุ์คาเวนดิชในระยะออกปลีจนถึงตัดเครือ 58–60 วัน จากแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช จังหวัดสิงห์บุรี นำกล้วยมาปอกเปลือก หั่นเนื้อกล้วยเป็นชิ้นหนา 0.2 เซนติเมตร นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งกล้วยอบแห้งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 4.50–5.00 จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด (รุ่น IKA'MF10 basic, Germany) และร่อนผ่านตะแกรง (Retsch,

Germany) ขนาด 250 ไมครอน เก็บแบคทีเรียในถุงพลาสติกใส (Polypropylene) ปิดสนิทในอุณหภูมิห้องที่ไม่มีแสงแดด

การเตรียมโยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียว

เตรียมโยเกิร์ตโดยนำนมวัว (ปริมาณไขมันร้อยละ 0) มาพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที ทิ้งไว้ให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เติมหักเชื้อโยเกิร์ตที่อยู่ในรูปผงแห้ง ซึ่งประกอบไปด้วยเชื้อผสมของ *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* (Lyofast SAB 442 B, Sacco srl, Italy) ปริมาณร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการกวนอย่างต่อเนื่อง แล้วทำการบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ส่วนโยเกิร์ตชุดควบคุม (Control) เตรียมโดยไม่เสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียว หลังจากนั้นนำตัวอย่างโยเกิร์ตทุกชุดการทดลองไปวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ

วิเคราะห์ความหนืดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไม่เสริม (ชุดควบคุม) และเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียว โดยใช้เครื่อง Brookfield Viscometer (Cole-Parmer รุ่น ML-98965-40, USA) โดยใช้หัววัดเบอร์ 3 ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Santillán-Urquiza et al., 2017) วัดค่าสีของตัวอย่าง ได้แก่ ค่าความสว่าง (Lightness, L^*) ค่าความเป็นสีแดง (Redness, a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowish, b^*) ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab (Color QuestXE, HunterLab, USA) และวิเคราะห์การแยกตัวของน้ำหางนม (% Syneresis) ตามวิธีของตาลและโคเรล (Tan & Korel, 2007) โดยนำตัวอย่างโยเกิร์ต 10 กรัม มาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge (รุ่น Universal 320R, Germany) ด้วยความเร็วรอบ 5,000 rpm ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที วัดปริมาตรส่วนใสที่ได้หลังจากการหมุนเหวี่ยง จากนั้นคำนวณเป็นร้อยละของการแยกตัวของน้ำหางนมตามสมการที่ (1) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

$$\text{ร้อยละการแยกตัวของน้ำหางนม} = \frac{\text{ปริมาตรของส่วนใส (ml)}}{\text{ปริมาตรโยเกิร์ต (ml)}} \quad (1)$$

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids) โดยใช้ Hand refractometer (ATAGO รุ่น PAL-1, Japan) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (HORIBA รุ่น LAQUAtwin-ph-22, Japan) และวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

ด้วยวิธี Total Titratable Acidity ไตเตรทโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล รายงานผลเทียบกับกรดแลคติก คำนวณหาปริมาณกรดแลคติกเป็นร้อยละจากการทำปฏิกิริยาสมมูลกับกรดแลคติก ตามสมการที่ (2) (Chatterjee et al., 2016) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

$$\text{ร้อยละการแยกตัวของน้ำทางนม} = \frac{\text{ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์} \times \text{ที่ใช้ในการไตเตรท (ml)} \times 0.1 \times 90.08 \times 100}{\text{ปริมาตรของตัวอย่าง (ml)} \times 1000} \quad (2)$$

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อโพรไบโอติก และยีสต์และรา

วิเคราะห์หาจำนวนโพรไบโอติกในตัวอย่างโยเกิร์ต โดยวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ *Streptococcus thermophilus* ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ M17 ทำการเจือจางตัวอย่างโยเกิร์ต (Serial Dilution) จากนั้นนำไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ M17 ด้วยวิธี Pour Plate Technique และบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไร้อากาศ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง (Ashraf & Shah, 2011) และวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* ทำการเจือจางตัวอย่าง นำไปเลี้ยงเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ De Man Rogosa and Sharpe (MRS) ที่ผสมน้ำตาลมอลโตส (Maltose) ด้วยวิธี Pour Plate Technique และบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไร้อากาศ เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Ashraf & Shah, 2011) นับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโคโลนีขึ้นอยู่ระหว่าง 25–250 โคโลนี และรายงานเป็น Colony Forming Unit ต่อกรัมตัวอย่าง (CFU/g)

วิเคราะห์หาจำนวนยีสต์และรา โดยทำการเจือจางตัวอย่างเลี้ยงเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ด้วยวิธี Pour Plate Technique และนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 วัน นับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโคโลนีขึ้นอยู่ระหว่าง 25–250 โคโลนี และรายงานเป็น CFU/g (Horwitz, 2000)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไม่เสริม (ชุดควบคุม) และเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียว ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Points Hedonic Scale) โดยมีค่าคะแนนในการทดสอบ คือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย ๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก และ 9 = ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยรายงานเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิเคราะห์ Paired Sample *t*-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป SPSS for Windows



ผลการวิจัย

คุณภาพทางเคมีกายภาพของโยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียว

จากกล้วยหอมเขียวคาเวนดิชจากแปลงใหญ่จังหวัดสิงห์บุรี มาแปรรูปเป็นแป้งกล้วยหอมเขียว และนำแป้งกล้วยหอมเขียวคาเวนดิชมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อยอดเป็นโยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียว (ภาพ 1) พบว่าคุณภาพทางเคมีกายภาพของโยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวร้อยละ 2.5 เทียบกับชุดควบคุม ได้ผลดังตาราง 1 การเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวทำให้โยเกิร์ตมีความหนืด 2,122.57 เซนติพอยส์ (cP) มากกว่าชุดควบคุมที่มีความหนืด 712.35 เซนติพอยส์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และหลังจากบ่มนาน 5 ชั่วโมง มีค่าร้อยละการแยกตัวของน้ำทางนมลดลงจากร้อยละ 15.92 (ชุดควบคุม) ลดลงเป็นร้อยละ 5.37 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดน้อยกว่าชุดควบคุม แต่โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวมีปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ 1.35) มากกว่าชุดควบคุม (ร้อยละ 1.00) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ของตัวอย่างโยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวที่น้อยกว่าชุดควบคุม (ตาราง 1)



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพ 1 (ก) กล้วยหอมเขียวคาเวนดิชจากแปลงใหญ่ อำเภอบางบาล จังหวัดสิงห์บุรี

(ข) แป้งกล้วยหอมเขียว และ (ค) ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียว

สำหรับค่าสีของตัวอย่างโยเกิร์ตนั้น พบว่าชุดควบคุมมีค่าความสว่าง L^* (94.03) สูงกว่าโยเกิร์ตเสริมแบ็กกล้วยหอมเขียว (81.99) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสีแดง a^* (2.24–2.75) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และโยเกิร์ตเสริมแบ็กกล้วยหอมเขียวมีค่าสีเหลือง b^* (8.84) สูงกว่าชุดควบคุม (3.48) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแบ็กกล้วยที่เป็นส่วนผสมในโยเกิร์ตมีสีขาวออกน้ำตาล และการใส่แบ็กกล้วยทำให้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในโยเกิร์ตเจริญได้ดีขึ้น จึงทำให้โยเกิร์ตมีความชุ่มเพิ่มขึ้น

ตาราง 1 สมบัติทางเคมีกายภาพของโยเกิร์ตเสริมแบ็กกล้วยหอมเขียว

คุณภาพ	โยเกิร์ต	
	ชุดควบคุม	เสริมแบ็กกล้วยหอมเขียว
สมบัติทางเคมีกายภาพ		
ความหนืด (cP)	712.35 ± 23.11^b	$2,122.57 \pm 20.70^a$
การแยกตัวของน้ำหางนม (ร้อยละ)	15.92 ± 0.15^a	5.37 ± 0.09^b
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (ร้อยละ)	13.14 ± 0.45^a	10.60 ± 0.65^b
pH	3.99 ± 0.02^a	3.77 ± 0.02^b
ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)	1.00 ± 0.01^b	1.35 ± 0.00^a
ค่าสี L^*	94.03 ± 0.5^a	81.99 ± 0.10^b
ค่าสี a^* ^{ns}	2.24 ± 0.27	2.75 ± 0.23
ค่าสี b^*	3.48 ± 0.61^b	8.84 ± 0.31^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns (Non-significant) แสดงถึง ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปริมาณเชื้อโพรไบโอติก ยีสต์และราในโยเกิร์ตเสริมแบ็กกล้วยหอมเขียว

ในการบ่มโยเกิร์ตใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตที่อยู่ในรูปผงแห้งที่ประกอบด้วยเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก *S. thermophilus*, *L. acidophilus* และ *B. animalis* ssp. *lactis* จึงทำการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อกลุ่มดังกล่าวเพื่อติดตามการเจริญเติบโตหลังจากการบ่มโยเกิร์ต ได้ผลดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 จำนวนโพรไบโอติก ยีสต์และราในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

เชื้อจุลินทรีย์ (CFU/g)	โยเกิร์ต	
	ชุดควบคุม	เสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียว
<i>S. thermophilus</i>	1.71×10^{9b}	3.23×10^{9a}
<i>L. acidophilus</i> และ <i>B. animalis</i> ssp. <i>lactis</i>	8.33×10^{8b}	1.48×10^{9a}
ยีสต์และรา ^{ns}	< 10	< 10

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns (Non-significant) แสดงถึง ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตาราง 2 พบว่าโยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวมีจำนวน *S. thermophilus* (3.23×10^9 CFU/g), *L. acidophilus* และ *B. animalis* ssp. *lactis* (1.48×10^9 CFU/g) มากกว่าชุดควบคุม (1.71×10^9 และ 8.33×10^8 CFU/g ตามลำดับ) ($p \leq 0.05$) แสดงว่าแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวมีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติก ช่วยให้จุลินทรีย์โพรไบโอติกมีการเจริญเติบโตดีขึ้นหลังจากบ่มนาน 5 ชั่วโมง ทำให้โยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *L. acidophilus* และ *B. animalis* ssp. *lactis* มากกว่าชุดควบคุมอยู่ 1 log CFU และตัวอย่างโยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวและชุดควบคุมมีจำนวนยีสต์และรา < 10 CFU/g

การยอมรับทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียว

จากตาราง 3 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนในภาพรวมของโยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวอยู่ในช่วง 6.10–7.17 คะแนน ในขณะที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนในภาพรวมของโยเกิร์ตชุดควบคุมอยู่ในช่วง 6.07–7.57 คะแนน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และความชอบโดยรวมของชุดควบคุมและโยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวร้อยละ 2.5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.75–7.00, 6.13–6.28 และ 6.65–6.67 คะแนน ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะด้านสีและกลิ่นรสของชุดควบคุม ได้รับคะแนนการยอมรับในระดับชอบปานกลาง (7.57 และ 7.23 คะแนน) มากกว่าโยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวในระดับชอบเล็กน้อย (6.30 และ 6.10 คะแนน) ตามลำดับ ในขณะที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวในระดับชอบปานกลาง (7.17 คะแนน) สูงกว่าชุดควบคุมในระดับชอบเล็กน้อย (6.07 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียว

ลักษณะ	โยเกิร์ต	
	ชุดควบคุม	เสริมแป้งกล้วยหอมเขียว
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.00±0.93	6.75±0.83
สี	7.57±0.57 ^a	6.30±0.44 ^b
กลิ่นรส	7.23±0.45 ^a	6.10±0.78 ^b
รสชาติ ^{ns}	6.13±0.93	6.28±0.72
เนื้อสัมผัส	6.07±0.36 ^b	7.17±0.43 ^a
ความชอบโดยรวม ^{ns}	6.65±0.85	6.67±0.60

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันันในแนวนอน แสดงถึง ค่าเฉลี่ยที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns (Non-significant) แสดงถึง ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่กลุ่มเป้าหมาย

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวที่พัฒนาได้นำไปถ่ายทอดให้แก่กลุ่มเป้าหมายคือ ประธานและสมาชิกกลุ่มแปรรูปกล้วยและถนอมอาหารทำซ้าง ผู้จัดการและประธานกลุ่มสหกรณ์การเกษตรอำเภอท่าช้าง จำกัด อำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี และผู้สนใจ จำนวน 32 คน ณ สหกรณ์การเกษตรอำเภอท่าช้าง จำกัด อำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2565 พบว่าผู้เข้าร่วมอบรมสามารถแปรรูปแป้งกล้วยหอมเขียวจากกล้วยหอมเขียวคาเวนดิชของแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช จังหวัดสิงห์บุรี และนำแป้งกล้วยหอมเขียวมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในการแปรรูปโยเกิร์ตได้ เป็นการเพิ่มความหลากหลายในการใช้ประโยชน์ของแป้งกล้วยของกลุ่ม นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวได้



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพ 2 การถ่ายทอดการแปรรูปผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียว (ก) การอบรมร่วมกับกลุ่มเป้าหมาย (ข) การผสมแป้งกล้วยหอมเขียวลงในส่วนผสมโยเกิร์ตก่อนนำไปปั่น (ค) โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวที่ปั่นแล้ว และ (ง) โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวและผลไม้อบแห้งพร้อมจำหน่าย

อภิปรายผลการวิจัย

คุณภาพทางเคมีกายภาพของโยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียว

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมแป้งกล้วยหอมเขียว เป็นการนำแป้งกล้วยหอมเขียว มาสร้างมูลค่าเพิ่มเป็นอาหารเพื่อสุขภาพหรืออาหารฟังก์ชัน (Functional Food) ในงานวิจัยนี้พบว่า เมื่อเสริมแป้งกล้วยหอมเขียวร้อยละ 2.5 ในโยเกิร์ต ทำให้โยเกิร์ตมีความหนืดเพิ่มขึ้น และมีการแยกตัวของน้ำหางนมลดลง เนื่องจากแป้งกล้วยหอมเขียวทำหน้าที่เป็นสารยึดเกาะ (Binder) หรือสารทำให้คงตัว (Stabilizer) มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ส่งผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นและส่งผลช่วยให้น้ำไม่แยกชั้นออกมาจากนม จึงทำให้มีการแยกตัวของน้ำหางนมลดลง เช่นเดียวกันกับการใช้กัม วัณ และสารที่ทำให้เกิดเจลอื่น ๆ (Gelling Agents) (Bierzunska et al., 2019) แป้งกล้วยเกิดการสร้างพันธะ Hydrophobic Interaction กับน้ำภายใน

โครงสร้างสามมิติของเคซีนไมเซลล์ (Casein Micelles) ในผลิตภัณฑ์นมหมัก (Sebayang et al., 2019) และแบคทีเรียมีความหนืดจากการสร้างเจลแบ่งและมีความสามารถในการจับกับน้ำ ทำให้มีประโยชน์ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายประเภท (Fuentes-Zaragoza et al., 2010) โดยจะช่วยเพิ่มความหนืด เนื้อสัมผัสเนียน จึงช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Tamime & Robinson, 1985) และการเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียว ในโยเกิร์ต จะทำให้มีปริมาณธาตุเหล็กและเยื่อใยสูงขึ้นด้วย (Abdalla & Ahmed, 2019) จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง นมเปรี้ยว ระบุว่า โยเกิร์ต หมายถึง นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรีย *S. thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* หรือ *Lactobacillus* ssp. อื่น และต้องมีค่าปริมาณกรดแลคติก ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.6 ของน้ำหนัก (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) ซึ่งโยเกิร์ตในการทดลองนี้มีปริมาณกรดแลคติก ในโยเกิร์ตชุดควบคุมและเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อบ่มครบ 5 ชั่วโมง โยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวจะมีปริมาณกรดแลคติกมากกว่าชุดควบคุม เนื่องจากแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวมีแบคทีเรียบางส่วนที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกที่ทำให้จุลินทรีย์โพรไบโอติกเจริญได้ดี ซึ่งแบคทีเรียดิบเป็นพรีไบโอติกชนิดเม็ดแบคทีเรียที่ทนทานต่อการทำงานของเอนไซม์ (Raw Starch Granules: RS2) สามารถส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติกได้ดี (Topping et al., 2003) จึงเกิดกรดแลคติกมากกว่าชุดควบคุม แบคทีเรียสามารถเสริมคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารได้ เนื่องจากมีเยื่อใยและแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพที่จะไม่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก และมีสารประกอบฟีนอลิก (Sarawong et al., 2014; Yangilar, 2015; Vogado et al., 2018) นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาโยเกิร์ตเสริมเยื่อใย แร่ธาตุ และสารอาหารอื่น ๆ (Santillán-Urquiza et al., 2017) รวมถึงการเสริมพรีไบโอติกจากแป้งควินัวและแป้งจากผักผลไม้ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางโภชนาการของโยเกิร์ต (Gahruie et al., 2015; Vogado et al., 2018)

ปริมาณเชื้อโพรไบโอติก ยีสต์และราในโยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียว

ตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ที่มีในโยเกิร์ต ยีสต์และราเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 353 (พ.ศ. 2556) ที่ระบุว่า จุลินทรีย์ที่มีในโยเกิร์ตจะต้องมีไม่น้อยกว่า 1×10^7 โคโลนีต่อกรัม ส่วนยีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม และพบว่าแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีในโยเกิร์ตได้ แบคทีเรียอาจจัดเป็นพรีไบโอติกอีกชนิดหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการผลิตโยเกิร์ต ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ประเภทซินไบโอติก (synbiotic) (Da Costa et al., 2017; Vogado et al., 2018)

บลานเชตต์ (Blanchette et al., 1996) รายงานว่า จำนวนโพรไบโอติกที่ก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายควรมีปริมาณไม่น้อยกว่า 10^6 viable cells/g (หรือ ml)

และควรบริโภคโพรไบโอติก 10^8 – 10^9 เซลล์ต่อวัน เพื่อประโยชน์เชิงสุขภาพ (Mohammadi et al., 2011) โยเกิร์ตที่ใช้โพรไบโอติกเป็นวัตถุดิบ และใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในกระบวนการแปรรูป เป็นการปรับปรุงการรอดชีวิตของโพรไบโอติกซึ่งอาศัยอยู่ในระบบลำไส้ใหญ่ส่วนบน (Roberfroid, 2002) ทำให้จุลินทรีย์ที่มีชีวิตเข้าไปในรูปของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (Dietary Supplements) ในทางเดินอาหารและลำไส้ได้ (Prashanth et al., 2018) โดยแบคทีเรียแสดงคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกในระหว่างการบ่มโยเกิร์ต โดยทำให้ปริมาณของ *L. acidophilus* และ *B. animalis* ssp. *lactis* เพิ่มขึ้น ค่า pH ลดลง และเพิ่มความเป็นกรด และการบ่มด้วยการเสริมโพรไบโอติกจะทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ได้ (Mahore & Shirolkar, 2018)

การยอมรับทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียว

โยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวร้อยละ 2.5 มีคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตที่ได้รับการยอมรับมากกว่าชุดควบคุม อาจเป็นเพราะแบคทีเรียที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบมีคุณสมบัติเป็นเจล ช่วยทำให้เกิดความหนืดสำหรับผลิตภัณฑ์ มีความเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน (Mastro et al., 2007) ในขณะที่การเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวมีผลต่อสีและกลิ่นรสของโยเกิร์ต โดยทำให้ได้รับระดับความชอบน้อยกว่าชุดควบคุม เนื่องจากแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวมีสีขาวออกน้ำตาล และมีกลิ่นแบ่งที่อาจส่งผลต่อความชอบของสีและกลิ่นของโยเกิร์ต การเสริมแบคทีเรียดิบไม่เกินร้อยละ 3 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำโยเกิร์ตซินไบโอติกโดยไม่มีผลกับลักษณะทางเคมีกายภาพหรือทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และโยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บรักษาอย่างน้อย 21 วัน ที่อุณหภูมิแช่เย็น (Batista et al., 2017) โยเกิร์ตที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เป็นประเภทโยเกิร์ตชนิดกวน (Stirred Yogurt) เป็นผลิตภัณฑ์นมที่หมักด้วยแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria: LAB) ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้มีรสเปรี้ยว ซึ่ง pH ที่เป็นกรดนี้จะทำให้โปรตีนเสียสภาพและจับตัวตกตะกอน เรียกว่า เคิร์ด (Curd) ทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีลักษณะข้น การเลือกใช้เชื้อแบคทีเรียส่งผลต่อรสชาติและกลิ่น รวมทั้งเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต ทำให้ลักษณะของโยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะแตกต่างกัน (Herbel et al., 2013) จุลินทรีย์ *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium longum*, *Lactobacillus* spp., *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus bulgaricus*, *L. acidophilus* และ *S. thermophilus* เป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตและมีประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการติดเชื้อจากแบคทีเรียที่ก่อโรคต่าง ๆ เช่น แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคท้องร่วง ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพ ช่วยปรับสมดุลของสภาพแวดล้อมในลำไส้เป็นต้น (Da Costa et al., 2017)



สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้พบว่า แบคทีเรียกล้วยหอมเขียวเป็นแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก สามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของโพไบโอติกได้อย่างชัดเจน แบคทีเรียกล้วยหอมเขียวทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีความหนืดเพิ่มขึ้นและมีการแยกตัวของน้ำหางนมน้อยลง โยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวมีจำนวน *S. thermophilus*, *L. acidophilus* และ *B. animalis* ssp. *lactis* มากกว่าชุดควบคุม และจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าลักษณะปรากฏ รสชาติ และความชอบโดยรวมของโยเกิร์ตที่เสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวร้อยละ 2.5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ($p > 0.05$) ดังนั้น สรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมและเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ชีนไบโอติกที่มีทั้งจุลินทรีย์โพไบโอติกและมีพรีไบโอติกจากแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โพไบโอติก

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ผลการวิจัยถือเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มกล้วยหอมเขียวคาเวนดิชและสร้างรายได้ให้แก่กลุ่มผู้ผลิตเกษตรกรแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช อำเภوتاซัง จังหวัดสิงห์บุรี และกลุ่มแปรรูปและถนอมอาหารทำซัง อำเภوتاซัง จังหวัดสิงห์บุรี

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมแบคทีเรียกล้วยหอมเขียวในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป
2. สามารถขยายผลสู่กลุ่มอื่นที่เพาะปลูกหรือแปรรูปกล้วย รวมทั้งนำไปสู่การประยุกต์กับกล้วยสายพันธุ์อื่น ๆ ได้



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประเภทยุทธศาสตร์สนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund) ภายใต้คำรับรองเลขที่ FRB650085/0173-4 และขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช และสหกรณ์การเกษตรอำเภوتاซัง จำกัด จังหวัดสิงห์บุรี



เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2556). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 353 พ.ศ. 2556 เรื่อง นมเปรี้ยว*. กระทรวงสาธารณสุข.
- เก นันทะเสน และวราภรณ์ นันทะเสน. (2563). ความเต็มใจจ่ายต่อกล้วยหอมเขียวคาเวนดิชอินทรีย์ในบรรจุภัณฑ์ฉลากอัจฉริยะของผู้บริโภคชาวไทยในจังหวัดเชียงใหม่. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยธนบุรี*, 15(1), 70–79.
- วิจิตรา เหลียวตระกูล, วชิรญา เหลียวตระกูล, วรภา วงศ์แสงธรรม, รัตนา หงษ์บุญเรือง, และสรวิศ สิงห์ท้วม. (2564). ผลของปริมาณแป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อคุณลักษณะของขนมปัง. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร*, 15(1), 1–13.
- สุชาติ สุขสถิตย์ และมุสตี ตั้งวัชรินทร์. (2558). องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพ และสมบัติด้านพรีไบโอติกเบื้องต้นของโยอาหารและรีชีสแทนด์สตาร์ชสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยไข่ดิบ. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 33(2), 49–60.
- Abdalla, A. K. & Ahmed, Z. F. R. (2019). Physicochemical and sensory properties of yoghurt supplemented with green banana flour. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 47(1), 1–9.
- Ashraf, R. & Shah N. P. (2011). Selective and differential enumerations of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium* spp. in yoghurt – A review. *International Journal of Food Microbiology*, 149(3), 194–208. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.008>
- Batista, A. L. D., Silva, R., Cappato, L. P., Ferreira, M. V. S., Nascimento, K. O., Schmieles, M., Esmerino, E. A., Balthazar, C. F., Silva, H. L. A., Moraes, J., Pimentel, T. C., Freitas, M. Q., Raices, R. S. L., Silva, M. C., & Cruz, A. G. (2017). Developing a synbiotic fermented milk using probiotic bacteria and organic green banana flour. *Journal of Functional Foods*, 38, 242–250. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.09.037>
- Bierzunska, P., Cais-Sokolinska, D., & Yigit, A. (2019). Storage stability of texture and sensory properties of yogurt with the addition of polymerized whey proteins. *Foods*, 8, 548. <https://doi.org/10.3390/foods8110548>
- Blanchette, L., Roy, D., Belanger, G., & Gauthier, S. F. (1996). Production of cottage cheese using dressing fermented by *Bifidobacteria*. *Journal of Dairy Science*, 79(1), 8–15. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76327-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76327-0)

- Chatterjee, M., Manuel, G. A. S., & Hassan, S. S. (2016). Effect of fruit pectin on growth of lactic acid bacteria. *Journal of Probiotics and Health*, 4(2). 1000147. <https://doi.org/10.4172/2329-8901.1000147>
- Da Costa, E. L., Alencar, N. M. M., Rullo, B. G. Dos S., & Taralo, R. L. (2017). Effect of green banana pulp on physicochemical and sensory properties of probiotic yoghurt. *Food Science and Technology International*, 37, 363–368. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.01016>
- Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M. J., Sánchez-Zapata, E., & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International*, 43(4), 931–942. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.02.004>
- Gahrue, H. H., Eskandari, M. H., Mesbahi, G., & Hanifpour, M. A. (2015). Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. *Food Science and Human Wellness*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.03.002>
- Gibson, G. R. & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of nutrition*, 125(6), 1401–1412. <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>
- Guarner, F. & Schaafsma, G. J. (1998). Probiotics. *International Journal of Food Microbiology*, 39(3), 237–238. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(97\)00136-0](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(97)00136-0)
- Herbel, S. R., Lauzat, B., von Nickisch-Rosenegk, M., Kuhn, M., Murugaiyan, J., Wieler, L. H., & Guenther, S. (2013). Species-specific quantification of probiotic lactobacilli in yoghurt by quantitative real-time PCR. *Journal of Applied Microbiology*, 115(6), 1402–1410. <https://doi.org/10.1111/jam.12341>
- Horwitz, W. (2000). *Official methods of analysis of AOAC international* (17th ed.). AOAC International.
- Mahore, J. G. & Shirolkar, S. V. (2018). Investigation of effect of ripening and processing on prebiotic potential of banana. *Journal of Young Pharmacists*, 10(4), 409–413. <https://doi.org/10.5530/jyp.2018.10.90>
- Manning, T. S. & Gibson, G. R. (2004). Prebiotics. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 18, 287–298. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpg.2003.10.008>

- Mastro, N. L., Taipina, M. S., Cohen, V. H., Rodas, M. A. B., & Garbelotti, M. L. (2007). Critical evaluation of the green banana pulp (*Musa* spp.). *Revista Higiene Alimentar*, 21(153), 39–45.
- Mohammadi, R., Mortazavian, A. M., Khosrokhavar, R., & Da Cruz, A. G. (2011). Probiotic ice cream: viability of probiotic bacteria and sensory properties. *Annals of Microbiology*, 61, 411–424. <https://doi.org/10.1007/s13213-010-0188-z>
- Prashanth, P., Singh, J. K., Maloo, S., & Bhaskar, V. (2018). Enrichment of probiotic ice-cream with prebiotic green banana flour (resistant starch). *International Journal of Food Science and Nutrition*, 3(6), 190–193.
- Precup, G., Pocol, C. B., Teleky, B.-E., & Vodnar, D. C. (2022). Awareness, knowledge, and interest about prebiotics – A study among Romanian consumers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1208. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031208>
- Roberfroid, M. B. (2002). Functional food concept and its application to prebiotics. *Digest Liver Disease*, 34(1), 105–110. [https://doi.org/10.1016/s1590-8658\(02\)80176-1](https://doi.org/10.1016/s1590-8658(02)80176-1)
- Santillán-Urquiza, E., Méndez-Rojas, M. Á., & Vélez-Ruiz, J. F. (2017). Fortification of yoghurt with nano and micro sized calcium, iron and zinc, effect on the physicochemical and rheological properties. *LWT – Food Science and Technology*, 80, 462–469. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.025>
- Sarawong, C., Schoenlechner, R., Sekiguchi, K., Berghofer, E., & Ng, P. K. W. (2014). Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. *Food Chemistry*, 143, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.081>
- Sebayang, F., Bulan, R., & Wahyuni, W. (2019). The utilization of carboxymethyl cellulose (CMC) from groundnut (*Arachis Hypogaea* L.) cellulose as stabilizer for cow milk yoghurt. *Journal of Chemical Natural Resources*, 1(2), 38–51. <https://doi.org/10.32734/jcnar.v1i2.1252>

- Tadesse, S. (2011). Probiotics, prebiotics and synbiotics as functional food ingredients: Production, health benefits and safety. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 2(3), 124–134. <https://doi.org/10.1080/22311866.2012.10719119>
- Tamime, A. Y. & Robinson, R. K. (1985). *Yoghurt science and technology*. Pergamon Press.
- Tan, G. & Korel, F. (2007). Quality of flavored yogurt containing added coffee and sugar. *Journal of Food Quality*, 30, 342–356. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00125.x>
- Topping, D. L., Fukushima, M., & Bird, A. R. (2003). *Resistant starch as a prebiotic and synbiotic: state of the art. The Proceedings of the Nutrition Society*, 62(1), 171–176. <https://doi.org/10.1079/pns2002224>
- Tribess, T. B., Hernández-Urbe, J. P., Méndez-Montevalvo, M. G. C., Menezes, E. W., Bello-Perez, L. A., & Tadini, C. C. (2009). Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. *LWT – Food Science and Technology*, 42(5), 1022–1025. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.12.017>
- Vodnar, D. C., Mitrea, L., Teleky, B. E., Szabo, K., Călinoiu, L. F., Nemeş, S. A., & Martău, G. A. (2020). Coronavirus disease (COVID-19) caused by (SARS-CoV-2) infections: A real challenge for human gut microbiota. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 575559. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.575559>
- Vogado, C. O., Leandro, E. D. S., Zandonadi, R. P., de Alencar, E. R., Ginani, V. C., Nakano, E. Y., Habú, S., & Aguiar, P. A. (2018). Enrichment of Probiotic Fermented Milk with Green Banana Pulp: Characterization Microbiological, Physicochemical and Sensory. *Nutrients*, 10(4), 427. <https://doi.org/10.3390/nu10040427>
- Yangilar, F. (2015). Effects of green banana flour on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. *Food Technology and Biotechnology*, 53(3), 315–323. <https://doi.org/10.17113/ftb.53.03.15.3851>