รายงานวิจัย

การยืดอายุการเก็บรักษาขนมไหว้พระจันทร์ด้วยสาร ฮิวเมกเตนท์ : กรณีศึกษา บริษัทซัน โฟรเซ่น ฟรุ๊ต จำกัด

Shelf life Extension of Full Moon Cake using Humectants: Case study in Sun Frozen Fruit CO., LTD.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ
ภารดี พละไชย

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2564
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานวิจัย

การยืดอายุการเก็บรักษาขนมไหว้พระจันทร์ด้วยสาร ฮิวเมกเตนท์ : กรณีศึกษา บริษัทซัน โฟรเซ่น ฟรุ๊ต จำกัด

Shelf life Extension of Full Moon Cake using Humectants: Case study in Sun Frozen Fruit CO., LTD.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ
ภารดี พละไชย

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2564
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย การยืดอายุการเก็บรักษาขนมไหว้พระจันทร์ด้วยสารฮิวเมกเตนท์ : กรณีศึกษา บริษัทซัน โฟรเซ่น ฟรุ๊ต จำกัด
ชื่อผู้วิจัย กมลทิพย์ กรรไพเราะ และภารดี พละไชย
คณะ/หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัย ราชภัฏยะลา
ปีงบประมาณ 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์โดยการใช้กลีเซอรอลซึ่งเป็นสารฮิวเมกแทนต์ในการลดค่าวอเทอร์แอกติวิตี้ (a_w) ในการผลิตขนมไหว้พระจันทร์ในส่วนของไส้ขนมมีการใช้กลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 และศึกษาผลกระทบที่มีต่อวอเทอร์แอกติวิตี้และคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design; RCBD) ใช้วิธี 9 point hedonic scale กับผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ผลการทดลองพบว่า การใช้กลีเซอรอลในส่วนของไส้ขนมที่ระดับร้อยละ 3 มีผลในการลดค่าวอเทอร์แอกทิวิตี้ (0.676) และมีค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมสูงสุด คือ 8.27±0.91 คะแนน ส่วนผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ 3 ชุดการทดลองคือ 1. การบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (PP) 2. การบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจน ($PP+O_2$ absorber) 3. บรรจุแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 สัปดาห์พบว่า การบรรจุขนมไหว้พระจันทร์ในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอายุการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ การบรรจุขนมไหว้พระจันทร์ในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ และสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์คือคือ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LLDPE สภาวะสุญญากาศ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอายุการเก็บรักษา 5 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง โดยที่คุณภาพยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (มผช. 115/2555) ซึ่งสามารถนำผลจากงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมอบและนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ : ขนมไหว้พระจันทร์, สารฮิวเมกแตนต์, บรรจุภัณฑ์, ยืดอายุการเก็บรักษา

Research Title Shelf life Extension of Full Moon Cake using Humectants: Case study in Sun Frozen Fruit CO., LTD.

Researchers Kamontip Kanpairo and Pharadee Phalachai

Faculty Science Technology and Agricultural

University Yala Rajabhat University

Year 2021

Abstract

The objectives of this research were to develop the process and extend shelf life of full moon cake using glycerol as humectants to reduce water activity (a_w). The glycerol were incorporated at 0, 3 and 6% level of filling paste. Their effects on water activity (aw) and the sensory quality were studied. The experimental design was randomized complete block design; RCBD. The method of sensory evaluation was based on the nine-point hedonic scale by 30 panelists. The effect of incorporation of glycerol to filling paste at 3% level had the lowest water activity (0.676) and had the greatest liking score (8.27±0.91). To study storage methods, the sample of full moon cake were kept in 3 different types of storage; 1. Polypropylene bag (PP) 2. Polypropylene bag with oxygen absorber and 3. Vacuum packaging with all stored at 29±2 °C during 6 weeks of storage. The result showed that the shelf life of full moon cake stored at 2 9±2 °C was 2 weeks in Polypropylene bag (PP), 4 weeks in Polypropylene bag with oxygen absorber, 5 weeks in Nylon/LLDPE bag with vacuum packaging and the quality was still within the standard (Thai Community Product Standard, 115/2012). The result of this study can be applied to baked food products or further commercialized.

Keywords : Full moon cake, Humectants, Packaging, Extend shelf life

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ซึ่งได้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย ส่งเสริมให้เกิดกระบวนการในการดำเนินการวิจัย ทำให้การวิจัยดำเนินไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ เพื่อใช้ในการดำเนินวิจัย

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาในการเสนอแนะ ให้ข้อคิดเห็น และติดตามให้การทำวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้

การวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จะได้นำไปเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัย หากมีข้อผิดพลาดประการใดในการทำวิจัย ครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอน้อมรับ เพื่อนำมาพัฒนาต่อไป

ขอขอบคุณในความร่วมมืออันดียิ่ง
กมลทิพย์ กรรไพเราะและภารดี พละไชย
(2564)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	1
ขอบเขตการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ขนมไหว้พระจันทร์	3
การเสื่อมเสียของอาหารประเภทขนมเปี๊ยะและขนมไหว้พระจันทร์	5
บรรจุภัณฑ์	9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	16
วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์/เครื่องมือ และวิธีการ	16
การดำเนินการวิจัย	17
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	20
ศึกษาการผลิตขนมไหว้พระจันทร์	20
ศึกษาหาปริมาณการใช้สารฮิวเมกแตนท์ (กลีเซอรอล) ที่เหมาะสมในการลดค่า a_w ในส่วนของไส้ทุเรียนและแป้งหุ้มขนมไหว้พระจันทร์	20
ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์	23
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	37
สรุป	37
ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	44
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ	44
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์คุณลักษณ์ทางเคมี	44
ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์	46
ภาคผนวก ง. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	48
ประวัติผู้วิจัย	49

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ปริมาณการใช้สารฮิวเมกแตนท์ (กลีเซอรอล) ในผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ ร้อยละ 0 3 และ 6	22
4.2	ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของขนมไหว้พระจันทร์ที่ใช้สารฮิวเมกแตนท์ (กลีเซอรอล) 3 ระดับ	23
4.3	ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในขนมไหว้พระจันทร์เป็นเวลา 6 สัปดาห์	31
4.4	ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราในขนมไหว้พระจันทร์เป็นเวลา 6 สัปดาห์	32
4.5	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์	35

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	กระบวนการผลิตขนมไหว้พระจันทร์	17
4.1	ขนมไหว้พระจันทร์	20
4.2	การเปลี่ยนแปลงปริมาณ a_w ของขนมไหว้พระจันทร์ในส่วนที่เป็นแป้งและไส้ระหว่างการเก็บรักษา	25
4.3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นขนมไหว้พระจันทร์ในส่วนที่เป็นแป้งและไส้ระหว่างการเก็บรักษา	27
4.4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TBA ของขนมไหว้พระจันทร์ในส่วนที่เป็นแป้งและไส้ระหว่างการเก็บรักษา	29

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ขนมไหว้พระจันทร์เป็นขนมอบชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยม โดยเฉพาะในช่วงเทศกาลไหว้พระจันทร์ ถือเป็นขนมมงคลของชาวจีน ทำจากแป้ง มีไส้บรรจุภายใน มีขนาดต่างกัน ส่วนที่เป็นเปลือกประกอบด้วยแป้งสาลี ไขมันหรือน้ำมัน อาจมีส่วนผสมของไข่ มีทั้งไส้คาวและไส้หวาน ทำให้สุกด้วยการอบ (ธีรนุช ฉายศิริโชติและณัจยา เมฆราวี., 2559) ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มักเสื่อมเสียง่ายเนื่องจากการเคลื่อนย้ายของความชื้นจากไส้มาจากเปลือกขนม ส่งผลทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย ซึ่งจากการทำวิจัยสหกิจศึกษากับบริษัทซัน โฟรเซ่น ฟู้ดส์ จำกัด จ.นราธิวาสพบว่า ทางบริษัทได้ทำความร่วมมือกับทางมหาวิทยาลัยในการฝึกงานสหกิจศึกษา ซึ่งหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารได้ส่งนักศึกษาทำวิจัยสหกิจศึกษาในหัวข้อเรื่อง การศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิตไส้ขนมจากทุเรียน: กรณีศึกษา บริษัท ซัน โฟรเซ่น ฟรุ้ต จำกัด ซึ่งหัวข้อวิจัยดังกล่าวทางบริษัทได้นำไปใช้ประโยชน์โดยนำไปผลิตเป็นไส้ขนมให้บริษัท S&P ซึ่งจากการทำวิจัยด้านสหกิจศึกษาในครั้งนั้นพบปัญหาว่า ไส้ทุเรียนมีความชื้นสูง เมื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นไส้ขนมไหว้พระจันทร์ก็ไม่สามารถวางจำหน่ายได้เนื่องจากผลิตภัณฑ์เกิดเชื้อราได้ง่าย ผลิตภัณฑ์มีอายุไม่เกิน 1 สัปดาห์ ซึ่งการเสื่อมเสียของขนมประเภทนี้มีสาเหตุหลายประการเช่น การเกิดกลิ่นหืน กลิ่นอับ และการเจริญเติบโตของเชื้อราในผลิตภัณฑ์ (ธีรนุช ฉายศิริโชติ, 2559) สอดคล้องกับวโรดม ธุววิโรจน์. (2555) ที่กล่าวว่าขนมอบประเภทขนมเปี๊ยะ ขนมไหว้พระจันทร์ มี่ผลิตแบบครัวเรือนจะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 1 สัปดาห์ ส่วนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมจะมีอายุการเก็บรักษา 2 – 4 สัปดาห์ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ชนิดของบรรจุภัณฑ์ สภาวะในการเก็บรักษาและวางจำหน่าย สาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการเสื่อมเสียคือ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้มีองค์ประกอบหลายส่วน (multidomain foods) และองค์ประกอบเหล่านี้มีระดับความชื้นที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการถ่ายเทความชื้นระหว่างตัวแป้งและไส้ขนมในระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลทำให้คุณภาพของอาหารเปลี่ยนแปลงไปเช่น การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัส รวมทั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งอาหารที่มีความชื้นและบรรจุในภาชนะปิดอาจมีปัญหาในเรื่องการะบายความชื้นที่เคลื่อนย้ายจากภายในมาภายนอกชิ้นอาหาร ทำให้อาหารมีความชื้นสูงเหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญและสนใจที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวคิดที่จะลดปริมาณความชื้นหรือการลดค่า a_w ในผลิตภัณฑ์ โดยใช้สารฮิวเมกแตนท์ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณความชื้นและค่า a_w ในผลิตภัณฑ์ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี

จุลินทรีย์และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ได้นานที่สุด ซึ่งสามารถนำผลจากงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทขนมอบและต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับของสารฮิวเมกแตนท์และการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมที่ส่งผลต่อการลดปริมาณ a_w ในส่วนของแป้งและไส้ขนมไหว้พระจันทร์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาระดับของสารฮิวเมกแตนท์ โดยในงานวิจัยนี้คือ กลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 0 3 และ 6 และการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 3 รูปแบบคือ 1)ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) 2) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจน 3) บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LLDPE แบบสภาวะสุญญากาศ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ เพื่อหาระยะเวลาการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงระยะเวลาการการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ไส้ทุเรียนในสภาวะการเก็บรักษาในรูปแบบต่างๆ

นิยามศัพท์เฉพาะ

ขนมไหว้พระจันทร์ หมายถึง ขนมอบชนิดหนึ่งทำด้วยแป้งสาลีผสมกับน้ำเชื่อม น้ำมันพืช น้ำด่าง หรือ ส่วนประกอบอื่น หุ้มไส้ต่างๆ เช่น ไส้ทุเรียนกวนผสมเมล็ดแตงโม ไส้เผือกไข่เค็ม ไส้ถั่วเขียว นำไปอัดลงพิมพ์แล้วนำไปอบจนสุก

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขนมไหว้พระจันทร์

ขนมไหว้พระจันทร์ หมายถึง ขนมอบชนิดหนึ่งทำด้วยแป้งสาลีผสมกับน้ำเชื่อม น้ำมันพืช น้ำด่าง หรือ ส่วนประกอบอื่น หุ้มไส้ต่างๆ เช่น ไส้ทุเรียนกวนผสมเมล็ดแตงโม ไส้เผือกไข่เค็ม ไส้ถั่วเขียว นำไปอัดลงพิมพ์แล้วนำไปอบจนสุก (มผช. 1454/2555)

ขนมไหว้พระจันทร์เป็นขนมอบชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในประเภทขนมเปี๊ยะ โดยขนมชนิดนี้รับความนิยม โดยเฉพาะในช่วงเทศกาลไหว้พระจันทร์ ถือเป็นขนมมงคลของชาวจีนทำจากแป้ง มีไส้บรรจุภายในมีขนาดต่างกัน ส่วนที่เป็นเปลือกประกอบด้วยแป้งสาลี ไขมันหรือน้ำมัน อาจมีส่วนผสมของไข่ มีทั้งไส้คาวและไส้หวาน ทำให้สุกด้วยการอบ (ธีรนุช ฉายศิริโชติและณัจยา เมฆราวี., 2559)

วัตถุดิบที่ใช้ทำขนมเปี๊ยะไหว้พระจันทร์

1. แป้งสาลี แป้งสาลีที่นิยมใช้ในการทำขนมไหว้พระจันทร์ส่วนใหญ่จะใช้แป้งอเนกประสงค์ เพราะมีปริมาณโปรตีนสูงปานกลาง (ร้อยละ 10-12) ท่าให้โครงสร้างของเปลือกขนมแข็งแรง ไม่เปราะหักง่าย มีความนุ่มเมื่อรับประทาน ถ้าน่าแป้งสาลีที่มีโปรตีนสูง เช่น แป้งขนมปังมาทำขนมไหว้พระจันทร์จะพบว่าสัดส่วนของไขมันและน้ำที่ใช้ในส่วนผสมอาจไม่เพียงพอ เพราะแป้งขนมปังมีปริมาณ โปรตีนสูง (ร้อยละ 12-14) สามารถดูดน้ำได้มาก กลูเตนเกิดขึ้นเร็ว ลักษณะเปลือกขนมขนมไหว้พระจันทร์ที่สุก จะมีความแข็งกระด้าง ไม่กรอบร่วน แต่ถ้าใช้แป้งเค้กซึ่งมีโปรตีนในแป้งต่ำ (ร้อยละ 7-10) มีความสามารถดูดน้ำได้น้อย ดังนั้นเปลือกขนมที่อบสุกจะเปราะบาง ร่วน หักง่าย แต่สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเปลือกขนมชั้นในได้ เพื่อช่วยให้เปลือกขนมไหว้พระจันทร์มีความนุ่มมากขึ้น (ธีรนุช ฉายศิริโชติ, 2559)

2. น้ำ น้ำเป็นของเหลวที่ใช้ผสมกับแป้งเพื่อให้เกิดเป็นโด (Dough) น้ำทำให้โปรตีนในแป้งรวมตัวกันเกิดกลูเตนซึ่งมีโครงร่างคล้ายฟองน้ำ ช่วยควบคุมความหนืดของโด ช่วยควบคุมอุณหภูมิของโด ช่วยละลายส่วนผสมอื่น ๆ ให้กระจายอย่างสม่ำเสมอและรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้สตาร์ชเปียกและเกิดการพองตัว ปริมาณน้ำเป็นตัวกำหนดความแข็งของผลิตภัณฑ์ ถ้าโดแฉะเกินไปจะเหนียวเหนอะหนะติดมือและเครื่องมือ ท่าการปั้นเป็นรูปร่างได้ยากและไม่สม่ำเสมอ ถ้าโดแห้งเกินไปจะผสมยาก ปั้นท่ารูปร่างยาก ไม่สามารถขึ้นฟูได้เต็มที่ ขนาดของ ขนมจะเล็ก เนื้อขนมจะแน่น

3. น้ำตาล เป็นส่วนผสมที่ทำให้ขนมมีรสหวาน อร่อย มีคุณค่าทางโภชนาการ ทำให้ขนมนุ่น น้ำตาลทรายแต่ละชนิด จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน น้ำตาล คือคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน ให้พลังงานสูง ในน้ำตาลทรายขาว 1 กรัม ให้พลังงานถึง 4 แคเลอรี่ นอกจากพลังงาน น้ำตาลไม่ให้สารอาหารอย่างอื่นเลย แต่น้ำตาลทรายแดงหรือน้ำตาลดิบจะมีธาตุเหล็กและแคลเซียมอยู่บ้าง มีปริมาณเหล็กสูงกว่าน้ำตาลชนิดอื่นๆ เนื่องจากน้ำตาลให้พลังงานสูง จึงมีการใช้สารให้ความหวานชนิดอื่นๆในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งคุณสมบัติของสารที่ใช้ทดแทนน้ำตาลเพื่อผลิตอาหารพลังงานต่ำควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- มีพลังงานน้อยกว่า 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม
- ผลิตมาจากวัตถุดิบและใช้กระบวนการผลิตที่ปลอดภัย
- ให้ความหวานเท่ากับหรือมากกว่าน้ำตาลซูโครส และไม่มีรสชาติอื่นที่ไม่พึงประสงค์
- มีคุณสมบัติในด้านหน้าที่ในอาหารเหมือนน้ำตาล เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล การหมัก เพิ่มรสชาติ แหล่งคุณค่าทางโภชนาการ ให้รสหวาน เนื้อสัมผัส ความหนืด
- มีความปลอดภัยและไม่ทำให้ฟันผุ
- ไม่มีสี กลิ่น หรือทำให้อาหารเปลี่ยนสีหรือกลิ่นเป็นในทางที่ไม่พึงประสงค์
- มีราคาไม่สูงกว่าน้ำตาลทรายมากเกินไป (มลศิริ วีโรทัย, 2545)

ในการผลิตขนมไหว้พระจันทร์นิยมใช้น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครสเป็นหลักทั้งส่วน ของเปลือกและไส้ น้ำตาลทำให้เกิดสีน้ำตาลที่ผิวของขนม ให้ความหวาน และความชุ่มชื้นแก่ไส้ โดยปกติไส้ขนมไหว้พระจันทร์มักมีรสหวานจัด เพื่อช่วยให้ขนมเก็บได้นานเพราะน้ำตาล ช่วยให้เกิดความนุ่ม มีผลท่าให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีปริมาตรที่ดีเนื่องจากน้ำตาลป้องกัน การเกิดเจลในสตาร์ชและการแข็งตัวของโปรตีน

4. น้ำมัน น้ำมันที่นิยมทำขนมไหว้พระจันทร์ในสมัยก่อนจะใช้น้ำมันหมูเพราะมีความแข็งตัวให้ กลิ่นรสที่ดี ท่าให้ขนมนุ่มน่ารับประทาน และแยกชั้นดี แต่ปัจจุบันผู้ทำมีความจำเป็นในธุรกิจการขายได้ทุกกลุ่มผู้บริโภค เพื่อความสะดวกต่อการใช้และราคาถูกจึงนิยมใช้น้ำมันพืช (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2556) ในการทำขนมไหว้พระจันทร์ทั่วไปมักใช้น้ำมันปาล์ม เพราะไม่มีกลิ่น สามารถเก็บได้นาน ซึ่งการเติมไขมันหรือน้ำมันในขนมไหว้พระจันทร์ช่วยทำให้เกิดความคงตัว ทำให้มีลักษณะโครงสร้างเฉพาะ ช่วยหล่อลื่น ทำให้กลูเตนหรือแป้งขาดออกจากกันเป็นส่วนเล็ก ๆ ทำให้ร่วน แยกชั้น และมีกลิ่นรสที่ดี เมื่อใส่น้ำมันหรือไขมันลงในแป้งสาลีจะทำให้ความเหนียวของแป้งลดลง โดยน้ำมันจะไปเคลือบเม็ดแป้งหรือไขมันแยกกลูเตนออกจากกันเป็นก้อนเล็ก ๆ ไม่เกาะกัน น้ำมันจะทำให้แป้งนุ่มได้ขึ้นอยู่กับความสามารถเคลือบผิวของเม็ดแป้ง

5. ไส้ขนม ไส้ขนมส่วนใหญ่นิยมใช้เมล็ดถั่วต่าง ๆ เช่น ถั่วเขียว ถั่วแดง โดยการนำไปกวนซึ่งนิยมใช้น้ำมันกวนแทนกะทิ เพราะน้ำกะทิทำให้ไส้มีการอายุการเก็บสั้น บูดง่าย นอกจากนี้ยังนิยมใช้ผลไม้กวนชนิดอื่นมาเป็นไส้ขนมเช่น สับปะรดกวน ทุเรียนกวน ซึ่งไส้ขนมไม่ควรแฉะหรือเหลวเกินไป เพราะจะทำให้เปลือกขนมแตกขณะที่อบได้

6. กลีเซอรอล กลีเซอรอลจัดเป็นสารควบคุมความชื้นหรือสารดูดความชื้น (Humectant) ชนิดหนึ่ง โดยสารควบคุมความชื้น คือ สารที่ทำหน้าที่ดูดความชื้นในอาหารใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการรักษาปริมาณความชื้นไว้ในระดับที่ต้องการ สารดูดความชื้นได้ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาการผลิตอาหาร เพื่อให้มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ให้เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไม่แข็งกระด้างจนเกินไป อีกทั้งยังเป็นตัวช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้อีกด้วย สารดูดความชื้นที่นิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ น้ำตาล กลูโคสไซรัป กลีเซอรอล ซอร์บิทอล โพพีลีน ไกลคอล เป็นต้น

กลีเซอรอลเป็นสารประกอบที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีความหวานประมาณ 0.6-0.7 เท่าของน้ำตาลซูโครส จัดเป็นสารจำพวกน้ำตาลแอลกอฮอล์หรือโพลิออล ซึ่งอนุพันธ์ของแซคคาไรด์ซึ่งหมู่ของคีโตนหรืออัลดีไฮด์ถูกแทนที่โดยหมู่ไฮดรอกซิล มีคุณสมบัติทนต่อความร้อนและสารเคมีได้ดี จึงไม่สลายตัวได้ง่าย ดูดซับและเก็บความชื้นได้ดี ละลายน้ำได้ดี มีรสหวาน น้อยกว่าน้ำตาล โพลิออลเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ได้รับความนิยมใช้ในอาหารเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณภาพดีขึ้น คุณสมบัติที่สำคัญของกลีเซอรอลนั้น ได้แก่ ความสามารถในการดูดความชื้น ความสามารถในการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์อาหาร การให้ความหนืด ความสามารถในการเป็นตัวทำละลายที่ดี นอกจากนี้กลีเซอรอลจัดเป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้นจึงนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยาอย่างแพร่หลาย เช่น การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เพื่อช่วยในการกักเก็บความชื้นมีผลให้ ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่มและชุ่มชื้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (วิชมณี ยืนยงพุทธกาลและคณะ., 2561)

การเสื่อมเสียของอาหารประเภทขนมเปี๊ยะและขนมไหว้พระจันทร์

ผลิตภัณฑ์ขนมขนมไหว้พระจันทร์เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีลักษณะค่อนข้างนุ่มชุ่มฉ่ำ การเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย สามารเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต การขนส่งและการเก็บรักษาทำให้ขนมสัมผัสกับอุณหภูมิ ความชื้น ออกซิเจนและแสง ซึ่งปัจจัยแวดล้อมเหล่านี้ จะกระตุ้นกลไกการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียขึ้นในผลิตภัณฑ์ นอกจากปัจจัยแวดล้อมแล้ว องค์ประกอบภายในของอาหารยังเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมขนมไหว้พระจันทร์ เนื่องจากขนมประเภทนี้เป็นอาหารที่มีองค์ประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือแป้งและไส้ ซึ่งทั้ง 2 ส่วน

มีระดับค่า a_w แตกต่างกัน ทำให้ในระหว่างการเก็บรักษา เกิดการเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำจากส่วนไส้ซึ่งมีระดับค่า a_w สูงมายังส่วนของแป้งซึ่งมีระดับค่า a_w ต่ำกว่าอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งระดับค่า a_w ของแป้งเพิ่มขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกับค่า a_w ของไส้ นอกจากการเคลื่อนที่ของน้ำระหว่างส่วนของแป้งและไส้แล้ว ยังมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารไปสู่สภาวะแวดล้อม เพื่อให้เกิดสมดุลของระดับค่า a_w ระหว่างอาหารและสภาวะแวดล้อมอีกด้วย จากการเปลี่ยนแปลงระดับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ดังกล่าว ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านในต่าง ๆ ของอาหาร ได้แก่ความคงตัวทางด้านจุลินทรีย์ คุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัส ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากคุณภาพดังกล่าวของอาหารนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นและระดับค่า a_w ขององค์ประกอบในอาหาร การที่อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะและคุณภาพในทางที่ไม่ต้องการ ซึ่งรวมถึงสี กลิ่น รส รูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร และคุณค่าทางโภชนาการตลอดจนความปลอดภัยของผู้บริโภค หรือในบางกรณีอาหารที่เสื่อมเสียอาจจะเป็นอาหารที่มีอันตรายต่อผู้บริโภคขั้นเจ็บป่วยหรือเสียชีวิตสาเหตุหลักที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียแบ่งได้ 3 ประเภท คือ การเสื่อมเสียทางกายภาพ การเสื่อมเสียทางเคมี และการเสื่อมเสียทางจุลชีววิทยา (อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล. 2554)

1. การเสื่อมเสียทางกายภาพ

กาหารนอกจากเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์และทางเคมีแล้ว ยังสามารถเกิดการเสื่อมเสียทางกายภาพได้อีกทางหนึ่งด้วย โดยลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไปของอาหารนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญ ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงการเสื่อมเสียทางกายภาพได้ เนื้อสัมผัสเป็นกลุ่มของคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งเกิดจากโครงสร้างภายในของอาหาร โดยเกิดจากความรู้สึกของการสัมผัสเป็นอย่างแรก ซึ่งสัมพันธ์กับการเสียรูป การแตกตัว และการไหลของอาหารภายใต้แรงกด ซึ่งสามารถชี้ให้เห็นถึงความสำคัญสามประการของเนื้อสัมผัสได้ คือคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส โครงสร้างพื้นฐานของอาหาร และคุณสมบัติอื่นๆ ซึ่งประกอบไปด้วยความอ่อนนุ่ม ความเหนียว ความกรอบ ความฉ่ำ ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้ริโภคเป็นอย่างมาก โดยปกติแล้วการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์จะทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์และลักษณะปรากฏที่ไม่ดี ซึ่งเป็นสัญญาณของอาหารที่ไม่ปลอดภัยสำหรับการรับประทานก่อนที่การเสื่อมทางเนื้อสัมผัสจะปรากฏจากการเก็บรักษาการเสื่อมเสียทางกายภาพ เช่น การเปลี่ยนแปลงของความชื้นหรือ a_w ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะและเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไป (คณาจารย์ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, 2546)

2. การเสื่อมเสียทางเคมี

อาหารที่มีการเสื่อมเสียทางเคมีส่วนใหญ่นั้น มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารตามธรรมชาติภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม อาหารทุกชนิดที่แหล่งมาจากพืชและสัตว์นั้นมีเอนไซม์เป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย เอนไซม์จะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพของอาหาร โดยจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีในอาหาร ถ้าในกระบวนการแปรรูปอาหารต่างๆ ไม่มีการทำลายปฏิกิริยาของเอนไซม์แล้ว จะมีผลนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เป็นสภาพที่เกี่ยวกับการเน่าเสียของอาหารได้อย่าง

ชัดเจน ดังนั้นถ้าต้องการเก็บรักษาอาหารไว้ได้เป็นเวลานาน ควรทำลายเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารนั้นเสียก่อน

ในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาของอาหาร นอกจากจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหลายอย่างเกิดขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับส่วนประกอบภายในของอาหาร และปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมภายนอก การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นสาเหตุของการเน่าเสีย และอายุการเก็บรักษาลดลง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่สำคัญที่สุดจะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่อาศัยเอนไซม์ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะลิปิดออกซิเดชัน ซึ่งเปลี่ยนกลิ่นรสของไขมันที่เป็นส่วนประกอบในอาหารและการเกิด สีน้ำตาลโดยไม่อาศัยเอนไซม์ซึ่งเป็นสาเหตุการเปลี่ยนแปลงทางด้านลักษณะปรากฏ ในอุณหภูมิที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ห้อง ปฏิกิริยาที่อาศัยเอนไซม์สามารถทำปฏิกิริยาต่อคุณภาพของอาหารได้อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างเช่นการผ่าผลไม้และทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องจะทำให้เกิดสีน้ำตาลได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากปฏิกิริยาของฟีโนเลส (Phenolase) กับโครงสร้างเซลล์จะเกิดขึ้นบริเวณรอยตัด ของเนื้อเยื่อที่สัมผัสกับออกซิเจน เอนไซม์เช่นไลพอกซีจีเนส (Lipoxygenase) ซึ่งมีผลต่อคุณภาพอาหารที่เก็บในอุณหภูมิแช่แข็ง นอกจากอุณหภูมิแล้ว ปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น ออกซิเจน น้ำ และ ค่า pH นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของอาหารที่ถูกเร่งโดยเอนไซม์

การเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ เป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเสื่อมเสียคุณค่าทางโภชนาการในอาหาร การเกิดสีน้ำตาลในประเภทนี้เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโน ปฏิกิริยานี้ส่งผลต่อการสูญเสียคุณสมบัติของโปรตีน การคล้ำลงของสีและการเพิ่มขึ้นของรสขม ปัจจัยแวดล้อม เช่นอุณหภูมิ a_w และ ค่า pH มีอิทธิพลต่อการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์นอกจากนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวในอาหารเป็นสาเหตุสำคัญ ที่ก่อให้เกิดการเหม็นหืนระหว่างการเก็บรักษานานเท่าที่อาหารนั้นสัมผัสกับออกซิเจนได้ กลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นจากการเหม็นหืนของอาหาร การก่อตัวของอนุมูลอิสระระหว่างกระบวนการเร่งปฏิกิริยานำไปสู่ผลที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การสูญเสียวิตามิน การเปลี่ยนแปลงสี และการเสื่อมค่าของโปรตีน อัตราของออกซิเดชันของไขมันเกิดได้จากหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจน และน้ำอิสระ (a_w) โดยการเปลี่ยนแปลงด้านเคมีของขนมไหว้พระจันทร์ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของแป้งส่งผลให้เกิดกลิ่นอับเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและผลิตภัณฑ์ยังมีค่า a_w อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ ทำให้สีขิงผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป

3. การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสีย ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์และรา ซึ่งจะพบอยู่ทั่วไปในดิน น้ำ และอากาศ รวมทั้งในอาหาร เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตอาหาร เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม กล่าวคือ มีอุณหภูมิ ความชื้น ระดับ pH และอาหารของจุลินทรีย์เพียงพอ ก็จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตจนทำให้อาหารเสื่อมเสียได้ การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากสาเหตุทางจุลินทรีย์มี ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ องค์ประกอบของอาหารซึ่งเป็นตัวกำหนดชนิดของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นได้ดี ในอาหารชนิดนั้นๆเช่นแหล่งคาร์บอน และชนิดของแหล่งไนโตรเจนอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ วิตามิน และสารช่วยเจริญก็ยังเป็นตัวช่วยให้จุลินทรีย์ชนิดใดชนิดหนึ่งเจริญหรือไม่เจริญในอาหารนั้นๆ ด้วย pH ของอาหารก็เป็นตัวกำหนดชนิดของจุลินทรีย์ที่จะสามารถเจริญได้ในอาหารนั้นๆ เช่นกัน ซึ่งถ้าแบ่งกลุ่มของอาหารออกตามค่า pH จะแบ่งออกได้ 4 ชนิดคืออาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low acid food) pH สูงกว่า 5.3 จำเป็นต้องฆ่าชื้อที่อุณหภูมิสูง 115.5 – 121°C อาหารที่มีความเป็นกรดปานกลาง (medium acid food) เป็นอาหารที่มี pH ระหว่าง 4.5-5.3 จำเป็นต้องฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ ค่อนข้างสูง อาหารที่เป็นกรด (acid food) มี pH ระหว่าง 4.5 – 3.7 อาหารที่เป็นกรดจัด (high acid food) มี pH ต่ำกว่า 3.7 ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิน้ำเดือดก็ปลอดภัย จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่ pH ประมาณ 7.0 (6.6 – 7.5) แต่พบว่า รา สามารถเจริญได้ดีในช่วง pH 0 – 11.0 และ ยีสต์เจริญเติบโตได้ดีในช่วง pH 1.5 – 8.5 นอกจากนี้สามารถแบ่งชนิดของจุลินทรีย์ตามการใช้ออกซิเจนได้เป็น 3 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ (Obligate Aerobe) จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ (Obligate Anaerobe) และจุลินทรีย์ที่ใช้และไม่ใช้อากาศ (Facultative Anaerobe) ดังนั้น หากเก็บอาหารไว้ในสภาวะที่มีปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนต่างกัน ชนิดของจุลินทรีย์ที่จะเจริญ และทำให้อาหารเสื่อมเสียย่อมแตกต่างกันไปด้วย ด้านอุณหภูมิสามารถแบ่งจุลินทรีย์ตามความชอบในการเจริญที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ดังนี้ เทอร์โมไฟล์ (Thermophile) เจริญได้ที่อุณหภูมิสูง มีโซไฟล์ (Mesophile) เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง และไซโครไฟล์ (Psychrophile) เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำและไซโครโทรพ (Psychrotroph) เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำมากที่อุณหภูมิสูงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารจะสั้นกว่าที่สภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้เพราะอัตราการเจริญของจุลินทรีย์จะสูงกว่า และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีจะสูงถึง 2 - 3 เท่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส ปัจจัยทั้งนี้มีอิทธิพลร่วมกันในการกำหนดชนิด และปริมาณของจุลินทรีย์ที่เจริญขึ้นในอาหาร

วอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) จะมีค่าเท่ากับความดันไอของน้ำที่เกิดในอาหารนั้นส่วนความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน มีวิธีที่จะทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำน้ำในอาหารไปใช้ในการเจริญได้หลายวิธี คือให้ตัวถูกละลายและไอออนเป็นตัวดึงน้ำในสารละลายไว้ไม่ให้เป็นอิสระ การเติมน้ำตาลหรือเกลือเพิ่ม

ความเข้มข้นของตัวถูกละลายเป็นผลให้อาหารแห้งลง นอกจากดึงน้ำในสารละลายแล้ว ยังดึงน้ำในเซลล์จุลินทรีย์ออกมาด้วย การใช้สารคอลลอยด์ที่รวมกับน้ำหรือทำให้น้ำในอาหารไปใช้ไม่ได้ ดังนั้นการใส่สารดังกล่าวลงไปในอาหารร้อยละ 3 – 4 จะช่วยป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ และทำให้น้ำในอาหารตกผลึกเป็นน้ำแข็ง แบคทีเรียส่วนใหญ่จะเจริญได้ดีในอาหารที่มี a_w สูง และมีความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาลต่ำ จุลินทรีย์ต่างชนิดกันต้องการค่า a_w และระดับค่า a_w ต่างกัน จะส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของอาหารที่แตกต่างกัน (สวามินี ธีระวุฒิ และ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2560)

การยืดอายุการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เป็นการบ่งบอกถึงระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์และมีความปลอดภัยจากการบริโภครวมถึงยังมีลักษณะทางประสาทสัมผัส เคมี กายภาพ และชีวภาพเป็นที่พึ่งพอใจและคงไว้ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการตามที่ได้ระบุไว้ในฉลากโภชนาการทั้งนี้ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขของการเก็บรักษาตามสภาวะที่เหมาะสม การควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นในขนมเป็นวิธีหนึ่งที่จะยืดอายุของขนมได้ แต่การใช้ระบบบรรจุภัณฑ์ที่สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุ ของการเน่าเสียเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าจะสามารถเพิ่มอายุการเก็บได้อีก การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) หมายถึง รูปแบบของการบรรจุแก๊ส ภายในภาชนะบรรจุมีอัตราส่วนเปลี่ยนแปลงไปจากอากาศปกติ ซึ่งในสภาวะดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุในอากาศปกติ จะทำให้มีผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ โดยเฉพาะการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ การเน่าเสียและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการสัมผัสกับออกซิเจน สภาวะเหมาะสมภายในบรรจุภัณฑ์ที่ปรับสภาพบรรยากาศ เพื่อชะลอการเจริญของเชื้อและชะลอการเสื่อมเสียจะแตกต่างกันตามชนิดของผลิตภัณฑ์ (อรัญญา มิ่งเมือง, 2550)

บรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์คือ ภาชนะหรือโครงสร้างใดๆ ที่ใช้บรรจุหรือห่อหุ้มและรวบรวมผลิตภัณฑ์ให้เป็นหน่วย เพื่อนำส่งผลิตภัณฑ์ถึงผู้บริโภคในสภาพที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสื่อให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์แก่ผู้บริโภค และสามารถคุ้มครองผลิตภัณฑ์จากปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุในการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะช่วยรักษาคุณภาพของอาหาร ป้องกันการปนเปื้อนภายนอก ยืดอายุการเก็บรักษาและใช้ในการโฆษณาทางการตลาด โดยบรรจุภัณฑ์ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ ไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณค่าหรือด้อยคุณภาพลง ตัวบรรจุภัณฑ์ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร สามารถป้องกันผลิตภัณฑ์จากความชื้น แสง อากาศ ฝุ่นละออง การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังช่วยเก็บรักษากลิ่นของผลิตภัณฑ์อาหารและไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของอาหารที่อาจเกิดจากสิ่งแปลกปลอมจากบรรยากาศซึมผ่านผิวของบรรจุภัณฑ์เข้าไปทำปฏิกิริยาหรืออาจเกิดจากกลิ่นที่อยู่ในอาหารถูกดูดซึมโดยบรรจุภัณฑ์หรือกลิ่นซึมผ่านออกสู่บรรยากาศภายนอก โดยการบรรจุควรทำทันทีหลังจากที่ผลิตภัณฑ์

ออกจากการทำแห้งเพื่อป้องกันการดูดความชื้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์จับตัวเป็นก้อน ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541)

ชนิดของบรรจุภัณฑ์

1. พลาสติกพอลิเอทิลีน (polyethylene: PE)

พลาสติกพอลิเอทิลีนเป็นพลาสติกที่ผลิตขึ้นมาจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของเอทิลีนมอนอเมอร์ มี 2 ชนิด ได้แก่ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) พลาสติกพอลิเอทิลีนเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุด ในอุตสาหกรรมการบรรจุเนื่องจากมีราคาถูก และมีสมบัติทางการบรรจุที่ดีหลายประการ พลาสติกพอลิเอทิลีนมีความเฉื่อยต่อสารเคมีค่อนข้างสูง มีความเป็นขั้วต่ำ ท้าให้ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี แต่ยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านได้ง่าย และป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ต่ำ

2. พลาสติกพอลิโพรพิลีน (polypropylene: PP)

พลาสติกพอลิโพรพิลีนทำมาจากเม็ดพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ยอมให้แสงผ่านได้ดี สามารถมองเห็นอาหารที่บรรจุอยู่ภายในได้ ทนความร้อนได้สูงกว่าพลาสติก พอลิเอทิลีนถึง 300 องศาฟาเรนไฮต์ รับแรงดึงได้ถึง 100,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมีความเหนียว ทนทาน ในประเทศไทยใช้เม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีนเป่าเป็นถุงบรรจุเอนกประสงค์ ทั้งถุงร้อนและถุงเย็น เป็นต้น รูปแบบที่นิยมใช้คือ ถุงร้อนฟิล์มใส ห่อหุ้มอาหารกันอากาศเข้า กล่องบรรจุอาหาร เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่น คือ น้ำหนักเบา โปร่งใส มีความยืดหยุ่นสูง สามารถนำไปต้มฆ่าจุลินทรีย์ได้ สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี ทนต่อกรดและด่างได้ดีมาก สามารถขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ได้ ง่าย และมีราคาถูก

3. ลามิเนตฟอยล์ (laminated Foil)

เป็นถุงพลาสติกที่มีฟิล์มพลาสติกหลายชั้นจำพวก Polyester (PET), Metalized Polyester (M-PET), Polyamide (nylon), Cast polypropylene (CPP), Metalized cast polypropylene (M-CPP), Bi-oriented polypropylene (BOPP), กระดาษหรือแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีความหนา 0.15มิลลิเมตรหรือน้อยกว่า แล้วประกบเข้ากับพลาสติกอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งยึดระหว่างชั้นฟิล์มด้วยความร้อนหรือกาว มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ น้ำ ไขมัน และสารละลายอินทรีย์ ต้านทานการกัดกร่อนสูง ไม่เป็นพิษ น้ำหนักเบา และกันแสง ทำให้สามารถปกป้องและถนอมผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายในได้

การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศดัดแปร

การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศดัดแปร หมายถึง วิธีการที่ทำให้อากาศที่อยู่รอบๆ อาหารภายในบรรจุภัณฑ์มีส่วนประกอบที่แตกต่างไปจากส่วนประกอบของอากาศปกติ หรือ การบรรจุอาหารให้อยู่ใต้บรรยากาศของก๊าซชนิดต่างๆ หรือแม้กระทั่งไม่มีอากาศเหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์เลย

ประเภทของการบรรจุ

1. การบรรจุแบบสุญญากาศ

การบรรจุแบบสุญญากาศเป็นการบรรจุโดยดึงเอาอากาศที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ออก โดยไม่มีการพ่นก๊าซแทนที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องการการเสื่อมเสีย จากจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนได้แก่ ราทุกชนิด และแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน เช่น *Pseudomonas sp.* และป้องกันการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ต้องการออกซิเจน เช่น การเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชัน (lipid oxidation) การเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction)

2. การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศ

ทำได้โดยการบรรจุอาหารในบรรจุภัณฑ์ที่มีการปรับสัดส่วนบรรยากาศภายในให้มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยสัดส่วนของก๊าซที่ใช้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ อัตราส่วนของก๊าซเริ่มต้น และสภาวะการเก็บรักษา (ชิดชนก ศุขศรีไพศาล., 2559)

บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ

บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ เป็นนวัตกรรมการควบคุมองค์ประกอบของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งโดยมากใช้สารประกอบเคมี ที่มีสมบัติพิเศษในการดูดหรือคายก๊าซบางชนิด ได้แก่ สารดูดออกซิเจน สารดูดกลิ่น สารควบคุมความชื้น สารคายคาร์บอนไดออกไซด์หรือสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ คือ การป้องกันอาหารและขณะเดียวกันก็ควบคุมสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ โดยการยอม หรือสกัดกั้นการแพร่ของแก๊สต่างๆ ผ่านเข้า-ออกจากภาชนะบรรจุให้มีความเหมาะสมตามความต้องการของอาหารหรือผลิตผลนั้นเพื่อยืดอายุและรักษาคุณภาพ

ประเภทบรรจุภัณฑ์และวิธีการเก็บรักษา มีหลากหลายรูปแบบ ดังนี้

1. การใช้สารดูดความชื้น

สารดูดความชื้นคือ วัตถุดูดซับความชื้นใช้สำหรับกำจัดความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารในภาชนะบรรจุ ได้แก่ การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อราในอาหารแห้ง การเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ การเกิดสีน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส ได้แก่ การสูญเสียความกรอบ การเกาะตัวเป็นก้อนของอาหารผง การหดตัว และการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส โดยวัตถุดูดซับความชื้นจะทำหน้าที่กำจัดความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ ดังนี้

1) ความชื้นจากผลิตภัณฑ์อาหาร

2) ความชื้นที่หลงเหลืออยู่ภายในบรรจุภัณฑ์

3) ความชื้นจากไอน้ำที่ซึมผ่านจากภายนอกเข้าสู่บรรจุภัณฑ์

โดยสารดูดความชื้นที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรมสำหรับอาหาร ได้แก่ ซิลิกาเจล แคลเซียมออกไซด์ และ activated clay เป็นต้น โดยการใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารนิยมใช้ในรูปแบบบรรจุซอง (วัตถุดูดซับและควบคุมความชื้น)

2. การใช้สารดูดซับออกซิเจน

สารดูดซับออกซิเจนถูกนำมาใช้ในการเก็บรักษาอาหารเพื่อให้มีระดับก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกอยู่ในระดับต่ำซึ่งช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหารจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและยืดอายุการเก็บรักษานอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการเกิดออกออกซิเจนการเปลี่ยนสีในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล องค์ประกอบหลักของสารดูดซับออกซิเจน คือ ผงเหล็ก ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวดีออกซิไดซ์ ปกติแล้วผงเหล็กมักบรรจุในซองกระดาษเคลือบพลาสติก เช่น Ethylene-Vinyl Average (EVA) แล้วจึงใส่เข้าไปในบรรจุภัณฑ์ การใช้สารดูดซับออกซิเจนต้องอาศัยความชื้นที่เหมาะสมในการกระตุ้นการทำงาน เนื่องจากความชื้นจากผลิตภัณฑ์ทำให้ผงเหล็กเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกลายเป็นสนิมเหล็กก๊าซออกซิเจนภายใน ภาชนะจึงถูกใช้ไป ส่งผลให้มีปริมาณเหลืออยู่น้อยกว่าร้อยละ 0.1 นอกจากนี้ก๊าซออกซิเจน ที่ซึมผ่านเข้ามาระหว่างทางการรักษาก็จะถูก ดูดซับไว้ด้วยสามารถควบคุมปริมาณออกซิเจนให้ต่ำกว่าร้อยละ 0.4 ตลอดอายุเก็บรักษา ส่งผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน (อรวรรณ ติวเถาว์, 2557)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กมลทิพย์ กรรไพเราะและคณะ (2563) ศึกษาปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนในซองพลาสติกทำจากฟิล์มชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) 2 รูปแบบคือ สภาวะบรรยากาศปกติ และใช้สารดูดความชื้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 29±2 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุ 2 รูปแบบส่งผลต่อค่าความแข็ง ความสามารถในการคืนตัว ความสามารถในการเกาะตัว ค่า a_w และปริมาณความชื้นทั้งในส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนผลการใช้สารดูดความชื้นสำหรับผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงด้านความแข็ง ความสามารถในการคืนตัว ความสามารถในการเกาะตัว ค่า a_w และปริมาณความชื้นน้อยกว่าการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ จึงสรุปได้ว่าสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนคือบรรจุในถุงพลาสติกทำจากฟิล์มชนิดโพลีโพรพิลีนที่ภายในใส่สารดูดความชื้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอายุการเก็บรักษา 18 วันที่อุณหภูมิห้อง โดยที่คุณภาพยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (มผช. 115/2555)

ขนิษฐา อินทร์ประสิทธิ์และคณะ (2561) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาฝอยทองสด โดยการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลโดยศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารให้ ความหวานทดแทนน้ำตาล ร่วมกับการศึกษาอายุการเก็บรักษาและการยอมรับของผู้บริโภค ในการศึกษานี้ได้ใช้สารให้ความ หวานทดแทนน้ำตาลทราย 4 ชนิด คือ ซอร์บิทอล มอลทิทอล ไอโซมอลท์และแมนนิทอล ที่ระดับร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ของแต่ละชนิด ตามลำดับเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan New 's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ฝอยทองสดมีปริมาณความชื้นและค่า วอเตอร์แอคทีวิตี้ลดลงค่าความสว่าง (L*) ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ค่าสีแดง (a*) มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าสีเหลือง (b*) มีค่าลดลง และยังทำให้ฝอยทองสดมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความแข็งแรง (Tensile strength) ความยืดตัว (Extensibility) และความเหนียว (Toughness) เพิ่มขึ้น จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ฝอยทองสดที่มีการใช้ซอร์บิทอลทดแทนน้ำตาลทรายที่ร้อยละ 100 จึงนำมาศึกษาผลของการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ฝอยทองสด พบว่าการใช้ซอร์บิทอลทดแทนน้ำตาลทรายที่ร้อยละ 100 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาฝอยทองสดที่อุณหภูมิห้องได้นานขึ้นจากเดิม 4 วัน เป็นมากกว่า 1 สัปดาห์ โดยที่ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สิริมนต์ ชายเกตุ และคณะ, (2560) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมทองเอกเพื่อสุขภาพ โดยการ ปรับลดไขมัน ปริมาณน้ำตาล และเสริมธัญพืชในผลิตภัณฑ์ขนมทองเอก (2) เพื่อศึกษาการยอมรับ ของผู้บริโภคที่มีต่อขนมทองเอกเพื่อสุขภาพ และ (3) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของขนมทองเอก เพื่อสุขภาพโดยการวิเคราะห์ทางเคมีอาหาร ผลการเปรียบเทียบขนมทองเอก 3 สูตรพื้นฐานโดยการ ยอมรับทางประสาทสัมผัส (9-point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูตรที่ 1 มากกว่าสูตรที่2และสูตรที่ 3 ($p < 0.05$) ผู้วิจัยเลือกสูตรที่ 1 มาพัฒนาโดยการทดแทนกะทิด้วยกะทิธัญพืช พบว่าสูตรที่ทดแทน ด้วยกะทิธัญพืช มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าสูตรพื้นฐาน ($p<0.05$) จากนั้นเลือก สูตรที่ทดแทนด้วยกะทิธัญพืชมาพัฒนาโดยการทดแทนไข่แดงจากไข่ไก่ด้วยถั่วเขียวเลาะเปลือกร้อยละ 50 และร้อยละ 100 พบว่าสูตรที่ทดแทนไข่แดงจากไข่ไก่ด้วยถั่วเขียวเลาะเปลือกร้อยละ 100 มีคะแนน การยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าสูตรพื้นฐานและสูตรที่ทดแทนไข่แดงจากไข่ไก่ด้วยถั่วเขียว เลาะเปลือกร้อยละ 50 ($p < 0.05$) ผู้วิจัยจึงเลือกสูตรที่ทดแทนไข่แดงจากไข่ไก่ด้วยถั่วเขียวเลาะเปลือก ร้อยละ 100 มาพัฒนาโดยการลดปริมาณน้ำตาลลงร้อยละ 30 35 และ 40 ตามลำดับ พบว่า สูตรที่ ลดปริมาณน้ำตาลลงร้อยละ 35 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าสูตรพื้นฐานและสูตรที่ลดปริมาณน้ำตาลลงร้อยละ 30 และ 40 ($p < 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ลดปริมาณน้ำตาลลงร้อยละ 35 มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการโดยการวิเคราะห์ทางเคมีอาหาร ผลการศึกษาพบว่า สูตรที่ลดปริมาณน้ำตาลลงร้อยละ 35 มีพลังงานรวม ปริมาณของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำตาล น้อยกว่าสูตรพื้นฐาน

เบญจพร รอดอาวุธและคณะ (2561) ศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาโดยการใช้ กลีเซอรอลซึ่งเป็นสารฮิวเมกแทนต์ในการลดค่า a_w ทั้งในส่วนของไส้สังขยาและส่วนตัวขนมปังในการผลิตขนมปังสังขยา ในส่วนของไส้สังขยามีการใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุกโตสที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 และในส่วนตัวขนมปังมีการใช้ กลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 และศึกษาผลกระทบที่มีต่อค่า a_w และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความชอบรวม ผลการทดลองพบว่า การใช้กลีเซอรอลร่วมกับฟรุกโตสในส่วนของไส้สังขยาที่ระดับร้อยละ 6 มีผลในการลดค่า a_w ต่ำที่สุด (0.85) และมีค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมสูงสุด คือ 7.28 ส่วนการ ใช้กลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 3 ในส่วนตัวขนมปังมีความเหมาะสมในการลดค่า a_w ที่ค่าต่ำที่สุด คือ 0.83 และมี คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมเท่ากับ 6.85, 7.26, 7.55 และ 7.65 ตามลำดับ นำผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาที่ได้จากสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตจากส่วนไส้สังขยาและส่วนตัวขนมปังมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้องเย็น (4 องศาเซลเซียส) พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยาภายใต้อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา 3 วัน ส่วนผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิห้องเย็น 4 องศาเซลเซียส จะเก็บได้เป็นระยะเวลา 6 วัน โดยที่ค่า a_w เท่ากับ 0.85 และมีค่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมอยู่ในระดับดีคือ มีค่าคะแนนเท่ากับ 7.45, 6.40, 6.50 และ 6.45 ตามลำดับ

Moula et al., (2020). ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ส่งผลต่อคุณสมบัติบางประการของข้าวเกรียบปลา โดยนำข้าวเกรียบปลา 41 กรัมมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิดคือ 1. ชุดควบคุม (ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์) 2. บรรจุในถุงพลาสติกที่ทำจากเจลาติน+กลีเซอรอล (GEL/GlY) 3. บรรจุภัณฑ์ในถุงพลาสติกที่ทำจาก เจลาติน+กลีเซอรอล+สารสลัดจากตับปลาฉลาม (GEL/GlY/SQ) และ 4. บรรจุในถุงพลาสติก Nylon/LLDPE ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28±0.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5% เป็นเวลา 30 วัน จากนั้นนำมาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านความกรอบ (crispiness) และความเหนียว (toughness) พบว่าปริมาณความชื้นและไขมันส่งผลต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของอาหาร โดยทำให้ความกรอบของผลิตภัณฑ์ลดลงและมีความเหนียวมากขึ้น ข้าวเกรียบปลาที่บรรจุในถุงพลาสติก GEL/GlY และชุดควบคุม (ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์) มีค่าความกรอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตั้งแต่วันที่ 5 ของการเก็บรักษาในขณะที่ข้าวเกรียบปลาที่บรรจุใน GEL/GlY/SQ และ Nylon/LLDPE มีค่าความกรอบที่ค่อยๆลดลง ส่วนค่าความเหนียวของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุในถุงพลาสติก GEL/GlY และชุดควบคุม (ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์) พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 5 ของการเก็บรักษาเช่นกัน ส่วนข้าวเกรียบปลาที่บรรจุใน GEL/GlY/SQ และ Nylon/LLDPE มีค่าความเหนียวที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งการบรรจุข้าวเกรียบปลาในบรรจุภัณฑ์ในถุงพลาสติก GEL/GlY/SQ และ Nylon/LLDPE ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ แสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก GEL/GlY/SQ มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับพลาสติก Nylon/LLDPE คือช่วยป้องกันแสง อากาศ และความชื้น ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และเนื้อสัมผัสในข้าวเกรียบปลาเป็นไปอย่างช้า ๆ โดยสามารถเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาได้ 15 – 18 วัน

Nilsuwan et al., (2016) ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวเกรียบกุ้ง โดยนำข้าวเกรียบปลา 1.4 กรัมมาบรรจุในถ้วยอลูมิเนียมที่ปิดผนึก 4 รูปแบบคือ 1. ชุดควบคุม (ไม่ปิดผนึก) 2. ปิดผนึกด้วยฟิล์มเจลาติน (GE) 3. ปิดผนึกด้วยฟิล์มเจลาตินที่เคลือบด้วยน้ำมันปาล์ม (EF) และ 4. ปิดผนึกด้วยฟิล์ม Nylon/LLDPE ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28±0.5 ^{o}C ความชื้นสัมพัทธ์ 65±5% เป็นเวลา 15 วัน จากนั้นนำมาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านความกรอบ (crispiness) และความเหนียว (toughness) พบว่า ค่าความกรอบของข้าวเกรียบกุ้งที่ปิดผนึกด้วย GE, EF และ ชุดควบคุม มีค่าลดลงตั้งแต่วันที่ 3 ส่วนการปิดผนึกด้วยฟิล์ม Nylon/LLDPE ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ส่วนค่าความเหนียว (toughness) พบว่า ข้าวเกรียบกุ้งที่ปิดผนึกด้วย GE, EF และ ชุดควบคุม มีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 3 วันแรกของการเก็บรักษาและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนการปิดผนึกด้วยฟิล์ม Nylon/LLDPE พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเมื่อผ่านไป 6 วัน การเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสเป็นผลเนื่องมาจากระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น มีการถ่ายเทความชื้นและอากาศระหว่างตัวอาหารกับอากาศภายนอก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความกรอบลดลงและมีความเหนียวมากขึ้น ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่าแม้จะใช้ฟิล์มเจลาตินที่เคลือบด้วยน้ำมันปาล์มก็ไม่สามารถป้องกันการเคลื่อนที่ของความชื้นได้เมื่อเทียบกับบรรจุภัณฑ์ทางการค้า Nylon/LLDPE โดยสามารถป้องกันการเคลื่อนที่ของความชื้นได้เพียงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น (ประมาณ 1 สัปดาห์)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์/เครื่องมือ และวิธีการ

1. วัตถุดิบ/อุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบในการผลิตขนมไหว้พระจันทร์

- แป้งขนมปัง ตราม้าแดงและ แป้งเค้ก ตรากิเลนแดง
- ทุเรียน (บริษัทซัน โฟรเซ่น ฟรุ๊ต จำกัด)
- น้ำตาลทราย (ตราลิน)
- เกลือแกง

1.2 สารเคมี

- กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid, H_2SO_4) Merck Germany
- กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid, HCl) Merck Germany
- คอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulphate, $CuSO_4$) Merck Germany
- โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate, K_2SO_4) Merck Germany
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) Merck Germany
- กรดบอริก (boric acid, H_3BO_3) Merck Germany
- ปิโตรเลียมอีเธอร์ (petroleum ether) Merck Germany

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- อุปกรณ์สำหรับการผลิตขนมไหว้พระจันทร์
- อุปกรณ์สำหรับวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี ค่าการพองตัว ค่าสี และค่าพีเอช
- อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นและเนื้อสัมผัส
- อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี
- เครื่องวัดค่าสี
- เทอร์โมมิเตอร์

3.2 การดำเนินการวิจัย

3.2.1 วิธีการผลิตไหว้พระจันทร์

ผลิตไส้ทุเรียนและขนมไหว้พระจันทร์ตามสูตรและวิธีการของบริษัทซัน โฟรเซ่นฟู้ด จำกัด อ.ยี่งอ จ.นราธิวาสโดยในสูตรไส้ทุเรียนประกอบด้วยเนื้อทุเรียนร้อยละ 86.54 แป้งข้าวเหนียว ร้อยละ 4.81 และน้ำตาลร้อยละ 8.65 ตามลำดับ ส่วนแป้งขนมไหว้พระจันทร์ประกอบด้วย แป้งขนมปัง ตราม้าแดง 400 กรัม แป้งเค้ก ตรากิเลนแดง 300 กรัม น้ำมันพืช 200 กรัม น้ำเชื่อม 425 กรัม และน้ำด่าง 6.15 กรัม ดังภาพที่ 1

ชั่งส่วนผสม น้ำตาล น้ำ และน้ำมะนาว

↓

นำไปใส่หม้อ ต้มด้วยอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

↓

พักไว้ และเก็บไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์

ชั่งแป้งส่วนที่1 (แป้งเค้ก) ชั่งแป้งส่วนที่2 (แป้งขนมปัง) และชั่งน้ำมันรำข้าว ชั่งน้ำด่าง

↓

ผสมน้ำเชื่อม น้ำด่างและน้ำมันรำข้าว

↓

ร่อนแป้งส่วนที่1 แล้วผสมให้เข้ากัน

↓

พักแป้งข้างคืนหรือประมาณ 4-5 ชั่วโมง

↓

ร่อนแป้งส่วนที่ 2 ผสมกับแป้งส่วนที่ 1

↓

นวดให้เข้ากันแล้วพักแป้ง 3 นาที

↓

ชั่งแป้งก้อนละ 15 กรัม และชั่งไส้ก้อนละ 20 กรัม

↓

รีดแป้งเป็นแผ่น นำแป้งมาห่อไส้

↓

ทาน้ำมันในแม่พิมพ์ กดพิมพ์ลงบนขนมไหว้พระจันทร์

↓

พรมน้ำให้ทั่วก่อนนำไปอบ อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ใช้ไฟบน – ล่าง ในการอบ (พรมน้ำทุก ๆ 5 นาที)

↓

อบเสร็จพรมน้ำให้ทั่ว แล้วพักให้อุ่น ทาหน้าขนมด้วยไข่ที่เตรียมไว้

↓

อบต่อที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ใช้ไฟบน – ล่างในการอบ (พรมน้ำทุก ๆ 5 นาที)

↓

นำขนมออกจากเตา พักให้เย็น

↓

บรรจุในบรรจุภัณฑ์

ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตขนมไหว้พระจันทร์

3.2.2 ศึกษาหาปริมาณการใช้สารฮิวเมกแตนท์ (กลีเซอรอล) ที่เหมาะสมในการลดค่า a_w ในส่วนของไส้ทุเรียนและแป้งหุ้มขนมไหว้พระจันทร์

ศึกษาการลดค่า a_w ในส่วนของไส้ทุเรียนขนมไหว้พระจันทร์โดยเติมกลีเซอลรอลที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 ของน้ำหนักรวม จากนั้นวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ได้แก่

- การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสตามวิธีของ ธีรนุช ฉายศิริโชติ และณัจยา เมฆราวี. (2559) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT plus (Surry, England) ใช้หัววัดแบบ cylinder probe P/50 กดลงบน ตัวอย่าง 54.5 % ของความสูงเริ่มต้น ด้วยความเร็ว 0.3 มิลลิเมตรต่อวินาที บันทึกค่าแรงที่วัดได้ที่ระยะการกดต่าง ๆ รายงานค่าเป็น ค่าความแข็ง (hardness) ความสามารถในการคืนตัว (springiness) และความสามารถในการเกาะยึด (cohesiveness) การเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้แก่
- ค่า a_w ด้วยเครื่อง Novasina AG รุ่น CH – 8853
- ปริมาณความชื้นตามวิธีของ A.O.A.C. (2000)
- คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมโดยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (คะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบที่สุด และ 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) และวิเคราะห์ผลการทดลองโดย Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan’s New Multiple Range Test

คัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส

3.2.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์

นำผลิตภัณฑ์จากข้อ 3.2.2 มาบรรจุในถุงพลาสติก โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 3 รูปแบบคือ 1)ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) 2) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจน 3) บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LLDPE แบบสภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 29±2 องศาเซลเซียส ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทาง กายภาพ เคมีจุลินทรีย์และการยอมรับของผู้บริโภค สุ่มเก็บตัวอย่างทุกๆ 5 วัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ หรือจนกว่าตัวอย่างมีคุณภาพเสื่อมเสีย/ไม่เป็นที่ยอมรับ วิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

1. ตรวจสอบทางด้านกายภาพ ได้แก่
   - ปริมาณน้ำอิสระในอาหารโดยใช้เครื่องวอเตอร์แอกตีวีตี้ ตรา Aqualab รุ่น Ss 36090
2. ตรวจสอบทางด้านเคมี ได้แก่
   - ปริมาณความชื้น โดยวิธี A.O.A.C. (1990)
   - วิเคราะห์ค่าความหืน (Thiobarituric acid , TBA) ตามวิธี AOAC (2000)
3. ตรวจสอบทางจุลินทรีย์ ได้แก่
   - ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Bacterial Count)
   - เชื้อรา โดยวิธี A.O.A.C. (1990)
4. การยอมรับของผู้บริโภค

ตรวจสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทดสอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 9 point hedonic scale (ให้คะแนนความชอบ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด)

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับการการทดสอบทางกายภาพ เคมี ในแต่ละชุดการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Random Complete Block Design, RCBD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาการผลิตขนมไหว้พระจันทร์

ผลิตไส้ทุเรียนและขนมไหว้พระจันทร์ตามสูตรและวิธีการของบริษัทซัน โฟรเซ่นฟรู้ต จำกัด อำเภอยี่งอ จังหวัดนราธิวาส โดยในสูตรไส้ทุเรียนประกอบด้วยเนื้อทุเรียนร้อยละ 86.54 แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 4.81 และน้ำตาลทรายร้อยละ 8.65 ตามลำดับ ส่วนแป้งขนมไหว้พระจันทร์ประกอบด้วย แป้งขนมปัง ตราม้าแดง 400 กรัม แป้งเค้ก ตรากิเลนแดง 300 น้ำมันพืช 200 กรัม น้ำเชื่อม 425 กรัม และน้ำด่าง 6.15 กรัม ส่วนวิธีการผลิตคือ ชั่งแป้งส่วนที่1 (แป้งเค้ก) ชั่งแป้งส่วนที่ 2 (แป้งขนมปัง) และชั่งน้ำมันรำข้าว ชั่งน้ำด่าง ตามส่วนผสม จากนั้นนำแป้งมาผสมกับน้ำเชื่อมพักแป้งทิ้งไว้ 4-5 ชั่วโมง แบ่งแป้งเป็นก้อนๆละ 15 กรัม และปั้นไส้ทุเรียนกวนเป็นก้อนๆละ 20 กรัม นำแป้งมาห่อไส้ นำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ใช้ไฟบน – ล่างในการอบ (พรมน้ำทุก ๆ 5 นาที) อบเสร็จพรมน้ำให้ทั่ว แล้วพักไว้ นำไข่แดงมาทาขนมและอบต่อที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ใช้ไฟบน – ล่างในการอบ (พรมน้ำทุก ๆ 5 นาที) ได้ขนมไหว้พระจันทร์ (ภาพที่ 4.1) จากนั้นนำมาศึกษาการใช้สารฮิวเมกแตนท์ (กลีเซอรอล) ที่เหมาะสมในการลดค่า a_w ในส่วนของไส้ทุเรียนและแป้งหุ้มขนมไหว้พระจันทร์ในข้อต่อไป

ภาพที่ 4.1 ขนมไหว้พระจันทร์

4.2 ศึกษาหาปริมาณการใช้สารฮิวเมกแตนท์ (กลีเซอรอล) ที่เหมาะสมในการลดค่า a_w ในส่วนของไส้ทุเรียนและแป้งหุ้มขนมไหว้พระจันทร์

ศึกษาการลดค่า a_w ในส่วนของไส้ทุเรียนและแป้งหุ้มขนมไหว้พระจันทร์โดยผลิตขนมไหว้พระจันทร์ตามข้อ 4.1 จากนั้นศึกษาการเติมกลีเซอลรอลที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 ในส่วนของไส้ขนมไหว้พระจันทร์ ได้ผลการทดลองดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

ความแข็ง (Hardness)

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งของขนมไหว้พระจันทร์พบว่า การเติมกลีเซอรอลในระดับที่ต่างกัน ส่งผลต่อค่าความแข็งให้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าความแข็งมีความสัมพันธ์กับค่า a_w และปริมาณความชื้น การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 3 และ 6 ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเท่ากับ 53.887, 52.913 และ 51.070 กรัม ตามลำดับ โดยการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 6 ส่งผลให้ขนมไหว้พระจันทร์มีความแข็งต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องมาจากมีการใช้กลีเซอรอลมีคุณสมบัติเป็นกลุ่ม Hydrophilic ซึ่งจัดเป็นสารประกอบประเภท poly hydroxyl alcohol มีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลอยู่เป็นจำนวนมาก มีผลทำให้เกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้เป็นอย่างดี (กรรณิการ์ อ่อนสำลี, 2564) ดังนั้นเมื่อกลีเซอรอลแพร่เข้าไปในอาหารจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะอุ้มน้ำมากขึ้น ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของอาหารนุ่มขึ้น ซึ่งมีรายงานว่าสามารถนำกลีเซอรอลมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องผ่านการอบ ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยในการกักเก็บความชื้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่มและชุ่มชื้นขึ้นได้ (วิชมณี ยืนยงพุทธกาลและคณะ., 2561) จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีการประยุกต์ใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภทเช่น การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ขนมอบ (baked goods) เพื่อช่วยในการเก็บรักษาปริมาณความชื้นได้ระดับหนึ่ง มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่มและชุ่มชื้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (วชิราภรณ์ สุริยนต์., 2560)

2. ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

ค่า a_w และปริมาณความชื้น

จากการวิเคราะห์ค่า a_w และปริมาณความชื้นของขนมไหว้พระจันทร์พบว่า การเติมกลีเซอรอลในระดับที่ต่างกัน ส่งผลต่อค่า a_w และปริมาณความชื้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 3 และ 6 ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w เท่ากับ 0.709, 0.676 และ 0.629 ส่วนปริมาณความชื้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.653, 8.703 และ 8.593 ตามลำดับ จากการทดลองจะพบว่าร้อยละการเติมกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลง โดยการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 6 ทำให้ขนมไหว้พระจันทร์มีค่า a_w ต่ำสุดเนื่องจากกลีเซอรอลจัดเป็นสารฮิวเมกแทนต์จำพวกน้ำตาลแอลกอฮอล์หรือโพลิออล ซึ่งหมู่ของคีโตนหรืออัลดีไฮด์ถูกแทนที่โดยหมู่ไฮดรอกซิล มีคุณสมบัติทนต่อความร้อนและสารเคมีได้ดี จึงไม่สลายตัวได้ง่าย ดูดซับและเก็บความชื้นได้ดี ละลายน้ำได้ดี มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาล (Sorapukdee *et al.*, 2016) ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของกลีเซอรอลคือ สามารถดูดความชื้น สามารถป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นสารให้ความหนืด และไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ จึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยาอย่างแพร่หลาย เช่น การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ขนมอบเพื่อช่วยในการกักเก็บความชื้น ทำให้ ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่มและชุ่มชื้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (วิชมณี ยืนยงพุทธกาลและคณะ., 2561) โดยเมื่อใส่ในอาหารจะไปจับกับโมเลกุลของน้ำ โดยที่ไม่มีการสูญเสียน้ำออกจากอาหาร ส่งผลให้ค่า a_w ของอาหารลดต่ำลง (ชิดชนก ศุขศรีไพศาล., 2559) ส่วนปริมาณความชื้นพบว่า การเติมกลีเซอรอลในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับค่า a_w ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลมีสมบัติเป็นสารดูดความชื้น ซึ่งการเติมกลีเซอรอลใน

ปริมาณมากขึ้นจึงช่วยลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้นเช่นกัน สอดคล้องกับ เบญจพร รอดอาวุธและคณะ., (2561) ที่พัฒนากระบวนการผลิตและศึกษาอายุการเก็บรักษาของขนมปังสังขยาโดยศึกษาการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 3 และ 6 ของส่วนผสมทั้งหมดพบว่า การใช้กลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 3 ในส่วนตัวขนมปังมีความเหมาะสมในการลดค่า a_w 0.83 และมีผู้บริโภคยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับมาก (7 คะแนนขึ้นไป) เนื่องจากหากมีการใช้กลีเซอรอลที่มากเกิน อาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่ชุ่มชื้นเกินไปได้ ดังนั้นในการพิจารณาเลือกปริมาณการใช้กลีเซอรอลที่เหมาะสมในส่วนของขนมปังที่ได้จากการ ทดลองนั้นจะพิจารณาคัดเลือกจากผลของคุณภาพทางเคมี ในการลดค่า a_w ประกอบกับคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการใช้สารฮิวเมกแตนท์ (กลีเซอรอล) ในผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ร้อยละ 0 3 และ 6

คุณภาพ	ปริมาณสารฮิวเมกแตนท์ (ร้อยละ)		
	0	3	6
ความแข็ง (กรัม)	53.887 ± 15.32^{a}	52.913 ± 14.86^{a}	51.070 ± 9.20^{b}
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.709 ± 0.008^{a}	0.676 ± 0.003^{b}	0.629 ± 0.017^{c}
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	9.653 ± 0.316^{a}	8.703 ± 0.300^{b}	8.593 ± 0.393^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

ตัวอักษร $^{a\text{-}c}$ กำกับที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการวิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมไหว้พระจันทร์ที่เติมกลีเซอรอลในระดับที่ต่างกันพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนด้านลักษณะปรากฏพบว่า การเติมกลีเซอรอลในระดับที่มากขึ้น ส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากขึ้นด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผิวของขนมไหว้พระจันทร์มีความเรียบมากขึ้น สำหรับคะแนนด้านกลิ่นและรสชาติพบว่า มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านกลิ่นรสและรสชาติสูงสุดเท่ากับ 8.10±0.76 และ 8.20±0.55 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมกลีเซอรอลในประมาณเพียงร้อยละ 3 ช่วยปรับปรุงให้มีกลิ่นรสและรสชาติกลมกล่อมขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลมีรสหวานเล็กน้อยและอาจมีส่วนช่วยกักเก็บกลิ่นรสของไส้ทุเรียนให้ชัดเจนมากขึ้น แต่การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 6 พบว่า ผลิตภัณฑ์มีรสชาติที่เปลี่ยนไป คือ มีรสชาติหวาน เลี่ยน และมัน อาจเป็นผลมากจากกลีเซอรอลซึ่งจัดเป็นสารจำพวกน้ำตาลแอลกอฮอล์หรือโพลิออล มีความหวาน ประมาณ 0.6-0.7 เท่าของน้ำตาลซูโครส ซึ่งการเติมในปริมาณที่ไม่เหมาะสมส่งผลต่อรสชาติได้ ด้านสีพบว่า การเติมกลีเซอรอลในปริมาณร้อยละ 3 และ 6 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะวาวมันมากขึ้นซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคเมื่อเทียบกับขนมไหว้พระจันทร์ที่ไม่เติมกลีเซอรอล เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารพอลิออลที่มี หมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งมีความคงตัวต่อความร้อนได้ดีกว่าสารประกอบประเภทน้ำตาลจึงไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งการเติมกลีเซอรอลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความมันวาวมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดการกระจายแสงได้ ผู้ทดสอบชิมจึงให้

คะแนนมากกว่าการไม่เติมกลีเซอรอล (ร้อยละ 0) สำหรับคุณภาพในด้านเนื้อสัมผัส พบว่า การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด เท่ากับ 7.97±0.85 แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้กลีเซอรอลในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ได้ เนื่องจากการเติมกลีเซอรอลสามารถลดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ลงได้ แต่ยังคงมีลักษณะกรอบนุ่ม ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลมีความสามารถในการอุ้มน้ำให้อยู่ภายในชิ้นอาหารได้มากขึ้น มีรายงานว่าการนำกลีเซอรอลมาใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการอบสามารถช่วยในการกักเก็บความชื้น มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่มและชุ่มชื้นขึ้นได้ แต่การเติมกลีเซอรอลในปริมาณร้อยละ 6 ส่งผลต่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัส เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความนุ่มมากเกินไป จนไม่ให้ลักษณะกรอบ ส่วนคะแนนความชอบรวมพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ที่มีการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 มากที่สุด เท่ากับ 8.27±0.91 คะแนน

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของขนมไหว้พระจันทร์ที่ใช้สารฮิวเมกแตนท์ (กลีเซอรอล) 3 ระดับ

กลีเซอรอล (ร้อยละ)	คุณลักษณะ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม^{ns}
0	8.03±0.67^{b}	8.04±0.66^{b}	8.00±0.87^{b}	8.10±0.76^{b}	8.02±0.68^{b}	8.07±0.83^{c}
3	8.13±0.71^{a}	8.10±0.72^{a}	8.07±0.83^{a}	8.17±0.70^{a}	8.12±0.94^{a}	8.27±0.91^{a}
6	8.10±0.88^{a}	8.11±0.78^{a}	8.09±0.76^{a}	8.03±0.55^{c}	7.97±0.85^{c}	8.14±0.61^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

ตัวอักษร $^{a-c}$ กำกับที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตัวอักษร ^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เมื่อพิจารณาจากคุณภาพทางกายภาพ (ความแข็ง) คุณสมบัติทางเคมี (ค่า a_w และปริมาณความชื้น) และการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ในขนมไหว้พระจันทร์ไส้ทุเรียน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรส รสชาติ และเนื้อสัมผัส สูงสุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความแข็งเท่ากับ 52.913±14.86 กรัม มีค่า a_w และความชื้น (ร้อยละ) เท่ากับ 0.676 และ 8.703 ตามลำดับ ซึ่งขนมไหว้พระจันทร์จัดอยู่ในอาหารกึ่งแห้ง อาหารประเภทนี้จะมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.6 – 0.85 การเสื่อมเสียจะเกิดขึ้นได้หากเก็บในสภาวะที่ไม่เหมาะสม จึงศึกษาการบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ในบรรจุภัณฑ์ 3 รูปแบบคือ 1) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) 2) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจน 3) บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LLDPE แบบสภาวะสุญญากาศ ในขั้นตอนต่อไป

4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์

นำผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์มาบรรจุในถุงพลาสติก โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ 3 รูปแบบ คือ 1) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) 2) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) บรรจุสารดูดซับออกซิเจน 3) ถุงพลาสติกประเภท nylon/LLDP แบบสุญญากาศ จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29±2 องศาเซลเซียส) โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลง

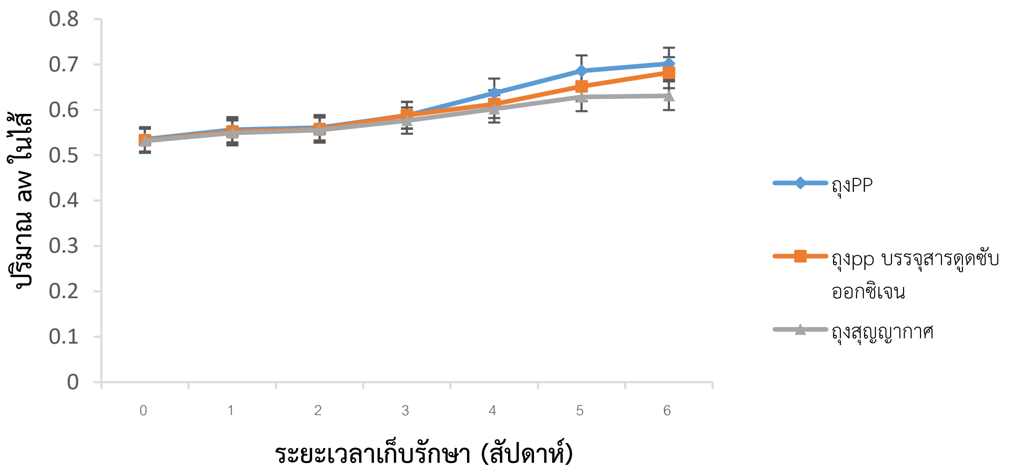
คุณภาพทาง กายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และ การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งแป้งและไส้ทุกๆ 5 วัน เป็นระยะเวลา 2 เดือน หรือจนกว่าตัวอย่างมีคุณภาพเสื่อมเสีย/ไม่เป็นที่ยอมรับ ได้ผลการทดลองดังนี้

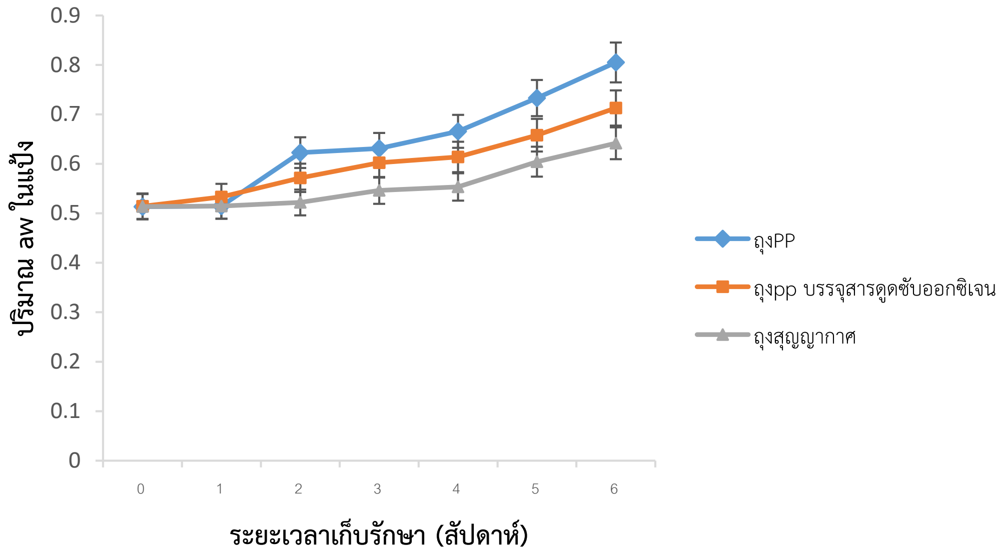
ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

ค่า a_w

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีได้แก่ปริมาณ a_w ในผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) เมื่อนำขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) โดยนำทั้งในแป้งและไส้มาวิเคราะห์ค่า a_w พบว่า ในแป้งของขนมไหว้พระจันทร์มีค่า a_w เท่ากับ 0.51 ±0.01 เมื่อเวลาผ่านไป 6 สัปดาห์มีค่า a_w เท่ากับ 0.81±0.1 ในไส้ พบว่า มีค่า a_w เท่ากับ 0.54±0.01 เมื่อเวลาผ่านไป 6 สัปดาห์มีค่า a_w เท่ากับ0.71±0.1 เช่นเดียวกับที่บรรจุในถุง PP ที่บรรจุสารดูดซับออกซิเจน พบว่า วันแรกที่เก็บรักษา (วันที่ 0) มีค่า a_w เท่ากับ 0.52±0.02 เมื่อเก็บรักษาถึงสัปดาห์ที่ 6 พบว่า ปริมาณค่า a_w เท่ากับ 0.71±0.02 ส่วนไส้มีค่า a_w เท่ากับ 0.53±0.04 เมื่อเก็บถึงสัปดาห์ที่ 6 พบว่า ปริมาณค่า a_w เท่ากับ 0.71±0.01 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) มีค่า a_w เท่ากับ 0.51±0.02 เมื่อเวลาผ่านไป 6 สัปดาห์มีค่า a_w เท่ากับ 0.64±0.02 ส่วนไส้มีค่า a_w เท่ากับ 0.53± 0.01 เมื่อเวลาผ่านไป 6 สัปดาห์มีค่า aw เท่ากับ 0.63±0.1 ตามลำดับ (ภาพที่ 1) จากผลการทดลองพบการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ในแป้งหุ้มขนมที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์อาหารประเภทที่มีแป้งหุ้ม จัดเป็นขนมที่มีองค์ประกอบหลายส่วน ซึ่งปัจจัยที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w คือการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจากส่วนของไส้ขนมไปยังส่วนของแป้งหุ้มขนม ซึ่งการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและจะค่อยๆช้าลงจนถึงจุดสมดุลคือองค์ประกอบทั้ง 2 ส่วนมีความชื้นใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีรนุช ฉายศิริโชติ และณัจยา เมฆราวี, (2557) ที่ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานโดยพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ค่า a_w ของไส้ขนมมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเกิดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำจากส่วนของไส้ขนมไปยังส่วนของแป้งหุ้มขนม ส่วนวิธีการเก็บรักษาสภาวะต่างๆ พบว่า การบรรจุในถุงพลาสติก PP มีการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ทั้งในส่วนของแป้งและไส้มากที่สุด เนื่องจากโพลีโพรพิลีนมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำสูง เกิดการถ่ายเทความชื้นจากภายนอกบรรจุภัณฑ์เข้าไปถึงตัวผลิตภัณฑ์เพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุล (วโรดม ธุววิโรจน์, 2555) ส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง PP ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจนพบว่า สามารถจะชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ทั้งในส่วนของแป้งและไส้ เนื่องจาก สารดูดซับออกซิเจนทำหน้าที่ดูดซับออกซิเจนในโมเลกุลของไอน้ำจากบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ล้อมรอบอาหารต่ำกว่าค่า a_w ของอาหาร จึงมีการเคลื่อนย้ายความชื้นจากอาหารและทำให้อาหารในบรรจุภัณฑ์ที่มีสารดูดความชื้นมีค่า a_w ต่ำกว่าปกติ (เบญจพร รอดอาวุธ และคณะ., 2561) ส่วนการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศพบการเลี่ยนแปลงของค่า a_w ทั้งในส่วนของแป้งและไส้น้อยที่สุดเนื่องจากการบรรจุแบบสุญญากาศ เป็นวิธีการบรรจุที่มีการกำจัดก๊าซออกซิเจน ซึ่งมีผลทำให้เกิดการซึมผ่านของอากาศได้น้อย จึงสามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลอย่างมากต่อการเสื่อมเสีย

ของอาหาร เพราะความชื้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีอย่างช้าๆ และมีการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย ดังนั้น การลดปริมาณน้ำในอาหารด้วยการใช้สารดูดความชื้นและการบรรจุแบบสุญญากาศ จึงเป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี (Khoshakhlagh *et al.*, 2014) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น



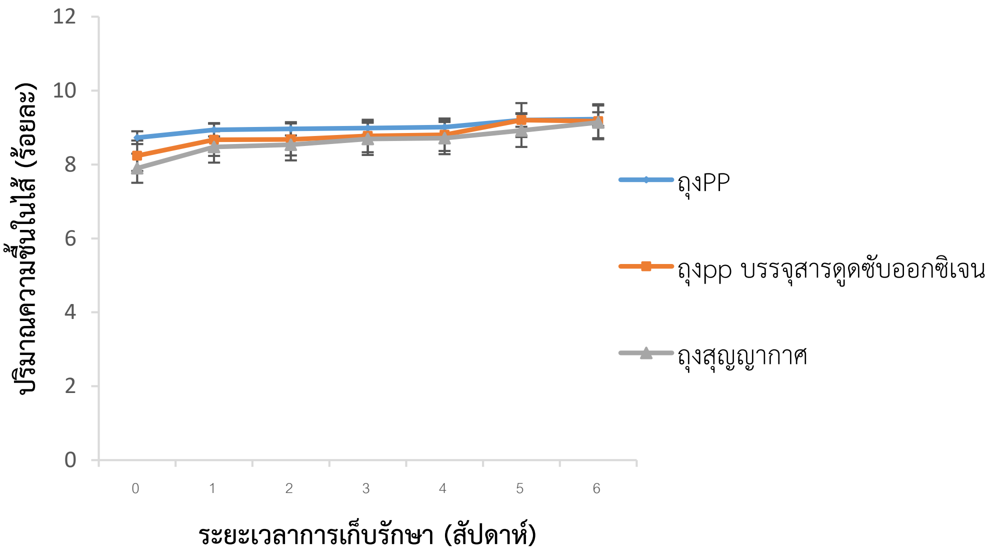


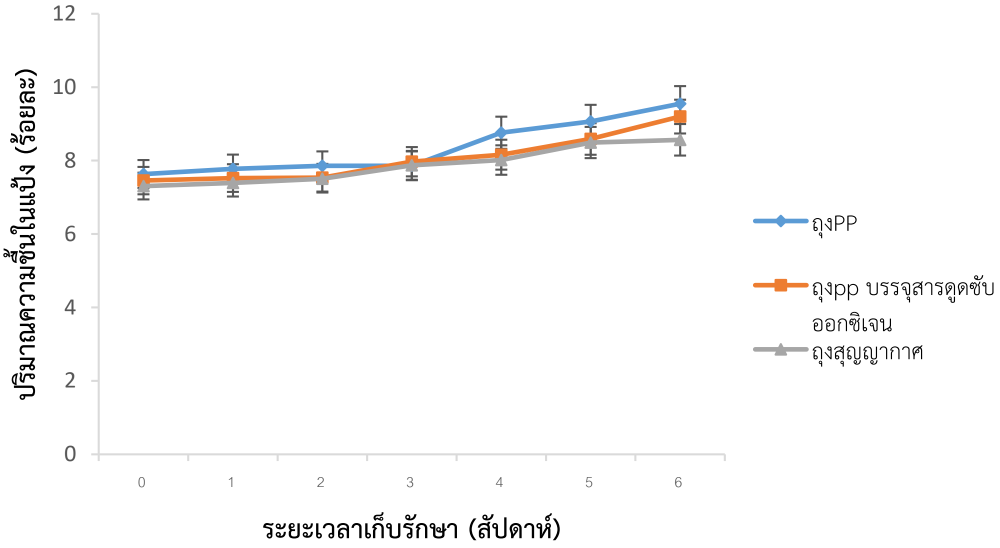
ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ a_w ของขนมไหว้พระจันทร์ในส่วนที่เป็นแป้งและไส้ระหว่างการเก็บรักษา

ปริมาณความชื้น

ส่วนความชื้นพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกันส่งผลให้ความชื้นต่างกันด้วย คือ ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง pp ในส่วนที่เป็นแป้งมีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 7.63±0.77 เมื่อผ่านไป 6 สัปดาห์ปริมาณ

ความชื้นเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 9.55±0.39 ส่วนที่เป็นไส้มีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 8.73± 0.38 เมื่อผ่านไป 6 สัปดาห์ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 9.23±0.11 ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง PP ภายในมีสารดูดซับออกซิเจน พบว่า วันแรกที่เก็บรักษา (วันที่ 0) ในแป้งหุ้มขนม มีความชื้นเท่ากับร้อยละ 7.46±0.24 เมื่อเก็บรักษาถึงสัปดาห์ที่ 6 พบว่า ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.20±0.11 ส่วนไส้มีค่าความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 8.23±0.64 เมื่อเก็บถึงสัปดาห์ที่ 6 พบว่าปริมาณค่าความชื้นเท่ากับเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.14± 0.35 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) มีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 7.31±0.44 เมื่อเวลาผ่านไป 6 สัปดาห์มีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 8.56±0.54 ส่วนไส้มีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 7.90±0.53 เมื่อเวลาผ่านไป 6 สัปดาห์มีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 9.13± 0.34 ตามลำดับ (ภาพที่ 1) จากการทดลองจะพบว่า ปริมาณความชื้นในแป้งจะเพิ่มขึ้นทั้ง 3 สภาวะการบรรจุ โดยในการบรรจุในถุง pp มีการเพิ่มขึ้นน้องปริมาณความชื้นสูงสุด เนื่องจากเกิดการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจากส่วนของไส้ขนมไปยังส่วนของแป้งหุ้มขนม ส่งผลทำให้ส่วนของแป้งหุ้มขนมมีปริมาณความชื้นที่สูงขึ้นส่วนไส้ขนมมีปริมาณความชื้นลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพล ชูหนู (2553) ที่ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะไส้สับปะรดโดยพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 6 สัปดาห์ ปริมาณความชื้นในส่วนของแป้งหุ้มขนมเพิ่มจากร้อยละ 5.15–5.75 เป็นร้อยละ 5.31–5.83 ส่วนความชื้นในไส้ขนมลดลงจากร้อยละ 15.37–15.60 เหลือร้อยละ 15.27–15.49 ส่วนผลการบรรจุในถุง pp ที่ภายในมีสารดูดซับออกซิเจนพบว่า ขนมไหว้พระจันทร์ทั้งส่วนของแป้งหุ้มขนมและส่วนของไส้ขนมมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นน้อยกว่าการบรรจุในถุง pp เพียงอย่างเดียว เนื่องจากสารดูดซับออกซิเจนทำหน้าที่ดูดซับออกซิเจนในโมเลกุลของไอน้ำจากบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งจะสารดูดซับออกซิเจนจะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงความชื้นได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากคุณสมบัติหลักของสารดูดซับออกซิเจนคือ ช่วยจับกับออกซิเจนซึ่งส่งผลต่อการเกิดกลิ่นผิดปกติในผลิตภัณฑ์อาหาร หากต้องการลดปริมาณความชื้นอาจต้องเปลี่ยนชนิดของบรรจุภัณฑ์เช่น การบรรจุสารดูดซับออกซิเจนร่วมกับการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ (Ramzy *et al*., 2011) ส่วนการบรรจุในถุงสุญญากาศพบการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและไส้ขนมน้อยที่สุด เนื่องจากการบรรจุแบบสุญญากาศเป็นการบรรจุที่มีการดูดอากาศในบรรจุภัณฑ์ออกไปและปิดผนึก ให้แน่นไม่ให้มีอากาศเข้าไปได้อีก ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทมีปริมาณลดลงกว่าปกติ ซึ่งช่วยชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางเคมี (Awoyale *et al.,* 2013) ซึ่งวิธีการดังกล่าวให้ผลดีในด้านอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บได้นานขึ้น แต่ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสเนื่องจากตัวผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์จะเกิดการหดตัวแนบชิดติดกัน ทำให้รูปทรงของอาหารเปลี่ยนไป ซึ่งหากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น อาจจะต้องวิธีการอื่นเช่น การดัดแปลงบรรยากาศร่วมกับการใช้กลีเซอรอล (เบญจพร รอดอาวุธและคณะ., 2561; ศรัณยา จังโส, 2563) เป็นต้น





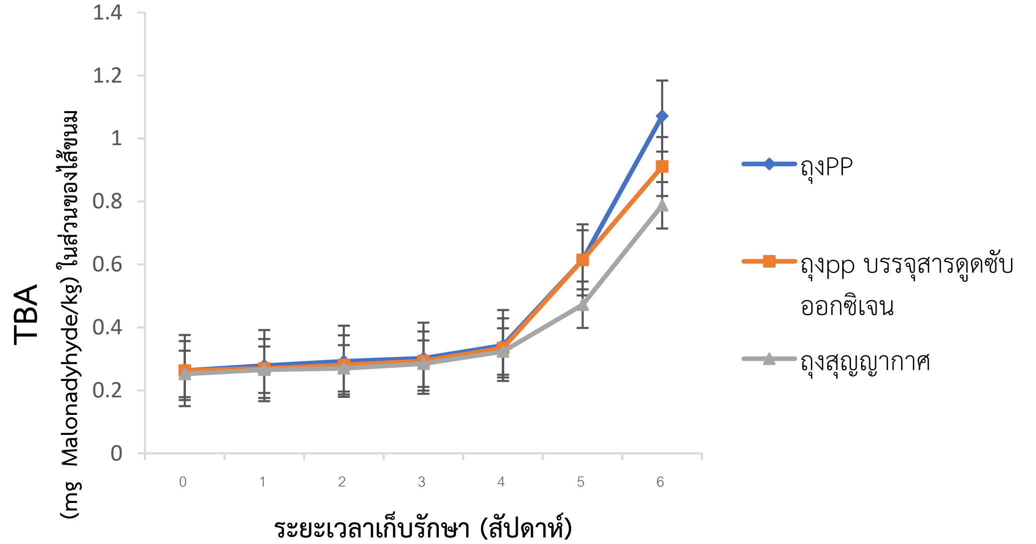
ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นขนมไหว้พระจันทร์ในส่วนที่เป็นแป้งและไส้ระหว่างการเก็บรักษา

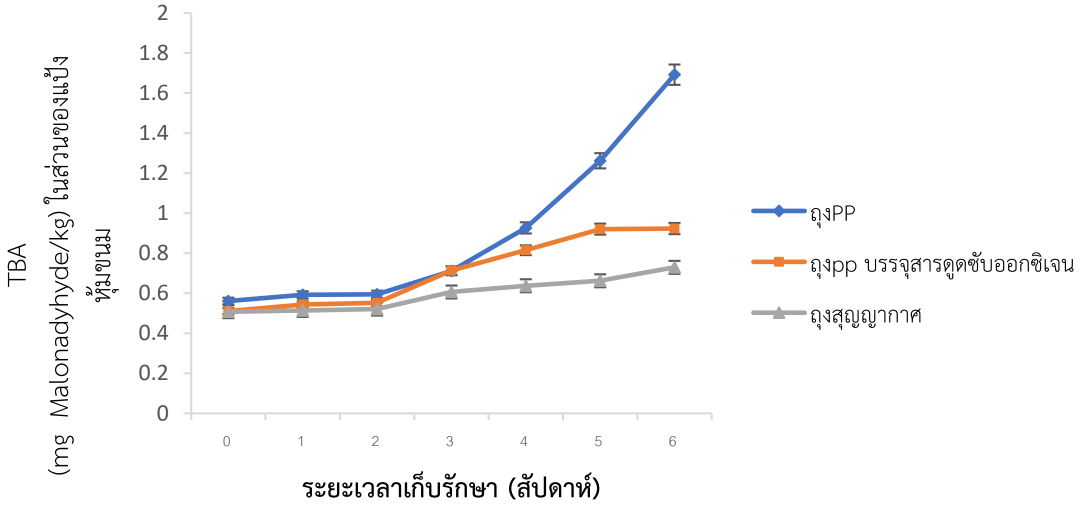
ค่า TBA

ค่า TBA เป็นดัชนีบ่งบอกถึงคุณภาพที่มีความสำคัญบ่งชี้ถึงการเกิดออกซิเดชันในไขมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะวัดปริมาณสาร secondary oxidation products ที่เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็น primary oxidation products จะเกิดมากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Lamkampang, & Inget, 2015) นอกจากนี้ยังมีปริมาณออกซิเจนและค่า a_w เป็นปัจจัยในการเร่งให้เกิดปฏิกิริยา (Banchuen *et al.*,2009) โดย

Gray (1978) กำหนดเกณฑ์ปริมาณ TBA ซึ่งใช้เป็นดัชนีในการวัดการเสื่อมเสียคุณภาพของไขมันในอาหาร เมื่อค่า TBA อยู่ในช่วง 0.1-0.3 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม พบว่า ไขมันเสื่อมเสียน้อย ค่า TBA มากกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ทำให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้ และค่า TBA มากกว่า 7 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ไขมันเสื่อมคุณภาพและมีกลิ่นรุนแรง ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง pp มีค่า TBA ในส่วนแป้งหุ้มขนมเท่ากับ 0.56±0.10 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกรัมตัวอย่างในวันแรกเก็บรักษา (วันที่ 0) และในไส้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.26±0. 35 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง จนเมื่อผ่านไป 6 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 1.692±0.20 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ไส้ขนมมีค่า TBA เท่ากับ 1.07± 0.12 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ส่วนขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง pp ที่บรรจุสารดูดซับออกซิเจนและบรรจุถุงแบบสุญญากาศ ส่วนที่เป็นแป้ง มีค่า TBA เท่ากับ 0.51±0.05 และ 0.51±0.10 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ไส้ขนมมีค่า TBA เท่ากับ 0.263±0.03 และ 0.25±0.04 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง เมื่อผ่านไป 6 สัปดาห์ ส่วนที่เป็นแป้งหุ้มขนมมีค่า TBA เท่ากับ 0.92±0.03 และ 0.730±0.22 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ไส้ขนมมีค่า TBA เท่ากับ 0.91±0.02 และ 0.79±0.05 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (ภาพที่ 3) จากผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในสภาวะการบรรจุที่ต่างกัน ส่งผลให้ค่า TBA ในผลิตภัณฑ์ต่างกันด้วย ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง pp พบการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA สูงสุดทั้งส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมเนื่องจากปริมาณออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์จะทำให้เร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่วนขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง pp ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจนพบว่า สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA เนื่องจากสารดูดซับออกซิเจนทำหน้าที่ดูดกลืนออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ โดยสารดูดซับออกซิเจนสามารถใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะดัดแปรบรรยากาศหรือสภาวะอากาศปกติก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าสามารถลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ให้เหลือน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ของความเข้มข้นทั้งหมด ทำให้สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (สุภกาญจน์ พรหมขันธ์ และคณะ., 2563) แต่ข้อจำกัดของการใช้สารดูดซับออกซิเจนคือ มีประสิทธิภาพเพียงระยะหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากออกซิเจนจากภายนอกสามารถแพร่เข้าสู่ภายในบรรจุภัณฑ์อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งทำให้ประสิทธิภาพของสารดูดซับออกซิเจนหมดไป ผลิตภัณฑ์ก็จะเกิดกลิ่นหืน (ธีรนุช ฉายศิริโชติ, 2554; สุชาดา เลาหศิลป์สมจิตร, 2561) ส่วนการบรรจุแบบสุญญากาศพบการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA น้อยที่สุดเนื่องจาก การบรรจุแบบสุญญากาศเป็นการบรรจุโดยดึงเอาอากาศที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ออก โดยไม่มีการพ่นก๊าซแทนที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องการการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน ได้แก่ ราทุกชนิดและแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน เช่น *Pseudomonas* sp. รวมทั้งป้องกันการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ต้องการออกซิเจน เช่น การเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชัน (lipid oxidation) (ชิดชนก ศุขศรีไพศาล, 2559; Dang *et al.*, 2018) เมื่อพิจารณาขนมไหว้พระจันทร์ทั้ง 3 สภาวะการบรรจุพบว่า ตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์ มีค่า TBA อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน คือ อยู่ในช่วง 0.1-0.3 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ซึ่งหมายถึงไขมันเสื่อมเสียเล็กน้อย และผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ปรมาภรณ์ เกิดทรัพย์และคณะ. 2561;

Kachele *et al.*, 2017) ซึ่งค่า TBA เพียงอย่างเดียวอาจไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียของขนมไหว้พระจันทร์ อาจจะใช้ปัจจัยอื่นร่วมด้วย





ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TBA ของขนมไหว้พระจันทร์ในส่วนที่เป็นแป้งและไส้ระหว่างการเก็บรักษา

คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลจากการนำผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์มาเก็บรักษา 3 รูปแบบคือ 1. บรรจุในถุง pp 2. บรรจุในถุง pp ที่ภายในมีสารดุดซับออกซิเจน และ 3. บรรจุแบบสุญญากาศ จากนั้นสุ่มตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ทุก 1 สัปดาห์ ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อรา โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมเปี๊ยะ (มผช.115/2555) 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 ในสัปดาห์ที่ 3 พบว่า เชื้อจุลินทรีย์มีปริมาณ 2.4×10^4 CFU/g ส่วนเชื้อรามีปริมาณ 2.7×10^2 CFU/g ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อราเกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงสรุปได้ว่า สามารถเก็บรักษาได้ 2 สัปดาห์ ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุง PP ที่ภายในใส่สารดูดความชื้นพบว่า มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับ 1.0×10^1 CFU/g เชื้อราเท่ากับ 1.3×10^1 CFU/g เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 5 สัปดาห์ พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 8.7×10^4 CFU/g ส่วนเชื้อรามีปริมาณเท่ากับ 5.0×10^2 CFU/g ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด สรุปได้ว่า เก็บรักษาได้ 4 สัปดาห์ ส่วนขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุสุญญากาศพบว่า มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับ 1.0×10^1 CFU/g เชื้อราเท่ากับ 1.2×10^1 CFU/gในสัปดาห์ที่ 6 พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 6.8×10^4 CFU/g ส่วนเชื้อรามีปริมาณเท่ากับ 2.1×10^2 CFU/g ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด สรุปได้ว่า เก็บรักษาได้ 5 สัปดาห์ (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า a_w และปริมาณความชื้น โดยการใช้สารดูดความชื้นทำให้ปริมาณจุลินทรีย์และเชื้อราที่พบในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าการบรรจุในถุง PP เพียงอย่างเดียว เนื่องจากสารดูดความชื้นทำหน้าที่ลดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลทำให้ค่า a_w และปริมาณความชื้นมีค่าลดลง (Aday & Caner., 2013) ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีรนุช ฉายศิริโชติ และณัจยา เมฆราวี, (2559) ที่ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในขนมเปี๊ยะที่ทำจากไส้ถั่วกวนสูตรลดค่า a_w โดยพบว่า สามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 2 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32+2 °C) ซึ่งการเสื่อมเสียจะเกิดขึ้นบริเวณเปลือกขนมเนื่องจากมีค่า a_w และปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเชื้อรารวมถึงพิษที่เชื้อราสร้างขึ้นด้วย ส่วนการบรรจุในสภาวะสุญญากาศพบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในนานที่สุดเนื่องจากการบรรจุในสภาวะสุญญากาศเป็นการดึงอากาศภายในภาชนะออกไปและผนึกแน่นไม่ให้มีอากาศเข้าไปได้อีก (Kernberger *et al.*, 2017) การที่ไม่มีออกซิเจนจะช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจน ซึ่งมักเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร และการใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษา สามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนหรือใช้ออกซิเจนเพียงเล็กน้อยในการเจริญเติบโต ส่งผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น จันทิรา วงศ์วิเชียรและคณะ, (2562)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในขนมไหว้พระจันทร์เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)
ถุง PP	0	1.2×10^{1}
	1	5.3×10^{2}
	2	9.3×10^{3}
	3	2.4×10^{4}
	4	-
	5	-
	6	-
ถุง PP+สารดูดซับออกซิเจน	0	1.0×10^{1}
	1	2.2×10^{2}
	2	7.5×10^{2}
	3	2.7×10^{3}
	4	6.8×10^{3}
	5	8.7×10^{4}
	6	-
ถุงสุญญากาศ	0	1.0×10^{1}
	1	1.3×10^{1}
	2	2.7×10^{2}
	3	4.1×10^{2}
	4	1.0×10^{3}
	5	5.8×10^{3}
	6	6.8×10^{4}

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราในขนมไหว้พระจันทร์เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณเชื้อรา (cfu/g)
ถุง PP	0	1.2×10^{1}
	1	1.7×10^{1}
	2	3.0×10^{1}
	3	2.7×10^{2}
	4	-
	5	-
	6	-
ถุง PP+สารดูดซับออกซิเจน	0	1.3×10^{1}
	1	1.5×10^{1}
	2	2.8×10^{1}
	3	4.6×10^{1}
	4	8.7×10^{1}
	5	5.0×10^{2}
	6	-
ถุงสุญญากาศ	0	1.2×10^{1}
	1	1.5×10^{1}
	2	2.7×10^{1}
	3	3.2×10^{1}
	4	4.8×10^{1}
	5	6.8×10^{1}
	6	2.1×10^{2}

ผลการทดสอบทางประสามสัมผัส

การประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด คือ ถุง pp ถุง pp ที่บรรจุสารดูดซับออกซิเจน และถุงสุญญากาศ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน พบว่า การบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง PP สามารถทดสอบทางประสาทสัมผัสได้จนถึงสัปดาห์ที่ 2 เนื่องจากในสัปดาห์ที่ 3 พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราเกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงทำการยุติการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง PP ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ในวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 7.57, 8.30, 8.16, 8.28, 8.03 และ 8.07 ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 2 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะลดลง คือ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับ 5.43, 5.53, 5.03, 6.13, 6.43 และ 6.13 ตามลำดับ การบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง PP ที่บรรจุสารดูดซับออกซิเจน สามารถทดสอบทางประสาทสัมผัสได้จนถึงสัปดาห์ที่ 4 เนื่องจากในสัปดาห์ที่ 5 พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราเกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงทำการยุติการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง PP ที่บรรจุสารดูดซับออกซิเจน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ในวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 7.60, 8.26, 8.17, 8.30, 8.00 และ 8.07 ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 4 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะลดลง คือ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับ 6.97, 6.77, 6.30, 6.97, 6.87 และ 6.47 ตามลำดับ ส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงสุญญากาศ สามารถทดสอบทางประสาทสัมผัสได้จนถึงสัปดาห์ที่ 5 เนื่องจากในสัปดาห์ที่ 6 พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราเกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงทำการยุติการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง PP ที่บรรจุสารดูดซับออกซิเจน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ในวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 7.60, 8.24, 8.20, 8.27, 8.00 และ 8.09 ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 5 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะลดลง คือ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับ 6.67, 6.83, 6.90, 6.87, 6.87, 6.63 และ 6.80 ตามลำดับ ซึ่งระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นและสภาวะการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกัน ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยระยะเวลาที่นานขึ้น ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกันส่งผลให้ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ต่างกัน จากผลการทดลองพบว่าการบรรจุในถุงสุญญากาศช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานที่สุด ในขณะเดียวกันการบรรจุในถุง PP ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุดเนื่องจาก ถุงพลาสติก PP มีความสามารถป้องกันความชื้นที่ต่ำ ซึ่งสามารถป้องกันไอน้ำ 10.70 กรัม/ตรม./วัน (ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย., 2558 หน่อไม้ฝรั่ง) ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจากส่วนของไส้ขนมไป

ยังส่วนของแป้งหุ้มขนม ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไป นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นยังเกี่ยวข้องกับ TBA ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นหืนในอาหาร ส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านกลิ่นและรสชาติลดลง คะแนนด้านความชอบรวมก็ลดลงด้วย ส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง PP ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจนพบว่า สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้นกว่าการบรรจุในถุง PP สารดูดซับออกซิเจนช่วยลดปริมาณออกซิเจนและลด ปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัว วัตถุดูดออกซิเจน มีสารประกอบผงเหล็ก ซึ่งผสมตัวเร่งปฏิกิริยาบรรจุในซองขนาดเล็ก เมื่อผงเหล็กได้รับความชื้นจากอาหารจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (iron oxidation) กับออกซิเจน ได้เป็นสารประกอบ $Fe(OH)_3$ ผงเหล็ก 1 กรัมดูดก๊าซออกซิเจนได้ 300 มิลลิลิตร (สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และนัฏฐา คเชนทร์ภักดี., 2554) และผงเหล็กในซองขนาดเล็กถูกออกแบบให้สามารถลดก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ อาหารให้เหลือร้อยละ 0.1 ซึ่งช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ จึงพบว่าในช่วง 4 สัปดาห์ผู้บริโภคยังให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม อยู่ในช่วง 6-7 คะแนน หลังจาก สัปดาห์ที่ 4 พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะน้อยลงอาจเป็นผลเนื่องมาจากข้อจำกัดของการใช้ สารดูดซับออกซิเจนคือ มีประสิทธิภาพเพียงระยะหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากออกซิเจนจากภายนอกสามารถแพร่เข้าสู่ภายในบรรจุภัณฑ์อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งทำให้ประสิทธิภาพของสารดูดซับออกซิเจนหมดไป ผลิตภัณฑ์ก็ จะเกิดกลิ่นหืน (Jariyawaranugoon, 2013; อมรรัตน์ ถนนแก้วและคณะ, 2554) ส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงไปด้วย ส่วนการบรรจุสุญญากาศ เป็นการดึงเอาอากาศที่มีอยู่ในบรรจุภัณฑ์ออกให้หมดก่อนปิดผนึก การบรรจุ สุญญากาศนี้ช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารจากปฏิกิริยาทางเคมีที่มี ออกซิเจนเกี่ยวข้อง เช่น การเกิดออกซิเดชั่นของกรด ไขมันไม่อิ่มตัว (lipid oxidation) ที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในอาหาร ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม น้อยกว่าการบรรจุแบบอื่น

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์

คุณสมบัติ	ชนิดของบรรจุภัณฑ์	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
		0	1	2	3	4	5	6
ลักษณะปรากฏ	ถุง PP	7.57 ± 0.63^{Ans}	6.47 ± 0.51^{Bb}	5.43 ± 0.74^{Cc}	-	-	-	-
	ถุง PP บรรจุสารดูดซับออกซิเจน	7.60 ± 0.56^{Ans}	7.40 ± 0.50^{Aa}	7.33 ± 0.71^{ABa}	7.13 ± 0.73^{Bns}	6.97 ± 0.85^{Cns}	-	-
	ถุง สุญญากาศ	7.60 ± 0.86^{Ans}	7.38 ± 0.20^{ABa}	7.23 ± 0.94^{ABb}	7.17 ± 0.86^{Bns}	6.87 ± 1.11^{Cns}	6.67 ± 0.67^{C}	6.07 ± 0.82^{D}
สี	ถุง PP	8.30 ± 0.65^{Ans}	6.83 ± 0.65^{Bb}	5.53 ± 0.63^{Cb}	-	-	-	-
	ถุง PPบรรจุสารดูดซับออกซิเจน	8.26 ± 0.71^{Ans}	7.77 ± 0.50^{Ba}	7.63 ± 0.49^{Ba}	7.10 ± 0.88^{Cb}	6.77 ± 0.86^{Db}	-	-
	ถุง สุญญากาศ	8.24 ± 0.87^{Ans}	7.67 ± 0.48^{Ba}	7.60 ± 0.56^{Ba}	7.23 ± 0.70^{Ca}	7.17 ± 0.73^{Ca}	6.83 ± 0.77^{Dns}	6.37 ± 0.85^{Dns}
กลิ่น	ถุง PP	8.16 ± 0.78^{Ans}	6.43 ± 0.94^{Bb}	5.03 ± 0.81^{Cc}	-	-	-	-
	ถุง PP บรรจุสารดูดซับออกซิเจน	8.17 ± 0.70^{Ans}	8.07 ± 0.83^{Aa}	7.47 ± 0.53^{Bb}	7.03 ± 1.03^{Cb}	6.30 ± 0.79^{Db}	-	-
	ถุง สุญญากาศ	8.20 ± 0.58^{Ans}	8.13 ± 0.63^{Aa}	8.08 ± 0.66^{Aa}	7.60 ± 0.97^{Ba}	7.07 ± 0.81^{Ca}	6.90 ± 0.76^{D}	6.20 ± 0.71^{E}
รสชาติ	ถุง PP	8.28 ± 0.76^{Ans}	7.23 ± 0.94^{Bb}	6.13 ± 0.76^{Cb}	-	-	-	-
	ถุง PP บรรจุสารดูดซับออกซิเจน	8.30 ± 0.60^{Ans}	8.03 ± 0.68^{Aba}	7.87 ± 0.70^{Ba}	7.13 ± 0.73^{Cb}	6.97 ± 0.93^{Db}	-	-
	ถุง สุญญากาศ	8.27 ± 0.52^{Ans}	8.20 ± 0.55^{Aa}	7.97 ± 0.53^{ABa}	7.47 ± 0.53^{Ba}	7.03 ± 1.01^{Ca}	6.87 ± 0.75^{CD}	6.13 ± 0.63^{D}
เนื้อสัมผัส	ถุง PP	8.03 ± 0.61^{Ans}	7.00 ± 0.59^{Bb}	6.43 ± 0.76^{Cb}	-	-	-	-
	ถุง PP บรรจุสารดูดซับออกซิเจน	8.00 ± 0.87^{Ans}	7.83 ± 0.76^{Aa}	7.54 ± 0.94^{ABa}	7.03 ± 1.10^{Bb}	6.87 ± 1.20^{Cab}	-	-
	ถุง สุญญากาศ	8.00 ± 0.74^{Ans}	7.97 ± 0.85^{Aa}	7.93 ± 0.83^{Aa}	7.43 ± 0.69^{ABa}	7.03 ± 0.61^{Ba}	6.63 ± 0.73^{C}	6.43 ± 0.63^{D}

หมายเหตุ : A-D คือความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวนอน

a-c คือความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวตั้ง

ns คือไม่มีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ (ต่อ)

คุณสมบัติ	ชนิดของบรรจุภัณฑ์	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
		0	1	2	3	4	5	6
ความชอบรวม	ถุง PP	8.07 ± 0.83^{Ans}	7.03 ± 0.90^{Bb}	6.13 ± 0.78^{Cb}	-	-	-	-
	ถุง PPบรรจุสารดูดซับออกซิเจน	8.07 ± 0.90^{Ans}	8.00 ± 0.92^{Aa}	7.80 ± 0.91^{ABa}	7.27 ± 0.90^{Bb}	6.47 ± 1.04^{Cb}	-	-
	ถุง สุญญากาศ	8.09 ± 0.63^{Ans}	8.07 ± 0.75^{Aa}	7.97 ± 0.70^{Aa}	7.67 ± 0.78^{ABa}	7.03 ± 0.87^{Ba}	6.80 ± 0.62^{C}	6.37 ± 0.76^{D}

หมายเหตุ : A-F คือความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวนอน

a-c คือความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวตั้ง

ns คือความไม่แตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การผลิตขนมไหว้พระจันทร์ มีขั้นตอนดังนี้ คือศึกษาหาปริมาณการใช้สารฮิวเมกแตนท์ (กลีเซอรอล) ที่เหมาะสมในการลดค่า a_w ในส่วนของไส้ทุเรียนและแป้งหุ้มขนมไหว้พระจันทร์ที่ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภค พร้อมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์

1. การศึกษาการลดค่า a_w ในส่วนของไส้ทุเรียนและแป้งหุ้มขนมไหว้พระจันทร์โดยเติมกลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 0, 3 และ 6 ของน้ำหนักรวม พบว่า การเติมกลีเซอรอลในระดับที่ต่างกัน ส่งผลต่อค่าความแข็ง ค่า a_w และปริมาณความชื้น ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความแข็งมีความสัมพันธ์กับค่า a_w และปริมาณความชื้น โดยการเติมร้อยละกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ขนมไหว้พระจันทร์มีความแข็งต่ำสุด ค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลง เมื่อพิจารณาจากคุณภาพทางกายภาพ (ความแข็ง) คุณสมบัติทางเคมี (ค่า a_w และปริมาณความชื้น) และการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ในขนมไหว้พระจันทร์ไส้ทุเรียน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับด้านความชอบรวมมากที่สุด

2. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ โดยศึกษาการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 3 รูปแบบคือ 1) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) 2) ถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจน 3) บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LLDPE แบบสภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 29±2 องศาเซลเซียส พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ทั้งในส่วนของแป้งและไส้ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ 3 รูปแบบ มีค่า a_w ปริมาณความชื้น ค่า TBA ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อรา เพิ่มขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงชนิด Nylon/LLDPE แบบสภาวะสุญญากาศ มีการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ปริมาณความชื้น ค่า TBA ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อรา ทั้งในส่วนของแป้งและไส้น้อยที่สุด เนื่องจากเป็นการบรรจุโดยการดูดอากาศที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ออกและปิดผนึกให้แน่นไม่ให้มีอากาศเข้าไปได้อีก ซึ่งช่วยชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางเคมีที่ต้องการออกซิเจนได้ เมื่อเทียบผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ที่บรรจุในถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) และถุงพลาสติกประเภท polypropylene (PP) ที่ภายในบรรจุสารดูดซับออกซิเจน

3. ผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นและสภาวะการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกันส่งผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยระยะเวลาที่นานขึ้น ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด เนื่องจากผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่มีออกซิเจนเกี่ยวข้องที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในอาหาร และส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับลดลงตามระยะเวลา ทั้งนี้การบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการ

เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม น้อยกว่าการบรรจุแบบอื่น

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาชนิดของสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์เนื่องจากเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูง

2. ศึกษาการบรรจุผลิตภัณฑ์ในสภาวะอื่นเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา เช่น การบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ (MAP)

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ อ่อนสำลี, (2564). *การใช้สารฮิวเมกเตนท์ในผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่กวน*. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร. 15(1), 14-25.

กำธร สุขทรัพย์. (2557). เครื่องดูดความชื้นแบบเคลื่อนที่ได้สำหรับผลิตภัณฑ์ (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ขนิษฐา อินทร์ประสิทธิ์, ปัญจ์ยศ มงคลชาติ, ลลิตา ชูแก้ว, ธีรพงศ์ เพ็งคำ และสุธชยา ชื่นวัฒนา. (2561). การยืดอายุการเก็บรักษาฝอยทองสดโดยการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*, 7(7), 49-59.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. (2546). *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จันทิรา วงศ์วิเชียร จุรีภรณ์ นวนมุสิก และจีราภรณ์ สังข์ผุด. (2562). ผลของการบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปูม้าต้ม (*Portunus pelagicus*). *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย,* 11(1), 1-17.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2556). *เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพฯ: ส่านักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย. (2558). ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์พลาสติกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งระหว่างการจำลองอุณหภูมิเก็บรักษาและวางจำหน่าย. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,* 46(3)(พิเศษ), 653-656.

ชิดชนก ศุขศรีไพศาล. (2559). การผลิตและเก็บรักษากุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภค โดยใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ณัฐพล ชูหนู. (2553). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะไส้สับปะรด* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ตรีชฎา อุทัยดา. (2563). การพัฒนาลูกชิ้นหมูและศึกษาอายุการเก็บรักษาด้วยการเปรียบเทียบชนิดของบรรจุภัณฑ์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี,* 22(1), 45-51.

ธีรนุช ฉายศิริโชติ และณัจยา เมฆราวี. (2559). การใช้แป้งข้าวสีนิลทดแทนแป้งสาลีในส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะกุหลาบ. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร,* 12(1), 27-39.

ธีรนุช ฉายศิริโชติ และณัจยา เมฆราวี. (2557). *ขนมเปี๊ยะกุหลาบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิล.* , มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

ธีรนุช ฉายศิริโชติ. (2554). *การพัฒนาขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานโดยการใช้สารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล* (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เบญจพร รอดอาวุธ, ชื่นจิต พงษ์พูล, พรพรรณ จิอู๋ และชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา. (2561). การพัฒนากระบวนการผลิตและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยา. *วารสารเกษตรพระวรุณ,* 15(1), 168-177.

ปรมาภรณ์ เกิดทรัพย์ พรรทิพา เจริญไทยกิจ ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล น้ำฝน รักขุมแก้ว และพิสุทธิ หนักแน่น. (2561). ผลของการบรรจุแบบสุญญากาศต่อคุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสของปลาส้มนครนายก. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 10,*(19), 92-105.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. (2541). *บรรจุภัณฑ์อาหาร.* กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม สมาคมการบรรจุภัณฑ์ไทย.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2562).

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2555). *ขนมเปี๊ยะ (มผช. 115/2555).* สืบค้น 2 ธันวาคม 2562, จาก http://tcps.tisi.go.th.

มลศิริ วีโรทัย. (2545). *เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ.* กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

สวามินี ธีระวุฒิ และ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2560). *การประยุกต์ใช้น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาว* (รายงานผลการวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา

สุชาดา เลาหศิลป์สมจิตร. (2561). การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับชาอบแห้ง. *วารสารการเกษตรราชภัฏ,* 17(1), 34-41.

วชิราภรณ์ สุริยนต์. (2560). การยืดอายุการเก็บรักษากาละแมด้วยแซนแทนกัม ฮิวเมกเตนท์ และสภาวะการเก็บ. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วโรดม ธุววิโรจน์. (2555). *การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะกุหลาบโดยใช้สารควบคุมความชื้นและบรรจุภัณฑ์* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, สิริมา ชินสาร และสันทัด วิเชียรโชติ. (2561). การเพิ่มมูลค่าหอยแมลงภู่และข้าวหอมกระดังงา โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์คล้ายเจอร์กีพร้อมบริโภค (รายงานผลการวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศรัณยา จังโส. (2563). การพัฒนากระบวนการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาข้าวหลามใน อำเภอเมืองจังหวัดนครปฐม. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์,* 15(2), 1-15.

สิริมนต์ ชายเกตุ, พรเพ็ญ มรกตจินดา และวีณา ทองรอด. (2560). การพัฒนาขนมไทยเพื่อสุขภาพ : กรณีการศึกษาขนมทองเอก. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้,* 8(2), 261-270.

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และนัฎฐา คเชนทร์ภักดี. (2554). การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปูหินนิ่มทอดปรุงรส. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง*, 5(2), 105-110.

สุภกาญจน์ พรหมขันธ์, สุกัญญา สายธิ และชนิษฎา วงศ์บาสก์. (2563). ผลของสภาวะอบแห้งและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดอบกรอบ. *วารสารแก่นเกษตร,* 48(1), 1-12.

สุชาดา เลาหศิลป์สมจิตร์. (2561). การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับชาอบแห้ง. *วารสารการเกษตรราชภัฏ,* 17(1), 34-41.

อรัญญา มิ่งเมือง. (2550). ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ต่อคุณภาพของขนมไทย. วารสารวิทยาศาสตร์มศว. 23(2), 28-38.

อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล. (2554). *หลักการประกอบอาหาร*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมรรัตน์ ถนนแก้ว, อุไรวรรณ ทองแกมแก้ว และรัทรดา สมพงศ์. (2554). การเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ,* 14(2), 58-65.

อรวรรณ ติวเถาว์. (2557). *การศึกษาการพองตัวในหนังปลาแซลมอนกรอบโดยใช้เตาอบไมโครเวฟและการทอด* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Aday, M. S. & 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 association of official chemists (17^{th}). Washinton DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.

Awoyale, W., Maziya, D. B. & 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., Wuttijumnong, P. & Sirivongpaisal, P. (2009). Effect of Germinating Processes on Bioactive Component of Sangyod Muang Phatthalung Rice. *Thai Journal of Agricultural Science 2009,* 42(4), 191-199.

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 O_2 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. & 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. & 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. & 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.

Lamkampang, P. & Inget, S. V. (2015). Product development of khao-tang supplemente with calcium from grey feather back fish bone. *SDU Research Journal Sciences and Technology,* 8(1), 57-70.

Moula, A. M., Gaba, K., Prodpran, T. & Benjakul, S. (2020) Quality characteristics of fried fish crackers in gelatin bags: Effect of squalene and Storagetime. *Food Hydrocolloids, 99*, 1-12.

Nilsuwan. K., Benjakul. S. & Prodpran. T. (2016). Quality changes of shrimp cracker covered with fish gelatin film without and with palm oil incorporated during storage. *International Aquatic Research, 8*, 227-236.

Ramzy, K. A., Ashok- Babu ,T. P. & 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.

Sorapukdee, S., Uesakulrungrueng, C. and Pilasombut, K. (2016). Effects of Humectant and Roasting on Physicochemical and Sensory Properties of Jerky Made from Spent Hen Meat. *Korean Society for Food Science of Animal Resources, 36*(3), 326-334.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

ก.1 การวัดค่า Water activity; a_w

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่า Water activity; a_w
2. ตลับพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง

วิธีการ

1. รินตัวอย่างใส่ในตลับพลาสติก ร้อยละ 80-90
2. นำตลับใส่ใน Measuring chamber
3. ปิดฝา chamber โดยหมุนตามเข็มและปิดฝาครอบ
4. อ่านผลที่ได้จากเครื่อง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์คุณลักษณ์ทางเคมี

ข.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีของ A.O.A.C.(2000)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (moisture can)
2. ตู้อบไฟฟ้า (electric oven)
3. โถดูดความชื้น (desiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. อบภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3-4 ชั่วโมง นำภาชนะออกจากตู้อบใส่ไว้เพื่อรอให้เย็นลงนาน 15-30 นาที หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้น้ำหนักที่แน่นอน หรือชั่งสองครั้งติดต่อกันผลต่างไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว

4. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง นำมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = 100 \times \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ข. 2 วิเคราะห์ปริมาณกรดไธโอบาบิทิวริค (Thiobabituric acid, TBA) ตามวิธี AOAC (2000)

1. Thiobabituric acid reagent

ละลายกรด Thiobabituric จำนวน 0.2883 กรัม ในสารละลายกรดอะซิติคความเข้มข้น 90% โดยการอุ่นเบาๆ แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยกรดอะซิติคความเข้มข้น 90% ใน Volumetric flask

วิธีการทำ

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ต่อน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปั่นด้วย Homogenizer เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเทลงในขวดกลั่น แล้วใช้น้ำกลั่นกลั้วล้างภาชนะที่ติดบีกเกอร์ให้หมด แล้วเทลงในขวดกลั่น
2. เติม 2.5 มิลลิลิตร 4 N HCl
3. กลั่นให้ได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร (ภายในเวลา 10 นาที หลังเดือด)
4. ปิเปตของเหลวที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีฝาปิด
5. เติม 5 มิลลิลิตร TBA ปิดฝา เขย่า แล้วนำไปต้มให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที
6. ทำ blank พร้อมไปด้วย โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และสารละลาย TBA 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ความร้อนด้วยน้ำเดือด เป็นเวลา 35 นาที
7. ทำตัวอย่าง และ blank ให้เย็นภายในเวลา 10 นาที นำไปวัดค่า O.D. ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank คำนวณค่า TBA ดังนี้ TBA number = 7.8×O.D. (มิลลิกรัม malonaldehyde ต่อกิโลกรัม)

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์

ค.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count) ได้แก่ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญด้วยเทคนิค pour plate (BAM, 2001)

สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar (PCA)
2. peptone water ร้อยละ 0.1

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ลงในถุงที่มี peptone water ร้อยละ 0.1 ที่ปลอดเชื้อจำนวน 225 มิลลิลิตร แล้วทำให้เข้ากันโดยการเขย่าเป็นเวลา 1 นาที
2. ทำการเจือจางให้ 10^{-1}-10^{-6} โดยใช้ peptone water ร้อยละ 0.1
3. ดูดตัวอย่างความเจือจางที่เหมาะสมจากข้อ 1.2 อย่างละ 1.0 มิลลิลิตร (ทำ 3 ซ้ำ) ลงในจานเพาะเชื้อ ที่ฆ่าเชื้อแล้ว
4. เทอาหาร PCA ซึ่งกำลังหลอมเหลวและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อจานละประมาณ 15-20 มิลลิลิตร
5. เขย่าจานเพาะเชื้อให้อาหารเลี้ยงเชื้อผสมกับตัวอย่างที่เจือจาง โดยการหมุนจานเพาะเชื้อในทิศตามเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ทวนเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ทำอย่างระมัดระวังและรวดเร็วเพื่อไม่ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวก่อน
6. ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว
7. สำหรับจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ นำไปใส่ใน anaerobic jar แล้วกำจัดอากาศออก
8. บ่มเพาะเชื้อที่ 4 องศาเซลเซียส (จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ) และ 35-37 องศาเซลเซียส (จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ) ในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
9. ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อประมาณ 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง = ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนี × ระดับความเจือจาง

ค.2 การวิเคราะห์ยีสต์และรา (BAM, 2001)

สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Potato dextrose agar (PDA)
2. peptone water ร้อยละ 0.1
3. tartaric acid ร้อยละ 10

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ลงในถุงที่มี peptone water ร้อยละ 0.1 ที่ปลอดเชื้อจำนวน 225 มิลลิลิตร แล้วทำให้เข้ากันโดยการเขย่าเป็นเวลา 1 นาที
2. ทำการเจือจางให้เป็น 10^{-1}-10^{-6} โดยใช้ peptone water ร้อยละ 0.1
3. ดูดตัวอย่างความเจือจางที่เหมาะสมจากข้อ 1.2 อย่างละ 0.1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร PDA ที่ฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 3 ซ้ำ
4. ใช้แท่งแก้วปราศจากเชื้อเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายทั่วจาน
5. บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิห้อง ในลักษณะหงายจานเพาะเชื้อเป็นเวลา 5-7 วัน
6. ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อประมาณ 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง = ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนี × ระดับความเจือจาง

ภาคผนวก ง. แบบสอบถามทางประสาทสัมผัส

ง.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีให้คะแนนความชอบ (9 – point hedonic Scale) ผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ประกอบด้วยถุง PP ถุง PP บรรจุสารดูดซับออกซิเจน และถุงสุญญากาศ

ชื่อ..สกุล......................................วันที่......................................

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบชิมตัวอย่าง โดยให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะที่ชอบโดยกำหนดให้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด	2 = ไม่ชอบมาก	3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	5 = เฉยๆ	6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง	8 = ชอบมาก	9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัส		
ลักษณะปรากฏ			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบรวม			

ข้อเสนอแนะ

....

....

....

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ – สกุล นางสาวกมลทิพย์ กรรไพเราะ

ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

สังกัด คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

ประวัติการศึกษา

- วท. ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต หาดใหญ่
- วท. บ. (อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ผลงานทางวิชาการ

งานวิจัย

กมลทิพย์ กรรไพเราะ ภัทรวดี เอียดเต็ม และภารดี พลไชย. (2563). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส: กรณีศึกษา อ.ธารโต จ.ยะลา*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง ภัทรวดี เอียดเต็ม สุธีรา ศรีสุขและนุชเนตร ตาเย๊ะ (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อัตลักษณ์อาหารท้องถิ่นใน 3 จังหวัดชายแดนใต้*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ จริยา สุขจันทรา และภารดี พลไชย. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของข้าวหอมกระดังงาชนิดแท่ง*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ วิภาดา มุนินทร์นพมาศ และภัทรวดี เอียดเต็ม. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะและนิภาภัทร์ กุณฑล (2562). *การพัฒนาขนมไทยลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช* , ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2561). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเจ๊ะเหมชงพร้อมดื่มพร้อมบริโภค,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และ ภารดี พละไชย (2560). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาล: น้ำสลัดแขกไขมันต่ำ,* คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ นัสรินทร์ สุหลงกูดและแวนาซีเราะห์ แวมามุ. (2559). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแขกพาสเจอไรส์พร้อมบริโภค*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และ สุธีรา ศรีสุข. (2559). *การพัฒนาและใช้ประโยชน์จากดาหลาเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเชิงสุขภาพ*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, จีรวุธ มุนินทร์นพมาศ, อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะ, และ สุธีรา ศรีสุข. (2558). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสพริกไทยดำของหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

สมทบ เวทโอสถ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, และ อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. (2558). *ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพผลของส้มโชกุน,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

บทความ

กมลทิพย์ กรรไพเราะ กัสมีนี เล๊ะนุ และอาลีฟ กาเจ็ง. (2563). การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 5*(2): 7-21.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2563). ผลของการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินต่อคุณภาพของน้ำชาเจ๊ะเหมชงพร้อมดื่ม สำเร็จรูป. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 25*(3): 1067-1082.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2561). ผลของการใช้สารทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพของกัมมี่เยลลี่ดาหลา. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 23*(2): 944-958.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2559, กรกฎาคม-ธันวาคม). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาซาดีนแดดเดียวโดยใช้ตู้อบลมร้อน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 2*(1): 7-21.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และ สุธีรา ศรีสุข. (2559). การพัฒนากัมมี่เยลลี่ดาหลาพลังงานต่ำด้วยซูคราโลส. ใน *รายงานการประชุมงานประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 “เกษตรและสุขภาพ” (Agriculture and Health) ประจำปี 2559 วันที่ 1-2 พฤศจิกายน 2559.* พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สมทบ เวทโอสถ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, และอิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. (2558). ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพผลของส้มโชกุน. ใน *รายงานการประชุมบริการิชาการครั้งที่ 54 ประจำปี 2559 วันที่ 2-5 กุมภาพันธ์ 2559.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, จีรวุธ มุนินทร์นพมาศ, อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะ และ สุธีรา ศรีสุข. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสพริกไทยดำของหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป. ใน *รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 ประจำปี 2558 วันที่ 5 สิงหาคม 2558*. นราธิวาส : มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

Kanpairo, K., Usawaketmanee, W., Sirivongpaisal, P. and Siripongvutikorn, S. (2012). The compositions and properties of spray dried tuna flavor powder produced from tuna precooking juice. *International Food Research Journal, 19* (3), 893-899

หนังสือ / เอกสารทางวิชาการ

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2563). *เอกสารประกอบการสอนวิชาเคมีผลิตภัณฑ์อาหาร.* พิมพ์ครั้งที่ 1. ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ผู้ร่วมโครงการ 1

ชื่อ – สกุล นางสาวภารดี พละไชย

ตำแหน่งทางวิชาการ นักวิทยาศาสตร์

สังกัด คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

ประวัติการศึกษา

- วท. บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหร) สถาบันราชภัฏยะลา

ผลงานทางวิชาการ

งานวิจัย

กมลทิพย์ กรรไพเราะ ภัทรวดี เอียดเต็ม และภารดี พละไชย. (2563). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส: กรณีศึกษา อ.ธารโต จ.ยะลา*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ จริยา สุขจันทรา และภารดี พละไชย. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของข้าวหอมกระดังงาชนิดแท่ง*, ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ภัทรวดี เอียดเต็ม และภารดี พละไชย. (2560). *การพัฒนากระบวนการผลิตกล้วยหินอบม้วน,* ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ภัทรวดี เอียดเต็ม สุธีรา ศรีสุข และ ภารดี พละไชย (2560). *การพัฒนามาตรฐานการผลิตกาแฟเบตง(โกปี๊)*, ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และ ภารดี พละไชย (2560). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาล: น้ำสลัดแขกไขมันต่ำ,* คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.