

คุณสมบัติของแป้งพรีเจลาตินไนซ์จากแป้งเมล็ดขนุนในขนมบัวลอย

Properties of Pre-Gelatinize Jackfruit Seed Flour in Thai Glutinous Rice Balls (Bua loi)

ณัฐพร สุบรรณมณี

Natthaporn Subanmanee

สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep.

E-mail : natthaporn.sa@mail.rmutk.ac.th

Received: 19 Feb, 2021

Revised: 29 Mar, 2021

Accepted: 02 Apr, 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์ และ ศึกษาอิทธิพลของแป้งทั้ง 2 ชนิดที่มีผลต่อคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของขนมบัวลอย โดยการนำแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์มาทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอย พบว่าแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์มีค่าความชื้น และค่าสีแดง (a^*) เท่ากับ 7.06% และ 1.42 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าค่าดังกล่าวของแป้งเมล็ดขนุนดิบ แต่มีค่าความสว่าง (L^*) ความหนืดของแป้งและเนื้อสัมผัสเจลของแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์น้อยกว่าแป้งเมล็ดขนุนดิบเมื่อนำแป้งเมล็ดขนุนมาทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอย ในปริมาณร้อยละ 0 (ตัวอย่างควบคุม) 10 20 30 พบว่าบัวลอยที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดขนุนดิบมีระยะเวลาในการต้มสุกนานกว่าบัวลอยที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์ นอกจากนี้บัวลอยที่ทดแทนด้วยแป้งพรีเจลาตินไนซ์มีปริมาณของแข็งที่สูงสูญเสียระหว่างการต้มสูงกว่าบัวลอยที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดขนุนดิบ แต่น้ำหนักที่ได้หลังการต้มไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) การเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์ทำให้บัวลอยมีค่าสีมีความแตกต่างกัน ($p\leq 0.05$) และมีค่าความแข็ง (Hardness) เพิ่มขึ้น แต่ทำให้การยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) ลักษณะที่อาหารแข็งที่แตกตัวออกจนพร้อมที่จะกลืนได้ (Gumminess) และความเคี้ยวได้ (Chewiness) มีค่าลดลง สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่าบัวลอยที่มีการทดแทนด้วยแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์ที่ร้อยละ 10 ได้รับการยอมรับในทุก ๆ ด้าน

คำสำคัญ: แป้งเมล็ดขนุน บัวลอย พรีเจลาตินไนซ์

Abstract

The objective of this research was to determine properties of jackfruit seed flour (JSF) and pre-gelatinized jackfruit seed flour (PJSF) and to investigate effects of both flour on Thai glutinous rice balls (Bua loi) by using JSF and PJSF to replace glutinous rice flour in Thai glutinous rice balls (Bua loi). The results showed that the moisture content and redness value (a^*) of PJSF were 7.06% and 1.42, respectively which were higher than those of JSF. However, PJSF had pasting properties, texture gel and lightness (L^*) less than JSF did. The content of both types of flour were used to substitute glutinous rice flour at 0 (control), 10, 20, and 30% in Thai glutinous rice balls (Bua loi). Boiling time of Thai glutinous rice balls substituted with JSF was longer than PJSF. Moreover, PJSF had higher cooking loss than JSF while cooking yields were not different ($p>0.05$). The increase of JSF and PJSF resulted in significantly different in color values of Thai glutinous rice balls ($p\leq 0.05$) and the increase of their Hardness. However, it decreased their cohesiveness, gumminess and chewiness. For the sensory evaluation, it was found that Thai glutinous rice balls substituted with 10% of PJSF were accepted in all attributes.

Keywords: Jackfruit seed flour, Thai glutinous rice balls (Bua loi), pre-gelatinized

1. บทนำ

ขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) อยู่ในวงศ์ Moraceae เป็นผลไม้ทางเศรษฐกิจในประเทศไทย รัฐบาลส่งเสริมให้มีการแปรรูปขนุนในระดับอุตสาหกรรมเพื่อการบริโภคส่งออกในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะในเขต

ภาคตะวันออกได้แก่ จังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง ปราจีนบุรีและตราด เป็นต้น โดยการสำรวจเกษตรกรผู้ปลูกขนุนปี 2563 พบว่าประเทศไทยมีเนื้อที่ในการปลูกขนุนทั้งสิ้น 66,445.76 ไร่ รวมผลผลิต 98,173.49 ตันต่อปี [1] นอกจากนี้ทานผลสดแล้วยังมีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในระดับ

อุตสาหกรรมที่สามารถส่งออกในประเทศและต่างประเทศ ได้แก่ ขนุนอบแห้ง ขนุนบรรจุกระป๋อง ขนุนในน้ำเชื่อม ขนุนแผ่นทอด เป็นต้น [2] แต่มีการนำเมล็ดขนุนมาใช้ประโยชน์น้อยมากเพราะส่วนใหญ่ผู้บริโภคนิยมนำเมล็ดขนุนมาต้มเพื่อรับประทานเป็นอาหารว่างในครัวเรือนเท่านั้น โดยพบว่าเมล็ดขนุนที่เหลือจากการแปรรูปมีปริมาณร้อยละ 10 – 15 ของน้ำหนักผลขนุน ซึ่งถ้าคิดผลผลิตทั้งประเทศอาจมีปริมาณเมล็ดขนุนสูงถึง 1,000 – 24,000 กิโลกรัมต่อปี เมล็ดขนุนเป็นวัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรซึ่งเป็นของเหลือทิ้งไม่ได้ทำมาเพื่อใช้ประโยชน์ หรือมีการนำมาใช้ประโยชน์น้อยรวมทั้งขาดการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ [3, 4] ดังนั้นควรจะนำเมล็ดขนุนมาผลิตเป็นแป้งเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 60 - 80 โปรตีนสูงถึงร้อยละ 13.5 วิตามิน B, B1, B2, C, ไนอาซินและวิตามิน A ฟอสฟอรัสสูง และมีสรรพคุณอื่น ๆ เช่น บำรุงน้ำนม ขับน้ำนม บำรุงกำลังเหมาะสำหรับหญิงตั้งครรภ์ มีสารไฟโตเคมิคอลช่วยในการดูดซึมแคลเซียมป้องกันมะเร็งลำไส้ [5, 6] ซึ่งของเหลือที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์นี้อาจนำมาสร้างรายได้ให้กับชาวบ้านได้ ปัจจุบันแนวคิดที่จะเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลทางการเกษตรเข้ามามีบทบาทมากขึ้น หน่วยงานภาครัฐและเอกชนได้เล็งเห็นความสำคัญของการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตผลเกษตร ดังแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ในยุทธศาสตร์การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการสินค้าเกษตรตลอดห่วงโซ่อุปทาน ได้กำหนดแนวทางการเพิ่มมูลค่าสินค้าทางการเกษตรด้วยการส่งเสริมการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นไปใช้ในการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าทางการเกษตร [7] ซึ่งการนำของเหลือใช้จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรรวมทั้งผู้ประกอบการต่าง ๆ และยังช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามนอกจากนำเมล็ดขนุนเหลือทิ้งมาผลิตเป็นแป้งเมล็ดขนุนดิบแล้ว อีกวิธีการหนึ่งคือการทำแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาคีโนซ์ โดยแป้งพรีเจลาคีโนซ์เป็นแป้งดัดแปรทางกายภาพแบบง่าย ๆ ที่ทำโดยให้ความร้อนแก่แป้งทำให้แป้งสุกจนเกิดเจลาคีโนซ์ จากนั้นทำให้แห้งโดยการบดให้ละเอียด สามารถกระจายตัวได้ในน้ำเย็น ให้ความหนืดได้ทันที และไม่เกิดเจล [8] จากข้อมูลสมบัติทางกายเคมีกายภาพของแป้งเมล็ดขนุนนั้นมีปริมาณอะมิโลสสูง ประกอบกับมีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการดัดแปรแป้งเมล็ดขนุนค่อนข้างน้อยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาคีโนซ์เพื่อใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

บัวลอยเป็นอาหารที่คู่กับคนไทยมาตั้งแต่โบราณ โดยนิยมทำขนมในงานเลี้ยง ทำบุญเลี้ยงพระ งานมงคล และงานพิธีการ บัวลอยทำมาจากแป้งข้าวเหนียว และมีส่วนประกอบคือน้ำกะทิ น้ำตาลปึก จึงทำให้ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการมากนัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งข้าวเหนียวบางส่วนในขนมบัวลอย โดยการนำองค์ความรู้

ทางด้านวิทยาศาสตร์การอาหารมาช่วยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มประโยชน์ต่อสุขภาพและอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นการเพิ่มมูลค่าและยกระดับสินค้าให้มีคุณภาพสู่ระดับอุตสาหกรรมในอนาคต นอกจากจะช่วยให้เพิ่มมูลค่าและยังลดการสูญเสียผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1. การเตรียมแป้งเมล็ดขนุน

นำเมล็ดขนุนพันธุ์ทองประเสริฐจากตลาดมหานาค กรุงเทพมหานคร มาเตรียมเป็นแป้งดังวิธีการดังนี้

2.1.1 การเตรียมแป้งดิบจากเมล็ดขนุน

เมล็ดขนุน 1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 4 ลิตร ต้มอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที เพื่อช่วยในการลอกเปลือกหุ้มเมล็ดออก แช่ในน้ำเย็น ปอกเปลือก ล้างให้สะอาด พักให้สเด็ดน้ำ ผานเป็นแผ่นบาง 1 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำไปบดด้วยเครื่อง Ultracentrifugal mill ร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช บรรจุแบ่งลงในถุงพลาสติกและปิดผนึกแบบสุญญากาศ

2.1.2 การเตรียมแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาคีโนซ์

เมล็ดขนุน 1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 4 ลิตร ต้มอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 45 นาที ลอกเปลือกหุ้มเมล็ดออก แช่ในน้ำเย็น ปอกเปลือก ล้างให้สะอาด พักให้สเด็ดน้ำ ผานเป็นแผ่นบาง 1 มิลลิเมตร อบแห้งและบดเช่นเดียวกับข้อ 2.1.1 บรรจุแบ่งลงในถุงพลาสติกและปิดผนึกแบบสุญญากาศ

2.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาคีโนซ์

นำแป้งเมล็ดขนุนที่เตรียมได้จากข้อที่ 2.1.1 และ 2.1.2 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ดังนี้

2.2.1 ความชื้น วัดค่าความชื้นโดยใช้เครื่อง Moisture balance ยี่ห้อ Sartorius รุ่น MA – 30

2.2.2 วัดสี วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ระบบ L* a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น ColorQuest XE โดยที่ L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) +a* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง และ -a* หมายถึง ค่าความเป็นสีเขียว +b* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง และ -b* หมายถึงค่าความเป็นสีน้ำเงิน

2.2.3 ดูโครงสร้างของแป้งเมล็ดขนุน โดยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-6480LV

2.2.4 วัดการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง ในระหว่างการทำให้ร้อน จนถึงขั้นตอนการทำให้เย็นลงด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) ยี่ห้อ New Port Scientific รุ่น RVA Super

2.2.5 วัดเจลของแป้ง โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA.XT Plus, ประเทศอังกฤษ) หัววัด Cylinder ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว และกำหนดให้ค่าระยะทางที่หัววัดกดลงบนแป้ง (Strain) เท่ากับ 10 มิลลิเมตร ของความสูงของผลิตภัณฑ์ โดยตั้งค่าความเร็วของหัววัดก่อนที่จะถึงตัวอย่าง เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะหัววัดกดลงตัวอย่าง เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วหลังจากถอนหัววัดจากตัวอย่าง เท่ากับ 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และตั้งค่าให้หัววัดกดค้างไว้บนชิ้นตัวอย่าง (Hold Until Time) 5 วินาที วัดเนื้อสัมผัสแบบ TPA วัดคุณภาพในด้านความแข็ง (Hardness) การยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) การยึดติด (Adhesiveness) ลักษณะที่อาหารกึ่งแข็งที่แตกตัวออกจนพร้อมที่จะกลืนได้ (Gumminess) การคืนตัว (Springiness) ความเคี้ยวได้ (Chewiness)

2.2.6 วิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ T test ทำการวัดค่าปริมาณความชื้น ค่าสี การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งในระหว่างการทำให้อุ่น และเจลของแป้ง นำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-test สำหรับการทดสอบ 2 ตัวอย่างที่เป็นอิสระกัน (Independent sample t-test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Statistics 19

2.3 ศึกษาการทดแทนและการเปรียบเทียบแป้งเมล็ดขนุนดิบและแบบพรีเจลาตินในขนมบัวลอย

นำแป้งเมล็ดขนุนทั้ง 2 แบบมาทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอยโดยแปรผันแป้งเมล็ดขนุนที่ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งข้าวเหนียวทั้งหมด โดยแป้งดิบร้อยละ 10 เป็น N10 ร้อยละ 20 เป็น N20 ร้อยละ 30 เป็น N30 และแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินร้อยละ 10 เป็น P10 ร้อยละ 20 เป็น P20 ร้อยละ 30 เป็น P30 โดยใช้สูตรตั้งต้นดังนี้ แป้งข้าวเหนียว 250 กรัม น้ำ 200 กรัม นวดให้เข้ากัน ตัดแบ่งเป็นก้อนขนาดก้อนละ 50 กรัม จากนั้นนำมาคลึงเป็นเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ความยาว 30 เซนติเมตร ตัดเป็นท่อนมีความยาว 1 เซนติเมตร จะมีน้ำหนัก 2 กรัมต่อ 1 เม็ด บรรจุในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท นำมาวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

2.3.1 วิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม ดัดแปลงตามวิธีของ AACC (2000) [9] ดังนี้

2.3.1.1 หาเวลาที่เหมาะสมในการต้มบัวลอยให้สุก (Cooking time) แป้งบัวลอย 2 กรัม ต้มในน้ำเดือด 30 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ที่มีกระจกนาฬิกาปิด จับเวลาที่ใช้ในการต้มที่ทำให้บัวลอยสุก โดยสุ่มตัวอย่างมาทุกๆ 10 วินาที เพื่อตรวจสอบส่วนที่บวมที่จุดกึ่งกลางของบัวลอย จนบัวลอย

ไม่มีส่วนที่บวมที่จุดกึ่งกลางเหลืออยู่ บันทึกเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มบัวลอยให้สุก

2.3.1.2 หาปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) แป้งบัวลอย 2 กรัม ต้มในน้ำเดือด 30 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการต้มที่เหมาะสมจากข้อ 2.3.1.1 ทั้งให้สะเด็ดน้ำนาน 5 นาที บนตะแกรง ล้างบีกเกอร์ที่ใช้ต้มบัวลอยด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำน้ำต้มและล้างบีกเกอร์ใส่ในบีกเกอร์ (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน) นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ซึ่งน้ำหนักบีกเกอร์หลังการอบ แล้วคำนวณหาปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม

$$\text{ร้อยละปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม} = \frac{(\text{น้ำหนักบีกเกอร์หลังอบ} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์เปล่า}) \times 100}{\text{น้ำหนักบัวลอยก่อนต้ม}}$$

2.3.1.3 หาน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) แป้งบัวลอยหนัก 2 กรัม ต้มในน้ำเดือด 30 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการต้มที่เหมาะสมจากข้อ 2.3.1.1 ทั้งให้สะเด็ดน้ำนาน 1 นาที บนตะแกรง ชั่งความชื้นส่วนเกินด้วยกระดาษแล้วนำบัวลอยไปชั่งน้ำหนัก คำนวณหาร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม

$$\text{ร้อยละน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม} = \frac{\text{น้ำหนักบัวลอยหลังต้ม} \times 100}{\text{น้ำหนักบัวลอยก่อนต้ม}}$$

2.3.2 วัดสี วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ระบบ L* a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น ColorQuest XE โดยวิเคราะห์ค่าสีดังข้อที่ 2.2.2

2.3.3 วัดค่าเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA.XT Plus, ประเทศอังกฤษ) หัววัดอูลูมิเนียมทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (P/35) และกำหนดให้ค่าระยะทางที่หัววัดกดลงบนบัวลอย (Strain) เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของผลิตภัณฑ์ โดยตั้งค่าความเร็วของหัววัดก่อนที่จะถึงตัวอย่าง เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะหัววัดกดลงตัวอย่างเท่ากับ 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วหลังจากถอนหัววัดจากตัวอย่างเท่ากับ 20 มิลลิเมตรต่อวินาที และตั้งค่าให้หัววัดกดค้างไว้บนชิ้นตัวอย่าง (Hold Until Time) 15 วินาที วัดเนื้อสัมผัสแบบ TPA วัดคุณภาพในด้านความแข็ง (Hardness) การยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) ลักษณะที่อาหารกึ่งแข็งที่แตกตัวออกจนพร้อมที่จะกลืนได้ (Gumminess) การคืนตัว (Springiness) ความเคี้ยวได้ (Chewiness)

2.3.4 วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยการทดสอบค่าวิเคราะห์กายภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทุกการทดลองสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองด้วย DMRT (Duncan's new

multiple range Test) ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 [10] โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

2.3.5 ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้แบบประเมิน 9 - Point Hedonic Scale โดย 1 คะแนนหมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 40 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Statistics 19 ส่วนการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี ความนุ่ม ความเหนียว และความชอบโดยรวม

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

3.1 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์

จากการศึกษาผลของแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งพรีเจลาติไนซ์จากแป้งเมล็ดขนุน (Table 1) พบว่าวิธีการเตรียมแป้งพรีเจลาติไนซ์จากแป้งเมล็ดขนุนทั้งสองวิธีมีปริมาณความชื้นที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้วิธีการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนดิบมีค่าความชื้นร้อยละ 5.96 และแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์มีค่าความชื้นร้อยละ 7.06 แป้งพรีเจลาติไนซ์มีคุณสมบัติต่างจากแป้งดิบคือช่วยในการดูดซับน้ำได้ดีมีความชุ่มชื้น จึงมีผลทำให้แป้งมีความชื้นเพิ่มขึ้น [8] โดย Phonkaew et al. ได้รายงานว่าความชื้นของแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์จะอยู่ที่ร้อยละ 7.7 - 10.6 [11]

Table 1 Moisture content and color parameters of jackfruit seed flour and pre-gelatinized jackfruit seed flours.

jackfruit seed flour	Moisture (%)	L*	a*	b*
JSF	5.96 ± 0.05 ^b	88.36 ± 0.20 ^a	1.22 ± 0.01 ^b	8.33 ± 0.02 ^b
PJSF	7.06 ± 0.05 ^a	83.68 ± 0.40 ^b	1.42 ± 0.01 ^a	11.43 ± 0.02 ^a

Different alphabets within the same column indicate significant difference ($p < 0.05$).

จากการศึกษาค่าสี (Table 1) แป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์มีผลต่อค่าสี L* a* และ b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าแป้งเมล็ดขนุนดิบมีค่าความสว่าง (L*) สูงสุด คือ 88.36 ค่าสีแดง (a*) พบว่าแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์ให้ค่าสีแดงที่สูงที่สุด คือ 1.42 ซึ่งทำให้สีของแป้งเมล็ดขนุนมีแนวโน้มเป็นสีน้ำตาลมากกว่าแป้งเมล็ดขนุนดิบ เมื่อพิจารณาค่าสีเหลือง (b*) พบว่าแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์ให้ค่าสีเหลืองที่สูงที่สุด คือ 11.43 โดยดูได้จาก Figure 1 เนื่องจากการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์มีการใช้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบ Maillard reaction เนื่องจากองค์ประกอบที่เป็นกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ในแป้งเมล็ดขนุน [4] จึงทำให้แป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์มีสีที่เข้มกว่าแป้งเมล็ดขนุนดิบ ซึ่งสอดคล้องกับ Narklaor et al. ที่กล่าวว่าแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์ที่เตรียมโดยวิธีการต้มเมล็ดขนุนทั้งเมล็ดในน้ำเดือดมีค่าความสว่างน้อยกว่าแป้งเมล็ดขนุนดิบและมีค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าแป้งเมล็ดขนุนดิบ [12]

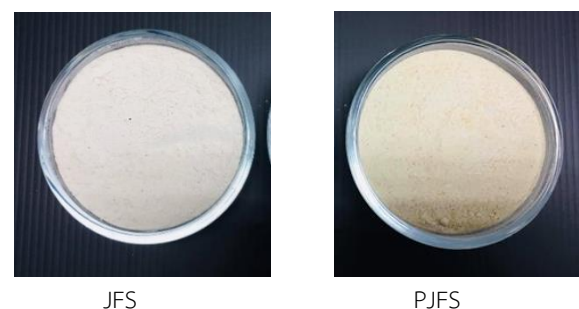


Figure 1 Appearance of jackfruit seed flour and pre-gelatinized jackfruit seed flours.

จากการดูโครงสร้างของแป้งเมล็ดขนุนที่กำลังขยาย 50 เท่า และ 1000 เท่า (Figure 2) จะเห็นได้ว่าเม็ดแป้งมีลักษณะกลมมีหลายเหลี่ยม มีรูปร่างคล้ายคลึงกับแป้งข้าวโพดที่มีลักษณะ กลม แบน มีหลายเหลี่ยม [13] แป้งเมล็ดขนุนปกติมีขนาดเล็ก เมื่อถูกปรับสภาพด้วยความร้อนจะทำให้เม็ดแป้งเมล็ดขนุนใหญ่มากกว่า และมีกระจายตัวแบบอัดแน่น เนื่องจากเม็ดแป้งเกิดการขยายขนาดจนกระทั่งสูญเสียโครงสร้างดังรูปกำลังขยาย X50 จึงกล่าวได้ว่าการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งคือ กระบวนการที่ทำลายอันดับ (Order) โมเลกุลหรือระเบียบโมเลกุลภายในเม็ดแป้ง เป็นผลให้เกิดการ

เปลี่ยนแปลงสมบัติแบบไม่ผันกลับ ได้แก่ การขยายขนาดของเม็ดแป้ง การหลอมละลายผลึก และเกิดการละลายของแป้ง [14] ซึ่งสอดคล้องกับ Phonkaew et al. ได้รายงานว่แป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินซ์มีลักษณะค่อนข้างกลมเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งเมล็ดขนุนดิบ [11] ดังรูปกำลังขยาย x1000

แป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินซ์มีผลต่อสมบัติความหนืดของแป้งเมล็ดขนุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแป้ง พรีเจลาตินซ์ทำให้อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) อยู่ที่ 84.16°C มีความหนืดที่จุดสูงสุด (peak viscosity) น้อยที่สุดคือ 123.20 RVU ความ

หนืดที่ต่ำที่สุดระหว่างการทำให้เย็น (trough viscosity) อยู่ที่ 116.00 RVU ค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) อยู่ที่ 266.20 RVU ค่าความหนืดลดลงหรือความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุดอยู่ที่ 6.60 RVU และค่า setback น้อยกว่าแป้งดิบอยู่ที่ 147.00 RVU ดัง (Table 2) ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ แป้งเมล็ดขนุนที่ พรีเจลาตินซ์แล้ว เมื่อให้ความร้อนต่อไปจะทำให้เม็ดแป้งพองตัวขึ้นและเกิดการแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กจะแตกตัวและกระจายออกจากเม็ดแป้ง จึงมีผลทำให้ความหนืดลดลง [8]

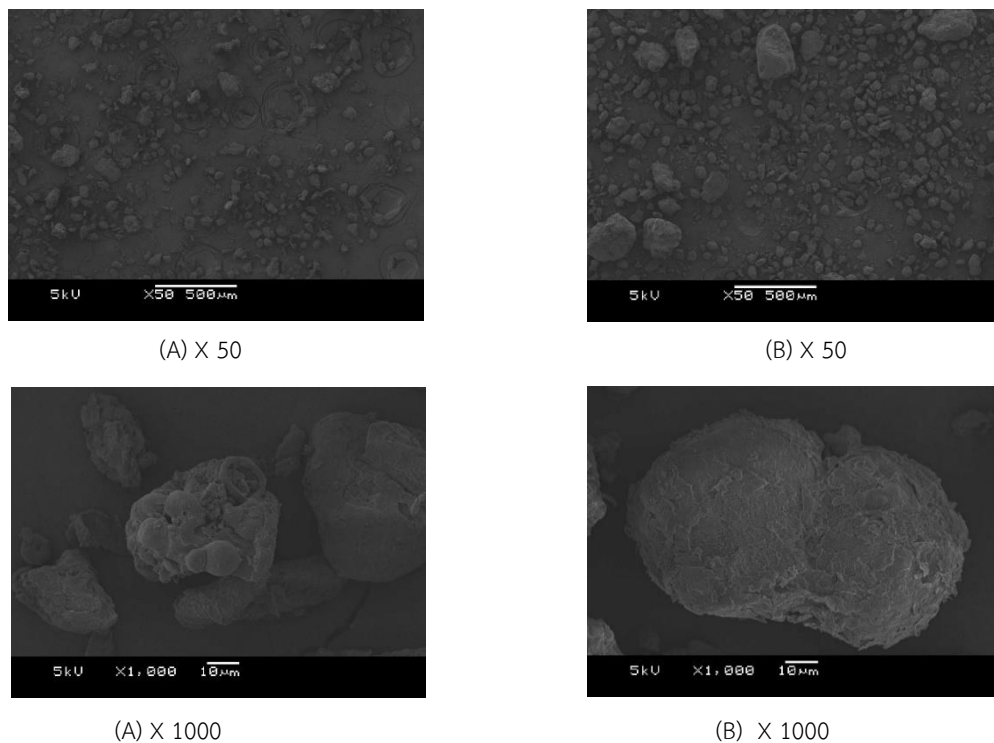


Figure 2 Scanning electron micrograph (SEM) of jackfruit seed flour and pre-gelatinized jackfruit seed flours.
(A) JFS, (B) PJFS

Table 2 Pasting properties of jackfruit seed flour and pre-gelatinized jackfruit seed flours by RVA analysis.

jackfruit seed flour	Pasting temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Peak viscosity (RVU)	Though (RVU)	Parameters		
				Final viscosity (RVU)	Breakdown (RVU)	Setback (RVU)
JSF	92.16 ± 0.07^a	474.20 ± 2.04^a	465.20 ± 9.20^a	757.80 ± 9.33^a	13.60 ± 2.70^a	275.60 ± 4.15^a
PJSF	84.16 ± 0.04^b	123.20 ± 2.16^b	116.00 ± 8.33^b	266.20 ± 7.75^b	6.60 ± 2.79^b	147.00 ± 7.48^b

Different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ผลการวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ด้านความแข็ง (Hardness) การยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) ลักษณะที่อาหารกึ่งแข็งที่แตกตัวออกจนพร้อมที่จะกลืนได้ (Gumminess) การคืนตัว (Springiness) ความเคี้ยวได้

(Chewiness) ดัง (Table 3) พบว่ามีความต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความแข็งของแป้งพรีเจลาตินซ์ ค่าการยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร ค่าลักษณะที่อาหารกึ่งแข็งที่แตกตัวออกจนพร้อมที่จะกลืนได้ ค่าความเคี้ยวได้ และการคืน

ตัวมีค่าต่ำกว่าแป้งดิบ อธิบายได้ว่าแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ มีการผ่านการให้ความร้อนจึงทำให้แป้งสุกบางส่วน อันเป็นผลจากการพองตัวเมื่อได้รับความร้อนและปริมาณน้ำที่เหมาะสม แต่เมื่อแป้งผ่านการทำให้แห้งและเมื่อนำมาทำให้เกิดความหนืดอีกครั้ง แป้งอาจจะมีพฤติกรรมที่พองตัวได้จำกัดจึงไม่สามารถพองตัวได้อีกและเกิดจากโมเลกุลของ อะไมโลสเชื่อมประสานกับเม็ดแป้งค่อนข้างแข็งแรงและส่งผลให้ความหนืดมี

ค่าต่ำกว่าแป้งดิบ [15, 16] ซึ่งสอดคล้องกับ Chagam Koteswara et al. ได้รายงานว่าสตาร์ชถั่วแดง แป้งดิบที่ย่อยสลายเอนไซม์ และแป้งพรีเจลาติไนซ์ มีความแตกต่างของเนื้อสัมผัสเจลในทุกด้าน โดยแป้งพรีเจลาติไนซ์ให้ค่าด้านความแข็ง การยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร ลักษณะที่อาหารกึ่งแข็งที่แตกตัวออกจนพร้อมที่จะกลืนได้ การคืนตัว ความเคี้ยวได้ น้อยกว่าสตาร์ชถั่วแดง แป้งดิบที่ย่อยสลายเอนไซม์ [17]

Table 3 Texture analysis of jackfruit seed flour and pre-gelatinized jackfruit seed flours gels.

jackfruit seed flour	Hardness (g)	Cohesiveness	Adhesiveness (gs)	Gumminess (g)	Chewiness (g)	springiness
JSF	42.93±1.58 ^a	0.43±0.02 ^a	-63.98±2.26 ^b	17.34±0.63 ^a	17.86±1.01 ^a	0.93±0.01 ^a
PJSF	9.19±0.84 ^b	0.32±0.01 ^b	-8.97±0.64 ^a	3.10±0.31 ^b	1.52±0.22 ^b	0.48±0.06 ^b

Different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

3.2 การทดแทนและการเปรียบเทียบแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ในขนมบัวลอย

จากการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มและน้ำหนักหลังการต้ม พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์ ปริมาณร้อยละ 0 – 30 มีผลทำให้ระยะเวลาในการหุงต้มเพิ่มมากขึ้น โดยแป้งดิบจะใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่าแป้งแบบพรีเจลาติไนซ์ เนื่องจากแป้งดิบยังไม่เกิดการเกิดเจลาติไนซ์ เซชัน จึงทำให้ใช้ระยะเวลาในการต้มนานกว่าแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์ ซึ่งสอดคล้องกับ (table 2) อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งพรีเจลาติไนซ์จะเกิดได้เร็วกว่าแป้งดิบ แต่แป้งบัวลอยที่เติมแป้งเมล็ดขนุนใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่าตัวอย่างควบคุมเนื่องมาจากแป้งเมล็ดขนุนมี

ปริมาณผลึกมากกว่าแป้งข้าวเหนียว จึงต้องใช้เวลานานในการหลอมละลายผลึก [16]

จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม พบว่าเมื่อปริมาณแป้งเมล็ดขนุนเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 10 - 30) ทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งเมล็ดขนุนเป็นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงถึงร้อยละ 28 ซึ่ง อะไมโลสมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่เมื่ออยู่ในน้ำอะไมโลสจะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลอะไมโลสข้างเคียงเป็นสายยาวคู่ขนานคล้ายตาข่าย อุ่มนํ้าน้อยลงและตกตะกอนได้ [8] จึงทำให้โครงสร้างของเมล็ดบัวลอยไม่แข็งแรง จึงมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น ส่วนน้ำหนักหลังการต้มไม่มีความแตกต่าง ($P > 0.05$)

Table 4 Cooking time, cooking loss and cooking yield of jackfruit seed flour and pre-gelatinized jackfruit seed flours in Thai glutinous rice balls (Bua loi)

Methods	Cooking time (min)	Cooking loss (%)	Cooking yield (%) ^{ns}
Control	1.30	1.68 ± 0.12 ^c	117.91 ± 1.09
N10	1.50	2.20 ± 0.32 ^b	117.46 ± 0.47
N20	2.00	3.11 ± 0.24 ^a	117.23 ± 0.59
N30	2.20	3.31 ± 0.36 ^a	116.96 ± 0.14
P10	1.30	2.55 ± 0.19 ^b	117.66 ± 0.95
P20	1.50	3.21 ± 0.16 ^a	117.46 ± 0.96
P30	2.00	3.43 ± 0.09 ^a	117.65 ± 1.18

Different alphabets within the same column indicate significant difference. ($p \leq 0.05$).

การทดแทนแป้งเมล็ดขนุนในผลิตภัณฑ์บัวลอย (Table 5) พบว่าแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์ให้ค่าสี L* a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าแป้งบัวลอยสูตรควบคุม ให้ค่าความสว่าง (L*) สูงสุดคือ 75.47 เนื่องจากสูตรควบคุมเป็นแป้งข้าวเหนียวที่มีลักษณะเป็นสีขาว ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณ

แป้งเมล็ดขนุนมากขึ้นจึงทำให้ค่า L^* มีค่าน้อยลงเพราะสีของแป้งเมล็ดขนุนมีลักษณะสีเหลืองนวล [3] ส่วนค่าสีแดง (a^*) พบว่าแป้งบัวลอยสูตรควบคุมให้สีออกโทนเขียวมีค่า -0.59 และแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์ที่ระดับร้อยละ 30 ให้สีออกโทนสีแดง โดยมีค่า a^* อยู่ที่ 3.47 ค่าสีเหลือง (b^*)

พบว่าเมื่อเพิ่มแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์จะทำให้มีค่าสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการเตรียมแป้งและกระบวนการผลิตบัวลอย [2,3]

Table 5 Color parameters of native jackfruit seed flour and pre-gelatinized jackfruit seed flours in Thai glutinous rice balls (Bua loi)

Methods	Appearance	L^*	a^*	b^*
control		75.47 ± 0.31^a	-0.59 ± 0.02^g	11.77 ± 0.10^d
N10		71.62 ± 0.51^b	1.35 ± 0.09^e	12.66 ± 0.08^b
N20		70.42 ± 0.22^c	2.57 ± 0.04^c	13.63 ± 0.10^a
N30		68.59 ± 0.23^d	2.92 ± 0.03^b	13.89 ± 0.13^a
P10		71.77 ± 0.56^b	0.90 ± 0.03^f	12.20 ± 0.13^c
P20		71.31 ± 0.74^b	1.95 ± 0.06^d	12.43 ± 0.32^{bc}
P30		68.62 ± 0.04^d	3.47 ± 0.06^a	13.89 ± 0.79^a

Different alphabets within the same column indicate significant difference. ($p < 0.05$).

ผลการวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (Table 6) พบว่าค่าความแข็ง (hardness) มีความแตกต่าง ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนมากขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งของบัวลอยมีค่าสูงขึ้นจากตัวอย่างควบคุม อาจกล่าวได้ว่าแป้งเมล็ดขนุนมีปริมาณผลึกที่แข็งมากกว่าแป้งข้าวเหนียว [16] จึงทำให้เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนขึ้นจึงทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Konmun et al. ที่กล่าวว่าเมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์มากขึ้นทำให้ค่าความแข็งมีแนวโน้มสูงขึ้น [18] แต่แป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์มีค่าไม่ต่างกันในทุกครั้งที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากกระบวนการต้มเม็ดบัวลอย ซึ่งทำให้แป้งเมล็ดขนุนดิบเกิดการเจลาติไนซ์เช่นกันจึงทำให้มีความแข็งไม่แตกต่างกัน

การยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) ลักษณะที่อาหารกึ่งแข็งที่แตกตัวออกจนพร้อมที่จะกลืนได้ (Gumminess) ความเคี้ยวได้ (Chewiness) พบว่ามีความต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าการคืนตัว (Springiness) ไม่มีความแตกต่าง ($p > 0.05$) สอดคล้องกับ

Chagam Koteswara et al. รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของความหนืดและความแข็งของสารจากถั่วแดงจะเกิดจากขนาดของเม็ดแป้งและมีปริมาณอะไมโลสที่น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งถั่วแดงดิบและสารจากถั่วแดงเจลาติไนซ์ที่ถูกการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าอื่น ๆ เช่น hardness, cohesiveness, adhesiveness, gumminess, springiness, chewiness และ stringiness ก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน สำหรับความแตกต่างของคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของเจลในทุกตัวอย่าง มีผลมาจากความแข็งแรงของแป้งเจลาติไนซ์และปริมาณอะไมโลส ตลอดจนปฏิกิริยาระหว่าง dispensed และ continuous phase ของเจลซึ่งจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน [17] ดังนั้นบัวลอยที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดขนุนมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าแป้งข้าวเหนียวโดยอยู่ในช่วงร้อยละ 26-38 [19, 20] จึงทำให้ค่าการยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) ลักษณะที่อาหารกึ่งแข็งที่แตกตัวออกจนพร้อมที่จะกลืนได้ (Gumminess) ความเคี้ยวได้ (Chewiness) มีค่าน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม

Table 6 Texture profiles of jackfruit seed flour and pre-gelatinized jackfruit seed flours in Thai glutinous rice balls (Bua loi)

Methods	Hardness (g)	Cohesiveness	Gumminess (g)	Chewiness (g)	Springiness ^{ns} (s)
0	193.55 ± 31.54 ^c	0.86 ± 0.02 ^a	254.67 ± 29.43 ^a	251.44 ± 29.92 ^a	0.98 ± 0.01
N10	259.75 ± 31.30 ^b	0.84 ± 0.04 ^{ab}	254.54 ± 23.77 ^a	249.63 ± 34.71 ^a	0.97 ± 0.07
N20	312.31 ± 27.24 ^a	0.75 ± 0.01 ^c	244.16 ± 23.77 ^{ab}	237.83 ± 29.70 ^{ab}	0.97 ± 0.02
N30	335.46 ± 39.63 ^a	0.68 ± 0.02 ^d	221.04 ± 17.71 ^b	198.03 ± 53.22 ^{bcd}	0.89 ± 0.22
P10	237.73 ± 23.03 ^b	0.81 ± 0.03 ^b	224.87 ± 24.03 ^{ab}	221.68 ± 19.52 ^{abc}	0.98 ± 0.02
P20	308.60 ± 20.80 ^a	0.76 ± 0.01 ^c	188.06 ± 28.30 ^c	182.56 ± 29.34 ^{cd}	0.96 ± 0.02
P30	318.52 ± 39.15 ^a	0.71 ± 0.02 ^d	167.31 ± 24.45 ^c	156.67 ± 34.08 ^d	0.93 ± 0.13

Different alphabets within the same column indicate significant difference. ($p \leq 0.05$).

จาก Table 7 พบว่าคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบโดยวิธี 9-point hedonic scale ด้านสี ความนุ่ม ความเหนียว และความชอบรวม แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้แป้งเมล็ดขนุนทั้ง 2 แบบทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอย ผู้ชิมให้การยอมรับแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์ ที่ปริมาณร้อยละ 10 มากที่สุด โดยค่าด้านสี ตัวอย่างควบคุม แป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด ด้านความนุ่ม ตัวอย่างควบคุมและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบมากที่สุด ด้านความเหนียวแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบมากที่สุด และความชอบโดยรวมตัวอย่างควบคุมและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบมากที่สุด

ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลาง แสดงว่ากระบวนการผลิตแป้งเมล็ดขนุนมีบทบาทในด้านความชอบของขนมบัวลอย ซึ่งส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส แป้งเมล็ดขนุนดิบเมื่อผ่านความร้อนจะทำให้แป้งมีความเหนียวมากกว่าแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์ ทั้งนี้เนื่องจากแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาตินไนซ์ผ่านการให้ความร้อน จึงทำให้แป้งสุกบางส่วน อันเป็นผลจากการพองตัวเมื่อได้รับความร้อนและปริมาณน้ำที่เหมาะสมและเมื่อนำมาทำให้เกิดความหนืดอีกครั้ง แป้งอาจจะเกิดปฏิกิริยาที่พองตัวได้จำกัด จึงไม่สามารถพองตัวได้อีก [16] แต่เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนมากขึ้นทำให้เนื้อสัมผัสแข็งขึ้นจึงมีผลทำให้คะแนนทางประสาทสัมผัสลดลง

Table 7 Sensory score of jackfruit seed flour and pre-gelatinized jackfruit seed flours in Thai glutinous rice balls (Bua loi)

Methods	Sensory score			
	Color	softness	Stickiness	Overall liking
0	7.90 ± 0.87 ^a	7.40 ± 1.00 ^a	7.30 ± 0.79 ^b	7.35 ± 1.11 ^{ab}
N10	7.87 ± 0.72 ^a	6.75 ± 0.77 ^b	6.30 ± 0.72 ^d	7.00 ± 0.81 ^{bc}
N20	6.85 ± 0.57 ^b	6.07 ± 0.69 ^c	6.07 ± 0.85 ^d	6.75 ± 0.77 ^{cd}
N30	6.30 ± 1.04 ^c	5.45 ± 0.78 ^d	5.95 ± 0.71 ^d	6.57 ± 0.90 ^d
P10	7.97 ± 0.76 ^a	7.45 ± 0.93 ^a	7.67 ± 0.82 ^a	7.47 ± 0.87 ^a
P20	6.97 ± 0.69 ^b	6.62 ± 0.95 ^b	6.95 ± 0.93 ^c	7.05 ± 0.67 ^{bc}
P30	6.45 ± 0.50 ^c	6.40 ± 0.59 ^{bc}	5.95 ± 0.67 ^d	6.95 ± 0.77 ^{cd}

Different alphabets within the same column indicate significant difference. ($p \leq 0.05$).

4. บทสรุป

วิธีการดัดแปรแป้งเมล็ดขนุนมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ โดยแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์มีค่าความสว่างของสี ความหนืด และเนื้อสัมผัสของเจล น้อยกว่าแป้งดิบ เมื่อทดแทนแป้งเมล็ดขนุนดิบและแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์ในขนมบัวลอยที่ปริมาณร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 พบว่าเมื่อทดแทนแป้งเมล็ดขนุนมากขึ้นเวลาในการต้มและปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ค่าความแข็งมีค่ามากขึ้น แต่ค่าจึงทำให้ค่าการยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) ลักษณะที่อาหารกึ่งแข็งที่แตกตัวออกจนพร้อมที่จะกลืนได้ (Gumminess) ความเคี้ยวได้ (Chewiness) มีค่าน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งเมล็ดขนุนดิบกับแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์พบว่าแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์ที่ร้อยละ 10 มีระยะเวลาในการต้ม ค่าการยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) ลักษณะที่อาหารกึ่งแข็งที่แตกตัวออกจนพร้อมที่จะกลืนได้ (Gumminess) ความเคี้ยวได้ (Chewiness) มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม จึงส่งผลให้คะแนนทางด้านประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบให้ความชอบขนมบัวลอยที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดขนุนแบบพรีเจลาติไนซ์ที่ระดับร้อยละ 10 ในทุกด้าน โดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ระดับชอบปานกลาง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือของนักศึกษาสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ ในการเตรียมตัวอย่างและเก็บข้อมูลต่าง ๆ ทำให้งานสำเร็จเป็นอย่างดี และคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติการวิจัยครั้งนี้

6. References

[1] Tipayadarapanit, C. 2020. **World of Jackfruit**. https://www.kehakaset.com/articles_details.php?view_item=922. Accessed 27 March 2021. (in Thai)

[2] Narklaor, D. Sangnark, A. and Limroongreungrat, K. 2011. Improvement in quality of jackfruit seed flour by pregelatinization. **Burapha Science Journal**. 16(1): 12-21. (in Thai)

[3] Wisansakul, S. and et al. 2016. Development product of bioplastic from jackfruit seed starch. **Burapha Science Journal**. 21(2): 216 – 228. (in Thai)

[4] Aimdoun, P. and Limroongreungrat, K. 2012. Effect of pregelatinized jackfruit seed flour on physical properties of microwave sponge cake prepared from jackfruit seed cake premix. **Agricultural Science Journal**. 43(2)(Suppl.): 197-200. (in Thai)

[5] Ocloo, F.C.K. and et al. 2010. Physico-chemical, function and pasting characteristics of flour produced from Jackfruits seeds. **Agriculture and Biology Journal of North America**. 1(5): 903-908.

[6] Nutrition Division Department of Health. 2001. **Table of Thai food value in 100 grams**. http://www.nutrition.anamai.moph.go.th/images/file/nutritive_values_of_thai_foods.pdf. Accessed 23 January 2021. (in Thai)

[7] Wong-arun, W. 2018. Added value of household waste: Jackfruit seeds. **WMS Journal of Management Walailak University**. 7(Special issue): 43 – 53. (in Thai)

[8] Sriroth, K. and Piyachomkwan, K. 2007. **Starch Technology**. Bangkok: Kasetsart University Press. (in Thai)

[9] American Association of Cereal Chemists [AACC]. 2000. Approved methods of the American association of cereal chemistry. **10th ed. American Association of Cereal Chemists**. Minnesota: USA.

[10] Dancan, D.B. 1995. Multiple range and multiple F tests. **Biometrics**. 11: 1-42.

[11] Phonkaew, S. and Houw-houan, U. 2005. **The use of pregelatinized jackfruit seed flour substituted for wheat flour in butter cookies**. Thesis, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. (in Thai)

[12] Narklaor, D. Sangnark, A. and Limroongreungrat, K. 2010. Effect of preparation methods of jackfruit seed flour on quality of snack chips. **Agricultural Science Journal**. 41(3/1)(Suppl.): 53-56. (in Thai)

[13] Phrukwiwattanukul, P. 2013. **Production of Resistant Starch from Different Types of Starch and Determination of Their Prebiotic Properties**. Thesis, Songkla University. (in Thai)

- [1 4] Tulyathan, V. 2008. **Food chemistry of carbohydrate.** Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- [15] Marta, H. and Tensiska, T. 2017. Functional and amylographic properties of physically modified sweet potato starch. In: **Proceedings 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Food Security**, 2–13 October 2015. West Java, Indonesia.
- [16] Gunaratne, A. and Hoover, R. 2002. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. **Carbohydrate Polymer.** 49: 425-437.
- [17] Chagam Koteswara, R. Suriya, M. and Sundaramoorthy, H. 2013. Physico-chemical and functional properties of Resistant starch prepared from red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*. L) starch by enzymatic method. **Carbohydrate Polymers.** 95(1): 220-226.
- [18] Konmun, P. Srithoop, V. and Suksomboon, A. 2013. Effect of pregelatinized rice flour on the properties of kanom chan. **Agricultural Science Journal.** 44(2)(Suppl.): 425-428. (in Thai)
- [19] Mukprasirt, A. and Sajjaanantakul, K. 2004. Physico- chemical properties of flour and starch from jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus Lam.*) compared with modified starches. **International Journal of Food Science and Technology.** 39(3): 271-276.
- [20] Zhang, Y. and et al. 2016. Characterizations of high purity starches isolated from five different jackfruit cultivars. **Food Hydrocolloid.** 52:785-794.