วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 25 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2563
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 25 (No.2) May – August 2020
บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ตูเลจากแป้งกล้วย

Development of Tuile from Banana Flour

รสพร เจียมจริยธรรม[1*], พรรณภัทร พรหมเพ็ญ[1] และ บงกช บุญบูรพงศ์[2]

Rossaporn Jiamjariyatam[1*], Phannaphat Promphen[1] and Bongkoj Boonburapong[2]

[1]ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[1]Department of Home Economics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

[2]Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

Received : 23 August 2019

Revised : 25 October 2019

Accepted : 30 October 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการอบแห้งแป้งกล้วยและศึกษาผลของแป้งกล้วยต่อคุณภาพทางกายภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ตูเล โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 จากการศึกษาการสกัดแป้งกล้วยพบว่า ผลผลิต ความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแป้งกล้วยเท่ากับร้อยละ 21.39, 12.51-14.39 และ 0.35-0.41 ตามลำดับ จากคุณภาพทางกายภาพพบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ตูเลมีความแข็งและความเปราะมากขึ้น และส่งผลทางด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทำให้ตูเลมีสีคล้ำ รูพรุน สีน้ำตาล จุดสีดำ กลิ่นกล้วย รสฝาด ความกรอบ ความแข็ง ความร่วน ความฝืดคอ และการติดฟันของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากคุณค่าทางโภชนาการพบว่าเมื่อเพิ่มแป้งกล้วยในผลิตภัณฑ์มากขึ้นส่งผลให้ตูเลมีปริมาณแป้งทนย่อยและใยอาหารสูงขึ้นเท่ากับ 10 เท่าและ 5 เท่า ตามลำดับเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ตูเลทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ระดับร้อยละ 50 โดยให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มากที่สุด

คำสำคัญ : แป้งกล้วย, แป้งสาลี, ตูเล, แป้งทนย่อย

*Corresponding author. E-mail : rossaporn@g.swu.ac.th

Abstract

The purpose of this study was to investigate the process for drying temperature of a banana flour and the effect of banana flour on the physical, chemical, sensory characteristics and the consumer acceptance of tuile product. The banana flour was used at 0, 25, 50, 75 and 100% for substitution of wheat flour. The yield of banana flour, moisture content and water activity were 21.39, 12.51-14.39, 0.35-0.41%, respectively. For physical properties, increasing banana flour increased hardness, fracturability and produced darker color and porosity of tuile product. Also, increased brownness, spotless, banana odor, astringency, crispiness, hardness, crumbliness, throat packing and tooth packing of tuile product significantly ($p \leq 0.05$). For nutritional value, adding banana flour provided more resistant starch and dietary fiber by 10 and 5 times of control product, respectively. For consumer acceptance, tuile product which was used banana flour at 50% received the highest appearances, crispiness, color, odor, flavor, texture and overall acceptance score.

Keywords : banana flour, wheat flour, tuile, resistant starch

บทนำ

กล้วยเป็นพืชที่พบมากในภูมิภาคบริเวณเขตร้อนชื้นและกึ่งเขตร้อน (Bi *et al*., 2017) ซึ่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต วิตามินบี วิตามินซี โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสารต้านอนุมูลอิสระ (Vatanasuchart *et al*., 2012; Campuzano *et al*., 2018) กล้วยดิบมีปริมาณสตาร์ชมากกว่าร้อยละ 60 ของน้ำหนักแห้ง (Zhang *et al*., 2005) ซึ่งสตาร์ชส่วนใหญ่ในกล้วยดิบประกอบด้วยแป้งทนย่อยเป็นองค์ประกอบหลัก (Menezes *et al*., 2011) แป้งทนย่อย (resistance starch) เป็นเม็ดสตาร์ชที่เอนไซม์อัลฟาแอมิเลสในลำไส้เล็กของมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้และเป็นแหล่งอาหารที่ดีของแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ (Englyst *et al*., 1986) แป้งทนย่อยแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 เป็นแป้งทนย่อยที่เม็ดสตาร์ชถูกหุ้มอยู่ภายในผนังเซลล์ ซึ่งเอนไซม์อัลฟาแอมิเลสไม่สามารถย่อยผนังเซลลพืชได้ จึงทำให้เม็ดสตาร์ชไม่ถูกย่อย (Leszczynski, 2004) ชนิดที่ 2 เป็นแป้งทนย่อยที่พบได้มากในมันฝรั่งดิบและกล้วยดิบ (Leszczynski, 2004) เนื่องจากโครงสร้างเม็ดสตาร์ชมีขนาดใหญ่ ทำให้จำกัดพื้นที่ของโครงสร้างที่ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์อัลฟาแอมิเลส (Ring *et al*., 1988) นอกจากนี้ยังพบว่าแป้งมันฝรั่งดิบและแป้งกล้วยดิบมีการจัดเรียงตัวของแอมิโลสและแอมิโลเพกตินอย่างเป็นระเบียบอย่างหนาแน่นเกิดเป็นโครงสร้างผลึก (Quingley *et al*., 1998) โดยกระบวนการย่อยเม็ดสตาร์ชของเอนไซม์อัลฟาแอมิเลสจะเริ่มย่อยบริเวณอสัณฐาน (amorphous) ได้ง่ายกว่าโครงสร้างผลึก จึงทำให้เม็ดสตาร์ชที่พบในแป้งมันฝรั่งและแป้งกล้วยดิบทนต่อการย่อยของเอนไซม์อัลฟาแอมิเลส (Quingley *et al*., 1998) ชนิดที่ 3 เป็นแป้งทนย่อยที่เกิดจากการคืนตัวของเจลแป้งหลังจากกระบวนการเจลลาติไนเซชั่น (gelatinization) (Leszczynski, 2004) โดยความร้อนจะทำลายโครงสร้างผลึกของเม็ดสตาร์ชทำให้มีการจัดเรียงตัวใหม่เป็นโครงสร้างกึ่งผลึกของแอมิโลสกับสารละลาย ทำให้มีคุณสมบัติต้านทานการถูกย่อยโดยเอนไซม์อัลฟาแอมิเลส (Shin *et al*., 2003) ชนิดที่ 4 เป็นแป้งทนย่อยที่ดัดแปรเม็ดสตาร์ชด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น (esterification) ของสารเคมี โดยคุณสมบัติการต้านทานการย่อยเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น (Wolf *et al*.,

1999) แป้งกล้วยดิบสามารถป้องกันโรคท้องผูก โรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคถุงผนังลำไส้อักเสบ และโรคริดสีดวงทวาร (Bi *et al*., 2017; Segundo *et al*., 2017; Sankhon *et al*., 2013) นอกจากนี้ยังสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด (Sankhon *et al*., 2013) กล้วยดิบยังมีปริมาณใยอาหารสูง (Martinez *et al*., 2009) เนื่องจากกล้วยเป็นพืชที่มีผลผลิตมาก ประมาณ1 ใน 5 ของกล้วยที่เก็บเกี่ยวไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ (Zhang *et al*., 2005) จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยดิบ และมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและขนมอบต่างๆจากแป้งกล้วยดิบ ได้แก่ เค้กสปองจ์ (Segundo *et al*., 2017) ขนมปัง (Juarez *et al*., 2006) คุกกี้ (Loza *et al*., 2017) และเส้นพาสต้า (Martinez *et al*., 2009) แป้งกล้วยดิบประกอบด้วยสตาร์ชทั้งหมดร้อยละ 61-76.5 แป้งทนย่อยร้อยละ 17.5 โปรตีนน้อยกว่าร้อยละ 4 ไขมันน้อยกว่าร้อยละ 1 และใยอาหารร้อยละ 6-15.5 (Da *et al*., 2000; Juarez *et al*., 2006) โดยใยอาหารที่พบในแป้งกล้วยดิบ ได้แก่เพคติน (pectin) เซลลูโลส (cellulose) ลิกนิน (lignin) และ เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นองค์ประกอบหลัก (Thebaudin *et al*., 1997) และยังพบน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ประมาณร้อยละ 1.81 (Menezes *et al*., 2011) แป้งกล้วยน้ำว้าดิบมีปริมาณสตาร์ชร้อยละ 81.71±4.7 โปรตีนร้อยละ 0.67 ไขมันร้อยละ 0.25 เถ้าร้อยละ 0.78 อะไมโลสร้อยละ 23.10±2.1 (Chagam *et al*., 2015) การผลิตแป้งกล้วยดิบโดยการอบแห้งนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งมีผลต่ออุณหภูมิเจลาติไนเซชันของแป้งกล้วยดิบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และยังมีผลต่อปริมาณแป้งทนย่อย (Tatiana *et al.,* 2009) ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมอบและขนมขบเคี้ยวเป็นที่นิยมอย่างมากในทุกวัย ตูเลเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทคุกกี้ของชาวฝรั่งเศส ที่มีลักษณะเบาและเป็นแผ่นบางคล้ายกระเบื้องหรือขนมเบื้องของไทย ทำให้รับประทานได้เรื่อยๆ โดยไม่อิ่มเร็ว แต่ตูเลเป็นขนมที่ให้พลังงานสูง โดยมีองค์ประกอบของแป้งสาลี น้ำตาล และเนยในปริมาณสูง ซึ่งการบริโภคอาหารหรือขนมที่มีไขมันสูงจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคคอเลสเตอรอลและโรคหัวใจ นอกจากนี้การที่ตูเลมีน้ำตาลและแป้งในปริมาณสูง ทำให้ร่างกายดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือดได้อย่างรวดเร็ว ทำให้กลายเป็นไขมันที่สะสม และเป็นสาเหตุของโรคอ้วน (Peters, 2003) แต่ในผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งทนย่อยพบว่าจะไปช่วยลดระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด (Raigond *et al*., 2015) งานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดในการเพิ่มมูลค่าให้แก่กล้วยและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์ขนมอบตูเลโดยการใช้แป้งกล้วยดิบซึ่งเป็นแหล่งของแป้งทนย่อยทดแทนแป้งสาลีเพื่อให้ได้ใยอาหารเพิ่มขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือเพื่อศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งแป้งกล้วยและผลของแป้งกล้วยต่อคุณภาพทางกายภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ตูเล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาการอบแห้งแป้งกล้วย

สกัดแป้งกล้วยโดยหั่นกล้วยน้ำว้าดิบที่มีระยะความสุกเท่ากับ 1 แล้วนำไปลวกในน้ำเดือดนาน 45 วินาที จากนั้นนำมาปอกเปลือกแล้วสไลด์เนื้อกล้วยเป็นแผ่นบางๆ ตามแนวขวางของกล้วย โดยมีความหนา 2 มิลลิเมตร (Yangilar, 2015) นำกล้วยที่สไลด์แล้วไปแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 (Adeola & Ohizua, 2018) นาน 1 ชั่วโมง แล้วเรียงกล้วยเป็นชิ้นๆ และนำเข้าเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 และ 6 ชั่วโมงตามลำดับ จากนั้นผึ่งให้เย็นแล้วนำไปปั่นให้ละเอียดและกรองผ่านตะแกรง 80 mesh แป้งกล้วยที่สกัดได้มีผลผลิต

คิดเป็นร้อยละ 21.39±1.56 ของน้ำหนักกล้วยดิบทั้งผล จากนั้นนำแป้งกล้วยที่ได้จากทั้งสองอุณหภูมิมาวัดค่าปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w)

2. การศึกษาอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบและแป้งสาลีต่อคุณภาพของตูเล

สูตรพื้นฐานของตูเลประกอบด้วยแป้งสาลีร้อยละ 100 และ น้ำตาลร้อยละ 62 ปริมาณไข่ขาวร้อยละ 150 เกลือร้อยละ 1.9 และเนยร้อยละ 76.9 โดยตีไข่ขาวและน้ำตาลจนไข่ขาวสีขาวนวลและตั้งยอดอ่อน ใส่แป้งสาลีลงไปตีจนส่วนผสมเข้ากัน ผสมเกลือลงไปในเนยละลายจนเข้ากัน จากนั้นผสมเนยละลายลงไปที่ส่วนผสมไข่ขาวแล้วผสมจนส่วนผสมเข้ากัน นำส่วนผสมใส่พิมพ์ขนมตูเลแล้วปาดให้เรียบและเสมอกัน และนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 8-10 นาที จากนั้นศึกษาอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบต่อแป้งสาลีที่ 5 ระดับ ได้แก่ 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 และ 100:0 โดยใช้ปริมาณไข่ขาว น้ำตาล เกลือ และเนยคงที่ จากนั้นตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตูเลที่ได้ ดังนี้

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

วัดเนื้อสัมผัสของตูเลโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ยี่ห้อ Lloyd instrument รุ่น TA 500 ซึ่งประกอบด้วย Load Cell ขนาด 50 N ใช้หัววัดเป็นหัวกดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร (P2) โดยระยะการกดอยู่ที่ร้อยละ 60 ของความสูงตัวอย่าง โดยวิเคราะห์เป็นความแข็งและความเปราะของตัวอย่าง

2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

กำหนดคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส และคำอธิบายคำศัพท์โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน โดยมีการฝึกฝนเป็นระยะเวลาทั้งหมด 6 ชั่วโมง ซึ่งผู้ทดสอบจะมีการเรียนรู้การใช้คำอธิบายคำศัพท์ในแต่ละคุณลักษณะ การใช้ตัวอย่างอ้างอิงและเทคนิคในการประเมินตัวอย่าง โดยคุณลักษณะที่นำมาใช้ในการทดสอบ คือ สีน้ำตาล (Brownness) จุดสีดำ (black spot) กลิ่นกล้วย (banana odors) รสฝาด (astringency) ความแข็ง (hardness) ความกรอบ (crispness) ความฝืดคอ (throat packing) และการติดฟัน (tooth packing) ทำการวัดความเข้มทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน

2.3 คุณค่าทางโภชนาการ

2.3.1 วิเคราะห์ปริมาณแป้งทนย่อยโดยดัดแปลงจากวิธี AOAC 2002.02 (McCleary *et al*., 2002) วิเคราะห์ปริมาณกลูโคสที่ถูกปลดปล่อยออกมาโดยชุดทดสอบเอนไซม์ (Sigma, P7119) แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร คำนวณปริมาณ แป้งทนย่อยจากสมการแป้งทนย่อย (g/100 gสตาร์ช) = (F/W) x 0.9 x 100
โดย F = ปริมาณกลูโคสที่วิเคราะห์ได้, W = น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (g) และ 0.9 = แฟคเตอร์สำหรับเปลี่ยน free glucose เป็น anhydro-glucose

2.3.2 วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารในผลิตภัณฑ์ตูเลโดยใช้วิธี AOAC 2011.25 (McCleary, 2014) โดยใช้ Glucose และ D-sorbitol เป็นตัวอย่างมาตรฐาน

3. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคโดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยให้คะแนนความชอบด้วย 7-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมาก, 2 = ไม่ชอบปานกลาง, 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 4 = ชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ, 5 = ชอบเล็กน้อย, 6 = ชอบปานกลาง และ 7 = ชอบมาก) ผู้ทดสอบทำการทดสอบความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตูเล จากแป้งกล้วยดิบในด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม

4. วิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. คุณภาพทางกายภาพของแป้งกล้วย

1.1 การศึกษาปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแป้งกล้วย

จากการศึกษาค่าปริมาณน้ำอิสระของแป้งกล้วยดิบอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง และ 80 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง พบว่ามีค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.41±0.38 และ 0.35±0.28 ตามลำดับ โดยค่าปริมาณน้ำอิสระของแป้งกล้วยดิบอบแห้งที่อุณหภูมิทั้งสองมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

1.2 ศึกษาปริมาณความชื้นของแป้งกล้วย

จากการศึกษาปริมาณความชื้นของแป้งกล้วยดิบอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 14.39 และ 12.51 ตามลำดับ โดยปริมาณความชื้นของแป้งกล้วยดิบอบแห้งที่อุณหภูมิทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณความชื้นของแป้งกล้วยอบแห้ง

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น (%)
70	8	14.39^{a}±0.56
80	6	12.51^{b}±0.25

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-b) ที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ผลการทดลองรายงานข้อมูลในรูปค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

2. การศึกษาอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบและแป้งสาลีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตูเล

2.1 การศึกษาผลของแป้งกล้วยต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ตูเล

จากการศึกษาอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบต่อแป้งสาลีทั้ง 5 ระดับ ได้แก่ 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 และ 100:0 ตามลำดับ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยดิบส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ตูเลมีสีคล้ำมากขึ้นแต่รูพรุนลดลง ดังแสดงในภาพที่ 1 ทางด้านความแข็งและความเปราะของผลิตภัณฑ์ตูเล พบว่าเมื่อปริมาณแป้งกล้วยดิบเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ความแข็งและความเปราะของตูเลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ภาพที่ 1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ตูเลจากแป้งสาลีและแป้งกล้วยดิบในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2 ความแข็งและความเปราะของผลิตภัณฑ์ตูเลจากแป้งกล้วยดิบและแป้งสาลี ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

แป้งกล้วยดิบ : แป้งสาลี	ความแข็ง (g)	ความเปราะ (g)
0 : 100	205.33^{e}±8.91	72.14^{e}±8.72
25 : 75	251.76^{d}±6.53	86.89^{d}±4.52
50 : 50	412.38^{c}±7.65	107.54^{c}±8.19
75 : 25	541.97^{b}±8.15	127.95^{b}±10.17
100 : 0	725.46^{a}±9.95	146.87^{a}±9.11

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-e) ที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองรายงานข้อมูลในรูปค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

2.2 การศึกษาผลของแป้งกล้วยดิบต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ตูเล

จากการศึกษาอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบต่อแป้งสาลีทั้ง 5 ระดับ ได้แก่ 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 และ 100:0 ตามลำดับ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยดิบส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ตูเลมีปริมาณแป้งทนย่อยและใยอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

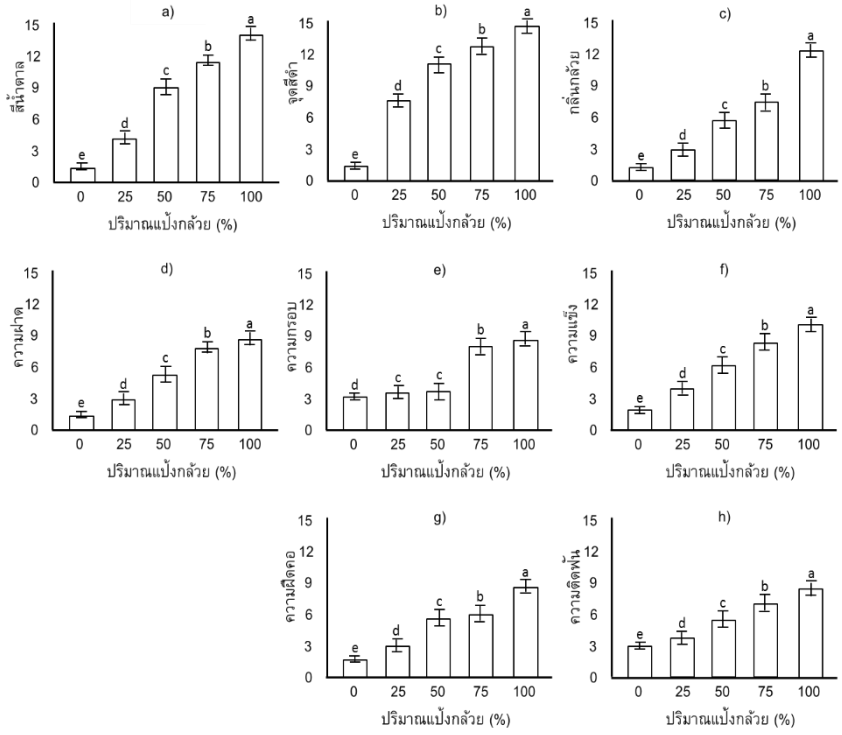
ตารางที่ 3 ปริมาณแป้งทนย่อยและใยอาหารของผลิตภัณฑ์ตูเลจากแป้งกล้วยดิบและแป้งสาลีในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

แป้งกล้วยดิบ : แป้งสาลี	แป้งทนย่อย (%)	ใยอาหาร (%)
0 : 100	1.98^{e}±0.21	1.01^{e}±0.11
25 : 75	6.42^{d}±0.45	1.76^{d}±0.79
50 : 50	8.73^{c}±1.94	2.58^{c}±0.29
75 : 25	10.76^{b}±2.59	4.79^{b}±0.12
100 : 0	15.42^{a}±3.57	6.01^{a}±0.54

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-e) ที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองรายงานข้อมูล
ในรูปค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

2.3 การศึกษาผลของแป้งกล้วยต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตูเล

จากการศึกษาอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบต่อแป้งสาลีทั้ง 5 ระดับ ได้แก่ 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 และ 100:0 ตามลำดับ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยดิบส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ตูเลมีสีน้ำตาล จุดสีดำ กลิ่นกล้วย ความฝาด ความกรอบ ความแข็ง ความฝืดคอ และความติดฟัน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 2 อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของแป้งกล้วยดิบส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ตูเลมีรสหวานที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยตูเลมีระดับความหวานอยู่เท่ากับ 11.5±0.1



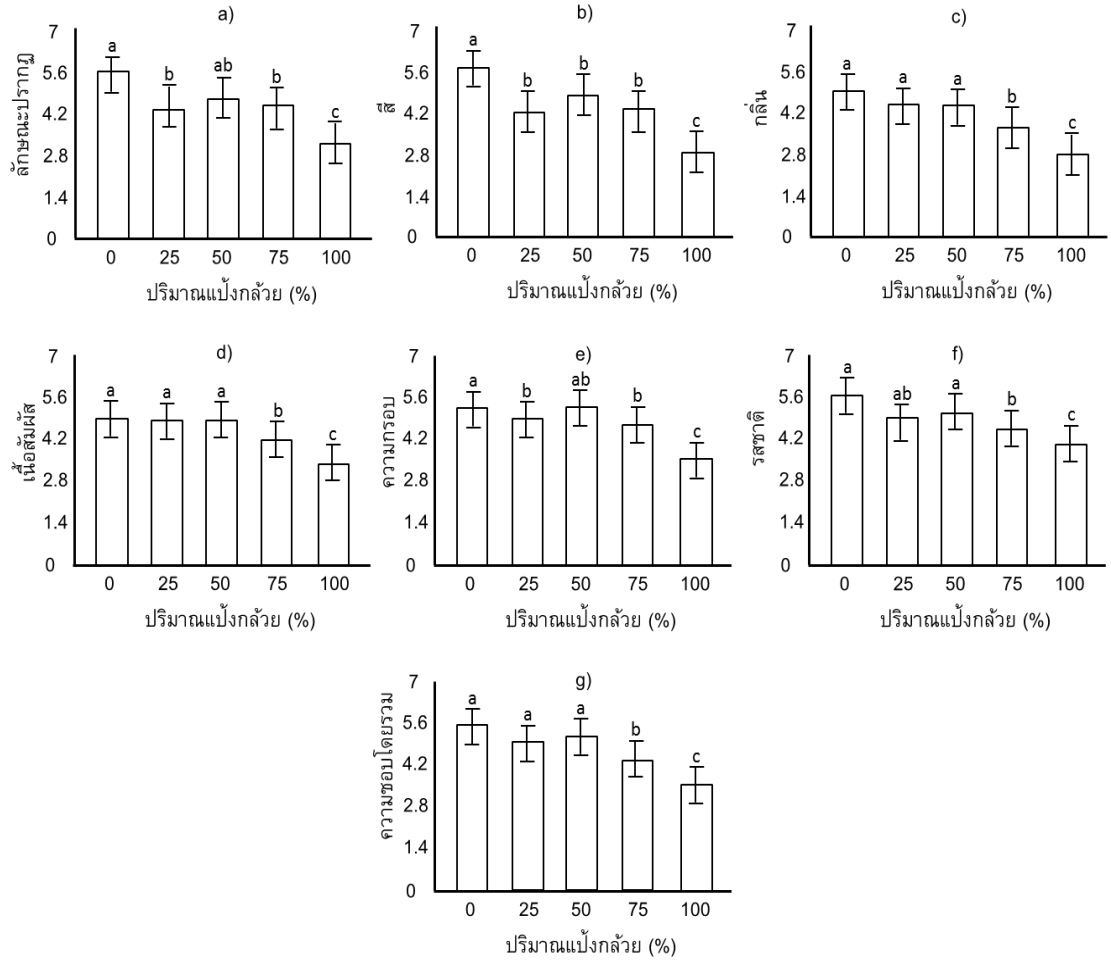
ภาพที่ 2 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตูเล

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-e) หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการเปรียบเทียบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตูเลจากผู้บริโภค พบว่า ผลิตภัณฑ์ตูเลที่มีอัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยดิบเท่ากับ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบให้

คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมในผลิตภัณฑ์ตูเลที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยดิบเท่ากับ 50:50 สูงที่สุดโดยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ (4.2) และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมในผลิตภัณฑ์ตูเลที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยดิบเท่ากับ 0:100 น้อยที่สุดโดยอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อย (2.8) ส่วนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ตูเลที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยดิบเท่ากับ 25:75 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ (4.2) ซึ่งการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบทำให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 3 จากการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตูเลจากแป้งกล้วยดิบในสูตรที่ใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยดิบเท่ากับ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 พบว่า การเพิ่มปริมาณของแป้งกล้วยดิบในผลิตภัณฑ์ตูเลส่งผลต่อความเข้มในด้านค่าสีน้ำตาล จุดสีดำ กลิ่นกล้วย ความฝาด ความกรอบ ความแข็ง ความฝืดคอ และความติดฟัน โดยเมื่อปริมาณแป้งกล้วยดิบมากขึ้นพบว่าคะแนนผลิตภัณฑ์ตูเลในด้านต่างๆ ลดลง



ภาพที่ 3 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตูเลจากแป้งกล้วย

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-c) ที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. คุณภาพทางกายภาพของแป้งกล้วย

1.1 การศึกษาปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแป้งกล้วย

จากการศึกษาพบว่ามีค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.41±0.38 และ 0.35±0.28 ตามลำดับ โดยค่าปริมาณน้ำอิสระของแป้งกล้วยดิบอบแห้งที่อุณหภูมิทั้งสองมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าปริมาณน้ำอิสระมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.7 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Breene *et al.,* 1988) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.5 จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากจุลินทรีย์ (Beucaht, 1981; Eisa, 2006)

1.2 ศึกษาปริมาณความชื้นของแป้งกล้วย

จากการศึกษาปริมาณความชื้นของแป้งกล้วยดิบอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 14.39 และ 12.51 ตามลำดับ โดยปริมาณความชื้นของแป้งกล้วยดิบอบแห้งที่อุณหภูมิทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ปริมาณความชื้นเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของแป้ง โดยแป้งที่มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 14 จะส่งผลต่อคุณภาพของแป้งตามระยะการเก็บรักษา (Bakare *et al.,* 2017) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Islam *et al.* (2012) ที่พบว่าปริมาณความชื้นของแป้งกล้วยดิบเท่ากับร้อยละ 11.52 โดยปริมาณความชื้นจะขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mclaughlin & Magee (1998) พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระและความชื้นลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการผลิต เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิทำให้โมเลกุลอยู่ในสถานะถูกกระตุ้นมากขึ้น ซึ่งทำให้โมเลกุลแยกห่างกันมากขึ้นจึงมีแรงระหว่างโมเลกุลน้อยลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูดซับน้ำน้อยลงเมื่ออุณหภูมิในกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ได้แป้งกล้วยที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าแป้งกล้วยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานและลดเวลาในการผลิต การเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งจะเพิ่มอัตราการระเหยของน้ำในผลิตภัณฑ์และลดระยะเวลาในการอบแห้ง อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิที่สูง เกินไปจะทำให้คุณค่าทางโภชนาการของแป้งกล้วยลดลง เช่น ปริมาณแป้งทนย่อยลดลง และยังส่งผลต่ออุณหภูมิเจลาติไนเซชันของแป้ง (Tatiana *et al.,* 2009; Islam *et al.,* 2012; Khoozani *et al.,* 2019) ดังนั้นจึงเลือกสภาวะในการอบแห้งแป้งกล้วยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมาใช้ในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2. การศึกษาอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบและแป้งสาลีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตูเล

2.1 การศึกษาผลของแป้งกล้วยต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ตูเล

จากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยดิบส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ตูเลมีสีคล้ำมากขึ้นแต่รูพรุนลดลง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณแป้งกล้วยดิบจะทำให้การขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งอาจเกิดจากแป้งกล้วยดิบมีปริมาณใยอาหารสูงและปริมาณโปรตีนต่ำ ทำให้โครงสร้างกลูเตนไม่แข็งแรง จึงมีการกักเก็บอากาศไว้ในผลิตภัณฑ์น้อยลง (Ayo & Odekunle, 2017) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bakare *et al.* (2017) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณกลูเตนลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วย และ Zuwariah & Aziah (2009) พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังมีสีคล้ำขึ้นเมื่อเพิ่มการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยดิบ เนื่องจากแป้งกล้วยดิบมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงคิดเป็นร้อยละ 79.6 รวมทั้งมีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ได้แก่ แมนโนส อะราบิโนส กลูโคส ไซโลส (Agama *et al.,* 2016) จึงอาจเพิ่มการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Islam *et al.,* 2012;

Loong & Wong 2018) และจากการศึกษาของ Loong & Wong (2018) พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยดิบทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า L*, a* และ b* ลดลง (Saifullah *et al.,* 2009) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Tiboonbun *et al.* (2011) และ Raju & Bawa (2006) พบว่าแป้งกล้วยดิบมีสีคล้ำโดยธรรมชาติเนื่องจากเมื่อแป้งกล้วยดิบสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอล ทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นในแป้งกล้วยดิบ นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มแป้งกล้วยดิบจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีจุดสีดำเพิ่มขึ้นซึ่งอาจเกิดจากขั้นตอนการสไลด์กล้วยเป็นแผ่นบางๆ มีเมล็ดกล้วยปะปนมาด้วยในกระบวนการอบแห้งแป้งกล้วยดิบ (Loong & Wong, 2018) ทางด้านความแข็งและความเปราะของผลิตภัณฑ์ตูเล พบว่าเมื่อปริมาณแป้งกล้วยดิบเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ความแข็งและความเปราะของตูเลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งกล้วยดิบปราศจากกลูเตนและมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแป้งสาลี (Garcia & Pacheco, 2007; Loza *et al.,* 2017) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างกลูเตนที่ไม่แข็งแรง จึงส่งผลต่อการกักเก็บอากาศภายในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและความเปราะเพิ่มขึ้น (Loza *et al.,* 2017) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kulthe *et al.* (2017) พบว่า ความแข็งของผลิตภัณฑ์คุกกี้เพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งลูกเดือยซึ่งปราศจากกลูเตนในปริมาณเพิ่มขึ้น (Ali *et al.,* 2003; Saleh *et al.,* 2013) เนื่องจากแป้งปราศจากกลูเตนมีโปรตีนค่อนข้างน้อย จึงทำให้ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ลดลง โดยโปรตีนและสตาร์ชในแป้งมีความสัมพันธ์ต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น (Hoseney & Rogers, 1994) และเนื่องจากแป้งที่มีปริมาณใยอาหารที่สูงจะแย่งโดแป้งจับกับน้ำ ทำให้ได้โครงสร้างกลูเตนที่ไม่แข็งแรง ส่งผลทำให้กักเก็บอากาศโดยเฉพาะก๊าซได้น้อยลง ผลิตภัณฑ์จึงไม่พองและฟู แต่มีลักษณะแน่น ฟองอากาศน้อย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและความเปราะเพิ่มขึ้น (Agrahar *et al.,* 2015; Watters, 1978; Bram *et al.,* 2008) นอกจากนี้การศึกษาของ Pragati *et al.* (2014) พบว่า แป้งกล้วยดิบมีโครงสร้างความเป็นผลึกของเม็ดสตาร์ชที่สูงทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของแป้งกล้วยดิบลดลง จึงอาจมีผลต่อความฝืดคอและความติดฟันของผลิตภัณฑ์

2.2 การศึกษาผลของแป้งกล้วยดิบต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ตูเล

จากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยดิบส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ตูเลมีปริมาณแป้งทนย่อยและใยอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bhatawale *et al.* (2012) พบว่า ปริมาณแป้งทนย่อยในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามการทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบ โดยการทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยดิบที่ระดับร้อยละ 100 มีปริมาณแป้งทนย่อยมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 13.65 ซึ่งอาจเกิดจากแป้งกล้วยมีปริมาณแป้งทนย่อยสูง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Tiboonbun *et al.* (2011) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยดิบลงไปในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณแป้งทนย่อยมากขึ้น การมีปริมาณแป้งทนย่อยที่มากขึ้นส่งผลทำให้ไปลดค่าดัชนีน้ำตาลในเลือดซึ่งทำให้ผู้บริโภคสามารถควบคุมน้ำหนักโดยช่วยทำให้ระดับไขมันและน้ำตาลในร่างกายลดลง (Raigond *et al*., 2015) ส่วนปริมาณใยอาหารสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bezerra *et al.* (2013) และ Segundo *et al*. (2017) ที่พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยดิบทำให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้และเค้กสปองจ์มีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งกล้วยดิบประกอบด้วยแป้งทนย่อยชนิดที่ 2 เป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 17.5 (Leszczynski, 2004) และประกอบด้วยใยอาหารประมาณร้อยละ 6-15 (Da *et al*., 2000; Juarez *et al*., 2006)

2.3 การศึกษาผลของแป้งกล้วยต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตูเล

จากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยดิบส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ตูเลมีสีน้ำตาล จุดสีดำ กลิ่นกล้วย ความฝาด ความกรอบ ความแข็ง ความฝืดคอ และความติดฟัน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Norhidayah *et al.* (2014) พบว่า การเพิ่มแป้งกล้วยลงในผลิตภัณฑ์คุกกี้ในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำน้อยลง เนื่องจากแป้งกล้วยมีความสามารถในการดูดซับน้ำไว้ที่เม็ดสตาร์ช (Aye & Oyewole, 2011) และใยอาหารที่พบในแป้งกล้วยดิบมีคุณสมบัติละลายน้ำได้มากกว่าแป้งสาลี (Ho *et al.,* 2013) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้มีความแข็งและความกรอบเพิ่มขึ้น (Norhidayah *et al.,* 2014) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sangnark & Noomhom (2004) พบว่าเมื่อเติมส่วนผสมที่มีใยอาหารสูงลงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การศึกษาของ Ajilata *et al.* (2008) พบว่าการเพิ่มขึ้นของแป้งที่มีใยอาหารสูง และเป็นใยอาหารที่ละลายในน้ำจะเกิดการแย่งโมเลกุลแป้งสาลีในการเข้าจับกับโมเลกุลน้ำ ทำให้ลดการเกิดโครงสร้างกลูเตน ซึ่งเป็นผลทำให้โครงสร้างของโดแป้งไม่แข็งแรง (Sudhakar & Maini, 2000; Chaplin, 2003; Dikeman & Fahey, 2006) ทำให้โดของบิสกิตมีความแข็งเพิ่มขึ้น(Gaines, 1990; Labuschagne *et al.,* 1996; Smith, 1972) แป้งกล้วยดิบประกอบไปด้วยใยอาหารร้อยละ 6-16 (Da *et al*., 2000; Juarez *et al*., 2006) และปริมาณโปรตีนต่ำจึงไม่สามารถเกิดเป็นโครงสร้างกลูเตนได้ (Omogie & Oyewole, 2011; Garcia & Pacheco, 2007) เนื่องจากส่วนผสมที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ตูเล คือ แป้งสาลี มีโปรตีนกลูเตนที่สามารถเกิดเป็นร่างแหที่แข็งแรงและสามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้รักษารูปทรงของผลิตภัณฑ์ เมื่อเติมแป้งกล้วยที่มีปริมาณโปรตีนต่ำและใยอาหารสูงเข้าไป ทำให้ลดการเกิดโครงสร้างกลูเตนและใยอาหารจะเข้าไปแทรกในโครงสร้างร่างแหของกลูเตนทำให้เกิดโครงสร้างร่างแหที่ไม่สมบูรณ์ จึงกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยลง มีผลทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีความแน่นและแข็งมากขึ้น (Chen *et al.,* 1988) เนื่องจาก เมื่อเพิ่มการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนและกลูเตนลดลง และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น (Shayma & Alla, 2018) อีกทั้งการศึกษาของ Fleming & Sosulski (1977) และ Jeffers *et al.* (1978) พบว่า เมื่อเพิ่มแป้งถั่วเหลืองซึ่งมีใยอาหารสูงส่งผลให้ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งถั่วเหลืองทำให้โครงสร้างกลูเตนลดลง และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Segundo *et al.* (2017) พบว่า ผลิตภัณฑ์เค้กสปองจ์มีความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนน้ำตาลด้วยแป้งกล้วยดิบเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำตาลที่ลดลงและใยอาหารที่เพิ่มขึ้นจากแป้งกล้วยดิบทำให้การยึดเกาะกันระหว่างโมเลกุลในผลิตภัณฑ์ลดลง ใยอาหารจะขัดขวางการเกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลสตาร์ชและน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์เค้กสปองจ์จากแป้งกล้วยดิบมีปริมาณน้ำอิสระลดลงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แตกได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้นตามปริมาณการใส่แป้งกล้วยดิบ ซึ่งเกิดจากสีน้ำตาลของแป้งกล้วยดิบจากกระบวนการอบแห้ง (Segundo *et al.,* 2017) โดยการศึกษาของ Tiboonbun *et al.* (2011) พบว่า สารประกอบฟีนอลเป็นสาเหตุที่ทำให้แป้งกล้วยมีสีคล้ำ เมื่อกล้วยสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase, PPO) ที่พบในกล้วยทำปฏิกิริยากับสารประกอบโมโนฟีนอล ผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ได้สารประกอบเมลานอยดินส์ซึ่งเป็นสารประกอบที่เป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาล (Raju & Bawa, 2006; Menezes *et al.,* 2011)

3. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการเปรียบเทียบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตูเลจากผู้บริโภค พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมในผลิตภัณฑ์ตูเลที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยดิบเท่ากับ 50:50 สูงที่สุดโดยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ (4.2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tineke & Teltje (2014) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์คุกกี้โรลที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยเท่ากับ 50:50 มากที่สุด โดยในด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์คุกกี้โรลที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยเท่ากับ 50:50 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมในผลิตภัณฑ์ตูเลที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยดิบเท่ากับ 0:100 น้อยที่สุดโดยอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อย (2.8) ส่วนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ตูเลที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยดิบเท่ากับ 25:75 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ (4.2) ซึ่งการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งกล้วยดิบทำให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณแป้งกล้วยดิบมากขึ้นพบว่าคะแนนผลิตภัณฑ์ตูเลในด้านต่างๆ ลดลงเนื่องจากปริมาณแป้งกล้วยดิบส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตูเลทำให้มีสีน้ำตาล จุดสีดำ กลิ่นกล้วย ความฝาด ความกรอบ ความแข็ง ความฝืดคอ และความติดฟัน เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Aye & Odekunle (2011) พบว่า แป้งกล้วยมีผลเชิงลบต่อการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bhatawale *et al.* (2012) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกรอบอินเดียลดลงเมื่อปริมาณแป้งกล้วยเพิ่มขึ้น นอกจากนี้แป้งกล้วยดิบยังมีกลิ่นกล้วยเฉพาะตัว โดยอัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยดิบที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 50:50

สรุปผลการวิจัย

แป้งกล้วยดิบที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 6 และ 8 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.41 และ 0.35 ตามลำดับ โดยค่าปริมาณน้ำอิสระของแป้งกล้วยที่อุณหภูมิทั้งสองมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นของแป้งกล้วยดิบอบแห้งที่อุณหภูมิทั้งสองมีค่าเท่ากับร้อยละ 14.39 และ 12.51 ตามลำดับ จากการศึกษาผลของแป้งกล้วยต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตูเล พบว่าปริมาณแป้งกล้วยส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพ, เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ตูเลมีความแข็งและความเปราะมากขึ้น รวมทั้งมีสีคล้ำมากขึ้น และรูพรุนลดลง นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล จุดสีดำ กลิ่นกล้วย ความฝาด ความกรอบ ความแข็ง ความฝืดคอ และความติดฟัน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนการยอมรับของผู้บริโภคมีคะแนนต่ำลง โดยผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยดิบที่ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงที่สุดได้แก่ 50:50 อยู่ที่ 4.2 ซึ่งเป็นระดับชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ แสดงให้เห็นว่าการใช้แป้งกล้วยดิบทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์นี้ยังไม่เหมาะสมมากนัก อย่างไรก็ตามสามารถใช้ปริมาณแป้งสาลีและแป้งกล้วยดิบในปริมาณดังกล่าวเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร และเบเกอรี่อื่นๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์) ประจำปีงบประมาณ 2562 งานวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาจากกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-463/2561F

เอกสารอ้างอิง

Adeola, A.A., & Ohizua, E.R. (2018). Physical, chemical, and sensory properties of biscuits prepared from flour blends of unripe cooking banana, pigeon pea, a7nd sweet potato. *Food Science & Nutrition, 6*(3), 532-540.

Agama, E.A., Sanudo, J.A.B., Velez, R.R., Gonzalez, G.A.A., & Bello, L.A.P. (2016). Potential of plantain peels flour (*Musa paradisiaca* L.) as a source of dietary fiber and antioxidant compound. *Journal of Food, 14*(1), 117-123.

Agrahar, M.D., Gulati, P., Kotwaliwale, N., & Gupta, C. (2015). Evaluation of nutritional, textural and particle size characteristics of dough and biscuits made from composite flours containing sprouted and malted ingredients. *Journal of Food Science and Technology, 52*(8), 5129-5137.

Ajilata, C.M., Leelavathi, K., & Prasada, R. (2008). Improvement of dietary fibre content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel flour. *Journal of Cereal Science. 48,* 319-326.

Ali, M.A., El Tinay, A.H., & Abdalla, A.H. (2003). Effect of fermentation on the in vitro protein digestibility of pearl millet. *Food Chemistry, 80*(1), 51-54.

Arancon, R.N. (1999). Coconut flour. *Cocoinfo International*, *6,* 8-10.

Aye, O.H.N., & Oyewole, S.R. (2011). Physiochemical properties and food utilization possibilities of Cardaba banana flour and starch. *Annals of Science and Biotechnology, 2*(1), 94-103.

Ayo, O.H.N., & Odekunle, O.Y. (2017). Substituting wheat flour with banana flour: Effects on the quality attributes of doughnut and cookies. *Applied Tropical Aggriculture, 22*(2), 134-137.

Bakare, A.H., Ogunbowale, O.D., Adegunwa, M.O., & Olusanya, J.O. (2017). Effects of pretreatments of banana (*Musa AAA,* Omini) on the composition, rheological properties, and baking quality of its flour and composite blends with wheat flour. *Food Science & Nutrition, 5*(2), 182-196.

Beuchat, L. (1981). Microbial stability as affected by water activity (a_w). *American association of cereal chemists*, *26*, 345-349.

Bezerra, C.V., Amante, E.R., De-Oliveira, D.C., Rodrigues, A.M.C., & Da-Silva, L.H.M. (2013). Green banana (Musa cavendishii) flour obtained in spouted bed- Effect of drying on physic0-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. *Industrial Crops and Products, 41*, 241-219.

Bhatawale, S.P., Mohammad, U.I.A., Mirza, R.S.S., Mohammed, Z.I.M., Siddiqui, A.N., & Mehraj, F.Z.M. (2012). Effect of unripe banana flour incorporation on resistance starch content of rice papad. *Journal of Nutrition and Food Sciences, 2*(5).

Bi, Y., Zhang, Y., Jiang, H., Hong, Y., Gu, Z., Cheng, L., Li, Z., & Li, C. (2017). Molecular structure and digestibility of banana flour and starch. *Food Hydrocolloids, 72*, 219-227.

Bram, P., Edith, W., Hans, G., Kristof, B., & Jan, A.D. (2008). The role of gluten in a sugar-snap cookies system: A model approach based on gluten-starch blends. *Journal of Cereal Science, 48,* 863-869.

Breene, W.M., Taoukis, P.S., & Labuza, T.P. (1988). The role of water activity in foods. *Journal of Cereal Science, 9,* 91-94.

Campuzano, A., Rosell, C.M., & Cornejo, F. (2018). Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening. *Food Chemistry, 256*, 11-17.

Chagam, K.R., Sundaramoorthy, H., & Vidya, P.V. (2015). Morphology, physico-chemical and functional characteristics of starches from different banana cultivars. *Journal of Food Science and Technology, 52*(11).

Chaplin, M.F. (2003). Fibre and water binding. *Proceedings of the Nutrition Society, 62*, 223-227.

Chen, G.X., Zhou, J.W., Liu, Y.L., Lu, X.B., Han, C.X., Zhang, W.Y., Xu, Y.H., & Yan, Y.M. (2016). Biosynthesis and regulation of wheat amylose and amylopectin from proteomic and phosphoproteomic characterization of granule-binding proteins. *Scientific Reports, 6*, 1-15.

Chen, H., Rubenthaler, G.L., & Schanus, E.G. (1988). Effect of apple fibre and cellulose on the physical properties of wheat flour. *Journal of Food Science, 53,* 304-305.

Da, M.R.V., Lajolo, F.M., Ciacco, C., & Cordenunsi, B.R. (2000). Composition and functional properties of banana flour from different varieties. *Starch-Starke, 52*, 63-68.

Daniela, S. (2016). Researches regarding the influence of coconut flour addition on the nutritional value of gluten-free cookies. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, *22*, 292-300.

Dat, L.Q., & Phuong, V.T.H. (2017). Functional properties and influences of coconut flour on texture of dough and cookies. *Vietnam Journal of Science and Technology*, *55*, 100-107.

Dikeman, C.L., & Fahey, G.C. (2006). Viscosity as related to dietary fibre: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 46,* 649-663.

Eisa, H.A. (2006). The Effect of using gluten free flours on the palatability, texture and water activity of white chocolate chip macademia nut cookies. *Food and Nutrition*, 453.

Englyst, H.N., & Cummings, J.H. (1986). Digestion of the carbohydrates of banana (Musa paradisiaca sapientum) in the human small intestine. *The American Journal of Clinical Nutrition, 44*(1), 42-50.

Fleming, S.E., & Sosulski, F.W. (1977). Breadmaking characteristics of four concentrated plant proteins. *Cereal Chemistry, 54,* 1124.

Gaines, C.S. (1990). Influence of chemical and physical modification of soft wheat protein on sugar-snap cookie dough consistency, cookie size and hardness. *Cereal Chemistry, 67,* 73-77.

Garcia, A., & Pacheco, E. (2007). Evaluation of sweet wafer cookies based on arracacha flour (*Arracacia xanthorrisa* B.). *Journal of Faculty Development, 60*(2), 4195-4212.

Gull, A., Prasad, K., & Kumar, P. (2015). Physico-chemical, functional and antioxidant properties of millet flours. *Journal of Agricultural Engineering and Food Technology, 2*(1), 73-75.

Ho, L.H., Noor, A.A.A., & Azahari, B. (2013). Physicochemical 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.

Hoseney, R.C., & Rogers, D.E. (1994). Mechanism of sugar functionality in cookies. In H. Faridi. (Ed.), *The Science of Cookies and Cracker Production*. (pp.203-226). New York.

Islam, M.S., Haque, M.A., & Islam, M.N. (2012). Effects of drying parameters on dehydration of green banana (*Musa sepientum*) and its use in potato (*Solanum tuberosum*) chips formation. *A Scientific Journal of Krishi Foundation, 10*(1), 87-97.

Jeffers, H.C., Rubenthaler, G.L., Finney, P.L., Anderson, P.D., & Bruinsmas, B.L. (1978). Pea: A highly functional fortifier in wheat flour blends. *Bakers Journal digital edition, 52*(6), 36.

Juarez, G.E., Aqama, A.E., Sayago, A.S.G., Rodriquez, A.S.L., & Bello, P.L.A. (2006). Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. *Plant Foods for Human Nutrition, 61*(3), 131-137.

Khoozani, A.A., Bekhit, A.E.D.A., & Birch, J. (2019). Effects of different drying conditions on the starch content, thermal properties and some of the physicochemical parameters of whole green banana flour. *International Journal of Biological Macromolecules, 130*, 938-946.

Kulthe, A.A., Thorat, S.S., & Lande, S.B. (2017). Evaluation of physical and textural properties of cookies prepared from Pearl Millet Flour. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science, 6*(4), 692-701.

Labuschagne, M.T., Coetzee, M.C.B., & VanDeventer, C.S. (1996). Biscuit-making quality prediction using heritability estimation and correlations. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 70,* 25-28.

Leszczynski, W. (2004). Resistance starch- classification, structure, production. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 13*(1), 37-50.

Loong, C.Y.L., & Wong, C.Y.H. (2018). Chinese steamed bread fortified with green banana flour. *Food Research, 2*(4), 320-330.

Loza, A., Quispe, M., Villanueva, J., & Pelaez, P.P. (2017). Development of functional cookies with wheat flour, banana flour *(Musa paradisiaca*), sesame seeds (*Sesamum indicum*) and storage stability. *Scientia Agropecuaria., 8*(4), 315-325.

Martinez, M.O., Ayerdi, S.S., Acevado, E.A., Gorii, I., Luis, A., & Perez, B. (2009). Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. *Food Chemistry, 113*(1), 121-126.

McCleary, B.V., & Monaghan, D.A. (2002). Measurement of resistant starch. *Journal of AOAC International, 85*(3), 665-675.

McCleary, B.V. (2014). Modification to AOAC official methods 2009.01 and 2011.25 to allow for minor overestimation of low molecular weight soluble dietary fiber in samples containing starch. *Journal of AOAC International*, *97*(3), 896-901.

Mclaughlin, C.P., & Magee, T.R. (1998). The determination of sorption isotherm and the isosteric heats of sorption of potatoes. *Journal of Food Engineering, 35,* 267-280.

Menezes, E.W., Tadini, C.C., Tribess, T.B., Zuleta, A., Binaghi, J., Pak, N., Vera, G., Dan, M.C.T., Bertolini, A.C., Cordenunsi, B.R., & Lajolo, F.M. (2011). Chemical composition and nutritional value of unripe banana flour *(Musa acuminate,* var Nanicao). *Plants Foods for Human Nutrition, 66*(3), 231-237.

Norhidayah, M., Noorlaila, A., & Nur, F.I.A. (2014). Textural and sensorial properties of cookies prepared by partial substitution of wheat flour with unripe banana (*Musa* x *paradisiaca var. Tanduk* and *Musa acuminata var. Emas*) flour. *International Food Research Journal, 21*(6), 2133-2139.

Omogie, A.H.N., & Oyewole, S.R. (2011). Physicochemical properties and food utilization possibilities of Cardaba banana flour and starch. *Annals of Science and Biotechnology, 2*(1), 94-103.

Peters, J.C. (2003). Dietary fat and body weight control. *Lipids, 38*(2), 123-127.

Pragati, S., Genitha, I., & Kumar, R. (2014). Comparative study of ripe and unripe banana flour during storage. *Journal of Food Processing & Technology, 5*(11), 1-6.

Quigley, T.A., Kelly, C.T., Doyle, E.M., & Fogarty, W.M. (1998). Patterns of raw starch digestion by the glucoamylase of *Cladosporium gossypiicola* ATCC 38026. *Process Biochemistry, 33*, 677-681.

Raigond, P., Ezekiel, R., & Raigond, B. (2015). Resistant starch in food: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*, 1968-1978.

Raju, P.S., & Bawa, A.S. (2006). Food additives in fruit processing. In Y.H. Hui. (Ed.), *Handbook of Fruits and Fruit Processing*. (pp.158-159). New York.

Rayo, L.M., Carvalho, L.C., Sarda, F.A.H., Dacanal, G.C., Menezes, E.W., & Tadini, C.C. (2015). Production of instant green banana flour (*Musa cavendischii*, var. Nanicao) by a pulsed-fluidized bed agglomeration. *Food Science and Technology*, *63*(1), 461-469.

Ring, S.G., Gee, J.M., Whittam, M., Orford, P., & Johnson, I.T. (1988). Resistant starch: its chemical form in foodstuffs and effect on digestibility in *vitro*. *Food Chemistry, 28,* 97-109.

Saifullah, R., Abbas, F.M.A., Yeoh, S.Y., & Azhar, M.E. (2009). Utilization of green banana flour as a functional ingredient in yellow noodle. *International Food Research Journal, 16,* 373-379.

Saleh, A.S., Zhang, Q., Chen, J., & Shen, Q. (2013). Millet grains: Nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12*(3), 281-295.

Sangnark, A., & Noomhom, A. (2004). Chemical, physical and baking properties of dietary fibre prepared from rice straw. *Food Research International, 37,* 66-74.

Sankhon, A., Amadou, I., & Yao, W.R. (2013). Application of resistant starch in bread: processing, proximate composition and sensory quality of functional bread products from wheat flour and African locust bean (*Parkia biglobosa*) flour. *Agricultural Sciences, 4*(5B), 122-129.

Segundo, C., Roman, L., Gomez, M., & Martinez, M.M. (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.

Segundo, C., Roman, L., Lobo, M., Martinez, M.M., & Gomez, M. (2017). Ripe banana flour as a source of antioxidants in layer and sponge cakes. *Plant Foods for Human Nutrition, 72*(4), 365-371.

Shayma, T.G.A.S., & Alaa, M.S.A.M. (2018). Effect of substitution percentage of banana peels flour in chemical composition, rheological characteristics of wheat flour and the viability of yeast during dough time. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, https://doi.org/ 10.1016/j.jssas.2018.06.005.*

Shin, M., Woo, K., & Seib, P.A. (2003). Hot-water solubilities and water sorptions of resistant starches at 25 ºC. *Cereal Chemistry, 80*, 564-566.

Smith, W.H. (1972). Hard semi-sweet biscuits. In: biscuits, crackers and cookies: technology, production and management. *Applied Science* publishers. (pp. 466-473). London.

Sudha, M.L., & Maini, S.B. (2000). Isolation and characterization of mango peel pectins. *Journal of Food Processing and Preservation, 24,* 209-227.

Tatiana, T., Juan, P.H.U., Guadalupe, M.M., Elizabete, W.M., Bello, L.A.P., & Carmen, C.T. (2009). Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (Musa cavendishii) produced at different drying condition. *Food Science and Technology, 42*(5), 1022-1025.

Thebaudin, J.Y., Lefebrvre, A.C., Harrington, M., & Bourgeois, C.M. (1997). Dietary fibers: Nutritional and technological interest. *Trends in Food Science and Technology, 8*, 41-48.

Tiboonbun, W., Sungsriin, M., & Moongngram, A. (2011). Effect of replacement of unripe banana flour for rice flour on physical properties and resistant starch content of rice noodle. *International Journal of Nutrition and Food Engineering, 5*(9), 558-561.

Tineke, L., & Teltje, K. (2014). Using Goroho banana flour as a substitute in making cookies rolls. *Agriculture and Biology,* 14-16.

Vatanasuchart, N., Niyomwit, B., & Wongkrajang, K. (2012). Resistant starch content, in vitro starch digestibility and physicochemical properties of flour and starch from Thai bananas. *Maejo International Journal of Science and Technology, 6*(2), 259-271.

Watters, K.H. (1978). Cookies baking properties of defatted peanut, soybean and field pea flour. *Cereal Chemistry, 55*(6), 853-863.

Wolf, B.W., Bauer, L.L., & Fahey, G.C. (1999). Effects of chemical modification on in *vitro* rate and extent of food starch digestion: an attempt to discover a slowly digested starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47,* 4178-4183.

Yangilar, F. (2015). Effects of green banana flour on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. *Food Technology & Biotechnology, 53*(3), 315-323.

Zhang, P., Whistler, R.L., Bemiller, J.N., & Hamaker, B.R. (2005). Banana starch: Production, physicochemical properties, and digestibility- a review. *Carbohydrate Polymers, 59*(4), 443-458.

Zuwariah, I., & Aziah, A.A.N. (2009). Physicochemical properties of wheat breads substituted with banana flour and modified banana flour. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science, 37*(1), 33-42.