
ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ

และคุณภาพทางจุลินทรีย์ของขนมหน้าवल

นพมาศ พูลเจริญศิลป์¹, นริศรา อุทัย², นัฐนันท์ ทวีรัตน์ธนนท์³, รชรัตน์ แยมพวง⁴, ณัฐพร สุบรรณมณี⁵, ธัชชาจริย์ มาลา⁶
และ ศศิรัักษ์ คลังวิจิตร^{7*}

**Effect of Storage Time on Chemical, Physical and Microorganism Quality
of Kanom Nah Nuan**

Noppamas Poolcharoensil¹, Narissara Uthai², Nuttanun Thawerattanon³, Racharat Yampuang⁴,
Natthaporn Subanmanee⁵, Thatchajaree Mala⁶ and Sasiluk Klungvijit^{7*}

¹⁻⁷ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

¹⁻⁷Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology
Krungthep

* Corresponding author. E-mail address: sasiruk.k@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาขนมหน้าवलที่บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 °C) เป็นเวลา 30 วัน วิเคราะห์คุณลักษณะของขนมหน้าवलทุก 7 วัน ในด้านองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางกายภาพและปริมาณจุลินทรีย์ ผลการทดลองพบว่าตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาขนมหน้าवल องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ และกรดไฮโอบาบิฟูริก มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ขนมหน้าवलมีค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความแตกต่างของสีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง ในขณะที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาขนมหน้าवल มีค่าไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม ปริมาณยีสต์และรา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยแล้วไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราของขนมหน้าवलตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมไทย (มพช.1/2546)

คำสำคัญ: ขนมหน้าवल, ระยะเวลาการเก็บรักษา, กรดไฮโอบาบิฟูริก

ABSTRACT

The effect of storage time on Kanom Nah Nuan, traditional Thai dessert, was investigated were kept in polypropylene bags and then stored at room temperature ($30\pm 5^{\circ}\text{C}$) for 30 days. The Kanom Nah Nuan was analyzed every 7 days in chemical compositions, physical properties and levels of microorganisms during storage time. The results indicated that the chemical compositions including protein, fat, ash, crude fiber and carbohydrate were not significantly different ($p>0.05$). However, moisture content, water activity and Thiobarbituric acid were increased when increasing storage time. Especially when the Kanom Nah Nuan was kept for 15 days, the hardness was significantly decreased ($p<0.05$). The increasing of storage time effected on lightness, redness and Delta E (ΔE) which were significantly different ($p<0.05$), however it was not effected on yellowness. Microorganisms analysis were analyzed. Total plate count was increased within 1×10^4 CFU/g throughout the storage time (30 days), yeast and mold were slightly increased after comparing with the average. Thus throughout the storage time (30 days), the amounts of total plate count, yeast and mold remained within criterion product quality conform the standards of local product (Thai Dessert) (No.1/2003).

Keywords : Kanom Nah Nuan, Storage time, Thiobarbituric acid

บทนำ

จากนโยบายของภาครัฐที่จะส่งเสริมด้านอุตสาหกรรมอาหาร ภายใต้แนวทางที่จะส่งเสริมให้ประเทศไทยเป็นครัวของโลก อาหารไทยจึงเป็นที่รู้จักในกลุ่มคนที่กว้างขวาง โดยเฉพาะขนมไทยมีความสวยงามเป็นเอกลักษณ์ วิธีการทำที่ละเอียดลออ ความประณีตบรรจงของขนมไทยในแต่ละตำรับ สามารถเป็นสิ่งแสดงถึงขนบธรรมเนียมและวัฒนธรรมอันทรงคุณค่าสำหรับประเทศ จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องเก็บรักษาให้คงอยู่กับคนไทย (ศศิรักษ์ คลังวิจิตร, นพมาศ พูลเจริญศิลป์ และเพ็ญพร ประมวลสุข, 2554)

ขนมหน้านวลหรืออีกชื่อหนึ่งคือขนมทองโปร่ง เป็นขนมไทยโบราณ จัดเป็นขนมมงคลชนิดหนึ่งในตระกูลทอง มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แป้งสาลีเอนกประสงค์ ไข่แดง และน้ำตาล ลักษณะที่ดีคือต้องมีสีเหลืองนวล ผิวหน้าเรียบ ด้านนอกกรอบ ด้านในมีความโปร่งมีน้ำเชื่อมเล็กน้อย มีฟองอากาศของน้ำตาลสีเหลืองอมส้ม ขนมเมื่อสุกนำออกจากพิมพ์ ลักษณะจะคล้ายก้อนทอง (ทองแห้ง) (สุภรณ์ พจนมณี, 2546) เมื่อรับประทานน้ำตาลจะเยิ้มออกมาคล้ายขนมไม่สุกติดอยู่ ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของขนมหน้านวล ขนมประเภทนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานมงคลและเป็นของฝาก

อย่างไรก็ตามขนมหน้านวล ที่ภายนอกมีลักษณะแห้งกรอบ แต่ภายในโพรงของขนมมีความชื้นของน้ำตาลคงเหลืออยู่ด้วย ทำให้เกิดการถ่ายเทความชื้นระหว่างภายในและภายนอกในระหว่างการเก็บรักษา และบรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นพลาสติกใสที่สามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ข้างใน แต่ข้อเสียของถุงพลาสติกคือไม่สามารถป้องกันความชื้นและออกซิเจนได้ดี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารได้ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมหน้านวลในระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทางกายภาพ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงด้านจุลินทรีย์ งานวิจัยนี้

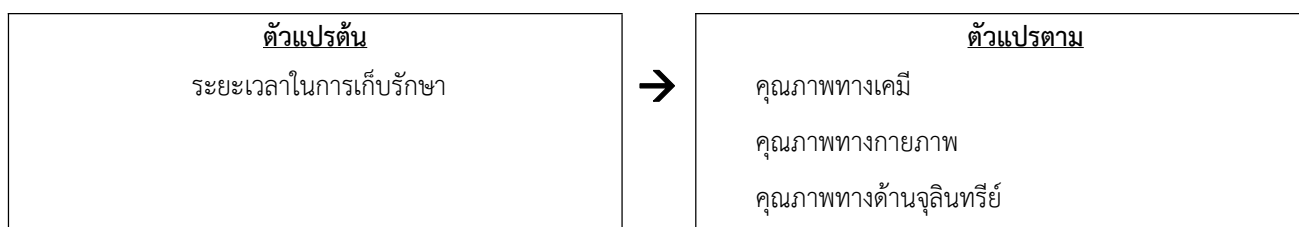
จึงทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษา สามารถนำไปพัฒนากระบวนการผลิตและจัดจำหน่ายขนมหน้าवल และยังเป็นแนวทางในการพัฒนาขนมไทยชนิดอื่น ที่มีลักษณะใกล้เคียงต่อไปได้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของขนมหน้าवल

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของของขนมหน้าवलในระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยนำมากำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยประกอบด้วย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีการศึกษา/วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของขนมหน้าवल โดยมีรายละเอียดขั้นตอนและวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

วัตถุดิบ

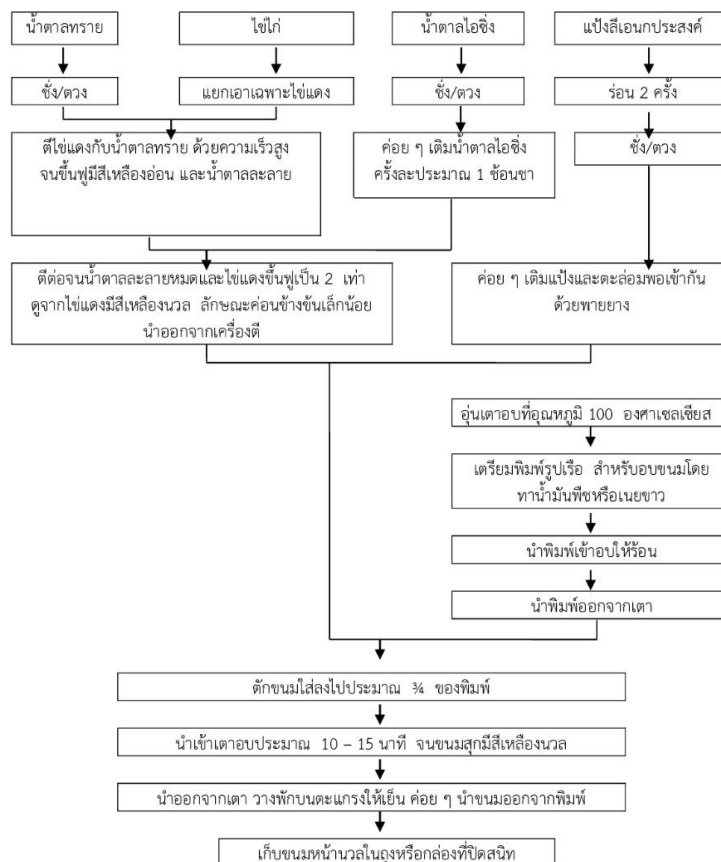
แป้งสาลีเนกประสงค์ ทรายขาว ไข่ไก่ ทรายซีพี น้ำตาลไอซิ่ง น้ำตาลทรายป่น ทรายมิตรผล เนยขาว ทรายออร์คิด สำหรับทาพิมพ์ เตรียมส่วนผสมทั้งหมดด้วยวิธีการชั่งตวง ปริมาณส่วนผสมของขนมหน้าवलแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมขนมหน้าवल

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ
แป้งสาลีเนกประสงค์	25	5.15
ไข่แดง (ไข่ไก่)	160	32.99
น้ำตาลไอซิ่ง	200	41.24
น้ำตาลทรายป่น	100	20.62

การเตรียมขมหน่านวล

วิธีการทำขมหน่านวล เริ่มจากตีไข่แดงกับน้ำตาลทราย ด้วยเครื่องปั่นผสมใช้ความเร็วสูง จนขึ้นฟูมีสีเหลืองอ่อน และน้ำตาลละลายจนหมดใช้เวลาประมาณ 3 นาที จากนั้นเติมน้ำตาลไอซิ่งครึ่งละ 1 ช้อนชา ตีต่อจนน้ำตาลละลายหมดและไข่แดงขึ้นฟูเป็น 2 เท่า สังเกตจากไข่แดงมีสีเหลืองนวล ลักษณะค่อนข้างข้นเล็กน้อย นำออกจากเครื่องตี ค่อย ๆ เติมแบ่งสาธิตเนกประสงค์ (ที่ผ่านการร่อน 2 ครั้ง) และตะล่อมพอเข้ากันด้วยพายยาง (ไม่ควรคนส่วนผสมนานเกินไปเพราะจะทำให้เนื้อขมหน่านวลแน่น) อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 10-15 นาที จนขมหน่านวลมีสีเหลืองนวล โดยกรรมวิธีการผลิตขมหน่านวลแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรรมวิธีการผลิตขมหน่านวล

ศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาขมหน่านวล

บรรจุผลิตภัณฑ์ขมหน่านวล ในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีน (Polypropylene: PP) ซึ่งมีความใส แข็ง เหนียว คงรูปได้ดี มีคุณสมบัติสามารถป้องกันการผ่านของอากาศได้ดี ป้องกันการผ่านของออกซิเจนได้ดี (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนพานนท์, 2565) และปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน วิเคราะห์คุณลักษณะของขมหน่านวลทุก ๆ 7 วัน เพื่อนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate composition) ได้แก่

ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (2000) ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity: a_w) ด้วยเครื่อง Water Activity Meter รุ่น Aqualab 4TE (USA) และกรดไธโอบาพิทริก (Thiobarbituric acid, TBA) ดัดแปลงจาก AOCS (1997)

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT plus (Stable Microsystems Ltd.; West Sussex, UK) วัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ (Hardness) ใช้หัววัดแบบ Cylinder probe P/100 กดลงบนตัวอย่างร้อยละ 50 ของความสูงเริ่มต้น อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดก่อนการทดสอบ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ขณะทำการทดสอบเท่ากับ 3 มิลลิเมตรต่อวินาที และอัตราเร็วหลังการทดสอบเท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยแต่ละสิ่งทดลองจะวัดซ้ำ 10 ตัวอย่าง รายงานเป็นค่าเฉลี่ยการวัด และวัดค่าสี ด้วยเครื่อง Color Meter รุ่น Hunter Color Quest (USA) ในระบบสี CIE LAB วัดค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ดังสมการที่ 1 (Mokrzycki, W and Tatol, M., 2011) ดังนี้

$$\Delta E_{Lab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

โดย

$0 < \Delta E^* < 1$ คือ สีไม่มีความแตกต่างกัน

$1 < \Delta E^* < 2$ คือ สีมีความแตกต่างกันน้อย สังเกตเห็นได้โดยผู้มีประสบการณ์หรือมีความเชี่ยวชาญในการเทียบสี

$2 < \Delta E^* < 3.5$ คือ สีมีความแตกต่างกันพอสมควร สังเกตเห็นได้โดยคนทั่ว ๆ ไป

$3.5 < \Delta E^* < 5$ คือ สีมีความแตกต่างกันชัดเจน

$5 < \Delta E^*$ คือ สีมีความแตกต่างกันอย่างมาก

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) และจำนวนยีสต์และรา (Yeast and Mold) ตามวิธี AOAC (2000) ข้อมูลที่ได้นำมาเปรียบเทียบคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนมไทย (มผช.1/2546) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546) และผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกันคือคุกกี้ (มผช.118/2555) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2555)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ใช้วิธีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา

ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางเคมีของขนมหน้านวล

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่า ขนมหน้านวล มีค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบและคาร์โบไฮเดรต คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง อยู่ในช่วง 8.69-8.75, 10.31-10.34, 0.39-0.41, 0.67-0.69 และ 79.85-79.89 ตามลำดับ จากการทดสอบทางสถิติ พบว่า ค่าองค์ประกอบทางเคมีของขนมหน้านวลตลอดช่วงเวลาในการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร และกรดไธโอบาพิทริก มีค่า

เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 22 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 4.22 เป็นร้อยละ 4.73 และค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.32 เป็น 0.43 และค่ากรดไฮโอบาพิทริก มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.05 เป็น 0.21 มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์/กิโลกรัม โดยมีการเปลี่ยนแปลงอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของขนมหน้าवल

คุณภาพทางเคมี	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	1	8	15	22	30
โปรตีน ^{ns} (กรัม/100 กรัม)	8.74±0.03	8.72±0.01	8.75±0.04	8.73±0.04	8.69±0.13
ไขมัน ^{ns} (กรัม/100 กรัม)	10.31±0.07	10.33±0.05	10.31±0.02	10.31±0.07	10.34±0.02
เถ้า ^{ns} (กรัม/100 กรัม)	0.41±0.01	0.40±0.03	0.41±0.02	0.39±0.04	0.41±0.04
เส้นใยหยาบ ^{ns} (กรัม/100 กรัม)	0.67±0.02	0.68±0.03	0.68±0.03	0.67±0.03	0.69±0.04
คาร์โบไฮเดรต ^{ns} (กรัม/100 กรัม)	79.87±0.10	79.87±0.06	79.85±0.07	79.89±0.08	79.88±0.16
ปริมาณความชื้น (กรัม/100 กรัม)	4.22±0.01 ^c	4.22±0.01 ^c	4.27±0.01 ^c	4.63±0.06 ^b	4.73±0.04 ^a
ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w)	0.32±0.04 ^b	0.33±0.04 ^b	0.33±0.06 ^b	0.42±0.03 ^a	0.43±0.06 ^a
กรดไฮโอบาพิทริก (TBA) (mg.malonaldehyde/kg)	0.05±0.01 ^c	0.06±0.01 ^c	0.13±0.02 ^b	0.16±0.01 ^b	0.21±0.01 ^a

^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางกายภาพของขนมหน้าवल

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมหน้าवल มีค่าอยู่ระหว่าง 3.12-3.21 นิวตัน ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กล่าวคือตลอดระยะเวลา 30 วัน ขนมหน้าवलมีค่าความแข็งลดลงโดยเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่วันที่ 15 เป็นต้นไป

จากการวิเคราะห์ค่าความสว่างของขนมหน้าवल มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จาก 87.81 ไปเป็น 82.50 นอกจากนี้ ค่าสีแดง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จาก 4.13 ไปเป็น 4.30 ในขณะที่ค่าสีเหลือง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และค่าความแตกต่างของสี มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยในวันที่ 1 ถึงวันที่ 15 มีค่าความแตกต่างเล็กน้อย มีค่าเท่ากับ 0.00 เป็น 1.58 ซึ่งค่าดังกล่าวจะสามารถสังเกตได้โดยผู้เชี่ยวชาญหรือมีความเชี่ยวชาญในการเทียบสีเท่านั้น ในวันที่ 22 มีค่าความแตกต่างของสี เท่ากับ 3.71 ซึ่งทำให้ขนมหน้าवलมีความแตกต่างกันชัดเจน และวันที่ 30 มีค่าความแตกต่างของสี 5.32 เมื่อเทียบกับวันที่ 1 ของการเก็บรักษาพบว่ามีความแตกต่างกันของสีอย่างมาก แสดงในภาพที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมหน้านวล

คุณภาพทางกายภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	1	8	15	22	30
ค่าความแข็ง (N)	3.21±0.01 ^c	3.21±0.05 ^c	3.19±0.04 ^{bc}	3.15±0.01 ^{ab}	3.12±0.03 ^a
ค่าความสว่าง (L*)	87.81±0.46 ^a	87.08±0.50 ^a	86.90±1.06 ^a	84.10±1.36 ^b	82.50±0.35 ^c
ค่าสีแดง (a*)	4.13±0.02 ^b	4.15±0.06 ^b	4.17±0.02 ^b	4.29±0.01 ^a	4.30±0.01 ^a
ค่าสีเหลือง ^{ns} (b*)	23.11±0.10	23.14±0.03	23.15±0.05	23.22±0.02	23.25±0.12
ค่าความแตกต่างของสี (ΔE)	0.00±0.00 ^e	0.73±0.15 ^d	1.58±0.49 ^c	3.71±0.61 ^b	5.32±0.35 ^a

^{a-e} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



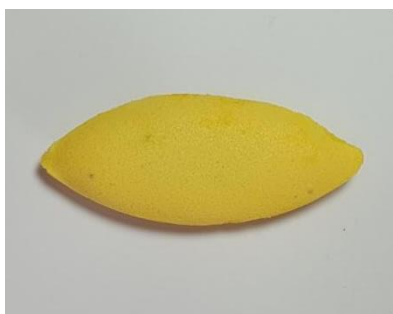
วันที่ 1



วันที่ 8



วันที่ 15



วันที่ 22

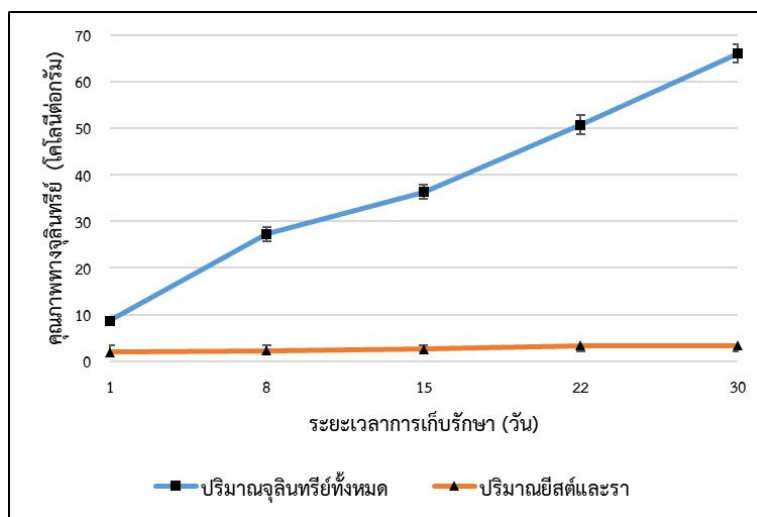


วันที่ 30

ภาพที่ 3 ขนมหน้านวลระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน

ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพจุลินทรีย์ของขนมหน้านวล

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ (ภาพที่ 4) พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในขนมหน้านวลมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเริ่มต้นวันที่ 1 จำนวนน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ในวันที่ 8 เพิ่มจำนวนขึ้นเป็น 27.33 โคโลนีต่อกรัม และเพิ่มจำนวนเท่ากับ 36.33 โคโลนีต่อกรัม ในวันที่ 15 และเมื่อเก็บรักษาที่เวลา 30 วัน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 66.00 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาขนมหน้านวลตั้งแต่วันที่ 1-30 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม ปริมาณยีสต์และรา มีค่าเริ่มต้นในวันที่ 1 จำนวน 2.00 โคโลนีต่อกรัม ในวันที่ 8 เพิ่มจำนวนขึ้นเป็น 2.33 โคโลนีต่อกรัม และเพิ่มจำนวนเป็น 2.67 โคโลนีต่อกรัม ในวันที่ 15 และเมื่อเก็บรักษาที่เวลา 30 วัน ปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 3.33 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแล้วไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) และปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold Count) ของขนมหน้านวลระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน

การอภิปรายผล

องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมหน้านวล ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เกล็ด เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต ตลอดช่วงเวลาในการเก็บรักษา มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นนั้น เกิดขึ้นเนื่องจากสภาพบรรยากาศในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในชั้นอาหาร ค่าปริมาณน้ำอิสระทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของไอน้ำในบรรยากาศสู่ชั้นอาหาร (อาภัสรา แสงนาค, อัญชลี เรืองเดช, กุลยา ลีรุ่งเรืองรัตน์, วิชฌณี ยืนยงพุทธกาล และอุบลรัตน์ สิริภัทรวารรณ, 2554) ถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ดี แต่อย่างไรก็ตามอาจจะมีไอน้ำในบรรยากาศบางส่วนสามารถซึมผ่านไปยังชั้นของอาหารได้ จากผลการทดลองพบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระ ของผลิตภัณฑ์ขนมหน้านวลที่บรรจุในถุงพอลิโพรไพลีน มีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 34.38 แต่ปริมาณความชื้นมีค่าโดยเฉลี่ยเพียงร้อยละ 12.09 เท่านั้น ทั้งนี้กระบวนการดูดซับความชื้นของอาหารนั้นจะรับความชื้นในบรรยากาศเข้าไปอยู่เฉพาะบริเวณผิวนอกของอาหาร โดยน้ำที่เพิ่มเข้าไปจะไม่เกิดการสร้างพันธะกับสารในอาหารหรือเกิดขึ้นเล็กน้อย

จึงจัดเป็นน้ำอิสระในชั้นอาหาร (Free water) ซึ่งส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระของอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นในอาหาร ซึ่งเป็นไปตามไอโซเทอมของอาหาร (Isotherm of food) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ขนมหน้าवलตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ไม่เพียงพอดต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ($a_w < 0.6$) ซึ่งปริมาณดังกล่าว สอดคล้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมไทยกำหนดไว้ (มพช.1/2546) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546) และยังสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกันคือคุกกี้ (มพช.118/2555) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2555) ที่มีองค์ประกอบและลักษณะคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ขนมหน้าवलที่กำหนดค่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ไม่เกินร้อยละ 7 และผลการทดลองยังสอดคล้องกับการวิจัยขนมไทยประเภทแห่งของ จิรายุ มุสิก และ พนารัตน์ สังข์อินทร์ (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนสี่ธรรมชาติเพื่อเป็นเอกลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนสี่ธรรมชาติเพิ่มขึ้นจาก 0.32 เป็น 0.40 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ดังนั้นเมื่อผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนมีค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่ต่ำทำให้มีระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานยิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์จำนวนกรดไขมันอิสระของขนมหน้าवलเป็นระยะเวลา 30 วัน โดยค่ากรดไขมันอิสระ เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณของมาโลนัลดีไฮด์ (Malonaldehyde) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อันดับ 2 (Secondary product) ที่ได้จากการเกิดออกซิเดชันของไขมัน หรือค่าความหืนของอาหาร ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งการเกิดกลิ่นหืนจะเกิดขึ้นในอาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันเป็นองค์ประกอบ โดยน้ำมันจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ และเมื่อมีอนุมูลอิสระมากขึ้นทำให้เกิดกลิ่นหืนขึ้น จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีน เป็นระยะเวลา 30 วัน ค่าความหืนมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น อาจเนื่องมาจาก 2 สาเหตุ คือ ผลิตภัณฑ์ขนมหน้าवलมีปริมาณกรดไขมัน ซึ่งมาจากไข่แดงคิดเป็นร้อยละ 32.99 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดกลิ่นหืนได้ (สมหวัง เล็กจิริง, ชูขวัญ เตชกานนท์, นิถุมล กลัดบุบผา และปารณี หนูนิ่ม, 2563) และคุณสมบัติของถุงพอลิโพรไพลีนที่สามารถป้องกันการผ่านของออกซิเจนได้ดี ทำให้ออกซิเจนสามารถซึมผ่านเข้าไปในผลิตภัณฑ์ได้ เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเช่นเดียวกัน (Ubonrat, S. et.al., 2022 และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2565)

การวิเคราะห์ค่าความแข็งผลิตภัณฑ์ขนมหน้าवलพบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าความแข็งมีค่าแปรผกผันกับค่าปริมาณน้ำอิสระและปริมาณความชื้นในอาหาร ทั้งนี้ค่าคุณสมบัติเป็นสารที่สามารถลดค่าอนุมูลอิสระของอาหารได้ (อาภัสรา แสงนาค, อัญชลี เรืองเดช, กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์, วิชมนิ ยินยงพุทธกาล และอุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ, 2554) เมื่อปริมาณความชื้นในขนมหน้าवलเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิทรานซิชันของอาหารต่ำลง ทำให้อาหารมีลักษณะนิ่มขึ้น ทำให้อาหารมีความแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งถ้าเก็บรักษานานมากขึ้นและอาหารมีความชื้นสูงมากขึ้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนิ่มจนอาจจะส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

ลักษณะปรากฏของขนมที่สังเกตได้ด้านบนมีสีครีม ด้านล่างมีสีน้ำตาลอ่อน และจากการศึกษาค่าสีตามระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ขนมหน้าवलมีค่าความสว่างลดลง โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างวันเริ่มต้นและวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระ ที่มีความแตกต่างในสัปดาห์ที่ 3 ส่วนค่าสีแดงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) กับวันเริ่มต้นที่สัปดาห์ที่ 3 เช่นเดียวกัน ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าค่อนข้างคงที่ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติกับวันเริ่มต้น ส่วนค่าความแตกต่างของสี มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาในการ

เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเริ่มจากมีค่าความแตกต่างกันเล็กน้อยในช่วงแรก และมีค่าความแตกต่างกันของสีอย่างมากในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจากสีครีมของขนมหน้าवलเป็นสีที่เข้มขึ้น เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดในระหว่างการเก็บรักษา (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์, 2566) ทำให้ขนมหน้าवलมีสีเข้มขึ้น และอาจเกิดจากปริมาณความชื้นที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้การหักเหของแสงที่ส่องกระทบขึ้นอาหารเปลี่ยนแปลงไป

จากการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาขนมหน้าवल ตั้งแต่วันที่ 1 จนถึงวันที่ 30 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม และปริมาณยีสต์และรามีค่าไม่เกิน 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งในการตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ไม่เกินค่ามาตรฐานด้านคุณลักษณะที่ต้องการของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมไทย (มผช.1/2546) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546) กำหนดว่า “จุลินทรีย์ ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม และต้องไม่มีปรากฏให้เห็นได้อย่างชัดเจน” ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากส่วนผสมในการผลิตขนมหน้าवल มีน้ำเป็นองค์ประกอบในปริมาณน้อยมาก อีกทั้งกระบวนการผลิตมีกระบวนการให้ความร้อนด้วยการอบ ทำให้น้ำในขนมหน้าवलระเหยออกไป รวมไปถึงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษามีค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำ จนทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ อัตราการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์จึงลดลง ทำให้ยีสต์ระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมหน้าवलได้นานยิ่งขึ้น จึงสรุปได้ว่าขนมหน้าवलที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีนมีปริมาณยีสต์และรา และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดเมื่อเก็บรักษาได้ 30 วัน

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาระยะเวลาเก็บรักษาต่อของขนมหน้าवल เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น องค์ประกอบทางเคมีของขนมหน้าवलมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในขณะที่ค่าความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ และกรดไขมันอิสระ มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขนมหน้าवलมีค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้น ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดงและค่าความแตกต่างของสีของขนมหน้าवलมีการเปลี่ยนแปลง แต่ไม่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง ในขณะที่ปริมาณค่าจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ปริมาณยีสต์และราซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยแล้วไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ในระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมไทย (มผช.1/2546) และผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงคือคุกกี้ (มผช.118/2555)

ข้อเสนอแนะ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมไทยชนิดอื่น ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการผลิตและจำหน่าย สำหรับชุมชนและกลุ่มผู้ประกอบการด้านขนมไทย

เอกสารอ้างอิง

- จิรายุ มุสิกกา และพนารัตน์ สังข์อินทร์. (2562). การพัฒนาขนมกลีบลำดวลสี่ธรรมชาติเพื่อเป็นเอกลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ (รายงานการวิจัย), มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์. (25 ธันวาคม 2565). อัตราการซึมผ่านออกซิเจน. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2565, จาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1898/oxygen-transmission-rate->
_____. (20 มีนาคม 2566). ปฏิกริยาเมลลาร์ด. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2566, จาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0397/maillard-reaction->
- ศศิรัักษ์ คลังวิจิตร นพมาศ พูลเจริญศิลป์ และเพ็ญพร ประมวลสุข. (2554). การพัฒนามาตรฐานของตำรับขนมไทยประเภทขนมแห้ง. รายงานการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
- สุภรณ์ พจนมณี. (2546). ตำรับอาหาร (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพมหานคร: วีรณาการพิมพ์.
- สมหวัง เล็กจรัส ชูขวัญ เตชกานนท์ นิธมล กลัดบุบผา และปารณี หนูนิ่ม. (2563). ผลของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อคุณภาพของไข่แดงเค็มผง. *แก่นเกษตร*. 48(ฉบับพิเศษ) 1, 607-614.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2546). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่องขนมไทย มผช. 1/2546*.
_____. (2555). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่องคุกกี้ มผช. 118/2555*.
- อาภัสรา แสงนาค, อัญชลี เรืองเดช, กุลยา ลีมรุ่งเรืองรัตน์, วิษมณี ยืนยงพุทธกาล และอุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ. (2554). โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชันจากข้าวหอมนิล. รายงานการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา.
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis of association of official chemists (17th)*. Washinton DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.
- AOCS. (1997). *Official Method and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society (7th Edition)*. AOCS Press Publication, Champaign.
- Mokrzycki, W. and Tatol, M. (2011). Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*. 20: 383-411
- Ubonrat, S., Veeranuch, H., Kamonwan, O., Piyanan, C., Anchalee, R., Sumate, K., Penpimol, J. (2022). Effect of packaging systems on dried shrimp quality and storage stability as visualized using pattern recognition. *Agriculture and Natural Resource*. 56, 987-996.