

ผลของรูปแบบการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์

ขนมไหว้พระจันทร์ระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Package Type on Quality Change of Mooncake during Storage

กมลทิพย์ กรรไพอเราะ *

Kamontip Kanpairo *

Received: 29 December 2022, Revised: 9 August 2023, Accepted: 11 September 2023

บทคัดย่อ

ขนมไหว้พระจันทร์เป็นขนมอบชนิดหนึ่งที่มีความนิยมนิยม โดยเฉพาะในช่วงเทศกาลไหว้พระจันทร์ ถือเป็นขนมมงคลของชาวจีน ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มักเสื่อมเสียง่ายเนื่องจากการเคลื่อนย้ายของขนมขึ้นจากใต้มาจากเปลือกขนม ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไปและเกิดกลิ่นหืน การศึกษาเรื่องอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบคือ 1) บรรจุในถุงพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน (polypropylene; PP) (ชุดควบคุม) 2) บรรจุในถุงพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีนที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจน (PP+O₂ absorber) 3) บรรจุในถุงสุญญากาศชนิด Nylon-linear low density polyethylene (Nylon-LLDPE) เก็บรักษา ณ สภาวะอุณหภูมิห้อง (29 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 42 วัน ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุ 3 รูปแบบ ส่งผลต่อคุณภาพทางเคมี และจุลชีววิทยา ของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศชนิด nylon-LLDPE มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (ค่า a_w, ความชื้น และค่า TBA) และจุลชีววิทยา (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อรา) น้อยกว่าขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง PP และถุง PP+O₂ absorber ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การบรรจุขนมไหว้พระจันทร์ในถุงสุญญากาศชนิด nylon-LLDPE สามารถชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ ดังนั้น สภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสมที่สุดคือ การบรรจุในถุงสุญญากาศ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอายุการเก็บรักษา 5 สัปดาห์ ณ สภาวะการเก็บรักษาอุณหภูมิห้อง (29±2 องศาเซลเซียส) โดยที่คุณภาพยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (มพช. 1454/2555)

คำสำคัญ: ขนมไหว้พระจันทร์, บรรจุภัณฑ์, อายุการเก็บรักษา, สารดูดซับออกซิเจน, สุญญากาศ

สาขาวิชาการประกอบอาหารฮาลาล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

Program in Halal Culinary, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Mueang, Yala 95000, Thailand.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (corresponding author, e-mail): koikamontip.k@gmail.com Tel: 08 2833 9822

ABSTRACT

Mooncakes are a popular type of pastry, particularly during the Mid-Autumn Festival. They are considered an auspicious dessert for Chinese people. However, this product tends to deteriorate easily due to the moisture movement from the filling to the outer crust, resulting in a changed texture and rancidity. A study on the shelf life of mooncake products aimed to investigate the effects of three types of packing conditions: 1) packed in polypropylene plastic bags (PP, control), 2) packed in a polypropylene plastic bag containing an oxygen absorber (PP+O₂ absorber), and 3) packed in a nylon-linear low-density polyethylene (nylon-LLDPE) vacuum bags, all stored at room temperature (29 ± 2 °C) for 42 days. The study found that common factors between storage times and packing conditions affected the chemical and microbiological quality of the mooncake products with statistical significance ($p < 0.05$). There was a difference in chemical quality (a_w , moisture content, and TBA) and microbiological quality (total viable count and mold) between mooncakes packed in nylon-LLDPE vacuum bags and those packed in PP bags and PP+O₂ absorbers bags. The results showed that packing mooncakes in nylon-LLDPE vacuum bags could slow down microbial growth and lipid oxidation. The most suitable storage condition was packing in nylon-LLDPE vacuum bags which resulted in the product having a shelf life of 35 days at room temperature (29 ± 2 °C), while the quality still met the Thai Industrial Standards (TIS 1454/2012).

Key words: moon cake, package, shelf-life, oxygen absorber, vacuum

บทนำ

ขนมไหว้พระจันทร์เป็นขนมอบชนิดหนึ่ง ที่ได้รับความนิยม โดยเฉพาะในช่วงเทศกาลไหว้พระจันทร์ ถือเป็นขนมมงคลของชาวจีน ทำจากแป้งผสมกับน้ำเชื่อม น้ำมันพืช น้ำค้างหรือส่วนผสมอื่น มีไส้บรรจุภายใน มีขนาดต่างกัน ส่วนที่เป็นเปลือกประกอบด้วยแป้งสาลี ไขมันหรือน้ำมัน อาจมีส่วนผสมของไข่ มีทั้งไส้คาวและไส้หวาน ทำให้สุกด้วยการอบ ขนมไหว้พระจันทร์เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้สามารถแบ่งออกเป็น 1) การเสื่อมเสียทางกายภาพ ทำให้ขนมมีลักษณะแห้งแข็งจากการสูญเสียความชื้น 2) การเสื่อมเสียทางเคมี เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดกลิ่นหืนและเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป และ 3) การเสื่อมเสีย

ทางจุลินทรีย์เนื่องจากการเคลื่อนย้ายของความชื้นจากไส้มาจากรเปลือกขนม ส่งผลทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ประเภtdังกล่าวส่งผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย จะเห็นได้ว่าอายุการเก็บรักษาของขนมไหว้พระจันทร์ ขึ้นอยู่กับ ส่วนประกอบในสูตรและสภาวะในการเก็บรักษา (Chysirichote and Mekrawee, 2018)

จากการที่ให้นักศึกษาชั้นปีที่ 4 หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารออกฝึกสหกิจศึกษาร่วมกับบริษัท ชัน โพรเซ่น ฟู้ด จำกัด จังหวัดนราธิวาส ในหัวข้อวิจัยเรื่อง การศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิตไส้ขนมจากทุเรียน: กรณีศึกษาบริษัท ชัน โพรเซ่น ฟู้ด จำกัด ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวทางบริษัทได้นำไปใช้ประโยชน์โดยนำไปผลิตเป็น

ไส้ขมนม แต่พบปัญหาคือ ไส้ทุเรียนมีความชื้นสูงเมื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นไส้ขมนมไหว้พระจันทร์ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 1 สัปดาห์พบการเกิดเชื้อราบริเวณไส้ขมนมและแป้งหุ้มขนมซึ่งการเสื่อมเสียของขนมประเภทนี้มีสาเหตุหลายประการเช่น การเกิดกลิ่นหืน กลิ่นอับ และการเจริญเติบโตของเชื้อรา (Chaisirichote, 2011) สอดคล้องกับ Thuwawiroj (2012) ที่กล่าวว่าขนมมอบประเภทขนมเปียะ ขนมไหว้พระจันทร์ ที่ผลิตแบบครัวเรือนจะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 1 สัปดาห์ส่วนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมจะมีอายุการเก็บรักษา 2-4 สัปดาห์ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตชนิดของบรรจุภัณฑ์ สภาพในการเก็บรักษาและวางจำหน่าย สาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการเสื่อมเสียคือการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้มีองค์ประกอบหลายส่วน (multidomain foods) และองค์ประกอบเหล่านี้มีระดับความชื้นที่แตกต่างกันทำให้เกิดการถ่ายเทความชื้นระหว่างตัวแป้งและไส้ขมนมในระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัส รวมทั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งอาหารที่มีความชื้นและบรรจุในภาชนะปิด อาจมีปัญหาในเรื่องการระบายความชื้นที่เคลื่อนย้ายจากภายในภาชนะออกสู่อากาศ ทำให้อาหารมีความชื้นสูงเหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญและสนใจที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวคิดที่จะควบคุมปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์โดยศึกษารูปแบบการบรรจุที่ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ คือ 1) การใช้สารดูดซับออกซิเจนเพื่อให้มีระดับก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งคุณสมบัติของสารดูดซับออกซิเจนคือ

ช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหารจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและยืดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันออกซิเจนจากการเปลี่ยนสีในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล สารดูดซับออกซิเจนสามารถใช้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุภายใต้สภาวะดัดแปรบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging; MAP) หรือสภาวะอากาศปกติ ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ พบว่า สามารถลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ให้เหลือน้อยกว่าร้อยละ 0.01 ของความเข้มข้นทั้งหมด ทำให้สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากการเจริญของเชื้อราได้ ส่งผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น (Chuaythong and Rachtanpun, 2017) และ 2) การบรรจุแบบสุญญากาศ ซึ่งเป็นวิธีการบรรจุที่มีการกำจัดก๊าซออกซิเจน ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย นอกจากนี้ ยังสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสีในผลิตภัณฑ์อาหาร ข้อมูลจากการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทขนมมอบประเภทอื่นและต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การผลิตขนมไหว้พระจันทร์

ทำการผลิตไส้ทุเรียนและขนมไหว้พระจันทร์ตามสูตรและวิธีการของบริษัทชั้นนำเช่น ฟู้ด จำกัด จังหวัดนครราชสีมา โดยในสูตรไส้ทุเรียนประกอบด้วยเนื้อทุเรียนร้อยละ 83.50 แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 4.80 น้ำตาลร้อยละ 8.70 และกลีเซอรอลร้อยละ 3.00 ตามลำดับ ส่วนแป้งขนมไหว้พระจันทร์ประกอบด้วย แป้งขนมปังร้อยละ 30.0 แป้งเค้กร้อยละ 22.5 น้ำมันรำข้าวร้อยละ 15.0 น้ำเชื่อมร้อยละ 32.0 และน้ำค้างร้อยละ 0.5 วิธีการผลิตแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ 1) ไส้ขมนม โดยนำเนื้อทุเรียน

มากวนกับน้ำตาล เติมน้ำแข็งข้าวเหนียว และกลีเซอรอล กวนด้วยไฟอ่อนจนกระทั่งเหนียว 2) ส่วนของแป้ง หุ้มขนมผลิตโดยผสมน้ำเชื่อม น้ำค้าง และน้ำมัน ร้าข้าว จากนั้นผสมแป้งขนมปังและแป้งเค้ก นวดให้ เข้ากัน พักแป้งไว้เป็นเวลา 1 คืน แบ่งแป้งเป็นก้อน ๆ ละ 15 กรัม ริดเป็นแผ่น ชั่งไว้ขนมเป็นก้อน ๆ ละ 20 กรัม นำแป้งที่ริดเป็นแผ่นมาห่อไส้ขนม นำไป กดลงบนพิมพ์ขนมไหว้พระจันทร์และนำไปอบโดยใช้เตาอบไฟฟ้าี่ห้อ Elextrolux รุ่น EOT70DB อบที่ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที นำออกมาทาน้ำขนมด้วยไข่แดงและนำไปอบต่อที่ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์

นำผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์น้ำหนักบรรจุ 40 กรัม มาบรรจุภัณฑ์ในถาดขนม โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาตัวแปร 2 ตัวแปรคือ ตัวแปรที่ 1 รูปแบบการบรรจุ 3 รูปแบบคือ 1) บรรจุในถุงพลาสติกประเภทโพลิโพรพิลีน (polypropylene; PP) (ชุดควบคุม) ขนาด 4x6 นิ้ว หน้า 40 ไมครอน ที่มีค่าการซึมผ่านไอน้ำ 0.99 กรัม/เมตร² .วัน 2) บรรจุในถุงพลาสติกประเภทโพลิโพรพิลีนที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจนขนาดบรรจุ 2 กรัม (PP+O₂ absorber) 3) บรรจุในถุงสุญญากาศชนิด Nylon-linear low density polyethylene (Nylon-LLDPE) โดยกำหนดให้ขนาดของถุงเท่ากับ 4x6 นิ้ว ความหนา 50 ไมครอน ตัวแปรที่ 2) ระยะเวลาการเก็บรักษาคือ วันที่ 0, 7, 14, 21, 28, 35 และ 42 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 29±2 องศาเซลเซียส ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ สุ่มเก็บตัวอย่างทุก ๆ 5 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ หรือจนกว่าตัวอย่างมีคุณภาพเสื่อมเสีย/ไม่เป็นที่ยอมรับ วิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้ 1) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี

โดยใช้เครื่อง Novasina AG รุ่น CH-8853 2) ปริมาณความชื้นโดยวิธี (AOAC, 2000) 3) ปริมาณกรดไธโอ บาบิฟูริก (Thiobarbituric acid, TBA) โดยวิธี (AOAC, 2000) 4) คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด และรา ตามวิธี (AOAC, 2000)

วางแผนการทดลอง แบบ 3×7 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 21 โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ค่า a_w

จากการเก็บรักษาตัวอย่างขนมไหว้พระจันทร์ด้วยรูปแบบการบรรจุในถุง PP ถุง PP +O₂ absorber และ ถุง nylon-LLDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 7, 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน พบว่า รูปแบบการบรรจุและระยะเวลาการเก็บรักษา มีผลต่อค่า a_w ทั้งในส่วนของการเปลี่ยนแปลงและไส้ขนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) แป้งขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง PP มีค่า a_w เท่ากับ 0.51±0.01 ไส้ขนมมีค่า a_w เท่ากับ 0.53±0.01 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 42 วัน ค่า a_w ของแป้งขนมมีค่าเท่ากับ 0.81±0.04 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 60.78 ไส้ขนมมีค่าเท่ากับ 0.70±0.01 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 32.08 ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง PP +O₂ absorber วันแรกของการเก็บรักษาแป้งขนมมีค่า a_w เท่ากับ 0.51±0.01 ไส้ขนมมีค่าเท่ากับ 0.53±0.02 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 42 วัน ค่า a_w แป้งขนมมีค่าเท่ากับ 0.71±0.01 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 39.22 ไส้ขนมมีค่า a_w เท่ากับ 0.68±0.01 เพิ่มขึ้นคิด

เป็นร้อยละ 28.30 ส่วนการบรรจุในถุงสุญญากาศชนิด nylon-LLDPE วันแรกของการเก็บรักษาแ่งหุ้มขนมมีค่า a_w เท่ากับ 0.51 ± 0.01 ใส่นมมีค่า a_w เท่ากับ 0.53 ± 0.02 เมื่อเก็บเป็นเวลา 42 วัน ค่า a_w แ่งหุ้มขนมมีค่าเท่ากับ 0.64 ± 0.01 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 25.49 ใส่นมมีค่า a_w เท่ากับ 0.62 ± 0.01 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 16.98 ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2) การเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ในแ่งหุ้มขนมที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นผลเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์อาหารประเภทที่มีแ่งหุ้ม จัดเป็นขนมที่มีองค์ประกอบหลายส่วน ซึ่งปัจจัยที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w คือการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจากส่วนของใส่นมไปยังส่วนของแ่งหุ้มขนม ซึ่งการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและจะค่อย ๆ ช้าลงจนถึงจุดสมดุลคือองค์ประกอบทั้ง 2 ส่วนมีความชื้นใกล้เคียงกันสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chysirichote and Mekrawee (2016) ที่ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมเปียะเล็กสดพลังงานโดยพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ค่า a_w ของใส่นมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากเกิดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำจากส่วนของใส่นมไปยังส่วนของแ่งหุ้มขนม ส่วนรูปแบบการบรรจุพบว่า การบรรจุในถุงพลาสติก PP มีการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ทั้งในส่วนของการแ่งหุ้มขนมและใส่นมมากที่สุด เนื่องจากถุง PP มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำอยู่ในช่วง 10-12 กรัม/ตารางเมตร/วัน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ทำให้เกิดการถ่ายเทความชื้นจากภายนอกบรรจุภัณฑ์เข้าไปถึงตัวผลิตภัณฑ์เพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุล (Thuwawiroj, 2012) ส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง PP + O₂ absorber พบว่า สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ทั้งในส่วนของการแ่งหุ้มขนมและใส่นมเนื่องจาก สารดูดซับออกซิเจนทำหน้าที่ดูดซับออกซิเจนในโมเลกุลของไอน้ำจากบรรยากาศ

ภายในบรรจุภัณฑ์ ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ล้อมรอบอาหารต่ำกว่าค่า a_w ของอาหาร จึงมีการเคลื่อนย้ายความชื้นและทำให้อาหารในบรรจุภัณฑ์ที่มีสารดูดซับออกซิเจนมีค่า a_w ต่ำกว่าปกติ (Rotarwut *et al.*, 2018) ส่วนการเก็บรักษาในถุงสุญญากาศชนิด nylon-LLDPE พบการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ทั้งในส่วนของการแ่งหุ้มขนมและใส่นมน้อยที่สุดเนื่องจากถุงสุญญากาศชนิด nylon-LLDPE มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ 0.062 กรัม. มิลลิเมตร/ตารางเมตร/วัน ซึ่งมีผลทำให้เกิดการซึมผ่านของอากาศได้น้อย จึงสามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์ซึ่งค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลอย่างมากต่อการเสื่อมเสียของอาหาร เพราะความชื้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีอย่างช้า ๆ และมีการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย ดังนั้น การลดปริมาณน้ำในอาหารจึงเป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี (Khoshakhlagh *et al.*, 2014) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น

2. ปริมาณความชื้น

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์พบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและรูปแบบการบรรจุ 3 รูปแบบส่งผลต่อปริมาณความชื้นทั้งในส่วนของการแ่งหุ้มขนมและใส่นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของขนมไหว้พระจันทร์พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ปริมาณความชื้นในส่วนของการแ่งหุ้มขนมจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 7.31-7.39 เป็นร้อยละ 8.56-9.85 ปริมาณความชื้นของใส่นมมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 7.90-8.03 เป็นร้อยละ 8.76-9.53 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 42 วัน (ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2) จากการทดลองพบว่า ปริมาณความชื้นในแ่งหุ้มขนมจะเพิ่มขึ้นทั้ง 3 รูปแบบการบรรจุ เนื่องจากเกิดการ

เคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจากส่วนของไส้ขนมไปยังส่วนของแป้งหุ้มขนม ส่งผลทำให้ส่วนของแป้งหุ้มขนมมีปริมาณความชื้นที่สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chunu (2010) ที่ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเบี๊ยะไส้สับปะรดโดยพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 6 สัปดาห์ ปริมาณความชื้นในส่วนของแป้งหุ้มขนมเพิ่มจากร้อยละ 5.15-5.75 เป็นร้อยละ 5.31-5.83 โดยการบรรจุในถุง PP มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นสูงสุด เนื่องจากถุง PP มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำอยู่ในช่วง 10-12 กรัม/ตารางเมตร/วัน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ทำให้เกิดการถ่ายเทความชื้นจากภายนอกบรรจุภัณฑ์เข้าไปถึงตัวผลิตภัณฑ์เพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุล (Thuwawiroj, 2012) การบรรจุในถุง PP + O₂ absorber พบว่า ขนมไหว้พระจันทร์ทั้งส่วนของแป้งหุ้มขนมและส่วนของไส้ขนมมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นน้อยกว่าการบรรจุในถุง PP เพียงอย่างเดียว เนื่องจากสารดูดซับออกซิเจนทำหน้าที่ดูดซับออกซิเจนในโมเลกุลของไอน้ำจากบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งจะสารดูดซับออกซิเจนจะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงความชื้นได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากคุณสมบัติหลักของสารดูดซับออกซิเจนคือช่วยจับกับออกซิเจนซึ่งส่งผลต่อการเกิดกลิ่นผิดปกติในผลิตภัณฑ์อาหาร หากต้องการลดปริมาณความชื้นอาจต้องเปลี่ยนชนิดของบรรจุภัณฑ์เช่น การบรรจุสารดูดซับออกซิเจนร่วมกับการบรรจุในถุงอูมิเนียมฟอยล์ (Jariyawaranugoon, 2013; Ramzy *et al.*, 2011) ส่วนการบรรจุในถุงสุญญากาศชนิด nylon-LLDPE พบการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและไส้ขนมน้อยที่สุด เนื่องจากถุง nylon-LLDPE มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ 0.062 กรัม. มิลลิเมตร/ตารางเมตร/วัน ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทมีปริมาณลดลงกว่าปกติ ซึ่งช่วยชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางเคมี

(Awoyale *et al.*, 2013) ซึ่งวิธีการดังกล่าวให้ผลดีในด้านอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บได้นานขึ้น แต่ส่งผลต่อเนื่องสัมพันธ์เนื่องจากตัวผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์จะเกิดการหดตัวแบบซิดดิกกัน ทำให้รูปทรงของอาหารเปลี่ยนไป ซึ่งหากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น อาจต้องวิธีการอื่น เช่น การดัดแปลงบรรยากาศร่วมกับการใช้ลิเชอรอล (Rotarwut *et al.*, 2018; Changso, 2020) เป็นต้น

3. ค่า TBA

ค่า TBA เป็นดัชนีบ่งบอกถึงคุณภาพที่มีความสำคัญบ่งชี้ถึงการเกิดออกซิเดชันในไขมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะวัดปริมาณสาร secondary oxidation products ที่เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็น primary oxidation products จะเกิดมากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Phothapaeree *et al.*, 2017) นอกจากนี้ยังมีปริมาณออกซิเจนและค่า a_w เป็นปัจจัยในการเร่งให้เกิดปฏิกิริยา (Banchuen *et al.*, 2009) โดยปริมาณ TBA ซึ่งใช้เป็นดัชนีในการวัดการเสื่อมเสียคุณภาพของไขมันในอาหาร เมื่อค่า TBA ไม่เกิน 1.6 มิลลิกรัม มาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม พบว่า ไขมันเสื่อมเสียเล็กน้อย (Salah *et al.*, 2022) อาหารยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และผู้บริโภคยังไม่ได้รับกลิ่นเหม็นหืน ค่า TBA มากกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ทำให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้ และค่า TBA มากกว่า 7 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ทำให้ไขมันเสื่อมสภาพและมีกลิ่นรุนแรง (Gray, 1978) จากผลการวิเคราะห์ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์พบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและรูปแบบการบรรจุ 3 รูปแบบส่งผลต่อค่า TBA ทั้งในส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของขนม

ไหว้พระจันทร์พบว่า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 42 วัน ค่า TBA ในส่วนของแป้งหุ้มขนมจะเพิ่มขึ้นจาก 0.51-0.56 มิลลิกรัมมาลอนไดออลดีไฮด์ต่อกรัม เป็น 0.73-1.69 มิลลิกรัมมาลอนไดออลดีไฮด์ต่อกรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 42 วัน คิดเป็นร้อยละ 43.14-201.78 ส่วนค่า TBA ของไส้ขนมมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.25-0.26 มิลลิกรัมมาลอนไดออลดีไฮด์ต่อกรัม เป็น 0.79-1.07 มิลลิกรัมมาลอนไดออลดีไฮด์ต่อกรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 42 วัน คิดเป็นร้อยละ 216.00-311.54 (ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2) จากผลการทดลองพบว่า การบรรจุขนมไหว้พระจันทร์ในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่า TBA ในผลิตภัณฑ์ต่างกัน ด้วย ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง PP พบการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA สูงสุดทั้งส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนม เนื่องจากถุง PP ไม่มีคุณสมบัติในการป้องกันออกซิเจน ออกซิเจนจากภายนอกสามารถแพร่เข้าสู่ภายในบรรจุภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ทำให้เร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่วนขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง PP + O₂ absorber พบว่า สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA เนื่องจากสารดูดซับออกซิเจนทำหน้าที่ลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ให้เหลือน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ของความเข้มข้นทั้งหมด โดยสารดูดซับออกซิเจนสามารถใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสถานะอัดบรรจุบรรจุอากาศหรือสถานะอากาศปกติ เมื่อปริมาณออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์อยู่ในระดับต่ำ ทำให้สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Promkhan *et al.*, 2020) แต่ข้อจำกัดของการใช้สารดูดซับออกซิเจนคือ มีประสิทธิภาพเพียงระยะหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากออกซิเจนจากภายนอกสามารถแพร่เข้าสู่ภายในบรรจุภัณฑ์อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งทำให้ประสิทธิภาพของสารดูดซับออกซิเจนหมดไป ผลิตภัณฑ์ก็จะเกิดกลิ่นหืน (Chaisirichote, 2011; Laohasilpsomjit, 2018) ส่วนการบรรจุในถุงสุญญากาศชนิด nylon-LLDPE

พบการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA น้อยที่สุดเนื่องจากการบรรจุโดยดึงเอาอากาศที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ออก โดยไม่มีการพ่นก๊าซแทนที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน ได้แก่ ราทุกชนิดและแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน เช่น *Pseudomonas* sp. รวมทั้งป้องกันการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ต้องการออกซิเจน เช่น การเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาไลโปออกซิเดชัน (lipid oxidation) (Suksripaisal, 2016) เมื่อพิจารณาขนมไหว้พระจันทร์ทั้ง 3 สถานะการบรรจุพบว่า ตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์ มีค่า TBA ไม่เกิน 1.6 มิลลิกรัมมาลอนไดออลดีไฮด์/กิโลกรัม ซึ่งหมายถึงไขมันเสื่อมเสียเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Kachele *et al.*, 2017) ซึ่งค่า TBA เพียงอย่างเดียวอาจไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียของขนมไหว้พระจันทร์ สาเหตุหลักของการเสื่อมเสียของขนมไหว้พระจันทร์คือการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อพิจารณาค่า a_w ในส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา มีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.5-0.7 ซึ่งค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพและการเน่าเสียของอาหาร โดยเฉพาะการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดการเน่าเสีย ดังนั้น ควรมีการควบคุมให้มีค่า a_w ที่ต่ำกว่า 0.6 เพื่อให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Franceschini *et al.*, 2020)

Table 1 Change in water activity (a_w), Moisture content and thiobarbituric acid (TBA value) of bread during storage

Conditions	Days	water activity (a_w)	Moisture (%)	thiobarbituric acid (TBA value) (mgMAD/kg)
PP bag	0	0.51±0.01 ^f	7.34±0.16 ^d	0.51±0.05 ^f
PP bag	7	0.55±0.03 ^e	7.78±0.49 ^c	0.59±0.04 ^e
PP bag	14	0.60±0.02 ^d	7.86±0.21 ^c	0.59±0.08 ^e
PP bag	21	0.63±0.02 ^{cd}	7.87±0.41 ^c	0.71±0.10 ^c
PP bag	28	0.66±0.02 ^c	8.75±0.60 ^b	0.92±0.14 ^b
PP bag	35	0.73±0.01 ^b	9.07±0.39 ^{ab}	1.26±0.05 ^a
PP bag	42	0.81±0.04 ^a	9.56±0.23 ^a	1.69±0.18 ^a
PP+O ₂ absorber bag	0	0.51±0.01 ^f	7.35±0.24 ^d	0.52±0.02 ^f
PP+O ₂ absorber bag	7	0.53±0.02 ^{ef}	7.52±0.50 ^d	0.55±0.03 ^{ef}
PP+O ₂ absorber bag	14	0.57±0.02 ^d	7.53±0.22 ^d	0.57±0.02 ^c
PP+O ₂ absorber bag	21	0.60±0.02 ^d	7.98±0.20 ^c	0.71±0.03 ^c
PP+O ₂ absorber bag	28	0.61±0.01 ^d	8.16±0.46 ^c	0.81±0.05 ^{bc}
PP+O ₂ absorber bag	35	0.66±0.01 ^c	8.59±0.25 ^c	0.92±0.04 ^b
PP+O ₂ absorber bag	42	0.71±0.01 ^b	9.20±0.42 ^a	0.92±0.10 ^b
Nylon-LLDPE vacuum bags	0	0.51±0.01 ^f	7.33±0.22 ^d	0.51±0.02 ^f
Nylon-LLDPE vacuum bags	7	0.51±0.02 ^f	7.39±0.32 ^d	0.52±0.02 ^f
Nylon-LLDPE vacuum bags	14	0.52±0.02 ^{ef}	7.51±0.40 ^d	0.55±0.0 ^{ef}
Nylon-LLDPE vacuum bags	21	0.54±0.01 ^e	7.87±0.50 ^c	0.60±0.02 ^e
Nylon-LLDPE vacuum bags	28	0.55±0.02 ^e	8.01±0.46 ^c	0.64±0.05 ^{de}

Table 1 (Continuous)

Conditions	Days	water activity (a_w)	Moisture (%)	thiobarbituric acid (TBA value) (mgMAD/kg)
Nylon-LLDPE vacuum bags	35	0.61±0.02d	8.50±0.25b	0.66±0.03de
Nylon-LLDPE vacuum bags	42	0.64±0.01c	8.56±0.50b	0.73±0.02c

^{a-f} Different letters in a column indicate significantly different level ($p<0.05$) according to Duncan's multiple range test.

Table 2 Change in water activity (a_w), Moisture content and thiobarbituric acid (TBA value) of durian cream filling during storage

Treatment	Days	water activity (a_w)	Moisture (%)	thiobarbituric acid (TBA value) (mgMAD/kg)
PP bag	0	0.53±0.01 ^c	7.65±0.38 ^c	0.26±0.03 ^f
PP bag	7	0.56±0.02 ^d	8.24±0.08 ^d	0.30±0.03 ^f
PP bag	14	0.56±0.02 ^d	8.97±0.16 ^b	0.33±0.08 ^f
PP bag	21	0.59±0.01 ^b	8.99±0.11 ^b	0.40±0.09 ^c
PP bag	28	0.64±0.02 ^b	9.01±0.03 ^b	0.63±0.08 ^c
PP bag	35	0.69±0.02 ^a	9.20±0.19 ^a	0.82±0.01 ^b
PP bag	42	0.70±0.01 ^a	9.23±0.11 ^a	1.07±0.12 ^a
PP+O ₂ absorber bag	0	0.53±0.02 ^c	7.63±0.64 ^e	0.26±0.02 ^f
PP+O ₂ absorber bag	7	0.55±0.02 ^d	8.06±0.75 ^{de}	0.27±0.05 ^f
PP+O ₂ absorber bag	14	0.56±0.02 ^d	8.68±0.30 ^{cd}	0.28±0.01 ^f
PP+O ₂ absorber bag	21	0.58±0.02 ^{cd}	8.80±0.70 ^c	0.29±0.02 ^f
PP+O ₂ absorber bag	28	0.61±0.01 ^c	8.88±0.13 ^c	0.33±0.01 ^f
PP+O ₂ absorber bag	35	0.65±0.01 ^b	8.88±0.12 ^c	0.51±0.02 ^d
PP+O ₂ absorber bag	42	0.68±0.01 ^{ab}	9.12±0.73 ^{ab}	0.90±0.02 ^{ab}
Nylon-LLDPE vacuum bags	0	0.53±0.02 ^c	7.65±0.53 ^c	0.26±0.04 ^f
Nylon-LLDPE vacuum bags	7	0.53±0.05 ^e	7.90±0.32 ^{de}	0.26±0.03 ^f
Nylon-LLDPE vacuum bags	14	0.54±0.02 ^c	8.14±0.56 ^d	0.27±0.03 ^f
Nylon-LLDPE vacuum bags	21	0.55±0.01 ^d	8.25±0.62 ^d	0.28±0.02 ^f
Nylon-LLDPE vacuum bags	28	0.57±0.02 ^{cd}	8.54±0.21 ^{cd}	0.30±0.01 ^f
Nylon-LLDPE vacuum bags	35	0.60±0.02 ^c	8.69±0.26 ^{cd}	0.47±0.05 ^{de}
Nylon-LLDPE vacuum bags	42	0.62±0.01 ^c	8.71±0.36 ^c	0.78±0.25 ^b

^{a-f} Different letters in a column represent significantly different level ($p<0.05$) according to Duncan's multiple range test.

4. คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการเก็บรักษาตัวอย่างขนมไหว้พระจันทร์ด้วยบรรจุภัณฑ์ถุง PP ถุง PP+O₂ absorber และถุงสุญญากาศชนิด nylon-LLDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 7, 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อราทุก 7 วัน โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมไหว้พระจันทร์ (Thai Industrial Standards Institute, 2003) ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้ คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และจำนวนเชื้อราต้องน้อยกว่า 1×10^2 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จากการทดลองพบว่า ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง PP มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับ 1.2×10^1 CFU/g ปริมาณเชื้อราเท่ากับ 1.2×10^1 CFU/g ในวันที่ 21 พบว่า เชื้อจุลินทรีย์มีปริมาณ 2.4×10^4 CFU/g ส่วนเชื้อรา มีปริมาณ 2.7×10^2 CFU/g ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน พบว่า จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อราเกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงสรุปได้ว่า สามารถเก็บรักษาได้ 14 วัน ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง PP+O₂ absorber พบว่า มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับ 1.0×10^1 CFU/g เชื้อราเท่ากับ 1.3×10^1 CFU/g เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 35 วัน พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 8.7×10^4 CFU/g ส่วนเชื้อรา มีปริมาณเท่ากับ 5.0×10^2 CFU/g ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด สรุปได้ว่า เก็บรักษาได้ 28 วัน ส่วนขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุถุงสุญญากาศชนิด nylon-LLDPE พบว่า มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับ 1.0×10^1 CFU/g เชื้อราเท่ากับ 1.2×10^1 CFU/g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 42 วัน พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 6.8×10^4 CFU/g ส่วนเชื้อรา มีปริมาณเท่ากับ 2.1×10^2 CFU/g ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด สรุปได้ว่า เก็บรักษาได้ 35 วัน (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า a_w และปริมาณ

ความชื้น โดยการใช้สารดูดซับออกซิเจนทำให้ปริมาณจุลินทรีย์และเชื้อราที่พบในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าการบรรจุในถุง PP เพียงอย่างเดียว ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chysirichote and Mekrawee (2018) ที่ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในขนมเปี๊ยะที่ทำจากไส้ถั่วกวนสูตรลดค่า a_w โดยพบว่า สามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 2 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32 ± 2 °C) ซึ่งการเสื่อมเสียจะเกิดขึ้นบริเวณเปลือกขนมเนื่องจากมีค่า a_w และปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเชื้อรา รวมถึงพืชที่เชื้อราสร้างขึ้นด้วย ส่วนการบรรจุในสภาวะสุญญากาศพบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานที่สุด เนื่องจาก การบรรจุในสภาวะสุญญากาศเป็นการดึงอากาศภายในภาชนะออกไปและผนึกแน่นไม่ให้มีอากาศเข้าไปได้อีก (Kernberger *et al.*, 2017) การที่ไม่มีออกซิเจนจะช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจน ซึ่งมักเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร และการใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษา สามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนหรือใช้ออกซิเจนเพียงเล็กน้อยในการเจริญเติบโต ส่งผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (Aday and Caner, 2013)

Table 3 Microbiological qualities of mooncake product during storage

Treatment	Storage time (days)	Total viable count (cfu/g)	Mold (cfu/g)
PP bag	0	1.2×10^1	1.2×10^1
	7	5.3×10^2	1.7×10^1
	14	9.3×10^3	3.0×10^1
	21	2.4×10^4	2.7×10^2
	28	-	-
	35	-	-
	42	-	-
PP +O ₂ absorber	0	1.0×10^1	1.3×10^1
	7	2.2×10^2	1.5×10^1
	14	7.5×10^2	2.8×10^1
	21	2.7×10^3	4.6×10^1
	28	6.8×10^3	8.7×10^1
	35	8.7×10^4	5.0×10^2
	42	-	-
Nylon-LLDPE	0	1.0×10^1	1.2×10^1
	7	1.3×10^1	1.5×10^1
	14	2.7×10^2	2.7×10^1
	21	4.1×10^2	3.2×10^1
	28	1.0×10^3	4.8×10^1
	35	5.8×10^3	6.8×10^1
	42	6.8×10^4	2.1×10^2

สรุป

จากการศึกษาปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและรูปแบบการบรรจุ 3 รูปแบบ พบว่า ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และ จุลชีววิทยา ของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ สภาวะการบรรจุในถุง PP สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องได้นาน 14 วัน สภาวะการบรรจุในถุง PP+O₂ absorber สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องได้นาน 28 วัน และสภาวะ

การบรรจุถุงสุญญากาศชนิด nylon-LLDPE สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องได้นาน 35 วัน โดยที่ยังคงมีค่า aw ปริมาณความชื้น จุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อรา อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมเปี๊ยะ (Thai Industrial Standards Institute, 2003) ส่วนค่า TBA พบว่า ตลอดระยะเวลา 42 วัน ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 สภาวะ มีค่า TBA ไม่เกิน 1.6 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ซึ่งหมายถึงไขมันเสื่อมเสียเล็กน้อย

ผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทั้งนี้การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงสุญญากาศชนิด nylon-LLDPE สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพเคมี จุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้การควบคุมคุณภาพระหว่างกระบวนการผลิต การบรรจุ และการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย ก็ยังเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Aday, M.S. and Caner, C. 2013. The shelf life extension of fresh strawberries using an oxygen absorber in the biobased package. **LWT-Food Science Technology** 52(2): 102-109.
- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC international**. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Md.
- Awoyale, W., Maziya, D.B. and Menkir, A. 2013. Effect of packaging materials and storage conditions on the physicochemical and chemical properties of ogi powder. **Journal of Food Agriculture and Environment** 11: 242-248.
- Banchuen, J., Thammarutwasik, P., Ooraikul, B., Wuttijumngong, P. and Sirivongpaisal, P. 2009. Effect of germinating processes on bioactive component of Sangyod Muang Phatthalung rice. **Thai Journal of Agricultural Science** 42(4): 191-199.
- Chaisirichote, P. 2011. The Development of reduced-calorie flaky chinese pastry (Kha-nom pai lek) by using fat replacer and fat replacer. Doctor of philosophy Thesis of science, Kasetsart University. (in Thai)
- Changso, S. 2020. Development of production process and shelf-life extension of cooked sticky rice in bamboo shoot cut (kao lam) in Amphur Muang, Nakhon Pathom province. **VRU Research and Development Journal Science and Technology** 15(2): 1-15.
- Chuaythong, C. and Rachtanpun, C. 2017. Effect of packaging film and oxygen absorber on shelf life extension of chinese pastry (Kha-nom pia). **Italian Journal of Food Science** 30(5): 51-56.
- Chunu, N. 2010. Development of khanom-Pia with pineapple paste filling. Master thesis of science, Kasetsart University. (in Thai)
- Chysirichote, T. and Mekrawee, N. 2016. **Research Report on Flaky Chinese Pastry (Kha-Nom Pia Kularb) Substituted Wheat flour with Sinin rice flour**. Suan Dusit University, Bangkok. (in Thai)
- Chysirichote, T. and Mekrawee, N. 2018. The Use of sinin rice flour substituted wheat four in the crust of flaky chinese pastry (kha-nom pia kularb). **RMUTP Research Journal** 12(1): 27-39. (in Thai)
- Franceschini, B., Previdi, M.P. and Schianchi, I. 2020. Food Spoilage by Bacilli: Combined Effects of pH, aw and Storage Temperature on Spore Germination and Growth in Cultural Broth Added with Solutes and Organic Acids. **Journal of Advances in Microbiology** 20(3): 49-55.

- Gray, J.I. 1978. Measurement of lipid oxidation: A review. **Journal of the American Oil Chemist's Society** 55: 539-546.
- Jariyawaranugoon, U. 2013. Combined effect of honey and O₂ absorber packaging on storage quality of chocolate sponge cake. **Advance Journal of Food Science and Technology** 5(3): 236-243.
- Kachele, R., Zhang, M., Gao, Z. and Adhikari, B. 2017. Effect of vacuum packaging on the shelf-life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4°C. **LWT Food Science and Technology** 80: 163-168.
- Kernberger, F., Kehrenberg, I.C., Klein, G., Schaudien, D. and Krischek, C. 2017. Influence of modified atmosphere and vacuum packaging with and without nanosilver-coated films on different quality parameters of pork. **Journal of Food Science and Technology** 54: 3251-3259.
- Khoshakhlagh, K., Hamdami, N., Shahedi, M. and Le-Bail, A. 2014. Quality and microbial characteristics of part-baked Sangak bread packaged in modified atmosphere during storage. **Journal of Cereal Science** 60: 42-47.
- Laohasilpsomjit, S. 2018. Active packaging systems for dried tea. **Rajabhat Agricultural Journal** 17: 34-41. (in Thai)
- Phothapaeree, N., Jarusaksakul, N., Somwangthanaroj, A. and Tananuwong, K. 2017. Influence of packaging and storage conditions on quality parameters and shelf life of solar-dried banana. **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 39(2): 253-260.
- Promkhan, S., Saithi, S. and Wongbasg, C. 2020. Effect of drying conditions and shelf life of crispy cricket product. **Khon Kaen Agricultural Journal** 48(1): 1-12. (in Thai)
- Ramzy, K.A., Ashok-Babu, T.P. and Kadoli, R. 2011. Semi-analytical method for heat and moisture transfer in packed bed of silica gel. **International Journal of Heat and Mass Transfer** 54: 983-993.
- Rotarwut, B., Pongpool, C., Jiu, P. and Palakawong, C. 2018. Process Development and Shelf Life Extension of Thai Custard Bread. **Prawarun Agricultural Journal** 15(1): 168-177. (in Thai)
- Salah, R.B., Slima, S.B., Ktari, N., chouikhi, A., Trabelsi, I., Hzami, A., Taktak, M.A. and Msaddak, L. 2022. Antioxidant activities, functional properties, and application of a novel *Lepidium sativum* polysaccharide in the formulation of cake. **Food Science and Nutrition** 10: 822-832.
- Suksripaisal, C. 2016. Production and storage of ready-to-eat reduced fat chineese sausage using hurdle technology. Master Thesis of Science, Thammasat University. (in Thai)
- Thai Industrial Standards Institute. 2003. **Community product standard: Khanom-Pia (115/ 2003)**. Available source: https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0115_5, August 18, 2022. (in Thai)
- Thuwawiroj, W. 2012. Shelf Life Extension of Chinese Rose Pie (Kha-Nom Pie Kularb) by Using Humectant and Packaging. Master Thesis of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)