



Research Article

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้ง

Shelf Life Evaluation of Soft Dried Banana

ธัญนันท์ ฤทธิมนะ^{a*} และ อภิรดา พรพัฒน์วิชัย^b

Thanyanun Rithmanee^{a*} and Apirada Phonpanawit^b

^a ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

^a Department of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae Rim, Chiang Mai 50330, Thailand.

^b ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

^b Department of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae Rim, Chiang Mai 50330, Thailand.

ABSTRACT

Article history:

Received: 2024-04-07

Revised: 2025-01-10

Accepted: 2025-01-17

Keywords:

evaluatio;

soft dried banana;

shelf life;

browning reaction

Shelf life evaluation of soft dried Kluai Hom Thong was carried on a product developed for the Ban Lam Chang agricultural product processing community enterprise, Pratu Pa subdistrict, Mueang district, Lamphun province. This research aims to study the shelf life of soft dried Kluai Hom Thong product. The shelf life was studied under accelerated temperature conditions using the Q10 equation and/or kinetic reaction, which are often used to calculate the shelf life of products under accelerated temperature conditions controlled at three levels: 25, 30 and 40°C for a period of 12 weeks. The product was packed in metallite bags (Metallized Polyester, MPET) before storage and sampled to analyze physical, chemical, microbiological properties and sensory evaluation. The results found that the soft dried Kluai Hom Thong product has a shelf life at least 3.5 months at 35°C. The product's quality is acceptable to consumers and complies with the Thai community product standard for dried banana (112/2558). The information obtained from the research is suitable for the enterprise's product for consumers.

* Corresponding author.

E-mail address: thanyanun_rit@cmru.ac.th

Cite this article as:

Rithmanee, T. and Phonpanawit, A. 2025. Shelf Life Evaluation of Soft Dried Banana. *Recent Science and Technology* 17(3): 262835.

บทคัดย่อ

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่ม ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาให้แก่วิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรบ้านลำช้าง ตำบลประตูปา อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่ม ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาภายใต้สภาวะเร่ง ด้วยการใช้สมการคิวเทน (Q10) และปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์ (Kinetic reaction) เพื่อใช้ในการคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะเร่งที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยนำมาบรรจุในถุงเมทัลไลต์ (Metallized Polyester, MPET) ก่อนเก็บรักษา และสุ่มตัวอย่างประเมินคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่มมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3.5 เดือน ซึ่งผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง กล้วยอบ (112/2558) โดยข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชนให้แก่ผู้บริโภคต่อไป

คำสำคัญ: การประเมิน, กล้วยหอมทองอบนุ่ม, อายุการเก็บรักษา, ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

1. บทนำ

กล้วยหอมทอง (*Musa acuminata* AAA group 'Gros Michel') เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สามารถปลูกได้ทั่วประเทศทุกภูมิภาคของประเทศไทยและให้ผลผลิตตลอดปี อีกทั้งยังเป็นผลไม้ที่นิยมรับประทานกันเป็นอย่างมากทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ เนื่องจากมีเนื้อนุ่มเหนียว มีรสชาติหวาน และแฉะมีกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ สามารถนำมารับประทานผลสุกได้ จึงทำให้นิยมปลูก และส่งออกไปยังต่างประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี โดยมีตลาดหลักที่ประเทศทางยุโรปและอเมริกา กล้วยหอมทองมีสารอาหารประเภทโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง เป็นแหล่งวิตามินเอ วิตามินบี และวิตามินซี รวมถึงแคลเซียม ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็ก (Khuenpet *et al.*, 2019) ปัจจุบันได้มีการแปรรูปกล้วยเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารไว้ เนื่องจากสามารถเก็บรักษาได้ยาวนานกว่ากล้วยหอมทองสด

การอบแห้งผักและผลไม้เป็นการกำจัดน้ำออกจากผักและผลไม้จนกระทั่งลดลงอยู่ในระดับที่ไม่เกิดการเน่าเสีย มีผลทำให้น้ำหนักและปริมาตรลดลง อีกทั้งยังเพิ่มความสะดวกในการบรรจุ การขนส่ง และเพิ่มอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น เนื่องจากผักและผลไม้ที่ผ่านการอบแห้งแล้วมีความเข้มข้นของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นและปริมาณน้ำลดลงเพียงพอที่จะป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Liamleam, 2013) ซึ่งการอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นการอบแห้งที่นิยมใช้กันทั่วไปในปัจจุบันกับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรรวมถึงกล้วยหอมทองอีกด้วย โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่ม

ในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารนั้นได้มีประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 367 พ.ศ. 2557 (Ministry of public health, 2014) ที่ระบุให้ผู้ผลิตทุกรายต้องระบุวันหมดอายุผลิตภัณฑ์หรือระบุข้อความว่าควรบริโภคก่อนวันที่เท่าไร โดยทั่วไปการหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารจะดำเนินการโดยนำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและพร้อมจำหน่าย มาเก็บรักษาไว้ในสภาวะปกติที่แนะนำ

โดยขึ้นกับชนิดผลิตภัณฑ์ เช่น การเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง แห้งเย็น และแช่แข็ง โดยจำนวนตัวอย่างอาหารที่นำมาเก็บรักษา ในการทดลองต้องมีจำนวนมากเพียงพอตลอดอายุที่ทำการศึกษา ซึ่งอาจประมาณระยะเวลาการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ให้ใกล้เคียงความเป็นจริง กำหนดช่วงระยะเวลาการสุ่มตัวอย่าง ติดตามการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของตัวอย่างอาหาร โดยสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ค่าสี ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (total plate count) ยีสต์และรา (yeast and mold) *Escherichia coli* กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และรสชาติ เป็นต้น เนื่องจากธรรมชาติของอาหารมักมีองค์ประกอบที่ซับซ้อน จึงต้องมีการพิจารณาดัชนีการเสื่อมเสียคุณภาพที่เกิดขึ้นในอาหารเพื่อใช้กำหนดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุผลดังกล่าว การระบุอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารจึงมีความสำคัญและจำเป็นต่อผู้ประกอบการ (Sinchaiapanit *et al.*, 2022)

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร การประเมินอายุของผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นตัวบ่งชี้ว่าจะสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานเท่าใดโดยที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพ คุณลักษณะและมีความปลอดภัย การประเมินอายุการเก็บรักษาที่ถูกต้องและการผลิตอาหารให้สามารถเก็บรักษาได้ตามเวลาที่ต้องการยังเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตที่ดีด้วย (Suwan and Suwannakam, 2021) ซึ่งในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่ม ด้วยการนำไปใช้ประโยชน์ในการจำหน่ายเชิงพาณิชย์ให้แก่วิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรบ้านลำช้าง ตำบลประตูปา อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน ต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่มใช้กล้วยหอมทองซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรของตำบลประตูปา อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน มาทำการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรบ้านลำช้าง ตำบลประตูปา อำเภอเมือง

ลำพูน จังหวัดลำพูน โดยทำการปกปิดเปลือกกล้วยหอมทอง นำไปแช่ในสารละลาย โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (HB-28T, ไทย) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นลดอุณหภูมิในการอบแห้งลงเป็น 60 องศาเซลเซียส อบต่ออีกประมาณ 15 ชั่วโมง จนกล้วยเริ่มแห้งและมีความชื้นเป็นไปตามมาตรฐานไม่เกิน 21% (Thai Industrial Standards Institute, 2015) แล้วนำมารีดให้กล้วยแบนมีความหนาที่ประมาณ 1 เซนติเมตร บรรจุกล้วยหอมทองอบแห้งในถุงเมทัลไลต์ (Metallized Polyester, MPET) ขนาดบรรจุ 30 กรัม ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง ด้วยการใส่สมการคิวเทน (Q10) และปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์ (Kinetic reaction) เพื่อใช้ในการคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะเร่งอุณหภูมิที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยมีการสุ่มตัวอย่างออกมาทุก 2 สัปดาห์ เพื่อประเมินคุณภาพ ดังนี้

(1) ค่าสีในระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่อง Colorimeter (Chroma Meter: CR-400, Minolta, Japan) แล้วนำไปคำนวณหาค่าความแตกต่างของสี ΔE^* ดังสมการ

$$\Delta E^* = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$$

โดย ค่าสี ΔL^* คือ ผลต่างระหว่าง L_1^* ของสีที่ 1 และ L_2^* ของสีที่ 2

ค่าสี Δa^* คือ ผลต่างระหว่าง a_1^* ของสีที่ 1 และ a_2^* ของสีที่ 2

ค่าสี Δb^* คือ ผลต่างระหว่าง b_1^* ของสีที่ 1 และ b_2^* ของสีที่ 2

(2) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity, a_w) ด้วยเครื่อง Water activity meter (Aqua Lab model series 3, Decagon Device Inc., USA)

(3) จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total Plate Count) (AOAC, 2019)

(4) ยีสต์และรา (Yeast and mold) (AOAC, 2019)

(5) *Bacillus cereus* ด้วยวิธี Standard Plate Count ตามมาตรฐานของ Bacteriological Analytical Manual (BAM, 2020)

(6) *Clostridium perfringens* ด้วยวิธี Standard Plate Count ตามมาตรฐานของ Bacteriological Analytical Manual (BAM, 2001)

(7) *Salmonella* spp. ด้วยวิธี Standard Plate Count ตามมาตรฐานของ Bacteriological Analytical Manual (BAM, 2020)

(8) *Staphylococcus aureus* ด้วยวิธี Standard Plate Count ตามมาตรฐานของ Bacteriological Analytical Manual (BAM, 2016)

(9) *Escherichia coli* ด้วยวิธี Standard Plate Count ตามมาตรฐานของ Bacteriological Analytical Manual (BAM, 2020)

(10) การยอมรับของผู้บริโภค (Acceptance scores) โดยใช้ 9-point hedonic scale เพื่อประเมินความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้ง ด้วยกลุ่มผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่าน

การฝึกฝนที่มีอายุ 18-50 ปี จำนวน 100 คน โดยนำผลิตภัณฑ์บรรจุถุงซีลลอคใส่ แล้วเสิร์ฟพร้อมน้ำเปล่า ซึ่งพิจารณาจากลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความชอบโดยรวม และการยอมรับของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้ง

ค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมี โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซึ่งมีการวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลใน CRD (Factorial Completely Randomized Design in CRD) และมีการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน

3.1.1 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้งมีค่าสีในระบบ CIE โดย L^* , a^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้งที่ผ่านการเก็บรักษามีค่า L^* แสดงถึงค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 15.99-34.09 ค่า a^* อยู่ในช่วง 1.55-13.01 (a^* เป็นบวก แสดงค่าเป็นสีแดง) และค่า b^* อยู่ในช่วง 2.00-26.43 (b^* เป็นบวก แสดงค่าเป็นสีเหลือง) โดยค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงไปจากผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้งเริ่มต้น ซึ่งสอดคล้องกับ ΔE^* ที่แสดงความแตกต่างของค่าสีโดยรวม (total color difference) โดยค่า ΔE^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้งระหว่างการศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 5.51-31.10 ซึ่งค่ามากกว่า 5 จึงอยู่ในระดับที่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของสีได้ชัดเจน (Mokrzycki and Tatol, 2011) ดัง Figure 1 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าสีในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้งมีสาเหตุการเสื่อมเสียของอาหารทางเคมีที่เป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีและการทำงานของเอนไซม์ในอาหารที่ไม่ต้องการ ผลของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทำให้อาหารมีลักษณะคุณภาพด้อยลง ด้วยการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในอาหาร (browning reaction) ทำให้อาหารมีสีเหลืองเข้มจนถึงสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ และมีกลิ่นรสผิดปกติ (Sinchaipanit et al., 2022) ซึ่งสอดคล้องกันกับงานวิจัยของ Thaiphani and Anprung (2014) ที่กล่าวถึงการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) ทั้งในระหว่างกระบวนการแปรรูป และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอร์ไรซ์

การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 12 สัปดาห์ และมีการสุ่มตัวอย่างตรวจค่าสีทุก 2 สัปดาห์นั้น พบว่า ค่า L^* , a^* และ b^* ในสัปดาห์ที่ 4

เป็นต้นไป มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกันทั้ง 3 ระดับ พบว่า ค่า L^* , a^* และ b^* มีความแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมีการสูมตัวอย่างตรงทุก 6 สัปดาห์ แต่ผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับการเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิ ($P > 0.05$)

ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่มระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 0.69-0.77 ตลอด

การศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และเป็นปัจจัยบ่งชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ โดยค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำกว่า 0.6 เป็นระดับที่จุลินทรีย์ทุกชนิดหยุดการเจริญและการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์ รวมทั้งเชื้อราจะหยุดการเจริญเมื่อค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเท่ากับหรือต่ำกว่า 0.7 (Igo and Schaffner, 2021) ดัง Table 1

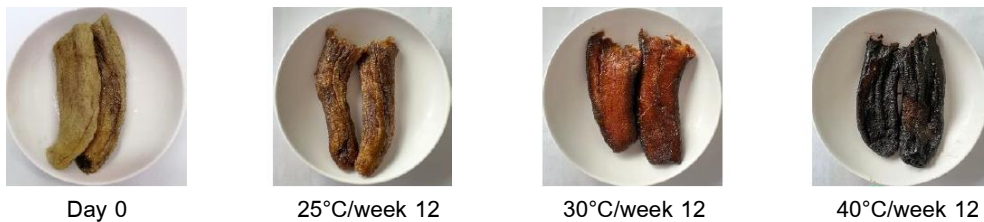


Figure 1 Soft dried banana products stored for 12 weeks

Table 1 Changes in physical and chemical qualities of soft dried banana product during storage

Qualities	Storage temperature (°C)	Storage time (Weeks)						
		0	2	4	6	8	10	12
L *	25	33.45 ^{Aa} ±0.32	34.09 ^{Aa} ±0.13	32.62 ^{Ba} ±0.02	31.70 ^{Ba} ±0.13	29.43 ^{Ca} ±0.11	30.83 ^{BCa} ±0.10	23.30 ^{Da} ±0.33
	30	33.45 ^{Aa} ±0.32	32.72 ^{Ab} ±0.69	27.30 ^{Bb} ±0.43	28.90 ^{Bb} ±0.28	26.02 ^{Cb} ±0.07	26.49 ^{Cb} ±0.35	20.72 ^{Db} ±0.49
	40	33.45 ^{Aa} ±0.32	29.19 ^{Bc} ±0.10	19.52 ^{Cc} ±0.33	16.66 ^{Dc} ±0.08	15.99 ^{Dc} ±0.34	16.37 ^{Dc} ±0.40	16.20 ^{Dc} ±0.46
a *	25	10.05 ^{Ba} ±0.20	7.38 ^{Cb} ±0.05	7.71 ^{Cb} ±0.17	8.12 ^{Cb} ±0.06	11.61 ^{Aa} ±0.01	11.51 ^{Aa} ±0.08	4.64 ^{Db} ±0.04
	30	10.05 ^{Ba} ±0.20	13.01 ^{Aa} ±0.51	9.69 ^{Ba} ±0.20	12.77 ^{Aa} ±0.07	7.34 ^{Cb} ±0.23	8.99 ^{BCb} ±0.63	5.84 ^{Da} ±0.49
	40	10.05 ^{Ba} ±0.20	13.30 ^{Aa} ±0.07	7.36 ^{Cb} ±0.01	5.81 ^{Dc} ±0.17	5.36 ^{Dc} ±0.47	4.30 ^{Ec} ±0.22	1.55 ^{Fc} ±0.07
b *	25	26.43 ^{Aa} ±0.85	21.66 ^{Ba} ±0.07	20.43 ^{Ba} ±0.21	17.63 ^{Cb} ±0.50	19.56 ^{BCa} ±0.09	17.09 ^{Ca} ±0.10	8.72 ^{Da} ±0.15
	30	26.43 ^{Aa} ±0.85	21.68 ^{Ba} ±1.20	17.73 ^{Cb} ±0.28	18.10 ^{Cb} ±0.43	14.75 ^{Db} ±0.96	14.95 ^{Db} ±0.96	6.30 ^{Eb} ±0.69
	40	26.43 ^{Aa} ±0.85	21.87 ^{Ba} ±0.11	10.27 ^{Cc} ±0.23	7.71 ^{Dc} ±0.17	6.55 ^{Dc} ±0.20	5.33 ^{DEC} ±0.22	2.00 ^{Fc} ±0.16
ΔE*	25	-	5.51 ^{Db} ±0.07	6.50 ^{Cc} ±0.16	9.17 ^{Bb} ±0.51	8.12 ^{Bb} ±0.12	9.81 ^{Bb} ±0.11	21.12 ^{Ac} ±0.26
	30	-	5.74 ^{Db} ±0.78	10.67 ^{Cb} ±0.36	9.89 ^{Cb} ±0.28	14.12 ^{Bb} ±0.83	13.48 ^{Bb} ±0.51	24.20 ^{Ab} ±0.56
	40	-	7.04 ^{Ea} ±0.12	21.51 ^{Da} ±0.38	25.50 ^{Ca} ±0.08	26.88 ^{Ba} ±0.21	27.75 ^{Ba} ±0.15	31.10 ^{Aa} ±0.12
a _w	25	0.77 ^{Aa} ±0.015	-	-	0.74 ^{Aa} ±0.003	-	-	0.72 ^{Aa} ±0.006
	30	0.77 ^{Aa} ±0.015	-	-	0.73 ^{Aa} ±0.002	-	-	0.74 ^{Aa} ±0.002
	40	0.77 ^{Aa} ±0.015	-	-	0.69 ^{Bb} ±0.005	-	-	0.72 ^{Aa} ±0.002

Means followed by the same capital letter in the rows and small letters within the columns bearing different letters are significantly different (P≤0.05).

Table 2 Microbial population count of soft dried banana products during storage

Properties	Quality criteria	Storage temperature (°C)	Storage time (Weeks)	
			0	12
Total plate count (CFU/g)	<1.0 x 10 ⁶	25	<10	<10
		30	<10	<10
		40	<10	<10
Yeast and Mold (CFU/g)	<1.0 x 10 ³	25	<10	<10
		30	<10	<10
		40	<10	<10
<i>Clostridium perfringens</i> (CFU/g)	<1.0 x 10 ²	25	<10	-
		30	<10	-
		40	<10	-
<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)	<1.0 x 10	25	<10	-
		30	<10	-
		40	<10	-
<i>Bacillus cereus</i> (CFU/g)	<1.0 x 10 ²	25	<10	-
		30	<10	-
		40	<10	-
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	<3	25	<3	-
		30	<3	-
		40	<3	-
<i>Salmonella</i> spp. (in 25 g)	Not Detected	25	Not Detected	-
		30	Not Detected	-
		40	Not Detected	-

3.1.2 จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่มระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่ม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด ยีสต์และรา *C. perfringens*, *E. coli*, *B. cereus*, *S. aureus* และ *Salmonella* spp. ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่มมีคุณภาพด้านจุลินทรีย์ เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (416/2563) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง กล้วยอบ

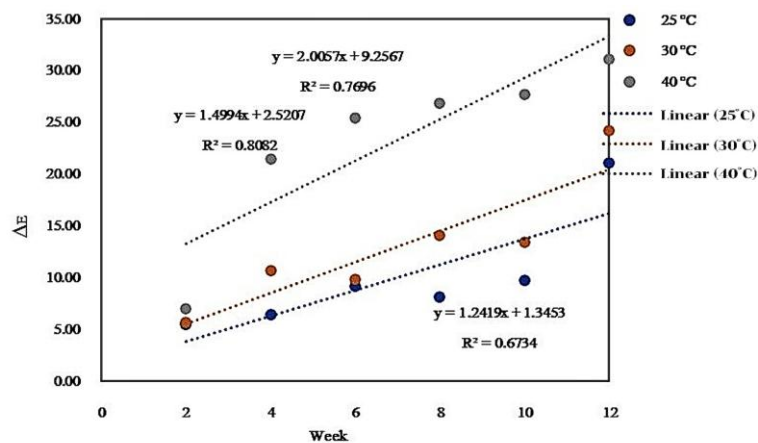
(112/2558) (Thai Industrial Standards Institute, 2015) แสดงดัง Table 2

3.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่มระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale เพื่อประเมินให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความชอบโดยรวม และการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไป พบว่า ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่มระหว่างการเก็บรักษามีคะแนนความชอบ ในทุกคุณลักษณะอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก (4.3-9.0) และผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่มระหว่างการเก็บรักษาอยู่ในช่วงร้อยละ 30-100 แสดงดัง Table 3

Table 3 Preference scores for sensory attributes of soft dried banana products during storage

Sensory attributes	Storage temperature (°C)	Storage time (Weeks)					
		2	4	6	8	10	12
Appearance	25	8.6	6.3	5.6	5.1	4.3	4.8
	30	8.9	6.3	5.9	5.0	3.9	4.3
	40	8.9	5.2	4.7	5.0	3.9	4.6
Color	25	8.1	5.1	5.3	5.1	4.4	5.1
	30	8.2	6.1	5.3	4.4	4.2	4.6
	40	8.2	4.4	5.1	4.7	4.8	4.6
Aroma	25	8.6	5.7	5.3	5.0	4.7	4.4
	30	8.7	5.7	5.2	4.3	4.4	4.3
	40	8.7	5.0	4.8	5.0	4.7	4.6
Overall acceptability	25	8.9	6.0	5.9	4.4	4.4	4.8
	30	9.0	5.7	6.3	4.7	5.1	4.3
	40	9.0	4.7	5.1	4.4	5.0	4.6
Acceptance (%)	25	100	70	60	50	40	100
	30	100	60	60	50	40	50
	40	100	40	50	30	30	30

**Figure 2** Change in ΔE^* value of soft dried banana products during storage

จากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่มในระหว่างการศึกษา อายุการเก็บที่อุณหภูมิต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ค่า ΔE^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลง ค่า ΔE^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 2 มีค่าคงที่อัตรา (k) เท่ากับ 1.24, 1.50 และ 2.00 ต่อสัปดาห์ ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงได้ ด้วยปฏิกิริยาอันดับศูนย์ แสดงดัง Figure 2

เมื่อนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่มไปหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับค่า k

สามารถอธิบายได้ด้วยความสัมพันธ์ของ Arrhenius แสดงดัง Figure 3 โดยผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบนุ่ม มีค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (Activation energy, E_a) เท่ากับ 24.54 kJ/mol โดยมีค่า Q10 เท่ากับ 1.37 เมื่อทำนายอายุการเก็บรักษาโดยใช้ค่า ΔE^* ร่วมกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ระดับคะแนนความชอบด้านความชอบ โดยรวมน้อยกว่า 4.9 (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่) ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้งมีอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส เท่ากับ 4.1 และ 3.5 เดือน ตามลำดับ (Table 4)

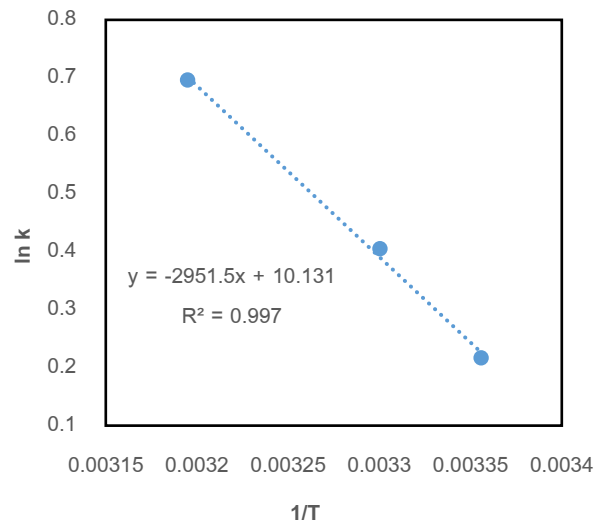


Figure 3 Relationship between $\ln k$ and $1/T$ of the change in ΔE^* value of soft dried banana products during storage

Table 4 Prediction of shelf life when stored at different temperatures

Temperature (°C)	Storage time (months)
30	4.1
35	3.5

จาก Table ที่ 4 ผลลัพธ์ที่มีอายุการเก็บรักษาที่ได้จากการทำนายเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียสนั้นสามารถเก็บรักษาได้นาน 4.1 เดือน และ 3.5 เดือน ตามลำดับ ซึ่งการระบุวันหมดอายุของอาหารในระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหาร ณ สภาวะการเก็บรักษาที่แนะนำ โดยอาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหารนั้นยังคงมีลักษณะคุณภาพด้านรสชาติ สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับ รวมทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการตามที่ได้ระบุไว้บนฉลากโภชนาการ และปลอดภัยสำหรับการบริโภค ความสำคัญการระบุวันหมดอายุของอาหาร เพื่อให้ผู้บริโภคทราบถึงอายุที่เหมาะสมในการเก็บรักษาของอาหารนั้น ๆ ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่แนะนำ และยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่ผู้บริโภคใช้ตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ (Sinhaipanit *et al.*, 2022)

4. สรุป

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองอบแห้งบรรจุถุงเมทัลไลต์ จากการทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ด้วยการใช้สมการคิวเทน (Q10) และปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์ (Kinetic reaction) นั้น การเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3.5 เดือน โดยยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งผลิตภัณฑ์ควรเก็บรักษาให้พ้นแสงและความร้อน จะช่วยชะลอปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) อันเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงค่าสีได้เป็นอย่างดี

5. ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรบ้านสามช้าง ตำบลประตูป่า อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน ให้แก่ผู้บริโภคได้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

7. เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2019. **Official Methods of analysis of AOAC international** (21th ed). Gaithersburg. USA, AOAC International.
- BAM. 2001. **Bacteriological Analytical Manual: *Clostridium perfringens***. Food and Drug Administration, Washington DC.
- BAM. 2016. **Bacteriological Analytical Manual: *Staphylococcus aureus***. Food and Drug Administration, Washington DC.

- BAM. 2020. **Bacteriological Analytical Manual: *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp. and *Escherichia coli*.** Food and Drug Administration, Washington DC.
- Igo, M.J. and Schaffner, D.W. 2021. Models for factors influencing pathogen survival in low water activity foods from literature data are highly significant but show large unexplained variance. **Food Microbiology** 98: 103-117.
- Khuenpet, K., Suvarnakuta, P., Polpued, R. and Jaru-arayanun, R. 2019. Development of Healthy Hom-Thong Banana Powder. **Thai Science and Technology Journal** 27(6): 1023-1037.
- Liamlearn, S. 2013. Quality of sugaring figs (Ma Nod) dehydrated by tray dryer. Master of Science (Food Science and Technology), Chiang Mai University.
- Ministry of public health. 2014. **Notification of the ministry of public health (No. 367) B.E. 2557: Labeling of prepackaged foods.** Ministry of public health, Bangkok.
- Mokrzycki, W.S. and Tatol, M. 2011. Colour difference ΔE -A survey. **Machine Graphics and Vision** 20(4): 383-411.
- Sinchaipanit, P., Peasura, N., Sangsuriyawong, A. and Disnil, S. 2022. Testing the Shelf-life of Food Products under Accelerated Temperature. **Burapha Science Journal** 27(3): 1930-1949.
- Suwan, P. and Suwannakam, M. 2021. Development and Shelf Life Evaluation of Crispy Banana- Flavored Yogurt. **Burapha Science Journal** 26(3): 1692-1706.
- Thaiphonit, S. and Anprung, P. 2014. Inhibition of Browning Reaction in Pasteurized Fragrant Banana Purée. **Journal of Food Technology, Siam University** 9(1): 39-51.
- Thai Industrial Standards Institute. 2015. **Community product standards Dried Banana No. 112/ 2558.** Available Source: [http://lib3.dss.go.th/fulltext/techno_file/CF64/CF64\(D1\).pdf](http://lib3.dss.go.th/fulltext/techno_file/CF64/CF64(D1).pdf), December 6, 2022.