

ด้านในเคลือบด้วยพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (Polyethylene, PE) (PET-PE bag/OA) และกล่องพลาสติกพร้อมฝาปิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) (PP box/OA) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าการใช้กลีเซอรอลส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ หลังทอดมีสีคล้ำขึ้นโดยมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง และค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความแข็ง (Hardness) ลดลง ค่าความกรอบ (Fracturability) และค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water activity, a_w) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นระดับเหมาะสมที่สุดมีคะแนนความชอบมากที่สุด ($p \leq 0.05$) ด้านสี (8.00 คะแนน) กลิ่น (7.60 คะแนน) รสชาติ (7.50 คะแนน) เนื้อสัมผัส (8.20 คะแนน) และความชอบโดยรวม (7.60 คะแนน) ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ เส้นใย คาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 12.13, 3.90, 7.36, 1.81, 3.65, 71.15 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ และมีค่าพลังงานเท่ากับ 366.40 กิโลแคลอรี การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด พบว่าสามารถเก็บรักษาคุณภาพโดยรวมได้นาน 3 สัปดาห์ โดยบรรจุภัณฑ์ PET-PE bag/OA มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า a_w และรักษาเนื้อสัมผัส (ความแข็งและความกรอบ) ได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ PP box/OA อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในทางตรงกันข้าม บรรจุภัณฑ์ PP box/OA มีความสามารถในการชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, P.V.) ได้ดีกว่าเนื่องจากคุณสมบัติที่บดบังแสงสำหรับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดตลอดระยะเวลา 5 สัปดาห์ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของขนมปังสับทอด (มผช. 751/2548) ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 5-point hedonic scale พบว่าในช่วง 3 สัปดาห์แรกผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมในระดับชอบมาก (4.00-4.38 คะแนน) อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านกลิ่นหืนและรสชาติลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: ขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากทอด กลีเซอรอล บรรจุภัณฑ์ วัตถุประสงค์ข้อออกซิเจน

ABSTRACT

The deep-fried banana fritters with dried banana filling are a type of fried snack produced by the Deep-Fried Banana Fritter Product Group in Khlong Hat District, Sa Kaeo Province. Quality issues in the product have been observed during sales, characterized by a decrease in fracturability and an increase in the hardness of the dried banana filling. Therefore, this research aimed to improve the quality of the deep-fried banana fritters with dried banana filling after frying by investigating the optimal glycerol concentration for soaking dried banana slices at four different levels: 0%, 10%, 15%, and 20% by weight per volume and its effects on product quality. The optimal glycerol concentration was then used to study the shelf life of the product under two packaging conditions, along with oxygen absorber (OA), which included plastic polyethylene terephthalate (PET) bags lined with polyethylene (PE) (PET-PE bag/OA) and polypropylene (PP) closed boxes (PP box/OA) stored at room temperature for 5 weeks. The research findings indicated that the use of glycerol affected the color values of the fried product, resulting in a darker hue with a statistically significant reduction in brightness (L^*) and a significant increase in redness (a^*)

($p \leq 0.05$). Hardness decreased while both fracturability and water activity (a_w) tended to increase. Sensory quality assessment using a 9-point hedonic scale revealed that the product using 10% glycerol by weight per volume was the most suitable, receiving the highest liking scores ($p \leq 0.05$) for color (8.00), aroma (7.60), taste (7.50), texture (8.20), and overall liking (7.60). The product composition indicated moisture, protein, fat, ash, fiber, and carbohydrates at 12.13%, 3.90%, 7.36%, 1.81%, 3.65%, and 71.15% by wet weight, respectively, with an energy value of 366.40 kilocalories. The storage study of the product in two packaging types indicated that overall quality could be maintained for 3 weeks. The PET-PE bag/OA was significantly more effective than the PP box/OA at slowing changes in a_w and preserving texture (hardness and fracturability) ($p \leq 0.05$). Conversely, the PP box/OA exhibited a superior ability to slow the increase in peroxide value (P.V.) due to its opaque properties. Total microbial, yeast, and mold counts for both packaging types remained within the Thai Community Product Standards for fried puff with fish filling (TCPS 751/2005) throughout the 5-week period. Regarding sensory evaluation using a five-point hedonic scale, the overall liking was rated at a highly liked level (4.00-4.38) during the first 3 weeks; however, liking scores for rancidity and flavor significantly decreased after week 3 ($p \leq 0.05$).

Keywords: Deep-fried Banana Fritters with Dried Banana Filling; Glycerol; Packaging; Oxygen Absorber

บทนำ

ผลิตภัณฑ์กล้วยเกลียวทองเป็นขนมที่ผลิตและจำหน่ายโดยผู้ประกอบการกลุ่มผลิตภัณฑ์กล้วยเกลียวทอง ตำบลเบญจขร อำเภอลองหาด จังหวัดสระแก้ว ขนมมีองค์ประกอบหลักแบ่งเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนของตัวแป้งและส่วนของไส้ โดยตัวแป้งมีส่วนประกอบหลักเป็นแป้งสาลี ไข่ และเนย ส่วนของไส้เป็นชิ้นของกล้วยตากที่ผ่านการทำให้แห้งแล้ว มีวิธีการทำขนมโดยการผสมส่วนผสมของแป้ง นวดคลึงโดให้เป็นแผ่นบาง ตัดตามยาวให้เป็นเส้น นำไปพันม้วนไส้ให้เป็นเกลียว จากนั้นนำไปทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep-fat frying) จนแป้งสุก กรอบ มีสีเหลืองทอง แล้วบรรจุในถุงซิปล็อคพลาสติกใสเพื่อจำหน่าย แต่พบปัญหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการจำหน่ายขนมมีความกรอบลดลงและไส้กล้วยตากมีความแข็งเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านเนื้อสัมผัสโดยใช้กลีเซอรอลซึ่งเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (Food additive, INS422) มีคุณสมบัติเป็นสารช่วยให้ความชุ่มชื้น (Humectant) และเป็นสารให้ความข้นเหนียว (Thickener) [1] โดยกำหนดปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ใน “ปริมาณที่เหมาะสม” ซึ่งเป็นปริมาณการใช้วัตถุเจือปนอาหารที่ต่ำที่สุดซึ่งให้ผลทางด้านการผลิตตามที่ต้องการ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยวัตถุเจือปนอาหาร ฉบับที่ 444 พ.ศ. 2566 จากข้อมูลงานวิจัยมีการนำกลีเซอรอลมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลาย ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูป เช่น มัลเบอร์รี่แผ่น [2] ลีนจ๊อบแห้ง [3] แครอทแดงอบแห้ง [4] มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ [5] และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ เช่น เจอร์กี้เนื้อไก่ [6] ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง [7] เป็นต้น ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ยังคงคุณลักษณะที่ดีทั้งด้านสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัส นอกจากนี้ขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากยังเป็นอาหารประเภททอดที่ต้องใช้น้ำมันมาก ส่งผลให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์ได้เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันหรือน้ำมันทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเห็น

ความสำคัญในการศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของการใช้บรรจุภัณฑ์กับผู้ประกอบการขนาดเล็กที่มีต้นทุนน้อย ฉะนั้นต้องเลือกบรรจุภัณฑ์ที่สามารถหาซื้อได้ง่ายได้ตามท้องตลาด และสามารถรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้มีความปลอดภัยตลอดระยะเวลาการวางจำหน่ายได้ที่อุณหภูมิห้องมาศึกษาร่วมกับการใช้เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์อาหารด้วยการบรรจุแบบแอคทีฟ (Active packaging) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบโดยการใช้วัตถุดูดซับออกซิเจน (Oxygen absorber) ซึ่งคุณสมบัติของวัตถุดูดซับออกซิเจนคือช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหารจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและช่วยยืดอายุการเก็บรักษา [8, 9] เพื่อรักษาคุณภาพและมาตรฐานของอาหารตามประกาศของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่องการกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของวัตถุเจือปนอาหารประเภทวัตถุที่ใช้รักษาคุณภาพหรือมาตรฐานอาหาร [10] นอกจากนี้ Da Costa Monção et al. [11] รายงานว่าวัตถุแอคทีฟประเภทวัตถุดูดซับออกซิเจนมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดก๊าซออกซิเจน มีราคาถูก และมีความปลอดภัยในการนำมาใช้สัมผัสกับอาหาร โดยการรับรองจากหน่วยงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งยุโรป (European Food Safety Authority, EFSA) Siriwong et al. [12] ศึกษาการใช้วัตถุดูดซับออกซิเจนกับผลิตภัณฑ์กล้วยแปรรูป พบว่าการใช้วัตถุดูดซับออกซิเจนช่วยลดการเกิดสารเปอร์ออกไซด์ในระหว่างการเก็บรักษาได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาผลของกลีเซอรอลต่อคุณภาพของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากหลังการทอด และศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ร่วมกับวัตถุดูดซับออกซิเจนที่อุณหภูมิห้อง เพื่อช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ ระหว่างการจำหน่ายหรือระหว่างการเก็บรักษา องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการได้นำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากกลุ่มผลิตภัณฑ์กล้วยเกลียวทอง ตำบลเบญจขร อำเภอลองหาด จังหวัดสระแก้ว ซึ่งผลิตและนำผลิตภัณฑ์มาศึกษาที่ห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ได้แก่ กล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อง (*Musa sapientum* L. ABB group) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในพื้นที่และเป็นวัตถุดิบหลักของกลุ่มสำหรับคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของกล้วยตากจากกล้วยน้ำว้า นั้นจากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากล้วยตากโดยทั่วไปมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 16.0-23.7 และมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity, a_w) อยู่ในช่วง 0.55-0.74 [13] ซึ่งอยู่ในระดับที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ได้ ศึกษาปริมาณกลีเซอรอลต่อคุณภาพของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตาก

1. การเตรียมกล้วยตาก

นำกล้วยตากที่ผ่านการทำแห้งแล้วมาหั่นให้เป็นชิ้นจำนวนประมาณ 5-6 ชิ้นต่อ 1 ลูก จากนั้นจุ่มแช่ชิ้นกล้วยตากในสารละลายกลีเซอรอล (เกรดอาหาร) 4 ระดับได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามวิธีการของ ภาสุรี [14] โดยจุ่มแช่ชิ้นกล้วยตากในสารละลายกลีเซอรอลนาน 30 นาที แล้วนำขึ้นพักบนตะแกรงนาน 10 นาทีนำไปตากแดดให้แห้งเป็นระยะเวลา 2 วันหรือจนกว่าจะแห้ง ควบคุมค่า a_w ไม่เกินกว่า 0.75 ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกล้วยอบ (มพช. 112/2546) [15] เก็บรักษากล้วยตากในภาชนะปิดสนิทก่อนนำไปทำการทดลองต่อไป

2. การเตรียมขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตาก

นำกล้วยตากที่เตรียมได้จากข้อ 1 มาปั้นห่อหุ้มด้วยอุณหภูมิห้อง (98±2 องศาเซลเซียส) นาน 10 นาที แล้วนำมาผึ่งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที จากนั้นนำชิ้นกล้วยตากไปพันให้เป็นเกลียวด้วยแผ่นแป้ง (วิธีและสูตรของกลุ่ม) คลึงแป้งโดให้เป็นแผ่นแป้ง ตัดเป็นชิ้นยาว แล้วนำไปพันม้วนชิ้นกล้วยตากให้เป็นเกลียว

จำนวน 1 รอบและนำไปทอดด้วยน้ำมันปาล์มแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 180 ± 2 องศาเซลเซียสจนกว่าแป้งจะสุกมีสีเหลืองทอง โดยมีการตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันทอดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ และมีการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มใหม่สำหรับทุกชุดการทดลอง

3.วิเคราะห์คุณภาพของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากหลังทอด ดังนี้

3.1 ค่าสีในระบบ CIE L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น Ultrascan VIS (HunterLab, USA) โดยวัดค่าสีของผิวเปลือกด้านนอกของขนมบริเวณผิวที่มีสีสม่ำเสมอจำนวน 3 ตำแหน่งต่อชิ้นตัวอย่าง 1 ชิ้น รายงานเป็นค่าเฉลี่ยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

3.2 เนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Brookfield รุ่น CT3 (USA) ใช้หัววัด Cylinder probe (TA39) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร โดยกด 3 จุด ต่อตัวอย่าง 1 ชิ้น ใช้แรงกด Test speed 2.0 mm/s เจาะลงไป 10 mm. รายงานค่าความแข็ง (hardness, g) และค่าความกรอบ (fracturability, g) โดยวัดเนื้อสัมผัสทั้งชิ้นของขนม (เปลือกและไส้รวมกัน) เนื่องจากเป็นลักษณะเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคได้รับขณะบริโภคทำการทดลอง 10 ซ้ำ

3.3 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w) ด้วยเครื่อง Aqua Lab รุ่น 3 (Decagon, USA) โดยเตรียมตัวอย่างทั้งชิ้น (เปลือกและไส้) หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ชั่งน้ำหนักประมาณ 5-7 กรัม บรรจุลงในถ้วยตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่กันถ้วยโดยไม่ใส่เกินครึ่งถ้วยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.4 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้านความชอบต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้สเกลความชอบ 9 ระดับ (9 points hedonic scale) ให้ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด จนถึงระดับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ผู้ทดสอบจะได้รับขนม 1 ชิ้นต่อตัวอย่าง คัดเลือกขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากที่ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดหรือคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และศึกษาอายุการเก็บรักษาในขั้นถัดไป

3.5 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ($N \times 6.25$) ไขมัน เส้นใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงานโดยการคำนวณ [16] วิเคราะห์ตัวอย่างทั้งชิ้น ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ศึกษาอายุการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิดร่วมกับวัตถุดิบออกซิเจนต่อคุณภาพของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

1. นำขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากที่ใช้กลีเซอรอลในปริมาณเหมาะสมที่สุดจากการทดลองแรกมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ ถุงซิปล็อค เจาะหน้าต่างใส พิมพ์ลาย ตัดได้ ด้านนอกเป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน เทเรฟทาเรต (Polyethylene terephthalate, PET) ด้านในเคลือบด้วยพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (Polyethylene, PE) ความหนาของถุง 150 ไมครอน ขนาด 14x20 เซนติเมตรและกล่องพลาสติกพร้อมฝาปิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 12x17.2x4.8 เซนติเมตร และปิดฝาด้วยสภาวะปกติ ปริมาณที่บรรจุมีน้ำหนัก 250 กรัม ร่วมกับวัตถุดิบออกซิเจน (Oxygen absorber) ขนาด 300 cc (ซีซี) จำนวน 1 ของต่อบรรจุภัณฑ์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 5 สัปดาห์ โดยสุ่มตัวอย่างทุกๆ สัปดาห์ วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี จุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2. วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี จุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังนี้

2.1 ค่าสีในระบบ CIE L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น Ultrascan VIS (HunterLab, USA) โดยวัดค่าสีของผิวเปลือกด้านนอกของขนม บริเวณผิวที่มีสีสม่ำเสมอจำนวน 3 ตำแหน่งต่อชิ้นตัวอย่าง 1 ชิ้น รายงานเป็นค่าเฉลี่ย ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

2.2 เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Brookfield รุ่น CT3 (USA) ใช้หัววัด Cylinder probe (TA39) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร โดยกด 3 จุด ต่อตัวอย่าง 1 ชิ้น ใช้แรงกด Test speed 2.0 mm/s เจาะลงไป 10 mm. รายงานค่าความแข็ง (Hardness, g) และค่าความกรอบ (Fracturability, g) โดยวัดเนื้อสัมผัสทั้งชิ้นของขนม ทำการทดลอง 10 ซ้ำ

2.3 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w) ด้วยเครื่อง Aqua Lab รุ่น 3 (Decagon, USA) โดยเตรียมตัวอย่างทั้งชิ้น (เปลือกและไส้) หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ชั่งน้ำหนักประมาณ 5-7 กรัม บรรจุลงในถ้วยตัวอย่าง ครอบคลุมพื้นที่กั้นด้วยไมไ่สเกินครึ่งถ้วยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.4 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, P.V.) วิเคราะห์ตามวิธีการมาตรฐาน [17] โดยใช้ตัวอย่างทั้งชิ้น (เปลือกและไส้) ชั่งน้ำหนักประมาณ 5 กรัม สกัดไขมันและวิเคราะห์ค่า P.V. ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา [18] โดยใช้ตัวอย่างขนมทั้งชิ้น (เปลือกและไส้) ชั่งน้ำหนักประมาณ 25 กรัมเจือจางด้วยสารละลาย Peptone water แล้วนำไปเพาะเลี้ยงและนับจำนวนโคโลนี ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.6 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากด้านสี กลิ่น หิน รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้สเกลความชอบ 5 ระดับ (5 points hedonic scale) ให้ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด จนถึงระดับ 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบในห้องปฏิบัติการที่มีความชำนาญและคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์อาหารทอดจำนวน 16 คน ผู้ทดสอบจะได้รับขนมจำนวน 1 ชิ้นต่อตัวอย่าง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพทางเคมี องค์ประกอบทางเคมี จุลินทรีย์ และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) สำหรับประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) สำหรับการทดลองที่ 1 และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตัวแปร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent Samples T-Test) สำหรับการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS version 23

ทั้งนี้เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านการดำเนินการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ต้องเตรียมตัวอย่างทั้งหมดและจัดส่งมายังห้องปฏิบัติการภายใน 1 วันตามที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าวิเคราะห์เริ่มต้นมีความผันแปรตามธรรมชาติ ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลการเก็บรักษาในรูปของค่าจริงร่วมกับการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลง (Rate of change, Δ Value) สำหรับตัวแปรที่มีความผันแปรในระยะเริ่มต้น ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี เนื้อสัมผัส และค่าเปอร์ออกไซด์ ซึ่งคำนวณจากผลต่างของค่าที่วิเคราะห์ได้ ณ เวลา T เทียบกับค่าเริ่มต้น เพื่อให้การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์มีความเที่ยงตรงและชัดเจนยิ่งขึ้น

ผลการวิจัย

1. ผลของกลีเซอรอลต่อคุณภาพของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากแห้งทอด

1.1 ลักษณะปรากฏ

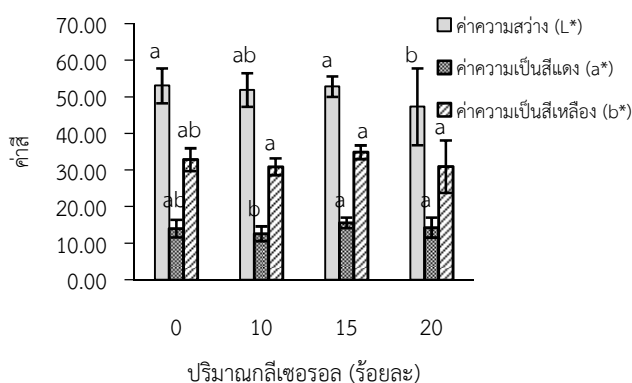
ขนมกล้วยเกลียวทองเป็นของว่างทานเล่นมีส่วนของแป้งที่เป็นส่วนเปลือกนอก มีสีเหลืองอมน้ำตาล ห่อหุ้มไส้กล้วยตากไว้ด้านใน จากการศึกษาปริมาณกลีเซอรอลในการจุ่มแช่ขึ้นกล้วยตาก ทั้งหมด 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าลักษณะปรากฏของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากแห้งทอดมีสีเข้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้กลีเซอรอลในปริมาณมากขึ้นดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากที่มีปริมาณกลีเซอรอลต่างกัน

1.2 ค่าสี

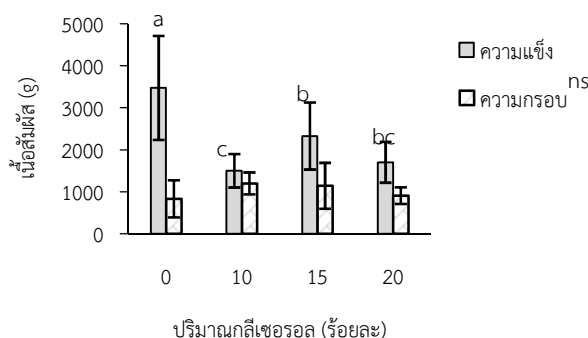
ขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากมีสีผิวเปลือกเข้มขึ้นมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง และค่า a^* เป็นบวก แสดงความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เป็นบวก แสดงความเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกันเมื่อใช้กลีเซอรอลปริมาณร้อยละ 10-20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผลที่สังเกตมีสีคล้ำเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากที่มีปริมาณกลีเซอรอลต่างกัน [^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันของแต่ละทรีตเมนต์ หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)]

1.3 เนื้อสัมผัส

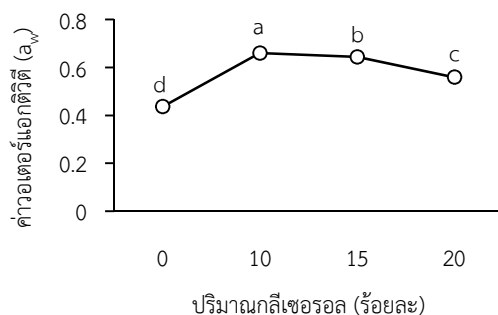
จากผลการทดลองพบว่าการใช้กลีเซอรอลจุ่มแช่ขึ้นกล้วยตากทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากมีค่าความแข็ง (Hardness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากกลีเซอรอลช่วยให้เนื้อสัมผัสของกล้วยตากมีความอ่อนนุ่ม ในขณะที่ค่าความกรอบ (Fracturability) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ใช้กลีเซอรอล ($p > 0.05$) (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 เนื้อสัมผัสของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากที่มีปริมาณกลีเซอรอลต่างกัน [^{a-c}ตัวอักษรที่ต่างกันของแต่ละทรีตเมนต์หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns} หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)]

1.4 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w)

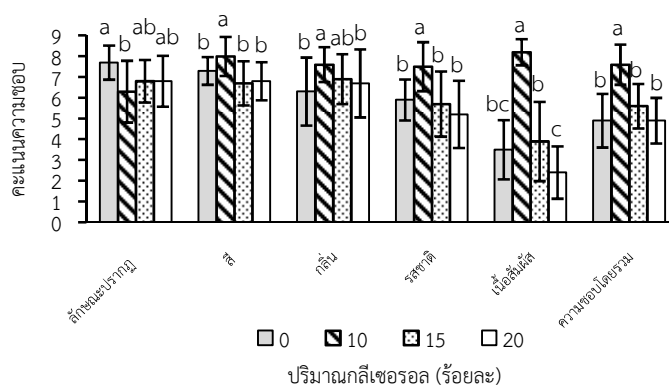
ขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.567-0.658 การใช้ปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพที่ 4) เนื่องจากกล้วยตากผ่านการทำแห้งมาแล้วจึงมีปริมาณความชื้นต่ำ ทำให้การระเหยความชื้นออกจากชั้นอาหารระหว่างการทอดเกิดขึ้นมากกว่าการใช้กลีเซอรอล



ภาพที่ 4 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากที่มีปริมาณกลีเซอรอลต่างกัน [^{a-d}ตัวอักษรที่ต่างกันของแต่ละทรีตเมนต์หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)]

1.5 คะแนนความชอบ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากด้วยวิธี 9 point hedonic scale พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมีคะแนนลดลงเมื่อใช้ปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นจากคะแนนความชอบปานกลางถึงชอบเล็กน้อย ($p \leq 0.05$) ในขณะที่การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรในระดับคะแนนชอบมาก ($p \leq 0.05$) ในทำนองเดียวกับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีคะแนนความชอบมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ใช้และใช้กลีเซอรอลในปริมาณร้อยละ 15 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ($p \leq 0.05$) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 คะแนนความชอบของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากที่มีปริมาณกลีเซอรอลต่างกัน^{a, b} ตัวอักษรที่ต่างกันของแต่ละทริตเมนต์หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

1.6 องค์ประกอบทางเคมี

การใช้กลีเซอรอลร้อยละ 10 น้ำหนักต่อปริมาตรเป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งลดลงและผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าปริมาณความชื้นโปรตีนไขมันเถ้าเส้นใยและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 12.13, 3.90, 7.36, 1.81, 3.65 และ 71.15 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับและมีค่าพลังงานเท่ากับ 366.40 กิโลแคลอรี (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตาก

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)
ปริมาณความชื้น	12.13±0.14
โปรตีน	3.90±0.20
ไขมัน	7.36±0.34
เถ้า	1.81±0.22
เส้นใย	3.65±1.30
คาร์โบไฮเดรต	71.15±1.88
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	366.40±3.92

2. ผลของอายุการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิดร่วมกับวัตตูดูดซับออกซิเจนต่อคุณภาพของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

2.1 ลักษณะปรากฏ

บรรจุภัณฑ์ที่ศึกษาในครั้งนี้เป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด นิยมนำมาใช้มากเพราะมีราคาไม่แพง ได้แก่ ถุงซิปล็อค เจาะหน้าต่างใส พิมพ์ลาย ตั่งได้ ด้านนอกเป็นพลาสติก PET ด้านในเคลือบด้วยพลาสติก PE ร่วมกับวัตตูดูดซับออกซิเจน (PET-PE bag/OA) และกล่องพลาสติก PP ร่วมกับวัตตูดูดซับออกซิเจน (PP box/OA) ดังภาพที่ 6



(ก) PET-PE bag/OA



(ข) PP box/OA

ภาพที่ 6 ลักษณะปรากฏของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากในบรรจุภัณฑ์แบบถุง (ก) และแบบกล่อง (ข)

2.2 ค่าสี

ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วย PET-PE bag/OA และ PP box/OA ในสัปดาห์ที่ 0-3 มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่สัปดาห์ที่ 5 และสัปดาห์ที่ 2 พบว่าการบรรจุด้วย PET-PE bag/OA และ PP box/OA มีค่า L^* และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) (ภาพที่ 7)

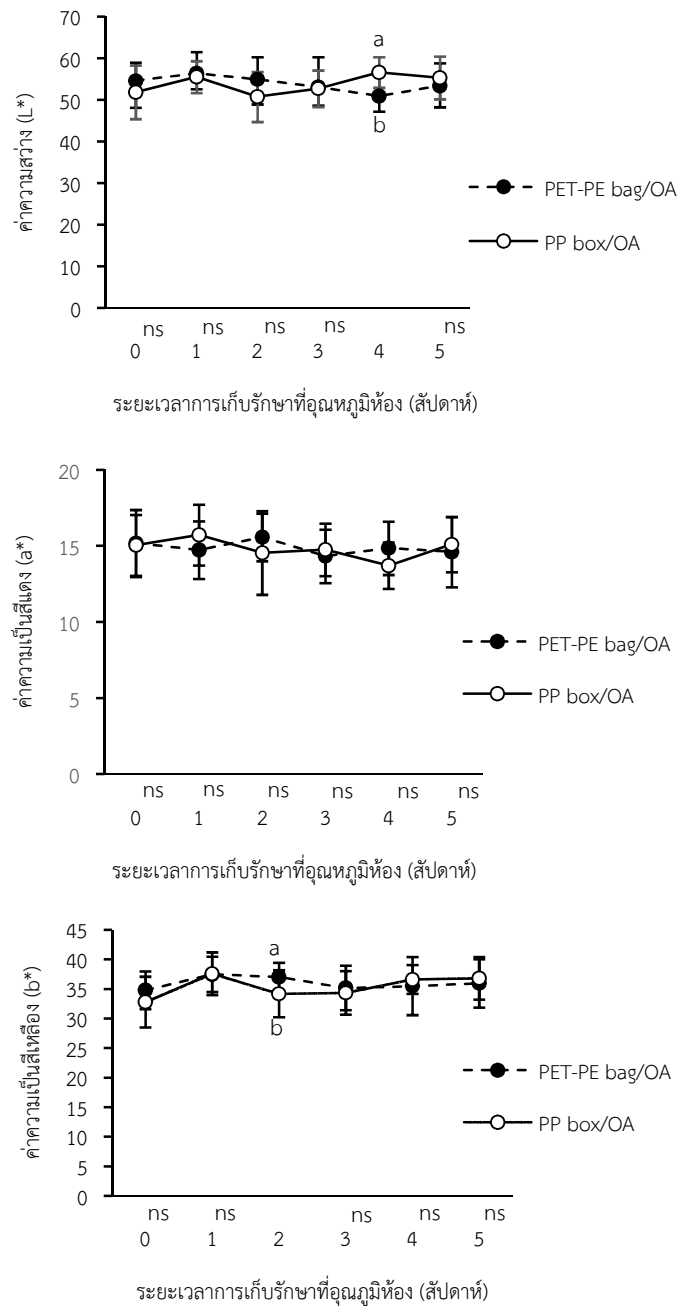
2.3 เนื้อสัมผัส

จากการวัดค่าความแข็งและค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ พบว่าแม้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุใน PP box/OA จะมีความแข็งและความกรอบสูงกว่าในระยะเริ่มต้น แต่เมื่อพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส (Δ ความแข็ง และ Δ ความกรอบ) เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์

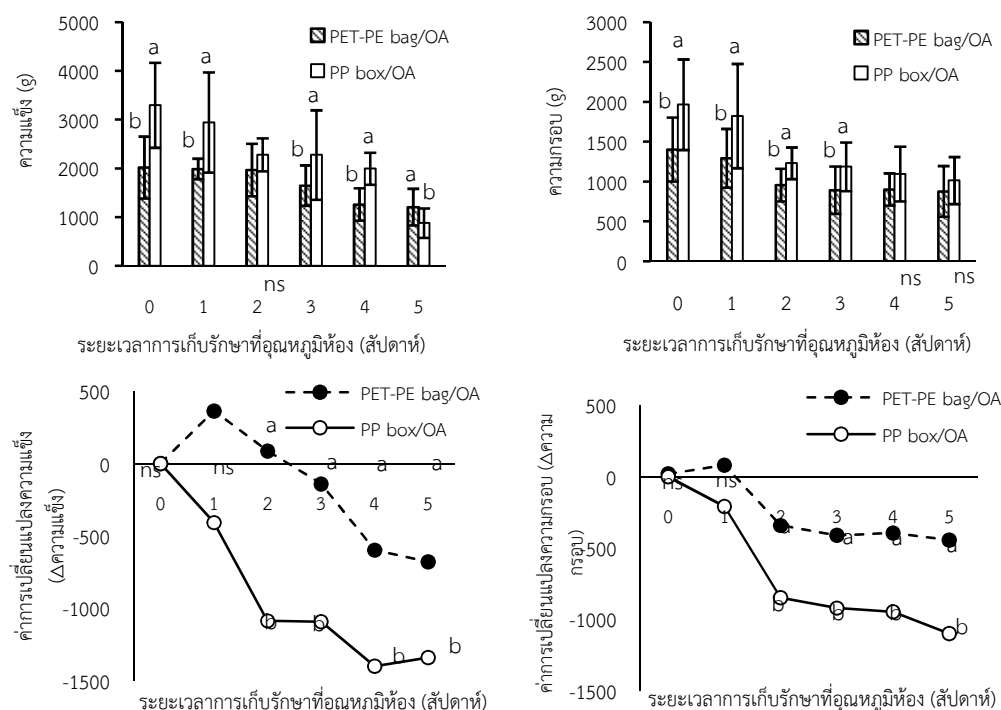
ผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีค่าเนื้อสัมผัสลดลงอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 8) อย่างไรก็ตามตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไปผลิตภัณฑ์ในกล่อง PP box/OA มีอัตราการลดลงของค่า Δ ความแข็ง และค่า Δ ความกรอบ มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับถุง PET-PE bag/OA ซึ่งบ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์ในกล่อง PP box/OA เกิดการอ่อนตัวและสูญเสียความกรอบได้รวดเร็วกว่า เนื่องมาจากประสิทธิภาพในการป้องกันความชื้นที่ต่ำกว่าของวัสดุบรรจุภัณฑ์ชนิดโพลิโพรพิลีน (PP) เมื่อเทียบกับพลาสติกชนิด PET-PE

2.4 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w)

ขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากจัดเป็นอาหารที่มีความชื้นต่ำ โดยมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 12.13 โดยน้ำหนักเปียก (ตารางที่ 1) จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ในถุง PET-PE bag/OA แม้จะมีค่า a_w เริ่มต้นสูงกว่า (0.657) แต่ค่าดังกล่าวมีความคงที่เกือบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p > 0.05$) และมีค่า Δa_w ต่ำมาก ในทางตรงกันข้ามผลิตภัณฑ์ในกล่อง PP box/OA แม้จะมีค่า a_w เริ่มต้นต่ำกว่า (0.530) แต่พบว่าค่า Δa_w เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูงขึ้นอย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 4-5 (ภาพที่ 9) ซึ่งบ่งชี้ว่าบรรจุภัณฑ์ชนิด PET-PE มีประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่ากล่อง PP ส่งผลให้สามารถรักษาความชื้นและคุณภาพเนื้อสัมผัสของขนมให้คงที่ได้ดีกว่าตลอดอายุการเก็บรักษา



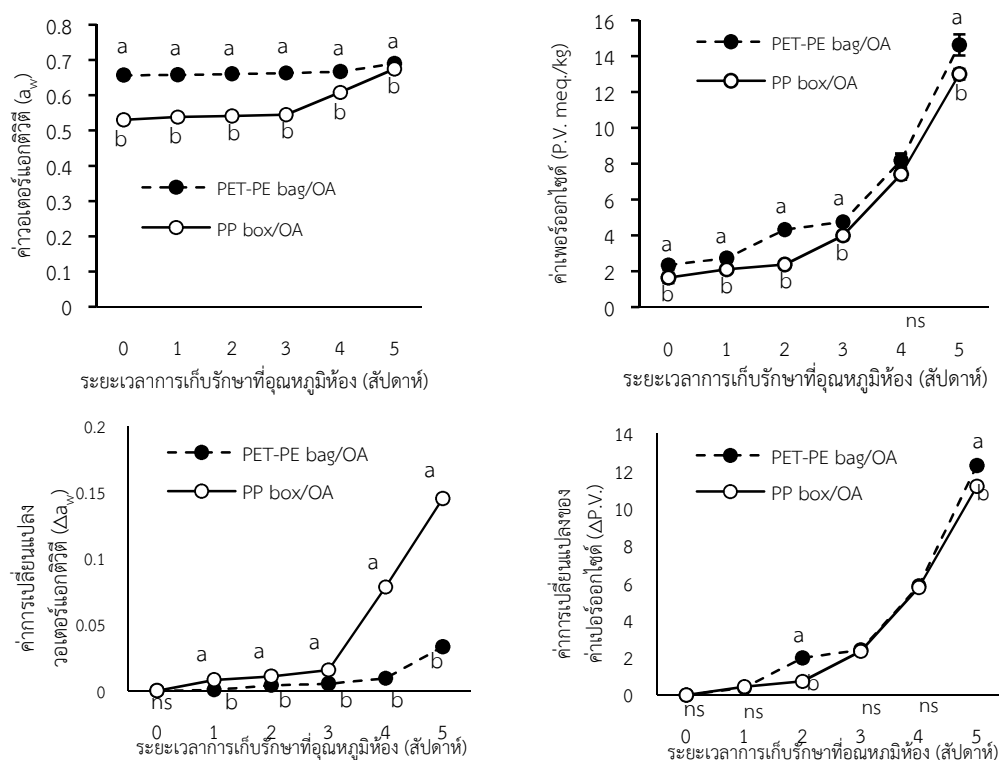
ภาพที่ 7 ค่าสี L*, a* และ b* ของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง [a-b ตัวอักษรที่ต่างกันของแต่ละทรีตเมนต์ในแต่ละสัปดาห์ที่เก็บรักษาหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)]



ภาพที่ 8 ค่าเนื้อสัมผัสและค่าการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของขมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง [^{a,b}ตัวอักษรที่ต่างกันของแต่ละทรีตเมนต์ในแต่ละสัปดาห์ที่เก็บรักษาหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns}หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)]

2.5 ค่าเพอร์ออกไซด์

ค่าเพอร์ออกไซด์ (P.V.) แสดงถึงการหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยสารเพอร์ออกไซด์จะเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันอย่างช้าๆระหว่างการเก็บรักษา ปัจจัยที่ทำให้เกิดการหืนได้เร็ว นอกจากการสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศแล้วยังมีความร้อนและแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกด้วย [17] ผลการทดลองพบว่าขมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากที่บรรจุด้วย PET-PE bag/OA และ PP box/OA มีค่า P.V. เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 9) เมื่อพิจารณาค่า Δ P.V. พบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 2-3 บรรจุภัณฑ์ PP box/OA มีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าเพอร์ออกไซด์ต่ำกว่า PET-PE bag/OA อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีความทึบแสงจะช่วยลดผลของแสงที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่า อย่างไรก็ตามในสัปดาห์ที่ 5 ผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีค่า P.V. สูงเกิน 10 มิลลิสมมูลต่อกรัมหรือ mEq/kg ซึ่งเป็นระดับที่ผู้บริโภคเริ่มรับรู้ถึงกลิ่นหืนได้



ภาพที่ 9 ค่า a_w , Δa_w , P.V. และ $\Delta P.V.$ ของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง [a-b ตัวอักษรที่ต่างกันของแต่ละพริตเมนต์ในแต่ละสัปดาห์ที่เก็บรักษาหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)]

2.6 จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

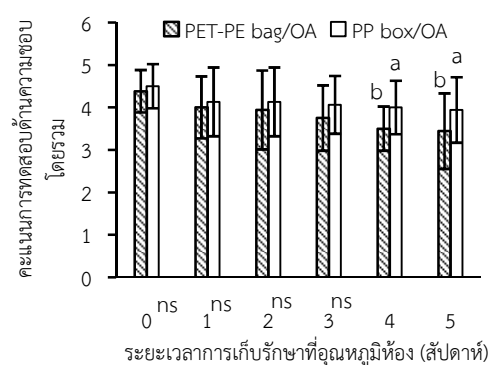
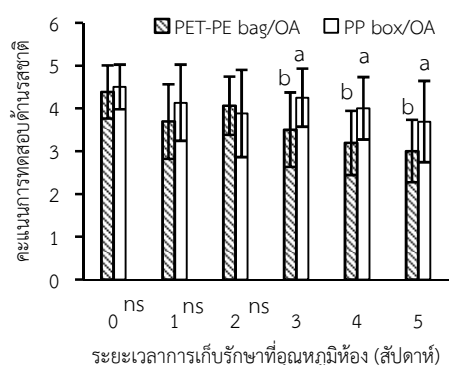
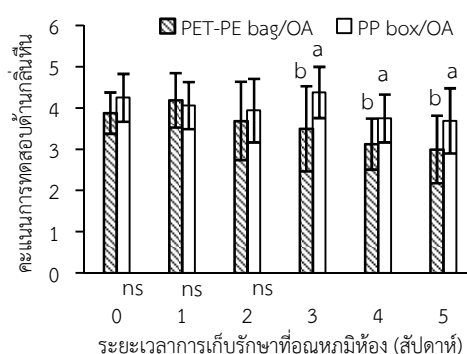
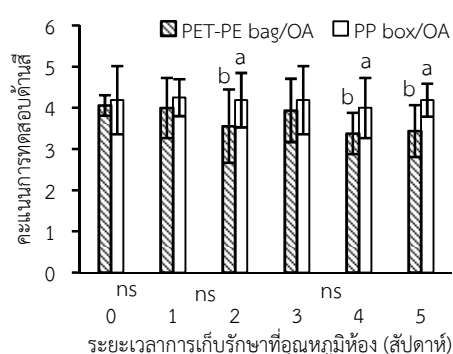
จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตาก พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของขนมปั้นสืบทอด กำหนดว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม หรือ CFU/g และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม [19] จึงถือว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วย PET-PE bag/OA และ PP box/OA มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

2.7 คะแนนความชอบ

ผลการประเมินพบว่าในช่วง 3 สัปดาห์แรก คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในระดับชอบมาก อย่างไรก็ตามตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป ผลิตภัณฑ์ในกล่อง PP box/OA ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นหืน (4.38 คะแนน) และรสชาติ (4.25 คะแนน) สูงกว่าผลิตภัณฑ์ในถุง PET-PE bag/OA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 10 ซึ่งสอดคล้องกับค่าเพอร์ออกไซด์ที่ต่ำกว่า (ภาพที่ 9)

ตารางที่ 2 จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของขนมกล้วยเกลียวทองใส่กล้วยตากในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	PET-PE bag/OA		PP box/OA	
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ยีสต์และรา (CFU/g)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ยีสต์และรา (CFU/g)
0	<10	ND	<10	ND
1	<10	ND	<10	ND
2	52.67	ND	56.00	ND
3	1.14×10^2	ND	98.00	ND
4	2.43×10^2	1.67	2.27×10^2	ND
5	3.67×10^3	10.33	3.30×10^3	10.33



ภาพที่ 10 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมกล้วยเกลียวทองใส่กล้วยตากในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง [^{a-b}ตัวอักษรที่ต่างกันของแต่ละทรีตเมนต์ในแต่ละสัปดาห์ที่เก็บรักษาหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns} หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)]

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการปรับปรุงคุณภาพของไส้กล้วยตาก โดยการจุ่มแช่ขึ้นกล้วยตากลงในสารละลายกลีเซอรอลร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ก่อนนำไปพันด้วยแป้งโดให้เป็นเกลียวแล้วทอดแบบน้ำมันท่วม จนแป้งสุกมีสีเหลืองอมน้ำตาล ผลการทดลองพบว่าคุณภาพขนมกล้วยเกลียวของไส้กล้วยตากหลังการทอด มีค่าสีของแป้งส่วนเปลือกนอกที่หุ้มตัวไส้ แสดงค่าสี L^* มีความสว่างลดลง ค่า a^* เป็นบวกแสดงความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อใช้กลีเซอรอลเพิ่มขึ้นร้อยละ 10-20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีขององค์ประกอบของขนมที่มีแป้งและน้ำตาลซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดภายใต้ความร้อนสูงจากกระบวนการทอดซึ่งจะให้สีเหลืองอมน้ำตาล อย่างไรก็ตามด้วยคุณสมบัติของกลีเซอรอลที่เป็นสารให้ความหวาน มีค่าความหวานสัมพัทธ์เท่ากับ 55-70 เมื่อเทียบกับน้ำตาลทราย มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นพอลิออล (Polyol) ของน้ำตาลแอลกอฮอล์ จึงไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด [20] ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าการใช้กลีเซอรอลปริมาณมากขึ้นทำให้ขึ้นกล้วยตากก่อนทอดมีความชื้นสูง จึงต้องใช้ระยะเวลานานในการทอดผลิตภัณฑ์เพื่อระเหยน้ำจนกว่าผลิตภัณฑ์จะสุกกรอบ ในทำนองเดียวกับ ทักซิมา และคณะ [21] รายงานว่าการทอดกล้วยน้ำว้าสุกแผ่นทอดกรอบที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลาในการทอดนานมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำไหม้ มีค่า L^* ลดลงและมุมของสี (h°) ลดลง ในขณะที่ค่า a^* มีค่าสูงขึ้น สำหรับเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ใช้กลีเซอรอลมีความแข็งมาก และค่าความกรอบน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอล การใช้กลีเซอรอลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งลดลง ($p < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 10 ค่าความแข็งลดลงต่ำสุดเนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่น (Plasticizer) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและมีหมู่ไฮดรอกซิลสูง จึงสามารถแทรกตัวเข้าไปในบริเวณออสเทนฐานของพอลิเมอร์หลักในส่วนผสม เช่น พอลิแซ็กคาไรด์ในแป้งและโปรตีน กลไกนี้ทำให้เกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนแข่งขันกับพันธะระหว่างโซ่พอลิเมอร์เดิม ส่งผลให้เพิ่มระยะห่างและเพิ่มการเคลื่อนที่ของสายโซ่พอลิเมอร์ซึ่งทำให้อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature; T_g) ของส่วนผสมลดลง [22] ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่าความแข็งของขนมกล้วยเกลียวของไส้กล้วยตากอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลเป็นร้อยละ 15 และ 20 ค่าความแข็งกลับเพิ่มสูงขึ้นแม้จะยังคงต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ใช้กลีเซอรอล อาจเกิดจากการต้านทานการเพิ่มความยืดหยุ่น (Anti-plasticization) โดยกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นเกินจุดเหมาะสมจะเริ่มรวมตัวกันและสร้างอันตรกิริยาที่จำกัดการเคลื่อนที่ของสายโซ่พอลิเมอร์หลัก ทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นเฉพาะที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่า T_g เพิ่มขึ้นจากจุดต่ำสุด [22] และนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 10 ส่วนค่าความกรอบพบว่าการใช้กลีเซอรอลทำให้ค่าความกรอบเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การใช้กลีเซอรอลในช่วงร้อยละ 10 ถึง 15 ทำให้ค่า a_w สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ค่า a_w เท่ากับ 0.66 และ 0.644 ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่ร้อยละ 10 อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 20 ค่า a_w กลับลดลงต่ำสุด (0.559) ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (0.567) อาจเป็นเพราะการแช่ขึ้นกล้วยตากที่ผ่านการทำให้แห้งมาแล้วซึ่งมีความชื้นต่ำในสารละลายกลีเซอรอลเกิดการถ่ายโอนมวลสารของน้ำและตัวถูกละลายไปยังขึ้นกล้วยตากมีอิทธิพลสูงกว่าผลของการเป็นอิมเมกแทนต์ในระยะเริ่มต้น ทำให้โมเลกุลอิสระของน้ำเพิ่มขึ้น และการแช่ขึ้นกล้วยตากในสารละลายกลีเซอรอลมีโอกาสดูดซับน้ำบางส่วนเคลือบที่ชั้นของกล้วยตากได้ ซึ่งอาจจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำในขั้นตอนการทอด ซึ่งทำให้น้ำถูกกักเก็บไว้ภายในมากขึ้นส่งผลให้ a_w สูงขึ้น ในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ Khubber et al. [4] รายงานว่าการแช่ส้มแครอทแดงในสารออสโมซิส ได้แก่ น้ำผึ้งร่วมกับกลีเซอรอลสามารถลดความแข็งและรักษาความชุ่มชื้นของแครอทแดงที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนได้ จึงกล่าวได้ว่าการจุ่มแช่ขึ้น

กล้วยตากด้วยสารละลายกลีเซอรอลสามารถปรับปรุงความอ่อนนุ่มของผลิตภัณฑ์หลังการทอด จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 point hedonic scale พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้านลักษณะปรากฏ มีคะแนนลดลงเมื่อใช้กลีเซอรอลเพิ่มขึ้น จากคะแนนความชอบปานกลางถึงชอบเล็กน้อย ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 10 น้ำหนักต่อปริมาตรในระดับคะแนนชอบมาก ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีคะแนนความชอบมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ใช้และใช้กลีเซอรอลร้อยละ 15 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ($p \leq 0.05$) เป็นเพราะผลิตภัณฑ์มีความกรอบของแป้งและมีความนุ่มของไส้กล้วยตาก ในขณะที่การใช้กลีเซอรอลปริมาณมากทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นใหม่และมีรสขมจึงมีคะแนนความชอบด้านรสชาติต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้กลีเซอรอล นอกจากนี้ผู้ทดสอบยังให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลงมากเป็นเพราะส่วนของแป้งมีความกรอบลดลงและไส้กล้วยตากมีความแข็งและเหนียว อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของกลีเซอรอลยังเป็นสารให้ความชื้นเหนียว มีความหนืดเท่ากับ 1.412 Pa.s ที่อุณหภูมิห้อง [23] เมื่อใช้ปริมาณมากทำให้สารละลายกลีเซอรอลมีความหนืดมากจึงอาจขัดขวางการถ่ายโอนมวลสารของสารละลายกลีเซอรอลเข้าสู่ชิ้นกล้วยตากเป็นไปได้น้อยกว่า ความหนืดที่สูงเกินไปของกลีเซอรอลร้อยละ 20 อาจทำให้สารละลายเคลือบอยู่เพียงที่ผิวและไม่สามารถซึมลึกเข้าสู่ภายในชิ้นกล้วยตากได้อย่างทั่วถึงดังนั้นการใช้กลีเซอรอลร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด สามารถลดค่าความแข็งทำให้ไส้กล้วยตากมีความนุ่มเพิ่มขึ้น และยังคงค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ได้ดี เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าผลิตภัณฑ์มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 12.13, 3.90, 7.36, 1.81, 3.65 และ 71.15 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ และมีค่าพลังงานเท่ากับ 366.40 กิโลแคลอรี

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของขนมกล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากโดยใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติก 2 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติก PET ด้านในเคลือบด้วยพลาสติก PE ร่วมกับวัตถุดูดซับออกซิเจน (PET-PE bag/OA) และกล่องพลาสติก PP ร่วมกับวัตถุดูดซับออกซิเจน (PP box/OA) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ติดตามคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี จุลินทรีย์ และการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 5 point hedonic scale ผลการทดลองพบว่าในระหว่างการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0-4 การบรรจุด้วย PET-PE bag/OA และ PP box/OA ผลิตภัณฑ์มีค่า L^* และ a^* ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามสัปดาห์ที่ 5 ผลิตภัณฑ์ในถุง PET-PE bag/OA มีค่า L^* ต่ำกว่า (สีคล้ำมากกว่า) เมื่อเทียบกับกล่อง PP box/OA อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดตามระยะเวลาการเก็บรักษา ในสัปดาห์ที่ 0-1 ไม่พบความแตกต่าง ($p > 0.05$) ระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดเมื่อวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส พบว่า ค่า Δ ความแข็ง ซึ่งเป็นผลต่างของค่าความแข็ง ณ เวลา T เทียบกับค่าเริ่มต้น พบว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2-5 ผลิตภัณฑ์ในกล่อง PP box/OA มีค่า Δ ความแข็ง ตีลบสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ภาพที่ 9) เมื่อเทียบกับถุง PET-PE bag/OA ซึ่งหมายความว่าผลิตภัณฑ์ในกล่อง PP box/OA อ่อนตัว (สูญเสียความแข็ง) เร็วกว่าและมากกว่าอย่างชัดเจน ส่วนค่าความกรอบลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงต้นแล้วคงที่หรือลดลงเล็กน้อยในระยะหลังของการเก็บรักษา สัปดาห์ที่ 0-1 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด สัปดาห์ที่ 2-5 กล่อง PP box/OA มีค่า Δ ความกรอบ ตีลบสูงกว่า PET-PE bag/OA อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) บ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์ในกล่อง PP box/OA สูญเสียความกรอบเร็วกว่าและมากกว่าการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสสัมพันธ์กับการดูดความชื้นหรือการซึมผ่านของไอน้ำเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ แม้ว่ากล่อง PP box/OA จะมีค่า a_w เริ่มต้นต่ำกว่าแต่ค่า Δa_w เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังสัปดาห์ที่ 3 บ่งชี้ว่าบรรจุภัณฑ์มีคุณสมบัติการกั้นไอน้ำด้อยกว่า ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูดซับความชื้นจากสิ่งแวดล้อมส่งผลให้

ผลิตภัณฑ์อ่อนตัวและสูญเสียความกรอบในสัปดาห์ที่ 4-5 ในทางตรงกันข้ามถุง PET-PE bag/OA รักษาความแข็งแรงและความกรอบได้ดีกว่าตลอด 5 สัปดาห์ โดยมีค่า Δa_w ต่ำและคงที่ บ่งชี้ว่าบรรจุภัณฑ์มีประสิทธิภาพในการกั้นไอน้ำสูงกว่า ทำให้ความชื้นภายในผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จึงคงรักษาเนื้อสัมผัสไว้ได้ดีกว่า แม้ว่า a_w เริ่มต้นจะสูงกว่า ส่วนการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (P.V.) แม้ว่าถุง PET-PE bag/OA จะรักษาเนื้อสัมผัสได้ดีกว่า แต่กล่อง PP box/OA กลับชะลอการเกิดปฏิกิริยาหืนเบื้องต้นได้ดีกว่า โดยมีค่า P.V. และ $\Delta P.V.$ ต่ำกว่า เนื่องจากถุง PET-PE bag/OA เป็นถุงใสที่ยอมให้แสงผ่านได้ง่าย ซึ่งแสงทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่งผลให้ค่า P.V. เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแม้จะใช้สารดูดซับออกซิเจนร่วมด้วย ในขณะที่กล่อง PP box/OA มีความทึบแสงช่วยป้องกันการเร่งปฏิกิริยาจากแสงได้ดีกว่า ทำให้สารดูดซับออกซิเจนทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ทั้งสองมีค่า P.V. สูงเกิน 10 mEq/kg ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 (14.64 และ 13.01 mEq/kg ตามลำดับ) บ่งชี้การหืนอย่างมีนัยสำคัญ [17] ซึ่งเป็นระดับที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้กลิ่นหืนได้แม้จะยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของขนมปังสับทอด (มผช. 751/2548) ที่กำหนดให้มีค่า P.V. ต้องไม่เกิน 30 mEq/kg [19] ผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีความปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ของขนมปังสับทอดตลอด 5 สัปดาห์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 (3.67×10^3 และ 3.30×10^3 CFU/g) ไม่เกินเกณฑ์ ($\leq 1 \times 10^4$ CFU/g) ส่วนยีสต์และราที่มีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 (10.33 CFU/g) ไม่เกินเกณฑ์ (≤ 100 CFU/g) ในสัปดาห์ที่ 0-3 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำมาก (< 10 ถึง 1.14×10^2 CFU/g) และไม่พบยีสต์/ราเนื่องจากค่า a_w เริ่มต้นต่ำ (0.51-0.67) ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะต่อการเจริญของแบคทีเรียและเชื้อรา/ยีสต์ขณะที่สัปดาห์ที่ 4-5 ยีสต์และราเริ่มตรวจพบได้ในถุง PET-PE bag/OA สัปดาห์ที่ 4 (1.67 CFU/g) และพบในทั้งสองบรรจุภัณฑ์ที่สัปดาห์ที่ 5 (10.33 CFU/g) การเพิ่มขึ้นนี้สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่า a_w โดยเฉพาะในกล่อง PP box/OA ที่ค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากการซึมผ่านของไอน้ำเมื่อความชื้นสูงขึ้น (> 0.65 -0.70) เป็นปัจจัยส่งเสริมให้ยีสต์และราซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ทนทานต่อสภาวะ a_w ต่ำ (Xerotolerant) และเป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียในอาหารแห้ง ($a_w < 0.85$) สามารถเจริญได้ [24] การประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าสัปดาห์ที่ 0-3 คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (มีคะแนนในระดับชอบมาก) แม้ว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 คะแนนด้านกลิ่นหืนจะเริ่มแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยกล่อง PP box/OA ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นหืน (4.38 คะแนน) และรสชาติ (4.25 คะแนน) อยู่ในระดับชอบมากสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป คะแนนความชอบด้านกลิ่นหืนและรสชาติของผลิตภัณฑ์ในถุง PET-PE bag/OA ลดลงอย่างรวดเร็วสอดคล้องกับค่า P.V. ที่สูงกว่าแสดงให้เห็นว่ากลิ่นหืนกลายเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับของผู้บริโภค [25] แม้ว่าถุง PET-PE bag/OA จะรักษาความกรอบได้ดีกว่าแต่กลิ่นหืนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเมื่อนำไปพิจารณาร่วมกับการวัดด้วยเครื่องมือ พบว่าค่า Δ ความกรอบและค่า Δ ความแข็งแรง มีความสอดคล้องกับแนวโน้มของคะแนนความชอบโดยรวมและคะแนนรสชาติในทิศทางเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดพบว่าถุง PET-PE bag/OA มีประสิทธิภาพการกั้นไอน้ำสูง (ค่า Δa_w ต่ำและคงที่) จึงรักษาความแข็งแรงและความกรอบได้ดีตลอด 5 สัปดาห์ แต่เป็นถุงใสที่ยอมให้แสงผ่านทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วกว่า ส่งผลให้ค่า P.V. สูงกว่า ในทางตรงกันข้ามกล่อง PP box/OA มีความทึบแสงจึงป้องกันการหืนได้ดีกว่า (ค่า P.V. ต่ำกว่า) แต่มีคุณสมบัติการกั้นไอน้ำต่ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียความกรอบอย่างรวดเร็วหลังสัปดาห์ที่ 3 ดังนั้นความชื้นจึงเป็นปัญหาหลักของกล่อง PP box/OA ที่ส่งผลกระทบต่อเนื้อสัมผัสอย่างรวดเร็ว ในขณะที่แสงเป็นปัญหาหลักของถุง PET-PE bag/OA ที่ส่งผลกระทบต่อเกิดการเกิดปฏิกิริยาหืน จากผลการศึกษาถุง PET-PE bag/OA เป็นบรรจุภัณฑ์ที่แนะนำสำหรับ

ผลิตภัณฑ์กล้วยเกลียวทองไส้กล้วยตากนี้โดยมีเหตุผลสำคัญ 3 ประการ คือ รักษาเนื้อสัมผัสได้ดีที่สุดซึ่งความกรอบและความแข็งเป็นปัจจัยสำคัญที่ผู้บริโภคคาดหวังในขนมทอด มีคุณสมบัติการกันไอน้ำได้ดีจึงป้องกันการดูดซับความชื้น และในช่วง 3 สัปดาห์แรกคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแสดงว่าข้อดีด้านความกรอบชดเชยข้อเสียด้านกลิ่นหืนที่เริ่มปรากฏได้ อายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมคือ 3 สัปดาห์เนื่องจากคุณภาพโดยรวมเริ่มเสื่อมลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากนั้น โดยค่า P.V. เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นหืนและรสชาติลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ปลอดภัยที่สุดในการรักษาคุณภาพรสชาติและกลิ่นหอมก่อนที่การหืนจะรุนแรงเกินไป อย่างไรก็ตามเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้เกิน 3 สัปดาห์โดยยังคงคุณภาพที่ดีนั้น ควรแก้ไขปัญหาการหืนโดยเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติทั้งสองด้าน เช่น ฟิล์มอลูมิเนียมเคลือบ (Aluminum foil laminate) แทน PET ใสเพื่อกันแสงร่วมกับชั้น PE ด้านในที่รักษาคุณสมบัติการกันไอน้ำไว้ บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดจึงควรมีคุณสมบัติทั้งการกันไอน้ำและการกันแสงที่ดีพร้อมกันเพื่อรักษาทั้งเนื้อสัมผัสและป้องกันการหืน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนภายใต้โครงการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ยั่งยืนสู่แพลตฟอร์มออนไลน์ ประจำปีงบประมาณ 2567 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มผลิตภัณฑ์กล้วยเกลียวทอง ตำบลเบญจขจร อำเภอลำลูกกา จังหวัดสระแก้ว และคณะเทคโนโลยีการเกษตรที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย

References

- [1] Food and Drug Administration. (2566). *Announcement of the Ministry of Public Health (No. 444) B.E. 2566 Re: Prescribing the principle, conditions, methods and proportion of food additives (No. 3)*. Available from <https://food.fda.moph.go.th/food-law/announ-moph-444>. Accessed date: 27 March 2567. (in Thai)
- [2] Roskhrua, P., & Kitchaicharoen, M. (2020). Effect of Sugar, Citric Acid and Pectin Content on Quality of Mulberry Fruit Leather Product. *RMUTP Research Journal Science and Technology*, 14(1), 58-69. (in Thai)
- [3] Mahayothee, B., et al. (2009). Effects of Pretreatments on Colour Alterations of Litchi During Drying and Storage. *European Food Research and Technology*, 229(3), 329-337.
- [4] Khubber, S., et al. (2020). Non-Conventional Osmotic Solutes (Honey and Glycerol) Improve Mass Transfer and Extend Shelf Life of Hot-Air Dried Red Carrots: Kinetics, Quality, Bioactivity, Microstructure, and Storage Stability. *LWT—Food Science and Technology*, 131, 109764.
- [5] Yu, L., et al. (2016). Effect of Guar Gum With Glycerol Coating on the Properties and Oil Absorption of Fried Potato Chips. *Food Hydrocolloids*, 54, 211-219.
- [6] Sorapukdee, S., et al. (2016). Effects of Humectant and Roasting on Physicochemical and Sensory Properties of Jerky Made From Spent Hen Meat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(3), 326-334.

- [7] Phomajun, P., & Kijroongrojana, K. (2005). Water Activity Reduction of Intermediate Moisture Yellowstrip Trevally (*Selaroides leptolepis*). *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27(3), 618-631. (in Thai)
- [8] Cichello, S. A. (2015). Oxygen Absorbers in Food Preservation: A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 1889-1895.
- [9] Gupta, P. (2024). Role of Oxygen Absorbers in Food as Packaging Material, Their Characterization and Applications. *Journal of Food Science and Technology*, 61(2), 241-252.
- [10] Food and Drug Administration. (2005). Announcement of the Food and Drug Administration Re: Specification of Qualities or Standards for Food Additives Used to Maintain Food Qualities. Available from <https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2548/00167973>. Accessed date: 27 March 2024. (in Thai)
- [11] Da Costa Monção, E., et al. (2022). Active Packaging for Lipid Foods and Development Challenges for Marketing. *Food Bioscience*, 45, 101370.
- [12] Siriwong, N., et al. (2012). Development of Active Modified Atmosphere Packaging Systems for Traditional Thai Fried Banana Snacks. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 5(4), 291-298.
- [13] Nanasombat, S. (1991). *Spoilage of Sun-Dried Banana and Its Storage Under Controlled Relative Humidity* (Master thesis, Kasetsart University). (in Thai)
- [14] Rittilert, P. (2024). *Fruit and Vegetable Technology*. Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage. (in Thai)
- [15] Thai Industrial Standards Institute. (2003). *Thai Community Product Standard of Dried Banana (TCPS 112/2003)*. Available from [http://lib3.dss.go.th/fulltext/techno_file/CF64/CF64\(D1\).pdf](http://lib3.dss.go.th/fulltext/techno_file/CF64/CF64(D1).pdf). Accessed date: 27 March 2024. (in Thai)
- [16] Association of Official Analytical Chemists. (2000). *Official Methods of Analysis* (17th ed.). AOAC International.
- [17] Rattanapanone, N. (2011). *Principles of Food Analysis*. Odeon Store Publisher. (in Thai)
- [18] Food and Drug Administration. (2001). *Bacteriological Analytical Manual*. U.S. Food and Drug Administration.
- [19] Thai Industrial Standards Institute. (2005). *Thai Community Product Standard of Thai Fried Dumplings (Pun Sib) (TCPS 751/2005)*. Available from https://fic.nfi.or.th/law/upload/file1/TH_1416.pdf. Accessed date: 20 March 2024. (in Thai)
- [20] Karl, T. F. (2017). *The Technology of Wafers and Waffles: Operational Aspects*. Academic Press.
- [21] Intharamanee, T., et al. (2017). Effect of Frying Conditions on Physical and Chemical Properties of Deep Fried Ripe Banana (*Musa sapientum* L. cv. Namwa) Crisps. In *The National and International Graduate Research Conference* (p.558-569). 10 March,

2017, Khon Kaen, Thailand. (in Thai)

- [22] Ghasemlou, M., et al. (2011). Physical, Mechanical, Barrier, and Thermal Properties of Polyol-Plasticized Biodegradable Edible Film Made From Kefiran. *Carbohydrate Polymers*, 84(1), 477-483.
- [23] Azelee, N. L. W., et al. (2019). Glycerol in Food, Cosmetics and Pharmaceutical Industries: Basics and New Applications. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8(12), 553-558.
- [24] Jay, J. M., et al. (2005). *Modern Food Microbiology* (7th ed.). Springer Science & Business Media.
- [25] Choe, E., & Min, D. B. (2006). Chemistry and Reactions of Reactive Oxygen Species in Food. *Journal of Food Science*, 70(9), R142-R159.