การพัฒนากระบวนการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลามใน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

ศรัณยา จังโส[1*]

Received : April 14, 2020
Revised : April 24, 2020
Accepted : June 5, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลามใน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหลามนครปฐมให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.746/2548) เรื่องข้าวหลาม และยืดอายุการเก็บรักษาโดยใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี วิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เหมาะสม ผลการทดลองพบว่ากระบวนการผลิตที่ดีที่สุดคือการควบคุมสุขลักษณะที่ดีในการผลิตด้านต่าง ๆ เช่นให้ผู้ผลิตสวมหมวก ผ้ากันเปื้อน ผ้าปิดปากและถุงมือ ปฏิบัติงานโดยใช้โต๊ะที่สะอาดและสูงจากพื้นไม่ต่ำกว่า 60 เซนติเมตร และเพิ่มขั้นตอนการต้มฆ่าเชื้อส่วนผสมน้ำกะทิที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วก่อนเทลงในกระบอกไม้ไผ่ที่สะอาดและปิดด้วยจุกใบตองแห้งที่สะอาด การศึกษาด้านการยืดอายุการเก็บรักษาด้วยสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี จัดสิ่งทดลองด้วยวิธี 2x3 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มโดยตลอด โดยศึกษา 2 ปัจจัยร่วมกัน คือ กลีเซอรอลที่ใช้แทนที่น้ำตาล 2 ระดับ (ร้อยละ 10 และ 15) และซอร์บิทอลที่ใช้แทนที่น้ำตาล 3 ระดับ (ร้อยละ 20, 30 และ 40) พบว่าการใช้กลีเซอรอลร้อยละ 15 ร่วมกับซอร์บิทอลร้อยละ 20 แทนที่น้ำตาลในส่วนผสมเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลาม ทั้งด้านต้นทุนในการผลิต คุณภาพทางจุลินทรีย์และคุณภาพทางประสาทสัมผัส นอกจากนี้จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการบรรจุแบบดั้งเดิมและการบรรจุสุญญากาศร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิแช่เย็น พบว่าข้าวหลามที่บรรจุแบบดั้งเดิมร่วมกับการเก็บรักษาในอุณหภูมิแช่เย็นเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดต่อการยืดอายุการเก็บรักษา สภาวะดังกล่าวจะสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้จากปกติเก็บได้ไม่เกิน 1 วัน เป็นเก็บได้นาน 6 วัน โดยมีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม และมีต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุด

คำสำคัญ: ข้าวหลาม จังหวัดนครปฐม สารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี อายุการเก็บรักษา

[1]*อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*
**ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: key_p1@hotmail.com*

DEVELOPMENT OF PRODUCTION PROCESS AND SHELF-LIFE EXTENSION OF COOKED STICKY RICE IN BAMBOO SHOOT CUT (KAO LAM) IN AMPHUR MUANG, NAKHON PATHOM PROVINCE

Saranya Changso[1*]

Abstract

The objectives of development of production process and shelf-life extension of cooked sticky rice in bamboo shoot cut (Kao Lam) in Amphur Muang, Nakhon Pathom province were to develop the production process to reach Thai Community Product Standard of cooked sticky rice in bamboo shoot cut (Kao Lam) (TCPS 746/2548) and shelf-life extension by using the proper humectants, packaging and storage temperature. The results showed that the proper production process was hygienic production control such as wear the cap or hair net, apron, mask and glove, preparation or cooking in a clean place at least 60 centimeters above the ground, sterilized coconut milk mixer by heating at 100 degrees celsius for 5 minutes and then rapidly cool down before pouring in cleaned bamboo shoot cut and covering with cleaned and dried banana leave. Studies on shelf-life extension using humectants were elucidated by 2x3 factorial in completely randomized design. The studied factors were employed with two factors: sucrose substituted by glycerol at 2 levels (10 and 15%) and sucrose substituted by sorbitol at 3 levels (20, 30 and 40%). It was found that sucrose substituted by 15% glycerol and 20% sorbitol was the proper humectant for shelf-life extension in the sense of production cost, microbial and sensory quality. In addition, comparative studies on packaging, traditional without vacuum and vacuum packaging, and storage temperature, room temperature and chilled, were investigated. The best method for shelf-life extension of cooked sticky rice in bamboo shoot cut was traditional packaging preserve by chilled. This condition contributing to prolong shelf-life from not over 1 day to be 6 days. The microbial quality had met Thai Community Product Standard with acceptance from panelists and the lowest production cost.

Keywords: Cooked sticky rice in bamboo shoot cut, Nakhon Pathom province, Humectants, shelf-life

[1]*Lecturer of Department of Food Management, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University*

**Corresponding author e-mail: key_p1@hotmail.com*

บทนำ

ข้าวหลามจัดเป็นสินค้าที่มีชื่อเสียงของจังหวัดนครปฐม ดังปรากฏในคำขวัญประจำจังหวัดที่กล่าวว่า “ส้มโอหวาน ข้าวสารขาว ลูกสาวงาม ข้าวหลามหวานมัน สนามจันทร์งามล้น พุทธมณฑลคู่ธานี พระปฐมเจดีย์เสียดฟ้า สวยงามตาแม่น้ำท่าจีน” ข้าวหลามจังหวัดนครปฐมมีต้นกำเนิดแห่งแรกที่บริเวณชุมชนพระงาม (วิมลสิริ รุจิภาสพรพงศ์, 2550) นิยมซื้อเป็นของฝากได้ทุกเทศกาล สามารถสร้างรายได้ให้กับกลุ่มผู้ประกอบการข้าวหลามจังหวัดนครปฐมเป็นจำนวนมาก

จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการข้าวหลามแห่งหนึ่งใน อ.เมือง จ.นครปฐม ทำให้ทราบว่าการผลิตข้าวหลามนครปฐมในปัจจุบันประสบปัญหาด้านการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปสามารถเก็บได้ 1-2 วันที่อุณหภูมิห้อง จึงจำหน่ายได้เฉพาะภายในจังหวัดนครปฐมและพื้นที่ใกล้เคียงเท่านั้น นอกจากนี้กระบวนการผลิตที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันยังไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.746/2548 เรื่องข้าวหลาม) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์เป็นที่ต้องการจากนักท่องเที่ยวเป็นอย่างมาก ดังนั้นหากสามารถพัฒนากระบวนการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนและยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลามได้จะส่งผลดีต่อการจัดจำหน่ายและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ สร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพของสินค้าแก่ผู้บริโภค และทำให้มูลค่าทางการตลาดของข้าวหลามนครปฐมขยายตัวได้เพิ่มขึ้น สอดคล้องวรารัตน์ สานนท์ และคณะ (2561) ที่ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาข้าวหลามนครปฐมว่ามีแนวโน้มไปในทางการพัฒนากระบวนการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลาม โดยการปรับปรุงกระบวนการผลิต วิธีการบรรจุ ภาชนะบรรจุ หรือปรับเปลี่ยนสภาวะการเก็บรักษา เช่นเดียวกับพัชรา ถาวระ (2561) ที่ให้ข้อเสนอแนะว่าควรมีการวิจัยรูปแบบภาชนะบรรจุข้าวหลามที่สามารถยืดอายุอาหารให้ยาวนานขึ้น เพื่อจะได้ส่งขายออกนอกจังหวัดได้สะดวกขึ้น

การเสื่อมเสียของข้าวหลามเกิดขึ้นเนื่องจากส่วนผสมหลักของข้าวหลามประกอบด้วยแป้ง น้ำตาล และกะทิ รวมทั้งการบรรจุขายแบบสดในกระบอกไม้ไผ่ที่อุณหภูมิห้อง จึงทำให้เสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่าข้าวหลามมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีสูง การลดค่าดังกล่าวจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้อาหารมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นได้ (ศิรินทิพย์ แสงสว่าง, 2547) โดยการใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Humectants) เช่น เกลือ น้ำตาล กลีเซอรอล เติมลงในผลิตภัณฑ์อาหาร มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ และปฏิกิริยาทางเคมีอื่น ๆ ลดลง ทั้งนี้การเลือกใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ควรคำนึงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ได้แก่ กลิ่นรสของสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ใช้ ความเป็นพิษ และต้องไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ เช่น คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ตลอดจนการยอมรับของผู้บริโภค (Labuza and Hyman, 1998)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหลามนครปฐมให้ได้ข้าวหลามที่มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.746/2548) เรื่อง ข้าวหลาม

2. เพื่อทดสอบหาชนิดและปริมาณของสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลาม

3. เพื่อหาวิธีการบรรจุและสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลาม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

วิธีการทำข้าวหลามข้าวเหนียวขาวในงานวิจัยนี้ดัดแปลงมาจากวิธีการผลิตของผู้ประกอบการข้าวหลามพระงามใน อ.เมือง จ.นครปฐม โดยนำข้าวเหนียวเขี้ยวงูและถั่วดำมาล้างให้สะอาด แช่น้ำนาน 4 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำข้าวเหนียวมากรองน้ำออก ส่วนถั่วดำนำไปต้มให้สุก ใช้กระบอกไม้ไผ่ขนาดกลาง เส้นผ่านศูนย์กลางภายในกระบอก 4.0-4.5 เซนติเมตร ความยาวกระบอก 31-35 เซนติเมตร มีข้อต่อตรงกึ่งกลาง

ส่วนผสมข้าวหลามแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนผสมของแห้ง ประกอบด้วยข้าวเหนียวร้อยละ 86.96 และถั่วดำร้อยละ 13.04 2) ส่วนผสมของเหลว ประกอบด้วยหัวกะทิคั้นสดร้อยละ 24.63 หางกะทิคั้นสดร้อยละ 24.63 น้ำตาลปี๊บร้อยละ 49.26 และเกลือร้อยละ 1.48 ผสมให้เข้ากันแล้วพักไว้ ทำความสะอาดกระบอกไม้ไผ่และจุกใบตองแห้งตามวิธีของวีรวุฒิ พามี และผจงรักษ์ พันมี (2561) โดยนำกระบอกไม้ไผ่ไปปัดฝุ่นภายในกระบอก จากนั้นสเปรย์เอทานอลร้อยละ 70 บริเวณภายในกระบอกรวมทั้งจุกใบตองแห้งให้ทั่ว กรอกส่วนผสมโดยใช้ส่วนผสมของแห้ง 110 กรัม และส่วนผสมของเหลว 75 กรัม กรอกในกระบอกไม้ไผ่ที่สะอาด ปิดด้วยจุกใบตองแห้งที่สะอาดแล้วนำไปเผาจนสุกด้วยเตาเผาที่ใช้ถ่านและเศษไม้เป็นวัสดุเชื้อเพลิง ระหว่างการเผาให้พลิกกลับข้าวหลามทุก ๆ 10 - 15 นาที เพื่อให้ข้าวหลามสุกทั่วถึงและไม่ให้ข้าวหลามไหม้บริเวณใดบริเวณหนึ่ง ใช้เวลาในการเผาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที

2. การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหลามให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ข้าวหลาม

ปรับปรุงกระบวนการผลิตข้าวหลามตามวิธีการดังนี้ วิธีที่ 1 ปรับปรุงกระบวนการผลิตจากวิธีดั้งเดิม โดยควบคุมสุขลักษณะของผู้ผลิต เช่น ใส่หมวก ผ้ากันเปื้อน ผ้าปิดปาก สวมถุงมือ และปฏิบัติโดยใช้โต๊ะที่สูงจากพื้นไม่ต่ำกว่า 60 เซนติเมตร เช็ดทำความสะอาดและฆ่าเชื้อบนโต๊ะรวมถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยเอทานอลร้อยละ 70 ก่อนปฏิบัติงาน เพิ่มขั้นตอนการต้มฆ่าเชื้อส่วนผสมของเหลวด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว ก่อนเทลงกระบอกไม้ไผ่ที่สะอาดและปิดด้วยจุกใบตองแห้งที่สะอาด วิธีที่ 2 ปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยควบคุมสุขลักษณะในการผลิตเช่นเดียวกับวิธีที่ 1 และปรับวิธีการเตรียมส่วนผสมโดยนำข้าวเหนียวที่แช่น้ำแล้วไปนึ่ง จากนั้นต้มฆ่าเชื้อส่วนผสมของเหลวด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วนำไปมูนกับข้าวเหนียว ผสมถั่วดำ กรอกลงกระบอกไม้ไผ่ที่สะอาดและปิดด้วยจุกใบตองแห้งที่สะอาด

นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมดังนี้

2.1 ค่าความชื้น (AOAC, 2000)

2.2 วอเตอร์แอคทิวิตี ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Aqua Lab รุ่น series 3)

2.3 จุลินทรีย์ทั้งหมด, *สตาฟิโลคอกคัส ออเรียส, เอสเชอริเชีย โคไล*, ยีสต์และรา (AOAC, 2000)

2.4 ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยแบบทดสอบ 9-Points hedonic scale (1 ไม่ชอบมากที่สุด 5 ตอบไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 9 ชอบมากที่สุด) ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน

3. การศึกษาชนิดและปริมาณของสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่เหมาะสมในน้ำกะทิต่อการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลาม

เลือกกระบวนการผลิตที่ดีที่สุดจากข้อ 2 มาทำการทดลองต่อ จัดสิ่งทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล ปัจจัยที่ศึกษามี 2 ปัจจัย คือ ปริมาณกลีเซอรอล (Glycerol; GR) ที่ใช้แทนที่น้ำตาลปี๊บ (Plam sugar; PS)

2 ระดับ (ร้อยละ 10 และ 15) และปริมาณซอร์บิทอล (Sorbitol; ST) ที่ใช้แทนที่น้ำตาลปี๊บ 3 ระดับ (ร้อยละ 20, 30 และ 40) ตัวอย่างทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง นำตัวอย่างมาทดสอบทุก 2 วันจนกว่าผลิตภัณฑ์จะไม่เป็นที่ยอมรับ เปรียบเทียบกับข้าวหลามตัวอย่างควบคุม วิธีการเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์คือนำข้าวหลามน้ำหนัก 150 กรัมไปอุ่นด้วยเครื่องไมโครเวฟ ใช้กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ นาน 1 นาที 30 วินาที วางพักไว้ที่อุณหภูมิห้องจนข้าวหลามมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้

3.1 วอเตอร์แอคทิวิตี ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Aqua lab รุ่น series 3)

3.2 เนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture analyzer วัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธีการวัดแรงกด ใช้หัววัดทรงใบมีดตัดชนิด HDP/BSK กำหนดค่าการวัดของหัววัดประกอบด้วยความเร็วหัววัดก่อนทดลอง (Pre-test speed) 2.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหัววัดระหว่างการทดลอง (Test speed) 2.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหัววัดหลังการทดลอง (Post-test speed) 10.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางการกดของหัววัด 50 มิลลิเมตร โดยค่าที่ได้จากการวัดเป็นค่า Maximum forces รายงานผลอยู่ในรูปค่าความแข็ง (Hardness) (g)

3.3 จุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา (AOAC, 2000)

3.4 ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยแบบทดสอบ 9-Points hedonic scale ด้านสี กลิ่น รสชาติ รสชาติแปลกปลอม เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 x 3 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (2 x 3 Factorial in completely randomized design) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized completed block design; RCBD) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. การศึกษาวิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลาม

เลือกใช้ชนิดและปริมาณของสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ดีที่สุดจากการทดลองข้อที่ 3 มาทำการทดลองต่อ โดยเมื่อเผาข้าวหลามจนสุกแล้ว รอให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำมาปอกเปลือก ตัดกระบอกให้สั้น นำมาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด LLDPE/Nylon แล้วปิดผนึกแบบสุญญากาศ (Vacuum; Vac) ทำการทดลองเปรียบเทียบกับการบรรจุแบบดั้งเดิม (Non vacuum; NVa) ซึ่งบรรจุในกระบอกไม้ไผ่ที่ปิดด้วยจุกใบตองแห้ง นำข้าวหลามทั้งหมดไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 2 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง (Room temperature; RT) อุณหภูมิ 30 - 35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิแช่เย็น (Chill; Ch) อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ เช่นเดียวกับการทดลองข้อที่ 3

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหลามให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ข้าวหลาม

ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของข้าวหลามแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าความชื้นและวอเตอร์แอคทิวิตีของข้าวหลามที่ได้จากวิธีดั้งเดิมมีปริมาณสูงกว่าวิธีที่ 1 และ 2 ในขณะที่ข้าวหลามที่ได้จากวิธีที่ 1 และ 2 มีค่าความชื้นและวอเตอร์แอคทิวิตีใกล้เคียงกัน ผลทางด้านจุลินทรีย์พบว่าข้าวหลามที่ได้จากวิธีการผลิตที่ 1 และ 2 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและ *สตาฟิโลคอกคัส ออเรียส* น้อยกว่าวิธีดั้งเดิมอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยวิธีการผลิตที่ 1 พบจุลินทรีย์ดังกล่าวน้อยกว่าวิธีการผลิตที่ 2 สำหรับ*เอสเชอริเชีย โคไล* ยีสต์และรา

ไม่พบในข้าวหลามที่ได้จากวิธีการผลิตทั้ง 3 วิธี ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากการควบคุมสุขลักษณะในการผลิตด้านต่าง ๆ รวมถึงการเพิ่มขั้นตอนการฆ่าเชื้อในส่วนผสม

การที่วิธีการผลิตที่ 1 พบจุลินทรีย์ต่าง ๆ น้อยกว่าวิธีที่ 2 น่าจะเป็นผลเนื่องจากวิธีที่ 1 ใช้การต้มฆ่าเชื้อส่วนผสมของเหลวด้วยความร้อนระดับการพาสเจอร์ไรส์ร่วมกับการทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว จึงมีผลทำให้ลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากกว่าวิธีที่ 2 ซึ่งนำข้าวเหนียวนึ่งไปมูนกับน้ำกะทิที่ต้มฆ่าเชื้อแต่ไม่มีขั้นตอนการลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีจุลินทรีย์ที่เหลือรอดชีวิตเป็นจำนวนมากกว่า นอกจากนี้การเผาข้าวหลามเป็นการทำให้สุกโดยใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อระดับพาสเจอร์ไรส์ ซึ่งความร้อนในระดับดังกล่าวไม่มากพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารได้ ดังนั้นหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้วควรต้องเก็บรักษาอาหารในลักษณะที่ป้องกันการปนเปื้อนภายหลังการบรรจุ แต่ข้าวหลามมีเพียงจุกใบตองแห้งที่ปิดไว้เพื่อป้องกันฝุ่นละอองแต่ไม่ได้ปิดสนิท จึงทำให้มีโอกาสที่จะปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มได้ในระหว่างการวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิปกติหลังการเผา

ตารางที่ 1 ผลของกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันต่อคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของข้าวหลาม

พารามิเตอร์	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีดั้งเดิม	ค่ามาตรฐาน*
ความชื้น (ร้อยละ)	43.04^{b}±2.06	43.92^{ab}±1.07	48.00^{a}±2.77	ไม่ได้กำหนด
วอเตอร์แอคทิวิตี	0.941^{b}±0.00	0.947^{ab}±0.00	0.956^{a}±0.01	ไม่ได้กำหนด
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	4.0×10^{2}	6.7×10^{2}	5.7×10^{4}	ไม่เกิน 1×10^{4}
สตาฟิโลคอกคัส ออเรียส (CFU/g)	<10	71	1.8×10^{3}	ต้องไม่พบ
เอสเชอริเชีย โคไล (CFU/g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	น้อยกว่า 3
ยีสต์และรา (CFU/g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่เกิน 100

หมายเหตุ * อ้างอิงตามเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องข้าวหลาม (มผช. 746/2548)

a-b ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผู้วิจัยได้นำข้าวหลามที่ผลิตด้วยวิธีการทั้ง 3 วิธีมาทดสอบทางประสาทสัมผัสร่วมด้วย พบว่าคะแนนเฉลี่ยความชอบของข้าวหลามที่ได้จากวิธีการดั้งเดิมมีค่ามากที่สุดเกือบทุกปัจจัยคุณภาพ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 (ไม่ได้แสดงข้อมูล) แสดงให้เห็นว่าการใช้กระบวนการผลิตที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความชอบทางประสาทสัมผัสของข้าวหลามที่ได้ เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ในข้างต้นจะเห็นได้ว่าการปรับปรุงด้านสุขลักษณะในการผลิตโดยใช้วิธีที่ 1 มีผลทำให้ลดปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้ดีที่สุดและเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อีกทั้งยังมีวิธีการทำที่ง่ายกว่า รวมถึงใช้ระยะเวลาในการทำน้อยกว่าวิธีที่ 2 จึงเลือกใช้วิธีการผลิตที่ 1 ไปทำการทดลองต่อในขั้นตอนถัดไป

2. ผลการศึกษาชนิดและปริมาณของสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่เหมาะสมในน้ำกะทิต่อการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลาม

การเติมกลีเซอรอลร่วมกับซอร์บิทอลแทนที่น้ำตาลในน้ำกะทิที่ระดับต่าง ๆ ส่งผลให้ข้าวหลามมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยข้าวหลามมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีลดลงเหลือ 0.922 – 0.931

จากค่าปกติ 0.955 (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวโรดม ธุววิโรจน์ (2555) ที่พบว่าการใช้ซอร์บิทอลทดแทนน้ำตาลร้อยละ 20, 40 และ 60 สามารถลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของไส้ขนมเปี๊ยะกุหลาบตัวอย่างควบคุมจาก 0.963 เป็น 0.902, 0.907 และ 0.905 ตามลำดับ ส่วนการใช้กลีเซอรอลทดแทนน้ำตาลร้อยละ 20, 40 และ 60 สามารถลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีจาก 0.963 เป็น 0.901, 0.897 และ 0.891 ตามลำดับ การที่กลีเซอรอลและซอร์บิทอลสามารถลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีในผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากสารทั้ง 2 ชนิดเป็นสารประกอบในกลุ่ม Polyhydroxy alcohol ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลเป็นจำนวนมาก จึงทำให้สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ มีผลทำให้มีลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีลงได้ (Chirfe and Fontan, 1980) การเพิ่มปริมาณสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีสามารถลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีในผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น เนื่องจากการใช้ความเข้มข้นสูงมากขึ้นมีผลทำให้เพิ่มความเข้มข้นของตัวถูกละลายจึงแตกตัวและจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้อาหารมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีลดลง (ศิรินทิพย์ แสงสว่าง, 2547) อย่างไรก็ตามแม้ว่าการใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลจะสามารถลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีในข้าวหลามได้ แต่ค่าดังกล่าวยังคงอยู่ในระดับสูง (0.922 – 0.931) ซึ่งอาจไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้มากนัก เนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญเติบโตในอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีมากกว่า 0.90 (ศุภชัย เนื้อนวลสุวรรณ, 2549) โดยทั่วไปการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีในอาหารให้ต่ำกว่า 0.85 จะช่วยให้อาหารปลอดภัยจากแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษได้ (วราภา มหากาญจนกุล และคณะ, 2558)

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพและจุลินทรีย์ของข้าวหลามที่เติมสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี

สิ่งทดลอง PS: GR: ST	วอเตอร์แอคทิวิตี	ความแข็ง (g)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)		ยีสต์และรา (CFU/g)	
			วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 1^{ns}	วันที่ 3^{ns}
70: 10: 20	0.931^{b}±0.004	6351.74^{c}±576.23	1.62^{c} x 10^{3}	9.73^{c} x 10^{5}	< 100	< 100
65: 15: 20	0.931^{b}±0.004	7116.10^{ab}±670.60	7.00^{c} x 10^{2}	3.93^{c} x 10^{5}	< 100	< 100
60: 10: 30	0.928^{bc}±0.003	6966.30^{abc}±499.55	5.96^{c} x 10^{2}	2.43^{c} x 10^{5}	< 100	< 100
55: 15: 30	0.926^{bcd}±0.003	7289.74^{ab}±678.44	3.50^{c} x 10^{2}	6.23^{c} x 10^{5}	< 100	< 100
50: 10: 40	0.922^{d}±0.003	7324.69^{ab}±352.08	4.63^{c} x 10^{2}	4.76^{c} x 10^{5}	< 100	< 100
45: 15: 40	0.924^{cd}±0.004	7709.80^{a}±564.83	2.63^{c} x 10^{2}	7.03^{c} x 10^{5}	< 100	< 100
ตัวอย่างควบคุม	0.955^{a}±0.007	6596.30^{bc}±631.10	1.93^{c} x 10^{4}	1.73^{c} x 10^{6}	< 100	< 100
ตัวอย่างทางการค้า 1	*	*	4.95^{b} x 10^{5}	1.40^{a} x 10^{7}	< 100	< 100
ตัวอย่างทางการค้า 2	*	*	1.63^{a} x 10^{6}	7.23^{b} x 10^{6}	< 100	103
ตัวอย่างทางการค้า 3	*	*	5.96^{c} x 10^{4}	6.86^{b} x 10^{6}	< 100	< 100

หมายเหตุ a-d ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
PS (Plam sugar): น้ำตาลปี๊บ, GR (Glycerol): กลีเซอรอล, ST (Sorbitol): ซอร์บิทอล
* ไม่ได้วิเคราะห์

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบด้านเนื้อสัมผัส พบว่าการเติมกลีเซอรอลร่วมกับซอร์บิทอลแทนที่น้ำตาลในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ข้าวหลามมีความแข็งมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากสารทั้ง 2 ชนิดมีคุณสมบัติเป็นสารคงความชื้น ทำให้รักษาความชื้นได้ดี หรือเกาะจับน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ได้มาก (Birkhed, Edwardsson et al., 1984) เมื่อใช้ในปริมาณมากจึงทำให้เมล็ดข้าวเหนียวมีความชื้นมากขึ้นและเกิดการเกาะตัวกันมากขึ้น ส่งผลให้ข้าวหลามมีค่าความแข็งมากขึ้น

สำหรับผลด้านจุลินทรีย์วิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้าวหลามทางการค้าที่เก็บตัวอย่างจากร้านขายข้าวหลามในจังหวัดนครปฐมจำนวน 3 ร้าน แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าการเติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลมีผลทำให้จุลินทรีย์ทั้งหมดในข้าวหลามมีจำนวนน้อยกว่าข้าวหลามตัวอย่างทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสารทั้ง 2 ชนิดสามารถลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีในข้าวหลามได้ จึงส่งผลให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้น้อยกว่าตัวอย่างทางการค้า เมื่อใช้สารดังกล่าวด้วยระดับการแทนที่รวมสูงขึ้นพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากสารดังกล่าวสามารถลดระดับค่าวอเตอร์แอคทิวิตีได้เพิ่มขึ้นตามที่ได้กล่าวไปแล้ว เมื่อพิจารณา ณ วันที่ 1 ของการเก็บรักษา พบว่าการแทนที่น้ำตาลด้วยกลีเซอรอลร้อยละ 15 ร่วมกับซอร์บิทอลร้อยละ 30 ส่งผลให้ข้าวหลามมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับตัวอย่างอื่น ๆ โดยจำนวนจุลินทรีย์ดังกล่าวยังอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องข้าวหลาม เมื่อเก็บข้าวหลามไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน พบว่าทุกตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นและเกินกว่ามาตรฐานกำหนด ในขณะที่ยีสต์และราของทุกตัวอย่างยังมีปริมาณอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ได้ศึกษาเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมเนื่องจากมีจำนวนจุลินทรีย์เกินมาตรฐานตั้งแต่วันที่ 1 ของการเก็บรักษา ผลการทดสอบพบว่าการเติมสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ระดับสูงขึ้นมีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติ รสชาติแปลกปลอม เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 3) เนื่องจากกลีเซอรอลและซอร์บิทอลมีค่าความหวานสัมพัทธ์ (Relative sweetness) เท่ากับ 0.6 เมื่อเทียบกับน้ำตาลซูโครส (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2562ข) การเติมสารทั้งสองชนิดแทนที่ซูโครสจึงทำให้มีรสชาติหวานน้อยกว่าปกติ เมื่อใช้ในปริมาณมากจึงมีผลทำให้ผู้บริโภคเกิดการไม่ยอมรับได้ ซึ่งสอดคล้องกับที่ผู้ทดสอบชิมได้แสดงความคิดเห็นว่าข้าวหลามสูตรดังกล่าวมีความหวานน้อยเกินไป นอกจากนี้กลีเซอรอลที่เติมลงไปมีผลทำให้เกิดรสขม เฝื่อน ทำให้รู้สึกชาและระคายที่ลิ้นและมีรสชาติหวานติดลิ้น (ปิยะนุช คันโธ, 2545) ลักษณะดังกล่าวจะเกิดมากขึ้นตามความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่ใช้แทนที่น้ำตาลซูโครส จึงทำให้ข้าวหลามที่เติมสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีในปริมาณมากเกิดรสชาติแปลกปลอมและไม่เกิดการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม ด้านเนื้อสัมผัสอธิบายได้ว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นมีผลให้ข้าวหลามเกิดความแข็งเพิ่มขึ้นดังที่ได้อธิบายไว้แล้วข้างต้นจึงมีผลทำให้ผู้ทดสอบชิมเกิดการยอมรับน้อยลง สำหรับด้านความชอบโดยรวมพบว่ามีผลไปในทิศทางเดียวกันกับผลด้านรสชาติ รสชาติแปลกปลอม และเนื้อสัมผัส แสดงให้เห็นว่าปัจจัยคุณภาพดังกล่าวส่งผลต่อความชอบโดยรวม

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยคัดเลือกโดยพิจารณาจากค่าวอเตอร์แอคทิวิตี คุณภาพทางจุลินทรีย์และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งจะเห็นได้ว่าข้าวหลามสิ่งทดลอง 70:10:20, 65:15:20 และ 60:10:30 มีคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมของทุกปัจจัยคุณภาพมากที่สุด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เนื่องจากสิ่งทดลอง 70:10:20 มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีและจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดมากที่สุด ผู้วิจัยจึงไม่เลือกสิ่งทดลองดังกล่าว ส่วนสิ่งทดลอง 65:15:20 และ 60:10:30 มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีและจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น

ไม่แตกต่างกัน จึงนำปัจจัยด้านต้นทุนในการผลิตมาพิจารณาร่วมด้วย โดยซอร์บิทอลมีราคาแพงกว่ากลีเซอรอลประมาณ 1.6 เท่า จึงเลือกข้าวหลามที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 15 ร่วมกับซอร์บิทอลร้อยละ 20 (65:15:20) แทนที่น้ำตาลในส่วนผสมเป็นสิ่งทดลองที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลามไปศึกษาในหัวข้อต่อไป

ตารางที่ 3 ผลของการแทนที่น้ำตาลด้วยกลีเซอรอลร่วมกับซอร์บิทอลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหลามที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน

สิ่งทดลอง PS: GR: ST	สี	กลิ่น^{ns}	รสชาติ	รสชาติแปลกปลอม	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
70: 10: 20	6.34^{ab}±0.79	6.12±0.86	6.58^{a}±0.94	6.58^{a}±1.23	6.07^{a}±1.32	6.23^{a}±1.10
65: 15: 20	6.65^{a}±0.74	6.27±1.00	6.31^{ab}±0.88	6.23^{ab}±1.10	6.15^{a}±1.04	6.19^{a}±0.98
60: 10: 30	6.15^{ab}±1.22	6.35±1.05	6.42^{ab}±1.02	6.58^{a}±1.02	6.15^{a}±1.28	6.54^{a}±1.06
55: 15: 30	6.31^{ab}±0.88	5.85±1.37	5.88^{b}±1.24	5.50^{cd}±1.02	5.19^{b}±1.09	5.46^{b}±1.02
50: 10: 40	6.00^{b}±1.13	6.04±1.21	5.85^{b}±1.34	6.00^{bc}±1.32	5.31^{b}±1.37	5.35^{b}±1.32
45: 15: 40	6.23^{ab}±0.86	5.77±1.53	5.96^{b}±1.11	5.31^{d}±1.12	5.58^{ab}±1.17	5.62^{b}±1.06

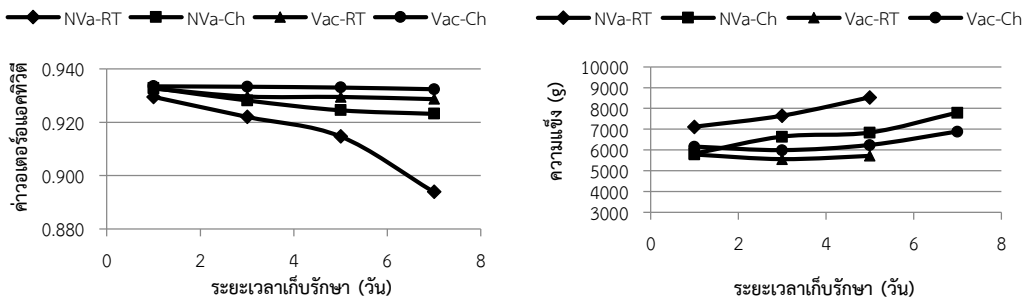
หมายเหตุ a-d ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
PS (Plam sugar): น้ำตาลปี๊บ, GR (Glycerol): กลีเซอรอล, ST (Sorbitol): ซอร์บิทอล

3. ผลการศึกษาวิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลาม

ผลของวิธีการบรรจุ (ไม่สุญญากาศ; NVa และสุญญากาศ; Vac) และอุณหภูมิในการเก็บรักษา (อุณหภูมิห้อง; RT และอุณหภูมิแช่เย็น; Ch) ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตีแสดงดังภาพที่ 2 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของทุกตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บไว้นานขึ้น เป็นผลมาจากจุลินทรีย์นำน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ไปใช้ในการเจริญเติบโต (จารุภัทร ลือชา และคณะ, 2561) ข้าวหลามที่บรรจุแบบดั้งเดิมมีอัตราการเปลี่ยนแปลงลดลงรวดเร็วกว่าข้าวหลามที่บรรจุสุญญากาศ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีอัตราการเปลี่ยนแปลงลดลงมากกว่าการเก็บแช่เย็น ในขณะที่ข้าวหลามสุญญากาศแช่เย็นมีการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตีน้อยมากและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของวชิราภรณ์ สุริยนต์ (2560) ซึ่งพบว่ากาละแมที่เติมกลีเซอรอลและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 35, 0 และ -18 องศาเซลเซียส มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีลดลงระหว่างการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีลดลงมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 0 และ -18 องศาเซลเซียส จากผลดังกล่าวอธิบายได้ว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงมีผลทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในปริมาณมาก จึงทำให้มีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้การเก็บรักษาข้าวหลามแบบดั้งเดิมเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้ปิดสนิท จึงทำให้ไอน้ำและอากาศซึมผ่านเข้าออกได้มากกว่า ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำมากกว่าและเกิดอัตราการลดลงของค่าวอเตอร์แอคทิวิตีมากกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศ

ค่าความแข็งของข้าวหลามทุกตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเกิดรีโทรกราเดชัน (Retrogradation) ของข้าวเหนียว โดยหลังจากการทำให้แป้งสุก เมื่อลดอุณหภูมิลงมีผล

ทำให้อะมิโลสที่แพร่กระจายออกมาอยู่นอกเม็ดแป้งจะกลับเข้ามาเรียงตัวกันใหม่อย่างมีระเบียบด้วยพันธะไฮโดรเจน น้ำที่เคยจับอยู่กับหมู่ไฮดรอกซิลจะถูกดึงออกเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ ลักษณะเป็นเจล (Whistler and Bemiller, 1999) เมื่อลดอุณหภูมิลงไปอีกการเรียงตัวของโครงสร้างจะยิ่งแน่นหนามากขึ้น น้ำจะถูกบีบออกจากเจลเรียกว่าซินเนอร์ริซีส (Syneresis) เกิดเป็นโครงร่างผลึกที่มีความแข็งแรงกว่าเดิม (Srirot and Piyachomkwan, 2003) จึงส่งผลให้ข้าวหลามระหว่างการเก็บรักษามีความแข็งเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (ซ้าย) และความแข็ง (ขวา) ของข้าวหลาม ที่เติมสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีระหว่างการเก็บรักษา

การบรรจุสุญญากาศมีผลทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงความแข็งเกิดขึ้นน้อยกว่าการบรรจุแบบดั้งเดิม อาจเนื่องจากการสุญญากาศทำให้เกิดการสูญเสียน้ำได้ช้ากว่าจึงทำให้เกิดความแข็งช้ากว่า สอดคล้องกับผลการเปลี่ยนแปลงด้านค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ข้าวหลามที่มีวิธีการบรรจุเหมือนกันแต่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกันมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความแข็งใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าวิธีการบรรจุมีอิทธิพลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงความแข็งของข้าวหลามมากกว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษา แม้ว่าตามปกติแล้วการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะเร่งให้เกิดรีโทรเกรเดชันได้เร็วขึ้นก็ตาม (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2562ก) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเกิดรีโทรเกรเดชันเป็นผลมาจากอะมิโลสที่มีโครงสร้างเป็นสายตรงซึ่งจะเกิดได้มากกว่าและเร็วกว่าอะมิโลเพคทินที่มีโครงสร้างเป็นกิ่งก้าน (Suzuki et al., 1985) แต่เนื่องจากข้าวเหนียวมีอะมิโลสเป็นองค์ประกอบน้อยมาก จึงมีผลทำให้การเกิดรีโทรกราเดชันเป็นไปอย่างช้า ๆ (Singh et al., 2012) ทำให้ข้าวหลามที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกันมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความแข็งไม่แตกต่างกันมากนัก

ผลของวิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในข้าวหลามที่เติมสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีแสดงดังตารางที่ 4 พบว่าการบรรจุแบบสุญญากาศมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นช้ากว่าการบรรจุแบบดั้งเดิม เนื่องจากการสุญญากาศทำให้ลดปริมาณออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์จึงช่วยชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นมีผลทำให้ลดอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ลงได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการเก็บที่อุณหภูมิห้อง การเสื่อมเสียของข้าวหลามน่าจะเกิดจากเชื้อที่สำคัญคือ *บาซิลัส ซีเรียส* ซึ่งพบมากในข้าวและธัญพืช *สตาฟิโลคอกคัส ออเรียส* ซึ่งพบมากตามอวัยวะต่าง ๆ ของมนุษย์ และ *เอสเชอริเชีย โคไล* ซึ่งปนเปื้อนไปยังวัตถุดิบต่าง ๆ ได้จากสิ่งขับถ่าย แบคทีเรียเหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่มชอบอุณหภูมิปานกลาง ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญมากต่อการทำให้เกิดโรคอาหาร

เป็นพิษ มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 30 – 45 องศาเซลเซียส (ศุภชัย เนื้อนวลสุวรรณ, 2549) การเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิต่ำจึงมีผลทำให้แบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวเจริญเติบโตได้อย่างช้า ๆ ข้าวหลามที่เก็บในอุณหภูมิห้องทั้งแบบสุญญากาศและไม่สุญญากาศสามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 2 วัน โดยจะพบจุลินทรีย์เกินมาตรฐานเมื่อเก็บไว้ 3 วัน ในขณะที่ข้าวหลามที่เก็บแช่เย็นทั้งแบบสุญญากาศและไม่สุญญากาศจะพบจุลินทรีย์เกินมาตรฐานเมื่อเก็บไว้นาน 7 วัน ผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และราเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ข้าวหลามที่เก็บในอุณหภูมิห้องมีปริมาณยีสต์และราเกินเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเก็บไว้นาน 5 วัน ส่วนข้าวหลามที่แช่เย็นมีปริมาณยีสต์และราเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานตลอดการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 7

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาแช่เย็นทั้งแบบสุญญากาศและไม่สุญญากาศเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลาม โดยข้าวหลามทั้งสองสภาวะดังกล่าวจะสามารถเก็บไว้ได้นานประมาณ 6 วัน เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องข้าวหลาม ทั้งนี้หากจะนำวิธีดังกล่าวไปผลิตเชิงค้านั้น วิธีการบรรจุแบบดั้งเดิมร่วมกับการเก็บในอุณหภูมิแช่เย็นน่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมกว่าในแง่ของต้นทุนในการผลิตและความปลอดภัยจากเชื้อ *คลอสทริเดียม โบทูลินัม* ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคที่มีความสำคัญในอาหารที่บรรจุปิดสนิท เช่น อาหารที่บรรจุสุญญากาศ อาหารกระป๋องประเภทกรดต่ำ อาหารที่บรรจุแบบปรับแต่งสภาพบรรยากาศ

ตารางที่ 4 ผลของวิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ในข้าวหลามที่เติมสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีระหว่างการเก็บรักษา

สิ่งทดลอง	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)				ยีสต์และรา (CFU/g)			
	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
NVa-RT	$8.23^{a} \times 10^{2}$	$3.80^{a} \times 10^{5}$	$1.25^{a} \times 10^{7}$	*	< 100	< 100	8.63×10^{2}	*
NVa-Ch	$3.80^{b} \times 10^{2}$	$4.06^{c} \times 10^{3}$	$6.70^{c} \times 10^{3}$	1.74×10^{4}	< 100	< 100	< 100	< 100
Vac-RT	$5.90^{ab} \times 10^{2}$	$2.20^{b} \times 10^{5}$	$3.36^{b} \times 10^{6}$	*	< 100	< 100	1.53×10^{2}	*
Vac-Ch	$4.33^{b} \times 10^{2}$	$3.73^{c} \times 10^{3}$	$7.70^{c} \times 10^{3}$	2.45×10^{4}	< 100	< 100	< 100	< 100

หมายเหตุ a-c ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

* ไม่ได้วิเคราะห์เนื่องจากตัวอย่างเสื่อมเสียคุณภาพแล้ว

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 5 ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาพบว่าคะแนนเฉลี่ยความชอบของข้าวหลามที่บรรจุและเก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นด้านเนื้อสัมผัส ข้าวหลามบรรจุสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (Vac-RT) มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง แต่ไม่แตกต่างกันกับข้าวหลามบรรจุสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (Vac-Ch) และข้าวหลามที่บรรจุแบบดั้งเดิมและเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (NVa-Ch) ในขณะที่ข้าวหลามที่บรรจุแบบดั้งเดิมและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (NVa-RT) มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านเนื้อสัมผัสต่ำสุด อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากข้าวหลามที่บรรจุแบบดั้งเดิมและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีเนื้อสัมผัสแข็งที่สุดสอดคล้องกับผลการทดลองด้านเนื้อสัมผัส (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 5 ผลของวิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสข้าวหลามที่เติมสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีระหว่างการเก็บรักษา

ปัจจัยคุณภาพ	สิ่งทดลอง	คะแนนเฉลี่ยความชอบ		
		วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5
สี^{NS}	NVa-RT	7.23±1.50	*	*
	NVa-Ch^{ns}	6.97±1.40	6.93±0.90	6.63±1.09
	Vac-RT	7.07±1.36	*	*
	Vac-Ch^{ns}	7.20±1.27	7.03±0.92	6.90±1.02
กลิ่น^{NS}	NVa-RT	6.37±1.69	*	*
	NVa-Ch^{ns}	6.73±1.66	7.23±1.13	6.63±1.03
	Vac-RT	6.70±1.29	*	*
	Vac-Ch^{ns}	6.87±1.47	7.07±1.01	6.70±1.26
รสชาติ^{NS}	NVa-RT	6.90±1.24	*	*
	NVa-Ch^{ns}	6.73±1.41	6.73±1.28	6.40±1.19
	Vac-RT	7.20±1.56	*	*
	Vac-Ch^{ns}	6.70±1.36	6.87±1.16	6.83±1.05
รสชาติแปลกปลอม^{NS}	NVa-RT	6.60±1.40	*	*
	NVa-Ch	6.83^{a}±1.41	6.90^{a}±1.29	5.87^{b}±1.16
	Vac-RT	6.73±1.25	*	*
	Vac-Ch	6.63^{ab}±1.42	6.83^{a}±1.26	5.90^{b}±1.29
เนื้อสัมผัส	NVa-RT	5.90^{B}±1.80	*	*
	NVa-Ch^{ns}	6.20^{AB}±1.64	6.10±1.49	6.13±1.33
	Vac-RT	6.87^{A}±1.69	*	*
	Vac-Ch^{ns}	6.73^{A}±1.48	6.53±1.47	6.33±1.39
ความชอบโดยรวม^{NS}	NVa-RT	6.77±1.45	*	*
	NVa-Ch^{ns}	6.57±1.35	6.57±1.13	6.27±1.14
	Vac-RT	6.87±1.50	*	*
	Vac-Ch^{ns}	6.73±1.38	6.97±0.92	6.80±0.99

หมายเหตุ a-b ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอน และ A-B ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns, NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

* ไม่ได้วิเคราะห์เนื่องจากตัวอย่างเสื่อมเสียคุณภาพแล้ว

เมื่อเก็บรักษาข้าวหลามไว้นานขึ้น คะแนนเฉลี่ยความชอบของปัจจัยคุณภาพทุกด้านของข้าวหลามที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นมีแนวโน้มลดลงแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยยังได้รับคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 วัน ยกเว้นด้านรสชาติแปลกปลอมซึ่งพบว่ามีคะแนนเฉลี่ยความชอบลดลงจากชอบปานกลาง (วันที่ 1) เหลือชอบเล็กน้อย (วันที่ 5) ผู้ทดสอบชิมได้แสดงความคิดเห็นว่าข้าวหลามมีรสชาติขมและเฝื่อนมากขึ้นในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการสูญเสียความชื้นเพิ่มมากขึ้นในวันที่ 5 จึงทำให้รสชาติขมและเฝื่อนดังกล่าวเด่นชัดขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองด้านวอเตอร์แอคทิวิตีในภาพที่ 1 โดยข้าวหลามที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นทั้งการบรรจุแบบดั้งเดิมและสุญญากาศได้คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติแปลกปลอมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 วัน

สำหรับการคัดเลือกวิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลามนั้นพิจารณาจากผลของคุณภาพทางจุลินทรีย์ประกอบกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสและรวมถึงต้นทุนในการผลิตด้วย ซึ่งจากผลการทดลองทั้งหมดข้างต้นจะเห็นได้ว่าข้าวหลามที่บรรจุแบบดั้งเดิมร่วมกับการเก็บรักษาในอุณหภูมิแช่เย็นเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับงานวิจัยนี้

สรุป

กระบวนการผลิตข้าวหลามนครปฐมที่เหมาะสมซึ่งทำให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.746/2548) เรื่อง ข้าวหลาม คือ การควบคุมด้านสุขลักษณะในการผลิตทุก ๆ ด้านให้เหมาะสม เช่น การควบคุมสุขลักษณะส่วนบุคคล โดยให้ผู้ผลิตใส่หมวก ผ้ากันเปื้อน ผ้าปิดปากและสวมถุงมือ การควบคุมสุขลักษณะด้านสถานที่ โดยปฏิบัติงานบนโต๊ะที่สะอาดและสูงจากพื้นไม่ต่ำกว่า 60 เซนติเมตร และการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการเพิ่มขั้นตอนการฆ่าเชื้อส่วนผสมน้ำกะทิที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วก่อนบรรจุลงกระบอกไม้ไผ่และจุกใบตองแห้งที่สะอาด กระบวนการผลิตดังกล่าวจะทำให้ได้ข้าวหลามที่มีคุณภาพด้านต่าง ๆ เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส การยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลามโดยใช้กลีเซอรอลร้อยละ 15 ร่วมกับซอร์บิทอลร้อยละ 20 แทนที่น้ำตาลในส่วนผสมน้ำกะทิเป็นสิ่งทดลองที่เหมาะสม ซึ่งช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นลงได้มากเมื่อเทียบกับวิธีการดั้งเดิม สำหรับการบรรจุข้าวหลามแบบดั้งเดิมโดยไม่ใช้สุญญากาศร่วมกับการเก็บรักษาในอุณหภูมิแช่เย็น (NVa-Ch) เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดต่อการยืดอายุการเก็บรักษา ทั้งในแง่ของต้นทุนการผลิต คุณภาพทางจุลินทรีย์และคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยสภาวะดังกล่าวจะสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลามจากปกติเก็บได้ไม่เกิน 1 วัน เป็นเก็บได้นาน 6 วัน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. เนื่องจากกลีเซอรอลและซอร์บิทอลมีความหวานสัมพัทธ์เท่ากับ 0.6 เมื่อเทียบกับน้ำตาลซูโครส จึงควรเติมสารให้ความหวานยิ่งยวด เพื่อเสริมรสหวานให้ข้าวหลามมีความหวานสัมพัทธ์เท่ากับน้ำตาลในสูตรปกติ

2. ผู้ผลิตควรตระหนักและให้ความสำคัญในการควบคุมสุขลักษณะที่ดีในการผลิตในทุกขั้นตอนและอาจรวมถึงประเด็นอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากที่ผู้วิจัยปรับปรุงในงานวิจัยนี้ เช่น มีห้องเตรียมและห้องผลิตที่เป็นระบบปิด ห่างไกลจากแหล่งต่าง ๆ ที่อาจทำให้เกิดการปนเปื้อน ซึ่งจะช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาเพิ่มเติมถึงวิธีการลดอุณหภูมิข้าวหลามที่เหมาะสมระหว่างการรอปอกเปลือกและตัดกระบอก เนื่องจากการลดอุณหภูมิข้าวหลามโดยการวางไว้ที่อุณหภูมิห้องในงานวิจัยนี้อาจทำให้จุลินทรีย์ที่เหลือรอดหลังการเผาเจริญเติบโตได้อีกและอาจปนเปื้อนจุลินทรีย์จากสิ่งแวดล้อมได้ รวมถึงศึกษาวิธีการทำแห้งจุกใบตองให้ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อรา เนื่องจากในงานวิจัยพบว่าการเสื่อมเสียของข้าวหลามส่วนหนึ่งเกิดจากเชื้อราที่มาจากจุกใบตองแห้งที่ไม่ได้มาตรฐาน และควรศึกษาเพิ่มเติมในข้าวหลามนครปฐมรสชาติอื่น ๆ

2. กรณีที่ผู้ประกอบการมีเงินลงทุนและมีช่องทางการตลาดดี อาจใช้เทคโนโลยีขั้นสูงอื่น ๆ ได้ เช่น การฆ่าเชื้อด้วยหม้อฆ่าเชื้อภายใต้แรงดัน (Retort) การลดอุณหภูมิข้าวหลามหลังการเผาอย่างรวดเร็วด้วยเครื่อง Air blast chiller หรือการเก็บข้าวหลามในอุณหภูมิแช่เยือกแข็งโดยใช้วิธีการแช่แข็งแบบเร็ว น่าจะเป็นวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น แต่ควรพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนร่วมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแหล่งทุนวิจัย ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และขอขอบคุณผู้ประกอบการข้าวหลามใน อ.เมือง จ.นครปฐมที่ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

จารุภัทร ลือชา, วรพจน์ ราชการดี, ชวโรจน์ ดำเนินสวัสดิ์, ฐิติศิลป์ กิจชเวงกุล และภาวินี ดีแท้. (2561). การศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่สด. **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม**, 13(1), 71–83.

ปิยะนุช คันโธ. (2545). **การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะโดยการใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และบรรจุภัณฑ์**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรา ถาวระ. (2561). การพัฒนายกระดับสถานที่ผลิตข้าวหลามในจังหวัดน่านเข้าสู่มาตรฐานการผลิตขั้นต้น. **พุทธชินราชเวชสาร**, 35(1), 53-64.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2562ก). **Retrogradation / รีโทรเกรเดชัน**, 30 มกราคม 2563. http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0591/retrogradation

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2562ข). **Sugar alcohol / น้ำตาลแอลกอฮอล์**, 21 ธันวาคม 2562. http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1628/sugar-alcohol

วชิราภรณ์ สุริยนต์. (2560). **การยืดอายุการเก็บรักษากาละแมด้วยแซนแทนกัม ฮิวเมกเตนท์ และสภาวะการเก็บ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วราภา มหากาญจนกุล, สิริพร สธนเสาวภาคย์, สุดสาย ตรีวานิช, และปรียา วิบูลย์เศรษฐ์. (2558). **การจัดการความปลอดภัยอาหารสำหรับงานบริการอาหาร**. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรารัตน์ สานนท์, ปิยวรรณ ธรรมบำรุง, เพ็ญพักตร์ แกล้วเดชศรี, วิรัติ จันทรทรัพย์ และศรัณยา จังโส. (2561). อดีตถึงปัจจุบันแนวทางการพัฒนาอาหารท้องถิ่นที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดนครปฐม. **วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม**, 5(1), 130-142.

วโรดม ธุววิโรจน์. (2555). **การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปียะกุหลาบโดยใช้สารควบคุมความชื้นและบรรจุภัณฑ์**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิมลสิริ รุจิภาสพรพงศ์. (2550). **การสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นและการส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน: กรณีศึกษาการทำข้าวหลามในชุมชนพระงาม จังหวัดนครปฐม**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วีรวุฒิ พามี และผจงรักษ์ พันมี. (2561). **การศึกษากระบวนการผลิตและสุขลักษณะที่ดีในการผลิตข้าวหลาม**. รายงานวิจัยศิลปศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

ศิรินทิพย์ แสงสว่าง. (2547). **การยืดอายุการเก็บพายไส้เผือกโดยใช้สารคงความชื้นและการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชัย เนื้อนวลสุวรรณ. (2549). **ความปลอดภัยของอาหาร**. กรุงเทพฯ: sister print & media group.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2548). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวหลาม (มผช. 746/2548)**, 21 สิงหาคม 2561. http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps746_48.pdf

AOAC. (2000). **Offical method of analysis**. (17th ed.). Virginia: The association of office analytical chemists.

Birkhed, D., Edwardsson, S., Kalfas, S. and Svensater, G. (1984). Cariogenicity of sorbitol. **Swedish dental journal**, 8, 147-154.

Chirfe, J. and Fontan, C. F. (1980). Prediction of water activity of aqueous solutions in connection with intermediate moisture foods: experimental investigation of the a_w lowering behavior of sodium lactate and some related compounds. **Journal of food science**, 45, 802-804.

Labuza, T. P. and Hyman, C. R. (1998). Moisture migration and control in multi-domain foods. **Trends in food science & technology**, 9, 47-55.

Singh, H., Lin, J., Huang, W. & Chang, Y. (2012). Influence of amylopectin structure on the rheological and retrogradation properties of waxy rice starches. **Journal of cereal science**, 56(2), 367-373.

Srirot, K., and Piyachomkwan, K. (2003). **Technology of starch**. (3th Ed.). Bangkok: Kasetsart University.

Suzuki, A., Tekeda, Y. & Hizukuri, S. (1985). Relationship between the molecular structure and retrogradation properties of tapioca, potato, and kuzu starches. **Journal of the japanese society for starch science**, 32, 205-212.

Whistler, R. L., and Bemiller, J. N. (1999). **Carbohydrate chemistry for food scientist american association of cereal chemists**. St. Paul: MN.