



การใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์

The Use of Pregelatinized Jackfruit Seed Flour Substituted for Wheat Flour in Cracker Product

ศิริลดา ศรีกอก*

Sirilada Srikok

Received : January 4, 2021

Revised : February 22, 2021

Accepted : December 29, 2021

บทคัดย่อ

เมล็ดขนุน เป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปและการบริโภคขนุน การใช้ประโยชน์จากเมล็ดขนุนยังมีข้อจำกัดในการนำมาแปรรูปและใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดขนุนงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้แป้งเมล็ดขนุนเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และศึกษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ตลอดจนเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 28 วัน จากการศึกษาพบว่าสูตรที่เหมาะสมคือการใช้แป้งสาลี แป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุน น้ำตาลทราย ยีสต์ เกลือป่น มาการีน และน้ำ ในอัตราส่วนร้อยละ 52.02, 5.78, 23.30, 15.90, 0.40, 2.20 และ 0.40 ตามลำดับ ส่วนกระบวนการผลิตพบว่า การอบผลิตภัณฑ์ฯ ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีที่สุด โดยมีค่าสี L^* a^* b^* ปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น และค่าความแข็งเท่ากับ 58.16 ± 1.33 , 9.56 ± 0.62 , 27.89 ± 1.41 , 0.17 ± 0.01 , ร้อยละ 2.34 ± 0.16 และ 26.03 ± 1.86 นิวตัน ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น พบว่ามีใยอาหารเพิ่มมากขึ้นจากสูตรพื้นฐาน (ร้อยละ 6.17 เมื่อเทียบกับสูตรพื้นฐานร้อยละ 2.28) และมีพลังงาน (ต่อ 100 กรัม) ลดลง (472 กิโลแคลอรีเมื่อเทียบกับสูตรพื้นฐาน 495 กิโลแคลอรี) และในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ร้อยละของความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าที่บีบเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความแข็ง ค่าสี a^* และ b^* มีแนวโน้มลดลง คุณภาพทางจุลินทรีย์ไม่เกินที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนด (จุลินทรีย์ทั้งหมด 8×10^3 โคโลนีต่อกรัม ปริมาณยีสต์และรำน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม)

คำสำคัญ : แครกเกอร์ / พรีเจลาติไนซ์ / แป้งเมล็ดขนุน / แป้งสาลี

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Lecturer of Food Science and Technology Faculty of Science and Technology Thepsatri Rajabhat University

ABSTRACT

Jackfruit seeds are the byproduct of producing and consuming jackfruit. Recently, the utilization of the jackfruit seed is limited. The product processing and full utilization of jackfruit seeds are a significant way to increase the market value. Therefore, this research was to investigate the use of pregelatinized jackfruit seed flour as a substitute for wheat flour in cracker products. The objectives of this research were to formulated and study the process, to study the physical-chemical quality and sensory evaluation of the product, including to study the changes of the qualities stored at room temperature for 28 days. It was shown that the optimum amounts of wheat flour, pregelatinized jackfruit seed flour, sugar, instant yeast, salt, margarine, and water were 52.02, 5.78, 23.30, 15.90, 0.40, 2.20 and 0.40 percent, respectively. The best condition for baking product was 160 degrees celsius for 35 min. The results presented L^* , a^* , b^* , a_w , moisture content, and hardness were 58.16 ± 1.33 , 9.56 ± 0.62 , 27.89 ± 1.41 , 0.17 ± 0.01 , 2.34 ± 0.16 percent and 26.03 ± 1.86 N, respectively. The results of developed product showed that the fiber was increase from basic formula (6.17 percent in developed formula and 2.28 percent in basic formula), the calories per 100 gram were decrease (472 Kcal in developed formula and 495 Kcal in basic formula). At storage were found moisture content, a_w and TBA value were increased a^* , b^* and hardness were decreased. The microorganism quality was less than Thai community product standard (total microorganism 8×10^3 cfu/g, yeast and mold less than 10 cfu/g).

Keywords : Cracker / Pregelatinized / Jackfruit Seed Flour / Wheat flour

บทนำ

ขนุนเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศ สามารถเจริญเติบโตได้ทุกพื้นที่ เนื่องจากปลูกง่าย ให้ผลผลิตดี แหล่งเพาะปลูกขนุนได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยอง ราชบุรี และกาญจนบุรี (กลุ่มสารสนเทศการเกษตร, 2562) ส่วนในจังหวัดลพบุรี มีการเพาะปลูกขนุนในหลายพื้นที่โดยเฉพาะในตำบลโคกตูม ส่งผลผลิตจำหน่ายในตลาดจังหวัดลพบุรีและจังหวัดใกล้เคียง สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นจำนวนมาก โดยขนุนนิยมบริโภคในรูปของผลไม้สด มีการใช้เนื้อขนุนเป็นส่วนผสมในขนมหวาน ช่วยปรุงแต่งกลิ่นและเพิ่มรสชาติแก่อาหาร มีการนำไปแปรรูปเพื่อส่งออก เช่น ขนุนเชื่อมแห้ง ขนุนอบแห้ง ขนุนบรรจุกระป๋อง ขนุนแช่แข็ง รวมทั้งผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่กำลังเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ (Thamontorn, 2020) ซึ่งผลิตภัณฑ์จากขนุนส่วนใหญ่เป็นการใช้ประโยชน์จากเนื้อขนุน ส่วนเมล็ดขนุนนั้นเป็นของเหลือจากการบริโภค หรือเหลือจากการแปรรูป โดยในเมล็ดขนุนมีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามินบี1 ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็กอยู่มาก รวมทั้งมีสรรพคุณช่วยบำรุงน้ำนม และบำรุงร่างกาย นอกจากนี้มีงานวิจัยที่นำเมล็ดขนุนไปใช้ประโยชน์ในทางอาหาร เช่น งานวิจัยเรื่องการนำเมล็ดขนุนมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชน (วิวรรณ, 2561) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเมล็ดขนุน (ธีรวรรณ และสุกัญญา, 2554) การใช้สตาร์ชเมล็ดขนุนทดแทนในการผลิตแผ่นแป้งสะเก้ง (จิรนาถ, 2557) การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนสำหรับการผลิตขนมขบเคี้ยวแผ่นกรอบ (อาภัสรา และกุลยา, 2553) เป็นต้น

แป้งพรีเจลาติโนซ์ หมายถึง แป้งที่ผ่านกรรมวิธีการเปลี่ยนโครงสร้างด้วยวิธีการต่างๆ เช่นวิธีการทางเคมี กายภาพ หรือการใช้เอนไซม์ ซึ่งจะทำให้คุณสมบัติของแป้งเปลี่ยนแปลงไปตามที่ต้องการ (Wijesinghe, J.A.A.C. et al, 2016) แป้งพรีเจลาติโนซ์เมล็ดขนุน ได้จากการนำเมล็ดขนุนมาทำให้สุกด้วยการต้ม จากนั้นลอกเปลือก และเยื่อหุ้มเมล็ดออก ทำให้แห้งแล้วบดเป็นผง ซึ่งแป้งพรีเจลาติโนซ์เมล็ดขนุนที่ได้ พบว่ามีคุณภาพใกล้เคียงกับ แป้งสาลี (กล้านรงค์ และเกื้อกุล, 2550) จากข้อมูลข้างต้นจึงมีแนวคิดจะนำแป้งเมล็ดขนุนมาทดแทนแป้งสาลีใน ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยแครกเกอร์จัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีสูตรคล้ายขนมปัง แต่จะมีส่วนผสมของ น้ำหรือของเหลวน้อยจึงมีลักษณะโดแข็ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะกรอบแข็งเป็นชั้นๆ (อรอนงค์, 2540) ได้รับความนิยม มากในการบริโภค และจำหน่ายเป็นของฝาก เช่น ขนมปังชีสแซนด์ไส้สับปะรด (จังหวัดประจวบคีรีขันธ์) แครกเกอร์หน้าทุเรียน (จังหวัดจันทบุรี) แครกเกอร์หน้าเมล็ดทานตะวัน (จังหวัดลพบุรี) เป็นต้น โดยแครกเกอร์ ผลิตจากแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งแป้งสาลีเป็นแป้งที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ปัจจุบันจึงมีการศึกษา ค้นคว้า พัฒนางานวิจัยเพื่อหาวัตถุดิบที่เป็นพืชผลทางการเกษตรในประเทศมาใช้ทดแทนแป้งสาลีเพื่อลดการ นำเข้า (กองบรรณธิการ, 2557) ทั้งนี้เพื่อลดการเหลื่อมล้ำของเมล็ดขนุน ผู้วิจัยจึงจะนำเมล็ดขนุนมาผลิตเป็น แป้งเมล็ดขนุน จากนั้นนำแป้งเมล็ดขนุนที่ได้ไปทดแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ เพื่อให้ได้ ผลิตภัณฑ์ใหม่และเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค และสอดคล้องกับการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 ในเรื่องการกิน อาหารเพื่อการมีสุขภาพที่ดี (วสุนธรา, 2560) ทั้งเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบในท้องถิ่นมาสร้างมูลค่าและ อาจพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์

ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์สูตรพื้นฐาน (ปริยณูช, 2552) ประกอบด้วยแป้งสาลี น้ำตาลทราย ยีสต์ผง เกลือ มาร์การีน และน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 57.80 2.20 0.40 0.40 23.30 และ 19.50 ตามลำดับ วิธีการผลิต ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ทำได้โดยการผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันจนจนแป้งเนียน จากนั้นคลึงให้เป็นแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร แล้วใช้พิมพ์กดเป็นชั้นๆ อบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการศึกษาคุณภาพด้านค่าสี L^* , a^* , b^* ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter lab, รุ่น Color Flex Z2, ประเทศญี่ปุ่น) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Aqua lab, รุ่น 4TE, ประเทศ สหรัฐอเมริกา) ร้อยละของความชื้น ด้วยเครื่องวัดความชื้น (OHAUS, รุ่น MB 45, ประเทศสหรัฐอเมริกา) และ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (ไพโรจน์, 2545) ใช้ผู้ทดสอบ ทั่วไปจำนวน 50 คน

2. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งเมล็ดขนุนเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์

การผลิตแป้งพรีเจลาติโนซ์เมล็ดขนุน ทำโดยล้างทำความสะอาดเมล็ดขนุน จากนั้นมาต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 45 นาที ล้างและลอกเยื่อหุ้มเมล็ดออกให้เหลือแต่ส่วนของเมล็ดเนื้อสีขาว นำไปปั่นละเอียด อบแห้ง ด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ดรรารัตน์ และคนอื่นๆ, 2554) จากนั้นปั่นละเอียดอีกครั้ง ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 100 เมช บรรจุแป้งในภาชนะปิดสนิท

ศึกษาปริมาณของแป้งพรีเจลาติโนซ์เมล็ดขนุนเพื่อทดแทนแป้งสาลีในสูตรการผลิต โดยการผลิต ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่แปรผันปริมาณแป้งพรีเจลาติโนซ์เมล็ดขนุนต่อแป้งสาลีในอัตราส่วน ร้อยละ 10:90 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 โดยมีอัตราส่วนของแป้งผสมในสูตรการผลิตเท่ากับร้อยละ 57.80 และมีส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ น้ำตาลทราย ยีสต์เกลือป่น มาร์การีน และน้ำ เท่ากับร้อยละ 2.20 0.40 0.40 23.30 และ 19.50

ตามลำดับ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) (ไพโรจน์, 2555)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการศึกษาคุณภาพด้านค่าสี L^* , a^* , b^* ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter lab, รุ่น Color Flex Z2, ประเทศญี่ปุ่น) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (Aqua lab, รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Microsystem, รุ่น TA-XT plus, ประเทศอังกฤษ) (หัว HDP/BS) ร้อยละของความชื้น ด้วยเครื่องวัดความชื้น (OHAUS, รุ่น MB 45, ประเทศสหรัฐอเมริกา) คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (ไพโรจน์, 2545) ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 50 คน

3. การศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลี

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีสูตรที่เหมาะสมที่ได้จากจากตอนที่ 2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ 3×3 Factorial in Completely Randomized Design (ไพโรจน์, 2555) ปัจจัยที่ศึกษาคือ ระยะเวลาการอบ 3 ระดับคือ 25 30 และ 35 นาที อุณหภูมิในการอบ 3 ระดับคือ 160 180 และ 200 องศาเซลเซียส ได้สิ่งทดลองทั้งสิ้น 9 สิ่งทดลอง ได้แก่ สิ่งทดลอง 1=160°C 25 นาที, สิ่งทดลอง 2=160°C 30 นาที, สิ่งทดลอง 3=160°C 35 นาที, สิ่งทดลอง 4=180°C 25 นาที, สิ่งทดลอง 5=180°C 30 นาที, สิ่งทดลอง 6=180°C 35 นาที, สิ่งทดลอง 7=200°C 25 นาที, สิ่งทดลอง 8=200°C 30 นาที, สิ่งทดลอง 9=200°C 35 นาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการศึกษาคุณภาพด้านต่างๆ เหมือนตอนที่ 2

4. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีที่พัฒนาแล้วเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐาน

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลี และทำการผลิตผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐานจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปศึกษาคุณภาพเปรียบเทียบกับกันด้วยวิธี t-test (ไพโรจน์, 2555)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณร้อยละของความชื้น โปรตีน ไขมัน โยอาอาหาร เกลือ และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000) ทำการศึกษาคูณภาพด้านค่าสี L^* , a^* , b^* ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter lab, รุ่น Color Flex Z2, ประเทศญี่ปุ่น) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Aqua lab, รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Microsystem, รุ่น TA-XT plus, ประเทศอังกฤษ) (หัว HDP/BS) วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 2000)

5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในระหว่างการเก็บรักษา

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลี บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพอลิโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 28 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์คุณภาพในวันที่ 0 7 14 21 และ 28 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) (ไพโรจน์, 2555)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการศึกษาคุณภาพด้านค่าสี L^* , a^* , b^* ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter lab, รุ่น Color Flex Z2, ประเทศญี่ปุ่น) ปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (Aqua lab, รุ่น 4TE, ประเทศ

สหรัฐอเมริกา) ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Microsystem, รุ่น TA-XT plus, ประเทศอังกฤษ) (หัว HDP/BS) ร้อยละของความชื้น ด้วยเครื่องวัดความชื้น (OHAUS, รุ่น MB 45, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริก (TBA : ค่าทีบีเอ) (Pearson, 1976) ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 2000) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (ไพโรจน์, 2545) ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 50 คน

ผลการวิจัย

1. การศึกษาสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์แครกเกอร์

ทำโดยการผลิตผลิตภัณฑ์แครกเกอร์สูตรพื้นฐาน จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี โดยพบว่าผลิตภัณฑ์แครกเกอร์สูตรพื้นฐาน มีค่า L^* a^* b^* a_w และร้อยละความชื้น เท่ากับ 58.63 ± 0.60 , 12.75 ± 1.00 , 33.44 ± 0.44 , 0.33 ± 0.02 และร้อยละ 3.44 ± 0.10 ตามลำดับ

นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภค ผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐานมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.73 ± 0.69 , 7.57 ± 0.73 , 7.63 ± 0.85 , 7.67 ± 0.95 , และ 8.03 ± 0.99 คะแนน ตามลำดับ

2. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุนเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์

ทำการศึกษาอัตราส่วนของแป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุนต่อแป้งสาลีในอัตราส่วน 10:90 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 โดยมีอัตราส่วนของแป้งผสม ในสูตรการผลิตเท่ากับร้อยละ 57.80 และมีส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ น้ำตาลทราย ยีสต์ผง เกลือป่น มากา린 และน้ำ เท่ากับร้อยละ 2.20 0.40 0.40 23.30 และ 15.90 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีในการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุน เพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์

คุณลักษณะที่ศึกษา	อัตราส่วนของแป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุน : แป้งสาลี				
	10 : 90	20 : 80	30 : 70	40 : 60	50 : 50
L^*	61.34 ± 0.25^a	56.01 ± 0.57^b	55.95 ± 0.44^b	53.49 ± 0.17^c	53.27 ± 0.22^c
a^{*ns}	11.76 ± 0.93	11.66 ± 0.22	11.86 ± 0.38	11.97 ± 0.91	12.42 ± 0.42
b^{*ns}	30.05 ± 1.52	31.19 ± 0.56	30.70 ± 1.40	31.12 ± 0.87	30.73 ± 1.52
a_w	0.36 ± 0.01^a	0.34 ± 0.01^b	0.32 ± 0.02^{bc}	0.33 ± 0.02^b	0.31 ± 0.01^c
ความแข็ง (นิวตัน)	26.37 ± 1.44^c	27.49 ± 1.71^c	30.54 ± 1.53^b	31.09 ± 0.54^b	35.16 ± 0.64^a
ร้อยละความชื้น ^{ns}	3.68 ± 0.28	3.99 ± 0.25	3.61 ± 0.54	3.85 ± 0.44	3.90 ± 0.50

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^a และ ^b ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายความว่า สิ่งทดลองในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปีที่ ๘ ฉบับที่ ๒ กรกฎาคม - ธันวาคม ๒๕๖๔

จากตารางที่ 1 พบว่า เมื่ออัตราส่วนของแป้งเมล็ดขนุนเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์มีคุณภาพด้านกายภาพด้านค่า L^* และ a_w ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความแข็ง พบว่ามีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

นอกจากนี้ พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งพรีเจลลิตไนซ์เมล็ดขนุนในผลิตภัณฑ์ไม่ส่งผลต่อค่า a^* และ b^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ส่วนคุณภาพทางเคมี พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งพรีเจลลิตไนซ์เมล็ดขนุนต่อแป้งสาลีไม่ส่งผลต่อค่าร้อยละปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยทุกสิ่งทดลองมีค่าร้อยละความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555)

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์แครกเกอร์แป้งพรีเจลลิตไนซ์เมล็ดขนุนที่ได้ ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – point hedonic scale) (ไพโรจน์, 2555) ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสในการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งพรีเจลลิตไนซ์เมล็ดขนุนเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์

คุณลักษณะที่ศึกษา	อัตราส่วนของแป้งพรีเจลลิตไนซ์เมล็ดขนุน : แป้งสาลี				
	10 : 90	20 : 80	30 : 70	40 : 60	50 : 50
ลักษณะปรากฏ	7.03 ± 0.96 ^a	6.03 ± 1.42 ^b	6.33 ± 1.53 ^{ab}	5.80 ± 1.34 ^b	5.80 ± 1.64 ^b
สี	6.80 ± 1.18 ^a	6.10 ± 1.64 ^{ab}	6.10 ± 1.56 ^{ab}	5.90 ± 1.26 ^b	5.57 ± 1.63 ^b
กลิ่น	6.30 ± 1.34 ^a	5.50 ± 1.88 ^{ab}	5.87 ± 1.94 ^{ab}	5.70 ± 1.46 ^{ab}	4.97 ± 1.58 ^b
รสชาติ	7.17 ± 1.20 ^a	4.93 ± 1.76 ^c	6.17 ± 1.53 ^b	5.17 ± 1.53 ^c	4.50 ± 1.33 ^c
ความชอบโดยรวม	7.33 ± 1.21 ^a	5.53 ± 1.73 ^b	6.13 ± 1.83 ^b	5.80 ± 1.24 ^b	5.47 ± 1.59 ^b

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^a และ ^b ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

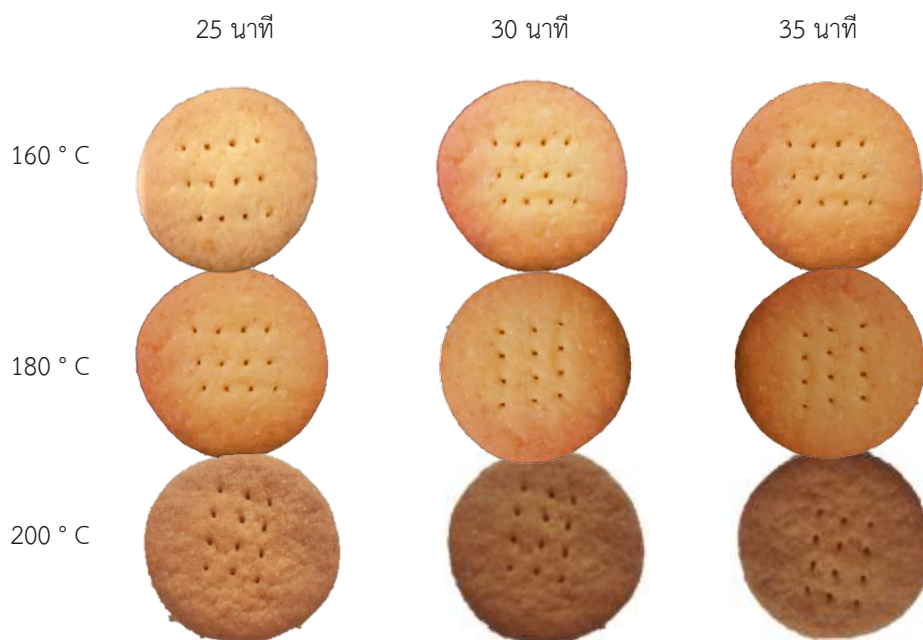
^{ns} หมายความว่า สิ่งทดลองในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตาราง 2 พบว่า ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลลิตไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนที่ต่างกัน ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังนี้

คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนของแป้งพรีเจลลิตไนซ์มากขึ้น โดยการใช้แป้งพรีเจลลิตไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนที่ 10 : 90 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุด โดยแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

จากการทดลองนี้สูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลลิตไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลี คือการใช้แป้งสาลี แป้งพรีเจลลิตไนซ์เมล็ดขนุน น้ำตาลทราย ยีสต์ผง เกลือ มาร์การีน และน้ำ ในอัตราส่วนร้อยละ 52.02 5.78 23.30 15.90 0.40 2.20 และ 0.40 ตามลำดับ

3. ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลี
 ทำการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบผลิตภัณฑ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3
 Factorial in Completely Randomized Design (ไพโรจน์, 2555) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ศึกษาคือ
 อุณหภูมิในการอบ 160 180 และ 200 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการอบ 25 30 และ 35 นาที



ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ใช้แป้งพรีเจลาตินในซีเมนต์ขนุนทดแทนแป้งสาลีที่อบด้วยอุณหภูมิและเวลาต่างกัน

จากภาพ 1 เมื่ออุณหภูมิการอบสูง และระยะเวลาในการอบนานส่งผลให้ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่าง
 มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) รวมทั้งค่า a^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาการเกิดผลร่วมกัน
 (interaction) ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบ พบว่ามีผลต่อกันทางสถิติ ($p = 0.44$ 0.39 และ 0.42
 ตามลำดับ)

ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (a_w) พบว่า อุณหภูมิการอบสูงและเวลาในการอบนานส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระ
 ของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาการเกิดผลร่วมกัน (interaction) ระหว่างอุณหภูมิ
 และเวลาในการอบ พบว่า มีผลต่อกันทางสถิติ ($p = 0.13$)

ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ พบว่าอุณหภูมิการอบสูงและระยะเวลาการอบนานส่งผลให้ความแข็งของ
 ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาการเกิดผลร่วมกัน (interaction) ระหว่าง
 อุณหภูมิและเวลาในการอบ พบว่า ไม่มีผลต่อกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในการศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาในการอบที่เหมาะสม

สิ่ง ทดลอง	ร้อยละของ ความชื้น	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบ โดยรวม
1	4.65±0.18 ^a	7.03±1.35 ^b	6.90±1.49 ^a	6.67±1.27 ^b	6.40±1.67 ^b	6.63±1.49 ^{bc}
2	3.83±0.15 ^b	7.00±1.58 ^b	6.90±1.58 ^a	6.63±1.52 ^b	6.47±1.61 ^b	6.87±1.35 ^{bc}
3	2.34±0.16 ^d	7.27±1.41 ^{ab}	6.90±1.58 ^a	7.27±1.46 ^a	7.23±1.47 ^a	7.60±1.10 ^a
4	2.89±0.47 ^c	7.57±1.19 ^a	7.17±1.36 ^a	6.83±1.26 ^{ab}	6.83±1.51 ^{ab}	7.23±1.40 ^b
5	2.78±0.11 ^c	7.07±1.33 ^b	6.83±1.41 ^a	6.57±1.16 ^b	6.40±1.61 ^b	6.87±1.47 ^{bc}
6	1.52±0.17 ^e	6.00±1.57 ^c	5.80±1.66 ^b	6.10±1.56 ^{bc}	5.67±1.60 ^c	6.00±1.43 ^c
7	1.43±0.17 ^e	6.23±1.43 ^{bc}	5.90±1.53 ^b	5.73±1.57 ^c	5.93±1.57 ^{bc}	6.10±1.56 ^c
8	1.70±0.04 ^e	5.50±1.57 ^c	4.77±1.50 ^c	5.60±1.65 ^c	5.23±1.79 ^d	5.20±1.54 ^d
9	1.00±0.26 ^f	3.43±1.90 ^d	2.67±1.84 ^d	2.77±1.81 ^d	2.40±1.58 ^e	2.67±1.42 ^e

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

a,b,c,d,e ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่าสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่าเมื่ออุณหภูมิการอบสูงและระยะเวลาการอบนานส่งผลให้ค่าปริมาณร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สิ่งทดลองที่ 2-9 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้น อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) เมื่อพิจารณาการเกิดผลร่วมกัน (interaction) ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบ พบว่ามีผลต่อกันทางสถิติ ($p = 0.76$)

คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มากที่สุด ได้รับความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยเมื่ออุณหภูมิการอบมากและระยะเวลาการอบนานส่งผลให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏลดลง เมื่อพิจารณาการเกิดผลร่วมกัน (interaction) พบว่ามีผลต่อกันทางสถิติ ($p = 0.27$)

ด้านสี พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีของสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มากที่สุด และได้รับความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยเมื่ออุณหภูมิการอบมากและระยะเวลาการอบนานส่งผลให้คะแนนด้านสีลดลง เมื่อพิจารณาการเกิดผลร่วมกัน (interaction) พบว่ามีผลต่อกันทางสถิติ ($p = 0.46$)

ด้านกลิ่น พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มากที่สุดและได้รับความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยเมื่ออุณหภูมิการอบมากและระยะเวลาการอบนานส่งผลให้คะแนนด้านกลิ่นลดลง เมื่อพิจารณาการเกิดผลร่วมกัน (interaction) พบว่าไม่มีผลต่อกันทางสถิติ

ด้านรสชาติ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านรสชาติของสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มากที่สุด ได้รับความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยเมื่ออุณหภูมิการอบมากและระยะเวลาการอบนานส่งผลให้คะแนนด้านรสชาติลดลง เมื่อพิจารณาการเกิดผลร่วมกัน (interaction) พบว่ามีผลต่อกันทางสถิติ ($p = 0.25$)

ด้านความชอบโดยรวม พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมของสิ่งทดลองที่ 3 มากที่สุด ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยเมื่ออุณหภูมิการอบมากและระยะเวลาการอบนานส่งผลให้คะแนนด้านความชอบโดยรวมลดลง เมื่อพิจารณาการเกิดผลร่วมกัน (interaction) พบว่ามีผลต่อกันทางสถิติ ($p=0.55$)

จากการทดลองนี้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอบผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลลัดในซ์เมลต์ขนุนทดแทนแป้งสาลี คือ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที

4. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลลัดในซ์เมลต์ขนุนทดแทนแป้งสาลีที่พัฒนาแล้วเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลลัดในซ์เมลต์ขนุนทดแทนแป้งสาลี และผลิตภัณฑ์แครกเกอร์สูตรพื้นฐาน อบผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้ศึกษาคุณภาพเปรียบเทียบกับวิธี t -test (CRD) (ไพโรจน์, 2555) ผลการศึกษาคุณภาพเคมี แสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลลัดในซ์เมลต์ขนุนทดแทนแป้งสาลีสูตรพัฒนาแล้วเทียบกับสูตรพื้นฐาน

คุณลักษณะ	สูตรพัฒนาแล้ว	สูตรพื้นฐาน
ร้อยละของความชื้น ^{ns}	2.30 ± 0.03	2.25 ± 0.05
ร้อยละโปรตีน ^{ns}	8.24 ± 0.15	8.35 ± 0.24
ร้อยละไขมัน ^{ns}	24.82 ± 1.95	25.37 ± 1.86
ร้อยละเยื่อใย	6.17 ± 0.32^a	2.25 ± 0.21^b
ร้อยละเถ้า	4.27 ± 0.14^a	3.37 ± 0.29^b
ร้อยละคาร์โบไฮเดรต	54.20 ± 1.94^b	58.40 ± 0.27^a
พลังงาน (กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม)	472.74 ± 0.24^b	495.41 ± 0.41^a

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^a และ ^b ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายความว่า สิ่งทดลองในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาในตารางที่ 4 พบว่า ปริมาณเยื่อใยและปริมาณเถ้าในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์สูตรพัฒนาแล้วมีค่ามากกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและพลังงานในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์สูตรพื้นฐาน มีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์แครกเกอร์สูตรพัฒนาแล้วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคุณภาพด้านปริมาณร้อยละความชื้น โปรตีน และไขมันของแครกเกอร์สูตรพัฒนาแล้วและสูตรพื้นฐานพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ส่วนคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์สูตรที่พัฒนาแล้วเทียบกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์สูตรพื้นฐาน พบว่าค่า L^* , a^* , b^* , ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าความแข็ง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

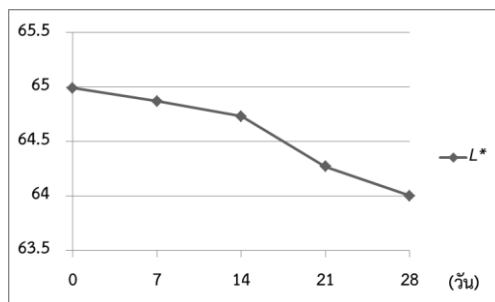
คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองสูตรมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม

ปีที่ ๘ ฉบับที่ ๒ กรกฎาคม - ธันวาคม ๒๕๖๔

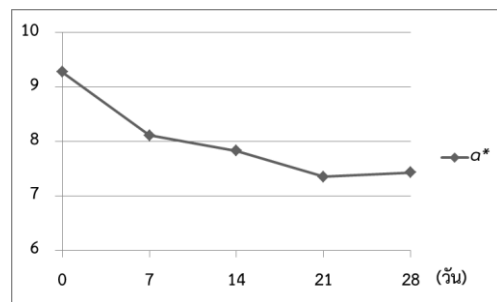
คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง และความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วและผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐานที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลาตินซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในระหว่างการเก็บรักษา

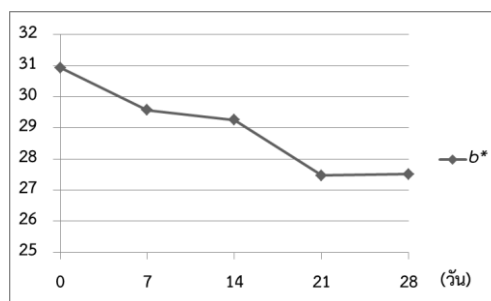
ทำการผลิตแครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลาตินซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลี อบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที ผลิตภัณฑ์บรรจุในภาชนะปิดสนิทโดยใช้ถุงสุญญากาศโพรพิลีนเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องระยะเวลา 28 วัน สุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ในวันที่ 0 7 14 21 และ 28 ผลการทดลองแสดงได้ดังภาพ 2 ถึงภาพ 6



ค่าสี L*

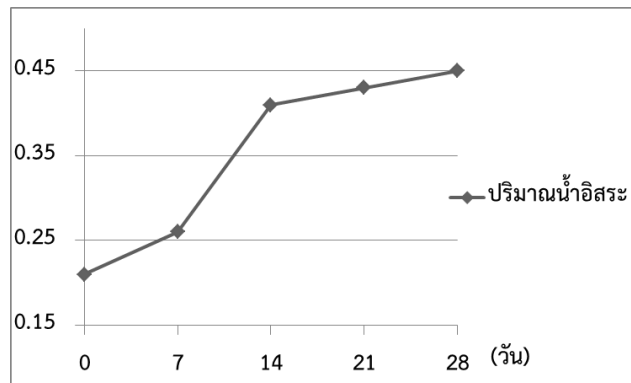


ค่าสี a*

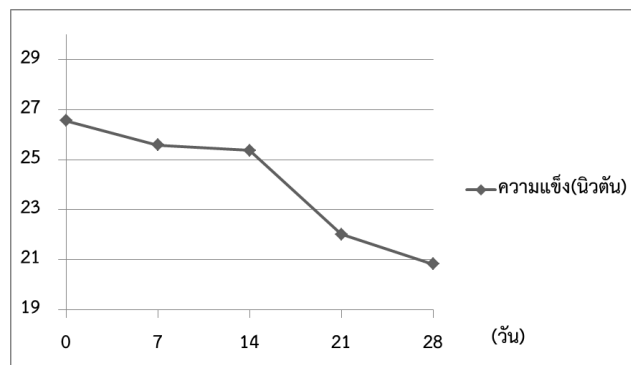


ค่าสี b*

ภาพที่ 2 ค่าสี L* a* และ b* ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลาตินซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน



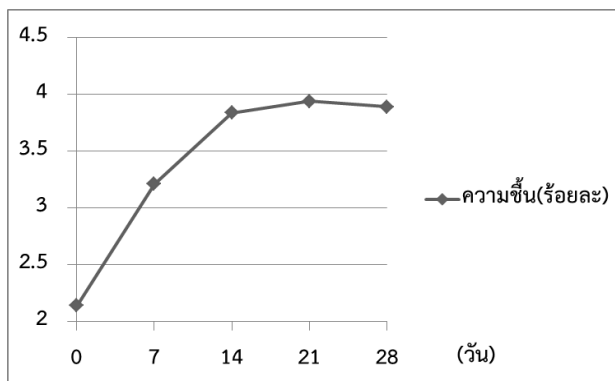
ภาพที่ 3 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลาตินซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน



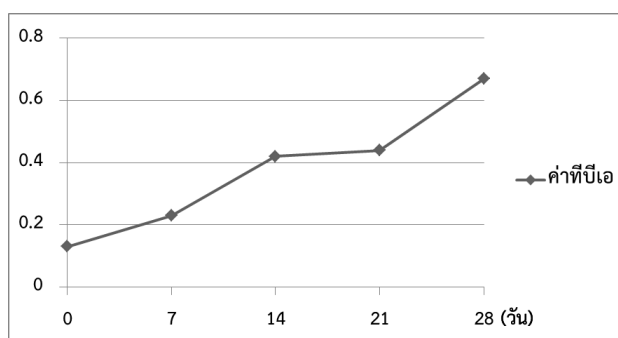
ภาพที่ 4 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลาตินซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน

ผลการศึกษาคูณภาพทางกายภาพ (ภาพ 2 ถึงภาพ 4) พบว่า ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 28 วัน ส่วนค่า a^* b^* และความแข็ง พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีค่า a^* b^* และความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อครบ 28 วัน ผลิตภัณฑ์มีค่าปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.42 ค่า L^* a^* b^* และความแข็ง เท่ากับ 64.00 ± 0.73 7.43 ± 0.97 29.05 ± 1.64 และ 20.83 ± 1.38 นิวตัน ตามลำดับ

ปีที่ ๘ ฉบับที่ ๒ กรกฎาคม - ธันวาคม ๒๕๖๔



ภาพที่ 5 ความชื้นของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลลาคีโนซ์เมื่อลดขนาดขนาดแทนแป้งสาลีในระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน



ภาพที่ 6 ปริมาณกรดโทไอบาร์บิทริก (TBA : ค่าทีบีเอ) ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ใช้แป้งพรีเจลลาตินซ์เมล็ดขนุน
ทดแทนแป้งสาลีในระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน

ผลการศึกษาคุณภาพทางเคมี (ภาพ 5 ถึงภาพ 6) พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นและปริมาณที่บีบเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยการทดลองนี้เมื่อครบ 28 วัน ความชื้นของผลิตภัณฑ์และค่าที่บีบมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 3.89 และ 0.67 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม

ส่วนคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ราเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่เมื่อครบ 28 วัน ผลึกถั้วที่มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 8×10^3 โคโลนีต่อกรัม และมีปริมาณยีสต์ราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ขนมหั้วกรอบ (มพข.523/2555) ที่กำหนดไว้ว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจะต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และจำนวนปริมาณยีสต์และราจะต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน ไม่ส่งผลต่อค่าประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏและสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 14 นั้นขึ้นคะแนนความชอบของคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ ความแข็งและความชอบโดยรวม จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

อภิปรายผล

ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์สูตรพื้นฐานมีคุณภาพทางเคมีด้าน a_w เป็นไปตามมาตรฐานของอาหารแห้งที่กำหนดให้ไม่เกิน 0.6 (นิธิยา, 2557) และมีร้อยละของความชื้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

การใช้แป้งพรีเจลลัดินซ์เมล็ดขนุนเพิ่มขึ้นในสูตรการผลิตส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่า L^* ลดลง เนื่องจากแป้งพรีเจลลัดินซ์เมล็ดขนุนมีสีคล้ำกว่าแป้งสาลี สอดคล้องกับ (รุ่งฤดี, 2547) ที่ใช้แป้งพรีเจลลัดินซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนวิช พบว่าค่า L^* ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งพรีเจลลัดินซ์เมล็ดขนุนมีค่า L^* น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งสาลี รวมทั้งการใช้แป้งพรีเจลลัดินซ์เมล็ดขนุนเพิ่มขึ้นยังส่งผลให้ค่า a_w ลดลงด้วย สอดคล้องกับ (รุ่งฤดี, 2547) ที่พบว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งพรีเจลลัดินซ์เมล็ดขนุนในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนวิชจะทำให้ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) นอกจากนี้พบว่าเมื่ออัตราส่วนแป้งพรีเจลลัดินซ์เมล็ดขนุนมากขึ้น ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์จะมีค่ามากขึ้นด้วย โดยค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ เกิดจากองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนในแป้งที่นำมาทดแทนน้อยกว่าในแป้งสาลี ทำให้การรวมตัวของโปรตีนกลายเป็นร่างแหของกลูเตนโดยใช้แรงยึดเหนี่ยวของพันธะทางเคมีระหว่างกรดอะมิโนมีความแข็งแรงน้อยกว่า โดจึงเก็บกักก๊าซได้น้อยลงในช่วงขั้นตอนการหมักและการอบ (มุทิตา, 2548) โดยสิ่งทดลองที่มีอัตราส่วนของแป้งพรีเจลลัดินซ์เมล็ดขนุนเยอะกว่าเนื้อจะแน่นและกรอบแข็งมากกว่า รวมทั้งการใช้แป้งพรีเจลลัดินซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนที่ 10 : 90 ทำให้ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์มีคะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุด สอดคล้องกับ (รุ่งฤดี, 2547) ที่ใช้แป้งพรีเจลลัดินซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนวิชอัตราส่วน 10:90 ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับมากที่สุด

อุณหภูมิในการอบสูง และระยะเวลาในการอบนานส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์มีการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* a^* และ b^* ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดขององค์ประกอบที่เป็นกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ เกิดเป็นสารสีน้ำตาลโดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจึงส่งผลต่อค่าสีในผลิตภัณฑ์ (นิธิยา, 2557) และ สอดคล้องกับผลการศึกษาในเค้กสปันจ์ (วิไล, 2557) รวมทั้งส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากการระเหยของน้ำเมื่อโดนความร้อน ซึ่งค่าปริมาณน้ำอิสระตามมาตรฐานอาหารแห้งต้องค่าไม่เกินร้อยละ 0.6 (นิธิยา, 2557) นอกจากนี้ พบว่า อุณหภูมิการอบสูงและระยะเวลาการอบนานส่งผลให้ความแข็งของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับผลการศึกษาในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบที่พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งพรีเจลลัดินซ์ที่ได้จากเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ที่อุณหภูมิสูง ความเร็วรอบต่ำ แป้งที่ได้จะมีโครงสร้างที่แข็งแรง มีความเป็นเจลสูง เมื่อนำผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ต้องใช้แรงในการทำให้แตกหักมากกว่าที่สภาวะอื่น (อาภัสรา และกุลยา, 2553)

ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์สูตรพัฒนาแล้ว พบว่ามีปริมาณเยื่อใยและปริมาณไขมันสูงกว่าสูตรพื้นฐาน รวมทั้งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและพลังงานน้อยกว่าสูตรพื้นฐานด้วย โดยปริมาณเยื่อใยและไขมันที่เพิ่มขึ้นคาดว่ามาจากการเพิ่มปริมาณแป้งพรีเจลลัดินซ์เมล็ดขนุนในผลิตภัณฑ์ (ประไพพรรณ และกุลยา, 2555) และในแป้งสาลีมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่าแป้งเมล็ดขนุน (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2550) จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สูตรพัฒนาแล้วมีพลังงานน้อยกว่าสูตรพื้นฐาน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วยังมีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม, 2555) และมีคุณภาพทางประสาทสัมผัส ไม่ต่างจากสูตรพื้นฐาน โดยมีค่าอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ค่า a^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงกับการศึกษาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ (ธีรวรรณ และสุกัญญา, 2554) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเมื่อดำเนินการในระหว่างการเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 13 สัปดาห์ พบว่า ค่าสีของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากแสงที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงพอยด์จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงใส ส่วนค่า a_w ของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นจากอากาศที่หลงเหลือในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มี a_w และความชื้นเพิ่มขึ้น (นิธิยา, 2557) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงจากการที่ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำสัมผัสอ่อนตัวลง ส่วนคุณภาพทางเคมีพบว่าในระหว่างการเก็บรักษา ไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในผลิตภัณฑ์จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ตกค้างในบรรจุภัณฑ์ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากออกซิเจนในอากาศที่มีอยู่ในบรรจุภัณฑ์เข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างอะตอมคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันได้สารแอลดีไฮด์และกรดไขมันโมเลกุลเล็กๆ จึงเป็นสาเหตุให้ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริก (TBA : ค่าทีบีเอ) ในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าทีบีเอนี้จะเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ บ่งบอกถึงการเสื่อมคุณภาพของไขมันในอาหาร เมื่อค่าทีบีเอมีค่า 0.1 ถึง 0.3 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมจะมีไขมันเสื่อมเสียเล็กน้อย แต่ถ้าค่าทีบีเอมากกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม จะทำให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้ และถ้าค่าทีบีเอมากกว่า 7 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม คือ ไขมันเสื่อมเสียคุณภาพมากขึ้น มีกลิ่นรุนแรง (Tanikawa, E., 1985) นอกจากนี้พบว่าเมื่อครบ 28 วัน ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนด คือจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจะต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และจำนวนปริมาณยีสต์และราจะต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) และมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กองบรรณาธิการ. (2557). แบ่งจากพืชอื่นทดแทนแป้งสาลี. *กสิกร*, 87(1), 38-41.
- กล้านรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. (2550). *เทคโนโลยีแป้ง*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กลุ่มสารสนเทศการเกษตร.(2562). **ขุ่น ข้อมูลเพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตรรายสินค้าของจังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ ประจำปีงบประมาณ 2562**. กรุงเทพฯ : สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จิรนาถ บุญคง. (2557 พฤษภาคม-สิงหาคม). การใช้สตาร์ชเมล็ดขนุนดัดแปรในการผลิตแผ่นแป้งสะเก้ง. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 45(2), 165-168.
- ดาร์รัตน์ นาคละอ, อาภัสสร แสงนาค และกุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์. (2554). **ผลของวิธีการเตรียมแป้งเมล็ด ขนุนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบ**. ชลบุรี : ภาควิชาวิทยาศาสตร์ การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ธีรวรรณ สุวรรณ และสุกัญญา วงวาท. (2554). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเมล็ดขนุน**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2557). **เคมีอาหาร**. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ประไพพรรณ เอมดวง และกุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์. (2555 พฤษภาคม-สิงหาคม). ผลของแป้งเมล็ดขนุน ปริมาณในซอสต์ต่อสมบัติทางกายภาพของสปีนจ์เค้กที่อบด้วยไมโครเวฟซึ่งเตรียมจากส่วนผสมเค้กเมล็ด ขนุนสำเร็จรูป. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 43(2), 197-200.
- ปริญญ์ โตเจริญ. (2552). *Easy cookies*. กรุงเทพฯ : อมรินทร์.
- ไพโรจน์ วิจัยจริย. (2545). **การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)**. เชียงใหม่ : คณะอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไพโรจน์ วิจัยจริย. (2555). **การออกแบบการทดลองขั้นสูง**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). เชียงใหม่ : คณะอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มุฑิตา ไทยวงศ์. (2548). **การทดแทนแป้งกล้วยและการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการผลิตแครกเกอร์**. กรุงเทพฯ : สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- รุ่งฤดี สกุลณา. (2547). **การใช้แป้งพรีเจลาตินซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนวิช**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- วสุนทรา รตโนภาส. (2560, มกราคม-มิถุนายน). กินดีสำหรับสุขภาพดีในศตวรรษที่ 21. **สังกัด : วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.)**, 4(1), 1-13.
- วิวัฒน์ วงศ์อรุณ. (2561 มกราคม-เมษายน). การแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากเมล็ดขนุนที่เป็นของเหลือใช้ใน ชุมชนบ้านหนองปลายทาง ตำบลไร่เก่า อำเภอสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. **วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 13(2), 132-144.
- วิไล รัชดาทอง. (2557). **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2555). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมปังกรอบ มผช 523/2555**. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. (2540). **ข้าวสาลี**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อาภัสรา แสงนาค และกุลยา ล้อมรุ่งเรืองรัตน์. (2553). **ภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนสำหรับผลิตขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบ**. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาดงใหญ่.
- AOAC. (2000). **Official Method of Analysis of AOAC International**. (17 th ed.). Gaithersburg, MD, U.S.A.
- Pearson, D. (1976). **The chemical analysis of food**. Churchill living stine. London. England
- Tanikawa, E. (1985). **Marine Product in Japan**. (2 nd ed.). Koseisha-koseikaku, Co., Ltd., Tokyo.
- Thamontont Jang. (2020). **ปีน “ขนุนทอดกรอบ เพิ่มมูลค่าขนุนไทย พบส่งออกครั้งแรก ปี 2563 โต 24.94%**. [Online]. Available: <https://www.bltbangkok.com/news/29244/> [2564, กุมภาพันธ์ 23].
- Wijesinghe, J.A.A.C., Wicramasinghe, I. & Saranandha, K.H. (2016). Effect of different modification methods on gelatinization properties and amylose content of kithul (*Caryota urens*) flour. **Pakistan Journal of Nutrition**, 15, 312-318.