

ผลของวิธีการโม่ต่อคุณภาพด้านเคมีกายภาพและสมบัติความหนืดของแป้งข้าวขาว และข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1

Effect of Milling Methods on Physicochemical and Pasting Properties of Ayutthaya 1 Rice and Brown Rice Flours

วิจิตรา เหลียวตระกูล* และ วชิรญา เหลียวตระกูล

Wijitra Liaotrakoon* and Vachiraya Liaotrakoon

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

E-mail: wijittra.L@rmutsb.ac.th* and vachiraya.L@rmutsb.ac.th

*Corresponding author

(Received: 2 June 2026, Revised: 22 September 2026, Accepted: 29 September 2026)

<https://doi.org/10.57260/stc.2026.1853>

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการโม่แห้ง โม่เปียก และโม่ผสม ต่อคุณภาพด้านเคมีกายภาพ และสมบัติความหนืดของแป้งข้าวขาว และข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 จากการทดลองเปรียบเทียบแป้งข้าวขาวและแป้งข้าวกล้องที่ผ่านการโม่ 3 วิธี ได้แก่ โม่แห้ง โม่เปียก และโม่ผสม พบว่า วิธีการโม่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ โดยวิธีโม่เปียกทำให้แป้งข้าวมีค่าความสว่าง L^* มากที่สุด ค่าสี b^* ต่ำที่สุด ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด และมีปริมาณไขมันน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ดัชนีการพองตัวและดัชนีการละลายน้ำของแป้งข้าวมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนวิธีการโม่ผสมและวิธีการโม่เปียกทำให้แป้งมีดัชนีการพองตัว และดัชนีการละลายน้ำสูงกว่าวิธีการโม่แห้ง แป้งข้าวกล้องมีดัชนีการพองตัวต่ำกว่าแป้งข้าวขาว อุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืดของแป้งข้าวขาว และแป้งข้าวกล้องที่ไม่ด้วยทั้ง 3 วิธี ไม่แตกต่างกันมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) คือ อยู่ในช่วงระหว่าง 75.17 – 75.83 องศาเซลเซียส ส่วนแป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 โม่ผสมให้ความหนืดสูงสุด (5,574.67 cP) ในขณะที่แป้งข้าวกล้องโม่เปียกมีค่าความหนืดลดลง ความหนืดสุดท้าย และค่าการคืนตัวสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เป็น 2,927.67, 6,399.00 และ 1,853.33 cP ตามลำดับ

คำสำคัญ: แป้งข้าวขาว แป้งข้าวกล้อง ข้าวพันธุ์อยุธยา 1 ความหนืด ดัชนีการพองตัว ดัชนีการละลายน้ำ



Copyright © 2026 Science and Technology to Community
This is an open access article distributed under the terms of the CC BY 4.0 license

Abstract

The purpose of this research was to study the effects of the dry, wet and mixed milling methods on the physicochemical quality and pasting properties of Ayutthaya 1 rice and brown rice flours. From the comparative experiment of white rice flour and brown rice flour that have been milled in 3 methods: dry milling; wet milling and mixed milling, it was found that the milling method affected its physicochemical properties, with the wet milling method resulting in the highest L^* value color (brightness), the lowest b^* color value (yellowness), the highest carbohydrate content, and the lowest fat content ($p \leq 0.05$). As a result, swelling index and water solubility index of rice flour were likely to increase. The mixed- and wet-milled flours had a higher swelling and water solubility indexes than dry milling method. Brown rice flour had a lower swelling index than rice flour. The gelatinization temperature of both rice and brown rice flours milling by all 3 milling methods was no significant difference ($p > 0.05$) in the range of 75.17 – 75.83 °C. White rice flour produced by the mixed milling method showed the highest peak viscosity (5,574.67 cP), while wet milled brown rice flour had the highest values of a breakdown, final and setback values ($p \leq 0.05$, which were 2,927.67, 6,399.00 and 1,853.33 cP, respectively).

Keywords: Rice flour, Brown rice flour, Ayutthaya 1 variety, Viscosity, Swelling index, Water solubility index

บทนำ

ข้าวพื้นเมืองพันธุ์อยุธยา 1 (Ayutthaya 1) เป็นข้าวน้ำลึกที่มีลักษณะมีทรงกอตั้งตรงสูง 142 – 223 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับระดับน้ำเหมาะกับปลูกในพื้นที่ลุ่ม เป็นข้าวไวต่อช่วงแสง ใบมีขนน้อย เปลือกเมล็ดมีขนสั้น เป็นข้าวที่มีรูปทรงต้นแบบใหม่ มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง มีความสามารถยืดปล้องทนน้ำท่วมและทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์ปราชญ์บุรี 2 ทนดินเปรี้ยว (pH 4.6 – 5.1) ข้าวพันธุ์พื้นเมืองพันธุ์อยุธยา 1 มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) สูงถึงร้อยละ 28.4 จึงเหมาะสมที่จะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เส้น เช่น เส้นหมี่ เส้นขนมจีน ก๋วยจั๊บ เป็นต้น ซึ่งปริมาณอะไมโลสที่มีอยู่ในข้าวเจ้าอยู่ระหว่างร้อยละ 9 – 33 (กรมการข้าว, 2559) โดยปกติข้าวเจ้ามีคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม พลังงาน 356 กิโลแคลอรี โปรตีน 6.2 กรัม ไขมัน 1.1 กรัม คาร์โบไฮเดรต 80.4 กรัม โยอาหาร 0.6 กรัม แคลเซียม 3 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 66 มิลลิกรัม ไนอะซิน 0.9 มิลลิกรัม ส่วนข้าวกล้องมีคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม พลังงาน 366 กิโลแคลอรี โปรตีน 7.0 กรัม ไขมัน 2.4 กรัม คาร์โบไฮเดรต 79.1 กรัม โยอาหาร 2.5 กรัม แคลเซียม 27 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 255 มิลลิกรัม เหล็ก 3.7 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.41 มิลลิกรัม ไทอะมิน 0.55 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.06 มิลลิกรัม และไนอะซิน 2.8 มิลลิกรัม (ศิวาพร แดงโชติ และคณะ, 2561) ข้าวประกอบด้วยอะไมโลสที่มีผล

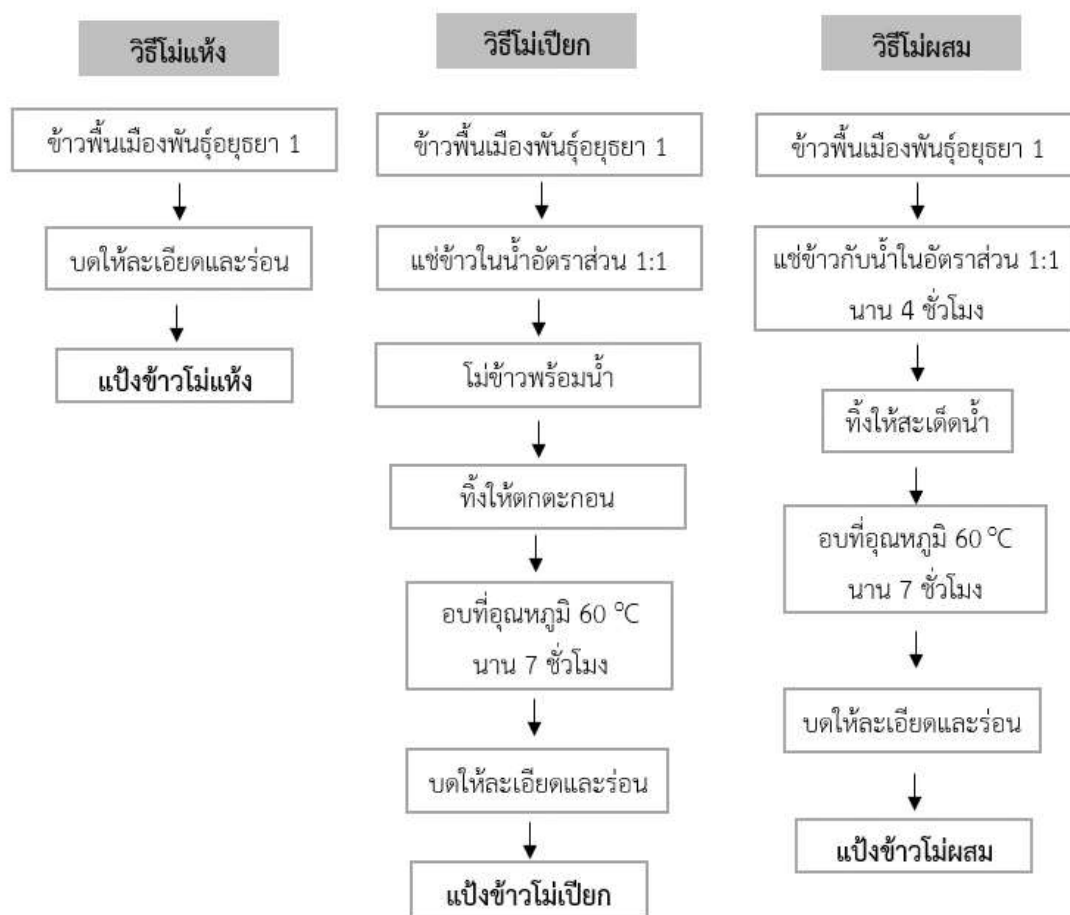
โดยตรงต่อความแน่นของเมล็ด ความเหนียว และความมันวาวของข้าวสารสุก ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง สามารถดูดซึมน้ำได้มากส่งผลให้เมล็ดข้าวขยายตัวเป็นข้าวสุกได้ดี ในขณะที่ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ส่งผลให้ข้าวที่ผ่านความร้อน มีความชื้นและเหนียว (เชาวนิพร ชีพประสพ และคณะ, 2560) ซึ่งข้าวพันธุ์ไทยดั้งเดิมหรือข้าวพื้นเมือง ส่วนใหญ่มีอะไมโลสสูง ทำให้แบ่งข้าวพื้นเมืองเป็นแบ่งข้าวที่มีอะไมโลสสูงด้วย (พิมพ์เพ็ญ ธิรพร และคณะ, 2533)

กรรมวิธีการผลิตแบ่งข้าว (Rice flour) ได้แก่ วิธีโม่แห้ง (Dry milling) วิธีโม่ น้ำหรือโม่เปียก (Wet milling) และวิธีโม่ผสม (Wet and dry milling) แบ่งที่ได้จากการโม่แห้งเป็นการนำข้าวหักเข้าสู่เครื่องโม่หรือบดแห้งเป็นแบ่งผง ร้อนผ่านเครื่องร้อนให้มีขนาดสม่ำเสมอ แบ่งที่ได้ค่อนข้างหยาบ และมีสิ่งเจือปนสูงอายุการเก็บรักษาสั้น เพราะเกิดกลิ่นหืน และถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย สำหรับวิธีการโม่ น้ำหรือโม่เปียก เป็นวิธีการผลิตแบ่งที่นิยมในปัจจุบัน แบ่งที่ได้มีคุณภาพดี มีความละเอียด และสิ่งเจือปนน้อย (พิมพ์เพ็ญ ธิรพร และคณะ, 2533) การผลิตแบ่งข้าววิธีผสม ส่งผลให้ได้แบ่งมีคุณภาพสูง มีขั้นตอนการโม่คล้ายคลึงกับวิธีการโม่เปียกในช่วงล้างข้าวหัก และแช่ข้าวหักจนนุ่มต่อจากนั้นนำข้าวหักขึ้นจากน้ำแล้วสะเด็ดน้ำ แล้วผ่านไปยังเครื่องอบให้ข้าวมีปริมาณความชื้นร้อยละ 15 – 17 จึงนำข้าวมาโม่แบบแห้ง และผ่านเข้าเครื่องร้อนแบ่ง (กรมการข้าว, 2559) วิธีการโม่ข้าวมีผลต่อคุณภาพของแบ่งข้าว และส่งผลโดยตรงต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร และไม่ใช่อาหาร ในปัจจุบันพฤติกรรมผู้บริโภคทั่วโลกได้เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการขยายตัวของกลุ่มผู้บริโภคที่จำเป็นต้องหลีกเลี่ยงกลูเตน (Gluten) ซึ่งอาจเป็นกลุ่มผู้ที่มีภาวะแพ้กลูเตนโดยตรง ผู้ที่มีอาการไวต่อกลูเตน หรือกลุ่มคนรักสุขภาพที่ต้องการปรับสมดุลระบบย่อยอาหาร ส่งผลให้ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่ปราศจากกลูเตนสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม พบว่า มีแบ่งทางเลือกที่หลากหลาย ซึ่งแบ่งข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบหลักที่น่าสนใจในอุตสาหกรรมอาหารปลอดกลูเตน เนื่องจากข้าวเจ้าเป็นธัญพืชที่ปราศจากกลูเตน ไม่มีกลิ่นรุนแรงหรือรสสัมผัสที่แปลกแยก เหมาะสมสำหรับนำไปประกอบอาหารและสามารถใช้แบ่งข้าวเจ้าทดแทนแบ่งสาลีได้ รวมทั้งแบ่งข้าวเจ้ามีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย ดิ่ต่อลำไส้ และหากเลือกใช้แบ่งข้าวไม่ขัดสี เช่น แบ่งข้าวกล้อง ทำให้ผู้บริโภคได้รับสารต้านอนุมูลอิสระ และใยอาหารเพิ่มขึ้นอีกด้วย วัตถุดิบแต่ละสายพันธุ์ยังส่งผลโดยตรงต่อความยากง่ายในกระบวนการโม่และการแยกโปรตีนที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแบ่ง โดยกระบวนการโม่ข้าวโพดมีบทบาทสำคัญต่อทั้ง ปริมาณผลผลิต (Starch yield) และ ความบริสุทธิ์ของแบ่ง (Purity) (Yu & Moon, 2021) อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับผลของวิธีการโม่ต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ ดัชนีการพองตัว ดัชนีการละลายน้ำ และสมบัติความหนืดของแบ่งข้าวขาวและแบ่งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 โดยตรง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้คือ ศึกษาองค์ประกอบ ทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพของแบ่งข้าวขาวและข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 ด้วยวิธีการโม่ที่แตกต่างกัน (โม่เปียก โม่แห้ง และโม่ผสม) เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากแบ่งข้าวพื้นเมือง เป็นการส่งเสริมการใช้แบ่งข้าว และพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวให้มีความหลากหลายมากขึ้น

ระเบียบวิธีวิจัย

การเตรียมแป้งข้าวด้วยกระบวนการไม่แป้ง

นำข้าวขาว และข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 ที่เป็นข้าวหัก มาศึกษาวิธีการไม่แป้งด้วยวิธีการไม่ที่ต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธีการไม่เปียก วิธีการไม่แห้ง และวิธีการไม่ผสม โดยดัดแปลงจากวิธีของ วิจิตรา เหลียวตระกูล และคณะ (2564) แสดงดังภาพที่ 1 ตามวิธีการไม่แต่ละวิธี โดยแช่ข้าวในน้ำด้วยอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก และไม่แป้ง ด้วยเครื่องไม่แป้ง ยี่ห้อ CHAMP นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิการอบ 60 องศาเซลเซียส นาน 7 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแห้งอเนกประสงค์ รุ่น ZT-1000 และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช เก็บแป้งในถุงพลาสติกซีลปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 1 กระบวนการไม่ข้าวพื้นเมืองพันธุ์อยุธยา 1 ด้วยวิธีไม่แห้ง ไม่เปียก และไม่ผสม

การวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีกายภาพ

วิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีกายภาพของแป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 และข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 ดังนี้ ค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดค่าสี (Colorimeter) รุ่น NH300 ยี่ห้อ 3NH ประเทศจีน วัดค่าสีในระบบ Hunter CIELAB โดยวัดสี L^* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) ระบุระดับความสว่าง โดยค่า 0 แทนสีดำ (สว่างน้อยที่สุด) และค่า 100 แทนสีขาว (สว่างมากที่สุด) ค่า a^* เป็นค่าสีแดงและเขียว (Redness/reenness)

โดยค่าบวก (+a*) แสดงความเป็นสีแดง และค่าลบ (-a*) แสดงความเป็นสีเขียว และค่า b* เป็นค่าสีเหลือง และ น้ำเงิน (Yellowness/blueness) โดยค่าบวก (+b*) แสดงความเป็นสีเหลือง และค่าลบ (-b*) แสดงความเป็นสีน้ำเงินทำการวัด 5 ซ้ำ วิเคราะห์ค่า a_w ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ รุ่น WA-60A ยี่ห้อ LANDTEK ปริมาณความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น รุ่น MB90 ยี่ห้อ OHAUS ประเทศสหรัฐอเมริกา ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเยื่อใย ปริมาณเถ้า เป็นไปตามวิธีมาตรฐาน AOAC International (2020)

การวิเคราะห์ดัชนีการพองตัว และดัชนีการละลายน้ำ โดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันในหลอดหมุนเหวี่ยงและนำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 55, 65, 75, 85 และ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ที่ความเร็ว 3,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที จากนั้นคำนวณดัชนีการพองตัวจากน้ำหนักตะกอนต่อน้ำหนักตัวอย่าง นำส่วนที่ได้จากการหมุนเหวี่ยงนำไปอบในเตาอบลมร้อน อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และคำนวณดัชนีการละลายน้ำเป็นร้อยละของน้ำหนักตะกอนในส่วนใสหลังการอบแห้งน้ำหนักตัวอย่าง (Liaotrakoon et al., 2014)

$$\text{ดัชนีการพองตัว (Swelling index, g gel/g)} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนหลังให้ความร้อน (g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (g)}}$$

$$\text{ดัชนีการละลายน้ำ (Water solubility index, \%)} = \left(\frac{\text{น้ำหนักของแข็งในส่วนใสหลังอบแห้ง (g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (g)}} \right) \times 100$$

การวิเคราะห์สมบัติความหนืด

วิเคราะห์สมบัติความหนืด ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบรวดเร็ว (Rapid visco analyzer (RVA), รุ่น RVA 4500, Perten instruments) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแป้ง 3 กรัม ต่อ น้ำ 25 กรัม โดยใช้ใบพัดแบบ paddle ที่ความเร็วรอบ 160 รอบ/นาที ให้ความร้อนจากอุณหภูมิ 40 จนถึง 92.5 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 3 องศาเซลเซียส/นาที หลังจากนั้นคงอุณหภูมิที่ 92.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วทำการลดอุณหภูมิเป็น 40 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 3 องศาเซลเซียส/นาที (ฉัชชี ฉัชปภาสัณณ และคณะ, 2559) นำกราฟที่ได้มาวิเคราะห์สมบัติทางความหนืดของตัวอย่างแป้ง ได้แก่ อุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืด (Gelatinization temperature) ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) ค่าความหนืดลดลง (Breakdown viscosity) ค่าการคืนตัว (Setback viscosity) และเวลาที่เกิดจุดสูงสุดของความหนืด (Peak time) ของแป้งข้าวขาวและแป้งข้าวกล้อง โดยวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของเม็ดแป้งด้านโครงสร้างของเม็ดแป้ง

วิเคราะห์ลักษณะและขนาดของเม็ดแป้งที่อยู่ภายในเซลล์ โดยนำแป้ง 0.5 กรัม ผสมกับน้ำ 7.5 กรัม เติมน้ำละลายไอโอดีน 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นคนให้เข้ากัน แล้วหยดลงแผ่นสไลด์ ปิดด้วยกระจกแผ่นสไลด์ แล้วส่องกล้องจุลทรรศน์ขนาดกำลังขยาย 40X โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ยี่ห้อ OLYMPUS รุ่น CX31 และ

กล้องดิจิทัล ยี่ห้อ Canon รุ่น EOS 750D ถ่ายภาพบันทึกตัวอย่าง จากนั้นนำแป้ง 5 กรัม น้ำ 95 กรัม ไปต้ม ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำไปหยดลงแผ่นสไลด์ แล้วหยดสารไอโอดีนที่เตรียมไว้ปิด ด้วยกระจกแผ่นสไลด์ แล้วส่องกล้องจุลทรรศน์ขนาดกำลังการขยาย 40X และถ่ายภาพบันทึกตัวอย่าง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) และวิเคราะห์ ข้อมูลทางสถิติโดยรายงานเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยเปรียบเทียบความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

ผลของวิธีการไม่ต่อคุณภาพด้านเคมีกายภาพของแป้งข้าวขาวและข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 และแป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 ที่ใช้วิธีการไม่ที่แตกต่างกัน คือ วิธีการไม่แห้ง วิธีการไม่ผสม และวิธีการไม่เปียก (ภาพที่ 2) พบว่า แป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 มีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพดังตารางที่ 1 โดยแป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 มีค่า ความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 95.46–98.51 ซึ่งวิธีไม่เปียกทำให้แป้งข้าวขาวมีค่าความสว่างมากที่สุดอย่างมี นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 ด้วยวิธีไม่เปียกมีค่าสี b^* ต่ำ ที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณผลผลิตของแป้งไม่แห้งมากที่สุด (ร้อยละ 99.31) รองลงมาคือ แป้งข้าวไม่ผสม และแป้งข้าวไม่เปียก ตามลำดับ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 2 (ก) แป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 และ (ข) แป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 ที่ผ่านกระบวนการไม่ ด้วยวิธีการไม่แห้ง วิธีการไม่ผสม และวิธีการไม่เปียก (จากซ้ายไปขวา)

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 ได้ผลดังตารางที่ 2 พบว่า แป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 แบบไม่แห้ง มีค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีรำข้าว และเปลือกหุ้มเมล็ดแป้งที่ยังไม่ถูกชะล้างออกไปมากที่สุด ส่งผลให้แป้งมีสีแดงเหลืองมากกว่า และแป้งข้าวกล้องอยุธยา 1 ด้วยวิธีไม่เปียกมีสีเหลืองน้อยที่สุด เนื่องจากในแป้งข้าวกล้องมีน้ำมัน หรือไขมัน (ร้อยละ 0.63-2.93) สูงกว่าแป้งข้าวขาว (ร้อยละ 1.87-3.22) รวมทั้งสารสีที่มีในข้าว ซึ่งวิธีการไม่แห้งทำให้ สารเหล่านี้ยังคงอยู่ในแป้งทำให้มีสีเหลืองเข้ม จากตารางที่ 1 และ 2 พบว่า แป้งข้าวขาว และแป้งข้าวกล้อง ไม่เปียกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด และมีปริมาณไขมันน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 โดยวิธีการไม่แบ่งที่แตกต่างกัน

คุณสมบัติ	วิธีการไม่แบ่ง (ข้าวขัดขาว)		
	ไม่แห้ง	ไม่ผสม	ไม่เปียก
ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)	99.31±0.15 ^a	94.80±0.22 ^b	75.12±0.18 ^c
ค่าความสว่าง (L*)	95.46±0.20 ^c	96.20±0.05 ^b	98.51±0.27 ^a
ค่าสีแดง (a*)	0.32±0.03 ^b	0.46±0.03 ^a	0.25±0.03 ^c
ค่าสีเหลือง (b*)	2.46±0.11 ^a	2.21±0.11 ^b	0.23±0.11 ^c
ปริมาณน้ำอิสระ (a _w)	0.58±0.00 ^a	0.52±0.01 ^b	0.48±0.00 ^c
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	11.57±0.05 ^a	9.15±0.11 ^b	8.77±0.15 ^c
โปรตีน (ร้อยละ) ^{ns}	4.99±0.19	5.24±0.13	5.13±0.16
ไขมัน (ร้อยละ)	3.22±0.15 ^a	2.15±0.13 ^b	1.87±0.14 ^c
เถ้า (ร้อยละ)	0.30±0.01 ^a	0.21±0.01 ^b	0.21±0.02 ^b
เส้นใย (ร้อยละ) ^{ns}	0.35±0.01	0.34±0.02	0.37±0.02
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	79.57±0.32 ^c	82.91±0.36 ^b	83.65±0.10 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 โดยวิธีการไม่แบ่งที่แตกต่างกัน

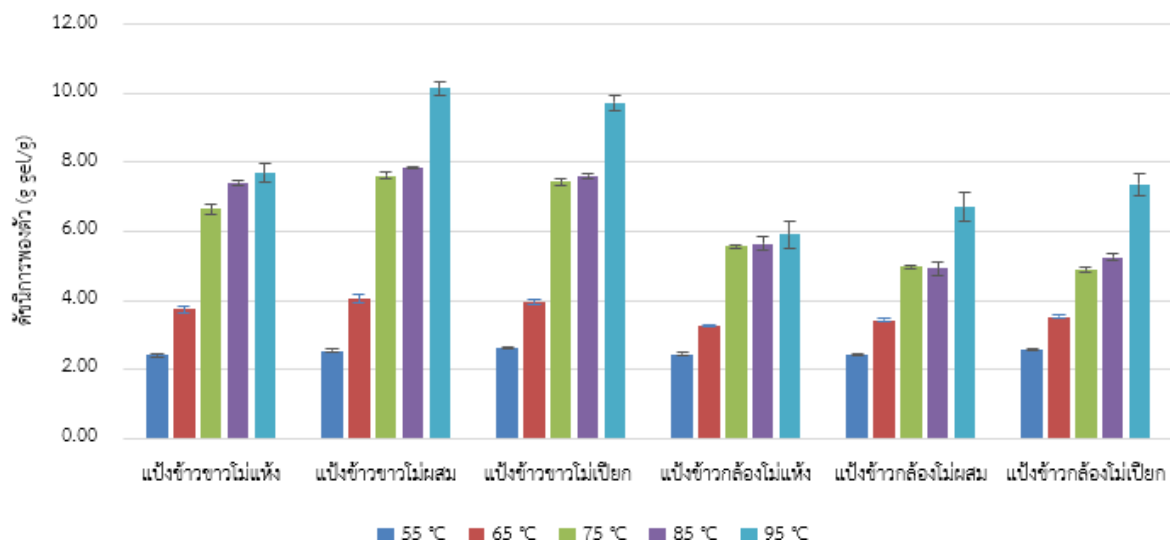
คุณสมบัติ	วิธีการไม่แบ่ง (ข้าวกล้อง)		
	ไม่แห้ง	ไม่ผสม	ไม่เปียก
ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)	98.24±0.11 ^a	93.70±0.08 ^b	79.50±0.13 ^c
ค่าความสว่าง (L*)	89.97±0.32 ^c	90.77±0.14 ^b	93.06±0.14 ^a
ค่าสีแดง (a*)	1.31±0.08 ^a	1.16±0.05 ^a	0.80±0.04 ^b
ค่าสีเหลือง (b*)	7.44±0.25 ^a	7.12±0.10 ^b	5.42±0.08 ^c
ปริมาณน้ำอิสระ (a _w)	0.60±0.00 ^a	0.50±0.01 ^b	0.47±0.01 ^c
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	11.41±0.07 ^a	8.70±0.05 ^b	8.80±0.07 ^b
โปรตีน (ร้อยละ)	5.50±0.06 ^b	5.63±0.09 ^b	6.09±0.21 ^a
ไขมัน (ร้อยละ)	2.93±0.28 ^a	2.11±0.29 ^b	0.63±0.16 ^c
เถ้า (ร้อยละ)	1.23±0.01 ^a	1.16±0.00 ^b	0.83±0.04 ^c
เส้นใย (ร้อยละ) ^{ns}	4.48±0.05	4.51±0.07	4.57±0.05
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	74.45±0.16 ^c	77.89±0.16 ^b	79.08±0.16 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

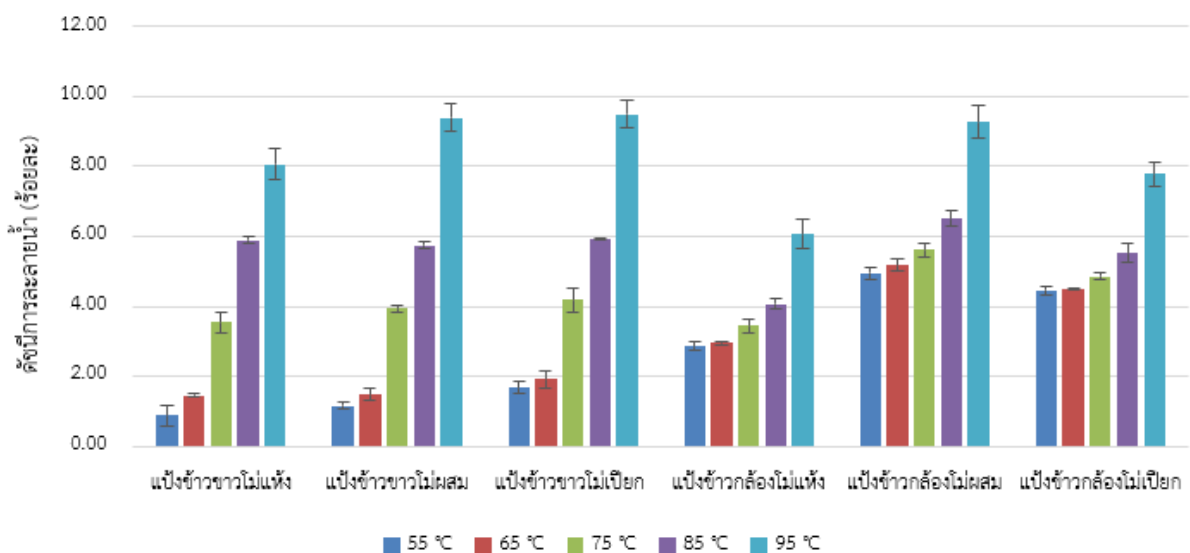
ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากภาพที่ 3 พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้ดัชนีการฟองตัวและดัชนีการละลายน้ำของแป้งข้าวขาวและแป้งข้าวกัลลิ่งพันธุ์อยุธยา 1 มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยการฟองตัวจะเริ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงเกินช่วง 60 – 70 องศาเซลเซียส วิธีการไม่ผสม และวิธีการไม่เปียก ส่งผลให้แป้งมีดัชนีการฟองตัวและดัชนีการละลายน้ำสูงกว่าวิธีการไม่แห้ง และพบว่า แป้งข้าวกัลลิ่งมีดัชนีการฟองตัวต่ำกว่าแป้งข้าวขาว นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณผลผลิตของแป้งข้าวกัลลิ่งไม่แห้งมากที่สุด (ร้อยละ 98.24) รองลงมาคือ แป้งข้าวกัลลิ่งไม่ผสม และแป้งข้าวกัลลิ่งไม่เปียก ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลของแป้งข้าวขาว

(ก)



(ข)



ภาพที่ 3 (ก) ดัชนีการฟองตัว และ (ข) ดัชนีการละลายน้ำของแป้งข้าวขาวและแป้งข้าวกัลลิ่งพันธุ์อยุธยา 1 โดยวิธีการไม่แห้งที่แตกต่างกัน ด้วยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55 ถึง 95 องศาเซลเซียส (Error bars หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD), n=3)

ผลของวิธีการไม่ต่อสมบัติความหนืดของแป้งข้าวขาวและข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1

จากสมบัติความหนืดของแป้งข้าวขาวและแป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 ที่ผลิตด้วยวิธีการโม่ที่แตกต่างกัน 3 วิธี แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าอุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืดของทั้งแป้งข้าวขาวและแป้งข้าวกล้องที่โม่ด้วยวิธีการโม่เปียก โม่ผสม และโม่แห้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) คือ อยู่ในช่วงระหว่าง 75.17 – 75.83 องศาเซลเซียส ส่วนแป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 โม่ผสมให้ความหนืดสูงสุด (5,574.67 cP) เทียบกับแป้งที่ทำการศึกษา (3,547.33 – 4,740.43 cP) ทำให้เกิดความเสียหายของเม็ดแป้ง (Starch damage) ในระดับที่พอเหมาะ การมีเม็ดแป้งที่เสียหายสูงขึ้นช่วยให้การพองตัวและการเกิดเจลทำได้ดีขึ้นเมื่อแป้งเย็นตัวลง ส่งผลให้ได้โครงสร้างเจลที่แข็งแรงและมีความหนืดสูง ในขณะที่แป้งข้าวกล้องโม่เปียกมีค่าความหนืดลดลง ความหนืดสุดท้ายและค่าการคืนตัวสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) เป็น 2,927.67, 6,399.00 และ 1,853.33 cP ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากแป้งข้าวกล้องโม่เปียกมีปริมาณไขมัน (ร้อยละ 0.63) น้อยกว่าแป้งข้าวกล้องโม่ผสมและโม่แห้ง (ร้อยละ 2.11 – 2.93, ตารางที่ 2) และแป้งข้าวขาว (ร้อยละ 1.87 – 3.22, ตารางที่ 1)

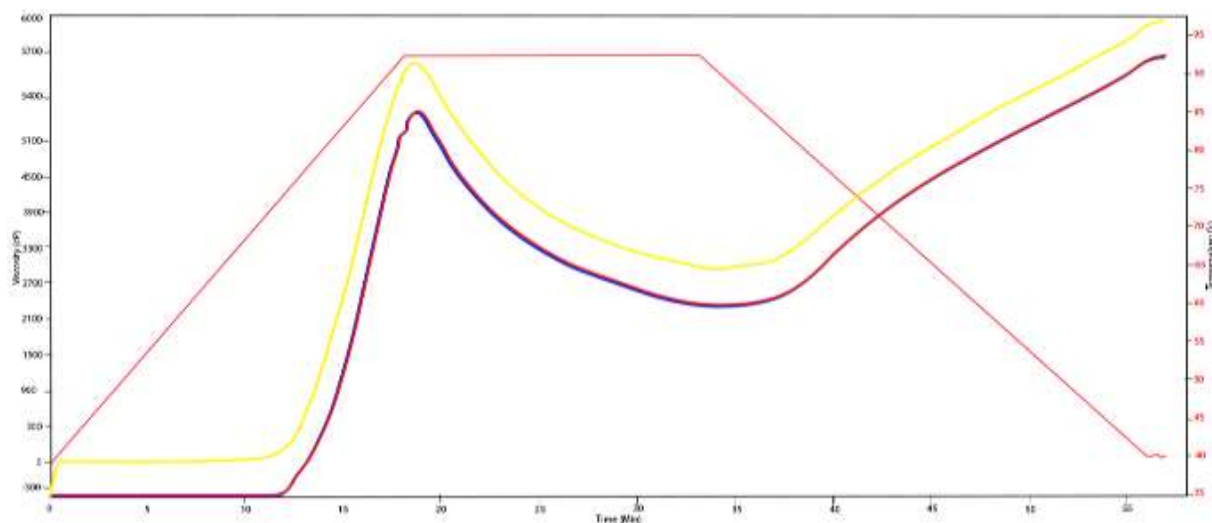
ตารางที่ 3 สมบัติความหนืดของแป้งข้าวขาวและข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 โดยวิธีการโม่แป้งที่แตกต่างกัน

วิธีโม่	ค่าความหนืดสูงสุด (cP)	ความหนืดลดลง (cP)	ความหนืดสุดท้าย (cP)	เขตแบบ (cP)	อุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืด ^{ns} (องศาเซลเซียส)
แป้งข้าวขาว					
โม่แห้ง	4,740.43±80.21 ^b	2,362.23±69.87 ^c	5,431.00±77.89 ^c	690.33±23.51 ^c	75.33±0.58
โม่ผสม	5,574.67±184.79 ^a	2,666.50±92.86 ^b	5,871.33±117.83 ^b	296.67±54.32 ^d	75.17±0.85
โม่เปียก	4,951.00±198.60 ^b	2,546.67±108.87 ^b	5,470.75±123.41 ^c	519.00±76.37 ^c	75.67±0.29
แป้งข้าวกล้อง					
โม่แห้ง	3,547.33±45.25 ^e	2,663.40±65.77 ^b	5,276.33±65.90 ^d	1,729.00±68.07 ^a	75.83±0.62
โม่ผสม	3,850.55±136.00 ^d	2,045.00±134.81 ^d	5,163.50±139.18 ^d	1,312.67±187.41 ^b	75.83±0.76
โม่เปียก	4,545.72±90.59 ^c	2,927.67±179.35 ^a	6,399.00±188.34 ^a	1,853.33±130.86 ^a	75.67±0.76

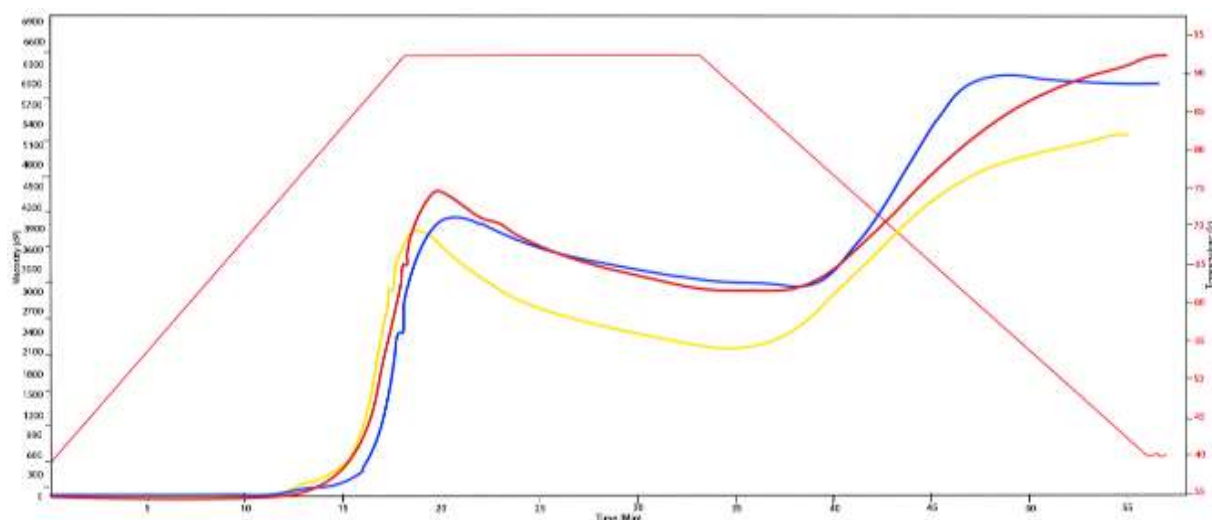
หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) และ ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากกราฟแสดงค่าความหนืด RVA ของแป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 (ภาพที่ 3) ที่ผลิตด้วยวิธีการโม่ที่แตกต่างกัน 3 วิธี พบว่า แป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 โม่เปียกให้ความหนืดสูงสุด การโม่เปียกเป็นการแปรรูปที่ใช้การแช่น้ำและบดละเอียดในการละลายน้ำ ส่งผลให้เม็ดแป้งมีความสม่ำเสมอและมีความเสียหายของเม็ดแป้งต่ำ เมื่อเม็ดแป้งที่แขวนลอยในน้ำได้รับความร้อน จึงเกิดการพองตัวทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น แล้วความหนืดของแป้งจะลดลง เมื่อส่วนที่แตกสลายและละลายออกมามีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้น ความหนืดจึงเริ่มลดลงและเมื่อลดอุณหภูมิลง โมเลกุลอิสระที่กระจัดกระจายออกมาจึงสามารถเคลื่อนที่มาจับกัน และกักน้ำไว้ได้ทำให้ความหนืดสูงขึ้น แสดงถึงการคืนตัวของแป้ง (Retrogradation) ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติความหนืดของแป้ง ได้แก่ ชนิดของแป้ง ขนาดอนุภาค สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน และอุณหภูมิ (กล้านรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2550)

(ก)



(ข)

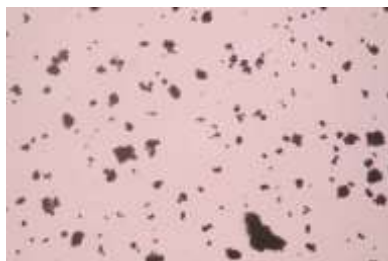


ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบรวดเร็วของ (ก) แป้งข้าวขาว และ (ข) แป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 ที่ผ่านการม่ด้วยวิธีต่าง ๆ (เส้นกราฟสีเหลือง แสดงถึง แป้งไม่ผสม เส้นกราฟสีแดง แสดงถึง แป้งไม่เปียก และเส้นกราฟสีน้ำเงิน แสดงถึง แป้งไม่แห้ง)

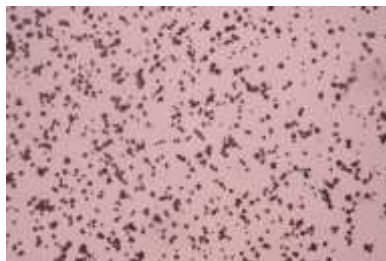
ผลของวิธีการม่ต่อลักษณะทางกายภาพของเม็ดแป้งของแป้งข้าวขาวและข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1

จากภาพที่ 5 และ 6 แสดงลักษณะทางกายภาพของเม็ดแป้งภายในเซลล์เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ของแป้งข้าวขาว และแป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 พบว่า แป้งข้าวพันธุ์อยุธยา 1 มีขนาดเล็ก และเกาะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มภายในเซลล์ โดยแป้งข้าวไม่แห้งมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าแป้งไม่เปียก และไม่ผสม อย่างไรก็ตามพบว่า แป้งข้าวที่ผ่านการม่ทั้ง 3 วิธี มีปริมาณโครงสร้างผลึกไม่แตกต่างกัน

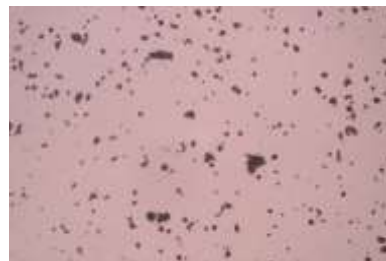
(ก) เม็ดแป้งข้าว



เม็ดแป้งข้าวขาวไม่แห้ง

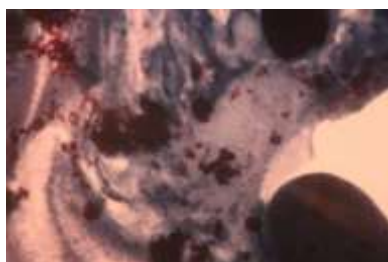


เม็ดแป้งข้าวขาวไม่เปียก

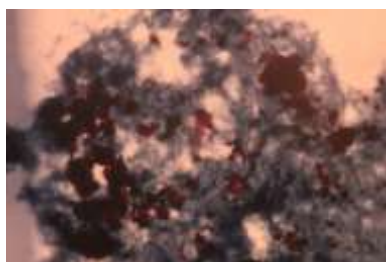


เม็ดแป้งข้าวขาวไม่ผสม

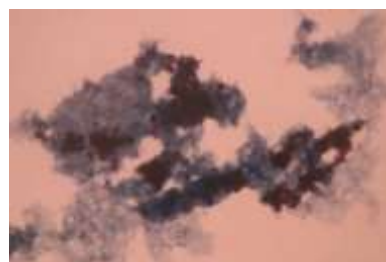
(ข) เจลเม็ดแป้งข้าวหลังจากให้ความร้อน



เม็ดแป้งข้าวขาวไม่แห้ง



เม็ดแป้งข้าวขาวไม่เปียก

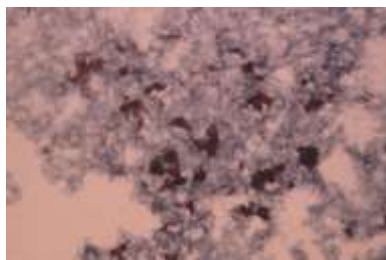


เม็ดแป้งข้าวขาวไม่ผสม

(ค) การคืนตัวของแป้งข้าว



เม็ดแป้งข้าวขาวไม่แห้ง



เม็ดแป้งข้าวขาวไม่เปียก



เม็ดแป้งข้าวขาวไม่ผสม

ภาพที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของเม็ดแป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีขนาดกำลังขยาย 40 เท่า (40x)

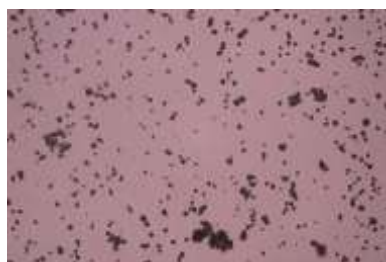
(ก) เม็ดแป้งข้าว



เม็ดแป้งข้าวกล้องไม่แห้ง



เม็ดแป้งข้าวกล้องไม่เปียก

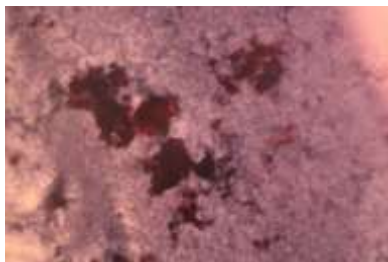


เม็ดแป้งข้าวกล้องไม่ผสม

(ข) เจลเม็ดแป้งข้าวหลังจากให้ความร้อน



เม็ดแป้งข้าวกล้องไม่แห้ง

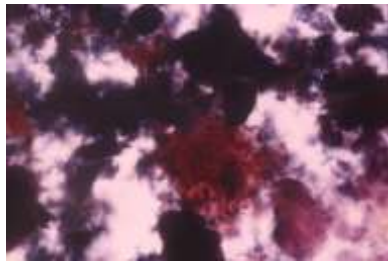


เม็ดแป้งข้าวกล้องไม่เปียก

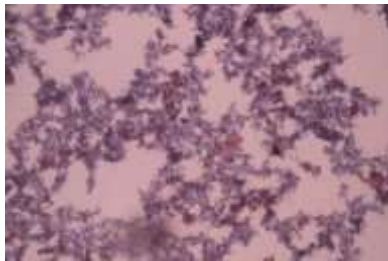


เม็ดแป้งข้าวกล้องไม่ผสม

(ค) การคืนตัวของแป้งข้าว



เม็ดแป้งข้าวกล้องไม่แห้ง



เม็ดแป้งข้าวกล้องไม่เปียก



เม็ดแป้งข้าวกล้องไม่ผสม

ภาพที่ 6 ลักษณะทางกายภาพของเม็ดแป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีขนาดกำลังขยาย 40 เท่า (40x)

การอภิปรายผล

ผลของวิธีการไม่ต่อองค์ประกอบทางเคมี

ผลของการไม่ต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 และแป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 ได้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศันสนีย์ อุดมระติ และคณะ (2562) ที่พบว่าแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการไม่เปียกมีค่า b^* ต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะกระบวนการแช่ข้าวในน้ำ และไม่เปียกทำให้เกิดการชะล้าง (Leaching) สารสี เช่น ฟลาโวนอยด์ ที่เป็นสาเหตุของสีเหลืองที่ติดอยู่บนผิวเมล็ดออกไปได้มากกว่าการไม่แห้ง การไม่แห้งซึ่งไม่ใช้การชะล้างจึงส่งผลให้สารสีเหล่านั้นยังคงอยู่ครบถ้วนในแป้ง ส่งผลให้มี

ความเหลืองสูงขึ้นและมีคุณภาพสีโดยรวมต่ำกว่าวิธีการไม่เปียก ส่วนแป้งข้าวโม้แห้งมีปริมาณไขมัน และเถ้ามากที่สุด สอดคล้องกับผลการทดลองในแป้งกระจับ (วิจิตร เทลียวตระกูล และ วชิรญา เทลียวตระกูล, 2563) เนื่องจากการไม่แห้งไม่ผ่านขั้นตอนที่อาจเป็นการชะเอาไขมันและแร่ธาตุบางชนิดที่ละลายน้ำออกไป (Chiang & Yeh, 2002) ส่วนปริมาณผลผลิตนั้น การไม่ทั้ง 3 วิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการไม่แห้ง นำเมล็ดข้าวกล้องมาบดโดยตรง จึงไม่มีการสูญเสียส่วนประกอบของแป้งไปในระหว่างกระบวนการ ส่วนการไม่เปียก ต้องผ่านขั้นตอนการแช่น้ำ การกรอง และการแยกแป้ง ส่งผลให้สารอาหารที่ละลายน้ำได้ และเม็ดแป้งขนาดเล็กบางส่วนสูญเสียไปกับน้ำในขั้นตอนการล้างและการคั่นกรอง แป้งไม่แห้งมีค่าความชื้นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่วิธีการไม่ผสมและไม่เปียกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) อาจเนื่องมาจากการไม่แห้ง เป็นความชื้นที่มีอยู่ในเมล็ดข้าว ส่วนการไม่เปียกและไม่ผสม แม้จะใช้น้ำในกระบวนการผลิต แต่หลังจากแยกตะกอนแป้งแล้ว จะต้องนำแป้งไปผ่านกระบวนการอบแห้ง (drying process) เพื่อกำจัดน้ำออก ทำให้สามารถควบคุมระดับความชื้นให้อยู่ในระดับต่ำ (ร้อยละ 8.70–9.20) ซึ่งสอดคล้องกับค่า a_w การไม่เปียกและไม่ผสม ทำให้แป้งที่ได้มีปริมาณความชื้นต่ำ ทำให้มีปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้น้อยตามไปด้วย สามารถลดค่า a_w ลงมาอยู่ในระดับต่ำกว่า 0.60 ได้

ผลของวิธีการไม่ต่อดัชนีการพองตัวและการละลายน้ำ

ดัชนีการพองตัวและดัชนีการละลายน้ำของแป้งข้าวขาว และแป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 โดยวิธีการไม่แห้งที่แตกต่างกัน ด้วยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55 ถึง 95 องศาเซลเซียส โดยการพองตัวเริ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงเกินช่วง 60 – 70 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่โครงสร้างเม็ดแป้งเริ่มสลายตัวและรับน้ำเข้าไป (Soojung et al., 2013) ส่วนวิธีการไม่ผสมและวิธีการไม่เปียกทำให้แป้งมีดัชนีการพองตัวและดัชนีการละลายน้ำสูงกว่าวิธีการไม่แห้ง เนื่องจากการไม่เปียกสามารถชะล้างปริมาณไขมันออกจากตัวแป้งได้มากกว่าวิธีอื่น จึงทำให้แป้งขาวที่ได้มีปริมาณไขมัน (ร้อยละ 1.87) น้อยกว่าการไม่ผสมและการไม่แห้ง (ร้อยละ 2.15 และ 3.22) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนี้ยังพบว่า แป้งข้าวกล้องมีดัชนีการพองตัวต่ำกว่าแป้งข้าวขาว เนื่องจากมีโปรตีนและไขมันที่ผิวนอกคอยขัดขวางการซึมผ่านของน้ำ โดยที่วิธีการไม่เปียกให้ค่าการพองตัวที่สูงกว่าวิธีการไม่แห้ง เนื่องจากเม็ดแป้งได้รับความเสียหายน้อยกว่า และมีความบริสุทธิ์ของสตาร์ชสูงกว่า ในขณะที่รายงานของ สอนิต อิชยาวณิษฐ์ และคณะ (2547) พบว่า ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และอะไมโลสของแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตจากกระบวนการไม่เปียกและไม่แห้งในระดับอุตสาหกรรมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนกำลังการพองตัวของแป้งไม่เปียกมีค่าสูงกว่าแป้งไม่แห้งเล็กน้อย โดยไขมันที่มีในแป้งสามารถสร้างพันธะกับอะไมโลสเกิดเป็นโครงสร้างผลึกอย่างอ่อนที่ไปเสริมให้เม็ดสตาร์ชมีความแข็งแรงขึ้น ซึ่งสามารถไปยับยั้งการพองตัว และการละลายของเม็ดสตาร์ชทำให้แป้งมีค่าความหนืดต่ำลง (Hamaker & Griffin, 1993; Lim et al., 1999)

ผลของวิธีการไม่ต่อสมบัติความหนืด

โปรตีนและไขมันในแป้งเป็นส่วนที่มีบทบาทต่อสมบัติด้านความหนืดของแป้งด้วยเช่นกัน (Hamaker & Griffin, 1993) เมื่อให้ความร้อนโมเลกุลของโปรตีนอาจเกิด interaction กับสายของอะไมโลสหรืออะไมโลเพคติน ทำให้เม็ดแป้งพองตัวได้น้อยแป้งจึงมีความหนืดต่ำกว่าและปลดปล่อยอะไมโลสออกมาน้อย ทำให้เกิดการรีโทรเกรดของแป้งหลังการเจลาติไนซ์ต่ำ (Likitwattanasade & Hongsprabhas, 2010) กระบวนการไม่แป้งมีผลต่ออุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดและสมบัติความหนืด โดยแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด (Pasting temperature) 74-75 องศาเซลเซียส และแป้งที่ผ่านการไม่แห้งมีความหนืดสูงสุด ความหนืดลดลง ค่าการคืนตัว (Setback) และความหนืดสุดท้ายสูงที่สุด ในขณะที่แป้งข้าวไม่เปียกมีค่าความหนืดต่ำที่สุด (ศันสนีย์ อุดมระติ และคณะ, 2562)

โครงสร้างเชิงซ้อนระหว่างอะไมโลสและไขมัน (Amylose-lipid complex) ของเม็ดแป้งต้องการพลังงานความร้อนสูงขึ้นในการคลายตัว ส่งผลให้อุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืดสูงขึ้นตามไปด้วย (Dorantes-Campuzano et al., 2022) แป้งที่มีค่าการยุบตัว (Breakdown) และค่าการคืนตัวสูงที่สุด แสดงถึงความเปราะในช่วงให้ความร้อนและความสามารถในการคืนตัวของแป้งหลังการทำให้เย็น และในข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ส่งผลให้ลักษณะของเนื้อสัมผัสข้าวจะเป็นข้าวที่มีความแข็งอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงเป็นข้าวแข็ง ส่วนพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ มีลักษณะของเนื้อสัมผัสข้าวที่มีความแข็งอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำเป็นข้าวอ่อนนุ่ม (ศิริกาญญา ศิริรินทร์ และ ณัฐธพงศ์ เพชรอำไพ, 2567)

แนวทางการใช้ประโยชน์ของแป้งข้าวพันธุ์อยุธยา 1

จากผลการทดลอง พบว่า แป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 ด้วยวิธีไม่ผสม มีศักยภาพสำหรับนำไปประยุกต์และพัฒนาในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหนืดสูง ขณะที่แป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 ด้วยวิธีไม่เปียกเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการโครงสร้างเจลและการคืนตัวของแป้งสูง และมีรายงานว่า แป้งข้าวกล้องสายพันธุ์พื้นเมืองนราธิวาสมีปริมาณอะไมโลสมากกว่าร้อยละ 25 จัดอยู่ในกลุ่มข้าวอะไมโลสสูง และมีอุณหภูมิที่เกิดความหนืดสูงกว่าแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 105 ทางการค้า ทำให้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์แป้งที่ต้องการโครงสร้างแข็งแรงและมีความคงตัวสูง เหมาะสมสำหรับการใช้ในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว ข้าวเกรียบ ผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยว และเบเกอรี่ที่ต้องการโครงสร้างแข็งแรง (ภัทรา ฉัตรชัยพันธ์ และคณะ, 2568) ส่วนแป้งชนิดอื่น เช่น แป้งกลอยและแป้งมันมือเสือ พบว่า แป้งมันมือเสือมีกำลังการพองตัว และปลดปล่อยอะไมโลสออกมามากกว่าแป้งกลอย แต่แป้งกลอยมีความหนืดค่อนข้างคงที่ไม่พบค่าการยุบตัว และคืนตัวต่ำ จึงน่าจะเหมาะในการนำไปใช้เป็นการเพิ่มความข้นหนืดในอาหาร (สันตณีย์ ปัญจอนันท์ และคณะ, 2557) โครงสร้างของโมเลกุลสตาร์ชของแป้งข้าวสายพันธุ์แตกต่างกัน ได้แก่ สายพันธุ์ปทุมธานี 1 กข 7 และเหลือง 11 ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสต่างกันคือ ปริมาณอะไมโลสต่ำ กลาง และสูง ตามลำดับ พบว่า การไม่แห้งทำให้สตาร์ชข้าวได้รับความเสียหายมากกว่าการไม่เปียก และโมเลกุลอะไมโลเพคตินของแป้งข้าวที่ผ่านการไม่แห้งมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่าการไม่เปียก (Leewatchararongjaroen & Anuntagool, 2016)

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

วิธีการโม่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ โดยวิธีโม่เปียกทำให้แป้งข้าวขามีค่าความสว่าง L^* มากที่สุดและมีค่าสี b^* ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) แป้งข้าวขาว และแป้งข้าวกล้องโม่เปียกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด และมีปริมาณไขมันน้อยที่สุด ส่วนแป้งข้าวโม่แห้งมีปริมาณไขมัน และเถ้ามากที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ดัชนีการพองตัว และดัชนีการละลายน้ำของแป้งข้าวขาว และแป้งข้าวกล้องพันธุ์อยุธยา 1 มีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนวิธีการโม่ผสมและวิธีการโม่เปียกทำให้แป้งมีดัชนีการพองตัว และดัชนีการละลายน้ำสูงกว่าวิธีการโม่แห้ง แป้งข้าวกล้องมีดัชนีการพองตัวต่ำกว่าแป้งข้าวขาว อุณหภูมิที่เริ่มเกิดความร้อนของทั้งแป้งข้าวขาว และแป้งข้าวกล้องที่ไม่ด้วยวิธีการโม่เปียก โม่ผสม และโม่แห้งไม่แตกต่างกันมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) คือ อยู่ในช่วงระหว่าง 75.17 – 75.83 องศาเซลเซียส ส่วนแป้งข้าวขาวพันธุ์อยุธยา 1 โม่ผสมให้ความหนืดสูงสุด (5,574.67 cP) เทียบกับแป้งที่ทำการศึกษา (3,547.33 – 4,740.43 cP) ในขณะที่แป้งข้าวกล้องโม่เปียกมีค่าความหนืดลดลง ความหนืดสุดท้าย และค่าการคืนตัวสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เป็น 2,927.67, 6,399.00 และ 1,853.33 cP ตามลำดับ

จากผลการวิจัยมีข้อเสนอแนะที่สำคัญดังนี้ จากคุณสมบัติของแป้งข้าวพื้นเมืองพันธุ์อยุธยา 1 สามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค และถือเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยสามารถประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว ขนมไทย หรือผลิตภัณฑ์ปลอดกลูเตน พร้อมทดสอบคุณภาพเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. (2559). *องค์ความรู้เรื่องข้าว พันธุ์ข้าวอยุธยา 1*. กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. (2550). *เทคโนโลยีของแป้ง*. (พิมพ์ครั้งที่ 4), สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เชาวนิพร ชิพประสพ, หาสน์ สาส์ม และ ฤทัยทิพ อโนมณ. (2560). องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณอะไมโลสในข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.ธัญบุรี*, 7(2), 84-97. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/past/article/view/243065>
- ณัชชชี ณัชปภาสัณณ, สันตณีย์ ปัญจอนันท์ และ ดุษฎี อุดภาพ. (2559). ผลของการดัดแปรแป้งด้วยวิธีการใช้ความร้อนขึ้นต่อสมบัติและโครงสร้างของแป้งที่มีโครงสร้างผลึกแบบ A และ B. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 39(2), 257-270. https://digital.lib.kmutt.ac.th/journal/loadfile.php?A_ID=803
- พิมพ์เพ็ญ ธีรพร, นฤตม บุญ-หลง, งามชื่น คงเสรี และ จินตนา อุปติสสกุล. (2533). ผลของการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว. ใน *รายงานผลการวิจัยในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 28*. (น. 307-317). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ภัทรา ฉัตรชัยพันธ์, ราฮิมา วาแมดีชา, สุนีย์ โชตินิรนาท, อุษา ย้อนโคกสูง และ โรสลาวาตี โต๊ะแอ. (2568). องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของฟลาวข้าวกล้องสายพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดนราธิวาส. *วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี*, 4(2), 44-54. <https://li04.tci-thaijo.org/index.php/psj/article/view/8455>
- วิจิตรา เหลียวตระกูล และ วชิรญา เหลียวตระกูล. (2563). ผลของวิธีการไม่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ ความหนืด และการแยกตัวของน้ำของแป้งกระจับ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 9(2), 251-264. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjst/article/view/240005>
- วิจิตรา เหลียวตระกูล, วชิรญา เหลียวตระกูล และ วรรณภา วงศ์แสงธรรม. (2564). ผลของปริมาณแป้งกระจับ และการอบแห้งต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ การต้านอนุมูลอิสระ และทางประสาทสัมผัสของ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 26(1), 341-357. <https://li05.tci-thaijo.org/index.php/buuscij/article/view/1473>
- คันสนีย์ อุดมระติ, พัชรีย์ ตั้งตระกูล และ งามจิตร โลวิฑูร. (2562). ผลของวิธีการไม่ต่อสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์พลอดกดูเตน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 27(2), 311-325. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/view/181305>
- ศิริกาญจนา ศิริรินทร์ และ ณัฏฐ์ธพงศ์ เพชรอำไพ. (2567). การศึกษาปริมาณสารอะไมโลสที่มีผลต่อค่าความชื้นหนืดของเจลแป้งและลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวหลากสายพันธุ์ในพื้นที่ปลูกจังหวัดนครสวรรค์. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 16(32), 1-11. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/swujournal/article/view/251997/>
- ศิวาพร แดงโชติ, สุนันท์ สีสังข์ และ สำอาง สืบสมาน. (2561). การบริโภคข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงของแต่ละกลุ่มวัย กรณีศึกษาผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9*. (น. 1633-1651). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สวนิต อิชยาวณิษฐ์, มณฑิรา นพรัตน์ และพรรณ จิรวางศ์สวัสดิ์. (2547). คุณสมบัติทางเคมี กายภาพและรีโอโลยีของแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการไม่เปียกและไม่แห้งในระดับอุตสาหกรรม. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 27(3), 357-374. https://digital.lib.kmutt.ac.th/journal/loadfile.php?A_ID=195
- สันทณีย์ ปัญจอนันท์, วิทวัส จิรนนท์กุล และดุขุฎิ อุดภาพ. (2557). สมบัติทางเคมีกายภาพและโครงสร้างโมเลกุลของแป้งกลอย (*Dioscorea hispida* Dennst.) และแป้งมันมือเสือ (*Dioscorea esculenta* (Lour.) Burkill). *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 37(2), 185-198. https://digital.lib.kmutt.ac.th/journal/loadfile.php?A_ID=560
- AOAC International. (2020). *Official methods of analysis of AOAC International*. (21st ed.). AOAC International.
- Chiang, P. Y., & Yeh, A. I. (2002). Effect of soaking on wet-milling of rice. *Journal of Cereal Science*, 35(1), 85-94. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0419>

- Dorantes-Campuzano, M. F., Cabrera-Ramírez, A. H., Rodríguez-García, M. E., Palacios-Rojas, N., Preciado-Ortiz, R. E., Luzardo-Ocampo, I., & Gaytán Martínez, M. (2022). Effect of maize processing on amylose-lipid complex in pozole, a traditional Mexican dish. *Applied Food Research*, 2(1), 100078. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100078>
- Hamaker, B. R., & Griffin, V. K. (1993). Effect of disulfide bond-containing protein on rice starch gelatinization and pasting. *Cereal Chemistry*, 70(4), 377-380. https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1993/Documents/70_377.pdf
- Leewatchararongjaroen, J., & Anuntagool, J. (2016). Effects of Dry-Milling and Wet-Milling on Chemical, Physical and Gelatinization Properties of Rice Flour. *Rice Science*, 23(5), 274–281. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.08.005>
- Liaotrakoon, W., Liaotrakoon, V., Wongsangtham, W., & Rodsiri, S. (2014). Influence of dry- and wet-milling processes on physicochemical properties, syneresis, pasting profile and microbial count of job's tear flour. *International Food Research Journal*, 21, 1745-1749. https://www.academia.edu/download/110386681/6_20IFRJ_2021_2005_202014_20Liaotrakoon_20666.pdf
- Likitwattanasade, T., & Hongsprabhas, P. (2010). Effect of storage proteins on pasting properties and microstructure of Thai rice. *Food Research International*, 43(5), 1402-1409. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.011>
- Lim, S. T., Lee, J. H., Shin, D. H., & Lim, H. S. (1999). Comparison of protein extraction solutions for rice starch isolation and effects of residual protein content on starch pasting properties. *Starch/Starke*, 51(4), 120-125. <https://www.scopus.com/pages/publications/0000879409>
- Soojung, H., Seung, M. L., Jae-Hoon, S., Sang-Ho, Y., & Suyong, L. (2013). Effect of dry- and wet-milled rice flours on the quality attributes of gluten-free dough and noodles. *Journal of Food Engineering*, 116(1), 213-217. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.11.017>
- Yu, J. K., & Moon, Y. S. (2021). Corn Starch: Quality and Quantity Improvement for Industrial Uses. *Plants (Basel)*, 11(1), 92. <https://doi.org/10.3390/plants11010092>