

ผลของการใช้แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์เพื่อลดการดูดซับน้ำมัน ของผลิตภัณฑ์กล้วยแขก

Effect of Pre-gelatinized rice flour to reduce fat absorption in deep-fried sliced banana fritters

สุกัญญา กล่อมจอหอ¹ จิตวิวัฒนา ค่ำกลิ้ง² และปทุมพร โสติรัตนพันธุ์^{2*}
Sukanya Klomjoho¹, Chitiwattana Khamkling² and Patumporn Sottirattanapan^{2*}

รับบทความ 26 สิงหาคม 2564/ ปรับแก้ไข 3 ตุลาคม 2564/ ตอบรับบทความ 10 ตุลาคม 2564

Received: August 26, 2021/ Revised: October 3, 2021/ Accepted: October 10, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งข้าวเจ้าสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในแป้งชุบทอดที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแขก โดยศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ผลจากการใช้แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 2 4 6 และ 8 ในการเตรียมน้ำแป้งชุบทอด พบว่าร้อยละของน้ำหนักกล้วยหลังชุบน้ำแป้ง (Coating pick up) มีค่าเท่ากับ 43.29 44.56 49.67 และ 53.17 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่ากล้วยชุบน้ำแป้งที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าที่มีค่าเท่ากับ 36.54 ($p \leq 0.05$) ร้อยละของน้ำหนักกล้วยแขกหลังทอด (Coating yield) มีค่าเท่ากับ 4.42 6.08 10.61 และ 11.22 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่ากล้วยแขกสูตรปกติที่มีค่าเท่ากับ -0.62 ($p \leq 0.05$) กล้วยแขกสูตรที่ใช้แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งข้าวเจ้ามีความชื้นร้อยละ 32.49 33.08 33.53 และ 34.31 โดยน้ำหนักตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่ากล้วยแขกสูตรปกติที่มีความชื้นร้อยละ 30.26 โดยน้ำหนัก ($p \leq 0.05$) ปริมาณไขมันมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 13.21 11.87 11.12 และ 9.26 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ในขณะที่กล้วยแขกสูตรปกติมีไขมันร้อยละ 15.42 โดยน้ำหนัก ซึ่งสูงกว่ากล้วยแขกที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้พบว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 2-8 สามารถลดปริมาณไขมันในกล้วยแขกได้ร้อยละ 14.29 23.05 27.87 และ 39.92 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยแขกสูตรปกติ โดยกล้วยแขกที่ใช้แป้งชุบทอดที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 2 ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงกว่ากล้วยแขกสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Abstract

The aim of this research was to study the effect of pre-gelatinized rice flour substituted with rice flour on the quality of deep-fried sliced banana fritters. The physical, chemical and sensory characteristics of the products were investigated. The results showed that using pre-gelatinized rice flour instead of 2, 4, 6, and

¹ รองศาสตราจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

¹ Assoc. Prof. in Food Science and Technology Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima 30000

² อาจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

² Lecturer in Food Science and Technology Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima 30000

* Corresponding author: Patumporns2000@yahoo.com

8% of rice flour in the preparation of fritters made the percentages of banana weight after coating pick up higher than using rice flour from 36.54 to 43.29, 44.56, 49.67, and 53.17, respectively ($p < 0.05$). The percentages of coating yield were 4.42, 6.08, 10.61, and 11.22, respectively, which were higher than using rice flour at -0.62 ($p \leq 0.05$). The moisture content of deep-fried banana using pre-gelatinized rice flour substituted to rice flour was 32.49, 33.08, 33.53, and 34.31%, respectively, which were higher than using rice flour coated bananas (30.26% of moisture content) with $p \leq 0.05$. Fats content in pre-gelatinized rice flour substituted to rice flour was found at 13.21, 11.87, 11.12, and 9.26%, respectively, which were lower than using rice flour coated bananas (15.42%) with $p \leq 0.05$. It was found that comparing deep-fried banana coating with rice flour and pre-gelatinized rice flour instead of rice flour 2 - 8%, the pre-gelatinized rice flour were able to reduce the fats content of deep-fried banana by 14.29, 23.05, 27.87, and 39.92%, respectively. In addition, the deep-fried banana coated with pre-gelatinized rice flour instead of 2% rice flour received a statistically significantly higher score on appearance, colors, tastes, texture, and overall acceptances than the others ($p \leq 0.05$).

คำสำคัญ: แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ กล้วยแขก การดูดซับน้ำมัน

Keywords: Pre-gelatinized rice flour, deep-fried sliced banana fritters, oil absorption

บทนำ

กล้วยแขก (Deep-fried sliced banana fritters) เป็นขนมไทยชนิดหนึ่งซึ่งปรุงโดยการนำกล้วยมาหั่นเป็นแผ่นแล้วชุบน้ำแป้งที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้า มะพร้าวขูด น้ำตาล เกลือ แล้วนำไปทอดในน้ำมันร้อน กล้วยแขกเป็นอาหารว่างที่คนไทยนิยมรับประทานและมีการขายทั่วไป แต่แป้งที่ใช้ชุบกล้วยจะดูดซับน้ำมันไปได้มาก จึงทำให้กล้วยแขกมีปริมาณไขมันสูง สถาบันอาหาร โครงการอาหารปลอดภัย (2554) ได้สุ่มตรวจปริมาณไขมันในกล้วยแขก พบว่ากล้วยแขกที่จำหน่ายในย่านชุมชนของกรุงเทพมหานครมีปริมาณไขมันร้อยละ 10-20 และมีรายงานว่าอาหารที่ผ่านการทอดส่วนใหญ่มีแคลอรีสูงเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ผ่านการปรุงด้วยกรรมวิธีอื่นๆ รวมทั้งวัตถุดิบที่จะนำไปทอดมักถูกชุบด้วยแป้งทอดกรอบก่อนจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ของทอดมีแคลอรีสูง โดยมันฝรั่งอบน้ำหนัก 100 กรัม ให้พลังงาน 93 แคลอรี และไขมัน 0 กรัม ในขณะที่เฟรนช์ฟรายส์หรือมันฝรั่งทอด 100 กรัม ให้พลังงานสูงถึง 319 แคลอรี และไขมัน 17 กรัม (สุขภาพ. 2564) การทอดอาหารส่วนใหญ่ใช้น้ำมันปาล์มเนื่องจากมีสมบัติทนต่อการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ที่อุณหภูมิสูงได้ (วิภาวรรณ ศรีมุข, 2545) แต่น้ำมันปาล์มมีไขมันอิ่มตัวอยู่มากมีผลทำให้เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ เช่น โรคอ้วน โรคความดันโลหิตสูง และโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด เป็นต้น (อโนมา กลิ่นเจริญ, 2539)

แม้อาหารทอดจะส่งผลเสียต่อร่างกายหากรับประทานในปริมาณมากหรือรับประทานติดต่อกันเป็นเวลานาน แต่ด้วยรสชาติและความกรอบของอาหารทอดจึงยังคงทำให้อาหารทอดเป็นที่นิยมของผู้บริโภค การดูดซับน้ำมันของอาหารในการทอดแบบน้ำมันท่วม

(Deep fat frying) เกิดขึ้นเมื่อนำตัวอย่างอาหารทอดขึ้นจากน้ำมัน ปริมาณน้ำมันบริเวณผิวหน้าอาหารจะถูกดูดซับเข้าไปแทนที่น้ำที่เกิดการสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการทอด ดังนั้นยังมีการสูญเสียน้ำมันมากขึ้น ก็จะก่อให้เกิดการดูดซับน้ำมันมากขึ้นตามไปด้วย (Bouchon. 2009) หากสามารถลดปริมาณน้ำมันในอาหารทอดลงได้จะช่วยลดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคอาหารทอดได้ มีรายงานการวิจัยของ Dogan et al. (2005) พบว่านักเก็ตไก่ชุบน้ำแป้งชุบทอด (Batter) ที่มีส่วนผสมของแป้งข้าว หลังผ่านการทอดทำให้นักเก็ตไก่มีค่าการดูดซับน้ำมันลดลง Shih et al. (2005) พบว่าน้ำแป้งชุบทอดที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวพรีเจลาติไนซ์ ร้อยละ 5 สามารถลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์ผักกระเจียบชุบแป้งทอดได้ถึงร้อยละ 51 เมื่อเทียบกับน้ำแป้งชุบทอดที่เตรียมจากแป้งสาลี ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการลดปริมาณไขมันในกล้วยแขกด้วยการลดการดูดซับน้ำมันของกล้วยแขกในขณะทอดโดยใช้แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ (Pre-gelatinized rice flour) เป็นส่วนผสมของน้ำแป้งชุบทอด เนื่องจากแป้งพรีเจลาติไนซ์มีสมบัติในการเคลือบผิวหน้าของชิ้นอาหาร ซึ่งจะส่งผลต่อการลดการสูญเสียความชื้นในอาหารและลดการดูดซับน้ำมันเข้าสู่ชิ้นอาหารทอดได้ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ในแป้งข้าวเจ้าเพื่อใช้เป็นแป้งชุบทอดต่อการลดการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์กล้วยแขก

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์และการตรวจสอบคุณภาพ

นำแป้งข้าวเจ้า (Rice flour) ทางการค้า ตรา New grade มาเตรียมน้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 40 (w/w) ป้อนเข้าเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (Drum dryer, DOFM 19/26, Owner foods machinery, Thailand) ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.1 มิลลิเมตร ความเร็วรอบ 0.33 รอบ/นาที อุณหภูมิลูกกลิ้ง 120 องศาเซลเซียส ความดัน 30 ปอนด์/ตารางนิ้ว (ดัดแปลงจาก ปิยะพร ภัทรกิจจักร, 2547) นำแผ่นแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ที่ผ่านเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่เข้าอบในตู้อบแบบถาด (Tray dryer, CM-1000, CM, Thailand) อุณหภูมิ 50 ± 5 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นลดลงเหลือไม่เกินร้อยละ 8 (อุมาภรณ์ อภิชาชาญ และสุภารัตน์ เจริญยั่งยืน, 2549) จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดอาหารแห้ง (Multi-function disintegrator, WF-20B, Thairgrinder, Thailand) แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 เมช เก็บแป้งใส่ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (Polyethylene) ปิดผนึกด้วยความร้อนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 5 องศาเซลเซียส)

ตรวจสอบคุณภาพของแป้งข้าวเจ้าทางการค้า และแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ ได้แก่ สี $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดสีสำหรับของแข็ง (HunterLab, MiniScan EZ, USA) การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (Perten, TecMaster, Newport Scientetific, Australia) ตามวิธีของ Wadchararat et al. (2006) ความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) และความสามารถในการพองตัว ตามวิธีของ Leach et al. (1959) โดยนำตัวอย่างแป้งน้ำหนัก 0.1 กรัม เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที กวนอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นนำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงที่ 1600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสออก แล้วชั่งน้ำหนักส่วนที่ตกตะกอน คำนวณค่าความสามารถในการพองตัวจากสูตร

$$\text{ความสามารถในการพองตัว} = \frac{\text{น้ำหนักของส่วนที่ตกตะกอน (กรัม)}/\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$$

2. การเตรียมตัวอย่างกล้วย

คัดเลือกกล้วยน้ำว้าที่มีระยะการสุกที่ 4 ซึ่งผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น และมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว (Soltani et al., 2011) ผลมีขนาดกว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 11-13 เซนติเมตร นำมาล้างทำความสะอาด

สะอาดและปอกเปลือก จากนั้นนำมาหั่นตามยาวของผลให้เป็นแผ่นหนา 5.0 ± 0.5 มิลลิเมตร ก่อนนำไปชุบน้ำแป้ง

3. การเตรียมแป้งชุบทอดและการทอดกล้วยแขก

เตรียมส่วนผสมของแป้งชุบทอด โดยใช้แป้งข้าวเจ้าทางการค้าและทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้า พรีเจลาติไนซ์ที่ระดับร้อยละ 0 2 4 6 และ 8 โดยน้ำหนัก ซึ่งส่วนผสมสำหรับเตรียมแป้งชุบทอดตามตารางที่ 1 จากนั้นนำน้ำสะอาดอุณหภูมิห้องมาผสมกับส่วนผสมของแห้งในอัตราส่วน 1 : 1.2 (w/w) คนส่วนผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้ 15 นาที และคนส่วนผสมอีกครั้งก่อนนำขึ้นกล้วยจุ่มชุบน้ำแป้ง

นำขึ้นกล้วยที่ชุบน้ำแป้งลงไปทอดแบบน้ำมันท่วมในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 150 ± 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที นำขึ้นสะเด็ดน้ำมัน แล้วผึ่งบนตะแกรงให้เย็นลง ก่อนบรรจุลงถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ปิดผนึกด้วยความร้อนและเก็บที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 5 องศาเซลเซียส) ก่อนนำไปตรวจสอบคุณภาพ

4. การวิเคราะห์และการตรวจสอบคุณภาพ

4.1 การวิเคราะห์ความหนืดของน้ำแป้งชุบทอด

เตรียมน้ำแป้งชุบทอดที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ระดับร้อยละ 0-8 โดยซึ่งส่วนผสมตามตารางที่ 1 จากนั้นนำน้ำสะอาดอุณหภูมิห้องมาผสมกับส่วนผสมของแห้งในอัตราส่วน 1 : 1.2 (w/w) คนส่วนผสมนาน 5 นาที และพักไว้ 15 นาที ที่อุณหภูมิ 30 ± 5 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Digital Viscometer (DV-2T, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., USA) โดยใช้ spindle number LV03 ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที

4.2 การวิเคราะห์ร้อยละของน้ำหนักกล้วยหลังชุบน้ำแป้ง (Coating pick up)

ชั่งน้ำหนักกล้วยก่อนชุบน้ำแป้ง นำขึ้นกล้วยจุ่มลงในน้ำแป้ง และชั่งน้ำหนักขึ้นกล้วยหลังชุบน้ำแป้ง คำนวณร้อยละของน้ำหนักกล้วยหลังชุบน้ำแป้ง จากสูตร

$$\% \text{Coating pick up} = \frac{[(\text{น้ำหนักกล้วยหลังชุบน้ำแป้ง} - \text{น้ำหนักกล้วยก่อนชุบน้ำแป้ง}) / \text{น้ำหนักกล้วยก่อนชุบน้ำแป้ง}] \times 100}$$

4.3 การวิเคราะห์ร้อยละของน้ำหนักกล้วยแชกหลังทอด (Coating yield)

ชั่งน้ำหนักขึ้นกล้วยหลังชุบน้ำแป้ง และชั่งน้ำหนักกล้วยแชกหลังทอดแล้ว คำนวณร้อยละ ของน้ำหนักกล้วยแชกหลังทอด จากสูตร

%Coating yield = [(น้ำหนักกล้วยแขกหลังทอด-น้ำหนักกล้วยหลังชุบน้ำแป้ง)/น้ำหนักกล้วยหลังชุบน้ำแป้ง] x100

4.4 การวิเคราะห์ผลผลิตกล้วยแขกทางเคมี

นำกล้วยแขกที่ทอดแล้วมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น และปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

4.5 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์กล้วยแขก

นำกล้วยแขกที่ทอดแล้วมาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง TA.XT plus texture analyzer (Micro Stable System, UK) ใช้หัววัดแบบบอล (Ball Probe, P/2) ระยะห่างระหว่างตัวอย่างกับหัววัด 2 มิลลิเมตร หัววัดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 มิลลิเมตรต่อวินาที จนกระทั่งหัววัดกดลงบนตัวอย่าง 50% บันทึกค่าความแข็ง (Hardness) มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

4.6 การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์กล้วยแขกทางประสาทสัมผัส

นำกล้วยแขกที่ทอดแล้วไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale (คะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด) โดยให้ผู้ทดสอบชิมประเมินความชอบที่มีต่อคุณภาพของกล้วยแขกทางด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม จำนวน 30 คน

5. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับการวัดคุณภาพด้านเคมีและกายภาพ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก (Randomized Completely Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS Version 24

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของแป้งชุบทอดกล้วยแขก

ส่วนผสม	ทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้าฟริเจลาตินซ์ (กรัม)				
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 2	ร้อยละ 4	ร้อยละ 6	ร้อยละ 8
แป้งข้าวเจ้า	144	141.12	138.24	135.36	132.48
แป้งข้าวเจ้าฟริเจลาตินซ์	0	2.88	5.76	8.64	11.52
แป้งสาลีอเนกประสงค์	16	16	16	16	16
เกลือป่น	3	3	3	3	3
น้ำตาลปีบ	180	180	180	180	180
รวม	343	343	343	343	343

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

คุณภาพของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าฟริเจลาตินซ์

ค่าสี ปริมาณความชื้น และความสามารถในการพองตัวของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าฟริเจลาตินซ์ แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าค่า L* ของแป้งข้าวเจ้าสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าฟริเจลาตินซ์ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่า a* และ b* ของแป้งข้าวเจ้าต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้าฟริเจลาตินซ์ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวเจ้าฟริเจลาตินซ์มีความสว่างลดลงและมีสีเหลืองมากขึ้น หลังผ่านกระบวนการผลิต เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าได้รับความร้อนจากลูกกลิ้ง (Drum) ในระหว่างการทำแห้ง น้ำแป้ง จึงเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction)

ขึ้นในแป้งข้าวเจ้าฟริเจลาตินซ์ ปริมาณความชื้นของแป้งฟริเจลาตินซ์มีค่าต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าฟริเจลาตินซ์ได้รับความร้อนจากเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง และการอบแห้งแป้งอีกครั้ง ความสามารถในการพองตัวของแป้งข้าวเจ้าฟริเจลาตินซ์มีค่าสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในกระบวนการผลิตแป้งฟริเจลาตินซ์ใช้อุณหภูมิสูงถึง 120 องศาเซลเซียส จึงทำให้พันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของสตาร์ชบางส่วนถูกทำลาย น้ำจึงสามารถซึมเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลอิสระของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินได้ ส่งผลให้เม็ดสตาร์ชดูดน้ำและพองตัวได้มากขึ้น (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

ตารางที่ 2 ค่าสี ความชื้นและความสามารถในการพองตัวของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์

ชนิดแป้ง	ค่าสี			ความชื้น* (ร้อยละ)	ความสามารถ ในการพองตัว* (กรัม/กรัม)
	ความสว่าง* (L*)	สีแดง* (a*)	สีเหลือง* (b*)		
แป้งข้าวเจ้า	98.89±0.56	-0.04±0.01	3.23±0.02	8.27±0.04	8.64±0.20
แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์	92.66±0.27	0.08±0.01	6.64±0.20	2.66±0.01	11.44±0.39

* หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

พฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าเวลาที่เกิดความหนืดสูงสุด (Peak time) และอุณหภูมิที่แป้งเริ่มเกิดเจล (Pasting temperature) ของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์มีค่าต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการเกิดเจลาติไนซ์เซชันทำให้เม็ดแป้งถูกทำลาย ทำให้ส่วนที่เป็นผลึก (Crystalline structure) ของโมเลกุลเกิดการแตกหัก (Breakdown) จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้แป้งพรีเจลาติไนซ์สามารถดูดซับน้ำได้ดีและขยายตัวได้เร็ว จึงใช้เวลาสั้นลงในการเกิดความหนืดสูงสุด โดยแป้งพรีเจลาติไนซ์สามารถเกิดการละลายและให้ความข้นหนืดได้ทันทีโดยไม่ต้องอาศัยความร้อนหรือใช้ความร้อนน้อยลง (Na Nakorn et al., 2009) แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ที่มีความสามารถดูดน้ำได้ดีจึงพองตัวมากและให้ความหนืดสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) และค่าความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (Breakdown viscosity)

ของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์มีค่าสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการเกิดเจลาติไนซ์เซชันเป็นการทำลายโครงสร้างผลึกภายในเม็ดแป้ง เม็ดแป้งจึงดูดน้ำได้มากขึ้นพร้อมกับพองตัวขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งโครงสร้างของเม็ดแป้งสลายไป เกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ จึงส่งผลให้ความหนืดสูงสุดเพิ่มขึ้น เมื่อยังคงให้ความร้อนต่อไปเม็ดแป้งจะแตกตัวได้มากจึงส่งผลให้ความหนืดต่ำสุดมีค่าต่ำและส่งผลให้เบรกดาวน์มีค่าสูง ซึ่งเบรกดาวน์เป็นผลต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Muchlisiyah et al. (2020) ส่วนค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (Setback viscosity) และค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) ของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์มีค่าต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการลดอุณหภูมิทำให้สายอะไมโลสที่แตกหักมากของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์สามารถกลับมาจัดเรียงตัวใหม่หรือเกิดรีโทรเกรเดชันได้น้อยกว่าแป้งข้าว (Muchlisiyah et al., 2020)

ตารางที่ 3 พฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์

ชนิดแป้ง	Peak time* (min)	Pasting temp.* (°C)	Pasting properties (RVU)				
			Peak viscosity*	Trough*	Breakdown viscosity*	Setback viscosity*	Final viscosity*
แป้งข้าวเจ้า	6.38±0.05	90.52±0.25	132.33±0.65	106.75	25.75±0.15	156.16±1.08	262.74±2.50
แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์	5.37±0.10	79.95±0.30	154.26±0.46	83.03	71.20±0.10	143.48±0.95	226.28±1.87

* หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของน้ำแป้งชุปทอดที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ ได้แก่ ความหนืด ร้อยละของน้ำหนักร้อยหลังชุปน้ำแป้ง ร้อยละของน้ำหนักร้อยหลังแช่แชกหลังทอด และค่าความแข็ง แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าน้ำแป้งที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ทุกระดับ

ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำแป้งชุปทอดมีค่าความหนืดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยน้ำแป้งที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ร้อยละ 8 มีความหนืดสูงกว่าน้ำแป้งที่ไม่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ถึง 4.5 เท่า แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดของน้ำแป้งชุปทอดเมื่อทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้า

พรีเจลาตินส์สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shih et al. (2005) ที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งพรีเจลาตินส์ที่ร้อยละ 0-8 ทำให้น้ำแป้งชุบทอดมีความหนืดเพิ่มขึ้นจาก 561 cPs เป็น 2340 cPs

เมื่อนำกล้วยชุบน้ำแป้งที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาตินส์ระดับสูงขึ้น ทำให้ร้อยละของน้ำหนักกล้วยหลังชุบน้ำแป้ง (Coating pick up) และร้อยละของน้ำหนักกล้วยแชกหลังทอด (Coating yield) มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) พบว่าร้อยละของน้ำหนักกล้วยหลังชุบน้ำแป้งและร้อยละของน้ำหนักกล้วยแชกหลังทอดของน้ำแป้งสูตรต่างๆ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนืดของน้ำแป้ง เมื่อจุ่มกล้วยในน้ำแป้งที่มีความหนืดต่ำ (สูตรน้ำแป้งที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้า) การเกาะติดของน้ำแป้งที่ขึ้นกล้วยน้อย เมื่อนำไปทอดจึงส่งผลให้ร้อยละของน้ำหนักกล้วยแชกมีค่าต่ำ ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของน้ำแป้งชุบทอดกับน้ำหนักอาหารหลังชุบน้ำแป้งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Salvador et al. (2004) และ Vongsawasdi et al. (2008) ที่พบว่าปลาหมึกและเนื้อไก่ชุบน้ำแป้งที่มีความหนืดสูงส่งผลให้น้ำหนักหลังชุบน้ำแป้งสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้ในการผลิตแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาตินส์ พันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของสตาร์ชบางส่วนถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำสามารถเข้าไปจับกับหมู่ไฮดรอกซิลอิสระได้ง่าย ทำให้ เม็ดสตาร์ช

ดูดน้ำและพองตัวมากขึ้น (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) ส่งผลให้น้ำแป้งที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้า พรีเจลาตินส์มีความหนืดสูง และการเกิดเจลาติไนซ์เซชันของแป้งทำให้โมเลกุลสตาร์ชถูกทำลาย ผลึกสตาร์ชข้าวเจ้าจึงโปร่งขึ้นและดูดน้ำได้มากขึ้น โมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งลดลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ช้าจึงส่งผลให้ความหนืดสูงขึ้น (ลลนา ยังประสิทธิพร, 2532) น้ำแป้งจึงเกาะติดกับชิ้นกล้วยได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้น้ำแป้งชุบทอดที่มีความหนืดสูงกว่า 2400 cPs จะทำให้น้ำแป้งมีความหนืดมากเกินไปจนจะเคลือบชิ้นอาหารได้อย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้แป้งชุบทอดเป็นก้อนและหนาเกินไปเมื่อทอดสุก อีกทั้งการเคลือบของน้ำแป้งที่มีความหนาและบางไม่สม่ำเสมอจะส่งผลต่อการสุกและการดูดซับน้ำมันด้วย (Shih et al. 2005)

กล้วยแชกทอดที่ชุบน้ำแป้งที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาตินส์ ร้อยละ 8 มีค่าความแข็งสูงสุด ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ ในขณะที่ที่กล้วยแชกทอดชุบน้ำแป้งที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาตินส์ ร้อยละ 0-6 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากการชุบน้ำแป้งที่มีความหนืดสูง น้ำแป้งสามารถเกาะติดขึ้นกล้วยได้มาก ทั้งก่อนทอดและหลังทอด ดังนั้นความหนาของแป้งที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้เนื้อสัมผัสแข็งมากขึ้น

ตารางที่ 4 คุณภาพด้านกายภาพของน้ำแป้งชุบทอดที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งพรีเจลาตินส์

การทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาตินส์	ความหนืด (cPs)	Coating pick up (ร้อยละ)	Coating yield (ร้อยละ)	ความแข็ง (N)
ร้อยละ 0	661.20 ^c ±5.26	36.54 ^d ±4.41	-0.62 ^c ±0.22	0.2394 ^b ±0.021
ร้อยละ 2	937.00 ^d ±16.41	43.29 ^c ±3.59	4.42 ^b ±0.59	0.2650 ^b ±0.016
ร้อยละ 4	1549.80 ^c ±20.27	44.56 ^c ±2.67	6.08 ^b ±1.31	0.2784 ^b ±0.038
ร้อยละ 6	2237.00 ^b ±17.59	49.67 ^b ±4.33	10.61 ^a ±1.95	0.3454 ^b ±0.059
ร้อยละ 8	2917.00 ^a ±9.92	53.17 ^a ±3.18	11.22 ^a ±1.61	0.4602 ^a ±0.016

a,b...ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

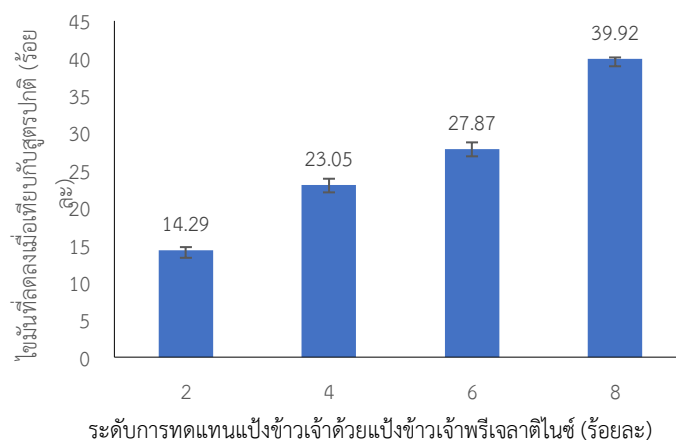
ปริมาณความชื้นของกล้วยแชกสูตรที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาตินส์ร้อยละ 2-8 มีค่าสูงกว่ากล้วยแชกสูตรปกติที่ไม่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาตินส์ ($p < 0.05$) ในขณะที่ปริมาณไขมันของกล้วยแชกสูตรที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาตินส์มีค่าต่ำกว่ากล้วยแชกสูตรปกติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vongsawasdi et al. (2008) ที่พบว่าถ้าผลิตภัณฑ์อาหารทอดเกิดการสูญเสียความชื้นในระหว่างการทอดต่ำ ชิ้นอาหารจะมีช่องว่างให้น้ำมันซึมเข้าไปได้น้อยลง จึงทำให้ปริมาณ

ไขมันมีค่าต่ำ การใช้แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาตินส์เป็นส่วนผสมในแป้งชุบทอด เม็ดสตาร์ชของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาตินส์สามารถดูดน้ำได้มากกว่าแป้งข้าวเจ้าปกติเมื่อแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาตินส์ได้รับความร้อนในระหว่างการทอดจึงเกิดเจลได้อย่างรวดเร็ว จึงสามารถรักษาความชื้นไว้ในชิ้นกล้วยแชกได้ดี อีกทั้งเจลของแป้งชุบทอดที่มีแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาตินส์เป็นส่วนผสมจะเคลือบผิวหน้าของชิ้นกล้วย จึงช่วยลดการสูญเสียความชื้นและลดการดูดซับน้ำมันเข้าสู่ชิ้นอาหารทอดได้ ทั้งนี้การเคลือบที่ของความชื้นและไขมัน จะสวนทางกันขณะได้รับความร้อนระหว่าง

การทอด โดยความชื้นจะเคลื่อนที่ออกจากผลิตภัณฑ์ ส่วนไขมันจะเคลื่อนที่เข้าสู่ผลิตภัณฑ์ หากชิ้นอาหารได้รับการเคลือบด้วยสารที่มีสมบัติเป็นเจลก็จะช่วยลดการเคลื่อนที่ของความชื้นและไขมัน (Mallikar et al., 1997) ทั้งนี้นอกจากการใช้แป้งตัดแปรแล้วยังสามารถใช้สารในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ แชนแทนกัม กัวร์กัม และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เพื่อลดการดูดซับน้ำมันในอาหารทอดได้ (Lumanlan et al. 2019)

ร้อยละของการลดลงของปริมาณไขมันในกล้วยแขกเมื่อทอดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์แสดงดังภาพที่ 1 พบว่ากล้วยแขกที่ทอดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ในน้ำแป้งชุบทอดร้อยละ 2 4 6 และ 8 สามารถลดปริมาณไขมันได้ร้อยละ 14.29 23.05 27.87 และ 39.92 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไขมันในกล้วยแขกสูตรปกติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ น้ำแป้งชุบทอดที่ใช้สตาร์ชหรือแป้งดิบ (Native starch or flour) ที่มีการพองตัวในน้ำร้อนจะดูดน้ำมันได้มากในขณะทอด หากใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์ทดแทนการใช้แป้งดิบ แป้งพรีเจลาติไนซ์จะดูดน้ำได้โดยไม่อาศัยความร้อน สามารถละลายและให้ความหนืดได้ในน้ำเย็น โดยเจลของแป้งพรีเจลาติไนซ์จะทำหน้าที่เป็นสารเคลือบ (Coating agent) ซึ่งเป็นตัวกั้นน้ำมัน ส่งผลให้น้ำมันเข้าสู่ชิ้นอาหารในขณะทอดได้น้อยลง (Butt et al., 2018) ดังนั้นในการทอดกล้วยแขก เจลของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์จึงช่วยลดการเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากกล้วยแขกและลดการเคลื่อนที่ของน้ำมันเข้าไปในชั้นกล้วยแขกในระหว่างการทอดจึงช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้

ผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของกล้วยแขกแสดงดังตารางที่ 6 พบว่าลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของกล้วยแขก



ภาพที่ 1 ร้อยละการลดลงของไขมันในกล้วยแขกเมื่อทอดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ในน้ำแป้งชุบทอด
วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2564)
Science and Technology Research Journal Nakhon Ratchasima Rajabhat University Vol.6 No.2 (July – Dec 2021)

ที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ในน้ำแป้งชุบทอดร้อยละ 2 มีคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบสูงกว่ากล้วยแขกสูตรปกติ ($p \leq 0.05$) คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบที่มีต่อกล้วยแขกมีความสัมพันธ์กับร้อยละของน้ำหนักล้วยหลังชุบน้ำแป้ง ร้อยละของน้ำหนักล้วยแขกหลังทอด และค่าความแข็ง โดยพบว่าสูตรที่เติมแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ในน้ำแป้งชุบทอดในระดับสูงขึ้น ส่งผลให้ร้อยละของน้ำหนักล้วยหลังชุบน้ำแป้ง และร้อยละของน้ำหนักล้วยแขกหลังทอดมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งหมายถึงการเกาะตัวของแป้งชุบทอดที่ขึ้นกล้วยมากขึ้น เมื่อทอดสุกแป้งชุบทอดจึงหนามากขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งของกล้วยแขกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย และคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบมีความชอบกล้วยแขกที่มีความหนาของแป้งชุบทอดไม่มากจนเกินไป เพราะหากแป้งหนาเกินไปจะไปส่งผลให้กล้วยแขกมีเนื้อสัมผัสแข็งและเหนียว

ตารางที่ 5 ความชื้นและไขมันของกล้วยแขกสูตรต่างๆ

การทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์	ความชื้น (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)
ร้อยละ 0	30.26 ^d ±0.77	15.42 ^a ±0.45
ร้อยละ 2	32.49 ^c ±0.49	13.21 ^b ±0.33
ร้อยละ 4	33.08 ^{bc} ±0.59	11.87 ^c ±0.46
ร้อยละ 6	33.53 ^{ab} ±0.22	11.12 ^d ±0.45
ร้อยละ 8	34.31 ^a ±0.27	9.26 ^e ±0.28

^{a,b...}ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยแขกสูตรต่างๆ

ระดับการทดแทนแป้งข้าวเจ้า ด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลลาตินส์	ลักษณะ ปรากฏ	สี	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ร้อยละ 0	7.30 ^b ±0.97	7.45 ^b ±0.71	6.75 ^c ±0.81	6.85 ^c ±1.04	7.20 ^c ±0.76
ร้อยละ 2	8.25 ^a ±0.67	8.10 ^a ±0.87	8.40 ^a ±1.02	8.15 ^a ±1.26	8.30 ^a ±0.98
ร้อยละ 4	7.65 ^b ±0.74	7.25 ^b ±1.08	7.00 ^{bc} ±1.29	7.15 ^b ±1.19	7.35 ^{bc} ±1.14
ร้อยละ 6	7.35 ^b ±0.87	7.35 ^b ±0.75	7.25 ^{bc} ±0.88	7.55 ^{abc} ±0.88	7.60 ^{bc} ±0.61
ร้อยละ 8	7.65 ^b ±0.91	7.35 ^b ±0.78	7.45 ^b ±0.82	7.60 ^{ab} ±0.87	7.80 ^{ab} ±0.86

a,b...ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

การทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลลาตินส์ในแป้งชุบทอดสามารถลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์กล้วยแขกได้ โดยเมื่อทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลลาตินส์ในระดับสูงขึ้นทำให้ปริมาณไขมันในกล้วยแขกลดลงมากขึ้น แป้งข้าวเจ้าพรีเจลลาตินส์ทำให้ความหนืดของน้ำแป้งและน้ำหนักรวมของกล้วยหลังชุบน้ำแป้งมีค่าสูงขึ้น กล้วยแขกหลังทอดมีน้ำหนักรวมสูงขึ้นและเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น การทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลลาตินส์ตั้งแต่ร้อยละ 4 ขึ้นไป ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยแขกด้อยลง ดังนั้นเมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัส และปริมาณไขมันที่ลดลง พบว่า การทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลลาตินส์ ในแป้งชุบทอดร้อยละ 2 เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในแป้งชุบทอดกล้วยแขก เนื่องจากกล้วยแขกมีเนื้อสัมผัสด้านความแข็งไม่แตกต่างจากสูตรปกติ ($p > 0.05$) ปริมาณไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรปกติ ($p \leq 0.05$) และได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบทุกคุณลักษณะสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- ปิยะพร ภทรกิจกำจร. (2547). *การศึกษาสูตรและสภาวะการทอดที่เหมาะสมของแป้งชุบทอดดูดซับน้ำมันต่ำจากแป้งข้าวโพดอะไมโลสสูง แป้งข้าวเจ้าพรีเจล และแป้งข้าวเจ้า* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).
- ถัสนา ยังประสิทธิ์พร. (2532). *การใช้แป้งข้าวพรีเจลลาตินส์ในขนมจีน* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- วิภาวรรณ ศรีมุข. (2545). น้ำมันพืชสำหรับบริโภค.

- วารสารกรมวิทยาศาสตร์, 50(160), น. 9-12.
- สถาบันอาหารโครงการอาหารปลอดภัย. (2554). ไขมันในกล้วยแขก. *ไทยรัฐ*. สืบค้นเมื่อ 4 มิถุนายน 2564, จาก <https://www.thairath.co.th/content/163872>
- สุภาพ. (2564). ของทอด ความกรอบร่อยที่แฝงไปด้วยอันตราย. *พบแพทย์*. สืบค้นเมื่อ 30 กันยายน 2564, จาก <https://www.pobpad.com/ของทอด-ความกรอบร่อย>
- อโนมา กลิ่นเจริญ. (2539). ฟาสต์ฟูด ข้าวแกง พิษซ้ำคุณค่าทางโภชนาการ. *วารสารอาหารและยา*, 3(1), น. 28-34.
- อุมาภรณ์ อภิชาชาญ และสุตารัตน์ เจียมยังยืน. (2549). การผลิตและการใช้ประโยชน์แป้งข้าวเจ้าพรีเจลลาตินส์เพื่อผลิตโดนัทเค้กไขมันต่ำ. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*, 26(3), น. 32-45.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. (2547). *ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (17th ed.). Washington, DC.
- Bouchon, P. (2009). Understanding oil absorption during deep-fat frying. *Adv Food Nutr Res*, 57, pp. 209-234.
- Butt, N.A., Ali, T.M. & Hasnain, A. (2018). A comprehensive review on scope, characteristics and applications of instant starches in food products. *Annals. Food Science and Technology*, 19(1), pp. 79- 86.

- Dogan, S.F., Sahin, S. & Sumnu, G. (2005). Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat fried chicken nuggets. *J Food Eng*, 71(1), pp. 127-132.
- Leach, H.W., McCowen, L.D. & Schoch, T.J. (1959). Swelling power and solubility of granular starches. *Cereal Chemistry*, 36, pp. 534-544.
- Lumanlan, J.C., Fernando, W. & Jayasena, V. (2019). Mechanisms of oil uptake during deep frying and applications of pre-drying and hydrocolloids in reducing fat content of chips. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(4), pp. 1-10.
- Mallikar, P., Chinnan, M.S., Balasabramaniam, V.M. & Phillips, R.D. (1997). Edible coating for deep-fat frying of starchy product. *Lebensm-Wiss Technol*, 30, pp. 709-714.
- Muchlisriyiyah, J., Prasmita, H. S., Estiasih, T. & Nurfatimah, R.P. (2020). The effect of pregelatinization with heat and moisture treatment on physicochemical and pasting characteristics of red glutinous rice flour. *Research Journal of Life Science*. 7(3), pp. 168-176.
- Na Nakorn, K, Tongdang, T. & Sirivongpaisal, P. (2009). Crystallinity and rheological properties of pregelatinized rice starches differing in amylose content. *starch/Stärke*, 61, pp. 101-108.
- Salvador, A., Sanz, T. & Fiszman, S.M. (2004). Effect of the addition of different ingredients on the characteristics of a batter coating for fried seafood prepared without a pre-frying step. *Food Hydrocolloids*, 19, pp. 703-708.
- Shih, F.F., Karen, L. Bett-Garber, Daigle, K. W & Ingram, R. (2005). Effects of rice batter on oil uptake and sensory quality of coated fried okra. *J Food Sci*, 70(1), pp. 18-21.
- Soltani, M., Alimardani, R. & Omid M. (2011). Evaluating banana ripening status from measuring dielectric properties. *J Food Eng*, 105, pp. 625-631.
- Vongsawasdi, P., Nopharatana, M., Srisuwatthre, W., Pasukcharoenying, S. & Wongkitcharoen, N. (2008). Using modified starch to decrease the oil absorption in fried battered chicken. *As. J. Food Ag-Ind*, 1(03), pp. 174-183.
- Wadchararat, C., Thongngam, M. & Naivikul, O. (2006). Characterization of pregelatinized and heat moisture treated rice flours. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 40 (Suppl.), pp. 144-153.