

สมบัติของฟลาวัวร์และสตาร์ชจากเนื้อกล้วยไข่ดิบและการใช้ประโยชน์ ในขนมทองม้วน

Properties of Flour and Starch from Unripe Banana 'Kluai Khai' Flesh and Their Application in Tong Muan

ภาสกริ ฤทธิเลิศ* และ นัฐพัช โคตรแปร
Pasuree Rittilert* and Nattapat Khotpae

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
จ. ปทุมธานี 13180

Program of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the
Royal Patronage, Pathum Thani 13180, Thailand

*Corresponding author: Email: ps.rittilert@gmail.com

(Received: 20 October 2017; Accepted: 27 April 2018)

Abstract: This study aims at investigating the chemical and physical properties of flour and starch from unripe banana cultivar, *Musa* AA group 'Kluai Khai' (45 days after stabbing banana blossom) and sensory attributes of flour and starch based Tong Muan products. Flour and starch from unripe bananas had a dry basis yield of 51.42% and 19.10% and amylose content of 31.45% and 38.98%, respectively. The chemical compositions of unripe banana flour (UBF) (moisture, protein, lipid, ash and crude fiber contents) were higher than that of unripe banana starch (UBS). The swelling power and the solubility of UBF and UBS increased by increasing temperature. At temperatures above 75°C, the swelling power and the solubility of UBF were 11.38 g/g and 4.70% respectively, which were lower than that of UBS were 13.32 g/g and 5.45% respectively. The peak and final viscosity of UBF (317 and 368 RVU, respectively) was lower than that of UBS (362 and 523 RVU, respectively) and also the setback values of UBS (203 RVU) was higher than that of UBF (102 RVU). To utilise the UBF and UBS, the Tong Muan flour mixtures were prepared by mixing rice flour and cassava starch at a weight ratio of 50:50 (control), and the flour mixtures was substituted with the flour mixtures of UBF and UBS at weight ratios of 50:50, 100:0 and 0:100. The result of sensory evaluation indicated that the Tong Muan products made from the mixture of UBF and UBS at the ration of 0:100 had the highest acceptability with a score of 8.05 (9-point hedonic scale). The results showed that the colour values of Tong Muan products were lightness (L^*) = 56.95, redness (a^*) = 10.41 and yellowness (b^*) = 19.94, respectively. The hardness values of Tong Muan products made from the mixture flour between UBF and UBS had the highest hardness values (316.32 g force). In addition, Tong Muan product of this recipe yielded higher crude fiber content (3.23 % dry basis), but lower protein (0.34 % dry basis) and fat content (2.45 % dry basis) than that of the control ($P < 0.05$). Therefore, it can be concluded that the unripe banana flour and starch can be used as the ingredients in flour mixtures of Tong Muan products.

Keywords: Kluai Khai, unripe banana flour, unripe banana starch, Tong Muan

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบ *Musa AA group 'Kluai Khai'* (อายุ 45 วัน หลังแทงปลีกล้วย) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทองม้วนจากฟลาวอร์และสตาร์ชกล้วยไข่ดิบ ฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบที่ได้มีปริมาณผลผลิตร้อยละ 51.42 และ 19.10 และมีปริมาณอะมิโนสรี้อยละ 31.45 และ 38.98 ตามลำดับ ฟลาวอร์จากกล้วยไข่ดิบมีองค์ประกอบทางเคมี (ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใยมากกว่าสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบ ฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบมีค่ากำลังการพองตัวและค่าการละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ที่อุณหภูมิสูงกว่า 75 °C ฟลาวอร์มีค่ากำลังการพองตัวและการละลายเท่ากับ 11.38 กรัม/กรัม และร้อยละ 4.70 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าสตาร์ชเท่ากับ 13.32 กรัม/กรัม และร้อยละ 5.45 ตามลำดับ ค่าความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดสุดท้ายของฟลาวอร์ (317 และ 368 RVU, ตามลำดับ) มีค่าต่ำกว่าสตาร์ช (362 และ 523 RVU, ตามลำดับ) และค่าการคืนตัวของสตาร์ช (203 RVU) มีค่าสูงกว่าฟลาวอร์ (102 RVU) เมื่อนำฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบมาใช้เตรียมขนมทองม้วนโดยการผสมแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนเท่ากับ 50:50 (สูตรควบคุม) และสูตรที่ทดแทนแป้งผสมด้วยฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบที่อัตราส่วนเท่ากับ 50:50, 100:0 และ 0:100 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าขนมทองม้วนที่ใช้ฟลาวอร์และสตาร์ชทดแทนแป้งผสมที่อัตราส่วนเท่ากับ 0:100 ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงสุดในระดับคะแนนชอบมาก 8.05 คะแนน (9-point hedonic scale) ค่าสีของขนมทองม้วนมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 56.95 ค่าสีแดง (a*) เท่ากับ 10.41 และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 19.94 ตามลำดับ เมื่อนำไปทดสอบค่าความแข็งพบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมทองม้วนที่ทดแทนด้วยแป้งผสมระหว่างฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบมีค่าความแข็งสูง (316.32 g force) มีปริมาณเยื่อใยสูง (3.23 % dry basis) โปรตีน (0.34 % dry basis) และไขมันต่ำ (2.45 % dry basis) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ($P < 0.05$) ดังนั้นจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ ฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบเป็นส่วนผสมในแป้งผสมของผลิตภัณฑ์ขนมทองม้วนได้

คำสำคัญ: กล้วยไข่ ฟลาวอร์กล้วยไข่ดิบ สตาร์ชกล้วยไข่ดิบ ทองม้วน

คำนำ

กล้วยเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมมาก รองมาจากข้าว ข้าวโพด และข้าวสาลี กล้วยเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่จำเป็นรวมทั้งวิตามิน แร่ธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ และไฟโตสเตอรอลที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Singh *et al.*, 2016) มีการบริโภคผลสุก ส่วนผลดิบนำไปแปรรูปเป็นแป้งกล้วย เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร เช่น พาสต้า (Agama-Acevedo *et al.*, 2009) ขนมปัง (Ho *et al.*, 2013) สปันจ์เค้ก (Segundo *et al.*, 2017) และสปาเกตตี (Hernandez-Nava *et al.*, 2009) เป็นต้น กล้วยไข่ *Musa* (AA group) 'Kluai Khai' เป็นผลไม้ส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีการส่งออกกล้วยไข่มากที่สุดจำนวน 947,844 ตัน คิดเป็นมูลค่า 7,781,741 ล้านบาท ประเทศที่รับซื้อกล้วยไข่

มากที่สุด ได้แก่ จีน ฮองกง และเวียดนาม เนื่องจากกล้วยไข่ของไทยมีรสชาติดี (อภิชาติ และจันทรา, 2556) นอกจากนี้ มีข้อมูลงานวิจัยต่าง ๆ รายงานว่าแป้งหรือฟลาวอร์จากกล้วยไข่ดิบมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ร้อยละ 87.90 การต้านอนุมูลอิสระรวม (total antioxidant capacity) เท่ากับ 95.62 μg tocopherol equivalent/g dry basis และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (total phenolic content) เท่ากับ 20.99 μg gallic acid equivalent/g dry basis (กุหลาบ และขวัญชัย, 2556) มีสมบัติต้านทานการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ (resistant starch, RS) (จิรนาถ และคณะ, 2558) ฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบมีปริมาณ RS เท่ากับ 52.2 และ 70.5 g/100 g dry weight ตามลำดับ (Vatanasuchart *et al.*, 2012) โดย RS มีคุณสมบัติเทียบเท่าใยอาหาร (dietary fiber) เป็นพรีไบโอติกที่

เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก (มุสตี และคณะ, 2559) จึงมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย ช่วยป้องกันหรือลดภาวะโรคอ้วน และมีบทบาทในการลดปริมาณคอเลสเตอรอล ในเส้นเลือด จากข้อมูลดังกล่าว จะเห็นได้ว่าแป้งจากกล้วยไข่ดิบมีความน่าสนใจมากในการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร และยังไม่มีข้อมูลการนำแป้งกล้วยไข่ดิบไปใช้ในการทำขนมไทย ซึ่งขนมไทยใช้แป้งเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง ขนมทองม้วน เป็นขนมไทยประเภทบั้งหรืออย่าง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) มีเนื้อสัมผัสกรอบ ร่วน นิยมรับประทานเป็นอาหารว่าง มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แป้ง น้ำตาล กะทิ และไข่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับผู้ใช้แป้งให้เข้าใจคุณสมบัติของฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบโดยเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่นที่นำมาใช้ทดแทน และศึกษาการนำฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบไปทดแทนแป้งผสมในผลิตภัณฑ์ทองม้วน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้แป้งในการผลิตขนมทองม้วนเพื่อสุขภาพในเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบ

การเตรียมฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบ

นำกล้วยไข่ดิบสายพันธุ์กำแพงเพชร (อายุ 45 วัน หลังแทงปลีกล้วย) จากสวนในตำบลโกสัมพีน อำเภอกอสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร มาล้างทำความสะอาด จากนั้นเตรียมฟลาวอร์ โดยตัดแปลงวิธีการของ จูฑา และคณะ (2554) โดยการลวกผลกล้วยไข่ดิบในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 90 °C นาน 45 วินาที แล้วแช่น้ำเย็นจัดทันที นาน 5 นาที ปอกเปลือกหั่นเป็นชิ้นหนา 1-3 มิลลิเมตร แช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (กล้วยน้ำไท, ประเทศไทย) ที่

อุณหภูมิ 65 °C จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 (โดยน้ำหนักเปียก) แล้วบดให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท นำฟลาวอร์ที่เตรียมได้ ไปผลิตสตาร์ชโดยตัดแปลงวิธีการของ บุญรัตน์ (2553) สกัดสตาร์ชด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.05 N อัตราส่วนฟลาวอร์ต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1: 10) เวลาของผสมเป็นเวลา 20 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที ล้างตะกอนที่ได้ด้วยน้ำกลั่น อัตราส่วน 1:2 แล้วปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็นกลางในช่วง pH 6.5-7.0 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.05 M ปั่นเหวี่ยงและล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น ทำซ้ำ 2-3 ครั้ง นำตะกอนสีขาวที่ได้ไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 (โดยน้ำหนักเปียก) แล้วบดให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน (N x 6.25) ไขมัน เยื่อใย และเถ้า โดยวิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (2000) และหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยใช้ผลต่าง การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโนส โดยใช้วิธีเกิดสีกับไอโอดีน ตามวิธีการของ Juliano (1971) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* และ b^* และค่าดัชนีความขาว (whiteness index) ของฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบ โดยใช้เครื่องวัดสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) รุ่น Ultrascan VIS (ยี่ห้อ Hunter Lab, U.S.A.) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้ง

นำฟลาวอร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบไปดูลักษณะรูปร่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM) รุ่น JSM-5410LV (ยี่ห้อ Do SEM, U.S.A.) บันทึกภาพที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

ค่ากำลังการพองตัวและการละลาย

วัดค่ากำลังการพองตัวและการละลายของแป้ง ได้แก่ ฟลัวร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบ แป้งข้าวเจ้า ตราช้าง สามเศียร และแป้งมันสำปะหลังตราปลามังกร ตามวิธีการของ ปัญญรัตน์ (2553) โดยการชั่งตัวอย่างที่ ทราบน้ำหนักที่แน่นอน 0.1 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ใส่ใน หลอดทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 9.9 กรัม แช่ใน อ่างน้ำร้อนที่ ควบคุมอุณหภูมิ 55, 65, 75, 85 และ 95 °C เขย่าทุก ๆ 5 นาที เป็นเวลา 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที ดูดของเหลวส่วนบน ใส่ภาชนะ และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C จนแห้ง ชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ ส่วนแป้งเปียกใน หลอดนำมาชั่งเป็นน้ำหนักแป้งที่พองตัว ทำการ วิเคราะห์ 3 ซ้ำ แล้วนำมาคำนวณตามสูตรต่อไปนี้

$$\text{การละลาย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

$$\text{กำลังการพองตัว (g/g)} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่พองตัวแล้ว} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง} \times (100 - \text{ร้อยละการละลาย})}$$

พฤติกรรมด้านความหนืดของแป้ง

วัดการเปลี่ยนแปลงทางด้านความหนืดของ แป้ง ได้แก่ ฟลัวร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบ แป้งข้าว เจ้าตราช้างสามเศียร และแป้งมันสำปะหลังตราปลา มังกร โดยเครื่อง rapid visco analyser (RVA) รุ่น 4500 (ยี่ห้อ Perten Instruments, Australia) ตาม วิธี Newport Scientific (1997) ใช้ตัวอย่างแป้ง 3 กรัม (ความชื้นร้อยละ 14 โดยน้ำหนักเปียก) น้ำ 25 กรัม บันทึกอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด (pasting temperature) ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดต่ำสุด (trough) ความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ผลต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและ ความหนืดต่ำสุด (breakdown) และผลต่างของความ หนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (setback) ทำการ วิเคราะห์ 2 ซ้ำ

การแปรผันปริมาณฟลัวร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ ดิบทดแทนแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้ง มันสำปะหลังที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนม ทองม้วน

นำฟลัวร์และสตาร์ชกล้วยไข่ดิบมาผลิตขนม ทองม้วน โดยแปรผันปริมาณฟลัวร์ต่อสตาร์ชกล้วยไข่ ดิบในอัตราส่วนเท่ากับ 50:50 (สูตรที่ 1), 100:0 (สูตรที่ 2) และ 0:100 (สูตรที่ 3) (โดยน้ำหนักแป้งทั้งหมด) ทดแทนแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งมัน สำปะหลังที่อัตราส่วนเท่ากับ 50:50 (สูตรควบคุม) และ สูตรที่ทดแทนแป้งผสมด้วยฟลัวร์และสตาร์ชจากกล้วย ไข่ดิบ โดยส่วนผสมของทองม้วน ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้ง มันสำปะหลัง ไข่ไก่สด น้ำตาลทราย เกลือ กะทิ น้ำ สะอาด และงาดำ เท่ากับ 75, 75, 12.5, 95, 2.5, 50, 125 และ 1.25 กรัม ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ทองม้วนโดย ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร ผสมส่วนผสมให้เข้ากันตั้ง พักไว้นาน 20 นาที จากนั้นทาน้ำมันลงบนพิมพ์ของ เครื่องสำหรับทำกรวยไอศกรีมและทองม้วน รุ่น SEV-2082 (ยี่ห้อ Severin, Germany) ตักส่วนผสมปริมาณ 1 กรัม หยอดลงตรงกลางบนพิมพ์เป็นวงกลม ปิดฝา ใช้ เวลาด้านละ 1 นาที แล้วแซะออกจากพิมพ์พับขอบ 2 ด้าน วางแกนไม้ด้านข้าง แล้วม้วนให้แน่น ดึงแกนไม้ ออก พักไว้นาน 30 นาที บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนปิดผนึก ด้วยความร้อน

การวิเคราะห์ค่าสี

นำขนมทองม้วนมาวัดค่าสี $L^* a^* b^*$ และ ใช้ เครื่อง วัด สี ส เป ก โ ต ร โ ฟ ร โ ต มิ เต อ ร ี (spectrophotometer) รุ่น Ultrascan VIS (ยี่ห้อ Hunter Lab, U.S.A.) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

นำขนมทองม้วนมาวัดเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง texture analyzer รุ่น TA-XT2 (ยี่ห้อ Stable Micro Systems, England) หัววัด HDP/3PB three point ความเร็วของหัววัด 1 มิลลิเมตร/วินาที ด้วยโหมดแรงกด โดยวัดค่า hardness ตามวิธีการของ เกคิรินทร์ และ คณะ (2557) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม โดยใช้สเกลความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic rating scale) ใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน โดยการวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน (N x 6.25) ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2000) และหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยใช้ผลต่าง โดยใช้ตัวอย่างที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสและตัวอย่างควบคุม ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ โดยใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) และข้อมูลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติทางเคมีกายภาพของฟลาวัวร์และสตาร์ชกล้วยไข่ดิบ

จากผลการทดลองพบว่ากล้วยไข่ดิบสามารถนำมาผลิตฟลาวัวร์และสตาร์ชได้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 51.42 และ 19.10 ตามลำดับ ฟลาวัวร์ของกล้วยไข่ดิบมีสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นหอมของกล้วยไข่ ส่วนสตาร์ชของกล้วยไข่ดิบมีความขาวมากกว่าฟลาวัวร์ ไม่มีกลิ่นและไม่มีสิ่งเจือปน (ภาพที่ 1) สอดคล้องกับค่าสี พบว่าสตาร์ชมีค่าความสว่าง (L^*) มากกว่า ฟลาวัวร์ และมีค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ต่ำกว่าฟลาวัวร์ โดยสตาร์ชมีค่าดัชนีความขาว (whiteness index) มากกว่าฟลาวัวร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 1

องค์ประกอบทางเคมีของฟลาวัวร์และสตาร์ชกล้วยไข่ดิบ

สตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้าน้อยกว่าฟลาวัวร์ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 1) เนื่องจากองค์ประกอบดังกล่าวถูกกำจัดในขั้นตอนการสกัดสตาร์ช ส่งผลให้สตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่า ฟลาวัวร์ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสพบว่าฟลาวัวร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบมีปริมาณอะมิโลสสูง คือร้อยละ 31.454 และ 38.977 (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าเมื่อ

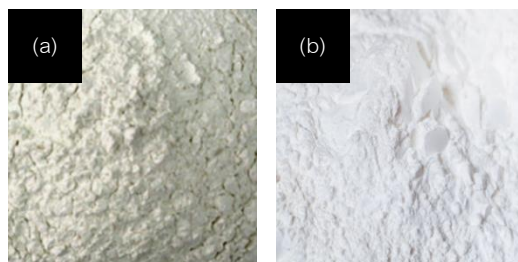


Figure 1. Images of flour (a) and starch (b) from unripe banana 'Kluai Khai'

Table 1. Chemical composition and colour parameters of unripe banana flour (UBF) and unripe banana starch (UBS)

	Unripe banana flour (UBF)	Unripe banana starch (UBS)
Components (% dry basis)		
Moisture ^{ns}	4.70±0.43	4.20±0.33
Ash	2.65 ^a ±0.18	0.30 ^b ±0.23
Protein	0.92 ^a ±0.03	0.61 ^b ±0.05
Lipid	0.05 ^a ±0.01	0.002 ^b ±0.001
Crude fiber	0.97 ^a ±0.03	0.14 ^b ±0.03
Carbohydrate ^{ns}	90.28±0.43	97.84±0.35
Amylose	31.45 ^b ±0.14	38.98 ^a ±0.60
Colour parameters		
L*	83.04 ^b ±0.26	94.50 ^a ±0.09
a*	1.35 ^a ±0.06	0.84 ^b ±0.00
b*	9.39 ^a ±0.06	3.97 ^b ±0.00
Whiteness index	80.56 ^b ±0.27	93.16 ^a ±0.07

Different letters in the same row mean significantly different ($P<0.05$)

^{ns} not significant different ($P>0.05$)

เปรียบเทียบกับแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 25.073 และ 21.255 (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ($P<0.05$) ทั้งนี้ปริมาณอะมิโลสที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของแป้ง สายพันธุ์ และอายุการเก็บเกี่ยว เป็นต้น จากงานวิจัยของ ปิติพร และธงชัย (2550) รายงานว่าแป้งข้าวเจ้า (ผลิตจากธัญพืช) แป้งมันสำปะหลัง (ผลิตจากหัวมันสำปะหลัง) มีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 19.15 และ 23.07 (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ จิรนาถ และคณะ (2558) รายงานว่าฟลาวร์กล้วยไข่ดิบ (6-8 สัปดาห์หลังแทงปลี) มีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 40 (โดยน้ำหนักแห้ง) ส่วนแป้งกล้วยไข่ดิบทั่วไปมีปริมาณอะมิโลสอยู่ระหว่างร้อยละ 24.7-37.5 (โดยน้ำหนักแห้ง) (Vatanasuchart *et al.*, 2009)

ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้ง

จากผลการทดลองใช้ Scanning electron micrographs (SEM) เพื่อส่องดูลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้ง พบว่า ฟลาวร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบมีลักษณะรูปร่างหลากหลาย คือ มีรูปร่างทรงกลม และรูปไข่ที่เรียวยาว ไม่สม่ำเสมอ (ภาพที่ 2) มีลักษณะคล้ายกับ

สตาร์ชของกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าดิบ (ไพลาภา และคณะ, 2550) พื้นผิวของเม็ดสตาร์ชมีผิวเรียบ ซึ่งแสดงถึงความบริสุทธิ์จากการสกัด สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่พบว่าสตาร์ชมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใยน้อยกว่าฟลาวร์

กำลังการพองตัวและการละลายของฟลาวร์และสตาร์ช

จากภาพที่ 3a แสดงค่าการพองตัวเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของตัวอย่างแป้ง ได้แก่ ฟลาวร์จากกล้วยไข่ดิบ (UBF) สตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบ (UBS) แป้งข้าวเจ้า (RF) และแป้งมันสำปะหลัง (CS) พบว่าฟลาวร์จากกล้วยไข่ดิบ แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง มีค่ากำลังการพองตัวเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำสามารถเข้าสู่ภายในเม็ดแป้ง เม็ดแป้งขยายตัวและจับกับน้ำได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่สตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบมีค่ากำลัง การพองตัวต่ำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 75 °C อาจเนื่องมาจากสตาร์ชมีปริมาณอะมิโลสสูง อะมิโลสจะรวมตัวกับองค์ประกอบอื่นที่มีอยู่ในเม็ดสตาร์ช

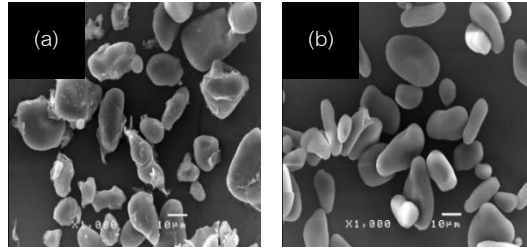


Figure 2. Scanning electron micrographs of flour (a) and starch (b) from unripe banana 'Kluai Khai' (1000x, scale bar = 10 µm)

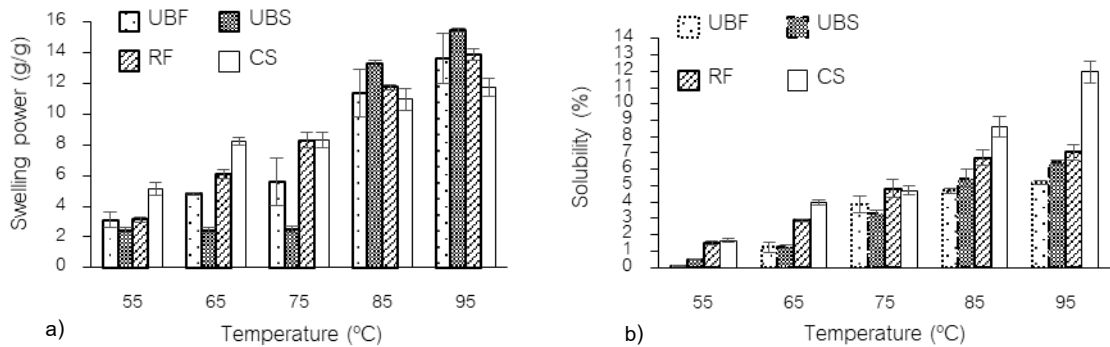


Figure 3. Effect of temperature on swelling power (a) and solubility (b) of unripe banana flour (UBF), unripe banana starch (UBS), rice flour (RF) and cassava starch (CS)

เช่น ไขมัน โปรตีน และเถ้า เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอะมิโลสไปเสริมความแข็งแรงให้แก่ เม็ดสตาร์ชทำให้พองตัวได้ช้า ในขณะที่สตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบมีค่ากำลังการพองตัวเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 75 °C ($P>0.05$) เนื่องจากอุณหภูมิความร้อนนี้ไปทำลายพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลภายในเม็ดสตาร์ช โมเลกุลของน้ำเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระทำให้เม็ดสตาร์ชเกิดการพองตัวสูงขึ้น ในส่วนของค่าการละลาย (ภาพที่ 3b) พบว่าฟลาวร์จากกล้วยไข่ดิบ สตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบ แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง มีค่าการละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัว โครงสร้างที่เป็นระเบียบภายในเม็ดแป้งถูกทำลาย เกิดการหลุดออกของโมเลกุลอะมิโลสและองค์ประกอบอื่น ๆ ละลายสู่ภายนอก เม็ดแป้ง ส่งผลให้ค่าการละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยค่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าการละลายเพิ่มขึ้น แต่ค่าการพองตัวและการละลายของเม็ดแป้งที่แตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ คือ ชนิดของแป้ง ความแข็งแรง

และลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง เช่น อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน การจัดเรียงตัวและความยาวของสาขาในอะมิโลเพกทิน สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต และปริมาณน้ำในสารละลายแป้งเป็นต้น (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2546)

การเปลี่ยนแปลงความหนืดของฟลาวร์และสตาร์ช

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมทางด้านความหนืดของแป้งทั้ง 4 ชนิด ด้วยเครื่อง RVA แสดงในภาพที่ 4 และตารางที่ 2 พบว่าอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด (pasting temperature) หรืออุณหภูมิต่ำสุดที่ต้องใช้ในการทำให้แป้งสุกของแป้งข้าวเจ้ามีอุณหภูมิสูงที่สุดเท่ากับ 93.25 °C เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่น ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของแป้งในการจับตัวกับน้ำและแรงที่ต้องใช้ในการกวนหรือผสมในอาหาร พบว่าแป้งมันสำปะหลัง ฟลาวร์และสตาร์ชจาก

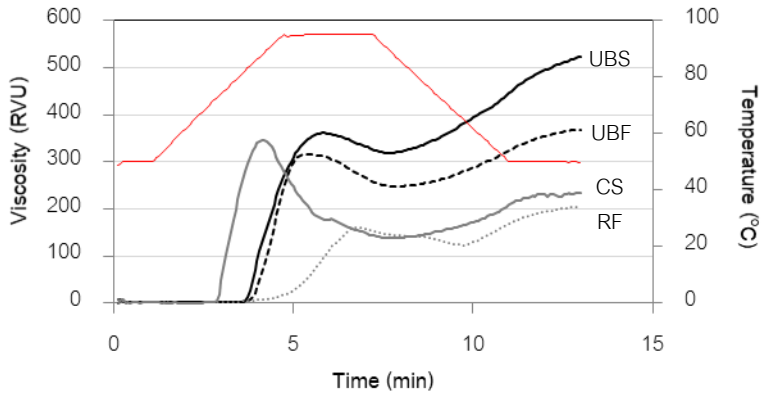


Figure 4. RVA profiles of unripe banana flour (UBF), unripe banana starch (UBS), rice flour (RF) and cassava starch (CS)

กล้วยไข่ดิบมีค่าความหนืดสูงสุด ที่สูงอยู่ในช่วง 317-362 RVU ในขณะที่แป้งข้าวเจ้ามีค่าความหนืดสูงสุดมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 161 RVU ส่วนค่าความหนืดต่ำสุด (trough) เป็นค่าความหนืดต่ำสุดของแป้งที่เกิดจากการให้ความร้อนและแรงกวนที่ใช้ในการผสม เมื่อพิจารณาถึงค่าความแตกต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (breakdown) พบว่าอุณหภูมิและแรงกวนที่เท่ากันส่งผลให้ความหนืดของสตาร์ชและฟลาวร์จากกล้วยไข่ดิบมีค่าความหนืดต่ำสุด สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง ($P < 0.05$) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการคงทนต่ออุณหภูมิและการกวนสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องผ่านการให้ความร้อนด้วยการสเตอริไลซ์ เช่น ซอส และอาหารสำหรับเด็ก เมื่อพิจารณาค่าความหนืดของแป้ง พบว่าแป้งมันสำปะหลังมีค่าผลต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดต่ำสุด สูงที่สุดเท่ากับ 210 RVU รองลงมาคือฟลาวร์จากกล้วยไข่ดิบเท่ากับ 69 RVU สตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบและแป้งข้าวเจ้า มีค่าความหนืดต่ำสุด ไม่แตกต่างกันคือเท่ากับ 42 RVU นั้นแสดงว่าแป้งมันสำปะหลังมีความสามารถในการคงทนต่ออุณหภูมิและการกวนที่ต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ซึ่งบ่งชี้ลักษณะของแป้งเป็นแป้งเปียกหรือเจลเมื่อเกิดรีโทรเกรดชัน พบว่าแป้งทั้ง 4 ชนิด มีค่าความหนืดสุดท้ายมากกว่าค่าความหนืดต่ำสุด สตาร์ชกล้วยไข่ดิบมีค่าความหนืดต่ำสุดเท่ากับ 319 RVU เมื่อพิจารณาค่าการคืนตัว (setback)

ซึ่งค่าการคืนตัวนี้จะมีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (ปีติพร และคณะ, 2546) การคืนตัวเกิดขึ้นมาจากอะมิโลส โดยอะมิโลสจะค่อย ๆ เข้าหากันและรวมกลุ่ม เกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโมเลกุลสร้างเป็นขอบเขตรอยต่อเป็นโครงสร้าง มีระเบียบใหม่ ส่วนอะมิโลเพกทินจะเกิดรีโทรเกรดของพวกสายกิ่งรวมเข้าหากันได้ แต่การเกิดจะช้ากว่าของอะมิโลส (วรรณภา, 2549) แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะเกิดการคืนตัวได้มากและเร็วกว่าแป้งที่มีปริมาณอะมิโลเพกทินสูง จากผลการทดลองพบว่าระดับการคืนตัวของแป้งที่มากที่สุดคือสตาร์ช (203 RVU) ฟลาวร์ (120 RVU) จากกล้วยไข่ดิบ สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าสตาร์ชมีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าฟลาวร์ และการคืนตัวน้อยที่สุดคือแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีค่าการคืนตัวเท่ากับ 85 RVU, 96 RVU ตามลำดับ

ผลการแปรผันปริมาณฟลาวร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบทดแทนแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมทองม้วน

ลักษณะปรากฏของขนมทองม้วนที่ผลิตได้จากการแปรผันปริมาณฟลาวร์และสตาร์ชกล้วยไข่ดิบทดแทนแป้งผสมจากแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนเท่ากับ 50:50 (สูตรควบคุม) และสูตรที่ทดแทนแป้งผสมด้วยฟลาวร์ต่อสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบที่

อัตราส่วนเท่ากับ 50:50 (สูตรที่ 1), 100:0 (สูตรที่ 2) และ 0:100 (สูตรที่ 3) ดังภาพที่ 5

ค่าสีและเนื้อสัมผัส

จากตารางที่ 3 พบว่าขนมทองม้วนสูตรที่ 2 มีค่าความสว่าง (L^*) ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ ($P<0.05$) เนื่องจากฟลาวาร์กล้วยไข่ดิบมีสีคล้ำ ดังนั้นเมื่อไม่ใช้ฟลาวาร์ในสูตรที่ 3 ส่งผลให้ขนมทองม้วนมีค่า L^* เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3) ทั้งนี้สีของแป้งแต่ละชนิดจึงอาจมีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ พัชร และสุภาณี (2560) ศึกษาการใช้แป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแผ่นอบกรอบ และมีการใช้แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ แป้งลูกเดี๋ยและแป้งข้าวเหนียว พบว่าการทดแทนที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์เพิ่มขึ้นทำให้ขนมปังแผ่นอบกรอบมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังแผ่นอบกรอบที่ทดแทนด้วยแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ แป้งลูกเดี๋ยและแป้งข้าวเหนียวที่มีค่าความสว่างมากกว่า เนื่องจากแป้งลูกเดี๋ยและแป้งข้าวเหนียวมีลักษณะสีขาวมากกว่า แป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์และแป้งสาลี ส่วนเนื้อสัมผัสของทองม้วนนั้นพบว่าค่าความแข็ง (hardness) อยู่ในช่วง 254.65-332.27 g force ($P>0.05$) โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง (สูตรควบคุม) ให้ค่าความแข็งไม่แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ ซึ่งจากการศึกษาของ ละอองวรรณ (2551) พบว่าการนำแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังมาทดแทน

แป้งสาลีในการพัฒนาสูตรแป้งชุบทอดนั้น การเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังจะมีผลทำให้การพองตัวและความกรอบของแป้งลดลง ส่วนแป้งข้าวเจ้ามีผลต่อความกรอบโดยการใช้แป้งข้าวเจ้าในปริมาณสูงขึ้นไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งมากขึ้น ทั้งนี้ในสูตรที่มีการใช้ฟลาวาร์ (สูตรที่ 2) และสตาร์ช (สูตรที่ 3) เป็นส่วนผสมในอัตราส่วนที่สูง พบว่ามีค่าความแข็งมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม เนื่องจากฟลาวาร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบมีปริมาณอะมิโลสสูงจะเกิดรีโทรเกรเดชันได้สูง วรรณภา (2549) กล่าวว่าโมเลกุลที่อยู่ในแป้งต้มสุกมีการรวมกลุ่มกลับไปสู่โครงสร้างมีระเบียบใหม่ ในระยะแรกสายโซ่ตั้งแต่สองสายขึ้นไปอาจจะสร้างเป็นขอบเขตรอยต่อก่อน แล้วพัฒนาเป็นบริเวณที่มีระเบียบมากขึ้น จนในที่สุดภายใต้ภาวะที่เหมาะสมจะเกิดเป็นลักษณะแบบผลึก โมเลกุลที่มีผลโดยตรงต่อการเกิดรีโทรเกรเดชันคืออะมิโลส ส่วนอะมิโลเพกทินซึ่งไม่มีโมเลกุลที่ใหญ่และค่อนข้างเกาะเกาะเพราะมีสายกิ่งมาก เกิดรีโทรเกรเดชันได้ช้ากว่า ผลที่เกิดคือเจลมีความแน่นหรือแข็ง ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของขนมทองม้วนในแต่ละสูตรมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.246-0.317 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่จุลินทรีย์จะสามารถเจริญเติบโตได้

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมทองม้วนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบรวม (ตารางที่ 4) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น ความกรอบ รสชาติและ

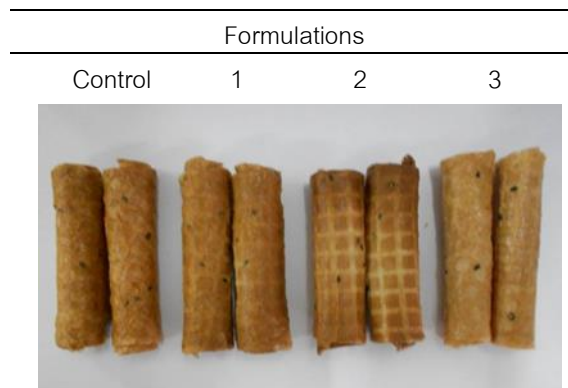


Figure 5. Appearance of Tong Muan made from unripe banana flour (UBF) and unripe banana starch (UBS)

ความชอบรวมในท้องม่วงสูตรที่ 3 สูงที่สุดและไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยมีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 8.05 อยู่ในระดับชอบมาก

องค์ประกอบทางเคมี

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของขนมท้องม่วงที่ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงสุดกับสูตรควบคุม พบว่าขนมท้องม่วงที่ผลิตจากการทดแทนแป้ง

ผสมด้วยฟลาวัวร์และสตาร์ชในอัตราส่วน 0:100 (สูตรที่ 3) มีปริมาณโปรตีนและไขมันน้อย ในขณะที่มีปริมาณเยื่อใยและเถ้ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ($P<0.05$) (ตารางที่ 5) การบริโภคอาหารที่มีเยื่อใยมีความสำคัญต่อสุขภาพ มีประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหารจะทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้ดีขึ้น นอกจากนี้การบริโภคอาหารที่มีปริมาณไขมันต่ำยังช่วยป้องกันหรือลดภาวะโรคอ้วน

Table 3. Colour and texture parameters of Tong Muan made from unripe banana flour (UBF) and unripe banana starch (UBS)

Formulations	Colour value			Hardness ^{ns} (g force)	a _w
	L*	a* ^{ns}	b* ^{ns}		
Control	59.92 ^a ±0.39	8.69±0.79	18.78±0.97	254.65±34.18	0.31 ^a ±0.01
1	55.03 ^{bc} ±2.42	9.25±0.51	16.86±0.94	256.26±73.29	0.27 ^b ±0.01
2	52.32 ^c ±0.54	8.37±0.19	16.65±0.47	332.27±19.02	0.25 ^b ±0.01
3	56.95 ^{ab} ±1.16	10.41±1.14	19.94±1.14	316.32±11.64	0.32 ^a ±0.02

Different letters in the same column mean significantly different ($P<0.05$)

^{ns} not significant different ($P>0.05$)

Table 4. Sensory profile of Tong Muan made from unripe banana flour (UBF) and unripe banana starch (UBS)

Formulations	Appearance	Colour	Odour	Crispiness	Taste	Overall acceptance
Control	7.47 ^{ab} ±1.20	7.43 ^b ±1.09	7.63 ^a ±0.90	7.97 ^a ±0.73	7.78 ^a ±1.18	7.85 ^a ±0.80
1	7.20 ^c ±1.23	6.98 ^c ±1.13	7.03 ^b ±1.44	7.75 ^{ab} ±0.84	7.10 ^b ±1.37	7.33 ^b ±1.04
2	6.90 ^{bc} ±1.35	6.85 ^c ±1.35	6.85 ^c ±1.42	7.52 ^b ±1.11	6.70 ^b ±1.69	6.98 ^b ±1.36
3	7.82 ^a ±0.95	8.02 ^a ±0.75	7.78 ^a ±0.90	8.05 ^a ±0.93	6.98 ^b ±1.36	8.05 ^a ±0.72

Different letters in the same column mean significantly different ($P<0.05$)

Table 5. Chemical composition of Tong Muan products (% dry basis)

Formulations	Moisture ^{ns}	Protein	Lipid	Crude fiber	Ash ^{ns}	Carbohydrate
Control	10.45±1.34	1.14 ^a ±0.05	5.51 ^a ±0.45	2.24 ^b ±0.16	0.44±0.13	80.22
3	7.88±0.24	0.34 ^b ±0.05	2.45 ^b ±0.12	3.23 ^a ±0.03	0.71±0.17	85.38

Different letters in the same column mean significantly different ($P<0.05$)

^{ns} not significant different ($P>0.05$)

สรุป

พลวาร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบมีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง การเพิ่มอุณหภูมิการให้ความร้อนส่งผลให้แป้งแต่ละชนิดมีค่ากำลังการพองตัวและค่าการละลายเพิ่มขึ้น สตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบให้ค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดสุดท้ายและค่าการคืนตัวสูงที่สุดกว่าพลวาร์ แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า ทำให้สตาร์ชมีโอกาสในการเกิดรีโทรเกรเดชันสูงกว่าแป้งชนิดอื่น ทั้งนี้สามารถใช้พลวาร์และสตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบทดแทนแป้งผสมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังในการผลิตขนมทองม้วนให้มีความกรอบเพิ่มขึ้นได้ โดยการทดแทนแป้งผสมด้วยอัตราส่วนของพลวาร์ต่อสตาร์ชเท่ากับ 0:100 ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความกรอบ และความชอบโดยรวมสูง และมีปริมาณไขมันต่ำ และเยื่อใยสูง ซึ่งจะเป็นทางเลือกให้ผู้ผลิตสามารถเลือกใช้แป้งจากกล้วยไข่ดิบในการผลิตขนมทองม้วน และผู้บริโภคสามารถเลือกบริโภคขนมทองม้วนที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพได้

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 303 หน้า.

กุลลาบ สิทธิสวนจิก และ ขวัญชัย ศรีรักษา. 2556. การเปรียบเทียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2) (พิเศษ): 213-216.

เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์ สุนิษา วิไลพัฒน์ และ จีราพร อัคริสุวรรณ. 2557. การใช้กากมะพร้าวเสริมในขนมทองม้วน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร (พิเศษ) 5: 15-17.

จิรนาถ บุญคง ทิพวรรณ บุญมี และ พัชราวรรณ เรือนแก้ว. 2558. การใช้แป้งกล้วยหอมดิบที่มีสมบัติต้านทานการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์พาสต้า. วารสารเทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยสยาม 10(1): 19-27.

จุฑา พีรพัชระ ธาณี สุนคนธชาติ อรุมา มุ่งเจียกกลาง ชนิตา ประจักษ์จิตร เจนจิรา บ.ป. สูงเนิน และ แสงแข สพันธุ์พงศ์. 2554. การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกล้วยเพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ.

ปัญญารัตน์ ไศภิชรุ์ประภา. 2553. การตัดแปรแป้งและสตาร์ชกล้วยน้ำว้า (*Musa (ABB) sp.*) ด้วยวิธีพีริเจลาทีไนซ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ปิติพร ฤทธิเรืองเดช และ ธงชัย สุวรรณลิขิต. 2550. การวิเคราะห์องค์ประกอบของพหุติกรรมด้านความหนืดและคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเจลในแป้งชนิดต่าง ๆ. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิติพร ฤทธิเรืองเดช ธงชัย สุวรรณลิขิต วิชัย ฤทธิยธนา สันติ และ กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2546. พหุติกรรมด้านความหนืดและคุณสมบัติทางกลของแป้งเท้ายายม่อม (*Tacca leontopetaloides* Ktze.). หน้า 53-60. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 41 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ผุสดี ตั้งวัชรินทร์ สุชาติ สุขสถิตย์ และ กานต์ สุขสุแพทย์. 2559. ผลของใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบต่อการเจริญและการผลิตกรดไขมันสายสั้นของเชื้อ *Lactobacillus plantarum*. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 34(1): 36-47.

พัชรี แดงดวง และ สุภาณี ด้านวิริยะกุล. 2560. การใช้แป้งข้าวกล้องพีริเจลาทีไนซ์ทดแทนแป้งสาลี

- ในขนมปังแผ่นอบกรอบ. วารสารเกษตร 33(2): 291-298.
- ไพลาภา นิมสังข์ มาศอุบล ทองงาม และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. องค์ประกอบทางเคมี, สัณฐานวิทยาและสมบัติเชิงคุณสมบัติของแป้ง และ สตาร์ชจากกล้วยดิบ. หน้า 672-680. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขา อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ละอองวรรณ ศรีจันทร์. 2551. การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแป้งชุบทอด. วารสาร มทร. อีสาน 1(1): 70-80.
- วรรณดา ตุลยธัญ. 2549. เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 166 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมไทย มผช. 1/2546. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 5 หน้า.
- อภิชาติ ศรีสอาด และ จันทรา อุสุวรรณ. 2556. คู่มือการเพาะปลูกกล้วยเศรษฐกิจเงินล้าน. นาคามีเดีย, กรุงเทพฯ. 144 หน้า.
- Agama-Acevedo, E., J.J. Islas-Hernandez, P. Osorio-Díaz, R. Rendón-Villalobos, R.G. Utrilla-Coello, O. Angulo and L.A. Bello-Pérez. 2009. Pasta with unripe banana flour: Physical, texture, and preference study. Journal of Food Science 74(6): S263-S267.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland.
- Hernandez-Nava, R.G., J. De. J. Berrios, J. Pan, P. Osorio-Díaz and L. A. Bello-Perez. 2009. Development and characterization of spaghetti with high resistant starch content supplemented with banana starch. Food Science and Technology International 15(1): 73-78.
- Ho, L.H., N.A. Abdul Aziz and B. Azahari. 2013. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* X *balbisiana* cv. Awak) pseudo-stem flour. Food Chemistry 139: 532-539.
- Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Science Today 16: 334-338.
- Newport Scientific. 1997. Operation Manual for the series 4 Rapid Visco Analyser. Newport Scientific Pty., Ltd., Australia. 93p.
- Segundo, C., L. Román, M. Gómez and M.M. Martínez. 2017. Mechanically fractionated flour isolated from green bananas (*M. cavendishii* var. *nanica*) as a tool to increase the dietary fiber and phytochemical bioactivity of layer and sponge cakes. Food Chemistry 219: 240-248.
- Singh, B., J.P. Singh, A. Kaur and N. Singh. 2016. Bioactive compounds in banana and their associated health benefits - A review. Food Chemistry 206: 1-11.
- Vatanasuchart, N., B. Niyomwit and K. Wongkrajang. 2009. Resistant starch contents and the *in vitro* starch digestibility of Thai starchy foods. Kasetsart Journal (Natural Science) 43: 178-186.
- Vatanasuchart, N., B. Niyomwit and K. Wongkrajang. 2012. Resistant starch content, *in vitro* starch digestibility and physico-chemical properties of flour and starch from Thai bananas. Maejo International Journal of Science and Technology 6(02): 259-271.