วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 26 (ฉบับที่ 3) กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2564
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 26 (No.3) September – December 2021 บทความวิจัย

การพัฒนาและประเมินอายุการเก็บรักษาโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย

Development and Shelf Life Evaluation of Crispy Banana-Flavored Yogurt

พิมพ์สิรี สุวรรณ* และ มโน สุวรรณคำ

Pimsiree Suwan* and Mano Suwannakam

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received : 21 January 2021

Revised : 17 March 2021

Accepted : 19 April 2021

บทคัดย่อ

โยเกิร์ตและกล้วยน้ำว้าเป็นอาหารที่หาได้ง่ายและอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการแต่มีอายุการเก็บรักษาสั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยและยืดอายุการเก็บรักษาด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยใช้ปริมาณกล้วยน้ำว้าที่ระดับร้อยละ 10, 25 และ 50 และประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยวิธีสภาวะเร่ง (ASLT; Q10) ด้วยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 °C ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่ใช้ปริมาณกล้วยน้ำว้าที่ระดับร้อยละ 25 เป็นสูตรที่ได้รับความชอบสูงสุด ผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 3.0, a_w เท่ากับ 0.104, pH เท่ากับ 5.22, ค่าความแข็งเท่ากับ 0.87 N, ค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 54.67, +4.43 และ +23.38 ตามลำดับ จากการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยวิธีสภาวะเร่งพบว่า สามารถเก็บผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่อุณหภูมิ 40 และ 50 °C ได้นาน 60 และ 39 วัน ตามลำดับ ทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30 °C ได้นาน 92 วันหรือประมาณ 3 เดือน การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยมีความน่าสนใจเพราะนอกจากจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าให้กับโยเกิร์ตและกล้วยน้ำว้าแล้ว ยังเป็นการเพิ่มทางเลือกผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตให้แก่ผู้บริโภคอีกด้วย

คำสำคัญ : โยเกิร์ตกรอบ ; การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ; การประเมินอายุการเก็บรักษา ; วิธีสภาวะเร่ง

Abstract

Yogurt and Kluai Namwa banana (*Musa sapientum L.*) are rich in nutrition and available nationwide in Thailand, though their shelf life are relatively short. The objectives of this research are to develop and prolong shelf life of crispy banana-flavored yogurt by using freeze dry technology when the proportion of banana was assigned at 10%, 25%, and 50%, and to evaluate shelf life of the samples using Accelerated Shelf Life Test technique (ASLT; Q10) by storing samples at 30, 40, and 50 °C. Sensory evaluation was conducted and it was found that 25% of banana was the optimal proportion for making crispy yogurt. Moisture content (%wb), a_w, pH, hardness (N), and color values (L* a* b*) of crispy banana-flavored yogurt were 3.0, 0.104, 5.22, 0.87, and 54.67, +4.43, and +23.38, respectively. According to accelerated shelf life testing, shelf life of the samples stored at 40 °C and 50 °C were 60 and 39 days, respectively. The predicted shelf life of crispy banana-flavored yogurt sample stored at 30 °C was 92 days or 3 months. The concept of this research is interesting as it helps prolonging product shelf life, adds value to yogurt and banana and also offers new choice of yogurt product to consumer.

Keywords : crispy yogurt ; freeze dry ; shelf life evaluation ; accelerated shelf life testing

***Corresponding author. E-mail** : pimsiree_s@rmutt.ac.th

บทนำ

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในประเทศไทยแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ โยเกิร์ตพร้อมดื่มและโยเกิร์ตชนิดครีม (แบบบรรจุถ้วย) ในปี 2560 ตลาดนมเปรี้ยวและโยเกิร์ตในประเทศมีมูลค่า 30,196 ล้านบาท โดยคาดการณ์ว่าในปี 2565 มูลค่าตลาดโยเกิร์ตในประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นเป็น 39,567 ล้านบาท ด้วยกำลังการผลิต 456,500 ตัน สาเหตุสำคัญที่ทำให้ตลาดนมเปรี้ยวและโยเกิร์ตยังเติบโตอย่างต่อเนื่องคือ ความตระหนักถึงคุณค่าทางโภชนาการกอปรกับวิถีชีวิตที่เร่งรีบในปัจจุบัน ซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคต้องการรับประทานอาหารที่มีประโยชน์และหาซื้อได้สะดวก (National Food Institute, 2018)

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการหมักน้ำนมด้วยเชื้อแบคทีเรียที่ดีในกลุ่ม lactic acid bacteria เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณประโยชน์สูง งานวิจัยของ Lisko *et al*. (2017) ระบุว่าการบริโภคโยเกิร์ตจะทำให้ร่างกายได้รับคุณประโยชน์ที่หลากหลายจากแบคทีเรียกลุ่ม *Bifidobacterium* และ *Lactobacillus* อาทิ ช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่าย ลดความเสี่ยงการเกิดโรคเบาหวาน ช่วยยับยั้งอัตราการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่และมะเร็งตับ อย่างไรก็ตาม โยเกิร์ตที่วางจำหน่ายในปัจจุบันมีอายุการเก็บรักษาสั้น ต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บและการขนส่ง เหล่านี้ล้วนเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต ในขณะที่ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบ (crispy yogurt) เกิดจากการนำเทคโนโลยีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) มาใช้ในการถนอมอาหารด้วยการทำแห้งผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำร่วมกับการใช้ความดันเพื่อให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหิดออกมา การเสื่อมคุณภาพที่เกิดจากความร้อนจึงมีน้อย จึงสามารถรักษากลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไว้อย่างครบถ้วน การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจึงเป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่นิยมนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Santos *et al*. (2018) ที่รายงานว่าโยเกิร์ตที่ผ่านการทำแห้งด้วยกระบวนการนี้จะมีความเข้มข้นของสารอาหารสูงกว่าโยเกิร์ตแบบธรรมดาเนื่องจากน้ำในผลิตภัณฑ์ถูกระเหยออกไป ในประเด็นที่เกี่ยวเนื่องกันนี้ Venir *et al*. (2007) รายงานว่า โยเกิร์ตที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งยังคงมีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ $2.8x10^{7}$ CFU/g เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sasunan *et al*. (2019) ที่พบปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในหัวเชื้อโยเกิร์ตจำนวน $1.4x10^{11}$ CFU/g เมื่อนำหัวเชื้อโยเกิร์ตไปผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งพบว่า มีจำนวนจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตเท่ากับ $1.6x10^{9}$ CFU/g และเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18 °C เป็นเวลา 45 วัน หัวเชื้อโยเกิร์ตมีปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ลดลงเหลือ $1.2x10^{6}$ CFU/g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่ต้องมีปริมาณจุลินทรีย์คงเหลืออยู่ไม่น้อยกว่า 10^{6} CFU/g (Department of Science Service, 2017) นอกจากนี้ การเก็บรักษาโยเกิร์ตกรอบที่อุณหภูมิ 4 °C จะช่วยรักษาจำนวนจุลินทรีย์คงเหลือในผลิตภัณฑ์ (active lactic acid bacteria) ได้นานถึง 4 เดือน (Chutrtong, 2015) โยเกิร์ตกรอบเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่เหมาะสำหรับเป็นขนมทานเล่น เด็กทารกอายุ 8 เดือนขึ้นไปสามารถรับประทานได้ เนื่องจากมีสรรพคุณช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ระบบย่อยอาหารและช่วยรักษาอาการนอนไม่หลับ เนื่องจากในโยเกิร์ตมีทริปโตเฟนซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดความรู้สึกง่วงนอนและกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนเซโรโทนินที่ช่วยให้เกิดความรู้สึกผ่อนคลาย ทำให้หลับได้ง่ายขึ้น (Nestle, 2014, 2020; Science and Technology Research Institute, 2020)

กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum L*.) เป็นผลไม้ที่หาได้ง่าย ปลูกได้ทุกพื้นที่ในประเทศไทย ผลมีเหลี่ยม เปลือกผลหนา เนื้อสีขาว รสหวาน กล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ที่ให้พลังงานสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกล้วยชนิดอื่น โดยกล้วยน้ำว้าสุก 1 ผลให้พลังงาน

ประมาณ 60 กิโลแคลอรี ประกอบไปด้วยน้ำตาลธรรมชาติ 3 ชนิด ได้แก่ ซูโครส ฟรุคโตสและกลูโคส รวมทั้งมีธาตุเหล็กและใยอาหารสูง (Wachirasiri, 2007) ด้วยคุณลักษณะดังกล่าว กล้วยน้ำว้าจึงเป็นผลไม้ที่มีสรรพคุณหลากหลาย กล้วยน้ำว้าอุดมไปด้วยวิตามินบี 6 ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน แมกนีเซียมและโพแทสเซียมช่วยป้องกันโรคความดันและมีวิตามินเอช่วยเรื่องการมองเห็นสูงกว่ากล้วยชนิดอื่น (Theanhom, 2016) นอกจากนี้ กล้วยน้ำว้ายังมีสารอาหารที่พิเศษกว่ากล้วยชนิดอื่น คือ กรดอะมิโนอาร์จีนินและฮีสทีดิน เป็นโปรตีนที่พบเฉพาะในกล้วยน้ำว้าซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของทารก (Department of Health, 2019) กล้วยน้ำว้าแบ่งระยะการสุกออกเป็น 7 ระยะ จำแนกจากสีผิวภายนอก กล้วยน้ำว้าที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นกล้วยน้ำว้าในระยะที่ 7 คือ ผลสุกเต็มที่ มีกลิ่นหอม ผิวสีเหลืองและมีจุดกระสีน้ำตาล ในระยะนี้ แป้งที่ทนต่อการย่อย (resistant starch) ในกล้วยจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ทำให้กล้วยมีรสหวาน ไม่ฝาด ย่อยง่ายเนื่องจากมีค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic index) สูง (Sengar, 2019) เมื่อนำไปผสมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบจะช่วยเพิ่มความหวานจากน้ำตาลธรรมชาติและทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร การประเมินอายุของผลิตภัณฑ์มีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นตัวบ่งชี้ว่าจะสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานเท่าใดโดยที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพ คุณลักษณะและมีความปลอดภัย การประเมินอายุการเก็บรักษาที่ถูกต้องและการผลิตอาหารให้สามารถเก็บรักษาได้ตามเวลาที่ต้องการยังเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตที่ดีด้วย งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตร่วมกับกล้วยน้ำว้าและยืดอายุการเก็บรักษาด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์ลักษณะนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายในประเทศไทย วัตถุประสงค์ที่สำคัญของงานวิจัยนี้คือ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยและยืดอายุการเก็บรักษาด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสและเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่ง (ASLT; Q10) ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยลดระยะเวลาในการทดสอบด้วยการเพิ่มอัตราการเสื่อมเสีย เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง เป็นต้น การทดสอบส่วนใหญ่นิยมทดสอบด้วยการเพิ่มอุณหภูมิในการเก็บรักษาด้วยเทคนิค Q10 เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารเป็นอย่างมาก (Pongsawadmanich, 2007) ผลจากงานวิจัยนี้ นอกจากจะทำให้ได้วิธีในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้นแล้ว ยังเป็นการเพิ่มทางเลือกผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตอีกรูปแบบหนึ่งด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. <u>การพัฒนาสูตรและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย</u>

ศึกษาปริมาณกล้วยน้ำว้าที่เหมาะสมสำหรับโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณของกล้วยน้ำว้า 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 10, 25 และ 50 โดยใช้กล้วยน้ำว้าสุกระดับ 7 คือ ผิวเปลือกมีสีเหลือง มีจุดกระสีน้ำตาล เป็นระยะผลสุกทั้งผลและเริ่มมีกลิ่นหอม (Theanhom, 2016) นำมาปอกเปลือกแล้วหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ปั่นให้ละเอียด จากนั้น ผสมให้เข้ากันกับโยเกิร์ตรสธรรมชาติ ยี่ห้อดัชชี่ ตามสัดส่วนที่กำหนด นำโยเกิร์ตรสกล้วยใส่พิมพ์รูปโดนัทขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 เซนติเมตร สูง 8 มิลลิเมตร แช่แข็งที่อุณหภูมิ -37 °C

เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นบรรจุตัวอย่างเข้าเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (CoolSafe, ScanVac, Denmark) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยใส่ถุงสุญญากาศไนลอนเพื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสในขั้นตอนต่อไป

ทดสอบทางประสาทสัมผัสตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่พัฒนาได้ทั้ง 3 สูตร โดยวิธี 5-point Hedonic scale (1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด และ 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด) ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน (ดัดแปลงจากวิธี ASTM E2454-05) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance (ANOVA)) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan New's Multiple Range Test (DMRT) เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดก่อนนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2. <u>การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย</u>

วัดค่าความชื้นโดยใช้เตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105±2 °C ชั่งน้ำหนักทุกชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณความชื้นหน่วยเป็นร้อยละ (AOAC, 2000) วัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (CX3TE, Aqualab, USA) วัดค่า pH โดยละลายตัวอย่าง 5 กรัม ในน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร คนจนตัวอย่างผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ปล่อยให้ตัวอย่างตกตะกอนและวัดค่าด้วยเครื่อง pH meter (JENCO VisionPlus, USA) วัดค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (TA.XT plus Texture Analyzer, Stable Micro Systems Ltd., UK) ใช้หัววัดแบบ Cylinder probe ขนาด 2 มิลลิเมตร เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 มิลลิเมตร/วินาที ระยะกด 4 มิลลิเมตร วัดค่าสี ด้วย Colorimeter รุ่น Minolta CR-10 (Konica Minolta sensing, Inc., Japan) ในหน่วย L* a* b* โดย L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (มืด) จนถึง 100 (สว่าง) a* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง (+) และค่าความเป็นสีเขียว (-) b* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง (+) และค่าความเป็นสีน้ำเงิน (-) โดยใช้หลักการสุ่มตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

3. <u>การกำหนดดัชนีชี้วัดคุณภาพที่สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย</u>

การกำหนดดัชนีชี้วัดคุณภาพเพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย ประเมินจากปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียหรือไม่เป็นที่ยอมรับ ใช้การประเมินทางประสาทสัมผัสควบคู่กับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ โดยบรรจุโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยสูตรที่ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุดในถุงไนลอนสุญญากาศขนาด 3x5 นิ้ว ถุงละ 5 ชิ้นและวางเรียงในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 3 ระดับคือ 30, 40 และ 50 °C สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ความชื้น, a_w, pH, ความแข็ง, ค่าสี (L*, a* และ b*) และทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วันและเพิ่มความถี่เป็นทุก 3 วัน เมื่อเริ่มสังเกตพบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนขึ้นจนลักษณะไม่เป็นที่ยอมรับ เช่น การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ สี ความชื้น เป็นต้น

4. <u>การหาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยในสภาวะเร่งด้วยวิธี Q10</u>

หาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยในสภาวะเร่งด้วยการใช้ค่า Q10 (Accelerated shelf life testing, ASLT; Q10) ซึ่งเป็นวิธีสากลที่ใช้ในการหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการทดสอบสั้น ประหยัดค่าใช้จ่ายและไม่ต้องทำการทดลองที่ทุกอุณหภูมิ (Labuza & Schmidl, 1985) ทดสอบโดยบรรจุโยเกิร์ต

กรอบรสกล้วยสูตรที่ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุดในถุงสุญญากาศไนลอนขนาด 3x5 นิ้ว วางเรียงผลิตภัณฑ์ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 30, 40 และ 50 °C สุ่มตัวอย่างที่เก็บไว้ในแต่ละอุณหภูมิมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ คำนวณหาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยจากสมการต่อไปนี้ (Mizrahi, 2004)

$$Q_{10} = \frac{\theta_{S(T)}}{\theta_{S(T+10)}} \quad (1)$$

$$Q_1 = Q_{10}^{0.1} \quad (2)$$

$$Q^{\Delta T} = \frac{\theta_{S(T)}}{\theta_{S(T+\Delta T)}} \quad (3)$$

เมื่อ $\theta_{S(T)}$ = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T (วัน)

$\theta_{S(T+10)}$ = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T + 10 (วัน)

Q_{10} และ Q_1 = อัตราส่วนของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิห่างกัน 10 °C และ 1 °C ตามลำดับ

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิที่ทำนายกับอุณหภูมิ T

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาสูตรและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย

จากการศึกษาปริมาณกล้วยน้ำว้าที่เหมาะสมสำหรับโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย โดยกำหนดปริมาณของกล้วยน้ำว้า 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 10, 25 และ 50 ก่อนนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ความแข็งและความชอบโดยรวม พบว่า ปริมาณกล้วยน้ำว้าส่งผลต่อคะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ ของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตกรอบที่ผสมกล้วยน้ำว้าในระดับร้อยละที่ต่างกัน

ตัวอย่าง	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
ร้อยละ 10	3.53 ± 0.58^{a}	3.11 ± 0.58^{b}	3.42 ± 0.92^{b}	3.20 ± 0.56^{b}	3.19 ± 0.49^{b}
ร้อยละ 25	3.46 ± 0.52^{a}	3.76 ± 0.70^{a}	3.86 ± 0.65^{a}	3.91 ± 0.61^{a}	3.86 ± 0.46^{a}
ร้อยละ 50	3.08 ± 0.44^{b}	3.02 ± 0.69^{b}	3.08 ± 0.68^{c}	3.17 ± 0.74^{b}	3.12 ± 0.63^{b}

หมายเหตุ : $^{a-c}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบที่ผสมปริมาณกล้วยน้ำว้าร้อยละ 10 ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ความแข็งและความชอบโดยรวมเท่ากับ 3.53 ± 0.58, 3.11 ± 0.58, 3.42 ± 0.92, 3.20 ± 0.56 และ 3.19 ± 0.49 ตามลำดับ ตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบที่ผสมปริมาณกล้วยน้ำว้าร้อยละ 25 ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ความแข็งและความชอบโดยรวมเท่ากับ 3.46 ± 0.52, 3.76 ± 0.70, 3.86 ± 0.65, 3.91 ± 0.61 และ 3.86 ± 0.46 ตามลำดับและตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบที่ผสมปริมาณกล้วยน้ำว้าร้อยละ 50 ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ความแข็งและความชอบโดยรวมเท่ากับ 3.08 ± 0.44, 3.02 ± 0.69, 3.08 ± 0.68, 3.17 ± 0.74 และ 3.12 ± 0.63 ตามลำดับ ตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบที่ผสมปริมาณกล้วยน้ำว้าร้อยละ 25 ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ ความแข็งและความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) จึงเป็นสูตรที่จะนำไปศึกษาอายุการเก็บรักษาในขั้นตอนต่อไป

2. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย ได้แก่ ค่าความชื้น, ค่า a_w, ค่า pH, ค่าความแข็งและค่าสี (L*, a*, b*) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตกรอบที่ผสมกล้วยน้ำว้าในระดับร้อยละที่ต่างกัน

ตัวอย่าง	ความชื้น ^{ns} (%wb)	a_w^{ns}	pH^{ns}	ความแข็ง (N)	สี		
					L*^{ns}	a*^{ns}	b*
ร้อยละ 10	2.6	0.107	5.22	0.61^{c}	55.14	+4.42	+23.38^{b}
ร้อยละ 25	3.0	0.104	5.22	0.87^{b}	55.53	+4.43	+24.37^{b}
ร้อยละ 50	3.1	0.105	5.23	0.97^{a}	54.67	+4.58	+27.83^{a}

หมายเหตุ : $^{a-c}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

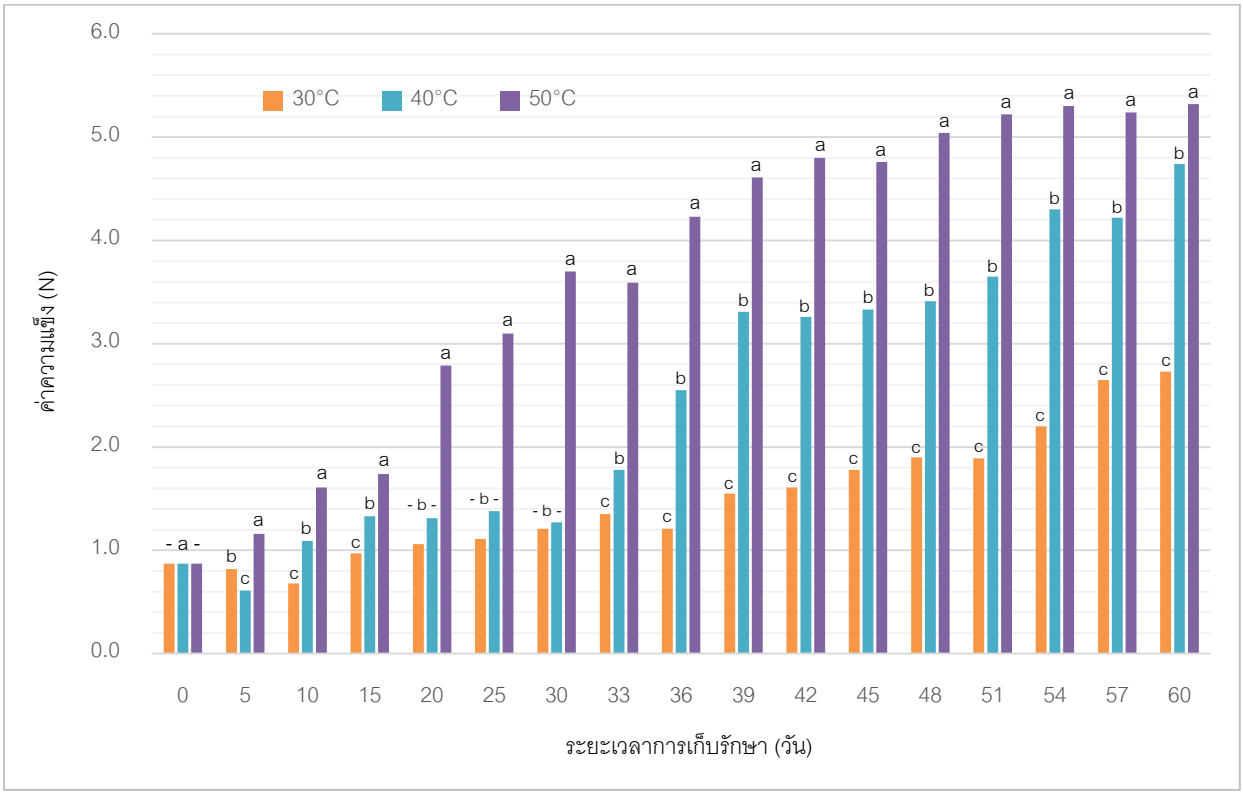
^{ns} แสดงถึงข้อมูลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย พบว่า ค่าความชื้นของทุกตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 2.6 – 3.1%wb ค่า a_w ของทุกตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 0.104 – 0.107 และค่า pH ของทุกตัวอย่างมีค่าระหว่าง 5.22 – 5.23 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าปริมาณกล้วยน้ำว้าที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าความชื้น, ค่า a_w และค่า pH ของชุดตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) อย่างไรก็ตาม การผสมกล้วยน้ำว้าที่ปริมาณแตกต่างกัน (ร้อยละ 10, 25 และ 50) ส่งผลต่อค่าความแข็งและค่าความเป็นสีเหลือง (+b) ของตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

3. ผลการกำหนดดัชนีชี้วัดคุณภาพที่สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่ผสมปริมาณกล้วยน้ำว้าร้อยละ 25 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 °C แสดงให้เห็นว่า ค่าความแข็งของตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ที่ทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 1) อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 50 °C มีค่าความแข็งสูงกว่าตัวอย่างที่

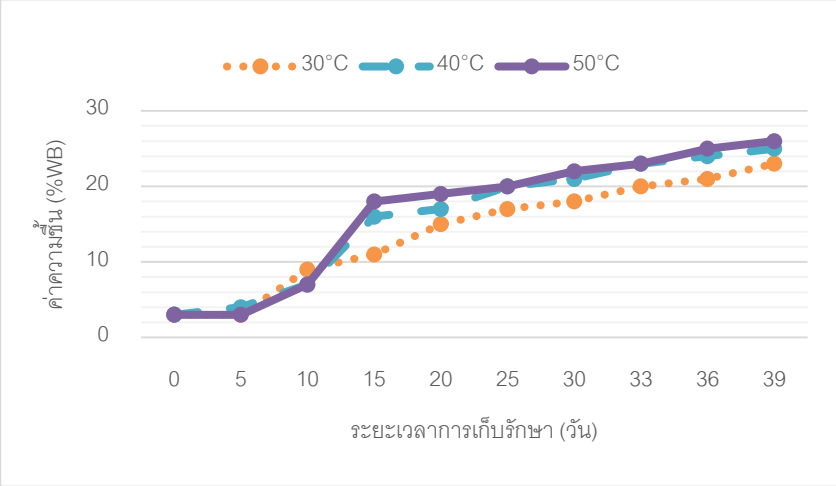
เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ในวันที่ 39 ของระยะเวลาการเก็บรักษา ตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 °C เริ่มมีเนื้อสัมผัสที่แข็งและเหนียวจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค วัดค่าความแข็งของตัวอย่างได้เท่ากับ 4.61 N และในวันที่ 60 ของระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 °C เริ่มมีลักษณะไม่เป็นที่ยอมรับ กล่าวคือ มีเนื้อสัมผัสที่แข็งและเหนียว วัดค่าความแข็งของตัวอย่างได้เท่ากับ 4.74 N



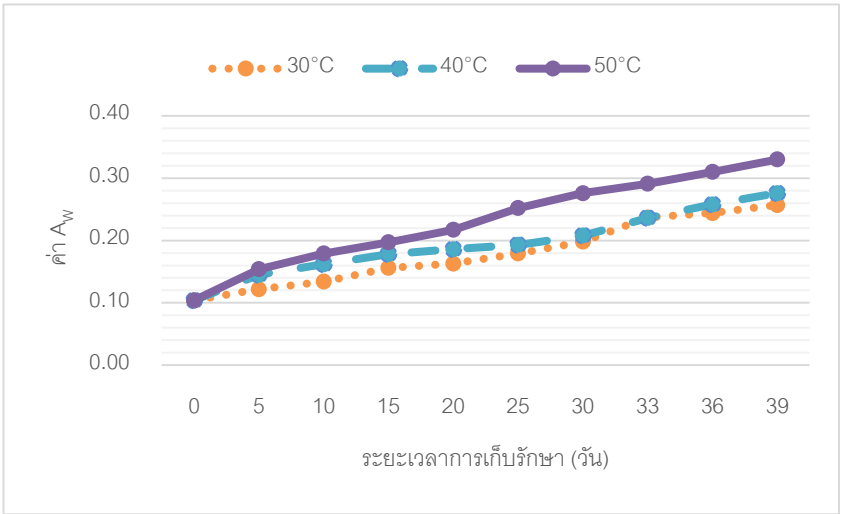
ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาและค่าความแข็งของตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 °C

$^{a-c}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในกลุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาการเก็บรักษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่ผสมปริมาณกล้วยน้ำว้าร้อยละ 25 พบว่า ตัวอย่างมีค่าความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 3.0%wb และค่า a_w ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์เท่ากับ 0.104 ค่า a_w จะแปรผันตามปริมาณความชื้นในอาหารและจากผลการทดสอบพบว่า ค่าความชื้นและค่า a_w ของตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 2)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาและ (ก) ค่าความชื้น; (ข) ค่า a_w ของตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 °C

4. <u>อายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยในสภาวะเร่งด้วยวิธี Q10</u>

จากผลการวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดคุณภาพของตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย พบว่า อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 50 °C คือ 39 วัน ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคคือ มีเนื้อสัมผัสที่แข็งและเหนียวและเมื่อ

ทดสอบเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 40 °C พบว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้นจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 60 วัน

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 °C = 39 วัน และ อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 °C = 60 วัน

จากสมการ $Q_{10} = \frac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 °C (วัน)}}{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 °C (วัน)}}$

$= 60/39 = 1.5384$

จาก $Q_1 = Q_{10}^{0.1}$

$= 1.5384^{0.1} = 1.0440$

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30 °C สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาได้จากสมการ

$Q_1^{\Delta T} = \frac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C (วัน)}}{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 °C (วัน)}}$

อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C $= Q_1^{\Delta T}$ x อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 °C (วัน)

$= 1.0440^{20}$ x 39 วัน

$= 2.3659$ x 39 วัน $= 92.27$ วัน

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาสูตรและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย

ผลจากการพัฒนาสูตรและคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ความแข็งและความชอบโดยรวมด้วยวิธี 5-point Hedonic scale (1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด และ 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด) แสดงให้เห็นว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบที่ผสมปริมาณกล้วยน้ำว้าร้อยละ 25 ในด้านกลิ่น รสชาติ ความแข็งและความชอบโดยรวมเท่ากับ 3.76 ± 0.70, 3.86 ± 0.65, 3.91 ± 0.61 และ 3.86 ± 0.46 ตามลำดับ สูงกว่าตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบที่ผสมปริมาณกล้วยน้ำว้าร้อยละ 10 และ 50 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ผู้ทดสอบบรรยายลักษณะตัวอย่างผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบที่ผสมปริมาณกล้วยน้ำว้าร้อยละ 25 ว่า มีสีเหลืองอ่อน มีรสชาติและกลิ่นหอมของโยเกิร์ตและกล้วยน้ำว้า เนื้อสัมผัสมีความกรอบพอดี ไม่ร่วนหรือเหนียวเกินไป ดังนั้น โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยสูตรที่ผสมปริมาณกล้วยน้ำว้าร้อยละ 25 จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

2. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย พบว่า ตัวอย่างมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 2.6 – 3.1%wb และค่า a_w อยู่ในช่วง 0.104 – 0.107 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่กำหนดไว้ว่าควรมีความชื้นน้อยกว่า 15% และค่า a_w น้อยกว่า 0.6 จึงจะปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์และปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Jay *et al*., 2005; Poonsri *et al*., 2017) ค่า pH ของตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยมีค่าระหว่าง 5.22 – 5.23 อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับค่า pH ของ

วัตถุดิบหลัก ได้แก่ โยเกิร์ตที่มีค่า pH ระหว่าง 4.4 – 4.5 และกล้วยน้ำว้าที่มีค่า pH ระหว่าง 5.4 – 5.7 (Department of Science Service, 2017; Saensed, 2012) อย่างไรก็ตาม การผสมกล้วยน้ำว้าในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบในปริมาณที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 10, 25 และ 50) ไม่ส่งผลต่อค่าความชื้น, ค่า a_w และค่า pH ของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบที่ผสมกล้วยน้ำว้าปริมาณร้อยละ 10, 25 และ 50 มีค่าความแข็งเท่ากับ 0.61, 0.87 และ 0.97 N ตามลำดับ ปริมาณกล้วยน้ำว้าที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าความแข็งของตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ด้วยเหตุที่กล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ที่มีใยอาหารสูงถึงร้อยละ 3 (USDA, 2018) การเพิ่มปริมาณกล้วยน้ำว้าจึงส่งผลให้โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยมีความแข็งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส กล่าวคือ ตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบที่ผสมกล้วยน้ำว้าปริมาณร้อยละ 25 ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยผู้ทดสอบระบุว่า ตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบที่ผสมกล้วยน้ำว้าปริมาณร้อยละ 25 มีเนื้อสัมผัสที่มีความกรอบพอดี ไม่ร่วนหรือเหนียว ในขณะที่การผสมกล้วยน้ำว้าในปริมาณร้อยละ 10 ทำให้โยเกิร์ตกรอบมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มเละเกินไปและการผสมกล้วยน้ำว้าในปริมาณร้อยละ 50 ทำให้โยเกิร์ตกรอบมีเนื้อสัมผัสที่แข็งและสาก

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีในรูปของ L*, a*, b* พบว่า ปริมาณกล้วยน้ำว้าไม่ส่งผลต่อค่า L* และค่า a* แต่ส่งผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง (+b*) โดยพบว่าค่าความเป็นสีเหลือง (+b*) ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณกล้วยที่เพิ่มขึ้น ค่า b* ของตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่ผสมกล้วยน้ำว้าปริมาณร้อยละ 50 มีค่าเท่ากับ +27.83 สูงกว่าค่า b* ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผสมกล้วยน้ำว้าปริมาณร้อยละ 10 และ 25 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เนื่องจากกล้วยน้ำว้ามีลิวทีน (Lutein), อัลฟ่าแคโรทีน (α-carotene) และเบต้าแคโรทีน (β-carotene) ซึ่งเป็นรงควัตถุในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่ให้สีเหลืองส้ม (Xiumin *et al*., 2018) ส่งผลให้ตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยมีค่าความเป็นสีเหลืองสูงขึ้นตามปริมาณกล้วยน้ำว้าที่เพิ่มมากขึ้น

3. ผลการกำหนดดัชนีชี้วัดคุณภาพที่สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย

ความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วย เนื้อสัมผัสที่แข็งและเหนียวจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเกิดจากการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบที่เป็นอาหารแห้ง และมีความชื้นต่ำ ดังนั้น จึงใช้ค่าความแข็งเป็นดัชนีชี้วัดการสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยได้ ผลจากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น สอดคล้องกับค่าความชื้นและค่า a_w ของตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยค่า a_w บ่งบอกถึงปริมาณน้ำอิสระภายในผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ความกรอบและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยตรง (Promkhan *et al*., 2020) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Shaviklo *et al*. (2015) ที่ระบุว่าค่า a_w เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการเสื่อมของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การเกิด hydrolytic rancidity และการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส เช่น ความกรอบของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ค่า a_w ของตัวอย่างตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีค่าต่ำกว่า 0.6 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์กลุ่มอาหารแห้ง ($a_w < 0.6$) ทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยมีความเสี่ยงต่อการเสื่อมเสียด้านจุลินทรีย์ต่ำ การเสื่อมเสียที่เกิดขึ้นจะมาจากปฏิกิริยาทางเคมีมากกว่าด้านจุลินทรีย์ (FAO, 2003 ; Kanpairo, 2020)

4. <u>อายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยในสภาวะเร่งด้วยวิธี Q10</u>

จากการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยในสภาวะเร่งด้วยวิธี Q10 พบว่า เมื่อเก็บตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยไว้ที่อุณหภูมิ 50 °C ตัวอย่างจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นจนไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 39 วัน โดยวัดค่าความแข็งของตัวอย่างได้เท่ากับ 4.61 N และเมื่อเก็บตัวอย่างโยเกิร์ตกรอบรสกล้วยไว้ที่อุณหภูมิ 40 °C ตัวอย่างจะมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 60 วัน วัดค่าความแข็งของตัวอย่างได้เท่ากับ 4.74 N จากผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งควบคู่กับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส อาจนำมาใช้ในการกำหนดเกณฑ์การเสื่อมเสียด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยได้ โดยผลิตภัณฑ์จะไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อมีค่าความแข็งมากกว่า 4.61 N และจากข้อมูลดังกล่าว สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่อุณหภูมิ 30 °C ได้จากสมการ (1), (2) และ (3) ที่กล่าวไว้ข้างต้น อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่อุณหภูมิ 30 °C เท่ากับ 92 วันหรือประมาณ 3 เดือน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kongchareonkiat & Kongchareonkiat (1998) ที่รายงานว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารในสภาวะเร่งเมื่อเทียบกับสภาวะมาตรฐานจะเกิดขึ้นเร็วกว่าประมาณ 2.4 - 4.5 เท่า จึงสรุปได้ว่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีความสัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ และสามารถนำไปใช้ในการทำนายอายุการเก็บรักษาได้ (Postharvest Technology Innovation Center, 2004)

สรุปผลการวิจัย

โยเกิร์ตกรอบรสกล้วยที่ผสมปริมาณกล้วยน้ำว้าร้อยละ 25 เป็นสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 3.0, a_w เท่ากับ 0.104, pH เท่ากับ 5.22, ค่าความแข็งเท่ากับ 0.87 N, ค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 54.67, +4.43 และ +23.38 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์มีรสชาติและกลิ่นหอมของโยเกิร์ตและกล้วยน้ำว้า เนื้อสัมผัสมีความกรอบพอดี ไม่ร่วนหรือเหนียวเกินไป จากการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่งด้วยเทคนิค Q10 พบว่าผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C ได้นาน 92 วันหรือประมาณ 3 เดือน

เอกสารอ้างอิง

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of Association of the Official Analysis Chemists, Association of Official Analytical Chemists, Arlington.

ASTM. (2005). ASTM E2454-05, Standard Guide for Sensory Evaluation Methods to Determine the Sensory Shelf Life of Consumer Products, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania.

Chutrtong, J. (2015). Survival of probiotic bacteria in freeze-dry yogurt starter cultures storage at 4 and 30 degree celcius. *Procedia Social and Behavioral Science*, *191*, 2219-2225.

Department of Health. (2019). *Banana*. Retrieved September 20, 2020, from https://multimedia.anamai.moph.go.th/help-knowledges/banana/. (in Thai)

Department of Science Service. (2017). *Freeze Dried Yoghurt*. Retrieved October 4, 2020, from https://www.nstda.or.th/investorsday/2017/downloads.html. (in Thai)

FAO. (2003). *Handling and Preservation of Fruits and Vegetables by Combined Methods for Rural Areas.* Retrieved October 13, 2020, from http://www.fao.org/3/Y4358E/y4358e06.htm.

Jay, J.M., Loessner, M.J., & Golden, D.A. (2005). *Modern food microbiology*. New York: Springer.

Kanpairo, K. (2020). The effect of maltodextrin on qualities of instant Che-Mei tea powder. *Burapha Science Journal*, *25*(3), 1067-1082. (in Thai)

Kongchareonkiat, P. & Kongchareonkiat, S. (1998). *Food packaging*. Bangkok: Thai Packaging Association. (in Thai)

Labuza, T.P. & Schmidl, M.K. (1985). Accelerated shelf life testing of foods. *Food Technology*, *39*(9), 57-64.

Lisko, D.J., Johnston, G.P., & Johnston, C.G. (2017). Effects of dietary yogurt on the healthy human gastrointestinal (GI) microbiome. *Microorganisms*, *5*(1), 1-16.

Mizrahi, S. (2004). *Understanding and Measuring the Shelf Life of Food*. Westport: F&N Press.

National Food Institute. (2018). *Market share of yogurt in 2015*. Retrieved October 2, 2020, from http://fic.nfi.or.th/MarketOverview DomesticDetail.php?id=99. (in Thai)

Nestle. (2014). *Triple goodness*. Retrieved March 2, 2021, from https://www.nestle.co.th/th/media/pressreleases/triple-goodness. (in Thai)

Nestle. (2020). *Immunity Snack*. Retrieved March 2, 2021, from https://www.nestle.co.th/th/nhw/nutrition/immunity/4-immunity-snack. (in Thai)

Pongsawadmanich, R. (2007). *Product development in agro-industry*. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Poonsri, W., Akkarakultron, W., & Kaewsorn, K. (2017). Study on drying method of rose tea. *Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi*, *16*(1-2), 1-9. (in Thai)

Postharvest Technology Innovation Center. (2004). *Food safety and product shelf life extension*. Retrieved October 11, 2020, from https://www.phtnet.org/2004/06/40/. (in Thai)

Promkhan, S., Saithi, S., & Wongbasg, C. (2020). Effect of drying conditions and shelf life of crispy cricket product. *Khon Kaen Agricultural Journal*, *48,* 1-12. (in Thai)

Saensed, S. (2012). Study on the nutritive value and digestibility of banana peels (*Musa sapientum L.*). Chiangmai: Maejo University. (in Thai)

Santos, G., Nunes, T.P., Silva, M.A.A.P., Rosenthal, A., & Pagani, A.A.C. (2018). Development and acceptance of freeze-dried yogurt “powder yogurt”. *International Food Research Journal*, *25*(3), 1159-1165.

Sasunan, J., Charoenpanich, P., & Leejeerachamnian, A. (2019). Comparison of yogurt starter powder preparation by spray dry and freeze dry. In *The National and International Graduate Research Conference*. (pp. S659-S668).

Science and Technology Research Institute CMU. (2020). *Benefits of eating yogurt before bed*. Retrieved March 2, 2021, from https://stri.cmu.ac.th/tip_detail.php?id=54#:~:text=ช่วยให้นอนหลับง่าย,นอนหลับง่ายกว่าเดิม. (in Thai)

Sengar, C. (2019). *Ripe vs Unripe Bananas: Know The Difference Between Them and Which Is Better*. Retrieved March 2, 2021, from https://www.onlymyhealth.com/ripe-vs-unripe-bananas-know-which-is-better-for-you-1569298882.

Shaviklo, A.R., Azaribeh, M., Moradi, Y., & Zangeneh, P. (2015). Formula optimization and storage stability of extruded puffed corn-shrimp snacks. *Journal of Food Science and Technology*, *63*, 307-314.

Theanhom, A.A. (2016) *Cultivation of Kluai Namwa and Kluai Khai*. Retrieved September 16, 2020, from http://www.hort.agr.ku.ac.th/photo/banana59_document.pdf. (in Thai)

USDA. (2018). *Bananas*. Retrieved September 16, 2020, from https://snaped.fns.usda.gov/seasonal-produce-guide/bananas.

Venir, E, Del Torre, M., Stecchini, M.L., Maltini, E., & Di Nardo, P. (2007). Preparation of freeze-dried yoghurt as a space food. *Journal of Food Engineering*, *80*(2), 402-407.

Wachirasiri, P. (2007). *Dietary fibers extraction from Kluai Namwa peels*. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Xiumin, F., Cheng, S., Liao, Y., Huang, B., Du, B., Zeng, W., Jiang, Y., Duan, X., & Yang, Z. (2018). Comparative analysis of pigments in red and yellow banana fruit. *Food Chemistry*, *239*, 1009-1018.