The Journal of Applied Science **Vol. 16 No. 2: 47-64 [2017]**
วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์ doi: 10.14416/j.appsci.2017.10.002
ISSN 1513-7805 Printed in Thailand

Research Article

ผลของบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาต่อคุณภาพและสมบัติต้านอนุมูลอิสระของข้าวเกรียบปลาดิบเสริมกากรำข้าว

Effects of packaging and shelf-life on quality and antioxidant property of defatted rice bran supplemented in raw fish crackers

รอมลี เจะดอเลาะ[1]*

Romlee Chedoloh[1]*

[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา เมือง ยะลา 95000

[1]Food Science and Technology, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Muang, Yala 95000

***E-mail**: romalee.c@yru.ac.th

Received: 28/08/2017; Accepted: 17/10/2017

บทคัดย่อ

บรรจุภัณฑ์และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลามีความสำคัญต่อการกระจายสินค้าและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาต่อสมบัติและสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวเกรียบปลาดิบเสริมกากรำข้าว (DBFC)โดยเก็บรักษาตามระยะเวลา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 เดือน พบว่า DBFC ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil: AL) และโพลีโพรพีลีน (polypropylene: PP) มีผลต่อค่า Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) และค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value: PV) แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยที่ DBFC ที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ถุง PP มีค่า TBARS ที่สูงกว่า DBFC ในถุง AL คือ 0.0087 และ 0.0075 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้สารมาตรฐาน 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2-azinobis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) พบว่า สารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ DBFC มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ใช้บรรจุภัณฑ์ถุง PP มีการสูญเสียของสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าที่บรรจุในถุงชนิด AL ซึ่งมี median inhibitory concentration (IC_{50}) ที่ 5 เดือน คือ 65.11 และ 63.88 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ การประเมินอายุการเก็บรักษา DBFC ในถุง AL และ

PP พบว่า สามารถยืดอายุการเก็บรักษามากถึง 5 เดือนที่อุณหภูมิห้อง ส่วนปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบไม่เกินกว่ามาตรฐานอาหารกำหนดไว้ที่ $1x10^{6}$ โคโลนีต่อกรัม ดังนั้นการเก็บผลิตภัณฑ์ DBFC ควรเลือกการเก็บรักษาในถุง AL เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา DBFC ได้ดี

คำสำคัญ: ข้าวเกรียบปลาดิบ, การทดสอบทางประสาทสัมผัส, สมบัติทางกายภาพและเคมี

Abstract

Packaging and storage of fish cracker products are important factors in product quality and distribution. The objective of this study was to determine the effects of packaging and shelf life on quality and antioxidant property of defatted rice bran supplemented with raw fish crackers (DBFC). The preservation and retention DBFC at 0, 1, 2, 3, 4 and 5 months in aluminium foil (AL) and polypropylene (PP) packaging, showed the values of Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) and peroxide value (PV) increased significantly ($p \leq 0.05$), which PP had higher TBARS than AL0.0087 and 0.0075 mg.MAD/kg, respectively. Antioxidation analysis using standard 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2-azinobis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) revealed that antioxidants in DBFC were active. The DBFC packed in PP lost less antioxidants comparing to crackers in AL which had IC_{50} of 65.11 and 63.88 mg/ml, respectively, in five months. In addition, the estimation of shelf-life of DBFC in AL and PP exhibited that samples could be stored up to five months at room temperature. Moreover, the detected bacteria were not excess the standards prescribed dose of $1x10^{6}$cfu/g. Therefore, the DBFC packed in AL could extend the shelf life well.

Keywords: raw fish cracker, sensory test, physical and chemical properties

บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั้งในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้และพื้นที่อื่น ๆ การจำหน่ายข้าวเกรียบปลาโดยทั่วไปสามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ ข้าวเกรียบปลาดิบที่ไม่ได้ผ่านการทอด และข้าวเกรียบปลาดิบที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น การกระจายสินค้าโดยการขนส่งผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของข้าวเกรียบปลาดิบช่วยลดการแตกหัก และยังคงรักษาคุณภาพของข้าวเกรียบปลาได้ดีกว่าข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการทอด เนื่องจากมีลักษณะที่แข็ง มีปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (water activity: a_w) และปริมาณไขมันต่ำ ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น การเก็บรักษา

ข้าวเกรียบปลาดิบส่วนใหญ่บรรจุในโพลีโพรพีลีน (polypropylene: PP) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาดิบเสริมกากรำข้าว (defatted rice bran supplemented with raw fish crackers: DBFC) ใหม่ ซึ่งใช้ส่วนผสมที่ต่างกันย่อมทำให้สมบัติทางกายภาพและเคมีและลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างกันด้วย การเสริมกากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลา ทำให้มีปริมาณเส้นใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่าข้าวเกรียบปลาที่จำหน่ายโดยทั่วไป การใช้บรรจุภัณฑ์ถุง PP สามารถป้องกันความชื้นได้ (Poovarodom, 2007) ส่วนถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil: AL) มีคุณสมบัติในการต้านไอน้ำและความชื้นในอากาศได้ดีกว่า PP (Chedoloh & Asae, 2017) โดยทั่วไป DBFC หรือข้าวเกรียบปลาอื่น ๆ เสียคุณภาพจากไอน้ำหรืออากาศเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้ข้าวเกรียบปลาดิบเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อข้าวเกรียบปลาดิบเป็นสีเข้มหรือดำมากขึ้น (Harrd et al., 1994) และปริมาณความชื้นในแผ่นข้าวเกรียบปลาดิบสูงขึ้น เมื่อนำข้าวเกรียบปลาดิบทอดด้วยน้ำมันจึงมีผลทำให้ไม่พองตัวเท่าที่ควร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของ DBFC ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี สารต้านอนุมูลอิสระ การทดสอบทางประสาทสัมผัส และคุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของ DBFC ให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค มีส่วนช่วยในการส่งเสริมอาชีพ และขยายผลิตภัณฑ์พื้นเมืองสู่ตลาดอื่นทั้งไทยและต่างประเทศต่อไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบ สารเคมีและเครื่องมือวิเคราะห์

ปลาทูจากท่าเทียบเรือประมงปัตตานี องค์การสะพานปลา จังหวัดปัตตานี แป้งใช้แป้งมันสำปะหลัง ยี่ห้อตราแมวแดงดาวเทียมลูกโลก บริษัทเกรียงไกรค้าแป้ง พริกไทยป่นตราไร่ทิพย์ น้ำตาลทรายยี่ห้อมิตรผล 1 กิโลกรัมต่อถุง เกลือ ผงชูรสตราอายิโนะโมะโต๊ะ และกากรำข้าวจากบริษัท ไทยร่วมใจน้ำมันพืช จำกัด วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้สารมาตรฐาน 2,2 diphenyl-1-picryl hydrazyl (DPPH) 2,2′-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt กรดแกลลิก และโทรล็อกซ์ (จาก Sigma-aldrich ประเทศเยอรมนี) และเครื่องมือในการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (spectrometer) ยี่ห้อ S32 รุ่น LIBRA ประเทศอังกฤษ เครื่องอบลมร้อน (hot air oven) รุ่น FED115 ยี่ห้อ Binder

2. การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมเนื้อปลา โดยนำปลาทูแล่เนื้อปลาออกด้วยมีดคม แล้วนำเนื้อปลาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง และครั้งสุดท้ายล้างน้ำผ่าน เพื่อเป็นการผลิตอาหารฮาลาล สะเด็ดน้ำด้วยตะแกรง ประมาณ 1 ชั่วโมง นำเนื้อที่ได้บดละเอียดด้วยเครื่องบดประมาณ 3 นาที แล้วนำเนื้อเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส

3. การผลิต DBFC

ผลิต DBFC โดยนำส่วนผสม ประกอบด้วยเนื้อปลาบด และแป้งในอัตราส่วน 1: 0.9 ใช้กากรำข้าวทดแทนเนื้อปลาทูร้อยละ 10 และส่วนผสมอื่น ๆ เกลือป่น พริกไทยป่น น้ำตาลทราย กระเทียมบด และผงชูรส ร้อยละ 1.99, 1.30, 5.64, 3.90 และ 0.43 ตามลำดับ นวดผสมประมาณ 1 นาที แล้วเติมน้ำให้มีเนื้อสัมผัสนุ่มสามารถปั้นเป็นก้อนโด ไม่ติดมือ นวดต่อไปประมาณ 5 นาที จากนั้นนำส่วนผสมมาปั้นเป็นก้อนทรงกระบอกให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ยาว 12 เซนติเมตร (Boonkumnurd & Chaimongkon, 2011) นำไปต้มที่น้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส นาน 30-40 นาที เมื่อก้อน DBFC ลอยตักใส่ในตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำ ตั้งให้เย็นแล้วนำแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (Chainui, 2007) หั่นเป็นชิ้นบางให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร อบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน รุ่น FED115 ยี่ห้อ Binder จากประเทศเยอรมัน ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Boonkumnurd & Chaimongkon, 2011)

4. ศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษา DBFC

นำ DBFC ที่ผ่านการอบแห้ง มาบรรจุในถุง AL ขนาดถุง 7x11 นิ้ว หนา 0.22 มิลลิเมตร และถุง PP ขนาดถุง 7x11 นิ้ว หนา 0.15 มิลลิเมตร ปริมาณ 300 กรัม ขนาด DBFC หนาเฉลี่ย 2.14±0.16 มิลลิเมตร ปริมาณความชื้นร้อยละ 5.13±0.10 และเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.84±0.47 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยต่อแผ่น 1.93±0.23 กรัม (ค่าเฉลี่ยจากแผ่น DBFC 10 แผ่น) ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง 31±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0-5 เดือน

5. การวิเคราะห์คุณภาพและประเมินอายุการเก็บรักษาของ DBFC

วิเคราะห์คุณภาพของ DBFC ดังนี้ การพองตัวด้วยวิธี rapeseed displacement (AOAC, 2000) ค่าสี ในระบบ Hunter Lab Color ความชื้น (AOAC, 2000) วัดค่า a_w (AOAC, 2000) ค่า TBARS (ดัดแปลงวิธีของ Buege & Aust, 1978) ค่า PV โดยวิธี titration method (AOAC, 2000) และวิเคราะห์ total phenolic content โดยใช้ folin-ciocalteau method (Piljac et al., 2005) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC , 2000) ยีสต์และรา (AOAC , 2000) และทดสอบทางประสาทสัมผัส DBFC ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความชอบโดยรวม และทดสอบทางประสาทสัมผัสของ DBFC ที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันปาล์ม ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 วินาที ด้านสี กลิ่น ความกรอบ ขนาดการพองตัว รสชาติและความชอบโดยรวม จำนวน 50 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale (1= ไม่ชอบมากที่สุดถึง 9=ชอบที่สุด) (Meilgaard et al. 1999)

6. การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

ตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging capacity assay (ดัดแปลงจากวิธีการของ Shimada et al., 1992) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร คำนวณกิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระในหน่วยร้อยละ (% radical-scavenging activity) ดังสมการ (1) รายงานผลเป็นค่า IC_{50} โดยใช้กรดแกลลิกเป็นตัวเปรียบเทียบในการทดลอง

 doi: 10.14416/j.appsci.2017.10.002

radical-scavenging activity (%) = [(B-A)/B] X 100 (1)

เมื่อ A คือ ค่าความยาวคลื่นของตัวอย่าง B คือ ค่าความยาวคลื่นของ blank

ส่วนการวิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS radical scavenging capacity assay (Chaichana et al., 2009) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร คำนวณกิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระในหน่วยร้อยละ (% radical-scavenging activity) ดังสมการ (2) รายงานผลเป็นค่า IC_{50} โดยใช้ trolox เป็นตัวเปรียบเทียบในการทดลอง

radical-scavenging activity (%) = [(B-A)/B] X 100 (2)

เมื่อ A คือ ค่าความยาวคลื่นของตัวอย่าง B คือ ค่าความยาวคลื่นของ blank

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบสุ่มสมบูรณ์ (factorial 2x6 in CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้ง DBFC และ DBFC ที่ผ่านการทอด วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม PSPP Version 0.7.5

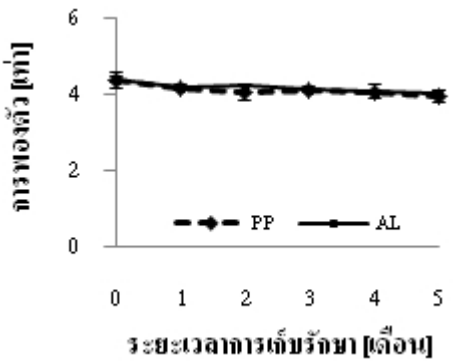
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางกายภาพของ DBFC

1.1 การพองตัวของ DBFCทอด

ผลการวิเคราะห์สมบัติการพองตัวของ DBFC ที่ผ่านการทอดตามระยะเวลาเก็บรักษานาน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 เดือน พบว่า DBFC ที่ผ่านการทอดบรรจุในถุง AL และ PP มีการพองตัวลดลงแตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบชนิดของถุงที่ใช้เก็บรักษา พบว่า ชนิดถุง AL มีความสามารถป้องกันความชื้น และไอน้ำจากอากาศได้ดีกว่า (Chedoloh & Asae, 2017) โดยถุง AL มีค่าการซึมผ่านของไอน้ำ และออกซิเจน 0.06571 มิลลิลิตร/ตารางเมตร/วัน และ 0.00873 กรัม/ตารางเมตร/วัน (Dutta & Dutta, 2016) ขณะที่ถุง PP การซึมผ่านของไอน้ำ และออกซิเจน 1550 มิลลิลิตร/ตารางเมตร/วัน และ 5 กรัม/ตารางเมตร/วัน (Robertson, 2012) รวมถึงถุง AL (0.22 มิลลิเมตร) มีความหนากว่าถุง PP (0.15 มิลลิเมตร)

จึงส่งผลต่อความกรอบของ DBFC เมื่อทอดทำให้มีการพองตัวดีกว่า เมื่อเทียบกับการเก็บในบรรจุภัณฑ์ชนิด PP ค่าการพองตัวของ DBFC ที่ผ่านการทอดแล้วตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 5 เดือน บรรจุในถุงชนิด AL และ PP มีค่าเท่ากับ 4.01±0.08 และ 3.94±0.08 เท่า (รูปที่ 1) ตามลำดับ ค่าการพองตัวนี้สอดคล้องกับการศึกษาการพองตัวของ Suwan & Wongwat (2011) รายงานการพองตัวของข้าวเกรียบเมล็ดขนุนเท่ากับ 4.00±0.33 เท่า การพองตัวของ DBFC ทอดบ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภททอด ดังนั้นการเก็บรักษา DBFC ในถุง AL มีคุณภาพดีกว่าถุง PP ในการยืดอายุการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามการเก็บรักษา DBFC ในถุง PP สามารถรักษาคุณภาพข้าวเกรียบปลาได้เช่นเดียวกัน ซึ่งผู้ประกอบการส่วนใหญ่ในพื้นที่จำหน่ายโดยใช้ถุงชนิดนี้ ผลการศึกษาสามารถเก็บรักษาของ DBFC ทอด 5 เดือน พบว่าการพองตัวของ DBFC ลดลงเล็กน้อย เนื่องจากมีความชื้นเข้าสู่ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์จึงต้องเลือกถุง PP แบบหนาในการเก็บรักษา สอดคล้องกับการศึกษาของ Boonkumnurd & Chaimongkon (2011) รายงานการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาดิบเสริมก้างปลาร้อยละ 17.7 ของส่วนผสมทั้งหมด บรรจุใน ถุง PP มีค่าการพองตัวลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บที่อุณหภูมิห้อง 4-6 เดือน โดยการพองตัวในสัปดาห์ที่ 0 มีค่าการพองตัวร้อยละ 63.14±4.88 และลดลงตลอดเวลา การเก็บรักษานาน 4 เดือน มีการพองตัวร้อยละ 27.94±1.91 อย่างไรก็ตามค่าการพองตัวขึ้นอยู่กับการเสริมแหล่งวัตถุดิบที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการพองตัวของข้าวเกรียบปลาระหว่างการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน



รูปที่ 1. ผลการวิเคราะห์การพองตัวของ DBFC ที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0-5 เดือน

1.2 ผลต่อค่าสีของ DBFC

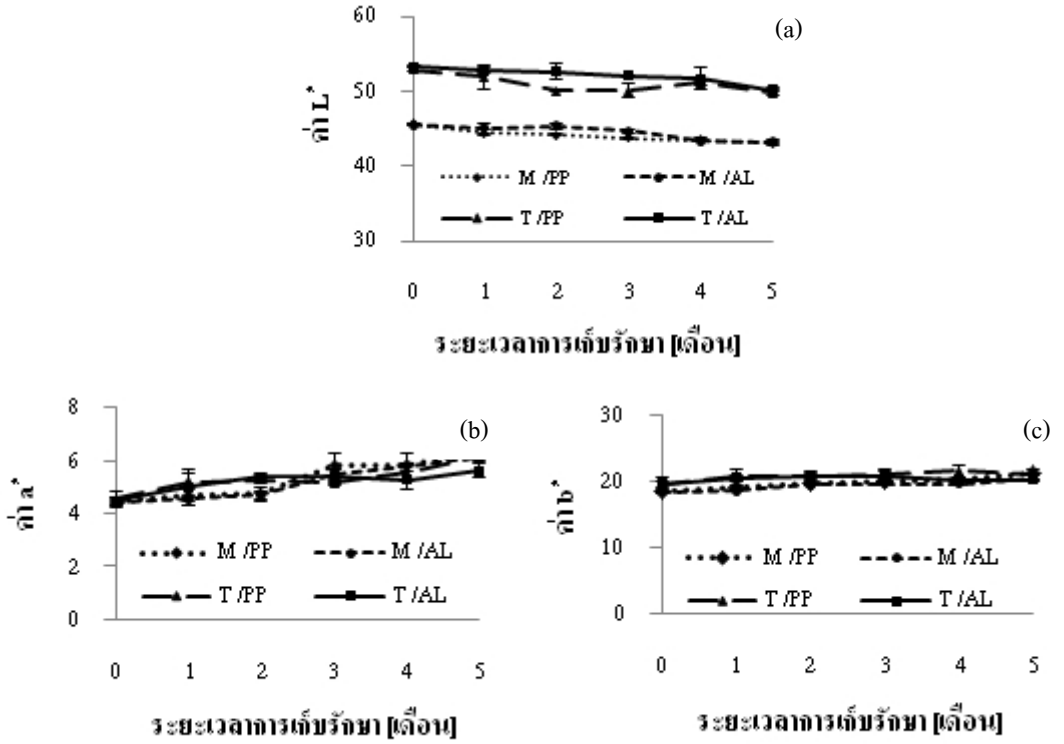
การเก็บรักษา DBFC ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง 31±1 องศาเซลเซียส โดยบรรจุถุง AL และ PP เป็นระยะเวลา 0-5 เดือน พบว่าระยะเวลา และชนิดของถุงมีผลต่อค่าสีของ DBFC แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดย DBFC บรรจุในถุง PP มีค่าความสว่าง L^* ของ DBFC ลดลงมีลักษณะสีเข้มเล็กน้อยตามอายุการเก็บรักษา เนื่องจากระยะเวลาที่เก็บรักษาเกิดการซึมผ่านของอากาศ และไอน้ำ จนเกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของเจลแป้งและโปรตีนในการดูดซับไอน้ำและออกซิเจนเร่งการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Rattanapanone, 2014) และเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 31±1 องศา

เซลเซียส เร่งการเกิดสีน้ำตาลระหว่างกรดอะมิโนทำให้เกิดสีเข้มขึ้น (Lamkampang & Inget, 2015) และเอนไซม์ในตัวอย่างของ DBFC สีจึงเข้มขึ้นตามลำดับ (Harrd et al., 1994) ส่วนการเก็บในถุง AL มีค่าสีของ DBFC แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความสว่างเริ่มต้นที่ 0 เดือน และ 5 เดือน เท่ากับ 45.58±0.16 และ 43.31±0.19 ตามลำดับ ส่วนค่า a^* และ b^* มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำ DBFC ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 วินาที พบว่าค่าสีแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยค่า L^* มีค่าลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาในถุง PP DBFC ที่ทอดมีลักษณะสีเข้มเล็กน้อย เนื่องจาก DBFC ก่อนการทอดนั้น มีสีเข้มอยู่เดิมแล้ว จึงส่งผลทำให้หลังการทอดผลิตภัณฑ์มีสีเข้มกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุง AL โดย DBFC ทอดบรรจุในถุง AL ที่ระยะเวลา 0 เดือน มีค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 53.41±0.15 และค่าความสว่างลดลง (สีเข้มขึ้น) เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 50.29±0.25 ตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 5 เดือน (รูปที่ 2 a) ซึ่ง Boonkumnurd & Chaimongkon (2011) ศึกษาข้าวเกรียบปลาเสริมแคลเซียมจากก้างปลาผง และแคลเซียมจากปลากะตักผงปริมาณร้อยละ 17.5 ของส่วนผสมทั้งหมด โดยที่ค่าสีระยะเวลา 0 เดือน มีค่าความสว่าง (L^*) 40.53±3.85 และ 33.98±2.42 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บ 1-3 เดือนมีแนวโน้มค่า L^* ลดลงและเพิ่มขึ้นในระยะต่อมา เนื่องจากปริมาณความชื้นและไอน้ำสามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Rattanapanone, 2002) ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของ DBFC เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยสารประกอบของไนโตรเจน เช่น ไมโอโกลบิน และฮีโมไซยานิน มีผลต่อการเกิดสีคล้ำของข้าวเกรียบปลาเช่นกัน (Harrd et al., 1994) ส่วนค่า a^* และ b^* ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) (รูปที่ 2 b และ c)

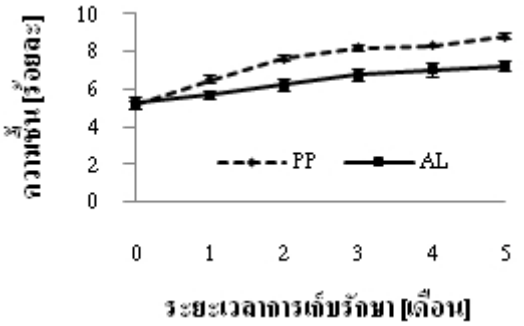
1.3 ผลต่อปริมาณความชื้นและ a_w

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในตัวอย่าง DBFC ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง อายุการเก็บรักษา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 เดือน พบว่าระยะเวลาการเก็บ และชนิดของถุง AL และ PP มีผลต่อปริมาณความชื้นใน ตัวอย่าง DBFC แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยที่เก็บ DBFC ในบรรจุภัณฑ์ชนิด AL สามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้น และไอน้ำได้ดีกว่าถุง PP ตลอดอายุการเก็บรักษา 5 เดือน การเก็บรักษาในถุง AL มีปริมาณความชื้นเพิ่มจากเดิมร้อยละ 5.27±0.21 (0 เดือน) เป็นร้อยละ 7.21±0.09 (5 เดือน) ขณะที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ถุง PP มีปริมาณความชื้นสูงกว่า ซึ่งเพิ่มจากร้อยละ 5.15±0.08 (0 เดือน) เป็นร้อยละ 8.79±0.13 (5 เดือน) ตามลำดับ (รูปที่ 3) จึงส่งผลให้ความชื้นของ DBFC ในถุง PP มีปริมาณความชื้นสูงกว่าถุง AL ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 1 เดือน เป็นต้นไป ซึ่งปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเนื่องจาก DBFC มีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าสภาวะสมดุลในอากาศ และเมื่อบรรจุถุงเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เนื้อของ DBFC มีการปรับสมดุลของความชื้นให้เท่ากับความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุจึงดูดความชื้นจากภายในภาชนะบรรจุ ทั้งยังทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น กลิ่นหืน และการเปลี่ยนสีน้ำตาล เป็นต้น (Pieamcla, 2004) อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นในข้าวเกรียบดิบเสริมกากรำข้าวต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก (Thai Industrial Standards Institute, 2011)



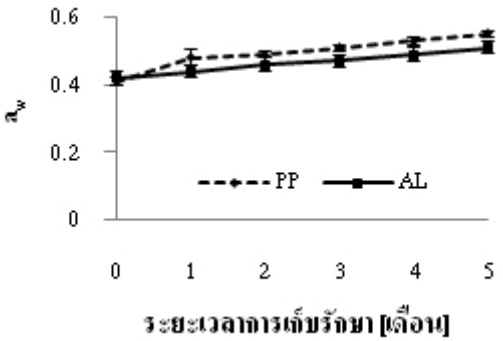
รูปที่ 2. ผลการวิเคราะห์ค่าสีของ DBFC และ DBFC ทอดที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0-5 เดือน

หมายเหตุ : M/PP หมายถึง DBFC เก็บรักษาบรรจุถุง PP T/PP หมายถึง DBFC เก็บรักษาบรรจุถุง PP แล้วนำไปทอด M/AL หมายถึง DBFC เก็บรักษาบรรจุถุง AL T/AL หมายถึง DBFC เก็บรักษาบรรจุถุง AL แล้วนำไปทอด



รูปที่ 3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของการเก็บรักษา DBFC ที่ระยะเวลา 0-5 เดือน

การวิเคราะห์ค่า a_w ของ DBFC ที่เก็บสภาวะอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่าระยะเวลา และชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อค่า a_w ของ DBFC สูงขึ้นตามลำดับ แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ซึ่งค่า a_w ที่บรรจุในถุง AL และ PP อยู่ในช่วง 0.41±0.005-0.55±0.001 และ 0.42±0.003-0.51±0.007 ตามลำดับ โดยที่ค่า a_w ในการเก็บรักษา DBFC บรรจุถุง AL เพิ่มขึ้นน้อยกว่า PP แตกต่างกัน ตลอดการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 5 เดือน คือ 0.51±0.007 และ 0.55±0.001 ตามลำดับ (รูปที่ 4) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ Boonkumnurd & Chaimongkon (2011) ซึ่งรายงานว่าค่า a_w ในข้าวเกรียบปลาดิบที่เสริมแคลเซียมจาก 3 แหล่ง คือก้างปลาผง แคลเซียมจากปลากะตัก และเสริมแคลเซียมสังเคราะห์ในถุง AL นาน 6 เดือน ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.54-0.56



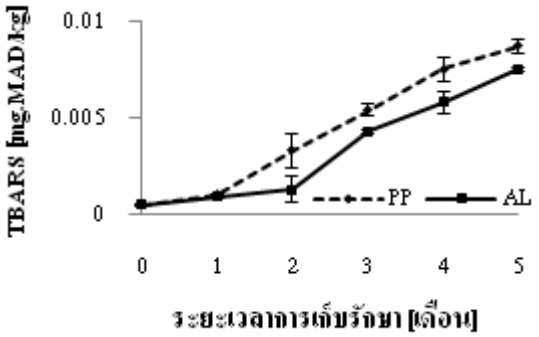
รูปที่ 4. ผลการวัดค่า a_w ของการเก็บรักษา DBFC ที่ระยะเวลา 0-5 เดือน

2. บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางเคมีของ DBFC

2.1 ผลต่อค่ากรดไทโอบาร์บิวทูริก (TBARS)

ผลการวิเคราะห์การเกิดกลิ่นหืนของตัวอย่าง DBFC ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิดคือถุง AL และ PP ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่าระยะเวลาและชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อค่า TBARS แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยที่ DBFC ที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ PP มีค่า TBARS สูงกว่า DBFC บรรจุภัณฑ์ชนิดถุง AL ซึ่งมีค่า 0.0087±0.00037 และ 0.0075±0.00010 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (รูปที่ 5) เนื่องจากการเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิห้องในถุง AL สามารถป้องกันแสง ป้องกันความชื้น และไอน้ำได้ดีกว่าชนิดของถุง PP จึงช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี และลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่มีอยู่ในตัวอย่าง ค่า TBARS เป็นดัชนีวัดการเปลี่ยนแปลงของอาหารตามระยะเวลาการเก็บบ่งบอกถึงคุณภาพของอาหารได้ (Pieamcla, 2004) การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ในระหว่างการเก็บรักษาเกิดขึ้นเนื่องจากกลุ่มคาร์บอนิลได้แก่ มาโลนัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำปฏิกิริยากับสาร Thiobarbituric acid ส่งผลให้ค่า TBARS เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (Obanu et al., 1976) โดยทั่วไปค่า TBARS มากกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม

ทำให้ผู้บริโภครับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้ และถ้าค่ามากกว่า 7 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ไขมันเสื่อมคุณภาพมากขึ้นมีกลิ่นรุนแรง (Tanikawa, 1985 อ้างโดย Lohalaksanadech & Kachenpakdee, 2011) ขณะที่ Shamberger et al. (1977) ได้รายงานว่าค่า TBARS ที่ยอมรับได้สำหรับอาหารทั่วไปมีค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม



รูปที่ 5. ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ DBFC ที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0-5 เดือน

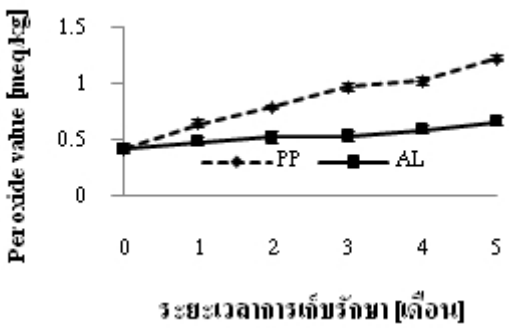
2.2 ผลต่อค่าเพอร์ออกไซด์ (PV)

การประเมินคุณภาพการเกิดกลิ่นหืนในตัวอย่าง DBFC โดยการนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิดคือถุง AL และ PP ที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่าปริมาณของค่า PV สูงขึ้นตามระยะเวลา ที่เก็บรักษาทั้ง 2 บรรจุภัณฑ์แต่มีค่าแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยการเก็บรักษา DBFC ในถุง PP มีค่า PV สูงกว่าการเก็บผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ AL ตลอดอายุการเก็บรักษา 5 เดือน อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะเดือนที่ 3-5 เดือน ดังรูปที่ 6 การเก็บรักษา DBFC ของถุง AL มีค่า PV 0.42±0.026 มิลลิกรัมสมมูลย์เพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นที่ระยะเวลา 5 เดือน เป็น 0.66±0.039 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม ขณะที่การเก็บรักษาในถุง PP มีค่า PV สูงกว่าประมาณ 2 เท่าที่ระยะเวลา 5 เดือน คือ ค่าเริ่มต้น 0 เดือน มีค่า PV 0.42±0.023 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นเป็น1.22±0.0091 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม (รูปที่ 6) เมื่อระยะเวลา 5 เดือนตามลำดับ ซึ่งค่า PV ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม (Thai Industrial Standards Institute, 2011)

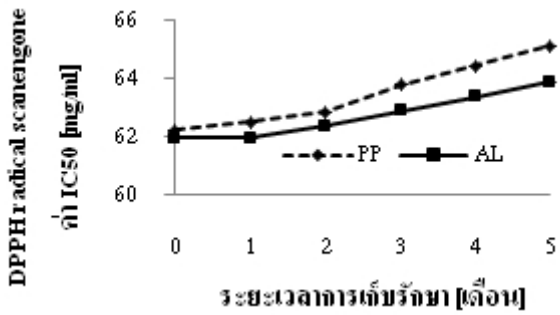
3. บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาต่อสารต้านอนุมูลอิสระของ DBFC

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสารต้านอนุมูลอิสระใน DBFC เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 5 เดือน ผลการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าผลสารที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ DBFC มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยใช้สาร DPPH และกรดแกลลิกที่เป็นสารมาตรฐานที่ใช้ในการทดลอง มีค่า IC_{50} แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) การเก็บรักษาด้วยในถุง PP มีการสูญเสียของสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการเก็บรักษาโดยบรรจุถุงชนิด AL โดยที่ค่า IC_{50} ของ

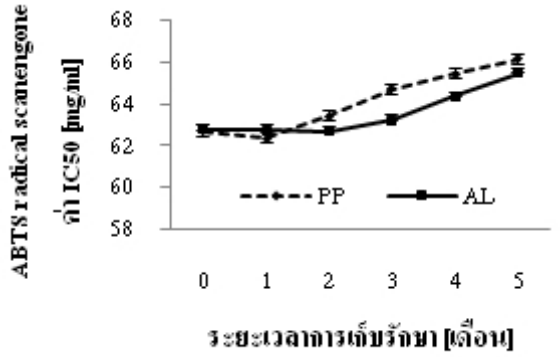
DBFC ในถุง PP และ AL อยู่ในช่วง 62.21±0.70-65.11±0.17 และ 61.95±1.10-63.88±0.59 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ (รูปที่ 7) การทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระด้วย วิธี ABTS ใน DBFC พบว่า ระยะเวลา และชนิดของถุงมีผลต่อประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระลดลงแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 8) การวิเคราะห์สาร total phenolic content ในผลิตภัณฑ์ DBFC พบว่า การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ AL และ PP ส่งผลต่อปริมาณสาร total phenolic content ลดลงแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) จากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ ปริมาณของ total phenolic content ของ DBFC อยู่ในช่วง 0.27±0.020-0.22±0.015 และ 0.28±0.020-0.23±0.021 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิก/กรัม ตามลำดับ (รูปที่ 9) ขณะที่ Lichanporn et al. (2013) รายงานว่าสาร total phenolic content ในตัวอย่างข้าวเกรียบกุ้งมีสาร total phenolic content ก่อนทอด และหลังทอด 10.36 และ 7.75 ไมโครลิตร/มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งผลที่แตกต่างกันเกิดจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เก็บรักษา ส่วนผสมต่างกัน รวมทั้งแสง อุณหภูมิ และออกซิเจนระหว่างการผลิต และการเก็บรักษา ส่งผลต่อปริมาณสาร phenolic content (Nanthachai et al., 2013)



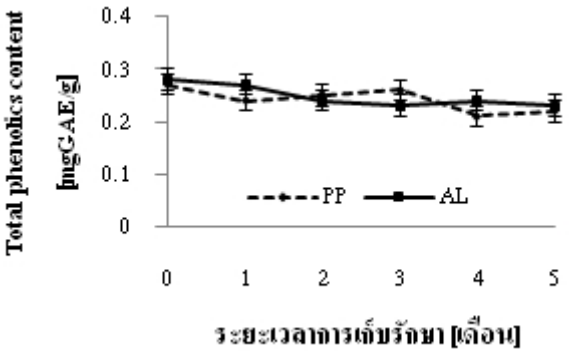
รูปที่ 6. ค่า PV ของ DBFC ที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0-5 เดือน



รูปที่ 7. ผลการวิเคราะห์ DPPH radical scavenger ค่า IC_{50} (mg/ml) ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาดิบเสริมกากรำข้าวที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0-5 เดือน



รูปที่ 8. ผลการวิเคราะห์ ABTS ของผลิตภัณฑ์ DBFC ที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0-5 เดือน



รูปที่ 9. ผลการวิเคราะห์ total phenolics content (mgGAE/g) ของผลิตภัณฑ์ DBFC ที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0-5 เดือน

4. บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาต่อการทดสอบคุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์ของ DBFC

เมื่อนำตัวอย่าง DBFC บรรจุถุงชนิด AL และถุง PP ที่สภาวะการเก็บที่อุณหภูมิห้อง และอายุการเก็บรักษา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 เดือน พบว่าอายุการเก็บช่วงเริ่มต้น 0-1 เดือน การเก็บ DBFC ในถุง PP มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 30 โคโลนี/กรัม เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นที่ระยะเวลา 2, 3, 4 และ 5 เดือน พบว่า ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.26×10^{2}, 3.65×10^{2}, 2.85×10^{3} และ 4.2×10^{3} โคโลนี/กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ในขณะที่การเก็บรักษา DBFC ในถุงชนิด AL มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ต่ำกว่าการเก็บรักษาในถุง PP คือมีปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า <30 โคโลนี/กรัม ที่ระยะเวลา 0-1 เดือน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 2, 3, 4 และ 5 เดือน พบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น คือ 3.7×10^{1}, 2.5×10^{2}, 2.9×10^{2} และ 3.0×10^{3} โคโลนี/กรัม ตามลำดับ ถุงชนิด PP สามารถป้องกัน

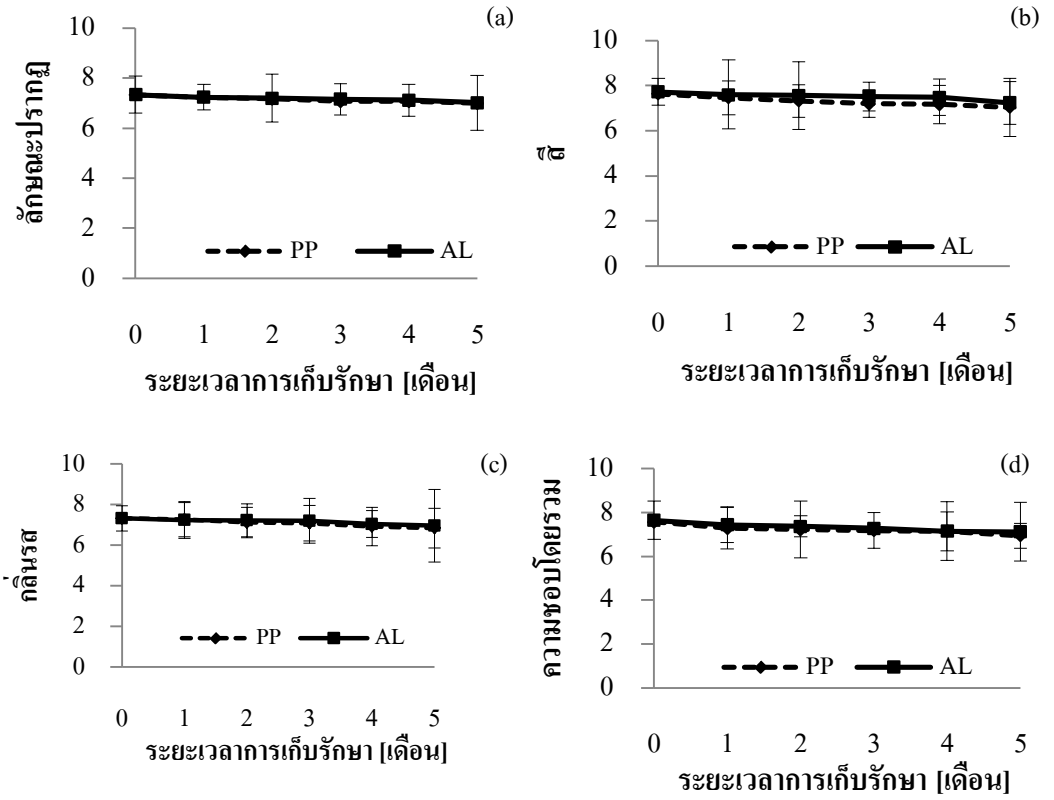
ความชื้นและไอน้ำ ไม่ดีเท่าถุง AL ทำให้มีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อเชื้อจุลินทรีย์เจริญสูงกว่าถุง AL อย่างไรก็ตามปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบไม่เกินกว่าที่มาตรฐานอาหารกำหนดไว้ ที่ระบุว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนี/กรัม ขณะที่ปริมาณเชื้อยีสต์และรา จากการศึกษาพบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0-5 เดือนมีเชื้อยีสต์และราน้อยกว่า 30 โคโลนี/กรัม ซึ่งมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งมาตรฐานกำหนดให้ยีสต์และราในข้าวเกรียบปลา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนี/กรัม (Thai Industrial Standards Institute, 2011)

ตารางที่ 1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ DBFC ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0-5 เดือน

ผลการวิเคราะห์	บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา					
		0 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน
ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	PP	<30x10	<30	1.26×10^2	3.65×10^2	2.85×10^3	4.2×10^3
	AL	<30x10	<30	3.7×10^1	2.5×10^2	2.9×10^2	3.0×10^3
ปริมาณเชื้อยีสต์รา (cfu/g)	PP	ไม่พบ	<30	<30	<30	<30	<30
	AL	ไม่พบ	<30	<30	<30	<30	<30

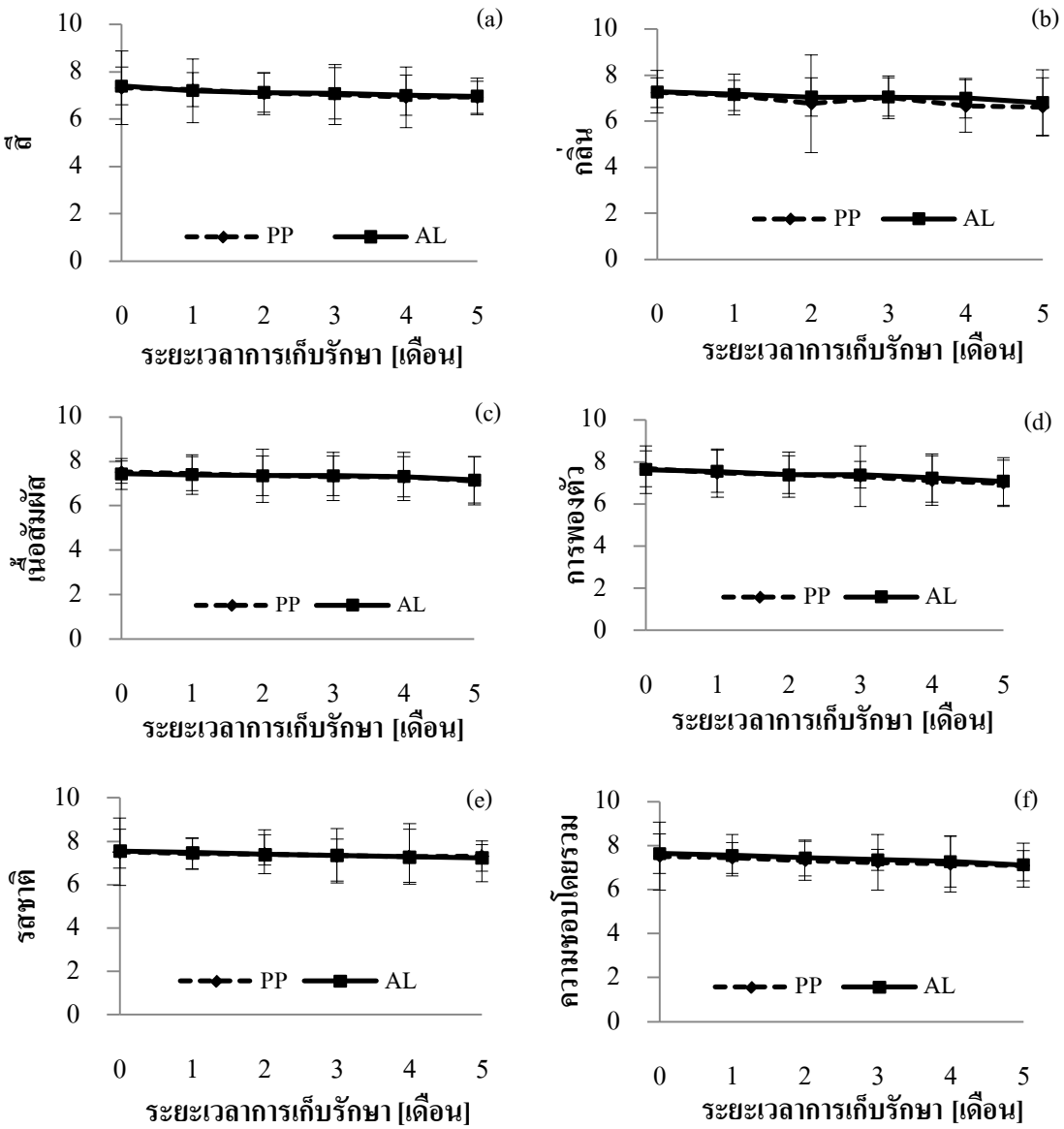
5. บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ DBFC

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ DBFC นี้เพื่อการประเมินผลิตภัณฑ์ในกรณีมีการจำหน่าย DBFC ที่ไม่ผ่านการทอด ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคและป้องกันการแตกหักของผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่ง และการจำหน่าย การเก็บรักษา DBFC ที่สภาวะอุณหภูมิห้องตลอดอายุการเก็บรักษา 5 เดือน ในบรรจุภัณฑ์ถุง AL และ PP พบว่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ DBFC ทางด้านสี และความชอบโดยรวมแตกต่างกัน ($p\leq0.05$) (รูปที่ 10 b และ d) ขณะที่การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะทั่วไป และกลิ่นรสไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) (รูปที่ 10 a และ c) โดยแนวโน้มคุณภาพ DBFC ลดลงตามอายุการเก็บรักษา 5 เดือน โดยการเก็บรักษาที่บรรจุภัณฑ์ AL สามารถป้องกันปริมาณความชื้น (Chedoloh & Asae, 2017) และอากาศภายนอกเข้าสู่ DBFC ดีกว่าการเก็บรักษาในถุง PP ส่งผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ DBFC ที่ไม่ผ่านการทอด มีระดับคะแนนด้านความชอบโดยรวม 6.94±1.13 และ 7.12±1.34 ตามลำดับ (รูปที่ 10 d)



รูปที่ 10. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ DBFC ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0-5 เดือน

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่าง DBFC ที่สภาวะการเก็บแบบปกติ อุณหภูมิห้อง และอายุการเก็บรักษา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 เดือน แล้วนำ DBFC ทอดด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 วินาที ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลา และชนิดของถุงในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ DBFC ที่ผ่านการทอดมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น การพองตัว และความชอบโดยรวม ลดลงแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 11 b, d และ f) เนื่องจากปริมาณความชื้น และการเปลี่ยนแปลงของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างการเก็บรักษา (Boonkumnurd & Chaimongkon, 2011) เมื่อนำ DBFC ที่ผ่านการทอดส่งผลให้ผู้ทดสอบประเมินเนื้อสัมผัสบางประการเปลี่ยนไปจากเดิม ทั้งบรรจุภัณฑ์ชนิดถุง PP และ AL โดยที่เก็บรักษา DBFC ในถุง AL ให้คุณภาพของ DBFC ที่ผ่านการทอดที่ดีกว่าการเก็บรักษาวัตถุดิบในถุง PP ขณะที่การทดสอบทางด้านสี เนื้อสัมผัส และรสชาติ มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (รูปที่ 11 a, c และ e)



รูปที่ 11. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ DBFC สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0-5 เดือน แล้วนำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 วินาที

สรุปผลการทดลอง

DBFC สามารถเก็บรักษาได้ในบรรจุภัณฑ์ถุง AL และ PP โดยที่ถุง AL รักษาคุณภาพ DBFC ได้ดีกว่า โดยมีค่าปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่า TBARS และ PV มีค่าที่น้อยกว่าถุงชนิด PP อายุการเก็บรักษาในตัวอย่างข้าวเกรียบปลากากรำข้าวดิบในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 5 เดือน ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ที่ดีที่สุดคือ AL ใช้สำหรับเก็บ DBFC ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจน และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินตามที่กฎหมายกำหนดและสามารถบรรจุ DBFC ใช้ถุง PP ได้เช่นเดียวกัน แต่มีคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าการบรรจุ DBFC ในถุง AL

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) - สวก. และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ 2558 และขอขอบคุณ บริษัทไทยร่วมใจน้ำมันพืช จำกัด ที่อนุเคราะห์กากรำข้าวในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of the AOAC* (15th ed.). Arlington: AOAC International.

Boonkumnurd, S. & Chaimongkon, L. (2011). *Development of Calcium Enriched Cracker*, Research report from Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani. (in Thai)

Buege, J. A. & Aust, S. D. (1978). Microsomal lipid peroxidation. *Methods in Enzymology*, *52*, 302-310. https://doi.org/10.1016/S0076-6879(78)52032-6

Chainui, J. (2007*). Effect of physico-chemical properties of starch mixtures (cassava and sago) on cracker quality* (M.Sc. thesis) Department of Food Technology, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Songkhla. (in Thai)\

Chaichana, J., Niwatananun, W., Vejabhikul, S., Somna, S. & Chansakaow, S. (2009). Volatile constituents and biological activities of *Gardenia jasminoides*. *Journal of Health Research*, *23*(3), 141-145.

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)

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), 51-60. doi: 10.14448/japr.08.0019

Harrd, N. F., Simpson, B. K. & Pan, B. S. (1994). Sarcoplasmic protein and other nitrogenous compounds. In Z. E. Sikorski, B. S. Pan & F. Shahidi (Eds.), *Seafood Proteins* pp. 13-39. Boston: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-7828-4_3

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.

Lichanporn, I., Ardnarong, S., Saritdee, C. & Jandee, W. (2013). The antioxidant capacity and polyphenol content of prawn crispy crackers with gotu kola (Centella asiatica) powder. *Agricultural Science Journal, 44*(2)(Suppl.), 317-320. (in Thai)

Lohalaksanadech, S. & Kachenpakdee, N. (2011). Study on shelf life of fried soft shell crab. *Journal of Fisheries Technology Research*, *5*(2), 105-110. (in Thai)

Meilgaard, M., Civille, G. V. & Carr, B. T. (1999). *Sensory Evaluation Techniques* (3rd ed.). New York: CRC Press.

Nanthachai, N., Lichanporn, I. & Tanganurat, P. (2013). *Antioxidant Capacity of Pummelo Peel Tea*, Research report from Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)

Obanu, Z. A., Ledward, D. A. & Lawrie, R. A. (1976). The protein of intermediate moisture meat stored at tropical temperature: III differences between muscles. *International Journal of Food Science & Technology*, *11*, 187-196. doi: 10.1111/j.1365-2621.1976.tb00715.x

Pieamcla, N. (2004). *Study of appropriate conditions for frozen ripe durian frying in vacuum fryer* (B.Eng.Thesis) Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Piljac, J., Martinez, S., Valek, L. & Ganic, K .K. (2005). A comparison of methods used to define the phenolic content and antioxidant activity of croatian wines. *Food Technology and Biotechnology*, *43*, 271-276.

Poovarodom, N. (2007). *Food Packaging* (1st ed.). Bangkok, Thailand: S. P. M. Publishing. (in Thai)

Rattanapanone, N. (2002). *Food Chemistry* (1st ed.). Bangkok, Thailand: Odean Store. (in Thai)

Robertson, G.L. (2012). *Food Packaging - Principles and Practice* (3rd ed.). New York: CRC Press.

Shamberger, R. J., Shamberger, B. A. & Willis, C. E. (1977). Malonaldehyde content of food. *Journal of Nutrition*,*107*(8), 1404-1409.

Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K. & Nakamura, T. (1992). Antioxidative properties of xanthans on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *40* (6), 945–948. doi: 10.1021/jf00018a005

Suwan, T. & Wongwat, S. (2011). *Development of Jackfruit Seed Cracker*, Research report from Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok. (in Thai)

Tanikawa, E. (1985). *Marine Products in Japan* (2nd ed.). Tokyo: Koseisha Koseikaku.

Thai Industrial Standards Institute. (2011). *Thai Community Products Standards 107/2554: Crispy Snack, Khaogriab*. Bangkok, Thailand: TISI, Ministry of Industry. (in Thai)