วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 26 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2564

BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 26 (No.2) May – August 2021 บทความวิจัย

การทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบปรับปรุงคุณลักษณะทางกายภาพและเพิ่มสารออกฤทธิ์ชีวภาพของแผ่นแหนมเนือง

Substitution of Rice Flour by Unripe Banana Flour Improved Physical Characteristics and Increased Bioactive Compounds of Vietnamese Rice Paper

ภัควัฒน์ เดชชีวะ[1*], กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง[2], วิบูลย์ ป้องกันภัย[3] และ จุฑามาศ มณีวงศ์[4]

Pakkawat Detchewa[1*], Kurosiyah Yamirudeng[2], Viboon Pongkanpai[3] and Chutamas Maneewong[4]

[1]*ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรและการจัดการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*

[2]*สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*

[3]*สาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะนวัตกรรมการเกษตรและประมง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี*

[4]*สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้*

[1]*Department of Agro-Industry Technology and Management, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.*

[2] *Program of Food Science and Technology, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.*

[3] *Department of Food Technology, Faculty of Innovative Agriculture and Fisheries, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus.*

[4]*Department of Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University*

Received : 26 October 2020

Revised : 8 January 2021

Accepted : 11 January 2021

บทคัดย่อ

แผ่นแป้งแหนมเนืองเป็นผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวที่มีปริมาณความต้องการของผู้บริโภคสูง แต่มีสารออกฤทธิ์ชีวภาพรวมทั้งมีสตาร์ชที่ทนย่อยต่ำ ในขณะที่แป้งกล้วยดิบนั้นมีสารออกฤทธิ์ชีวภาพ สารต้านอนุมูลอิสระและสตาร์ชทนย่อยในปริมาณสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพ สารต้านอนุมูลอิสระและสตาร์ชทนย่อยในแผ่นแป้งแหนมเนือง โดยการทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบ แล้วทำการศึกษาผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นแป้งแหนมเนือง การทดสอบทางประสาทสัมผัส ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยทดแทนแป้งหมักจากข้าวเจ้าพันธุ์ปราจีนบุรี 2 ด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าดิบร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนัก เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติของแป้งด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็วพบว่าระดับการเติมแป้งกล้วยดิบที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืดสูงสุดและค่าการคืนตัวของแป้งมีค่าสูงขึ้น เมื่อทำการผลิตเป็นแผ่นแหนมเนืองพบว่าการเติมแป้งกล้วยนั้นทำให้แผ่นแหนมเนืองมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง แต่ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ค่าแรงของการต้านการดึงขาด และค่าความเหนียวติดหัววัดของแผ่นแป้งแหนมเนืองนั้นมีค่าสูงขึ้น การทดแทนแป้งกล้วยดิบที่ร้อยละ 40 ของน้ำหนักนั้น ทำให้ได้แผ่นแหนมเนืองที่มีปริมาณสตาร์ชทนย่อยสูงสุดถึงร้อยละ 9.58 ของน้ำหนัก ในขณะที่แผ่นแหนมเนืองจากแป้งข้าวที่ไม่มีการเติมแป้งกล้วยนั้นมีค่าสตาร์ชทนย่อย เท่ากับร้อยละ 3.50 ของน้ำหนัก นอกจากนี้ยังพบว่าแผ่นแหนมเนืองที่เติมแป้งกล้วยดิบมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay สูงกว่าแผ่นแหนมเนืองแป้งข้าว ส่วนผลทดสอบทางประสาทสัมผัสนั้นพบว่าแผ่นแหนมเนืองที่ใช้แป้งกล้วยดิบทดแทนแป้งข้าวร้อยละ 30 ของน้ำหนัก นั้นได้รับคะแนนความชอบสูงสุด (7.55-7.70)

คำสำคัญ : แผ่นแป้งแหนมเนือง ; แป้งข้าว ; แป้งกล้วยดิบ ; สตาร์ชทนย่อย ; สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

Abstract

Vietnamese rice paper (Namnueng sheet) is a rice flour based product that has high consumer demand but contains low bioactive compound and resistant starch (RS) content. Unripe banana flour (UBF) is a good source of bioactive compounds, antioxidants and RS. Therefore, this study was conducted to increase the amount of bioactive compounds, antioxidants, and resistant starches in rice paper by replacing rice flour with UBF. The effect of substitution of rice flour with URF on physical characteristics, sensory evaluation, antioxidant activity, and total phenolic compounds was investigated. The fermented rice starch from Prachinburi 2 cultivar was replaced by UBF at 0, 20, 30 and 40%. The pasting properties of mixed flour were determined using a rapid viscosity analyzer. It was found that the increasing in replacing level UBF resulted in higher viscosity and setback value than rice starch without UBF adding. For the study on change of color of rice paper, the addition of UBF resulted in decreasing of brightness (L*), but increasing in redness value (a*) and yellowness (b*). Tensile strength and stickiness of rice paper were increased as the UBF level increased. The rice paper prepared by substituting rice starch by 40% of UBF contained the highest RS content (9.58%), while the rice paper without UBF adding contained the lowest RS content (3.50%). The rice paper added with UBF had higher total phenolic content and antioxidant activity evaluated by DPPH assay than rice paper without UBF. The sensory evaluation, rice paper replacing with 30% of UBF had highest preference score (7.55-7.70).

Keywords : rice paper ; rice flour ; unripe banana flour ; resistant starch ; total phenolic compound

***Corresponding author, e-mail** : Pakkawat.d@agro.kmutnb.ac.th

บทนำ

แผ่นแป้งแหนมเนืองเป็นอาหารที่นิยมบริโภคในประเทศไทยเป็นอย่างมากโดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวัตถุดิบที่ใช้มาทำแผ่นแหนมเหนือได้แก่ ข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูงกว่าร้อยละ 27 ของน้ำหนัก เช่น ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เหลือง 11 และปราจีนบุรี 2 (Phattra & Maweang, 2015) เป็นต้น กระบวนการผลิตนั้นทำโดยนำข้าวมาแช่น้ำให้น้ำซึมเข้าสู่เมล็ดเพื่อให้สามารถโม่ได้ง่าย ในระหว่างการโม่นี้ส่วนที่สามารถละลายน้ำได้ เช่น โปรตีนที่ละลายน้ำ และน้ำตาลจะออกไปกับน้ำ (Chen *et al*., 1999) จากนั้นทำการหมักแป้งข้าวกับเกลือร้อยละ 5 ของน้ำหนัก ทำให้เชื้อจุลินทรีย์หมักแป้งข้าวได้เป็นกรดแลคติก และเมื่อส่องกล้องจุลทรรศน์ชนิดลำแสงส่องกราดพบว่าผิวหน้าของสตาร์ชเกิดรูพรุน เนื่องจากมีเอนไซม์ย่อยสตาร์ชเกิดขึ้น (Phattra & Maweang, 2015) หลังจากนั้นนำแป้งหมักที่ได้มาผลิตเป็นแผ่นแป้งแหนมเนือง โดย นำแป้งข้าวหมักผสมกับน้ำแล้วเทลงบนแผ่นผ้าขาวบาง แล้วนึ่งเป็นเวลา 15 วินาที ลอกแผ่นแป้งออกไปวางบนตะแกรง ตากแดดให้แห้งได้เป็นแผ่นแหนมเนืองแห้ง ผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวส่วนใหญ่ เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว มีองค์ประกอบหลักคือสตาร์ช และมีปริมาณสตาร์ชทนย่อย (resistant starch) อยู่ในระดับที่ต่ำอยู่ที่ร้อยละ 2.4-4.4 ของน้ำหนัก (Vatanasuchart *et al*., 2009; Moongngarm *et al.,* 2014; Nakayoshi *et al*., 2015) และมีปริมาณของสารออกฤทธิ์ชีวภาพค่อนข้างต่ำ กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L., Kuai Namwa) เป็นไม้ผลที่นิยมปลูก และบริโภคมากในประเทศไทย นอกจากการบริโภคกล้วยน้ำว้าในรูปแบบกล้วยผลสุกแล้วยังมีการนำกล้วยน้ำว้าดิบมาแปรรูปเป็นแป้งกล้วยน้ำว้าดิบเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งแป้งกล้วยน้ำว้าดิบนั้นถือเป็นแหล่งที่ดีของสตาร์ชทนย่อยซึ่งมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 32.26-44.89 ของน้ำหนัก ปริมาณเส้นใยร้อยละ 14.5 ของน้ำหนัก (Moongngarm *et al*., 2014) นอกจากนี้ Aquino *et al*. (2016) ทำการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในกล้วยดิบ 15 สายพันธุ์พบว่าแป้งกล้วยดิบนั้นมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงอยู่ในช่วงร้อยละ 23.15-33.28 mg GAE/g ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกที่พบในกล้วยนั้นประกอบด้วย กรดแกลลิค (Gallic acid) คาเทชิน (Catechins) อิพิคาเทชิน (Epicathechins) แอนโทไซยานิน (Antocyanins) และสารประกอบอนุพันธ์ของฟลาโวนอยด์ (Flavonoid derivatives) (Bennet *et al*., 2010) ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ทำปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารด้วยแป้งกล้วยดิบหลากหลาย เช่น การปรับปรุงคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวด้วยแป้งกล้วยดิบพบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวมีความยืดหยุ่นมากขึ้น (Tiboonbun *et al*., 2011) นอกจากนี้ Agama-Acevedo *et al*. (2009) พบว่า การทดแทนแป้งกล้วยดิบในผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ระดับร้อยละ 30-45 ทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งสาลี ปัจจุบันการผลิตแผ่นแป้งแหนมเนืองนั้นมีการใช้แป้งชนิดอื่นมาทดแทนแป้งข้าวเจ้า เช่น แป้งพุทธรักษา (Chayapham *et al.,* 2008) และแป้งมัน (Liu *et al*., 2012) เป็นต้น แต่ยังไม่มีรายงานการวิจัยที่ใช้แป้งกล้วยดิบทดแทน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบต่อคุณภาพของแผ่นแป้งแหนมเนือง เพื่อเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพ สารต้านอนุมูลอิสระและสตาร์ชทนย่อยในแผ่นแป้งแหนมเนือง ซึ่งจะเป็นแนวทางในการพัฒนาเป็นแผ่นแป้งแหนมเนืองที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

1.1 ข้าวสารได้จากข้าวเปลือกพันธุ์ปราจีนบุรี 2 (*Oryza sativa* L.) จากศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี นำข้าวเปลือกมาขัดสีด้วยเครื่องสีข้าว (Model NW1000 Turbo, Tepinnovations, Thailand)

1.2 แป้งกล้วย เตรียมจากกล้วยน้ำว้าดิบ (*Musa sapientum*, ABB group, Kluai Nam Wa) นำมาแช่ในน้ำเดือด

เป็นเวลา 1 นาที แล้วแช่น้ำเย็น หลังจากนั้นปอกเปลือกแล้วหั่นหนาประมาณ 0.2 เซนติเมตร แช่ในกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ทำแห้งด้วยการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน (Model FD115, Binder, USA.) ที่ 50 องศาเซลเซียส จนความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก จากนั้นนำมาบดเป็นแป้งด้วยเครื่องโม่บด (Model HR 2115/01, Phillips, Singapore) ร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช และเก็บในถุงซิบล็อกไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตามวิธีของ Moongngarm *et al*. (2014) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลสของแป้งกล้วยดิบนั้นมีค่าร้อยละ 37.92 ± 0.01 ของน้ำหนัก

2. กระบวนการผลิตแผ่นแป้งแหนมเนือง

2.1 นำเมล็ดข้าวสารมาล้างทำความสะอาด แช่ในน้ำที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ คือ 1:2 เป็นเวลา 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง โดยเปลี่ยนน้ำทุกๆ 6 ชั่วโมง จนครบเวลาทั้งหมด 48 ชั่วโมง ทำการลดขนาดเมล็ดข้าวโดยใช้เครื่องปั่นผสม (Model Blendtec EZ 600, USA) หลังจากนั้นทำการหมักข้าวกับเกลือร้อยละ 5 ของน้ำหนัก เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Phothise & Charoenrein (2007) จากนั้นทำการทับน้ำในถุงผ้าดิบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำแป้งที่ได้มาอบแห้งด้วยตู้อบ ลมร้อน (Model FD115, Binder, USA)ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนความชื้นของแป้งข้าวต่ำกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก ลดขนาดด้วยเครื่องโม่บด (Model HR 2115/01, Phillips, Singapore) และร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช เก็บแป้งข้าวหมักในถุงซิบล็อกไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลสของแป้งข้าวหมักนั้นมีค่าร้อยละ 30.85 ± 0.01 ของน้ำหนัก

2.2 ขั้นตอนการผลิตแผ่นแป้งแหนมเนือง

นำแป้งกล้วยน้ำว้าดิบผสมแป้งข้าวเจ้าหมักในอัตราส่วนร้อยละ 0:100, 20:80, 30:70 และ 40:60 โดยน้ำหนัก การผสมแป้งที่ได้ต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1.5 จากนั้นเทแป้งลงในถาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว ถาดละ 15 กรัม แล้วนำไปนึ่งในหม้อนึ่ง อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ทำการลอกแป้งออกจากถาดแล้วนำออกมาผึ่งลมบนไม้ไผ่ขัดสานเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จนความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 13 ของน้ำหนัก (Thai Community Product Standard, 2005) นำแผ่นแป้งแหนมเนืองที่ได้ไปบรรจุในถุงพลาสติกซิบล็อก

2.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้งทางด้านเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งข้าวหมัก แป้งกล้วยดิบ และแป้งผสมด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว (Rapid Visco Analyser, Model RVA-4, Newport Scientific PYT Ltd., Australia) ตามวิธีการของ Detchewa *et al*. (2012)

2.4 การวิเคราะห์ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของแผ่นแป้งแหนมเนือง

การวิเคราะห์ความชื้นตามวิธี AOAC (2000) และการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Water activity (a_W) (Model AQUA Lab, USA.)

2.5 การวิเคราะห์ค่าสีของแผ่นแป้งแหนมเนืองโดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Model Color Flex, USA.) วัดค่าความสว่าง (L* มีค่าตั้งแต่ 0-100, 0=สีดำ และ 100=สีขาว) ค่าความเป็นสีแดง/สีเขียว (+a*=สีแดง, -a*=สีเขียว) และค่าความเป็นสีเหลือง/น้ำเงิน (+b*=สีเหลือง, -b=สีน้ำเงิน) ดัดแปลงจากวิธีของ Ho *et al*. (2013)

2.6 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของแผ่นแป้งแหนมเนืองโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyser, Model TA.XT plus, Stable Microsystems, UK) นำแผ่นแป้งแหนมเนืองมาคืนรูปด้วยการแช่น้ำ 1.00 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และตัดแผ่นแป้งแหนมเนืองให้มีขนาดความกว้าง 1.5 เซนติเมตร และยาว 15 เซนติเมตร สำหรับวัดค่าต้านแรงดึงขาด (Tensile strength) โดยใช้หัววัดรหัส A/SPR (Spaghetti/Noodle Tensile rig) โดยใช้สภาวะดังนี้ Pre-test speed เท่ากับ 1.0 mm/s, Test speed เท่ากับ 3 mm/s และ Post-test speed เท่ากับ 10 mm/s Trigger force เท่ากับ 5 g ดัดแปลงจาก Detchewa *et al.* (2012) สำหรับวัดค่าเกาะติดพื้นผิว (Stickiness) ทำการตัดแผ่นแหนมเนืองที่ผ่านการแช่น้ำ 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ให้มีขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร ทำการวิเคราะห์โดยใช้หัววัดรหัส HDP/PFS (Pasta Firmness/Stickiness rig) Pre-test speed เท่ากับ 1.0 mm/s, Test speed เท่ากับ 0.5 mm/s และ Post-test speed เท่ากับ 10.0 mm/s compression force เท่ากับ 1000 g Trigger force อัตโนมัติ เท่ากับ 20 g ดัดแปลงจากวิธีของ Li *et al.* (2020)

2.7 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ฟีนอลิกรวม (Total phenolic acid) และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picylhydrazyl (DPPH)

นำแผ่นแหนมเนืองมาเตรียมตัวอย่าง โดยบดแผ่นแหนมเนืองโดยใช้เครื่องปั่นผสม (HR 2115/01, Thailand) และร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช นำตัวอย่างที่ได้จำนวน 1 กรัม มาสกัดด้วยเมทานอล ร้อยละ 70 ของน้ำหนักจำนวน 15 มิลลิลิตร ตั้งที่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการกรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman no.4) ตามวิธีของ Thao & Niwat (2018)

2.8 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic acid)

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี spectrophotometry โดยใช้กรดแกลลิก (0-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) เป็นสารมาตรฐาน นำสารสกัดจากข้อ 2.7 จำนวน 0.5 มิลลิลิตร และเจือจางด้วยน้ำกลั่น 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง แล้วเติม Folin-Ciocalteu reagent (10% v/v) จำนวน 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย Sodium carbonate (7.5% w/w) จำนวน 2 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำการผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และใช้เมทานอลเป็นแบลงค์ (Blank) ค่าปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมดนั้นแสดงอยู่ในรูป Gallia Acid Equivalents (GAE) ในหน่วย mg GAE/g ตามวิธีของ Thao & Niwat (2018)

2.9 วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picylhydrazyl (DPPH)

การวิเคราะห์ DPPH โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดตามข้อ 2.7 จำนวน 50 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 60 ไมโครโมล จำนวน 1.95 มิลลิลิตร และทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลเป็นแบลงค์ (Blank) แล้วคำนวณค่าการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH inhibition) ตามวิธีของ Thao & Niwat (2018)

2.10 ปริมาณสตาร์ชทนย่อย (Resistant starch) โดยใช้ชุดทดสอบ Resistant starch kit (Magazyme, Irland) ตามรายละเอียดของ Rungrusmee *et al*. (2020)

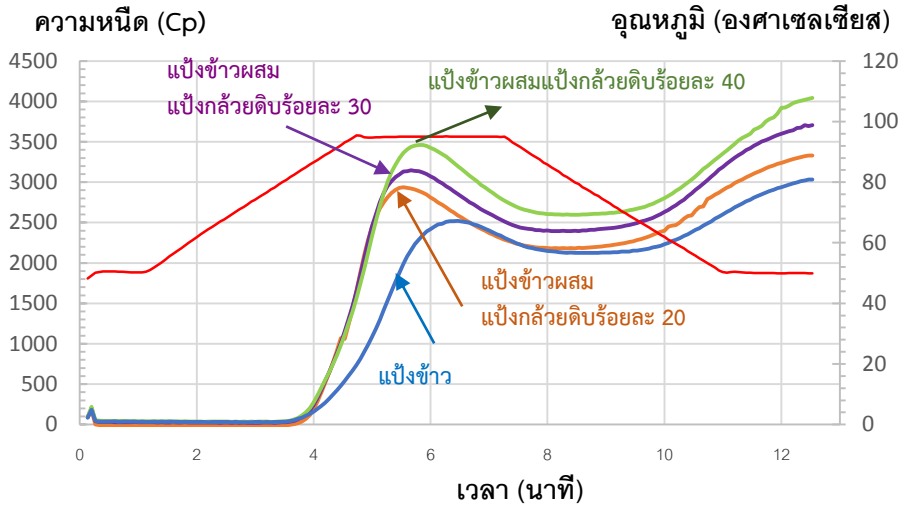
2.11 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ช่วงอายุระหว่าง 20 ถึง 45 ปี สถานที่ทดสอบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การเตรียมตัวอย่างโดยคืนรูปแหนมเนืองโดยแช่ในน้ำดื่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1.00 นาที หลังจากนั้นทำการใส่ถ้วยติดฉลากด้วยตัวเลขสุ่มรหัส 3 ตัว ทำการเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบชิมประเมินคุณลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของแผ่นแป้งแหนมเนือง โดยให้คะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบ, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 6 = ชอบเล็กน้อย, 7 = ชอบปานกลาง, 8 = ชอบมาก, 9 = ชอบมากที่สุด

2.12 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ การทดลองในแต่ละพารามิเตอร์ทำอย่างน้อย 3 ซ้ำ โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Randomized Completely Design) ส่วนการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสนั้นออกแบบการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design) ทำการวิเคราะห์การแปรปรวนโดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ Duncan 's new multiple rang test; DMRT ในโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 17 (SPSS Inc., Chicago, USA)

ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงทางด้านความหนืดของแป้งข้าวและแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบ

ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของแป้งข้าว แป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบที่ร้อยละ 20, 30 และ 40 ของน้ำหนัก ดังภาพที่ 1 พบว่า อุณหภูมิเริ่มเกิดเจลาติไนเซชั่นของแป้งข้าว แป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบที่ร้อยละ 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$) ส่วนค่าความหนืดสูงสุดของแป้งข้าวมีค่า 2,523 cp ส่วนแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบมีแนวโน้มค่าความหนืดสูงสุดเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของแป้งกล้วยที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบที่ร้อยละ 40 ของน้ำหนัก นั้นมีค่าความหนืดสูงสุดเท่ากับ 3,461 cp นอกจากนี้ค่าความหนืดคืนตัว (Setback) ของแป้งข้าวมีค่าเท่ากับ 906 cp เมื่อผสมแป้งกล้วยที่ร้อยละ 20, 30 และ 40 ของน้ำหนัก มีค่าความหนืดคืนตัวสูงขึ้น โดยเฉพาะแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบร้อยละ 40 ของน้ำหนัก มีค่าความหนืดคืนตัวเท่ากับ 1,475 cp ซึ่งมีความแตกต่างกับแป้งข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวและแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบ

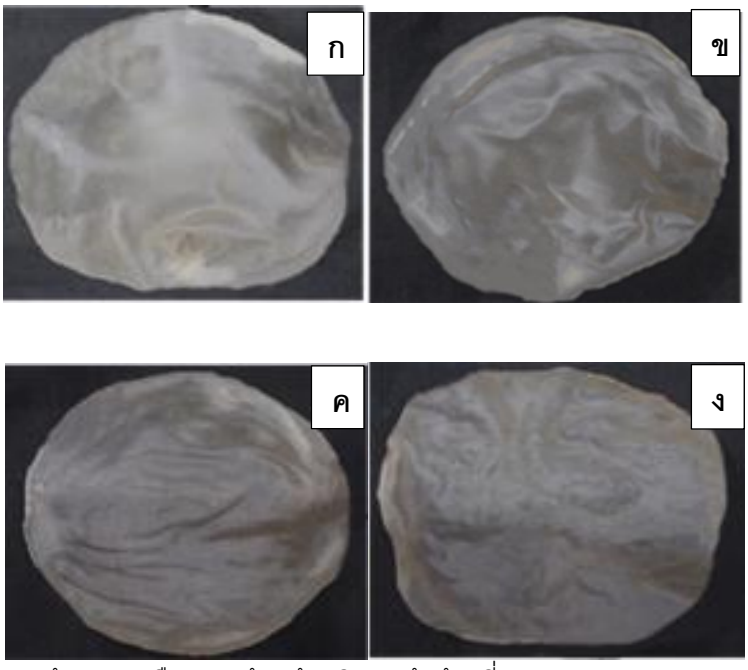
2. ลักษณะของแผ่นแป้งแหนมเนืองจากแป้งข้าวหมักและแป้งข้าวหมักผสมแป้งกล้วยดิบ

เมื่อนำแป้งข้าวและแป้งกล้วยดิบมาทำการทดลองเป็นแผ่นแหนมเนือง พบว่าแผ่นแป้งแหนมเนืองจากแป้งข้าวมีลักษณะเป็นสีขาว ขุ่น แต่เมื่อมีการเติมแป้งกล้วยดิบมีผลทำให้ลักษณะของแผ่นแป้งแหนมเนืองมีสีเหลืองคล้ำมากขึ้น (ภาพที่ 2) โดยสังเกตจากแผ่นแหนมเนืองแป้งข้าวนั้นมีค่าโดยค่าความสว่าง (L*)มากที่สุด และเมื่อมีการเติมแป้งกล้วยดิบลงร้อยละ 20 30 และ 40 ของน้ำหนักทำให้ค่าความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 ($p<0.05$) ในขณะค่าสีแดง (a*) ของแผ่นแหนมเนืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 0.76 เป็น 4.35 เมื่อเติมแป้งกล้วยดิบร้อยละ 40 ของน้ำหนัก ในทำนองเดียวกัน แผ่นแป้งแหนมเนืองที่มีการเติมแป้งกล้วยร้อยละ 40 ของน้ำหนักนั้นมีค่าสีเหลืองสูงสุด ซึ่งการเติมแป้งกล้วยดิบลงไปในแผ่นแหนมเนืองนั้นมีผลทำให้ค่า L*, a* และ b* แตกต่างกับตัวอย่างแผ่นแหนมเนืองแป้งข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

ตารางที่ 1 ค่าสี L*, a* และ b* ของแผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าว และแหนมเนืองแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบ

แผ่นแป้งแหนมเนือง แป้งกล้วยดิบ:แป้งข้าวหมัก	L*	a*	b*
0:100	71.48±0.20^{a}	0.76±0.03^{d}	5.53±0.06^{d}
20:80	65.95±0.50^{b}	1.74±0.04^{c}	7.50±0.06^{c}
30:70	56.74±0.40^{b}	3.97±0.01^{b}	10.52±0.01^{b}
40:60	51.21±0.00^{c}	4.35±0.01^{a}	12.56±0.04^{a}

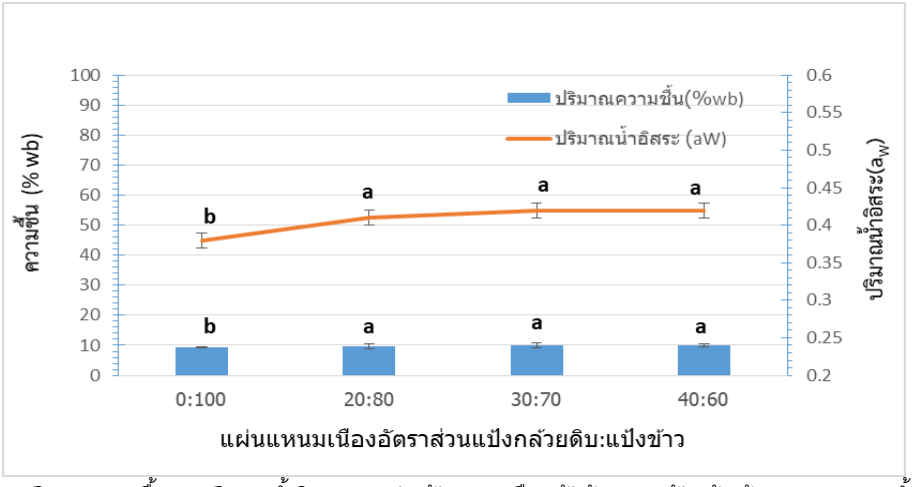
ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกันกำกับแตกต่างกันมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)



ภาพที่ 2 แผ่นแป้งแหนมเนืองจากแป้งกล้วยดิบต่อแป้งข้าวที่ 0:100 (ก) 20:80 (ข) 30:70 (ค) และ 40:60 (ง)

3. ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของแผ่นแป้งแหนมเนือง

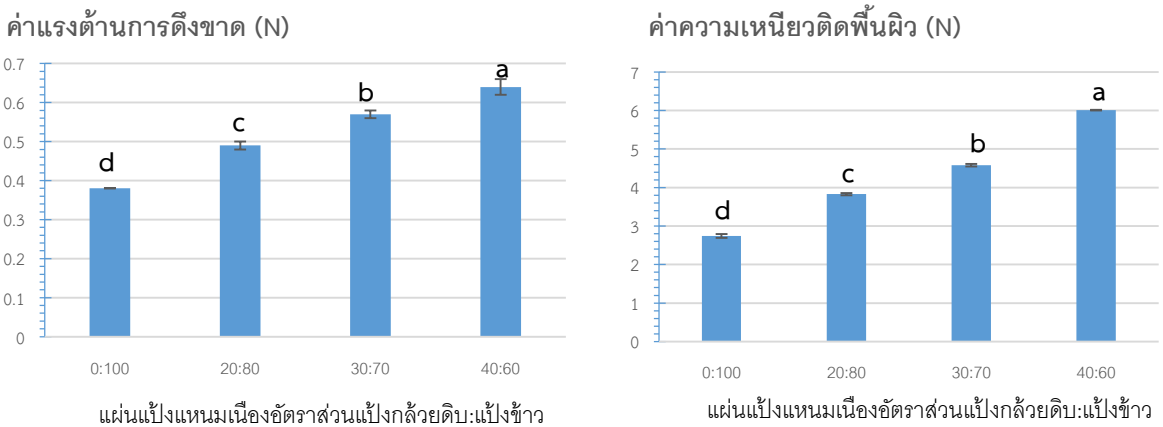
จากการศึกษาปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_W) ของแผ่นแป้งแหนมเนืองจากแป้งข้าวและแผ่นแหนมเนืองจากแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบ พบว่าปริมาณความชื้นของแผ่นแหนมเนืองแป้งข้าวมีค่าร้อยละ 9.30 ของน้ำหนัก และแผ่นแป้งแหนมเนืองที่เติมแป้งกล้วยดิบร้อยละ 20, 30 และ 40 ของน้ำหนัก มีปริมาณความชื้นร้อยละ 9.77, 9.87 และ 9.98 ของน้ำหนัก ส่วนปริมาณน้ำอิสระของแผ่นแป้งแหนมเนืองมีค่า 0.38 และแผ่นแป้งแหนมเนืองที่เติมแป้งกล้วยดิบร้อยละ 20, 30 และ 40 มีค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ที่ 0.41, 0.42 และ 0.42 ตามลำดับ ซึ่งการใช้แป้งกล้วยดิบเตรียมไปในสูตรการผลิตแผ่นแป้งแหนมเนืองนั้นส่งผลทำให้ค่าความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระเพิ่มแตกต่างกับแผ่นแหนมเนืองแป้งข้าวอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)



ภาพที่ 3 ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของแผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยร้อยละ 0-40 ของน้ำหนัก ตัวอักษรในกราฟแท่งและกราฟเส้นกำกับแตกต่างกันมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

4. คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของแผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าวและแผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบ

ผลการทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัสของแผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าว และแผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบ ด้วยการวิเคราะห์ค่าแรงต้านการดึงขาด (Tensile strength) และค่าความเหนียวติดพื้นผิว (Stickiness) ของแผ่นแป้งแหนมเนืองกับหัววัด ได้ผลดังภาพที่ 4 จากการทดลองพบว่า แผ่นแป้งแหนมเนืองจากแป้งข้าวมีค่าแรงต้านการดึงขาดอยู่ที่ 0.38 นิวตัน ในขณะที่แผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบที่ร้อยละ 20, 30 และ 40 ของน้ำหนัก มีค่าแรงต้านการดึงขาดเพิ่มขึ้นเป็น 0.49, 0.57 และ 0.64 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งการผสมแป้งกล้วยดิบในแป้งข้าวส่งผลทำให้ให้ค่าแรงต้านการดึงขาดของแผ่นแหนมเนืองสูงกว่าแผ่นแหนมเนืองแป้งข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในขณะเดียวกันเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าความเหนียวติดพื้นผิวของแผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าวมีค่าเท่ากับ 2.74 นิวตัน และแผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบที่ร้อยละ 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักมีค่าความเหนียวติดพื้นผิวเท่ากับ 3.83, 4.58 และ 6.01 นิวตัน ตามลำดับ โดยพบว่าแป้งกล้วยดิบนั้นส่งผลทำให้ค่าความเหนียวติดพื้นผิวแตกต่างกับแผ่นแหนมเนืองแป้งข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)



ภาพที่ 4 ค่าต้านแรงดึงขาด (Tensile strength) และค่าความเหนียวติดพื้นผิว (Stickiness) ของแผ่นแป้งแหนมเนือง ตัวอักษรในกราฟแท่งกำกับแตกต่างกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

5. ผลของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และสตาร์ชทนย่อยของแผ่นแหนมเนือง

จากการศึกษาการใช้แป้งกล้วยดิบผสมในแป้งข้าวเพื่อผลิตเป็นแผ่นแป้งแหนมเนือง พบว่าการเติมแป้งกล้วยดิบในผลิตภัณฑ์แผ่นแหนมเนืองแป้งข้าว โดยวิธี Folin-Ciocalteu assay พบว่าการเติมแป้งกล้วยดิบร้อยละ 40 ของน้ำหนักนั้นส่งผลทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 1.90 เป็น 11.25 mg_{GAE}/g_{sample} ส่วนร้อยละของการยับยั้งอนุมูลอิสระ (% DPPH inhibition) ของแผ่นแหนมเนืองแป้งข้าวเท่ากับร้อยละ 16.05 เมื่อมีการทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบร้อยละ 40 พบว่าแผ่นแหนมเนืองนั้นมีค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเป็น 47.05 ในขณะที่ปริมาณสตาร์ชทนย่อยของแผ่นแหนมเนืองจากแป้งข้าวนั้นมีค่าร้อยละ 3.50 ของน้ำหนัก เมื่อมีการทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบร้อยละ 20, 30 และ 40 นั้นส่งผลปริมาณร้อยละสตาร์ชทนย่อยของแผ่นแหนมเนืองเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 6.51, 7.90 และ 9.58 ของน้ำหนัก ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenols) การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(% DPPH inhibition) ของแผ่นแหนมเนือง และแผ่นแหนมเนืองผสมแป้งกล้วยดิบ

แผ่นแป้งแหนมเนือง แป้งกล้วยดิบ:แป้งข้าวหมัก	ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (mg_{GAE}/g_{sample})	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	ปริมาณสตาร์ชทนย่อย (ร้อยละ)
0:100	1.90±0.20^{d}	16.05±0.45^{d}	3.50±0.38^{d}
20:80	6.90±0.15^{c}	38.85±0.58^{c}	6.51±0.41^{c}
30:70	9.50±0.61^{b}	42.74 ±0.75^{b}	7.90±0.33^{b}
40:60	11.25±0.51^{a}	47.05 ±0.80^{a}	9.58±0.10^{a}

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกันกำกับแตกต่างกันมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

6. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบของผลิตภัณฑ์แผ่นแหนมเนืองจากแป้งข้าว และแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบ พบว่าการใช้แป้งกล้วยดิบในแผ่นแป้งแหนมเนืองร้อยละ 20 ถึง 30 ของน้ำหนักนั้นมีค่าความชอบทางลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่าแหนมเนืองจากแป้งข้าวปกติ โดยเฉพาะแผ่นแป้งแหนมเนืองผสมแป้งกล้วยดิบที่ร้อยละ 30 ของน้ำหนัก มีค่าความชอบในระดับคะแนนความชอบปานกลาง (7.55-7.70) ดังตารางที่ 3 แต่ถ้าเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยดิบในแผ่นแป้งแหนมเนืองสูงถึงร้อยละ 40 ของน้ำหนัก ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบต่ำกว่าแผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าวทุกคุณลักษณะที่ทดสอบชิมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าว และแผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบ

แผ่นแป้งแหนมเนือง แป้งกล้วยดิบ:แป้งข้าวหมัก	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0:100	7.00±0.56^{b}	7.15±0.10^{b}	6.90±0.21^{b}	6.90±0.12^{c}	6.75±0.44^{c}	6.95±0.22^{c}
20:80	7.15±0.37^{b}	7.25±0.17^{b}	7.40±0.15^{a}	7.35±0.29^{b}	7.20±0.41^{b}	7.25±0.44^{b}
30:70	7.55±0.15^{a}	7.55±0.10^{a}	7.55±0.21^{a}	7.65±0.15^{a}	7.60±0.50^{a}	7.70±0.47^{a}
40:60	6.35±0.10^{c}	6.30±0.47^{c}	6.30±0.07^{c}	6.10±0.31^{d}	6.35±0.49^{d}	6.50±0.13^{d}

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกันกำกับแตกต่างกันมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของแป้ง พบว่าแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบนั้นมีค่าความหนืดสูงสุด เนื่องจากแป้งกล้วยดิบนั้นมีขนาดของเม็ดสตาร์ช (starch granule) 5-50 ไมโครเมตร (Li *et al*., 2018) ส่วนแป้งข้าวนั้นมีขนาดของสตาร์ชแกรนูล 2-8 ไมโครเมตร (Hoover *et al*., 1996) ซึ่งขนาดของสตาร์ชแกรนูลของแป้งกล้วยดิบนั้นใหญ่กว่าแป้งข้าว เมื่อแป้งทั้งสองอยู่ในสภาวะที่มีน้ำเพียงพอ และมีการให้ความร้อน สตาร์ชเกิดการเจลาทิไนเซชั่น สตาร์ช กล้วยดิบมีขนาดใหญ่กว่าเกิดการพองตัวจึงทำให้มีความหนืดมากกว่าสตาร์ชข้าว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yadav *et al.* (2016) นอกจากนี้องค์ประกอบของแป้งกล้วยนั้นประกอบเส้นใยทั้งหมด (Total dietary fiber) จำนวนร้อยละ 56024 ของน้ำหนัก และมีสตาร์ชทนย่อยเป็นองค์ประกอบมากถึงร้อยละ 48.99 ของน้ำหนัก (Menezes *et al*., (2011) ซึ่งสตาร์ช ทนย่อยเป็นเส้นใยที่ละลายน้ำได้ (Soluble dietary fiber) เมื่อเส้นใยอาหารชนิดนี้ละลายน้ำแล้วดูดซับน้ำไว้จึงทำให้มีความหนืดสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความหนืดคืนตัว (Setback) ของแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบนั้นมีสูงกว่าแป้งข้าวเพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจเกิดเป็นผลจากปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำได้และปริมาณแอมิโลสของวัตถุดิบ จากการทดลองนี้ได้การวิเคราะห์พบว่าแป้งกล้วยดิบนั้นมีค่าแอมิโลสสูงถึงร้อยละ 37.92 ± 0.01 ของน้ำหนัก ในขณะที่แป้งข้าวนั้นมีค่ามีปริมาณแอมิโลสเท่ากับ 30.85 ±0.01 ของน้ำหนัก เมื่อการผสมแป้งกล้วยดิบปริมาณเพิ่มขึ้นจึงทำให้ปริมาณอมิโลสของแป้งผสมนั้นมีค่าสูงมากขึ้น เมื่อแป้งผสมของแป้งกล้วยดิบและแป้งข้าวผ่านกระบวนการเจลาทิไนเซชั่นแล้ว แอมิโลสหลุดออกจากเม็ดสตาร์ชมาจับเรียงตัวกันใหม่หรือเรียกว่าปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดรีโทรเกรเดชั่น (Retrogradation) ซึ่งการจัดเรียงกันของแอมิโลสนี้ส่งผลทำให้เจลของสตาร์ชนั้นมีความแข็งแรง ความยืดหยุ่น และไม่เปราะ ซึ่งในอุตสาหกรรมอาหารเส้นโดยเฉพาะเส้นก๋วยเตี๋ยวนั้นต้องการแป้งที่มีค่าความหนืดคืนตัวที่สูง (Likitcholatarn *et al*., 2018) ดังนั้นการผสมแป้งกล้วยดิบในแป้งข้าวทำให้ค่าคืนตัวสูงขึ้นซึ่งอาจมีผลดีต่อคุณภาพของแผ่นแป้งแหนมเนือง

ผลของการวิเคราะห์ค่าสีของแผ่นแหนมเนืองพบว่า แผ่นแป้งแหนมเนืองมีค่าความสว่าง (L*) ลดลงเมื่อร้อยละการเติมแป้งกล้วยดิบเพิ่มขึ้นตามลำดับ ในขณะเดียวกันการเติมแป้งกล้วยดิบเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น การเติมแป้งกล้วยดิบส่งผลทำให้แผ่นแหนมเนืองมีสีคล้ำอาจเกิดสีของแป้งกล้วยดิบมีสีคล้ำ (ค่า L* เท่ากับ 83.90± 0.10, a* เท่ากับ 1.21± 0.02 และ b* เท่ากับ 12.60 ± 0.16) กว่าแป้งข้าว (ค่า L* เท่ากับ 94.01± 0.15, a* เท่ากับ 0.23± 0.05 และ b* เท่ากับ 2.06 ± 0.13) ซึ่งสีของแป้งกล้วยดิบที่คล้ำกว่านั้นอาจเกิดจากเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase) เกิดปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิกทำให้เกิดสีน้ำตาลได้ (Kabari *et al*., 2020)ดังนั้นร้อยละการเติมแป้งกล้วยดิบลงไปเพิ่มขึ้นมีผลทำให้แผ่นแป้งแหนมเนืองมีสีเหลืองคล้ำมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยการเติมแป้งกล้วยดิบในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวซึ่งพบว่า การเติมแป้งกล้วยดิบในร้อยละ 20-100 ของน้ำหนักนั้นส่งผลทำให้ค่าความเป็น สีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความสว่าง (L*) นั้นมีค่าลดลง (TIboonbun *et al*., 2011)

ปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระของอาหารแห้งนั้นมีความสำคัญ จากการทดลองพบว่าการทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบนั้นส่งผลทำให้แผ่นแหนมเนืองมีผลทำให้มีค่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ho *et al*. (2013) ที่พบว่าการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังมีผลทำให้โดของขนมปังมีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากในแป้งกล้วยมีเส้นใย (Dietary fiber) ที่มีส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic chain) ซึ่งมีหมู่ของไฮดรอกซิล (OH) มากกว่าแป้งสาลีจึงทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 41.00 เป็นร้อยละ 43.60 ของน้ำหนัก (ทดแทนแป้งกล้วยร้อยละ 10 ของน้ำหนัก) แต่อย่างไรก็ตามแผ่นแป้งแหนมเนืองจากแป้งข้าวและแป้ง

ข้าวผสมแป้งกล้วยดิบนั้นมีค่าปริมาณความชื้นที่ต่ำ และมีค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.38-0.42 ซึ่งมีความปลอดภัยสำหรับอาหารแห้งเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์นั้นถูกยับยั้งที่ค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.6 (Belitz & Grosch, 1999) จึงทำให้สามารถเก็บแผ่นแป้งแหนมเนืองได้เป็นระยะเวลานาน

ผลการวิเคราะห์ค่าทางเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่าการทดแทนแป้งกล้วยดิบในแผ่นแหนมเนืองแป้งข้าวนั้นทำให้ค่าแรงต้านการดึงขาดของแผ่นแป้งแหนมเนืองเพิ่มสูงขึ้นเป็นผลมาจากแผ่นแป้งแหนมเนืองที่มีการเติมแป้งกล้วยดิบนั้นมีค่าการคืนตัวของแป้ง (Setback) เพิ่มขึ้น จากภาพที่ 1 ซึ่งเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ของแอมิโลสหลังการเกิดเจลาติไนเซชั่น เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าเกิดรีโทเกรเดชั่น (Retrogradation) จึงทำให้โครงสร้างของแผ่นแหนมเนืองที่ผสมแป้งกล้วยดิบมีความแข็งแรงและมีความสามารถในการต้านแรงดึงขาดได้สูงกว่าแผ่นแหนมเนืองแป้งข้าว ซึ่งงานวิจัยนี้ได้สอดคล้องกับ Tiboonbun *et al*. (2011) ที่ได้ใช้แป้งกล้วยดิบทดแทนแป้งข้าวในเส้นก๋วยเตี๋ยวแล้วพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวที่ไม่มีแป้งกล้วยดิบมีค่าแรงต้านการดึงขาดที่ 88.96 กรัม เมื่อทดแทนแป้งกล้วยดิบที่ร้อยละ 80 ของน้ำหนักนั้นส่งผลทำให้ค่าแรงต้านการดึงขาดเพิ่มขึ้น 129.03 นิวตัน ส่วนค่าความเหนียวติดพื้นผิวของแผ่นแป้งแหนมเนืองที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกล้วยดิบเพิ่มขึ้นนั้นอาจเกิดจากแป้งกล้วยดิบนั้นสามารถอุ้มน้ำได้มากกว่าแป้งข้าว เนื่องจากแป้งกล้วยดิบนั้นมีเส้นใยที่ละลายน้ำได้จำนวนมาก (Menezes *et al*. (2011)จึงทำให้ผิวหน้าของแผ่นแหนมเนืองที่ผสมแป้งกล้วยมีค่าความเหนียวติดหัววัดมากกว่าแผ่นแหนมเนืองจากแป้งข้าว ซึ่งงานวิจัยนี้สอดคล้องกับ Agama-Acevedo *et al*. (2009) ที่ทำการเติมแป้งกล้วยดิบร้อยละ 45 ในเส้นสปาเกตตีจากแป้งสาลีพบว่าค่าความเหนียวติดหัววัดเพิ่มขึ้นจาก 1.25 ไปเป็น 1.62 กรัม.เซนติเมตร

ผลของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (วิธี DPPH) และปริมาณสตาร์ชทนย่อยของแผ่นแป้งแหนมเนือง พบว่าการทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบในแผ่นแหนมเนืองพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสตาร์ชทนย่อยสูงขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) เนื่องจากแป้งกล้วยดิบนั้นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aquino *et al*. (2016) นั้นพบว่าแป้งกล้วยดิบนั้นมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงถึงร้อยละ 23.15-33.28 mg GAE/g จึงส่งผลทำให้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suyalek *et al*. (2020) ซึ่งสารประกอบ ฟีนอลิกที่พบในกล้วยนั้นประกอบด้วย กรดแกลลิค คาเทชิน อิพิคาเทชิน แอนโทไซยานิน และสารประกอบอนุพันธ์ของฟลาโวนอยด์ (Bennet *et al*., 2010) ในขณะที่ปริมาณสตาร์ชทนย่อยของแผ่นแหนมเนืองที่มีการทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบนั้นพบว่ามีปริมาณสตาร์ชที่สูงขึ้น เนื่องจากแป้งกล้วยดิบนั้นมีปริมาณสตาร์ชทนย่อยที่สูง เมื่อนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของแผ่นแหนมเนืองก็ทำให้มีปริมาณสตาร์ชทนย่อยที่สูงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Moongngarm *et al*. (2014) พบว่าการนำแป้งกล้วยดิบมาใช้เป็นส่วนผสมของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ระดับร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ของน้ำหนักแป้งนั้นส่งผลให้มีปริมาณสตาร์ชทนย่อยเป็น 4.21, 7.33, 9.19, 12.83, 15.45 และ 18.64 ของน้ำหนักเส้นก๋วยเตี๋ยวตามลำดับ

จากการศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบของผลิตภัณฑ์แผ่นแหนมเนืองจากแป้งข้าวและแป้งข้าวผสมแป้งกล้วยดิบ พบว่าการใช้แป้งกล้วยดิบในแผ่นแป้งแหนมเนืองร้อยละ 20 ถึง 30 ของน้ำหนักนั้นมีค่าความชอบทางลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่าแหนมเนืองจากแป้งข้าว โดยเฉพาะแผ่นแป้งแหนมเนืองผสมแป้งกล้วยดิบที่ร้อยละ 30 ของน้ำหนัก มีค่าความชอบในระดับคะแนนความชอบปานกลาง (7.55-7.70) ดังตารางที่ 2 แต่ถ้าเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยดิบในแผ่นแป้งแหนมเนืองสูงถึงร้อยละ 40 ของน้ำหนัก

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบต่ำกว่าแผ่นแป้งแหนมเนืองแป้งข้าวทุกคุณลักษณะที่ทดสอบชิมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจากสีของแผ่นแป้งแหนมเนืองมีสีเหลืองคล้ำ กลิ่นและรสชาติออกฝาด ซึ่งเป็นรสชาติของแป้งกล้วยดิบ ส่วนการใช้แป้งกล้วยดิบในระดับร้อยละ 20-30 ของน้ำหนักนั้นสามารถช่วยทำให้แผ่นแป้งแหนมเนืองมีความยืดหยุ่นมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการวัดค่าเนื้อสัมผัสของแผ่นแหนมเนืองที่ผสมแป้งกล้วยดิบนั้นมีค่าแรงต้านการดึงขาดหรือมีความยืดหยุ่นมากกว่าแหนมเนืองแป้งข้าวเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้การทดแทนแป้งกล้วยดิบในแผ่นแหนมเนืองนั้นมีผลทำให้กลิ่นแป้งหมักที่น้อยลง จึงส่งผลให้มีคะแนนความชอบมีค่าสูงขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Agama-Acevedo *et al*. (2009) พบว่า การทดแทนแป้งกล้วยดิบในผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ระดับร้อยละ 30-45 ของน้ำหนักทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งสาลี

สรุปผลการวิจัย

การปรับปรุงคุณภาพแผ่นแหนมเนืองโดยการทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบ พบว่าการทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบ การทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบสามารถปรับปรุงคุณลักษณะของแผ่นแหนมเนืองได้ โดยปริมาณที่เหมาะที่ทดแทนได้เท่ากับร้อยละ 30 ของน้ำหนัก ซึ่งส่งผลทำให้ค่าความหนืดคืนตัวของแป้งสูงเพิ่มขึ้น แผ่นแหนมเนืองมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ร้อยละของการยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และปริมาณสตาร์ชทนย่อยเพิ่มขึ้น และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าเมื่อทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบในแป้งข้าวร้อยละ 30 ของน้ำหนัก ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารอ้างอิง

Agama-Acevedo, E., Isla-Hernandez, J. J., Osorio-Diaz, P., Rendon-Villalobos, R., Utrilla-Coello, G., Angulo, O. & Bello-Perez, L. A. (2009). Pasta with unripe banana flour: physical, texture, and preference study. *Journal of Food Science, 74*(6), 263-267.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analytical Chemists. Association of Official Analytical Chemists, Arlington.

Aquino, C. F., Salomao, L. C. C., Ribeiro, S. M. R., Siqueira, D. L. D. & Cecon, P. R. (2016). Carbohydrates, phenolic compounds and antioxidant activity in pulp and peel of 15 banana cultivars. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *38*(4), 1-11.

Belitz, H. D. & Grosch, W. (1999). *Food Chemistry*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.

Bennett, R. N., Shiga, T. M., Hassinotto, N. M. A., Rosa, E. A. S., Lajolo, F. M. & Cordenunsi, B. R. (2010). Phenolics and antioxidant properties of fruit pulp and cell wall fractions of postharvest banana (*Musa acuminate* Juss.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *58*, 7991-8003.

Chayapham, O., Puttanlek, C., Uttapap, D. & Rungsardthong, V. (2008). Improvement of rice paper quality by mixing rice flour with canna starch. *KMUTT Research and Development Journal*, *31*(2), 245-260.

Chen, J. J., Lu. S. & Lii, C. Y. (1999). Effect of milling on the physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. *Cereal Chemistry*, *76*, 796-799.

Detchewa, P., Thongngam, M. & Naivikul, O. (2012). Physicochemical and thermal properties of non-waxy rice flour as affected by waxy rice flour and its influence on textural and cooking properties of rice spaghetti. *IPCBE, 39*, 235-239.

Ho, L., Aziz, N., A. A. & Azahari, B. (2013). Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana *(Musa acuminate X balbisiana* ca. *Awak)* pseudo-stem flour. *Food Chemistry, 139*, 532-539.

Hoover, R., Sailaja, Y. & Sosulski, F. W. (1996). Characterization of starches from wild and long-grain brown rice . *Food Research International*. 29 (2): 99-107.

Kabari, K., Barine, D.& Nnendah, E. (2020). The effect of chemical treatments on the browning prevention of plantain (*Musa papadisiaca*) products. *Journal of Food Stability*, *3*(2), 12-8.

Li, Q., Obadi, M., Qi, Yajing, Liu, S., Jiang, Y., Zhang, Q., Sun, J., Jian, S. & Xu, B. (2020). Softness, elasticity, and smoothness characteristics of cooked udon noodles based on texture analysis. *Journal of Texture Studies, 51*, 444-452.

Li, Z., Guo, L., Lin, L., He, W., Zhang, L., & Wei, C. (2018). Comparison of physicochemical properties of starches from flesh and peel of green banana fruit. *Molecules, 23*, 1-15.

Likitcholatarn, J., Ritthiruangdej, P., Rumpagaporn, P., Lumdubwong, N. & Ratanasumawong, S. (2018). Effect of mixed high amylose rice flour on pasting properties and texture of rice noodles. *Journal of Food Science and Agriculture Technology, 4 (Special Issue)*, 53-58.

Liu, Y-F. Chaiwanishsiri, & Laohasongkram. (2012). Effect of broken rice noodle flour, tapioca starch and cross-linked tapioca starch on quality of composite rice noodle. In *38th Congress on Science and Technology of Thailand*. (pp. 1-7). The Empress Convention Hall, ChiangMai, Thailand.

Menezes, E. W., Tadini, C. C., Tribess, T. B., Zuleta, A., Binaghi, J., Pak, N., Vera, G., Dan, M. C. T., Bertolini, A. C., Cordenusi, B. R., & Lajolo, F. M. (2011). Chemical composition and nutritional value of unripe banana flour (*Musa acuminate*, var. Nanicao). *Plant Foods for Human Nutrition, 66,* 231-237.

Moongngarm, A., Tiboonbun, W., Sapong, M., Sriwong, P, Phiewtong, L., Prakitrum, R. & Huychan, N. (2014). Resistant starch and bioactive contents of unripe banana flour as influenced by harvesting periods and its application. *American Journal of Agricultural and Biological Science, 9*(3), 457- 465.

Nakayoshi, Y., Nakamura, S., Kameo, Y., Shiiba, D., Katusragi, Y. & Ohtsubo, K. (2015). Measurement of resistant starch content in cooked rice and analysis of gelatinization and retrogradation characteristics. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 79*(11), 1860-1866.

Phattra, P. & Maweang, M. (2015). Effects of natural fermentation on the rice slurry properties related to rice paper production. *Journal of Food Science and Agricultural Technology*, *1*(1), 22-25.

Phothiset, S. & Chareoenrein (2007). Morphology and physicochemical changes in rice flour during rice paper production. *Food Research International, 40*, 266-272.

Thai Community Product Standard (2005). *Dried rice noodles*. Retrieved January 8, 2021, from http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps730_48.pdf

Rungrusmee S., Shrestha, S., Sadiq, M. B. & Anal, A. K. (2020). Influence of resistant starch, xanthan gum, inulin and defatted rice bran on the physicochemical, functional and sensory properties of low glycemic gluten-free noodles. *LWT-Food Science and Technology*, *126*, 1-9.

Suyalek, S., Jaturonglumlet, S. Amornlerdpison, D., Narkprasom, N. & Narkprasom, K. (2020). Encapsulation of crude extracts from Banana (*Musa X paradisca*) flowers by spray drying. *Burapha Science Journal*, *25*(2), 448-463.

Thao, N. T. T. & Niwat, C. (2018). Effect of geminated colored rice on bioactive compounds and quality of fresh geminated colored rice noodle. *KMUTNB International Journal of Applied Science and Technology*, *11*, 27-37.

Tiboonbun, W., Sungsir-in, M. and Moongngarm, A. (2011). Effect of replacement of unripe banana flour for rice flour on physical properties and resistant starch content of rice noodle. World Academy of Science, *Engineering and Technology International Journal of Nutrition and Food Technology, 5*(9), 558-561.

Vatanasuchart, N., Niyomwit, B., & Wongkrajang,K. (2009). Resistant starch content and the *in vitro* starch digestibility of Thai starchy foods. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, *43,*178-186.

Yadav, R. B., Kumar, N., & Yadav, B. S. (2016). Characterization of banana, potato, and rice starch blends for their physicochemical and pasting properties. *Cogent Food & Agriculture*, *2*, 1-12.