

ผลของวิธีการไม่ต่อสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ปลอดกลูเตน

Effect of Different Milling Methods on Physicochemical Properties of Thai Rice Flour (Khao Dawk Mali 105) and Its Application for Gluten Free Product

ศันสนีย์ อุดมระติ* และพัชรี ตั้งตระกูล

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตบางเขน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

งามจิตร โลวิทุร

ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตบางเขน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

Sunsanee Udomrati* and Patcharee Tungtrakul

Department of Food Chemistry and Physics, Institute of Food Research and Product Development,
Kasetsart University, Bangkhen Campus, Ladyao, Chatuchak, Bangkok, 10900

Ngamjit Lowithun

Department of Food Processing and Preservation, Institute of Food Research and Product Development,
Kasetsart University, Bangkhen Campus, Ladyao, Chatuchak, Bangkok, 10900

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการไม่ (ไม่เปียก ไม่ผสม และไม่แห้ง) ต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์แพนเค้กปลอดกลูเตนจากการทดลองพบว่าแป้งข้าวไม่แห้งมีปริมาณแอมิโลส โปรตีน ปริมาณสตาร์ชเสียหาย ดัชนีการดูดซับน้ำ และดัชนีการละลายน้ำสูงที่สุด โดยแป้งข้าวไม่แห้งและไม่ผสมมีค่าแอมิโลส โปรตีน และสตาร์ชเสียหายไม่มีความแตกต่างกัน แป้งข้าวไม่แห้งมีขนาดอนุภาคใหญ่ที่สุดและมีสีเหลืองมากกว่าแป้งไม่เปียกและไม่ผสม ด้านสมบัติของความหนืด แป้งข้าวไม่แห้งมีค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดลดลง เซตแบค และความหนืดสุดท้ายสูงที่สุด ในขณะที่แป้งข้าวไม่เปียกมีค่าความหนืดดงกล่าวต่ำที่สุด แป้งข้าวที่ผ่านการไม่ทั้ง 3 วิธี มีปริมาณโครงสร้างผลึกไม่แตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง x-ray diffraction แป้งข้าวไม่แห้งมีอุณหภูมิในการเกิดเจลลาติไนเซชัน ($T_{o_{gel}}$, $T_{p_{gel}}$ และ $T_{c_{gel}}$)

สูงที่สุด ในขณะที่ใช้พลังงานในการเกิดเจลในเซชัน (ΔH_{gel}) ต่ำที่สุด ส่วนแป้งข้าวโม้เปียกและโม้ผสมใช้พลังงานและอุณหภูมิในการเกิดเจลในเซชันไม่แตกต่างกัน และวิธีการโม่ไม่มีผลต่อการรีโทรเกรเดชันเมื่อเก็บรักษาเจลแป้งข้าวที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งโม้แห้งมีความแข็งและมีความเหนียวมากที่สุด เมื่อนำแป้งข้าวที่ผ่านการโม่ทั้ง 3 วิธี ไปเป็นส่วนผสมแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แพนเค้กปลอดกลูเตนพบว่าแป้งข้าวโม้ผสมให้ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสคล้ายแพนเค้กที่ทำจากแป้งสาลีมากที่สุดเมื่อเทียบกับแป้งข้าวโม้เปียกและโม้แห้ง

คำสำคัญ : แป้งข้าว; การโม่; สมบัติทางเคมีฟิสิกส์

Abstract

The present research focuses on the effect of milling methods (wet milling, semi-dry milling, and dry milling) on physicochemical properties of rice flour (Khao Dawk Mali 105) and their utilizations in pancake recipe, replacing wheat flour. Dry-milled rice flour contained the highest content of amylose, protein, damaged starch, and largest particles, compared to wet-milled and semi-dry-milled rice flours. There was no significant difference in amylose, protein and damaged starch content of wet milled and semi-dry milled sample. Peak viscosity, break down, setback, and final viscosity of dry-milled rice flour were the highest values, while these of wet milled sample were the lowest values. Dry-milled rice flour showed the highest gelatinization temperature, whereas ΔH_{gel} was lowest. The ΔH_{gel} and temperature of gelatinization of wet-milled rice flour was similar to those of semi-dry-milled sample. The milling methods did not have influence on the crystallinity (%) of rice flours and retrogradation. The highest hardness and stickiness values were observed for dry-milled rice flour gel. For rice flour utilization, semi-dry-milled rice flour may be more suitable ingredient in gluten free pancake, compared to wet-milled and dry-milled rice flour and have potential to replace wheat flour, both in term of appearance and texture.

Keywords: rice flour; milling; physicochemical property

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม โดยมีข้าวเป็นสินค้าส่งออกหลักของประเทศสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน นอกจากคนไทยบริโภคข้าวหุงสุกทั้งเมล็ดเป็นอาหารหลักแล้วข้าวยังสามารถแปรรูปเป็นแป้งข้าว ซึ่งนับว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพสูงในการนำไปใช้พัฒนา

ผลิตภัณฑ์อาหาร ข้อดีของข้าวและแป้งข้าวในมุมมองของผู้บริโภค ได้แก่ เป็นแหล่งพลังงานที่ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี คือไม่มีโปรตีนที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ ประกอบด้วยไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่าร้อยละ 70 อีกทั้งมีสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ (natural antioxidant) เช่น แกมมาออริซานอล (λ -oryzanol) วิตามินอี และมีสารออกฤทธิ์ทาง

ชีวภาพ เช่น ไฟโตสเตอรอล (phytosterol) ส่วนในนมมอมของผู้ผลิตอาหาร ข้อดีของข้าวและแป้งข้าว คือ มีราคาถูก มีปริมาณที่เพียงพอต่อการผลิตและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากข้าวประกอบด้วยโปรตีนที่ไม่ก่อให้เกิดการแพ้ จึงสามารถนำแป้งข้าวมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อาหารปลอดกลูเตน ปัจจุบันกลุ่มผู้บริโภคที่แพ้กลูเตนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จึงมีผู้สนใจและบริโภคผลิตภัณฑ์ปลอดกลูเตนที่ทำมาจากแป้งข้าวเจ้าจำนวนมากขึ้น โดยที่ตลาดของผลิตภัณฑ์ปลอดกลูเตนมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง การใช้แป้งข้าวในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสตามที่ต้องการ จำเป็นต้องมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งข้าว เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการนำไปใช้ประกอบการพิจารณาเลือกแป้งข้าวที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งเป็นการส่งเสริมการใช้แป้งข้าวและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวให้มีความหลากหลาย

วิธีการโม่แป้งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งข้าว วิธีการโม่แป้งแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ (1) โม่แห้ง (dry milling) เป็นการนำข้าวที่ผ่านการทำความสะอาดแบบแห้งแล้วเข้าสู่เครื่องโม่หรือบดแห้งเป็นแป้งผง แป้งที่ได้จากการโม่แห้งมีคุณภาพต่ำเพราะผงแป้งค่อนข้างหยาบและมีสิ่งเจือปนสูง อายุการเก็บรักษาสั้น เกิดกลิ่นหืนและถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย ข้อดีของวิธีการนี้ คือ เกิดของเสียน้อย (2) โม่เปียกหรือโม่เปียก (wet milling) เป็นวิธีที่ใช้ในการผลิตแป้งข้าวเป็นส่วนใหญ่โดยเฉพาะในไทยและทวีปเอเชีย แป้งที่ได้มีคุณภาพดี มีความละเอียดและสิ่งเจือปนน้อย ข้อเสียของวิธีการนี้ คือ ทำให้เกิดน้ำเสียมาก และ (3) โม่ผสม (semi-dry-milling) เป็นวิธีที่พัฒนามาจากวิธีการโม่เปียกและการโม่แห้ง คือ มีการปรับปริมาณน้ำในข้าว

ให้ได้ความชื้นประมาณร้อยละ 25 ก่อนจะนำมาเข้าเครื่องบดและทำให้แห้ง [1]

Suksomboon และ Naivikul [2] ศึกษาผลของการโม่แห้งและโม่เปียกต่อสมบัติทางเคมี สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ และโครงสร้างของโมเลกุลสตาร์ชของแป้งข้าว โดยศึกษาจากข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ ปทุมธานี 1 กข 7 และเหลือง 11 ซึ่งมีปริมาณ อะไมโลสต่างกัน คือ ปริมาณอะไมโลสต่ำ กลาง และสูง ตามลำดับ พบว่าการโม่แห้งทำให้สตาร์ชข้าวได้รับความเสียหายมากกว่าการโม่เปียกเมื่อตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง scanning electron microscope (SEM) และแป้งโม่แห้งของข้าวทุกพันธุ์ใช้พลังงานในการเกิดเจลลิตีในเซชัน (8.11-9.53 J/g) น้อยกว่าการโม่เปียก (9.24-12.48 J/g) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการศึกษาการกระจายตัวของโมเลกุลแอมิโลเพกทินของแป้งข้าวด้วยวิธี size-exclusion chromatography พบว่าโมเลกุลอะไมโลเพกทินของแป้งข้าวที่ผ่านการโม่แห้ง ($0.95-1.7 \times 10^7$ Da) มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่าการโม่เปียก ($1.11-1.90 \times 10^7$ Da) Naivikul และ Tungtrakul [1] ศึกษาสมบัติเคมีฟิสิกส์ของแป้งข้าวที่ผ่านการโม่ด้วยวิธีที่ต่างกัน 3 วิธี คือ โม่แห้ง โม่เปียกและโม่ผสม พบว่าค่าความชื้น ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) และความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ของแป้งที่ผ่านกระบวนการโม่เปียกมีค่ามากกว่ากระบวนการโม่แห้งและโม่ผสมตามลำดับ ค่าโปรตีนและค่าการคืนตัว (set back) ของแป้งโม่แห้งมีค่ามากกว่าโม่เปียกและโม่ผสม ตามลำดับ และแป้งโม่แห้งมีขนาดของอนุภาค ค่าพลังงานในการเกิดเจลลิตีในเซชันสูงกว่าโม่ผสมและโม่เปียก ตามลำดับ โดยแป้งที่มีอนุภาคขนาดเล็กมีอุณหภูมิการเกิดเจลลิตีในเซชันต่ำ และมีค่าความหนืดสูงสุดสูงกว่าแป้งที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ เนื่องจากว่าอนุภาคขนาดเล็กจะสามารถดูดน้ำได้มากกว่าและพองตัวอย่างรวดเร็ว

Prasad และคณะ [3] ศึกษาผลของการไม่ 3 วิธี ได้แก่ ไม่แห้ง ไม่ผสม และไม่เปียกต่อสมบัติด้านความหนืดของแป้งข้าวบาสมати (Basmati) พันธุ์ Pusa1121 ตรวจสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบรวดเร็ว (rapid viscosity analyzer, RVA) พบว่า แป้งข้าวบาสมатиไม่เปียกที่มีค่าความหนืดลดลง (breakdown) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ ส่วน แป้งไม่ผสมมีค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) สูงที่สุด ในขณะที่แป้งข้าวไม่เปียกมีค่าการคืนตัว (setback) ต่ำกว่าไม่ผสมและไม่แห้ง ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง x-ray diffraction (XRD) พบว่าแป้งข้าวมีผลึกเป็นชนิด A และโครงสร้างผลึกของแป้งไม่เปียกและไม่ผสมถูกทำลายน้อยกว่าไม่แห้ง

สวนิต และคณะ [4] ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และสมบัติทางกระแสวิทยา (rheology) ของแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการไม่เปียกและไม่แห้งในระดับอุตสาหกรรม พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และแอมิโลสของแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตจากทั้ง 2 กระบวนการ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แป้งข้าวเจ้าไม่เปียกมีอนุภาคเฉลี่ยใหญ่กว่าการไม่แห้ง แต่มีความเสียหายของแป้งต่ำกว่า ดัชนีการละลายของแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการไม่เปียกมีค่าสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการไม่แห้งในช่วงอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส ส่วนกำลังการพองตัวของแป้งไม่เปียกมีค่าสูงกว่าแป้งไม่แห้งเล็กน้อย สำหรับการทดสอบสมบัติทางกระแสวิทยาของแป้งด้วยวิธี oscillatory พบว่าเจลของแป้งข้าวไม่เปียกมีค่า storage modulus (G') และ loss modulus (G'') มากกว่าเจลของแป้งข้าวไม่แห้ง

Asmeda และคณะ [5] ศึกษาในแป้งข้าวพันธุ์ MR211 พบว่าแป้งไม่แห้งมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด ส่วนการไม่เปียกทำให้แป้งมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 9.32 ไมโครเมตร และมีสตาร์ช

เสียหาย (damaged starch) ต่ำกว่า แต่ค่า L^* (93.55) สูงกว่าไม่แห้ง ในขณะที่การไม่แห้งทำให้แป้งมีดัชนีการดูดซับน้ำ ค่าการพองตัวและดัชนีการละลายน้ำสูงกว่าไม่เปียก

Chen และคณะ [6] ศึกษาผลของการไม่ต่อสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของข้าวเหนียวในได้ห้วน พบว่าการไม่แห้งทำให้ข้าวมีองค์ประกอบทางเคมี เช่น โปรตีนมากกว่าวิธีไม่ด้วยวิธีอื่น ๆ ส่วนการไม่เปียกเป็นวิธีที่ทำให้ได้ขนาดอนุภาคเล็กที่สุด (10-30 ไมโครเมตร) แป้งข้าวที่ผ่านการไม่แห้ง (dry hammer milling) มีอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดสูงที่สุด ส่วนวิธีการไม่แบบผสม (semi-dry-grinding milling) แสดงค่าอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด การคืนตัว และค่าพลังงานในการเกิดเจลที่ในเซชันต่ำกว่าวิธีการไม่วิธีอื่น

Liaotrakoon และคณะ [7] ศึกษาอิทธิพลของการไม่แห้งและไม่เปียกต่อสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ ความหนืด และจำนวนจุลินทรีย์ในแป้งลูกเดียว ไม่พบความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีและค่าการพองตัวของแป้งลูกเดียวไม่แห้งและไม่เปียก ในขณะที่ค่าการละลายน้ำและความหนืดของแป้งลูกเดียวไม่เปียกมีค่ามากกว่าแบบไม่แห้ง ในทางกลับกันการแยกน้ำ (syneresis) ของแป้งลูกเดียวแบบไม่เปียกน้อยกว่าไม่แห้งซึ่งสามารถบ่งบอกถึงความคงตัวของเจลแป้ง จากงานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการไม่ที่ต่างกันมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้ง ดังนั้น การเลือกแป้งที่มีสมบัติที่เหมาะสมทำให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะตามต้องการ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาผลของวิธีการไม่ต่อองค์ประกอบ และสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และการนำแป้งข้าวไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ปลอดกลูเตน เช่น แพนเค้ก โดยในงานวิจัยนี้เลือกศึกษาในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เนื่องจากเป็นหนึ่งในพันธุ์ข้าวที่สร้างชื่อเสียง

ไปทั่วโลกและได้รับความนิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย ทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากมีกลิ่นหอมเฉพาะและ ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปลุกที่จังหวัด ศรีสะเกษ และเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ. 2559

2.2 การเตรียมแป้งข้าวด้วยวิธีไม่แบบต่าง ๆ

2.2.1 วิธีไม่แห้ง ไม่ข้าวด้วยเครื่อง pin mill (Alpine 160Z, Augsburg, Germany) บรรจุในถุงปิดสนิทก่อนนำไปตรวจวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ

2.2.2 วิธีไม่ผสม ล้างข้าวด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งเจือปน บรรจุข้าวที่สะอาดแล้วลงในถุงพลาสติกที่มีการเปิดปากถุงเพื่อปรับความชื้นของข้าวให้ความชื้นประมาณ 30 % ก่อนนำเข้าเครื่องไม่ supper powder mill (SPM-R200, Nishimura Powder Engineering Co., Ltd., Japan) เก็บแป้งในถุงปิดสนิท

2.2.3 วิธีไม่เปียก นำข้าวมาล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแช่ข้าวที่อุณหภูมิห้องนาน 3 ชั่วโมง ไม่ด้วยเครื่องไม่หิน โดยใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1:2 นำน้ำข้าวที่ไม่ได้ไปหมุนเหวี่ยงเพื่อกำจัดน้ำ บีบก่อนแบ่งให้มีขนาดเล็ก ๆ ก่อนนำแป้งข้าวไปอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นานข้ามคืน นำแป้งหลังอบมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด (Ultra-Centrifugal Mill ZM1, Retsch, Germany) เก็บแป้งในถุงปิดสนิท

การตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ใช้แป้งที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 เมช ส่วนการวิเคราะห์ขนาดอนุภาค เนื้อสัมผัสและการทำแผนคักใช้แป้งที่ไม่ผ่านการร่อน

2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบของแป้งข้าว

2.3.1 ความชื้น ตามวิธีของ AACC [8]

2.3.2 ปริมาณแอมิโลส ตามวิธีของ Juliano [9]

2.3.3 ปริมาณโปรตีน คัดแปลงจากวิธีของ AACC [8]

2.4 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งข้าว

2.4.1 วัดค่าสี

วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Datacolor international) ใช้ระบบสี CIE LAB วัดค่า L^* , a^* และ b^*

L^* คือ ความสว่างซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-100 โดยที่ค่า 0 แสดงถึงความสว่างน้อย และค่า 100 แสดงถึงความสว่างมาก

a^* แสดงถึงสีเขียวและสีแดง โดยที่ $-a^*$ แสดงถึงสีเขียว และ $+a^*$ แสดงถึงสีแดง

b^* แสดงถึงสีน้ำเงินและสีเหลือง โดยที่ $-b^*$ แสดงถึงสีน้ำเงิน และ $+b^*$ แสดงถึงสีเหลือง

คำนวณค่าดัชนีความขาว (whiteness index, WI) ดังสมการ ค่าดัชนีความขาว = $100 - [(100-L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$

2.4.2 ขนาดของเม็ดแป้ง (particle size)

ตรวจวัดด้วยเครื่อง laser diffraction particle size analyzer (Mastersizer 2000, Malvern instruments, UK)

2.4.3 x-ray diffraction

ตรวจวิเคราะห์ปริมาณโครงสร้างผลึก (degree of crystallinity) ของแป้งข้าวที่ผ่านการไม่ด้วยวิธีต่าง ๆ ด้วยเครื่อง x-ray diffraction โดยสแกนในช่วง $5-35^\circ$ ด้วยอัตรา $2.4^\circ/\text{นาที่}$ จำนวนปริมาณโครงสร้างผลึกจากพื้นที่ได้กราฟของพีคที่ตำแหน่ง 15, 17, 18 และ 23°

2.4.4 สตาร์ชที่ถูกทำลาย (starch damage)

ใช้ชุดตรวจวิเคราะห์ Starch Damage Assay Kit (Megazyme, USA)

2.4.5 ดัชนีการละลายน้ำและการดูดซับน้ำ

ชั่งแป้งข้าว 2.5 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองที่ทราบน้ำหนัก เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร คนผสมทุก ๆ 5 นาที ด้วยแท่งแก้ว เป็นเวลา 30 นาที ฉีดล้างส่วนที่ติดบนแท่งแก้วคนด้วยน้ำกลั่น นำไปหมนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบต่อนาที นาน 15 นาที เทส่วนใสด้านบนลงในถ้วยอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำหลอดทดลองที่มีตะกอนด้านล่างไปชั่งน้ำหนัก คำนวณค่าการดูดซับน้ำและการละลายน้ำดังสมการ ดัชนีการละลายน้ำ = $[(\text{น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ} \div \text{น้ำหนักแป้งเริ่มต้น}) \times 100]$ และสมการ ดัชนีการดูดซับน้ำ = $[(\text{น้ำหนักหลอดหมนเหวี่ยงพร้อมตะกอน} - \text{น้ำหนักหลอดหมนเหวี่ยง}) \div \text{น้ำหนักแป้งเริ่มต้น}]$

2.4.6 สมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืด

ตรวจสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบรวดเร็ว (Rapid Visco Analyzer, RVA 4, Newport, Australia) ตามวิธีการของ AACC [8] เพื่อวิเคราะห์อุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืด (pasting temperature) ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ค่าความหนืดลดลง (breakdown) และค่าเซตแบค (setback)

2.4.7 เจลาทีโนเซชัน (การสุก) และรีโทรเกรเดชัน (การคืนตัว) ของแป้ง

ตรวจสอบด้วยเครื่อง differential scanning calorimeter (DSC) (Diamond, Perkin-Elmer, Norwalk, USA) ชั่งแป้งในถ้วยใส่ตัวอย่างอะลูมิเนียม (aluminum) และเติมน้ำกลั่นด้วยไมโครไซริงค์ (micro syringe) ในอัตราส่วนแป้งต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 30 : 70 ปิดฝาให้สนิท และวางตัวอย่าง

ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์การเกิดเจลาทีโนเซชันด้วย DSC ใช้ถ้วยใส่ตัวอย่างอะลูมิเนียมเปล่าเป็นตัวอย่างอิง และกำหนดอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่ 25-95 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราเร็วในการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียสต่อนาที วิเคราะห์การเกิดเจลาทีโนเซชันจากอุณหภูมิเริ่มต้น (onset temperature, $T_{o_{gel}}$) อุณหภูมิสูงสุด (peak temperature, $T_{p_{gel}}$) อุณหภูมิสุดท้าย (conclusion temperature, $T_{c_{gel}}$) และพลังงานเอนทัลปี (enthalpy, ΔH_{gel}) หลังจากนั้นนำถ้วยที่เก็บตัวอย่างไปเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน เพื่อวิเคราะห์การเกิดรีโทรเกรเดชันด้วยเครื่อง DSC โดยการให้ความร้อนจากอุณหภูมิ 25-95 องศาเซลเซียส และใช้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียสต่อนาที วิเคราะห์การเกิดรีโทรเกรเดชัน จากอุณหภูมิเริ่มต้น (onset temperature, $T_{o_{retro}}$) อุณหภูมิสูงสุด (peak temperature, $T_{p_{retro}}$) อุณหภูมิสุดท้าย (conclusion temperature, $T_{c_{retro}}$) และพลังงานเอนทัลปี (enthalpy, ΔH_{retro})

2.4.8 เนื้อสัมผัสของเจลแป้ง

เตรียมตัวอย่างน้ำแป้งที่มีความเข้มข้น 17 % (w/w) กวนน้ำแป้งด้วยเครื่องกวนใบพัด (IKA-Labortechnik, RW 20 DZM, Germany) ที่ความเร็ว 250 รอบ/นาที ในอ่างน้ำเดือด จนอุณหภูมิน้ำแป้งสูงถึง 85 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 5 นาที เทน้ำแป้งที่ขึ้นหนืดลงในภาชนะอะลูมิเนียม นำไปนึ่งในหม้อนึ่งน้ำเดือดนาน 25 นาที ทิ้งให้เจลแป้งเย็นตัวที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2 ชั่วโมง นำเจลแป้งไปตรวจวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, Stable micro system, TA-XT2i, UK) ทดสอบการกด (compression) ใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร สภาวะในการ

ทดสอบ คือ pre-test speed, test speed และ post-test speed เท่ากับ 1.00 มิลลิเมตร/วินาที หัววัดตกลงในตัวอย่าง 10 มิลลิเมตร

2.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design, CRD) โดยทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการทดลองเปรียบเทียบสมบัติต่าง ๆ ของแป้งข้าวด้วยโปรแกรม SPSS ถ้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

2.6 การประยุกต์ใช้แป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในผลิตภัณฑ์แพนเค้กปลอดกลูเตน

นำแป้งข้าวขาวดอกมะลิที่ผ่านการไม่ทั้ง 3 วิธี ทดแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แพนเค้ก วิธีการทำแพนเค้ก ใส่แป้งข้าว 1 ถ้วย ไข่ไก่ 1 ฟอง น้ำตาลทราย 2 ช้อนโต๊ะ ผงฟู 1 ช้อนชา เกลือ น้ำมันพืช 1/2 ช้อนโต๊ะ และนม 3/4 ถ้วย ลงไปในอ่างผสม คนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน เทแป้งลงไปกระทะก้นแบนใช้ไฟอ่อน ร่อนแป้งด้านล่างสุก กลับด้านแพนเค้กให้ความร้อนต่ออีกประมาณ 3-4 นาที

3. ผลการวิจัย

3.1 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการไม่ด้วยวิธีต่าง ๆ

แป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการไม่แห้ง ไม่ผสม และไม่เปียก มีความชื้น 9-11 % (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นความชื้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมแป้งข้าว [10] ที่ระบุว่าความชื้นของแป้งข้าวต้องต่ำกว่า 13 % เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ส่วนปริมาณอะไมโลสของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่าน

การไม่ทั้ง 3 วิธี มีประมาณ 17-18 % จัดเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ โดยข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำให้ข้าวหุงสุกที่มีลักษณะนุ่มเหนียว โดยข้าวสามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ตามระดับอะไมโลส ได้แก่ (1) ข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 0-3 (2) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำมากร้อยละ 4-11 (3) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำร้อยละ 12-19 (4) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลางร้อยละ 20-25 และ (5) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงร้อยละ 26-34 [11] ปริมาณ อะไมโลสของแป้งไม่แห้งสูงกว่าแป้งไม่ผสมและไม่เปียกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % อาจเนื่องมาจากการไม่แห้งทำให้โมเลกุลสตาร์ชสายยาวบางส่วนถูกตัดเป็นโมเลกุลสตาร์ชที่มีสายโมเลกุลสั้นลง เนื่องจากแรงกลและความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างการไม่ ส่งผลให้แป้งไม่แห้งเกิดความเสียหายและถูกทำลายมากกว่า สามารถยืนยันได้ด้วยผลของสตาร์ชเสียหาย (%) (starch damage) ในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการไม่แห้งทำให้แป้งมีปริมาณสตาร์ชเสียหายมากกว่าการไม่ผสมและไม่เปียกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แป้งข้าวมีปริมาณโปรตีนประมาณ 7-8 % โดยปริมาณโปรตีนของแป้งไม่ผสมและไม่เปียกต่ำกว่าแป้งที่ผ่านการไม่แห้ง สอดคล้องกับการทดลองของ Asmeda และคณะ [5] โดยอาจเป็นเพราะโปรตีนบางส่วน และ/หรือ รำที่ติดมากับข้าวสารถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนการล้างและแช่ข้าวในกระบวนการไม่ผสมและไม่เปียก แป้งข้าวที่ผ่านการไม่เปียกมีค่า L^* และดัชนีความขาวสูงที่สุด ในขณะที่ค่า a (-) มีค่าน้อยมาก ส่วนแป้งไม่แห้งค่า L^* และดัชนีความขาวต่ำที่สุด (ตารางที่ 2) ตามลำดับ ทั้งนี้จะเป็นเพราะในระหว่างการไม่แห้งเกิดความร้อนสูงทำให้เร่งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (enzymatic browning)

เกิดสีน้ำตาลคล้ำ ยืนยันได้จากค่า b^* (+) (สีเหลือง)

ของแป้งโม้แห้งสูงกว่าแป้งโม้ผสมและโม้เปียกอย่างมี

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีและสารพิษเสียหยาของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการโม้ด้วยวิธีต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	วิธีโม้	ความชื้น (%)	แอมิโลส (%)	โปรตีน (%)	สตาร์ชเสียหยา (%)
ข้าวดอกมะลิ 105	โม้แห้ง	9.96 ± 0.12^b	17.94 ± 0.50^a	7.65 ± 0.00^a	5.83 ± 0.06^a
	โม้ผสม	11.43 ± 0.01^a	16.83 ± 0.01^b	7.32 ± 0.10^b	2.37 ± 0.44^b
	โม้เปียก	9.03 ± 0.24^c	16.81 ± 0.22^b	7.22 ± 0.07^b	3.09 ± 0.26^b

^{a,b,c} ความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 2 ค่าสี L^* , a^* , b^* และดัชนีความขาวของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการโม้ด้วยวิธีต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	วิธีโม้	L^*	a^*	b^*	ดัชนีความขาว
ข้าวดอกมะลิ 105	โม้แห้ง	93.48 ± 0.12^c	-0.19 ± 0.01^c	4.07 ± 0.03^a	92.31 ± 0.12^c
	โม้ผสม	97.67 ± 0.03^b	-0.12 ± 0.01^b	2.80 ± 0.02^b	96.36 ± 0.03^b
	โม้เปียก	98.19 ± 0.03^a	-0.04 ± 0.01^a	1.63 ± 0.01^c	97.57 ± 0.03^a

^{a,b,c} ความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ลักษณะปรากฏของแป้งโม้เปียกและโม้ผสมดีกว่าโม้แห้งเนื่องจากมีความขาวมากกว่า

ตารางที่ 3 ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการโม้ด้วยวิธีต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	วิธีโม้	ขนาดเฉลี่ย (μm)
ข้าวดอกมะลิ 105	โม้แห้ง	125.37 ± 0.19^a
	โม้ผสม	56.67 ± 0.24^b
	โม้เปียก	44.93 ± 0.30^c

^{a,b,c} ความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าแป้งโม้แห้งมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยใหญ่ที่สุด รองลงมา คือ แป้งโม้ผสมและ

โม้เปียก ตามลำดับ ซึ่งขนาดอนุภาคของแป้งมีผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหารเป็นอย่างมาก การทดลองของ Murakami และคณะ [12] รายงานว่าขนาดอนุภาคของแป้งข้าวมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปัง โดยแป้งข้าวที่มีขนาดอนุภาค 75-106 ไมครอน สามารถรักษาโพรงอากาศในเนื้อขนมปังได้ดีกว่า ทำให้ขนมปังที่ได้มีขึ้นฟูกว่าขนมปังที่ทำจากแป้งข้าวที่มีขนาดอนุภาค 106-150, 45-75 และ น้อยกว่า 45 ไมครอน

ค่าความหนืดของแป้งซึ่งตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบรวดเร็ว (Rapid Visco Analyzer, RVA) แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าแป้งที่ผ่านการโม้ทั้งสามวิธีมีอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดประมาณ 74-75 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แป้งที่ผ่านการโม้แห้งมีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดลดลง (break down) ความหนืดสุดท้าย (final viscosity) และค่า

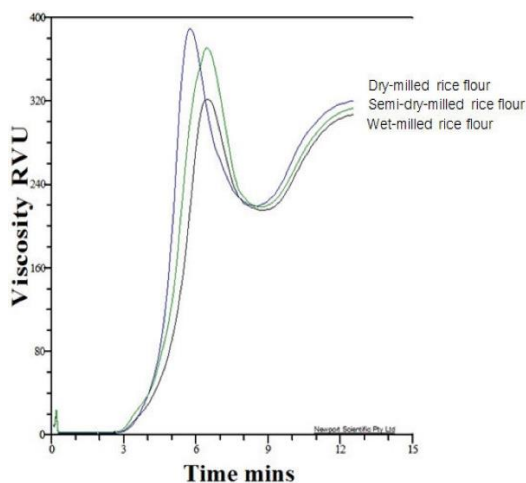
เซตแบค (set back) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % อาจเนื่องมาจากแป้งไม่แห้งมีขนาดอนุภาคขนาดใหญ่ที่สุด เมื่อพองตัวจึงมีความสามารถในการต้านการไหลมาก ทำให้มีค่าความหนืดสูง ส่วนค่าเซตแบคของแป้งไม่แห้งมีค่าสูงที่สุดอาจเป็นเพราะแป้งไม่แห้งมีปริมาณแอมิโลสสูงที่สุด (ตารางที่ 1) จึงเกิดรีโทรเกรเดชันหรือการคืนตัวได้มากกว่า รวมทั้งแป้งไม่แห้งมีปริมาณสตาร์ชเสียหาย (%) สูงที่สุด (ตารางที่ 1) ทำให้โมเลกุลอะไมโลสสามารถแพร่ออกมาจนเกิดสตาร์ชได้ง่ายกว่าจึงเกิด

การคืนตัวหรือรีโทรเกรเดชันได้มากกว่า ทำให้มีค่าเซตแบคสูง แป้งไม่แห้งมีค่าความหนืดลดลงสูงกว่าแป้งไม่แห้งและโมผสม เนื่องจากการที่แป้งไม่แห้งมีสตาร์ชที่เสียหายมากกว่าแป้งไม่เปียกและโมผสม ทำให้เม็ดสตาร์ชถูกทำลายและแตกง่ายในสภาวะที่มีความร้อนและแรงเฉือน แป้งโมผสมและโมเปียกมีค่าความหนืดสุดท้ายต่างกันเล็กน้อย กราฟการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ของแป้งข้าวข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการไม่แห้ง โมผสม และโมเปียกแสดงดังรูปที่ 1

ตารางที่ 4 ค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดลดลง ความหนืดสุดท้าย เซตแบค และอุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืดของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการไม่ด้วยวิธีต่าง ๆ

วิธีไม่	ค่าความหนืดสูงสุด (RVU)	ความหนืดลดลง (RVU)	ความหนืดสุดท้าย (RVU)	เซตแบค (RVU)	อุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืด (°C)
ไม่แห้ง	421.17±10.25 ^a	166.75±1.53 ^a	356.17±10.25 ^a	101.75±1.53 ^a	74.78±0.60 ^a
โมผสม	374.09±4.12 ^b	151.46±1.82 ^b	316.80±5.13 ^b	94.17±0.83 ^b	74.03±0.60 ^a
โมเปียก	334.92±4.01 ^c	110.59±6.24 ^c	299.09±9.31 ^b	74.75±0.95 ^c	75.15±0.14 ^a

^{a,b,c} ความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบ

รวดเร็วของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการไม่ด้วยวิธีต่าง ๆ

อุณหภูมิในการเริ่มเกิดเจลที่โนเซชัน ($T_{o_{gel}}$) ของแป้งข้าวที่ผ่านการไม่ทั้ง 3 วิธี ประมาณ 61-64 องศาเซลเซียส ซึ่งแป้งไม่แห้งมีค่า $T_{o_{gel}}$, $T_{p_{gel}}$ และ $T_{c_{gel}}$ สูงที่สุด (ตารางที่ 5) จึงกล่าวได้ว่าแป้งโมผสมและโมเปียกเกิดการสุกสมบูรณ์ได้ง่ายกว่าแป้งไม่แห้งเนื่องจากมีช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลที่โนเซชันต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากขนาดอนุภาคของแป้งโมผสมและโมเปียกที่ขนาดเล็กกว่าไม่แห้งทำให้น้ำแพร่เข้าไปในเม็ดสตาร์ชได้ดีและเร็วกว่าในระหว่างการเกิดเจลที่โนเซชัน การสุกของแป้งจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่

แป้งโม้แห้งใช้พลังงานในการเกิดเจลลาทีโนเซชัน (ΔH_{gel}) ต่ำกว่าแป้งโม้ผสมและแป้งเปียก ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างผลึกในแป้งบางส่วนถูกทำลายในระหว่างการโม้แห้ง เนื่องจากแรงเฉือนและความร้อน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Naivikul และ Tungtrakul [1] และ Sukomboon และ Naivikul [2]

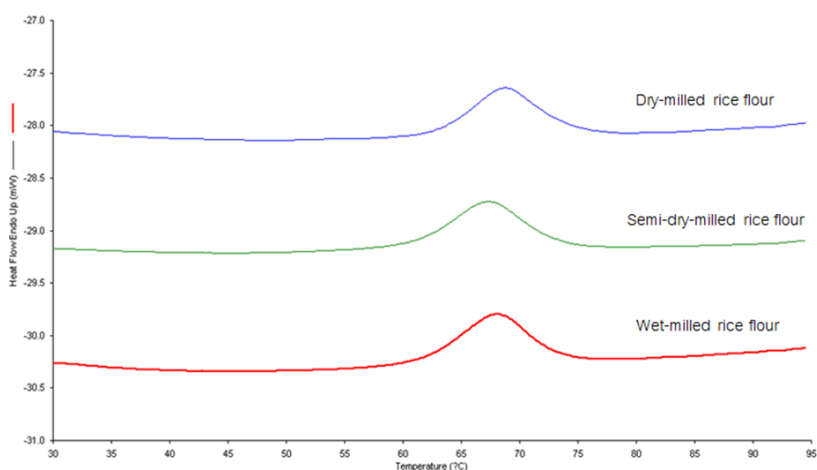
รูปที่ 2 แสดงกราฟการดูดกลืนความร้อนในการเกิดเจลลาทีโนเซชันจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการด้วยวิธีโม้แบบต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาเจลแป้งสุกใน DSC pan ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าแป้งข้าวขาวดอก

มะลิ 105 ที่ผ่านการโม้ทั้ง 3 วิธี เกิดรีโทรเกรเดชันน้อยมากและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยมีค่าพลังงานในการสลายผลึกรีโทรเกรด (ΔH_{retro}) 0.2-0.5 จูล/กรัมแป้ง (ตารางที่ 6) อุณหภูมิในการสลายโครงสร้างผลึกรีโทรเกรด ($T_{O_{retro}}$, $T_{P_{retro}}$ และ $T_{C_{retro}}$) ของแป้งข้าวที่ผ่านการโม้ทั้ง 3 วิธี มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กราฟการดูดกลืนความร้อนในการเกิดสลายโครงสร้างผลึกรีโทรเกรดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการโม้ด้วยวิธีต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 3

ตารางที่ 5 ค่าพลังงาน (ΔH_{gel}) และอุณหภูมิ ($T_{O_{gel}}$, $T_{P_{gel}}$, $T_{C_{gel}}$) ในการเกิดเจลลาทีโนเซชันของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการโม้ด้วยวิธีต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	วิธีโม้	ΔH_{gel} (J/g of flour)	$T_{O_{gel}}$ (°C)	$T_{P_{gel}}$ (°C)	$T_{C_{gel}}$ (°C)
ข้าวดอกมะลิ 105	โม้แห้ง	2.24±0.07 ^b	63.56±0.35 ^a	68.79±0.15 ^a	74.41±0.18 ^a
	โม้ผสม	2.61±0.01 ^a	61.27±0.02 ^b	67.40±0.12 ^b	72.95±0.06 ^b
	โม้เปียก	2.58±0.05 ^a	61.95±0.37 ^b	67.82±0.47 ^b	72.88±0.27 ^b

a,b,c ความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

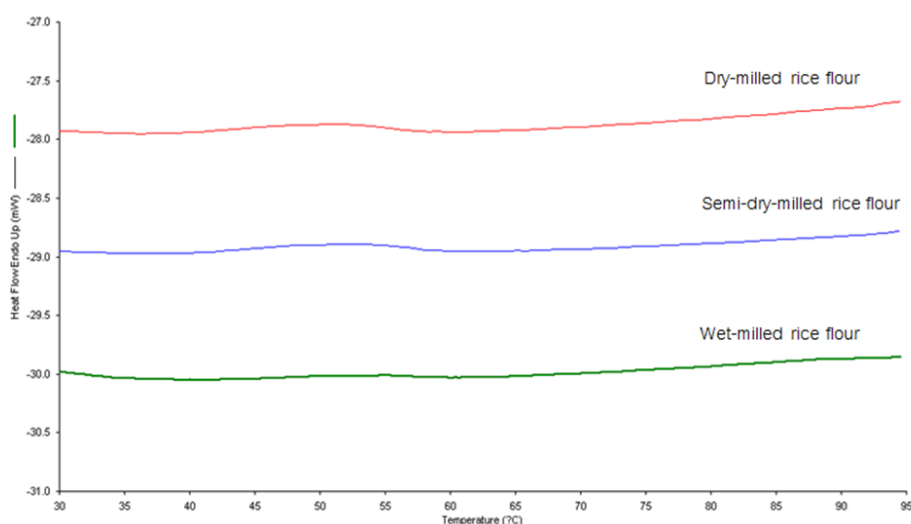


รูปที่ 2 การดูดกลืนความร้อนในการเกิดเจลลาทีโนเซชันจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการโม้ด้วยวิธีต่าง ๆ

ตารางที่ 6 ค่าพลังงาน (ΔH_{retro}) และอุณหภูมิ (T_{Oretro} , T_{Pretro} , T_{Cretro}) ในการสลายโครงสร้างผลึกรีโทรเกรดของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการม่ด้วยวิธีต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	วิธีม่	ΔH_{retro} (J/g of flour)	T_{Oretro} (°C)	T_{Pretro} (°C)	T_{Cretro} (°C)
ข้าวดอกมะลิ 105	ม่แห้ง	0.43 ± 0.21^a	43.42 ± 0.30^a	52.00 ± 1.61^a	57.44 ± 2.69^a
	ม่ผสม	0.50 ± 0.01^a	43.13 ± 0.11^a	52.54 ± 0.59^a	58.31 ± 0.22^a
	ม่เปียก	0.19 ± 0.10^a	43.31 ± 0.13^a	53.05 ± 2.47^a	56.14 ± 2.72^a

^{a,b,c} ความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



รูปที่ 3 การดูดกลืนความร้อนในการเกิดสลายโครงสร้างผลึกรีโทรเกรดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องดีฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการม่ด้วยวิธีต่าง ๆ

ตารางที่ 7 ปริมาณโครงสร้างผลึก (%) ของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการม่ด้วยวิธีต่าง ๆ

วิธีม่	ปริมาณโครงสร้างผลึก (%)
ม่แห้ง	35.01 ± 3.47^a
ม่ผสม	33.29 ± 3.31^a
ม่เปียก	38.01 ± 3.64^a

^{a,b,c} ความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ปริมาณโครงสร้างผลึก (%) ของแป้งข้าวที่ผ่านการม่ทั้ง 3 วิธี (ตารางที่ 7) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ผลของปริมาณโครงสร้างผลึกที่ได้ไม่สอดคล้องกับค่า ΔH_{gel} ที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง DSC ซึ่งแสดงค่า ΔH_{gel} ของแป้งม่แห้งมีค่าน้อยกว่าแป้งม่เปียกและม่ผสม (ตารางที่ 5) โดยค่า ΔH_{gel} เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงปริมาณหรือความแข็งแรงของโครงสร้างผลึกในเม็ดสตาร์ช [13] ปริมาณเกลียวคู่ของโมเลกุลอะไมโลเพกทินและจำนวนพันธะไฮโดรเจน [14] และเป็นพลังงานรวมที่ใช้ในการทำลายพันธะไฮโดรเจน และอาจมีเอนไซม์เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมที่เกี่ยวข้อง [15] การที่ผลปริมาณโครงสร้างผลึก (%) ไม่สอดคล้องกับค่า ΔH_{gel} อาจเป็นเพราะโครงสร้างผลึก

หรือพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลสตาร์ชที่ถูกทำลายเนื่องจากแรงกลและความร้อนในระหว่างการโม่แห้งน่าจะมีย่านปริมาณน้อยในระดับที่การวิเคราะห์ปริมาณผลึกด้วยเครื่อง x-ray diffraction ไม่สามารถตรวจวัดความแตกต่างได้

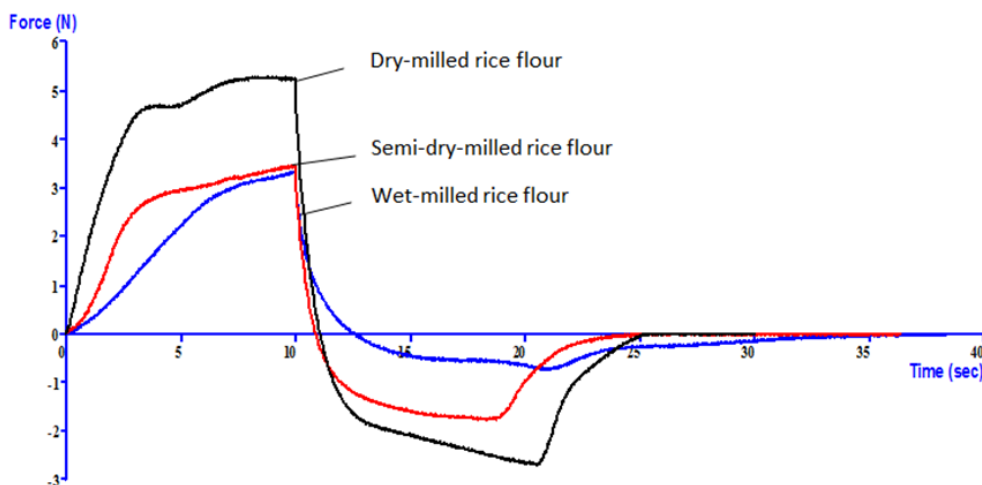
ตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งโม่แห้งมีความแข็งมากกว่าเจลแป้งโม่ผสมและโม่เปียกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อนำแป้งโม่แห้งไปใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารจึงมีแนวโน้มจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าแป้งโม่ผสม ซึ่งสอดคล้องกับค่าแซตเบคของ

แป้งโม่แห้งมีค่าสูงกว่าแป้งโม่ผสมและโม่เปียก (ตารางที่ 4) และเจลแป้งโม่แห้งมีความเหนียวมากที่สุด น่าจะเป็นเพราะการโม่แห้งทำให้เกิดสตาร์ชเสียหายมากกว่า (ตารางที่ 1) เมื่อแป้งเกิดการสุกโมเลกุลแอมิโลเพกทินสามารถแพร่ออกมานอกเม็ดสตาร์ชได้ง่ายบริเวณที่เม็ดแป้งถูกทำลายจึงทำให้ความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถยืนยันได้จากค่าดัชนีการละลายน้ำของแป้งโม่แห้งมีค่าสูงที่สุด (ตารางที่ 8) โดยกราฟแสดงเนื้อสัมผัสของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยวิธีโม่แบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4

ตารางที่ 8 ดัชนีการดูดซับน้ำ ดัชนีการละลายน้ำ ค่าความแข็งและความเหนียวของเจลแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการโม่ด้วยวิธีต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	วิธีโม่	ดัชนีการดูดซับน้ำ	ดัชนีการละลายน้ำ	เนื้อสัมผัส	
				ความแข็ง (N)	ความเหนียว (mJ)
ขาวดอกมะลิ 105	โม่แห้ง	14.37±0.12 ^a	1.51±0.05 ^a	5.27±0.53 ^a	-24.34±4.17 ^c
	โม่ผสม	13.68±0.12 ^b	0.46±0.05 ^c	3.21±0.30 ^b	-4.26±2.64 ^a
	โม่เปียก	13.44±0.07 ^c	0.63±0.02 ^b	3.46±0.64 ^b	-13.28±2.74 ^b

^{a,b,c} ความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



รูปที่ 4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการโม่ด้วยวิธีต่าง ๆ

แป้งไม่แห้งมีดัชนีการดูดซับน้ำและดัชนีการละลายน้ำสูงกว่าแป้งไม่ผสมและไม่เปียก (ตารางที่ 8) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Asmeda และคณะ [5] น่าจะเป็นเพราะการไม่แห้งทำให้เม็ดแป้งถูกทำลายมากกว่าไม่ผสมและไม่เปียก ยืนยันจากค่าปริมาณสารขี้ที่ถูกทำลายสูงกว่าไม่ผสม (ตารางที่ 1) โมเลกุลน้ำจึงสามารถเข้าไปในเม็ดแป้งได้ง่ายจึงถูกดูดซับมากกว่า และเนื่องจากโมเลกุลของโมลอสและอะไมโลเพกทินสามารถแพร่ออกมาจนเม็ดแป้งในบริเวณเม็ดแป้งที่ถูกทำลายได้ง่ายกว่าทำให้มีค่าดัชนีการละลายน้ำสูงที่สุด

3.2 การประยุกต์ใช้แป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการไม่ด้วยวิธีต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์แพนเค้กปอดกตุเดน

ลักษณะปรากฏของแพนเค้กที่ได้จากการนำแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการไม่ด้วยวิธีต่าง ๆ ไปทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 100 แสดงดังรูปที่ 5 พบว่าการใช้แป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการไม่แห้งทำให้ส่วนผสมเหลว (batter) ในการทำแพนเค้กมีความข้นหนืดมากที่สุด เมื่อหยอดในกระทะมีการแผ่ขยายตัวน้อยที่สุด แพนเค้กมีความหนา มีฟองอากาศขนาดใหญ่แทรกตัวอยู่จำนวนไม่มากนัก ฟองอากาศที่แทรกตัวอยู่ในเนื้อแพนเค้กส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก ทำให้มีเนื้อสัมผัสแน่น ระหว่างเคี้ยวพบความサクของเม็ดแป้ง การใช้แป้งข้าวไม่ผสมทำให้ส่วนผสมเหลวในการทำแพนเค้กมีความข้นหนืดมากกว่าแป้งข้าวไม่เปียกแต่น้อยกว่าแป้งข้าวไม่แห้ง เมื่อหยอดลงกระทะมีการแผ่ขยายตัวค่อนข้างกว้างมีฟองอากาศขนาดเล็กที่แทรกตัวอยู่ภายในจำนวนมาก มีการขึ้นฟูมากกว่าแป้งข้าวไม่เปียก เมื่อเคี้ยวจะรู้สึกค่อนข้างนุ่มและเหนียวเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนการใช้แป้งข้าวไม่เปียกทำให้ส่วนผสมเหลวมีความข้นหนืดน้อยที่สุด เมื่อหยอดลงในกระทะจะแผ่ขยายตัวเป็นวง

กว้างมากที่สุด เนื้อสัมผัสมีการขึ้นฟูน้อยที่สุด กักเก็บฟองอากาศได้น้อย เนื้อสัมผัสแข็งและกระด้างกว่าแป้งไม่ผสมเมื่อเคี้ยวรู้สึกเหนียวและติดฟัน ดังนั้นการใช้แป้งไม่ผสมเหมาะสำหรับทำแพนเค้กมากที่สุดเมื่อเทียบกับแป้งข้าวไม่แห้งและไม่เปียก



ไม่แห้ง



ไม่เปียก



ไม่ผสม

รูปที่ 5 แพนเค้กที่ทำจากแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการไม่ด้วยวิธีต่าง ๆ

4. สรุปผลการทดลอง

วิธีการไม่ที่แตกต่างกันทำให้แป้งมีองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะปรากฏ ขนาดอนุภาค และสมบัติทางเคมีฟิสิกส์แตกต่างกัน และเมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน วิธีการไม่แป้งที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น คุกกี้ การใช้แป้งข้าวไม่แห้งให้ผลิตภัณฑ์ที่ดี คือ มีเนื้อสัมผัสกรอบเบาเพราะมีความพรุน (porosity) ในเนื้อสัมผัสเนื่องจากอนุภาคแป้งมีขนาดใหญ่และมีปริมาณสาร

ที่ถูกทำลายมาก ในขณะที่แป้งข้าวโม้เปียกเหมาะสำหรับทำขนมไทย เนื่องจากอนุภาคแป้งมีขนาดเล็กจึงให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่เนียน นุ่ม เหนียวไม่แข็งกระด้าง และให้ความรู้สึกมันในปาก การทำแพนเค้กจากแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ควรใช้แป้งที่ผ่านการโม่ผสมเนื่องจากให้ลักษณะปรากฏและลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าแป้งโม้แห้งและโม้เปียก

5. รายการอ้างอิง

- [1] Naivikul, O. and Tungtrakul, P., 2014, Rice Flour, pp. 222-224, In Sontag, J. (Ed.) Rice Processing, Erling.
- [2] Suksomboon, A. and Naivikul, O., 2006, Effect of dry- and wet-milling processes on chemical, physicochemical properties and starch molecular structures of rice starches, Kasetsart J. (Nat. Sci.) 40(Suppl.): 125-134.
- [3] Prasad, K., Singh, Y. and Anil, A., 2012, Effects of grinding methods on the characteristics of Pusa 1121 rice flour, J. Trop. Agric. Food. Sci. 40: 193-201.
- [4] สวนิต อิชยาวณิชย์, มณฑิรา นพรัตน์ และพรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, 2547, คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและรีโอโลยีของแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกและโม่แห้งในระดับอุตสาหกรรม, ว.วิจัยและพัฒนา มจร. 27: 357-374.
- [5] Asmeda, R., Noorlaila, A. and Norziah, M.H., 2015, Effects of different grinding methods on chemical and functional properties of MR211 rice flour, Int. J. Food Eng. 1: 111-114.
- [6] Chen, J.J., Lu, S. and Lii, C.Y., 1999, Effects of milling on the physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan, Cereal Chem. 76: 796-799.
- [7] Liaotrakoon, W., Liaotrakoon, V., Wongsangtham, W. and Rodsiri, S., 2014, Influence of dry- and wet-milling processes on physicochemical properties, syneresis, pasting profile and microbial count of job's tear flour, Int. Food Res. J. 21: 1745-1749.
- [8] AACC, 2000, Approved methods of the American association of cereal chemists, 10th Ed., America Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.
- [9] Juliano, B.O., 1971, A simplified assay for milled-rice amylose, Cereal Sci. Today 16: 334-360.
- [10] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แป้งข้าวเจ้า, มอก. 638-2529, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 13 น.
- [11] งามชื่น คงเสรี, 2541, ผลิตภัณฑ์ข้าว, น. 45-96, ใน คณะกรรมการกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหาร สาขาสหวิทยาการเกษตรศาสตร์ เอกสารการสอนชุดวิชาผลิตภัณฑ์อาหาร หน่วยที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, นนทบุรี
- [12] Murakami, S., Ota, A., Nishio, T., Miyata, K., Koda, T. and Nishioka, A., 2015, Effect of strain hardening property on baking productivity of rice batter, J. society Rheol. Japan. 43: 145-149.
- [13] Morrison, W.R. and Azudin, M.N., 1987, Variation in the amylose and lipid

- contents and some physical properties of rice starches, J. Cereal Sci. 5: 35-44.
- [14] Sasaki, T. and Matsuki, J., 1998, Effect of wheat starch structure on swelling power, Cereal Chem. 75: 524-529.
- [15] Tester, F.R., 1997, Starch: The Polysaccharide Fractions, pp. 163-147, In Frazies, P.L., Donald, A.M. and Richmond, P. (Eds.), Starch Structure and Functionality, The Royal Society of Chemistry, UK.