

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาผสมขมิ้นผง

Study on Shelf life of Dried Chili Paste Added with Hawm Gra Dang Nghah Rice Bar

กมลทิพย์ กรรไพเราะ^{1*}, จริยา สุขจันทร์², ซูไรดา มะ³ และ นูรมา สีเต๊ะ³

Kamontip Kanpairo^{1*}, Jariya Sukjantra², Suraida Ma³ and Nurma Seede³

Received: 30 December 2021, Revised: 7 April 2022, Accepted: 29 April 2022

บทคัดย่อ

ธัญพืชชนิดแห้ง (cereal bar) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทพร้อมบริโภค ประกอบด้วยส่วนประกอบจากธัญพืชที่มีลักษณะเป็นของแข็งและส่วนประกอบอื่นที่มีลักษณะเป็นของเหลว การเสื่อมเสียส่วนใหญ่มาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมโดยรอบได้แก่ ออกซิเจนและความชื้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไปและเกิดกลิ่นหืน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้บรรจุภัณฑ์ต่างประเภทกัน 2 ชนิดคือ ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Linear Low Density Polyethylene; LLDPE) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Laminate Bag; AL) เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้ง ณ สภาวะอุณหภูมิห้อง (29 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและชนิดของบรรจุภัณฑ์ ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุงพลาสติกประเภท LLDPE มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ (ค่า L^* , a^* , b^* และเนื้อสัมผัส) เคมี (ค่า a_w , ความชื้น และ ค่า TBA) จุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อรา) รวมทั้งผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ จึงสรุปได้ว่า สภาวะการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้ง คือ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ผลิตภัณฑ์ที่สภาวะนี้มีค่า a_w , ความชื้น และค่า TBA เท่ากับ 0.40 ± 0.01 , ร้อยละ 3.41 ± 0.23 และ 2.11 ± 0.23 mg MDA/kg sample ตามลำดับ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (9.0×10^2 CFU/g) และรา (5.5×10^1 CFU/g)

¹ สาขาวิชาการประกอบอาหารฮาลาล คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา 95000

¹ Department of Halal Culinary, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala 95000, Thailand.

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา 95000

² Department of Food Science and Technology, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala 95000, Thailand.

³ ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา 95000

³ Local Promotion and Development Center, Yala Rajabhat University, Yala 95000, Thailand.

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

เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน (มผช. 902/2559) ซึ่งสามารถนำผลจากงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแห้งและนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวหอมกระดังงา, ธัญพืชชนิดแห้ง, บรรจุภัณฑ์, LLDPE, อลูมิเนียมฟอยล์

ABSTRACT

Cereal bars are ready-to-eat food products consisting of solid grains and other liquid ingredients. Most of the deterioration is caused by the surrounding environmental factors such as oxygen and moisture, resulting in the product's change in texture and rancidity. The objective of the study on the shelf life of Hawm Gra Dang Ngah Rice Bar was to study the effect of using two different package types, namely, linear low-density polyethylene (LLDPE) plastic bags and aluminum laminate bags (AL) stored at room temperature (29 ± 2 degrees Celsius) for 12 weeks. The results indicated that the correlation between the storage periods and the package types had a statistically significant ($p < 0.05$) effect on the physical, chemical, microbiological, and sensory qualities of the Hawm Gra Dang Ngah Rice Bar product. Hawm Gra Dang Ngah Rice Bar packed in LLDPE plastic bags had changes in physical (L^* , a^* , b^* values and texture), chemical (a_w values, moisture content, and TBA values), and microbiological qualities (total microbial counts and fungi) including the sensory acceptance greater than the other packed in AL bags. Therefore, it could be concluded that the appropriate packaging of Hawm Gra Dang Ngah Rice Bar was aluminum laminate bags. After storing for 12 weeks, the products kept in aforementioned condition had the a_w , % moisture and TBA contents of 0.40 ± 0.01 , 3.41 ± 0.23 and 2.11 ± 0.23 mg MDA/kg sample respectively. Total plate count (9.0×10^2 CFU/g) and mold (5.5×10^1 CFU/g) had met Community Product Standard (902/2016). Moreover, the results found in this research can be applied to cereal bar products and further developed commercially.

Keywords: Hawm Gra Dang Ngah Rice, cereal bar, packaging, LLDPE, aluminum laminate bags

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคทั่วโลกให้ความสำคัญกับสุขภาพและการบริโภคมากขึ้น ข้อมูลจาก Euromonitor International ที่นำเสนอเกี่ยวกับตลาดอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพของไทย ในปี 2561 พบว่ามีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง เฉลี่ยร้อยละ 3.5 ต่อปี มีมูลค่าราว 187,000 ล้านบาท และคาดการณ์ว่าในปี 2565 ตลาดจะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นเป็น 213,099 ล้านบาท

บาท ขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 2.7 ต่อปี โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการขยายตัวของอาหารและเครื่องดื่มสุขภาพมาจากพฤติกรรมการใช้ชีวิตด้วยความเร่งรีบ ใช้เวลาในการทำงานมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคมีความเครียดมากขึ้น ไม่มีเวลาในการออกกำลังกาย ขณะเดียวกันก็ตระหนักถึงการมีสุขภาพที่ดี ทำให้ผู้บริโภคแสวงหาสินค้าเพื่อสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี เมื่อวิเคราะห์ถึงความต้องการอาหารสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพ

พบว่า อันดับหนึ่งคือขนมและผลิตภัณฑ์จากนม อันดับสองเป็นอาหารเพื่อสุขภาพสำหรับเด็กเล็กและอันดับสามเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบ (baked food) จากข้าวและขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ โดยในตลอดระยะเวลา 5 ปีที่ผ่านมามีอัตราการขยายตัวร้อยละ 9.1 ต่อปี มีมูลค่า 3,756 ล้านบาท (Prachachart, 2019)

ธัญพืช (cereal) เป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพชนิดหนึ่งที่กำลังเป็นที่นิยมอย่างต่อเนื่อง และเนื่องด้วยคุณสมบัติของธัญพืช ที่ให้พลังงาน มีโปรตีนคุณภาพสูงซึ่งมีกรดอะมิโนสำคัญที่จำเป็นต่อร่างกาย เป็นแหล่งใยอาหารทั้งชนิดละลายน้ำและไม่ละลายน้ำทั้งมีวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย ไขมันธัญพืชยังจัดเป็นไขมันที่มีคุณภาพดีที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (Herawati *et al.*, 2019) ธัญพืชชนิดแท่งหรือซีเรียลบาร์ (cereal bars) จัดเป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยส่วนผสมที่เป็นชิ้นขนาดเล็กนำมาอัดเป็นแท่ง โดยยึดด้วยสารยึดเกาะ (Binder) ผสมกับธัญพืชหรือธัญชาติ นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เนื่องจากลักษณะผลิตภัณฑ์ที่สามารถพกพาไปรับประทานได้สะดวกในทุกที่ ทุกเวลา สามารถรับประทานเพื่อทดแทนมื้ออาหารหลักได้ในช่วงเวลาเร่งรีบ (Somboondumrongkul *et al.*, 2014; Yadav and Bhatnagar, 2016) ประกอบกับแนวการบริโภคอาหารยุคใหม่แบบ Balanced Diet & Lifestyle ที่กำลังนิยมทั่วโลก การบริโภคธัญพืชชนิดแท่งจึงได้รับความนิยมในการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ข้าวหอมกระดังงา เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของอำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส มีลักษณะประจำพันธุ์คือ เป็นข้าวเหนียว ที่มีจำนวนต้นตอกอ้อย ลำต้นของข้าวหอมกระดังงามีสีม่วง รวงข้าวมีสีน้ำตาลอมม่วง มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 120-150 วัน เมล็ดข้าวสารค่อนข้างเล็ก มีสีน้ำตาลเข้มเมื่อนำมาหุงเป็นข้าวสุกแล้วจะมีความนุ่ม และกลิ่นหอมคล้ายดอก

กระดังงา (Hayamin, 2009) ข้าวหอมกระดังงาเป็นพันธุ์ข้าวอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารอาหารที่สำคัญหลายชนิดเช่น เป็นแหล่งของโปรตีน พลังงาน และที่สำคัญมีสารแอนโทไซยานินที่มีคุณสมบัติต้านมะเร็งลำไส้ ป้องกันการเกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ ลดการอักเสบของผิวหนัง ทำให้เซลล์สมองทำงานได้ดี (Yuenyongputtakal *et al.*, 2019)

ชามาหรือซัลบัลคือ อาหารที่ปรุงจากพริกมีลักษณะคล้ายน้ำพริกในอาหารไทย โดยคำว่า ชามาเป็นคำพื้นถิ่นนิยมเรียกใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ ส่วนอินโดนีเซียรวมถึงชาวมาลาเลย์ทั่วไปเรียก ซัลบัล ในส่วนประกอบของ ชามาประกอบไปด้วยพริก กะปิ น้ำตาล น้ำมะนาว อาจเติมส่วนผสมอื่นลงไปซึ่งจะมีชื่อเรียกที่ต่างกันเช่น ชามาโชตงคือน้ำพริกใส่ปลาหมึก ชามาโปโยะห์คือน้ำพริกที่มีส่วนผสมของทุเรียน เป็นต้น (Chakamanont *et al.*, 2020) เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่าในน้ำพริกชามา 100 กรัม จะให้พลังงาน 311 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 28.1 กรัม โปรตีน 30.9 กรัม และไขมัน 10.1 กรัม ซึ่งชามาจัดเป็นอาหารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากในส่วนประกอบคือกะปิและเนื้อปลาเป็นแหล่งของโปรตีน พริกเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ เหมาะสำหรับการบริโภคและนำมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อื่น

จากการทำโครงการพัฒนาและเสริมสร้างทักษะการประกอบอาชีพของเยาวชนและประชาชนในจังหวัดชายแดนภาคใต้ แผนงานบูรณาการขับเคลื่อนการแก้ปัญหาจังหวัดชายแดนภาคใต้พบว่า กลุ่มวิสาหกิจมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน อ.สุไหงโกทก จ.นราธิวาส ซึ่งผลิตน้ำพริก (ชามา) จำหน่าย ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นอาหารทานเล่นโดยนำน้ำพริก (ชามา) มาเป็นส่วนผสม ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นอัตลักษณ์ของทางกลุ่มวิสาหกิจ

โดยนำข้าวหอมกระดังงาซึ่งเป็นข้าวพื้นเมืองในท้องถิ่นมาผสมกับน้ำพริก (ซามา) กลายเป็นข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้ง และศึกษาอายุการเก็บรักษา ซึ่งผู้วิจัยหวังว่าผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทางกลุ่มสามารถนำไปผลิตเพื่อวางขายและสร้างรายได้ให้กับทางกลุ่มได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ผลิตข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้ง

เตรียมน้ำพริก (ซามา) ซึ่งมีส่วนผสมของ เนื้อปลา กระเทียม หอมแดง พริกแห้ง น้ำตาลทราย และเกลือ จากนั้นนำมาผลิตเป็นธัญพืชชนิดแห้ง ตามสูตรและวิธีการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน อ.สุไหงโกทก จ.นราธิวาส โดยในสูตรประกอบด้วยข้าวหอมกระดังงา น้ำพริก (ซามา) เบนะแซ กวักม ปลากระด้างแห้งและน้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 50, 20, 15, 5, 5 และ 5 ตามลำดับ วิธีการผลิตเริ่มจากหุงข้าวหอมกระดังงาใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำคือ 1:2 นำข้าวหอมกระดังงาที่หุงเสร็จไปอบโดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมงด้วยตู้อบลมร้อน จากนั้นนำไปทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นาน 5 วินาที นำส่วนผสมทั้งหมดได้แก่ ข้าวหอมกระดังงาที่ทอดแล้ว น้ำพริก (ซามา) เบนะแซ กวักม ปลากระด้างแห้ง และน้ำมันถั่วเหลือง คลุกเคล้าให้เข้ากัน ตักใส่พิมพ์ขนาดกว้าง 2.5×6 เซนติเมตร นำไปอบอีกครั้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้ง

นำผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ น้ำหนักบรรจุ 20 กรัม/ซอง โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาตัวแปร 2 ตัวแปรคือ ตัวแปรที่ 1 ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิดคือ ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Linear Low Density Polyethylene;

LLDPE) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Laminate Bag; AL) ตัวแปรที่ 2 ระยะเวลาในการเก็บรักษาตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 12 เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (29 ± 2 องศาเซลเซียส) โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้ง สุ่มเก็บตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ หรือจนกว่าตัวอย่างเสื่อมเสีย/ไม่เป็นที่ยอมรับ วิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ดังนี้ 1) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดค่าสี ตรา Hunter Lab ยี่ห้อ Color Flex CX 1471 วัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TA-XT2 โดยทำการวัดค่าความแข็ง (hardness) ใช้หัววัด Blade set with knife ขนาดของตัวอย่าง $30 \times 30 \times 15$ มิลลิเมตร ระยะการกดสูงจากผิวหน้าตัวอย่าง 20 มิลลิเมตร (pre-test speed: 2 mm/s; test speed 2 mm/s; post-test speed 10 mm/s) ทำการวิเคราะห์อย่างน้อย 3 ซ้ำ 2) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าออกซิเดชันโดยใช้อุปกรณ์ Novasina AG รุ่น CH - 8853 ปริมาณความชื้นและปริมาณกรดไทโอบาร์บิติก (Thiobarbituric acid, TBA) โดยวิธี (AOAC, 2000) 3) คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมดและรา ตามวิธี AOAC (2000) 4) การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งโดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน ทดสอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมโดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 9 point hedonic scale

วางแผนการทดลอง แบบ 2×7 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 21 โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้
Duncan's Multiple Range Test

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพระหว่างเก็บรักษา

1.1 ค่าสี L^* a^* b^*

ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษา และบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ส่งผลต่อค่า L^* a^* b^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยในวันแรกของการเก็บรักษา ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LLDPE มีค่า L^* a^* b^* เท่ากับ 34.30 ± 0.69 , 8.56 ± 0.46 และ 19.93 ± 0.17 เมื่อเก็บรักษา 12 สัปดาห์ ค่า L^* a^* b^* เท่ากับ 30.02 ± 1.17 , 11.95 ± 0.15 และ 15.93 ± 0.17 ส่วนข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง AL มีค่า L^* a^* b^* เท่ากับ 34.32 ± 0.18 , 8.50 ± 0.10 และ 19.87 ± 0.28 เมื่อเก็บรักษา 12 สัปดาห์ ค่า L^* a^* b^* เท่ากับ 32.70 ± 0.17 , 9.29 ± 0.25 และ 17.85 ± 0.24 ตามลำดับ จากการทดลอง พบว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* a^* b^* กล่าวคือ การบรรจุในถุง LLDPE ค่า L^* และ b^* มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากถุงพลาสติกชนิด LLDPE ไม่มีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นและแสง ทำให้รังสีควัตถุที่ให้สีแดง ในส่วนผสมบางอย่าง เช่น ข้าวหอมกระดังงา ซึ่งประกอบด้วยสารแอนโทไซยานิน และน้ำพริก (ซามา) ซึ่งประกอบด้วยแคโรทีนอยด์ เกิดการสลายตัวระหว่างการเก็บรักษา รวมทั้งส่วนผสมของผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบก็เอื้อต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) โดยกลุ่มกรดอะมิโนของโปรตีน และเปปไทด์ทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จึงมีสีเข้มขึ้น (Patras *et al.*, 2010; Puttame and Chitphutthanakul, 2019) โดยเฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ

ความชื้นหรือการเพิ่มขึ้นของค่า a_w ส่งผลให้การปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเกิดได้อย่างรวดเร็ว ส่วนผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาที่บรรจุในถุง AL จะพบว่า ค่า L^* และ b^* มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่มีการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นช้ากว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง LLDPE เนื่องจาก ถุง AL มีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้น การซึมผ่านของออกซิเจน และป้องกันการส่องผ่านของแสงได้ดีกว่าพลาสติกชนิดอื่น จึงใช้เป็นภาชนะบรรจุสำหรับป้องกันแสงและความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหาร (Stoklosa *et al.*, 2012; Chittapalo and Songsanandr, 2014) ซึ่ง Areekul *et al.* (2014) กล่าวว่าสภาวะการเก็บรักษาที่ดีที่สุดคือการเก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและหากจะยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นให้เก็บที่อุณหภูมิต่ำ จากการทดลองพบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งในถุง AL เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์มีสีใกล้เคียงกับวันที่เริ่มต้นการผลิต (วันที่ 0) แสดงให้เห็นว่า บรรจุภัณฑ์ก็เป็นสิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

1.2 เนื้อสัมผัส (ความแข็ง)

ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ส่งผลต่อค่าเนื้อสัมผัส (ความแข็ง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่า ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง AL มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LDPPE กล่าวคือ ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ข้าวหอมกระดังงาในถุง LLDPE มีค่าความแข็งเท่ากับ $1,209.67 \pm 92.42$ กรัม เมื่อเก็บรักษา 12 สัปดาห์ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเป็น $1,712.42 \pm 95.82$ กรัม ส่วนผลิตภัณฑ์ในถุง AL พบว่า วันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ข้าวหอมกระดังงาในถุง AL มีค่าความแข็ง

เท่ากับ $1,204.00 \pm 104.01$ กรัม เมื่อเก็บรักษา 12 สัปดาห์มีค่าเท่ากับ $1,467.38 \pm 85.36$ กรัม จากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งในถุง LLDPE พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับค่า a_w และความชื้นที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากถุง LLDPE มีคุณสมบัติเป็นถุงใส โปร่งแสง ทำให้ความชื้นแสง และออกซิเจน สามารถซึมผ่านเข้าไปภายในบรรจุภัณฑ์ได้ โดยเฉพาะความชื้นเมื่อซึมผ่านบรรจุภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูดน้ำกลับเข้าไป ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงขึ้น และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านการสูญเสียความกรอบและเกาะตัวรวมกันเป็นก้อน ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เหนียวมากขึ้น ต้องใช้แรงในการกดให้แตกเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khamanam (2014) ที่รายงานว่า ปริมาณความชื้นมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ประเภทขนมขบเคี้ยว ทำให้โครงสร้าง

Starch/Protein Matrix เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยอากาศที่มีปริมาณความชื้นสูงจะถ่ายเทไปยังผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวมากขึ้น ต้องใช้แรงในการกดเพื่อให้เสียสภาพมากขึ้น ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภทขนมขบเคี้ยว คุณลักษณะที่สำคัญของอาหารประเภทนี้ที่ผู้บริโภคต้องการคือความกรอบ โดยอาหารที่กรอบจะต้องแตกง่ายทันทีเมื่อเคี้ยว (Kaur *et al.*, 2018) ส่วนผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งในถุง AL พบการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งเพียงเล็กน้อย เนื่องจากคุณสมบัติของถุง AL ที่สามารถป้องกันการแพร่ผ่านของความชื้น ออกซิเจน ก๊าซชนิดอื่นๆ รวมไปถึงสารระเหยให้กลิ่น และยังมีคุณสมบัติที่ดีในการป้องกันแสง จากข้อมูลดังกล่าวทำให้สรุปได้ว่าการบรรจุข้าวโพดแห้งในถุง AL ไม่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับ การบรรจุในภาชนะชนิดอื่น (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สัปดาห์ที่	L*	a*	b*	Hardness (g)
ถุง LLDPE	0	34.30 ± 0.69^a	8.56 ± 0.46^a	19.93 ± 0.17^a	$1,209.67 \pm 92.42^g$
	2	33.90 ± 0.49^b	8.80 ± 0.50^a	19.22 ± 0.31^a	$1,307.38 \pm 105.36^f$
	4	33.10 ± 0.47^b	8.94 ± 0.70^a	18.55 ± 0.29^b	$1,479.82 \pm 100.06^c$
	6	32.61 ± 0.58^c	9.67 ± 0.41^b	18.06 ± 0.79^b	$1,528.13 \pm 95.02^d$
	8	32.16 ± 0.10^c	10.39 ± 0.71^c	17.73 ± 0.20^c	$1,602.50 \pm 102.62^c$
	10	31.59 ± 0.54^d	10.92 ± 0.11^c	16.81 ± 0.37^d	$1,682.08 \pm 95.10^b$
	12	30.02 ± 1.17^e	11.95 ± 0.15^d	15.93 ± 0.17^e	$1,712.42 \pm 95.82^a$
ถุง AL	0	34.32 ± 0.18^a	8.50 ± 0.10^a	19.87 ± 0.28^a	$1,204.00 \pm 104.01^g$
	2	34.19 ± 0.14^a	8.57 ± 0.23^a	19.34 ± 0.28^a	$1,219.67 \pm 92.42^g$
	4	34.10 ± 0.70^a	8.64 ± 0.12^a	19.04 ± 0.50^a	$1,300.00 \pm 101.02^f$
	6	33.88 ± 0.18^b	8.70 ± 0.55^a	18.82 ± 0.18^b	$1,312.67 \pm 100.52^f$

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิดบรรจุ ภัณฑ์	สัปดาห์ที่	L*	a*	b*	Hardness (g)
ถุง AL	8	33.42±0.40 ^b	8.95±0.24 ^a	18.62±0.44 ^b	1,398.35±82.01 ^{ef}
	10	33.05±0.46 ^b	9.16±0.42 ^b	18.07±0.70 ^b	1,406.33±85.61 ^{ef}
	12	32.70±0.17 ^c	9.29±0.25 ^b	17.85±0.24 ^c	1,467.38±85.36 ^c

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีระหว่างเก็บรักษา

2.1 ค่า a_w และ ความชื้น

ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ส่งผลต่อค่า a_w อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LLDPE มีค่า a_w เท่ากับ 0.31 ± 0.01 เมื่อเก็บรักษาไป 12 สัปดาห์มีค่า a_w เท่ากับ 0.62 ± 0.05 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง AL ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) มีค่า a_w เท่ากับ 0.31 ± 0.06 เมื่อเก็บรักษาไป 12 สัปดาห์มีค่า a_w เท่ากับ 0.40 ± 0.01 ส่วนความชื้น พบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุ 2 รูปแบบส่งผลต่อค่าความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) วันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LLDPE มีค่าความชื้นร้อยละ 2.26 ± 0.16 เมื่อเก็บรักษา 12 สัปดาห์ผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 6.34 ± 0.23 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอูมิเนียมฟอยล์ ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 2.24 ± 0.24 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3.41 ± 0.23 (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาทั้ง 2 ปัจจัยคือค่า a_w และ ความชื้น พบว่า ให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกัน โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุง AL มีการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w และ ความชื้นต่ำกว่าการเก็บรักษาในถุง LLDPE

เนื่องจาก ถุง AL มีคุณสมบัติในการป้องกันแสงออกซิเจนและความชื้น (Pua *et al.*, 2008) อย่างไรก็ตามทุกชุดการทดลองมีค่า a_w และปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผัก ผลไม้ และธัญพืชอัดแห้ง ซึ่งกำหนดค่า a_w ไม่เกิน 0.85 และ ความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 (Thai Community Product Standard 902, 2016) ดังนั้น อาหารที่มีค่า a_w อยู่ในช่วงดังกล่าว จุลินทรีย์โดยเฉพาะจุลินทรีย์ก่อโรคไม่สามารถเจริญได้ รวมทั้งสามารถยับยั้งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นหรือค่า a_w ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพและไม่ปลอดภัย ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ แต่จากการทดลองผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 แบบมีการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w และ ความชื้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา มีสาเหตุจากการที่อาหารได้สัมผัสกับออกซิเจนที่หลงเหลือในบรรจุภัณฑ์หรือมีการซึมผ่านของออกซิเจนเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งสภาพแวดล้อม ทำให้อาหารดูดซับความชื้น ส่งผลทำให้ค่า a_w และปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับ Areekul *et al.* (2014) ที่ได้ศึกษาค่าพลังงานก่อกัมมันต์สำหรับสภาพการให้ซึมผ่านของไอน้ำของพลาสติก พบว่า พลาสติกชนิดเดียว เช่น พอลิโพลีไพลีน พอลิเอทิลีน มีสัมประสิทธิ์สภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำปานกลาง มีค่าระหว่าง 0.2785-0.3688 กรัมต่อตารางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท

โดยการเคลื่อนที่ของไอน้ำจะเกิดในถุงพลาสติกได้ ดีกว่าถุง AL เนื่องจากถุง AL เกิดจากฟิล์มพอลิโพลีโพลีไพลีนฉนวนผิวด้านนอกด้วยไอโลหะ จึงทำให้มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำและออกซิเจนได้ดีกว่าถุงพลาสติกที่เป็นฟิล์มโพลีเอทิลีนชั้นเดียว (Dutta and Dutta, 2016) ซึ่งถุง AL มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำน้อยกว่า 0.70 กรัมต่อตารางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท (Butler *et al.*, 2009; Herawati *et al.*, 2019) ทำให้ระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น ผลผลิตนั้นก็มีความชื้นสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้สาเหตุหนึ่งที่ส่งผลทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเนื่องมาจาก ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งจัดเป็นอาหารพวก High Hygroscopicity คือเป็นอาหารที่มีน้ำตาลและเกลือสูง เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จะทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์อย่างรวดเร็ว

2.2 ค่า TBA

ค่า TBA เป็นดัชนีบ่งบอกถึงคุณภาพที่มีความสำคัญบ่งชี้ถึงการเกิดออกซิเดชันของไขมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะวัดปริมาณสาร secondary oxidation products ที่เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็น primary oxidation products จะเกิดมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Lamkampang and Inget, 2015) โดยมีปริมาณออกซิเจนและค่า a_w เป็นปัจจัยในการเร่งให้เกิดปฏิกิริยา (Banchuen *et al.*, 2009) โดยทั่วไป ค่า TBA ที่มากกว่า 3 mg MDA/kg sample จะทำให้ผู้บริโภครับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้ และถ้าค่ามากกว่า 7 mg MDA/kg sample ไขมันจะเสื่อมคุณภาพมากขึ้นและมักกลิ่นรุนแรงมากขึ้น และจะไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ หากค่า TBA เกิน 20 mg MDA/kg sample ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของผลิตภัณฑ์นั้นด้วย (Lopacka *et al.*, 2017; Serpen and Gökmen, 2009) ปัจจัยร่วมระหว่าง

ระยะเวลาในการเก็บรักษาและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ส่งผลต่อค่า TBA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LLDPE มีค่า TBA เริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.04 ± 0.92 mg MDA/kg sample เมื่อเก็บรักษา 12 สัปดาห์ ค่า TBA มีค่าเท่ากับ 3.18 ± 0.47 mg MDA/kg sample ส่วนข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง AL มีค่า TBA เริ่มต้นเท่ากับ 1.04 ± 0.86 mg MDA/kg sample เมื่อเก็บรักษา 12 สัปดาห์มีค่าเท่ากับ 2.11 ± 0.21 mg MDA/kg sample จากผลการทดลองจะพบว่า ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LLDPE และ AL เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สอดคล้องกับค่า a_w และปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาเช่นกัน ซึ่งค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพของอาหาร เพราะจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์อย่างช้าๆ ค่า a_w ในช่วง 0-0.4 อัตราการเกิดออกซิเดชันจะลดลง และจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อค่า a_w มากกว่า 0.4 (Choe and Min, 2007) ผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งจัดอยู่ในกลุ่มอาหารแห้งหรืออาหารความชื้นต่ำ (a_w ระหว่าง 0.0-0.60) เมื่ออาหารได้สัมผัสกับออกซิเจนที่หลงเหลือในบรรจุภัณฑ์ หรือว่ามีการซึมผ่านของออกซิเจนเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ ทำให้ส่วนผสมบางอย่าง เช่น ข้าวหอมกระดังงา ปลากระด้างแห้งทอด ซึ่งมีองค์ประกอบของไขมันเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้กรดไขมันอิสระและถูกออกซิไดซ์ได้สารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ สารนี้จะแตกตัวเป็นสารประกอบแอลดีไฮด์คีโตน แอลกอฮอล์และกรดคาร์บอนิลิก ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารในเทอมของการเกิด hydrolytic rancidity ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นหืน ส่วนชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันพบว่า ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LLDPE มีค่า TBA สูงกว่าข้าว

หอยกระดังยชนิดแท่งที่บรรจุในถุง AL เนื่องจากถุง AL มีคุณสมบัติในการป้องกันแสง ออกซิเจน และ ไอน้ำ จึงสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์ ส่วนถุง LLDPE มีคุณสมบัติเป็นถุงใส โปร่งแสง ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถถูกกระตุ้นจากแสง นอกจากนี้ยังมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน มากกว่าถุง AL อีกด้วย คือ ถุง LLDPE มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนอยู่ในช่วง 0.2785 - 0.3688 กรัมต่อตารางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท ในขณะที่ อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของ AL มีค่า

0.0076-0.0351 กรัมต่อตารางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท (Dutta and Dutta, 2016; Lebidzinska and Szefer, 2006) ซึ่งบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารประเภททอดหรือกรอบนั้น ควรมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ เพื่อกันความชื้นซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบลดลง และต้องเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหาร ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนขึ้นในผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวหอยกระดังยชนิดแท่งที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สัปดาห์ที่	a_w	ความชื้น (%)	TBA (mg MDA/kg sample)
ถุง LLDPE	0	0.31±0.01 ^h	2.26±0.16 ⁱ	1.04±0.92 ^j
	2	0.38±0.01 ^c	2.68±0.49 ^g	1.95±1.08 ^g
	4	0.41±0.01 ^d	2.89±0.21 ^f	2.27±1.06 ^c
	6	0.47±0.02 ^c	3.32±0.41 ^c	2.49±0.51 ^d
	8	0.52±0.02 ^c	4.89±0.39 ^c	2.61±0.62 ^c
	10	0.57±0.01 ^b	5.25±0.39 ^b	2.93±0.82 ^b
	12	0.62±0.05 ^a	6.34±0.23 ^a	3.18±0.47 ^a
ถุง AL	0	0.31±0.06 ^h	2.24±0.24 ⁱ	1.04±0.86 ^j
	2	0.34±0.06 ^g	2.41±0.51 ^{hi}	1.25±0.63 ⁱ
	4	0.34±0.02 ^g	2.53±0.29 ^h	1.45±1.02 ^h
	6	0.36±0.02 ^f	2.87±0.61 ^f	1.86±0.82 ^{gh}
	8	0.37±0.01 ^{ef}	3.20±0.46 ^{ef}	1.98±0.53 ^g
	10	0.38±0.01 ^c	3.24±0.77 ^{ef}	2.09±0.44 ^f
	12	0.40±0.01 ^d	3.41±0.23 ^d	2.11±0.21 ^f

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3. คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลจากการนำผลิตภัณฑ์ข้าวหอยกระดังยชนิดแท่งมาเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิดคือถุง

LLDPE และถุง AL เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29±2 องศาเซลเซียส) สุ่มตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ทุก 2 สัปดาห์ ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ

เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อรา โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องผัก ผลไม้ และธัญพืชอัดแท่ง ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้ จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (Thai Community Product Standard 902, 2016) ผลการศึกษาพบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุง LLDPE และถุง AL มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์เกิดขึ้น โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง AL มีการเพิ่มจำนวนขึ้นน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง LLDPE ตลอด 12 สัปดาห์ ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง LLDPE มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้น 1.6×10^2 โคโลนีต่อกรัมและเพิ่มเป็น 1.5×10^4 โคโลนีต่อกรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง AL มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้น 1.4×10^2 โคโลนีต่อกรัม และเพิ่มเป็น 9.0×10^2 โคโลนีต่อกรัมเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ (ตารางที่ 3) ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง LLDPE มีปริมาณเชื้อราเริ่มต้น 1.2×10^1 โคโลนีต่อกรัมและเพิ่มเป็น 2.2×10^2 โคโลนีต่อกรัม ในสัปดาห์ที่ 10 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอูมิเนียมฟอยล์มีปริมาณเชื้อราเริ่มต้น 1.2×10^1 โคโลนีต่อกรัม และเพิ่มเป็น 5.5×10^1 โคโลนีต่อกรัมเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ การเพิ่มขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อรามีความสัมพันธ์กับค่า a_w และปริมาณความชื้น โดยทั่วไปเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตเมื่ออาหารมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.6-0.9

เชื้อจุลินทรีย์ประเภทราจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่ออาหารมีค่า a_w เท่ากับ 0.62 หรือต่ำกว่า (Pratiwi *et al.*, 2019; Rawat and Darappa, 2015) จากผลการทดลองพบว่า ในสัปดาห์ที่ 10 ผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแท่งที่บรรจุในถุง LLDPE มีปริมาณเชื้อราเท่ากับ 2.2×10^2 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องผัก ผลไม้ และธัญพืชอัดแท่ง ที่กำหนดให้ราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม เป็นผลเนื่องจากปริมาณความชื้นที่เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา รวมทั้งบรรจุภัณฑ์ประเภท LLDPE มีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของความชื้น แสง ออกซิเจนได้น้อยกว่าถุง AL ซึ่งการเพิ่มขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์มีสาเหตุเนื่องจากมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตซึ่งมีปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ปริมาณสารอาหาร ปริมาณน้ำอิสระของอาหาร ปริมาณออกซิเจน ซึ่งถ้าหากปัจจัยเหล่านี้มี ปริมาณเพียงพอและอยู่ในช่วงที่เหมาะสมจุลินทรีย์ก็จะสามารถเจริญเติบโตได้ (Phothapaeree *et al.*, 2017) จึงสรุปได้ว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแท่งในถุง LLDPE สามารถเก็บรักษาได้ 8 สัปดาห์ ถ้าหากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น สามารถเก็บรักษาในถุงอูมิเนียมฟอยล์ซึ่งตลอดระยะเวลาทั้งสิ้น 12 สัปดาห์พบว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (Thai Community Product Standard 902, 2016)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของัญผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ ที่	ถุง LLDPE		ถุง AL	
	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	เชื้อรา (CFU/g)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	เชื้อรา (CFU/g)
0	1.6×10^2	1.2×10^1	1.4×10^2	1.2×10^1
2	4.8×10^2	1.7×10^1	1.7×10^2	1.4×10^1
4	3.2×10^3	2.5×10^1	3.5×10^2	2.9×10^1
6	5.0×10^3	5.2×10^1	6.4×10^2	3.2×10^1
8	8.2×10^3	6.7×10^1	7.5×10^2	4.1×10^1
10	1.5×10^4	2.2×10^2	8.1×10^2	5.2×10^1
12	-	-	9.0×10^2	5.5×10^1

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัสและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุ 2 รูปแบบ ส่งผลต่อคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัสและความชอบรวม ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คะแนนการประเมินทางลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LLDPE ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเท่ากับ 7.46 และเมื่อเก็บรักษาถึงสัปดาห์ที่ 10 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน 6.43 ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง AL พบว่าช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเท่ากับ 7.46 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน 7.06 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 คุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LLDPE ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนลดลง

ตามระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเท่ากับ 7.34 และเมื่อเก็บรักษาถึงสัปดาห์ที่ 10 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน 6.73 ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง AL พบว่าช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเท่ากับ 7.33 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน 7.10 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองทางคุณลักษณะทางกายภาพโดยการวัดค่า L^* a^* b^* ที่พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุง LLDPE ส่งผลต่อค่า L^* a^* b^* ของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งมากกว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุง AL ส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับในด้านค่าสีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันด้วยส่วนคุณลักษณะทางด้านกลิ่นพบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LLDPE ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษาเช่นกัน โดยช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเท่ากับ 7.50 และเมื่อเก็บรักษาจนถึงสัปดาห์ที่ 10 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน 6.33 ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง AL พบว่าช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ผู้ทดสอบชิมให้

คะแนนเท่ากับ 7.51 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน 6.93 ตามลำดับ ซึ่งการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งในถุง AL ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสูงกว่าเนื่องจากยังมีกลิ่นของส่วนผสมมากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kanpairo (2012) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสต้มยำ พบว่า การเปลี่ยนแปลงกลิ่นเครื่องเทศสมุนไพรอาจเป็นผลเนื่องมาจากส่วนประกอบของผงปรุงรสต้มยำ ได้แก่ ตะไคร้ ใบมะกรูด และหอมแดง ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้ง่ายและมีการสลายตัวถ้ามีสภาวะการเก็บที่ไม่เหมาะสมเช่น ความร้อนและบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สามารถป้องกันความชื้น แสง และอากาศได้ ซึ่งการใช้ถุงอูมิเนียมพอลิเอทิลีนช่วยป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและความชื้นได้ดี การระเหยของกลิ่นในผลิตภัณฑ์จึงเกิดได้น้อย ส่งผลให้กลิ่นเครื่องเทศยังคงอยู่ การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LLDPE ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเท่ากับ 7.34 และเมื่อเก็บรักษาถึงสัปดาห์ที่ 10 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน 6.23 ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง AL พบว่าช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ผู้ทดสอบชิม

ให้คะแนนเท่ากับ 7.33 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน 7.04 ตามลำดับ คะแนนที่ได้สอดคล้องกับค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่พบว่า การบรรจุผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งในถุง AL ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงด้านความแข็งเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LDPPE ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของถุงอูมิเนียมพอลิเอทิลีนที่สามารถป้องกันความชื้นได้ดีกว่าถุงพลาสติกชนิด PP และ PE (Pinto *et al.*, 2017) ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมพบว่า ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่บรรจุในถุง LLDPE ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนอยู่ในช่วง 6.73-7.69 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอูมิเนียมพอลิเอทิลีนผู้ทดสอบชิมให้คะแนนอยู่ในช่วง 7.10-7.70 ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอูมิเนียมพอลิเอทิลีนมากกว่าและเมื่อเมื่อตรวจสอบคะแนนของปัจจัยต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาได้แก่ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนในทิศทางเดียวกัน ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวสรุปได้ว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมจะช่วยยืดอายุและทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้งที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สัปดาห์ที่	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ถุง LLDPE	0	7.46±0.92 ^a	7.34±1.29 ^a	7.50±1.19 ^a	7.34±1.29 ^a	7.69±0.81 ^a
	2	7.43±0.51 ^a	7.34±0.83 ^a	7.26±1.22 ^c	7.22±0.83 ^b	7.36±1.22 ^c
	4	7.00±0.77 ^{bc}	7.27±1.28 ^b	7.09±1.30 ^c	7.16±1.28 ^c	7.17±0.90 ^d
	6	7.00±0.67 ^{bc}	7.13±0.59 ^c	6.84±0.61 ^c	6.80±0.59 ^c	7.05±0.56 ^c
	8	6.98±0.60 ^c	7.06±0.67 ^d	6.66±0.58 ^f	6.66±0.67 ^{ef}	6.90±0.66 ^f
	10	6.43±0.56 ^d	6.73±0.35 ^c	6.33±0.61 ^g	6.23±0.35 ^f	6.73±0.63 ^g

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ชนิดบรรจุ ภัณฑ์	สัปดาห์ที่	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
	12	-	-	-	-	-
ถุง AL	0	7.46±0.51a	7.33±0.89a	7.51±0.63a	7.33±0.89a	7.70±0.56 a
	2	7.43±0.61a	7.33±0.81a	7.46±0.81a	7.30±0.81a	7.66±0.63 a
	4	7.27±1.00ab	7.28±1.34b	7.38±1.32b	7.27±0.34b	7.60±0.68 ab
	6	7.20±0.58ab	7.27±0.64b	7.29±0.70c	7.18±0.64c	7.57±0.68b
	8	7.16±0.65ab	7.26±0.59b	7.18±0.63d	7.16±0.59c	7.46±0.81bc
	10	7.10±0.74b	7.12±0.53c	7.04±0.50e	7.06±0.74d	7.16±0.61d
	12	7.06±0.63bc	7.10±0.74c	6.93±0.45ef	7.04±0.53d	7.10±0.97d

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สรุป

ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมกระดังงาชนิดแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง AL สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นาน 12 สัปดาห์ โดยที่ยังคงมีค่า a_w ปริมาณความชื้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อรา อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผัก ผลไม้ และธัญพืชอัดแห้ง ส่วนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โดยวิธี 9-point hedonic scale อยู่ในระดับ 6-7 คะแนน จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน แต่ปัจจัยด้านกลิ่นพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนน้อยที่สุดคือ 6.93 สอดคล้องกับค่า TBA ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในสัปดาห์ที่ 12 มีค่า TBA เท่ากับ 2.11 ± 0.21 mg MDA/kg sample ซึ่งโดยทั่วไปค่า TBA ที่มากกว่า 3 mg MDA/kg sample จะทำให้ผู้บริโภครับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้ ทั้งนี้ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุง AL สามารถชะลอการ

เปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้การควบคุมคุณภาพระหว่างกระบวนการผลิต การบรรจุ และการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย ก็ยังเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และทุนสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC international**. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Md.
- Areekul, V., Phongpipatpong, M., Narinsuksanti, S. and Tarchew, S. 2014. **Research Report on Development of Instant Jiaogulan Tea Powder Using Spray Dryer and Its**

- Storage Stability.** King Mokut, s Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. (in Thai)
- Banchuen, J., Thammarutwasik, P., Ooraikul, B., Wuttijumnong, P. and Sirivongpaisal, P. 2009. Effect of germinating processes on bioactive component of Sangyod Muang Phatthalung rice. **Thai Journal of Agricultural Science** 42(4): 191-199.
- Butler, T.I., Morris, B.A. and Wagner, J.R. 2009. **Chapter 15 - PE based multilayer film structures.** Multilayer flexible packaging, William Andrew Publishing, Boston.
- Chakamanont, S., Tubporn, H. and Ruengrong, A. 2020. Guidelines for the Transmission of Cultural Values and CollectiveIdentity : Chili Pastes of Southeast Asia. **Journal of Cultural Approach** 21(40): 35-45. (in Thai)
- Chittapalo, T. and Songsanandr, P. 2014. Product development of black glutinous rice cracker with Panang flavor and its quality changes. **International Food Research Journal** 21(5): 2025-2029.
- Choe, E. and Min, D.B. 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. **Journal of Food Science** 72(5): 77-86.
- Dutta, A. and Dutta, G. 2016. Comparing optimum barrier variables of Aluminium and MPET Foil Based Laminates for coffee packaging. **Journal of Applied Packaging Research** 8(3): 52-60.
- Hayamin, P. 2009. A construct of mortar machine. **Princess of Naradhiwas University Journal** 1(3): 95-101. (in Thai)
- Herawati, E.R.N., Miftakhussolikhah, M., Pusporini, A.R. and Murdiati, A. 2019. Sensorial and chemical characterization of snack bar with variation of gembolo flour (*Dioscorea bulbifera*) and arrowroot starch (*Marantha arundinaceae* L.). **Food Research** 3(5): 564-569.
- Kanpairo, K. 2012. Production and Utilization of Tuna Processing Juice Powder as Ingredient in Tom-Yum Mix Seasoning Powder. Master Thesis of Science, Prince of Songkla University. (in Thai)
- Kaur, R., Ahluwalia, P., Sachdev, P.A. and Kaur, A. 2018. Development of gluten-free cereal bar for gluten intolerant population by using quinoa as major ingredient. **Journal of Food Science and Technology** 55(9): 3584-3591.
- Khamanam, P. 2014. The Value Added Made From Degrade Sun Dried Banana and Banana Syrup for Snack Bars. Master Thesis of Science, Pibulsongkram Rajabhat University. (in Thai)
- Lamkampang, P. and Inget, S.V. 2015. Product Development of Khao-Tang Supplemented with Calcium from Grey Feather Back Fish bone. **Suandusit Research Journal** 8(1): 57-71. (in Thai)
- Lebiedzinska, A. and Szefer, P. 2006. Vitamins B in grain and cereal-grain food, soyproducts and seeds. **Food Chemistry** 95(1): 116-122.

- Lopacka, J., Poltorak, A. and Wierzbicka, A. 2017. Effect of reduction of oxygen concentration in modified atmosphere packaging on bovine M. longissimus lumborum and M. gluteus medius quality traits. **Meat Science** 124: 1-8.
- Patras, A., Bruton, N.P., O'Donnell, C. and Tiwari, B.K. 2010. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science & Technology** 21(1): 3-11.
- Phothapaeree, N., Jarusaksakul, N., Somwangthanaroj, A. and Tananuwig, K. 2017. Influence of packaging and storage conditions on quality parameters and shelf life of solar-dried banana. **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 39(2): 253-260.
- Pinto, V.R.A., Freitas, T.B.O., Dantas, M.I.S., Lucia, S.M.D., Melo, L.F., Minim, V.P.R. and Bressan, J. 2017. Influence of package and health-related claims on perception and sensory acceptability of snack bars. **Food Research International** 101: 103-113.
- Prachachart. 2019. **Trends Healthy Food and beverage**. Prachachart business. Available source: <https://www.prachachat.net/columns/news-268743>, March 20, 2021. (in Thai)
- Pratiwi, I.A., Kemsawasd, V. and Winuprasith, T. 2019. Storage Stability of High Fiber Snack Bar. **Global Health Management Journal** 3(3): 124-137.
- Pua, C.K., Sheikh Abd. Hamid, N., Tan, C.P., Mirhosseini, H., Abd. Rahman, R. and Rusul, G. 2008. Storage stability of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) powder packaged in aluminium laminated polyethylene and metallized co-extruded biaxially oriented polypropylene during storage. **Journal of Food Engineering** 89: 419-428.
- Puttame, K. and Chitphutthanakul, S. 2019. Effect of Antioxidants and Packages on Shelf-Life of Fried Durian Stick Product. **Rajabhat Rambhai Barni Research Journal** 13(3): 162-169. (in Thai)
- Rawat, N. and Darappa, I. 2015. Effect of ingredients on rheological, nutritional and quality characteristics of fibre and protein enriched baked energy bars. **Journal of food science and technology** 52(5): 3006-3013.
- Serpen, A. and Gökmen, V. 2009. Evaluation of the Maillard reaction in potato crisps by acrylamide, antioxidant capacity and color. **Journal of Food Composition and Analysis** 22(6): 589-595.
- Somboondumrongkul, A., Luekhajon, P. and Srisaya, J. 2014. **Research Report on Cereal Bar with Sangyod Rice**. Rajamangala University of Technology Srivijaya. (in Thai)
- Stoklosa, A.M., Lipasek, R.A., Taylor, L.S. and Mauer, L.J. 2012. Effects of storage conditions, formulation, and particle size on moisture sorption and flowability of powders: A study of deliquescent ingredient blends. **Food Research International** 49: 783-791.
- Thai Community Product Standard 902. 2016. **Fruit Vegetable and Cereal Bar (902/2016)**. Available source: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0902_59, March 18, 2021. (in Thai)

- Yadav, L. and Bhatnagar, V. 2016. Formulation, Quality Evaluation and Shelf-life of Value Added Cereal Bar by incorporation of Defatted Soy Flour. **International Journal Food Fermentation Technology** 6(2): 251-259.
- Yuenyongputtakal, W., Chinasam, S. and Wichienchot, S. 2019. **Research Report on Adding Value to Green Mussel and Hawm Gra Dang Ngh Rice for Ready-to-Eat Jerky-Like Product Production.** Burapha University. (in Thai)