วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 26 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2564
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 26 (No.1) January – April 2021 บทความวิจัย

ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวก่ำพะเยาระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Packaging on Quality Changes of Black Glutinous Rice (Kham Phayao) Cracker during Storage

สุวลี ฟองอินทร์ *, เจนจิรา กาศวิลาศ, ศรัญญา หล้าอินเชื้อ, ศิริพร แสงคำ, วันวิสาข์ ดอกคำ และ ปิยะ พันธ์แดง

Suwalee Fong-in*, Jenjira Kadwilard, Saranya Lainchuea, Siriporn Sanegkham, Wanwisa Dokkham and Piya Phandaeng

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา

Division of Food Science and Technology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao

Received : 28 February 2020
Revised : 23 April 2020
Accepted : 7 May 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวก่ำพะเยาในระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้ข้าวก่ำพะเยาและข้าวเหนียวขาวในอัตราส่วน 50:50 จากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นแครกเกอร์และทำให้พองกรอบด้วยกระบวนการพัฟฟิง (puffing process) ที่อุณหภูมิ 250 °C เป็นเวลา 5 นาที บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงชนิดที่แตกต่างกัน ดังนี้ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติก (plastic laminated aluminum foil; AF) ถุงโอเรียนโพลิโพรพิลีน (oriented polypropylene; OPP) และถุงพลาสติกใสโพลิโพรพิลีน (polypropylene; PP) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C ประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวก่ำในวันที่ 0, 7, 15 และ 30 วัน จากการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น คุณภาพของแครกเกอร์ข้าวก่ำมีการเปลี่ยนแปลง แครกเกอร์ข้าวก่ำที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทุกชุดการทดลอง มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง แต่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่า a_w และความชื้นของแครกเกอร์ข้าวก่ำมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกการบรรจุ แครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุถุง AF มีค่า a_w และความชื้นที่ต่ำสุด ($p \leq 0.05$) ในขณะที่แครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุถุง OPP และ PP มีแนวโน้มค่าความแข็งเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน แครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุถุงชนิด OPP และ PP มีค่าความแข็งมากกว่าแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุถุง AF ($p \leq 0.05$) ค่า Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ของแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุง AF มีปริมาณต่ำกว่าแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุง OPP และ PP ($p \leq 0.05$) การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าค่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ระหว่างแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุงชนิดต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลาการเก็บ 15 วันแรก อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน พบว่าแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุงชนิด AF มีค่าคะแนนจากการประเมินความเข้มของคุณลักษณะด้านความกรอบ รสชาติ และการยอมรับคุณภาพโดยรวมสูงกว่าเมื่อเทียบกับแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุงชนิด OPP และ PP

คำสำคัญ : แครกเกอร์ข้าวก่ำ ; การพัฟฟิง ; บรรจุภัณฑ์ ; คุณภาพ ; การเก็บรักษา

Abstract

This study aimed to investigate the effect of packaging on quality changes of black glutinous rice (Kham Phayao) cracker during storage. The black glutinous rice (Kham Phayao) and white glutinous rice in a ratio of 50:50 was used to prepare the rice cracker. Then, the obtained samples were shaped to cracker and were taken to puffing process at 250 °C for 5 min. The puffed rice crackers were packed in various packaging pouches: plastic laminated aluminum foil (AF), oriented polypropylene (OPP) and polypropylene (PP) then were kept at 25 °C. The quality of black glutinous rice crackers was estimated at 0, 7, 15, and 30 days. The result depicted that the quality of black glutinous rice crackers tends to be changed when storage time increased. The lightness (L^*) and yellowness (b^*) values of all treatments were declined, but the value of redness value (a^*), a_w and moisture content rose in all packaging types. Black glutinous rice cracker packed in the AF bag had the lowest a_w and moisture content ($p \leq 0.05$). Whereas samples were kept in the OPP and PP pouches tend to be higher hardness value than that of the AF pouch ($p \leq 0.05$). Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) value of products were filled in the AF pouch had significantly lower than those were packed in the OPP and PP pouches ($p \leq 0.05$). Sensory evaluation was estimated by the quality scoring, the outcome revealed that there were no differences in the sensory quality between sample kept in the different packaging materials ($p > 0.05$) at 15 days. On the other hand, after 30 days, the black glutinous rice crackers contained in the AF pouch were higher intensity score in crispness, taste, and overall acceptability in comparison to the OPP and PP pouches.

Keywords : black glutinous rice cracker ; puffing ; packaging ; quality ; storage

***Corresponding author. E-mail :** suwalee.fo@up.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันการเห็นถึงความสำคัญและคุณค่าของข้าวมีสีจากธรรมชาติมีมากยิ่งขึ้น ข้าวมีสีจากธรรมชาติเป็นธัญพืชที่มีคุณค่าทางอาหารมาก หนึ่งในข้าวมีสีที่ได้รับความสนใจจากผู้บริโภคคือ ข้าวก่ำหรือข้าวเหนียวดำ ซึ่งเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระและสารพฤกษเคมีหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) แกมมาโอไรซานอล (gamma oryzanol) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แอนโทไซยานิน (anthocyanin) (Laokuldilok & Kanha, 2015) เป็นที่ทราบกันดีว่าสารเหล่านี้ส่งผลดีต่อสุขภาพ โดยสามารถช่วยป้องกันการอักเสบ มีฤทธิ์ต้านมะเร็ง และการกลายพันธุ์ (Tananuwong & Tewaruth, 2010) คนไทยนิยมนำไปประกอบเป็นขนมหวานมากกว่าการบริโภคโดยตรง ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ ที่พัฒนามาจากข้าวก่ำ เช่น ชาข้าวก่ำ สาโทข้าวก่ำ น้ำข้าวกล้องงอกข้าวก่ำ ไอศกรีมน้ำข้าวกล้องงอกข้าวก่ำ เครื่องดื่มข้าวก่ำผงชงพร้อมดื่ม น้ำสลัดครีมข้าวก่ำ และขนมปังข้าวก่ำ อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจในการนำข้าวก่ำไปพัฒนาเป็นขนมขบเคี้ยวจากข้าว คือ ผลิตภัณฑ์อาราเร่ (Arare) หรือแครกเกอร์ที่ทำจากข้าวเหนียว โดยทำให้พองตัวด้วยความร้อน (Kongseree, 2003) การพัฒนาขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการและคำนึงถึงสุขภาพของผู้บริโภคเป็นหนึ่งในแนวความคิดหลักที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว (Maetens *et al*., 2017) และเนื่องจากผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวส่วนใหญ่มักมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ ที่ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนประกอบหลักและผสมเครื่องปรุงรสที่มีรสหวานและเค็มจัด อีกทั้งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ยังผ่านกระบวนการทอดกรอบด้วยน้ำมัน ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้ เช่น โรคอ้วน โรคหัวใจ และโรคไขมันในเลือดสูง เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำข้าวก่ำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแครกเกอร์จากข้าวเหนียว และทำให้พองกรอบโดยใช้ความร้อนสูง เวลาสั้น ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำมันเป็นองค์ประกอบ เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ งานวิจัยทางด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวเหนียวดำส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การศึกษาอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค Sattasuwan *et al*. (2010) ศึกษาผลของปริมาณข้าวเหนียวดำและกระบวนการผลิตที่มีต่อคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวเหนียว พบว่าการเพิ่มปริมาณข้าวเหนียวดำ ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 ส่งผลให้ค่าการขยายตัวในเชิงปริมาตรของแครกเกอร์ข้าวเหนียวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส Anukulwattana & Sukkasem (2018) รายงานว่าสัดส่วนที่เหมาะสมของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลืมผัวในการผลิตขนมขบเคี้ยวคือ 80:20 โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี ความกรอบ ความแข็ง การติดฟัน และความชอบโดยรวมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Chittapalo & Songsanandr (2014) พัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวเหนียวดำกลิ่นรสพะแนง พบว่าแครกเกอร์ข้าวเหนียวดำซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากกลูเตน (gluten-free) และมีสารอาหารมากกว่าการใช้ข้าวเหนียวขาว โดยแครกเกอร์ข้าวเหนียวดำกลิ่นรสพะแนงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 3 เดือน อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาแครกเกอร์ข้าวก่ำ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้นก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะถึงมือผู้บริโภค ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับความชื้นหรือออกซิเจนในอากาศ จะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง เช่น เกิดกลิ่นเหม็นหืน และความกรอบลดลง (Nakamura *et al*., 2012) การป้องกันผลิตภัณฑ์จากปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ไอน้ำ แสง ก๊าซ และกลิ่นในระหว่างการเก็บรักษาเป็นหน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นการเลือกใช้ชนิดบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดี และเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาน้อย

ที่สุด คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารแห้งหรือขนมขบเคี้ยว ควรเป็นวัสดุที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและออกซิเจนได้ดี ตัวอย่างชนิดบรรจุภัณฑ์ที่นิยมเลือกใช้สำหรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว เช่น ถุงโพลิโพรพิลีน (polypropylene) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความวาวใส น้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่นและทนต่อแรงฉีกขาดสูง มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและความชื้นได้ มีราคาถูก ถุงโอเรียนโพลิโพรพิลีน (oriented polypropylene) มีลักษณะใส กรอบไม่มีความยืดหยุ่น ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและความชื้นได้ นิยมใช้กับอาหารที่ต้องการให้เห็นรูปร่างลักษณะผลิตภัณฑ์ และถุงลามิเนตฟอยล์ (laminated foil) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีฟิล์มพลาสติกหลายชั้นและนำอะลูมิเนียมฟอยล์มาประกบด้วย ทำให้มีความแข็งแรง มีลักษณะทึบแสง น้ำหนักเบา และสามารถปิดผนึกได้ เนื่องจากเป็นฟิล์มพลาสติกหลายชั้นที่ประกบด้วยอะลูมิเนียมฟอยส์ จึงทำให้คุณสมบัติด้านการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ และแสงสูงขึ้น นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่มีราคาสูง เป็นต้น (Poovarodom, 2007) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวก่ำ เพื่อช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. การผลิตแครกเกอร์ข้าวก่ำพะเยา

การผลิตแครกเกอร์ข้าวก่ำ ดัดแปลงวิธีการจาก Sattasuwan *et al.* (2010) โดยเตรียมส่วนผสมข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข 6 และข้าวก่ำพะเยา ในอัตราส่วน 50:50 จากนั้นแช่ข้าวในน้ำสะอาด โดยใช้อัตราส่วนข้าวเหนียวต่อน้ำ เท่ากับ 1:4 ที่อุณหภูมิห้อง นาน 16 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำข้าวเหนียวมาสะเด็ดน้ำ แล้วบดให้ละเอียดและนำไปนึ่งด้วยไอน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 35 นาที จากนั้นนวดข้าวเหนียวให้เป็นก้อนโด และนำมารีดให้เป็นแผ่นหนาขนาด 0.5 มิลลิเมตร นำแผ่นแป้งไปแช่เย็น ที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.5x1x3 เซนติเมตร จากนั้นนำไปทำให้พองกรอบด้วยกระบวนการพัฟฟิงด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 250 °C เวลา 5 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุแครกเกอร์ข้าวก่ำปริมาณ 20 กรัม ลงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ 1) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติก (plastic laminated aluminum foil; AF) ขนาด 4x7.5 นิ้ว หนา 0.15 มิลลิเมตร 2) ถุงโอเรียนโพลิโพรพิลีน (oriented polypropylene; OPP) ขนาด 4x8 นิ้ว หนา 0.10 มิลลิเมตร และ 3) ถุงพลาสติกใสโพลิโพรพิลีน (polypropylene; PP) ขนาด 5x7 นิ้ว หนา 0.10 มิลลิเมตร เก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิห้อง 25 °C ประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ของแครกเกอร์ข้าวก่ำ ในวันที่ 0, 7, 15 และ 30

2. การศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวก่ำพะเยาในระหว่างการเก็บรักษา

2.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของแครกเกอร์ข้าวก่ำพะเยา

2.1.1 สี วัดค่าสีของแครกเกอร์ โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab (ColorQuest XE, Hunter Associates Laboratory, Virginia, USA) รายงานผลเป็นค่า CIELAB scale ประกอบด้วยค่า L^* (ค่าความสว่าง) a^* (สีเขียว–สีแดง) และ b^* (สีน้ำเงิน–สีเหลือง) วัดค่าจำนวน 5 ซ้ำต่อตัวอย่าง

2.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส วัดค่าความแข็ง (hardness) ของแครกเกอร์ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) (TA-XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) โดยใช้วิธีกด 3 จุด (3-Point Bending test) ขนาดโหลดเซลล์ (load cell) 5 กิโลกรัม การทำงานของเครื่องใช้ความเร็วก่อนการทดสอบ ขณะทดสอบ และหลังการทดสอบที่ 2.5, 2.0

และ 10.0 มิลลิเมตร/วินาที ตามลำดับ ระยะทางที่หัววัดเคลื่อนผ่านตัวอย่าง 15 มิลลิเมตร ใช้แรงกระทบเริ่มต้น 20 กรัม รายงานค่าความแข็งในหน่วยนิวตัน (N) วัดค่าจำนวน 5 ซ้ำต่อตัวอย่าง (Anukulwattana & Sukkasem, 2018)

2.1.3 ความชื้น วัดค่าความชื้น โดยวิธี Drying method (AOAC, 2000)

2.1.4 ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ด้วยเครื่องวิเคราะห์ a_w (AquaLab 4 TE, Decagon Devices Inc., Pullman, WA, USA)

2.1.5 ระดับการเกิดความหืนแบบออกซิเดชัน (oxidative rancidity) โดยวัดปริมาณ malonaldehyde ด้วยวิธี Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ตามวิธีของ Wenjiao *et al.* (2013) นำตัวอย่างที่ผ่านการบดให้ละเอียดจำนวน 5 กรัม เติมสารผสม TBARS ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำสารผสมไปต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 10 นาที แล้วทำให้เย็น และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร รายงานค่าในหน่วย mg malonaldehyde/100 g dry weight (DW)

2.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนน (Quality scoring test) ใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนที่มีความคุ้นเคยกับแครกเกอร์ข้าวก่ำจำนวน 15 คน โดยประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏ (ความเรียบเนียนของแครกเกอร์ข้าวก่ำ 0 = เรียบเนียนน้อยที่สุด ถึง 10 = เรียบเนียนมากที่สุด), สี (สีม่วงเข้มตามลักษณะของข้าวก่ำ 0 = เข้มน้อยที่สุด ถึง 10 = เข้มมากที่สุด), ความกรอบ (ความกรอบของแครกเกอร์ข้าวก่ำ 0 = กรอบน้อยที่สุด ถึง 10 = กรอบมากที่สุด), รสชาติ (รสชาติกลมกล่อมของข้าวก่ำ 0 = กลมกล่อมน้อยที่สุด ถึง 10 = กลมกล่อมมากที่สุด) และการยอมรับคุณภาพโดยรวม (การยอมรับคุณภาพโดยรวมของแครกเกอร์ข้าวก่ำ 0 = ยอมรับน้อยที่สุด ถึง 10 = ยอมรับมากที่สุด)

3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized Design, CRD) ยกเว้นการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการวิจัย

ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวก่ำพะเยาในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของแครกเกอร์ข้าวก่ำในระหว่างการเก็บรักษา เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แครกเกอร์ข้าวก่ำที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทุก ๆ ชนิด มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง แต่มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0 และ 7 วัน ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสี (L^* และ b^*) ของแครกเกอร์ข้าวก่ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน แครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุงชนิด OPP มีค่าความสว่าง (L^*) ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเท่ากับ 19.99 ± 1.98

Table 1 Color parameter of black glutinous rice (Kham Phayao) cracker with different packaging materials during storage

Color	Packaging	Storage period (days)			
		0	7	15	30
*L**	AF	31.40^{aA} ± 2.13	21.75^{aC} ± 0.80	23.76^{bB} ± 0.60	24.49^{aB} ± 1.12
	OPP	31.68^{aA} ± 0.94	21.79^{aB} ± 1.03	22.16^{cB} ± 0.57	19.99^{bC} ± 1.98
	PP	31.40^{aA} ± 2.13	21.26^{aC} ± 0.56	25.54^{aB} ± 1.00	25.09^{aB} ± 0.94
*a**	AF	5.61^{aC} ± 0.42	9.41^{aA} ± 0.44	7.46^{bB} ± 0.61	7.64^{bB} ± 0.37
	OPP	5.60^{aC} ± 0.42	8.55^{bB} ± 0.14	8.20^{aB} ± 0.17	9.80^{aA} ± 0.55
	PP	5.61^{aD} ± 0.42	9.12^{aB} ± 0.27	8.05^{aC} ± 0.40	9.80^{aA} ± 0.37
*b**	AF	6.64^{aA} ± 2.00	5.55^{aA} ± 1.12	5.60^{aA} ± 1.61	3.65^{bB} ± 0.21
	OPP	6.84^{aA} ± 1.71	4.81^{aB} ± 1.66	4.30^{aB} ± 0.61	4.93^{aB} ± 0.71
	PP	6.64^{aA} ± 2.00	5.00^{aB} ± 0.79	4.23^{aB} ± 0.60	4.08^{bB} ± 0.69

Different lowercase superscripts within the same row mean significant differences between packaging ($p \leq 0.05$)

Different uppercase superscripts within the same column mean significant differences between storage periods ($p \leq 0.05$)

Table 2 Water activity and moisture content of black glutinous rice (Kham Phayao) cracker with different packaging materials during storage

Property	Packaging	Storage period (days)			
		0	7	15	30
Water activity	AF	0.12^{aD} ± 0.05	0.25^{aC} ± 0.03	0.29^{aB} ± 0.05	0.33^{cA} ± 0.01
	OPP	0.12^{aD} ± 0.05	0.27^{aB} ± 0.04	0.25^{bC} ± 0.03	0.41^{bA} ± 0.15
	PP	0.12^{aD} ± 0.05	0.27^{aC} ± 0.01	0.30^{aB} ± 0.17	0.43^{aA} ± 0.11
Moisture (% db.)	AF	1.61^{aB} ± 0.41	1.64^{bB} ± 0.45	3.15^{aAB} ± 1.18	4.27^{bA} ± 0.97
	OPP	1.61^{aB} ± 0.41	1.62^{bB} ± 0.08	4.31^{aA} ± 0.10	4.49^{bA} ± 1.21
	PP	1.61^{aB} ± 0.41	5.49^{aA} ± 1.11	4.69^{aA} ± 0.28	5.37^{aA} ± 0.61

Different lowercase superscripts within the same row mean significant differences between packaging ($p \leq 0.05$)

Different uppercase superscripts within the same column mean significant differences between storage periods ($p \leq 0.05$)

ค่า a_w และความชื้นของแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 0.12 และ 1.61 % db. ตามลำดับ (ตารางที่ 2) แครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุงชนิดต่าง ๆ มีค่า a_w และความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อ

ระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิด AF มีค่า a_w และความชื้นเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่มีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับถุงพลาสติกชนิด OPP และ PP นอกจากนี้เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน แครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุถุง AF มีค่า a_w และความชื้นต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.33 และ 4.27% db. ตามลำดับ สำหรับค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุงทั้ง 3 ชนิด ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน แสดงดังภาพที่ 1 จากการทดลองพบว่า ค่าความแข็งของแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุง AF, OPP และ PP ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 7 และ 15 วัน อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน แครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุงชนิด OPP และ PP มีค่าความแข็งมากกว่าแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุง AF อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าความแข็งเท่ากับ 23.86 N และ 19.54 N ตามลำดับ และเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุงชนิด OPP และ PP มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่แครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุงชนิด AF มีค่าความแข็งคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา

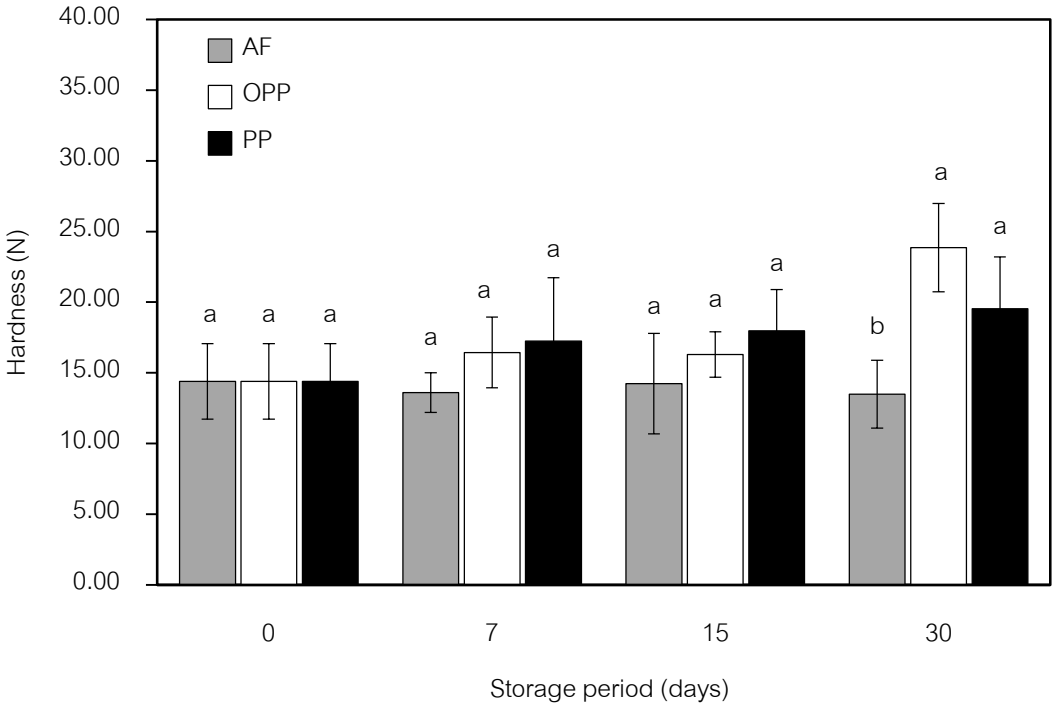

Figure 1 Hardness of black glutinous rice (Kham Phayao) cracker with different packaging materials during storage

Note : Different letters indicate significantly different among samples under the same ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์ค่า TBARS ของแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน แสดงดังภาพที่ 2 ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา แครกเกอรเกอร์ข้าวก่ำ มีค่า TBARS เท่ากับ 0.003 mg malonaldehyde/100 g DW และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า TBARS ในทุก ๆ บรรจุภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

โดยในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุงชนิด AF มีค่า TBARS ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.018 mg malonaldehyde/100 g DW

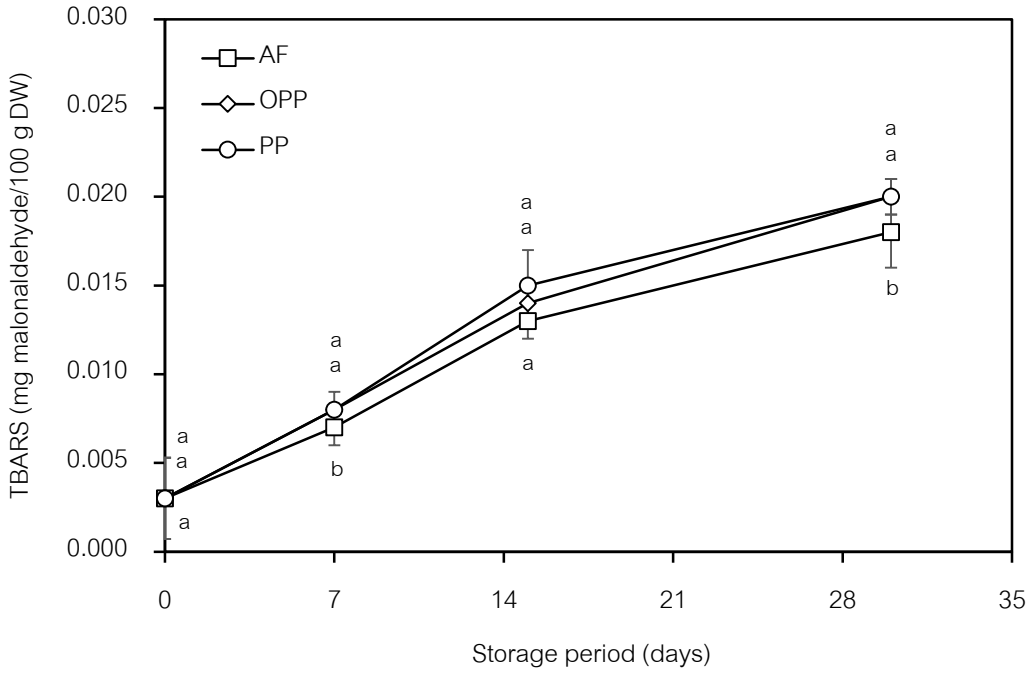

Figure 2 Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value of black glutinous rice (Kham Phayao) cracker with different packaging materials during storage

Note : DW: dry weight, Different letters indicate significantly different among samples under the same ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยเลือกใช้วิธี quality scoring เพื่อพิจารณาความเข้ม (intensity) ของคุณสมบัติในด้านสีลักษณะปรากฏ สี ความกรอบ รสชาติ และการยอมรับคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวก่ำ ตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน โดยการให้คะแนนเต็ม 10 คะแนน จากผู้ทดสอบชุดเดิมจำนวน 15 คน ผลที่ได้คือการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะด้านต่าง ๆ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุง AF, OPP และ PP ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 7 และ 15 วัน ทั้งนี้เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน พบว่าแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุถุง AF มีค่าคะแนนด้านความกรอบและรสชาติสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 8.13 และ 7.67 ตามลำดับ และการยอมรับคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์ของแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุถุง AF (6.87) มีคะแนนมากกว่าแครกเกอร์ที่บรรจุถุง OPP (6.73) และ PP (6.60) ($p > 0.05$)

Table 3 Sensory quality of black glutinous rice (Kham Phayao) cracker with different packaging materials during storage

Storage period (days)	Packaging	Quality scoring test				
		Appearance	Color	Crispness	Taste	Overall acceptability
0		$7.33^{A} \pm 1.14$	$7.73^{AB} \pm 0.77$	$8.07^{AB} \pm 0.68$	$7.00^{AB} \pm 0.89$	$7.33^{A} \pm 1.01$
7	AF	$7.47^{aA} \pm 0.31$	7.67^{aAB} 0.27	$8.73^{aA} \pm 0.80$	7.00^{aAB} 1.31	7.40^{aA} 1.35
	OPP	$7.47^{aA} \pm 0.31$	7.60^{aAB} 0.27	$8.00^{aAB} \pm 1.51$	6.47^{aB} 1.46	6.87^{aAB} 0.83
	PP	$7.80^{aA} \pm 0.31$	7.87^{aA} 0.27	$7.80^{aAB} \pm 1.47$	6.87^{aAB} 0.99	7.33^{aA} 1.11
15	AF	$5.13^{aC} \pm 2.23$	$6.87^{aBC} \pm 0.99$	$7.47^{aABC} \pm 2.17$	$5.33^{aCD} \pm 1.84$	$7.00^{aAB} \pm 1.25$
	OPP	$5.40^{aC} \pm 2.61$	$5.93^{aD} \pm 1.75$	$6.73^{aBCD} \pm 2.19$	$5.67^{aCD} \pm 1.59$	$6.20^{aB} \pm 1.57$
	PP	$5.67^{aB} \pm 2.06$	$6.33^{aCD} \pm 1.99$	$5.87^{aD} \pm 2.45$	$5.20^{aCD} \pm 1.70$	$6.53^{aAB} \pm 1.64$
30	AF	$7.40^{aA} \pm 1.35$	$7.27^{bAB} \pm 0.70$	$8.13^{aAB} \pm 1.13$	$7.67^{aA} \pm 1.23$	$6.87^{aAB} \pm 1.19$
	OPP	$7.67^{aA} \pm 1.18$	$8.00^{aA} \pm 0.76$	$7.13^{abBCD} \pm 1.77$	$6.60^{bAB} \pm 1.50$	$6.73^{aAB} \pm 1.33$
	PP	$7.73^{aA} \pm 1.28$	$8.07^{aA} \pm 0.80$	$6.53^{bCD} \pm 1.68$	$6.33^{bBC} \pm 1.18$	$6.60^{aAB} \pm 1.06$

Different lowercase superscripts within the same column mean significant differences between packaging at the same day ($p \leq 0.05$)

Different uppercase superscripts within the same column mean significant differences between sample during storage periods ($p \leq 0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การผลิตแครกเกอร์ข้าวก่ำด้วยวิธีการพัฟฟิง ซึ่งเป็นการทำให้พองตัวด้วยความร้อนสูง เวลาสั้น โดยไม่ใช้น้ำมันในการทำให้พองตัว และทำการตรวจสอบคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน แครกเกอร์ข้าวก่ำที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทุก ๆ ชนิด มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง แต่มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากแครกเกอร์ข้าวก่ำมีลักษณะพองกรอบ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถดูดความชื้นจากบรรยากาศได้ดี (Kamaraddi & Prakash, 2015) เมื่อค่า a_w และความชื้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แครกเกอร์ข้าวก่ำดูดซับน้ำในอากาศได้มากขึ้น ทำให้ความเป็นสีแดงเข้มของข้าวก่ำมากยิ่งขึ้น และเมื่อแครกเกอร์ข้าวก่ำมีสีแดงเข้มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บรักษานานมากขึ้น อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ขึ้นในผลิตภัณฑ์ (Wani & Kumar, 2016, Lekjing & Venkatachalam, 2019) ส่งผลให้แครกเกอร์มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Wani & Kumar (2016) รายงานว่าขนมขบเคี้ยวชนิดอัดพองที่บรรจุในถุงชนิด LDPE และ laminated pouches (LP) of polyester-aluminium-polypropylene มีค่าความสว่าง (L^*)

และค่าความเป็นสีเหลือง (*b**) ลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (*a**) เพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า a_w และความชื้นของแครกเกอร์ข้าวก่ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุก ๆ บรรจุภัณฑ์ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า a_w และความชื้นของแครกเกอร์ข้าวก่ำที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในบรรจุภัณฑ์ OPP และ PP เนื่องมาจากคุณสมบัติของพลาสติก ป้องกันการซึมผ่านน้ำได้ต่ำ ทำให้ค่าความชื้นเพิ่มขึ้น (Gvozdenovi *et al*., 2007) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chinnasarn *et al*. (2018) พบว่าขนุนทอดกรอบที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต มีค่า a_w ต่ำกว่าขนุนทอดกรอบที่บรรจุด้วยถุงพลาสติกใสโพลีโพรไพลีน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์ข้าวก่ำที่ผู้บริโภคทดสอบได้ โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน แครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุง OPP และ PP มีค่าคะแนนความกรอบลดลง Hough *et al.* (2001) รายงานว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสามารถควบคุมได้จากค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามค่า a_w และความชื้นที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลโดยตรงต่อค่ากรอบซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการของแครกเกอร์ สอดคล้องกับค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้น (Lekjing & Venkatachalam, 2019)

ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวก่ำบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิด OPP และ PP มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บที่มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากถุงทั้ง 2 ชนิดนี้ ยังมีการซึมผ่านของไอน้ำได้ โดยถุงชนิด OPP และ PP มีสมบัติด้านการซึมผ่านของไอน้ำ ณ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 เท่ากับ 5–7 และ 10–12 g m^{-2} day^{-1} ตามลำดับ (Coles *et al*., 2003) นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ทำให้ไอน้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ได้มากขึ้น สอดคล้องกับค่า a_w และความชื้นของแครกเกอร์ข้าวก่ำที่เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา ซึ่งทำให้ตัวอย่างสามารถดูดซับไอน้ำและส่งผลให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความเหนียวมากขึ้น ทำให้ต้องใช้แรงในการกดให้แตกเพิ่มขึ้น ในขณะที่ถุงชนิด AF สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของแครกเกอร์ข้าวก่ำในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ชนิด AF เป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดที่ผลิตจากฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ประกอบกันหลายชั้น โดยมีอลูมิเนียมฟอล์ยมาประกอบด้วย เพื่อทำให้คุณสมบัติด้านความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซดีขึ้น อัตราการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนของบรรจุภัณฑ์ชนิด AF เท่ากับ 0.00873 g m^{-2} day^{-1} และ 0.06571 cm^3 m^{-2} day^{-1} ตามลำดับ (Dutta & Dutta, 2016) อีกทั้งยังเพิ่มความแข็งแรง และทำให้ปิดผนึกได้ง่ายมากขึ้น สอดคล้องกับ Wani & Kumar (2016) ที่ทำการศึกษาผลของชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวชนิดกรอบพองที่ผลิตจากเครื่องเอ็กซ์ทรูชัน และเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิด low density polyethylene (LDPE) และ laminated pouches (LP) of polyester-aluminium-polypropylene พบว่าการเก็บรักษาขนมขบเคี้ยวชนิดกรอบพองในถุงชนิด LP สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าที่บรรจุในถุงชนิด LDPE เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวก่ำในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 บรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศสามารถซึมผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ได้ โดยองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนบขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลืมผัว (อัตราส่วนข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำเท่ากับ 80:20) มีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 3.22, 2.02, 6.56, 0.21, 2.85 และ 85.14 ตามลำดับ (Anukulwattana & Sukkasem, 2018) เนื่องจากมีองค์ประกอบของไขมันในผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวก่ำมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา แครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุในถุง OPP และ PP มีค่า TBARS สูงกว่าถุง AF เนื่องจากถุง OPP และ PP มีคุณสมบัติเป็นถุงใส โปร่งแสง ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

สามารถถูกกระตุ้นจากแสงได้ นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดยังมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนมากกว่าถุง AF อีกด้วย (Upasen & Wattanachai, 2018) อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของถุง OPP และ PP มีค่าอยู่ในช่วง 2,000–2,500 และ 3,500–4,500 $cm^3\ m^{-2}\ day^{-1}$ ตามลำดับ (Coles *et al.*, 2003) อย่างไรก็ตามในระหว่างการเก็บรักษา ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวก่ำอยู่ในระดับต่ำ 0.002 mg malonaldehyde/100g DW เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำให้พองกรอบด้วยการพัฟฟิง โดยไม่ใช้น้ำมันในการทอด แสดงให้เห็นว่าระหว่างการเก็บรักษาแครกเกอร์ข้าวก่ำเกิดออกซิเดชันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และไม่เกิดกลิ่นเหม็นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน อาหารจะมีกลิ่นแปลกปลอม ซึ่งผู้บริโภคสามารถรับรู้ทางประสาทสัมผัสได้เมื่อมีค่า TBARS มากกว่า 3 mg malonaldehyde/kg (Chedoloh & Asae, 2017) สำหรับแครกเกอร์ข้าวเหนียวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน จะเกิดกลิ่นเหม็นหืนขึ้นเมื่อมีค่า TBARS มากกว่า 0.85 mg malonaldehyde/kg (Wannasupchue, 2014) ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสำหรับอาหารประเภททอดหรือกรอบพองนั้น ควรมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี เพื่อกันความชื้นซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบลดลง และต้องเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหาร ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนขึ้นในผลิตภัณฑ์ได้

สรุปผลการวิจัย

การบรรจุแครกเกอร์ข้าวก่ำในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน โดยถุงชนิด AF สามารถรักษาคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวก่ำได้ดีกว่าถุงชนิด OPP และ PP โดยมีค่า a_w ความชื้น ความแข็ง ค่า TBARS มีปริมาณน้อยกว่า อีกทั้งยังช่วยรักษาการเปลี่ยนแปลงสีของแครกเกอร์ข้าวก่ำ นอกจากนี้แครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุถุง AF ยังมีค่าคะแนนคุณลักษณะประสาทสัมผัสทางด้านความกรอบ เนื้อสัมผัส และการยอมรับคุณภาพโดยรวมสูงกว่าแครกเกอร์ข้าวก่ำที่บรรจุถุง OPP และ PP จึงสามารถสรุปได้ว่าบรรจุภัณฑ์ที่ดีที่สุดคือถุงชนิด AF ซึ่งสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวก่ำพะเยาไว้ได้ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่สัญญา RD62023 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้การอนุเคราะห์ด้านการใช้เครื่องมือ และสนับสนุนการทำวิจัยตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

Anukulwattana, K. & Sukkasem, T. (2018) Product development of snack from black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) cv. Leum Phua *KKU Science Journal, 46* (3), 427-433. (in Thai)

AOAC. 2000. Official Method of Analysis of AOAC International. The Association of Official Analytical Chem.

Chedoloh, R. & Asae, S. (2017) Packaging and shelf-life of local halal ready to eat mataba. *Burapha Science Journal, 22* (1), 78-91. (in Thai)

Chinnasarn, S., Yuenyongputtakal, W. & Krasaechol, N. (2018) Effect of package type and storage temperature on quality change of fried jackfruit. *Agricultural Science Journal, 49* (2 Suppl.), 77-80. (in Thai)

Chittapalo, T. & Songsanandr, P. (2014) Product development of black glutinous rice cracker with Panang flavor and its quality changes. *International Food Research Journal, 21*, 2025-2029.

Coles, R., McDowell, D. & Kirwan, M. J. 2003. *Food Packaging Technology*. Taylor & Francis.

Dutta, A. & 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.

Gvozdenovi, J. J., Aljilji, A. R., Lazi, V. L., Tepi, A. N. & Svrzi, G. V. (2007) Influence of protective characteristics of packaging material on packed dried fruits. *Acta Periodica Technologica, 38*, 21-28.

Hough, G., Buera, M. D. P., Chirife, J. & Moro, O. (2001) Sensory texture of commercial biscuits as a function of water activity. *Journal of Texture Studies, 32* (1), 57-74.

Kamaraddi, V. & Prakash, J. (2015) Assessment of suitability of selected rice varieties for production of expanded rice. *Cogent Food & Agriculture, 1* (1), 1-14.

Kongseree, N. 2003. *Rice and rice products*. Bangkok Department of Agriculture. (in Thai)

Laokuldilok, T. & Kanha, N. (2015) Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying and freeze drying. *LWT - Food Science and Technology, 64* (1), 405-411.

Lekjing, S. & Venkatachalam, K. (2019) Influences of storage time and temperature on sensory and measured quality of green gram savory crackers. *LWT - Food Science and Technology, 113*, 1-8.

Maetens, E., Hettiarachchy, N., Dewettinck, K., Horax, R., Moens, K. & Moseley, D. (2017) Physicochemical and nutritional properties of a healthy snack chip developed from germinated soybeans. *LWT - Food Science and Technology, 84*, 505-510.

Nakamura, S., Suzuki, D., Kitadume, R. & Ohtsubo, K. i. (2012) Quality evaluation of rice crackers based on physicochemical measurements. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 76* (4), 794-804.

Poovarodom, N. 2007. *Food Packaging*. Bangkok, Thailand: S. P. M. Publishing. (in Thai)

Sattasuwan, N., Nuengjamnong, N. & Suksomboon, A. (2010) Development of rice crackers (arare) from black glutinous rice. *Agricultural Science Journal, 41* (3/1 Suppl.), 165-168. (in Thai)

Tananuwong, K. & Tewaruth, W. (2010) Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice. *LWT - Food Science and Technology, 43* (3), 476-481.

Upasen, S. & Wattanachai, P. (2018) Packaging to prolong shelf life of preservative-free white bread. *Heliyon, 4,* 1-21.

Wani, S. A. & Kumar, P. (2016) Moisture sorption isotherms and evaluation of quality changes in extruded snacks during storage. *LWT - Food Science and Technology, 74*, 448-455.

Wannasupchue, W. (2014) Chemical properties and sensory characteristics of tomyum puffed rice. *Khon Kaen Agriculture Journal, 42* (Suppl. 4), 218-225.

Wenjiao, F., Yongkui, Z., Yunchuan, C., Junxiu, S. & Yuwen, Y. (2013) TBARS predictive models of pork sausages stored at different temperatures. *Meat science, 96*, 1-4.