

การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งมันสำปะหลังในเส้นลอดช่องสิงคโปร์

The Use of Banana Flour Substituted for Tapioca Flour in Singapore Cendol Noodle

ไผ่แดง ขวัญใจ* และ สุวาลี ฟองอินทร์

Paidaeng Khwanchai* and Suwalee Fong-In

Received: 23 February 2021, Revised: 22 April 2021, Accepted: 31 August 2021

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์เส้นลอดช่องสิงคโปร์ โดยทดแทนด้วยแป้งกล้วยในสูตรที่ระดับต่างๆ ได้แก่ ร้อยละ 0 (สูตรตัวอย่างควบคุม) 10 20 30 40 จากนั้นวิเคราะห์ค่าสี พบว่าเส้นลอดช่องสิงคโปร์มีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณการทดแทนแป้งกล้วยในสูตรเพิ่มขึ้น ค่า hue ($^\circ$) อยู่ระหว่าง 43.44-63.18 ซึ่งแสดงสีส้มแดง-สีเหลือง และเส้นลอดช่องที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้า ร้อยละ 40 มีค่า ΔE สูงสุดเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม สำหรับค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง เมื่อทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยในระดับที่สูงขึ้น การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับร้อยละ 10 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับการทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับร้อยละ 20 และการทดแทนที่ทั้งสองระดับนี้ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ดังนั้น จึงเลือกสูตรที่มีการทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับร้อยละ 20 และเมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการกับสูตรตัวอย่างควบคุม พบว่าสูตรดังกล่าวได้รับปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่า เมื่อเทียบกับสูตรตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้ยังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม

คำสำคัญ: แป้งกล้วย, แป้งมันสำปะหลัง, เส้นลอดช่องสิงคโปร์, สมบัติทางกายภาพ

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the use of Num-Wa banana flour to substitute tapioca starch in Singapore Cendol noodles. Banana flour was replaced with formulas at different levels, namely, 0 (control sample formula), 10, 20, 30, 40% w/w. It was found that the lightness value (L^*) decreased as the banana starch content in the formula increased, while redness value (a^*) and yellowness value (b^*) were increased. Hue ($^\circ$) was between 43.44-63.18 (orange red-yellow color) and Singapore Cendol noodles that were substituted with banana flour at 40% had the highest ΔE . The firmness and toughness of the product were reduced when replacing tapioca flour with banana flour at a higher level. For sensory quality evaluation, there was no statistically significant difference ($p>0.05$) between the replacement of 10% and 20% banana flour on overall liking score. Substitutions at levels of 10% and 20% received a higher overall preference score than the control sample. Therefore, the formula with a 20% banana flour substitution was chosen to compare the nutritional values with the control formula. It was found that the protein content increased two times compared to the control sample. Moreover, it also had lower carbohydrate content than the control sample.

Key words: banana flour, tapioca flour, Singapore Cendol noodle, physical properties

บทนำ

กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* Linn. (ABB group) ‘Kluai Nam Wa’) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย เพราะปลูกและดูแลรักษาง่าย สามารถผลิตได้มาก และให้ผลผลิตตลอดปี และจัดว่าเป็นผลไม้ราคาถูก ปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย โดยในบรรดากล้วยทั้งหมด กล้วยน้ำว้าถือเป็นกล้วยที่ให้แคลเซียมสูงสุดและยังอุดมไปด้วยวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 และวิตามินซี นอกจากนี้สารอาหารที่ทำให้กล้วยน้ำว้าพิเศษกว่ากล้วยชนิดอื่นๆ นั่นคือเป็นแหล่งของโปรตีน กรดแอมิโนอาร์จินินและฮิสติดีน (Jaiturong *et al.*, 2020; Ruangsanka and Santhalunai, 2020) การผลิตกล้วยน้ำว้าในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นโดยในปี พ.ศ. 2559 มีพื้นที่การเก็บเกี่ยวผลผลิตกล้วยน้ำว้าเท่ากับ 181,902.34 ไร่ เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ปริมาณ 918,539.97 ตัน ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว 5,049.63

กิโลกรัมต่อไร่ และราคาที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ย 12.98 บาทต่อกิโลกรัม (Subanmanee, 2020) บางฤดูกล้วยน้ำว้าก็ให้ผลผลิตที่มีจำนวนมากและล้นตลาด ผลผลิตที่เกินความต้องการของผู้บริโภคก่อให้เกิดความเสียหายจากการเน่าเสียของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและส่งผลกระทบต่อเกษตรกรโดยตรง ด้วยเหตุนี้ถ้าหากมีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มความหลากหลายให้แก่ผลิตภัณฑ์จากกล้วยน้ำว้าจะสามารถกระตุ้นเศรษฐกิจทางการเกษตรเพื่อส่งออกสร้างรายได้ให้ประเทศมากขึ้น กล้วยน้ำว้ามีสรรพคุณทางยา คือช่วยบรรเทาอาการเจ็บคอ ระบายท้อง ปาก รักษาโรคกระเพาะ ช่วยเพิ่มพลังให้แก่สมอง มีสารต้านอนุมูลอิสระ ลดอาการนอนไม่หลับ ป้องกันมะเร็ง ลดระดับคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ในเลือด เป็นต้น (Vatanasuchart *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2012) นอกจากนี้ยังพบว่าคาร์โบไฮเดรตในกล้วยน้ำว้าดิบประกอบด้วยสตาร์ช

ที่เรียกว่า แป้งทนการย่อย (resistant starch) ซึ่งเป็น
สตาร์ชที่ทนต่อการย่อยของเอนไซม์ ไม่ดูดซึมภายใน
ลำไส้เล็กของมนุษย์ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายเส้นใยอาหาร
(Jaiturong *et al.*, 2020; Falcomer *et al.*, 2019)

การนำกล้วยมาแปรรูปเป็นแป้งเพื่อใช้ทำ
ประโยชน์อื่นๆ หรือทำเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่แล้ว แป้ง
กล้วยยังสามารถเก็บรักษาได้นาน แป้งกล้วยเป็น
วัตถุดิบที่มีคุณค่าในทางอุตสาหกรรมอาหาร Fida *et al.* (2020) กล่าวถึงแป้งกล้วยว่ามีคุณค่าทาง
โภชนาการสูง มีปริมาณโปรตีน วิตามินบี วิตามินซี
และเกลือแร่สูงกว่าแป้งหลายชนิด เช่น แป้งมัน
สำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งสาลี เป็นต้น จึงมีการ
ส่งเสริมให้มีการผลิตและนำแป้งกล้วยไปใช้
ประโยชน์หลากหลายมากขึ้น โดยมีหลายงานวิจัยที่มี
การศึกษาการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งที่เป็น
ส่วนผสมหลักในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ได้แก่ ขนมปัง
เค้ก ลูกก็๋ บิสกิต บาวนี่ มัฟฟิน โดนัท เป็นต้น
(Agama-Acevedo *et al.*, 2012; Alvarenga *et al.*,
2018; Chong and Noor Aziah, 2008; Dangsungwal
et al., 2011; Kaur *et al.*, 2017; Loza1 *et al.*, 2017;
Mohamed *et al.*, 2010; Noor Aziah *et al.* 2012;
Seguchi *et al.*, 2014; Subanmanee, 2020) นอกจากนี้
ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาการใช้แป้งกล้วยในผลิตภัณฑ์
อาหารเส้น ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ บะหมี่ พาสต้า
 เป็นต้น (Agama-Acevedo *et al.*, 2009; Ovando-
Martinez *et al.*, 2009; Saifullah *et al.*, 2009; Yu *et al.*, 2020)

ลวดช่องสังคโปร์เป็นขนมหวานที่คนไทย
นิยมรับประทานกันมาช้านาน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำ
จากแป้งมันสำปะหลังหรืออาจผสมกับแป้งชนิดอื่น
เช่น แป้งเท้ายายม่อม ซึ่งองค์ประกอบหลักของแป้ง
มันสำปะหลังจะประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็น
ส่วนใหญ่ (Chumkaew, 2019) ดังนั้น ในการศึกษา
นี้จะศึกษาปริมาณการใช้แป้งกล้วยน้ำว้าที่เหมาะสม

เพื่อทดแทนแป้งมันสำปะหลังบางส่วนในผลิตภัณฑ์
เส้นลวดช่องสังคโปร์ เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทาง
โภชนาการให้แก่เส้นลวดช่องสังคโปร์ นอกจากนี้ ยัง
เป็นการลดต้นทุนการผลิตในด้านวัตถุดิบ และลด
ปัญหาที่จะทำให้ผลผลิตกล้วยน้ำว้าที่ล้นตลาด
กลับมามีราคา ทั้งนี้ยังเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่
ผู้บริโภคในการบริโภคเส้นลวดช่องสังคโปร์อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

กล้วยน้ำว้าดิบ (*Musa sapientum* L.) โดย
กล้วยมีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 110-125 วัน
นับตั้งแต่ออกปลีกล้วย ซื้อมาจากเกษตรกรในท้องถิ่น
อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ส่วนวัตถุดิบอื่นๆ ซื้อมา
จากตลาดสดและห้างสรรพสินค้าในจังหวัดพะเยา

2. การเตรียมแป้งกล้วยน้ำว้า

เตรียมแป้งกล้วยน้ำว้า (banana flour) โดย
คัดแปลงจากกรรมวิธีการผลิตของ Abbas *et al.*
(2013) เริ่มจากนำกล้วยน้ำว้าดิบมาทำความสะอาด
แล้วนำไปนึ่งนาน 10 นาที แล้วทำให้เย็น จากนั้น
ปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นลูกเต๋ารูขนาด 0.3×0.3×0.3
เซนติเมตร แช่วในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบ
ซัลไฟด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 5 นาที
นำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ
60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นทำการ
บดกล้วยแห้งจนละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างอาหาร
แบบ variable speed rotor mill ยี่ห้อ Fritsch รุ่น
Pulverisette 14 ผลิตที่ประเทศเยอรมนี ทำการร่อน
ด้วยตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุแป้งกล้วยน้ำว้า
ในถุงออลูมิเนียมฟอยล์เก็บไว้ในที่แห้งเพื่อใช้ในการ
ผลิตเส้นลวดช่องสังคโปร์

3. กรรมวิธีการผลิตเส้นลวดช่องสังคโปร์

ผลิตเส้นลวดช่องสังคโปร์สูตรดั้งเดิมโดย
คัดแปลงจากกรรมวิธีการผลิตของ Chumkaew

(2019) เริ่มจากนำน้ำเปล่าที่ตวงให้ได้ปริมาตร 70 มิลลิลิตร มาต้มให้เดือด และใส่สีผสมอาหาร (R114AG apple green colour) ลงไป 2 มิลลิลิตร เทน้ำเดือดผสมลงในแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 100 กรัม เคลี่ยให้เข้ากัน แล้วใช้มือวนคให้เข้ากัน ใช้ที่คลึงแป้งคลึงบางๆ หนาประมาณ 1.5 มิลลิเมตร ตัดเป็นเส้นแท่งกว้างประมาณ 0.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 4 เซนติเมตร ต้มน้ำให้ร้อนจนเดือด แล้วนำเส้นแป้งที่เตรียมไว้ลงไปต้มนานประมาณ 1 นาที เมื่อเส้นลอดช่องสุกนำเส้นลอดช่องตักใส่น้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 15 องศาเซลเซียส ซึ่งตัวลอดช่อง

จะมีสีใสเมื่อเวลาสัมผัสกับน้ำเย็น ตักเส้นลอดช่องพักไว้ จะได้เส้นลอดช่องสีคโปร์

4. การศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว้า

ผลิตเส้นลอดช่องสีคโปร์ตามวิธีการในข้อ 3 โดยนำแป้งกล้วยน้ำว้าลงทดแทนแป้งมันสำปะหลังในการผลิตเส้นลอดช่องสีคโปร์ที่ 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ตัวอย่างควบคุม), 10, 20, 30 และ 40 ดังตารางที่ 1 จากนั้นจึงนำเส้นลอดช่องสีคโปร์ที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์คุณภาพและลักษณะทางกายภาพเปรียบเทียบกับเส้นลอดช่องสูตรดั้งเดิม (ตัวอย่างควบคุม)

ตารางที่ 1 ปริมาณการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว้า

ส่วนผสม	สูตรควบคุม	ปริมาณแป้งกล้วยน้ำว้าที่ใช้ทดแทน (กรัม/100 กรัม)			
		10	20	30	40
แป้งมันสำปะหลัง	100	90	80	70	60
แป้งกล้วยน้ำว้า	0	10	20	30	40
น้ำเปล่า	70	70	70	70	70
สีเขียวผสมอาหาร	2	2	2	2	2

5. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

5.1 การวัดค่าสี

วัดค่าสีของเส้นลอดช่องสีคโปร์โดยนำเส้นลอดช่องใส่ลงในหลอดบรรจุตัวอย่าง (cuvette) จนเต็ม นำไปวัดด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab รุ่น ColorQuest XE ผลิตที่ USA ใช้ค่าการส่องแสง (illuminant) D65 และ 10° observer angle โดยค่า L^* คือค่าความสว่างของสี ซึ่งมีค่า 0 - 100 ที่ 0 แสดงถึงสีดำ และ 100 แสดงถึงสีขาว ค่า a^* แสดงถึง สีแดง - สีเขียว ค่า b^* แสดงถึง สีเหลือง - น้ำเงิน นำค่าต่างๆ ที่วัดได้มาคำนวณและรายงานผลในรูปแบบ hue angle (H°) ซึ่งเป็นค่าเฉดสี มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 360 องศา ส่วนค่า chroma เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความอิ่มตัว

ของสี โดยมีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีซีดจาง และมีค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึง วัตถุมีสีเข้ม และค่า ΔE ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างของสี (Pathare *et al.*, 2013) ทำการทดลอง 6 ซ้ำ เมื่อ $\text{hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ โดยที่ a^* และ $b^* > 0$ ส่วน $\text{chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ และ $\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$ เมื่อ $\Delta L^* = L^*(\text{ตัวอย่าง}) - L_0^*$, $\Delta a^* = a^*(\text{ตัวอย่าง}) - a_0^*$ และ $\Delta b^* = b^*(\text{ตัวอย่าง}) - b_0^*$ โดยที่ L_0^* , a_0^* และ b_0^* คือค่าสีของเส้นลอดช่องสีคโปร์ตัวอย่างควบคุม

5.2 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

การทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของเส้นลอดช่องสีคโปร์ ได้แก่ ความเหนียวและความแน่น เนื้อ นำตัวอย่างเส้นลอดช่องสีคโปร์มาจัดเรียงชิด

กันให้ได้ 3 เส้น ให้มีความยาว 10 เซนติเมตร บนแผ่นตัดทดสอบโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT.plus (Stable Microsystems Texture Technologies Inc, UK) ทำการทดสอบในลักษณะของแรงตัดด้วยหัววัดแบบหัวใบมีดตัด (knife and blade) ความเร็วของใบมีด 10.00 mm/s และความเร็วถอยกลับ 2.00 mm/s โดยทำการตัดจนเส้นลอดช่องขาด บันทึกค่าแรงตัดขาดด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Texture exponent 32 อัตราการบันทึก 400 จุดต่อวินาที ค่าความแน่นเนื้อแปรผลจากพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเปลี่ยนรูป (deformation) กับค่าแรงสูงสุด (peak force) ที่กระทำต่อชิ้นทดสอบ ส่วนค่าความเหนียวแปรผลมาจากค่าของแรงสูงสุดที่กระทำต่อชิ้นทดสอบ ทำการทดลอง 6 ซ้ำ

6. การทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุด โดยการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น และการยอมรับโดยรวม ใช้เทคนิควิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9 - point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยให้ผู้ทดสอบชิมในแต่ละคนบันทึกขึ้นของความชอบและความไม่ชอบของตัวอย่างออกมาเป็นคะแนนจากการกำหนดลำดับความชอบเป็น 9 ลำดับ คือ ลำดับที่ 9 ชอบมากที่สุด 8 ชอบมาก 7 ชอบปานกลาง 6 ชอบเล็กน้อย 5 รู้สึกเฉยๆ 4 ไม่ชอบเล็กน้อย 3 ไม่ชอบปานกลาง 2 ไม่ชอบมาก และลำดับที่ 1 ไม่ชอบมากที่สุด

7. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์เส้นลอดช่องสิงคโปร์ที่ได้รับการคัดเลือกเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพร่วมกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส นำมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน

ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (2006) เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เส้นลอดช่องสิงคโปร์สูตรดั้งเดิมกับผลิตภัณฑ์เส้นลอดช่องสิงคโปร์สูตรที่มีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว่าที่ได้รับคุณภาพเหมาะสมที่สุด

8. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ของตัวอย่างทั้งหมด 3 ซ้ำ ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

ภาพที่ 1 แสดงรูปถ่ายของเส้นลอดช่องสิงคโปร์ที่ผลิตโดยการทดแทนแป้งมันสำปะหลังบางส่วนด้วยแป้งกล้วยน้ำว่า จะเห็นได้ว่าเส้นลอดช่องสิงคโปร์ตัวอย่างควบคุม (ร้อยละ 0) มีลักษณะปรากฏเป็นสีเขียวออกใสซึ่งเป็นลักษณะสีโดยทั่วไปของเส้นลอดช่องสิงคโปร์ที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง ในขณะที่เส้นลอดช่องสิงคโปร์ที่มีการทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว่าจะมีคุณลักษณะของสีเปลี่ยนแปลงไป โดยจะมีคุณลักษณะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ยังมีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว่าในปริมาณระดับร้อยละที่เพิ่มขึ้น จะทำให้สีของเส้นลอดช่องเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปริมาณการทดแทนที่ระดับร้อยละ 30 และ 40 จะเห็นได้ว่าสีของเส้นลอดช่องมีลักษณะเป็นสีเหลืองคล้ำจนสูญเสียคุณลักษณะของสี

ของเส้นลวดช่องสิงคโปร์ เนื่องจากแป้งกล้วยน้ำว้าที่นำมาผลิตเส้นลวดช่องมีสีค่อนข้างคล้ำ (สีน้ำตาลอ่อน) ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังมีสีขาวสว่าง ดังนั้นเมื่อมีการใช้แป้งกล้วยน้ำว้ามากขึ้น สีของผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำขึ้น

การทดสอบค่าสีของเส้นลวดช่องสิงคโปร์ที่มีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับแตกต่างกัน พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ตามระดับปริมาณที่เพิ่มขึ้นของแป้งกล้วยน้ำว้าที่ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในสูตรเส้นลวดช่องสิงคโปร์ ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ตามระดับปริมาณแป้งกล้วยน้ำว้าที่ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่มีแป้งกล้วยมากกว่ามีความมืดมากกว่า และมีความเป็นสีแดงและสีเหลืองมากกว่า และเมื่อคำนวณค่า hue angle ($^\circ$) พบว่าเส้นลวดช่องมีค่าอยู่ระหว่าง 43.44-63.18 ซึ่งแสดงค่าสีส้มแดง-สีเหลือง

ส่วนค่า chroma พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับแป้งกล้วยที่ทดแทนแสดงว่าเส้นลวดช่องมีสีเข้มขึ้น (Pathare *et al.*, 2013) และเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เทียบกับสูตรควบคุม พบว่าเส้นลวดช่องที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 10-40 มีค่า ΔE อยู่ระหว่าง 7.33-28.62 โดยเส้นลวดช่องสูตรที่มีระดับการทดแทนร้อยละ 40 มีค่า ΔE สูงสุด การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยทำให้คุณลักษณะโดยทั่วไปของเส้นลวดช่องสิงคโปร์ที่มีลักษณะเส้นที่ใสเปลี่ยนแปลงไป (ภาพที่ 1 และตารางที่ 2) โดยเปลี่ยนเป็นเส้นที่ขุ่นเพิ่มมากขึ้นตามระดับการทดแทน การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ในค่าสีเป็นคุณลักษณะที่เกิดจากสารประกอบฟีนอลที่ออกซิไดซ์ได้ซึ่งมีอยู่มากในกล้วยมีการฟอร์มตัวขึ้นมาในเส้นลวดช่องที่มีการทดแทนด้วยแป้งกล้วย (Chong and Noor Aziah, 2008; Mohamed *et al.*, 2010) ซึ่งสารประกอบเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล



ภาพที่ 1 เส้นลวดช่องสิงคโปร์ที่มีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับแตกต่างกัน; ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับ (1) ร้อยละ 0 (ตัวอย่างสูตรควบคุม), (2) ร้อยละ 10, (3) ร้อยละ 20, (4) ร้อยละ 30 และ (5) ร้อยละ 40

นอกจากนี้ เนื่องจากแป้งกล้วยน้ำว้าแรกเริ่มที่ใช้ในการผลิตเส้นลวดช่องสิงคโปร์มีสีเหลืองนวลไม่ขาว เมื่อเทียบกับแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งอาจเกิด

เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และโปรตีน หรือปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากการกระทำของเอนไซม์ (enzymatic browning)

ในระหว่างกระบวนการผลิตแป้ง (Mohamed *et al.*, 2010) โดยค่าความสว่าง L^* ของแป้งกล้วยน้ำว้าจะอยู่ที่ 88.60-88.88 ส่วนของแป้งสาลีนั้นมีค่าความสว่างอยู่ที่ 89.37-92.97 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแป้งสาลีมีความสว่างกว่าแป้งกล้วยน้ำว้า (Subanmancee, 2020) ดังนั้น

เมื่อใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งมันสำปะหลังในเส้นลอดช่องสิงคโปร์ในระดับที่มากขึ้น จึงทำให้เส้นลอดช่องมีค่าความสว่างลดลงเมื่อเทียบกับเส้นลอดช่องสิงคโปร์สูตรควบคุม

ตารางที่ 2 ค่าสีของเส้นลอดช่องสิงคโปร์ที่มีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับแตกต่างกัน

แป้งกล้วย (g/100g)	ค่าสี					
	L^*	a^*	b^*	hue angle ($^\circ$)	chroma	ΔE
0	55.50±1.48 ^a	8.30±1.13 ^d	7.86±1.09 ^c	43.44±1.06 ^c	11.43±1.05 ^d	-
10	51.44±0.21 ^a	9.86±0.35 ^c	13.76±0.65 ^d	54.37±0.54 ^b	16.93±0.44 ^c	7.33±0.52 ^c
20	46.30±0.58 ^b	11.29±0.12 ^b	19.30±0.45 ^c	59.67±0.28 ^a	22.36±0.29 ^b	10.25±0.39 ^c
30	41.01±0.44 ^c	12.71±0.61 ^a	24.01±0.75 ^b	62.10±0.54 ^a	27.17±0.68 ^a	22.14±0.64 ^b
40	34.65±0.91 ^d	13.53±0.34 ^a	26.74±1.46 ^a	63.18±0.93 ^a	29.99±0.87 ^a	28.62±1.08 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเส้นลอดช่องสิงคโปร์ พบว่าเส้นลอดช่องสิงคโปร์ตัวอย่างสูตรควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด โดยที่เส้นลอดช่องสิงคโปร์ที่มีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าทุกระดับมีค่าความแน่นเนื้อต่ำกว่าเส้นลอดช่องสูตรตัวอย่างควบคุม และเมื่อเปรียบเทียบเส้นลอดช่องในสูตรที่มีการทดแทนแป้งกล้วยด้วยกัน พบว่าความแน่นเนื้อของเส้นลอดช่องมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p > 0.05$) สำหรับค่าความเหนียวของเส้นลอดช่องสิงคโปร์ พบว่าการใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งมันสำปะหลังในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าแรงตัดสูงสุดที่แสดงถึงค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง โดยตัวอย่างควบคุมได้รับค่าความเหนียวสูงสุด ในขณะที่ตัวอย่างเส้นลอดช่องที่มีการทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าทุกสูตรมีค่าความเหนียวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 ค่าเนื้อสัมผัสของเส้นลอดช่องสิงคโปร์ที่มีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับแตกต่างกัน

แป้งกล้วย (g/100g)	เนื้อสัมผัส	
	ความแน่นเนื้อ (N/mm)	ความเหนียว (N)
0	0.25±0.02 ^a	0.040±0.002 ^a
10	0.16±0.02 ^b	0.021±0.005 ^b
20	0.14±0.01 ^{bc}	0.019±0.003 ^b

ตารางที่ 3 (ต่อ)

แป้งกล้วย (g/100g)	เนื้อสัมผัส	
	ความแน่นเนื้อ (N/mm)	ความเหนียว (N)
30	0.12±0.02 ^c	0.017±0.002 ^b
40	0.13±0.01 ^{bc}	0.017±0.004 ^b

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าความแน่นเนื้อเป็นค่าที่แสดงถึงแรงที่ใช้จนเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเจลตัวอย่างในขณะที่มีการตัดของใบมีดในครั้งแรก แสดงถึงความเหนียวของเจลที่ทำการวัด การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าในเส้นลอดช่องสิงคโปร์ ส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลดลง (ตารางที่ 3) โดยค่าความแน่นเนื้อของเจลเส้นลอดช่องมีค่าลดลงจาก 0.25 ถึง 0.13 และค่าความเหนียวลดลงจาก 0.040 ถึง 0.017 เมื่อมีการใช้แป้งกล้วยทดแทนในสูตร จะเห็นได้ว่าแป้งกล้วยส่งผลทำให้เจลแข็งขาดความแน่นเนื้อและความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทั้งนี้การเติมแป้งกล้วยในส่วนผสมทำให้ความเข้มข้นของเจลแข็งเจือจางลงซึ่งเป็นสาเหตุให้ความแน่นเนื้อของเจลลดลง นอกจากนี้เกิดขึ้นเนื่องจากแป้งกล้วยมีความหนืดและคุณสมบัติในการยึดเกาะที่ต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลัง (Saeleaw and Schleining, 2010; Mota *et al.*, 2000) โดย Wang *et al.* (2012) ได้อธิบายว่ากำลังการพองตัวของแป้งกล้วยดิบเมื่อได้รับความร้อนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง ดังนั้นเมื่อทำการผสมแป้งเข้าด้วยกัน เม็ดแป้งกล้วยดิบจึงดูดซับน้ำและเกิดการพองตัวที่ช้ากว่าแป้งมันสำปะหลัง

ทำให้ความหนืดที่จะเกิดเจลเกิดช้ากว่าแป้งมันสำปะหลัง ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังเกิดการดูดซับน้ำและการพองตัวที่เร็วกว่าทำให้เกิดการพองตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า นอกจากนี้แป้งมันสำปะหลังมีความเสถียรของเม็ดแป้งที่พองตัวหลังจากการเกิดเจลาติไนเซชัน (breakdown) สูงกว่าแป้งกล้วยดิบ

2. ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเส้นลอดช่องสิงคโปร์ที่มีการการทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับต่างๆ ให้ผลแสดงดังตารางที่ 4 พบว่าผู้บริโภครับรู้และคะแนนความชอบด้านสีลดลงตามระดับปริมาณแป้งกล้วยน้ำว้าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากการใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งมันสำปะหลังทำให้เส้นลอดช่องเปลี่ยนเป็นสีเหลืองคล้ำ และจะมีความเป็นสีเหลืองคล้ำเพิ่มขึ้นตามระดับปริมาณแป้งกล้วยที่ทดแทนในสูตร ส่งผลทำให้คะแนนความชอบด้านสีของผู้ทดสอบได้รับคะแนนลดลงตามลำดับ อย่างไรก็ตาม คุณภาพด้านกลิ่นพบว่าผู้บริโภครับรู้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในทุกระดับการทดแทน

ตารางที่ 4 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเส้นลวดช่องสิงคโปรที่มีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับแตกต่างกัน

แป้งกล้วยที่ ทดแทน (g/100g)	สี	กลิ่น	ลักษณะ ปรากฏ	เนื้อสัมผัส	ความ ยืดหยุ่น	ความชอบ โดยรวม
0	7.07±1.55 ^a	5.67±1.79 ^a	5.87±1.83 ^{ab}	5.60±1.97 ^{bc}	5.27±2.01 ^b	6.20±1.97 ^{bc}
10	6.97±1.90 ^a	5.90±1.60 ^a	6.53±1.35 ^a	6.30±1.57 ^{ab}	6.47±1.27 ^a	6.93±1.23 ^a
20	6.20±1.51 ^b	5.93±1.68 ^a	6.30±1.31 ^{ab}	6.43±1.38 ^a	6.40±1.30 ^a	6.67±1.34 ^{ab}
30	5.47±1.83 ^{bc}	5.43±1.79 ^a	6.00±1.57 ^{ab}	5.80±1.54 ^{abc}	5.90±1.18 ^{ab}	6.23±0.89 ^{bc}
40	5.13±1.69 ^c	5.53±1.67 ^a	5.73±1.41 ^b	5.57±1.83 ^c	5.70±1.78 ^b	5.73±1.23 ^c

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เส้นลวดช่องสิงคโปรทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ปริมาณร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงสุด รองลงมาคือระดับร้อยละ 10 โดยได้รับคะแนนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งได้รับคะแนนสูงกว่าเส้นลวดช่องสิงคโปรที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับร้อยละ 30 40 และ 0 ทั้งนี้การทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับร้อยละ 30 และ 40 ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญกับตัวอย่างสูตรควบคุม (ร้อยละ 0)

ส่วนความชอบโดยรวม พบว่าเส้นลวดช่องสิงคโปรที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับร้อยละ 10 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสูงสุดคือ 6.93±1.23 คะแนน รองลงมาคือระดับร้อยละ 20 ได้รับคะแนน 6.67±1.34 คะแนน ซึ่งได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าตัวอย่างควบคุม (6.20±1.97 คะแนน) อย่างไรก็ตาม การทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับตัวอย่างที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยที่ระดับร้อยละ 10 นอกจากนี้ยังได้รับคะแนนด้านกลิ่นและลักษณะ

ปรากฏแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญกับตัวอย่างสูตรควบคุม ดังนั้น จึงเลือกเส้นลวดช่องสิงคโปรที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับร้อยละ 20 นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับเส้นลวดช่องสิงคโปรสูตรควบคุม

3. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์โดยการนำเส้นลวดช่องสิงคโปรที่มีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับร้อยละ 20 เปรียบเทียบกับเส้นลวดช่องสิงคโปรสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ จากตารางที่ 5 พบว่าการทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับร้อยละ 20 มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่า คือร้อยละ 0.35±0.02 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสูตรควบคุม (ร้อยละ 0.16±0.01) ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Wang *et al.* (2012) ที่ได้มีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยในขนมแครกเกอร์ ซึ่งพบว่าปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งกล้วยที่ทดแทน นอกจากนี้เส้นลวดช่องสิงคโปรที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับร้อยละ 20 ยังมี

คาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าตัวอย่างสูตรควบคุม($p<0.05$) ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว่าในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะ

ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นมากกว่าตัวอย่างสูตรควบคุม

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นลอดช่องสิงคโปร์สูตรควบคุมและสูตรทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว่าที่ระดับร้อยละ 20

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	สูตรควบคุม	แป้งกล้วย ร้อยละ 20
ความชื้น	70.4±0.185 ^a	71.81±0.63 ^a
เถ้า	0.24±0.04 ^b	0.39±0.00 ^a
โปรตีน	0.16±0.01 ^b	0.35±0.02 ^a
ไขมัน	0.07±0.03 ^a	0.06±0.04 ^a
เส้นใย	14.56±0.33 ^a	14.39±0.19 ^a
คาร์โบไฮเดรต	14.57±1.56 ^a	13.02±0.50 ^b

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว่าที่ระดับร้อยละ 20 ทำให้เส้นลอดช่องสิงคโปร์มีปริมาณ โปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างเส้นลอดช่องสิงคโปร์สูตรควบคุม ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang *et al.* (2012) ที่ศึกษาการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยในขนมขบเคี้ยว ซึ่งเมื่อทดแทนที่ระดับร้อยละ 20 ทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 0.87 กรัม/100 กรัม เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม (0.12 กรัม/100กรัม) โดยทั่วไปแป้งมันสำปะหลังโดยทั่วไปมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.53 ในขณะที่แป้งกล้วยน้ำว่ามีปริมาณโปรตีนสูงกว่าคือร้อยละ 1.88 (Nimsung, 2007) ดังนั้น ปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์เส้นลอดช่องสิงคโปร์ที่มีการทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว่าที่ระดับร้อยละ 20 จึงเป็นผลมาจากปริมาณโปรตีนในแป้งกล้วยน้ำว่าที่มีมากกว่าในแป้งมันสำปะหลังนั่นเอง

สรุป

การศึกษาการใช้แป้งกล้วยน้ำว่าทดแทนแป้งมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันในเส้นลอดช่องสิงคโปร์ โดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสม เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าสีของเส้นลอดช่องสิงคโปร์ พบว่าค่าความสว่าง (L^*) มีค่าลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับร้อยละที่ทดแทน นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าค่า hue angle และ ΔE มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งกล้วยในสูตรเส้นลอดช่องเพิ่มขึ้น สำหรับคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส พบว่าค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงเมื่อทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งกล้วยน้ำว่าในระดับที่เพิ่มขึ้น การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า การทดแทนที่ระดับร้อยละ 10 ได้รับความชอบโดยรวมสูงสุด รองลงมาคือที่ระดับร้อยละ 20 อย่างไรก็ตาม การทดแทนในทั้งสองระดับนี้ได้รับความชอบโดยรวมแตกต่างกัน

อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และให้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างสูตรควบคุม นอกจากนี้การทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับร้อยละ 20 ยังได้รับคะแนนด้านกลิ่นและลักษณะปรากฏที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ดังนั้น การทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับร้อยละ 20 จึงได้รับการคัดเลือกเป็นสูตรที่มีการทดแทนด้วยระดับที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบทางเคมี เพื่อประเมินคุณภาพด้านคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าการทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ระดับร้อยละ 20 มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างสูตรควบคุม และยังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าตัวอย่างสูตรควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ รวมถึงเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abbas, F.M.A., Saifullah, R. and Azhar, M.E. 2013. Assessment of physical properties of ripe banana flour prepared from two varieties: Cavendish and Dream banana. **International Food Research Journal** 16: 183-189.
- Agama-Acevedo, E., Islas-Hernandez, J.J., Osorio-Díaz, P., Rendón-Villalobos, R., Utrilla-Coello, R.G., Angulo, O. and Bello-Pérez, L.A. 2009. Pasta with unripe banana flour: Physical, texture, and preference study. **Journal of Food Science** 74(6): 263-267.
- Agama-Acevedo, E., Islas-Hernández, J.J., Pacheco-Vargas, G., Osorio-Díaz, P. and Bello-Pérez, L.A. 2012. Starch digestibility and glycemic index of cookies partially substituted with unripe banana flour. **LWT - Food Science and Technology** 46(1): 177-82.
- Alvarenga, N., Taipina, M., Raposo, N., Dias, J., Carvalho, M.J., Amara, O., Santos, M.T., Silva, M.M. and Lidon, F.C. 2018. Development of biscuits with green banana flour irradiated by ^{60}Co : preservation in modified atmosphere packaging. **Emirates Journal of Food & Agriculture** 30(6): 496-502.
- AOAC. 2006. **Official Methods of Analysis**. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, U.S.A.
- Chong, L.C. and Noor Aziah, A.A. 2008. Influence of partial substitution of wheat flour with banana (*Musa paradisiaca* var. Awak) flour on the physico-chemical and sensory characteristics of doughnuts. **International Food Research Journal** 15: 119-124.
- Chumkaew, K. 2019. The effects of the amount of black sesame on quality of Singapore Cendol with black sesame seeds in skimmed milk. **Srinakharinwirot Science Journal** 35(1): 75-88. (in Thai)
- Dangsungwal, N., Siri Wong, N. and Riebroy, S. 2011. Use of banana flour substituted for wheat flour in brownie, pp 66-73. *In Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agricultural Extension and Home Economics.*

- Kasetsart University Press, Kasetsart University.
(in Thai)
- Falcomer, A.L., Riquette, R.F.R., Romão de Lima, B., Ginani, V.C. and Zandonadi, R.P. 2019. Health benefits of green banana consumption: A systematic review. **Nutrients** 11(6): 1222.
- Fida, R., Pramafisi, G. and Cahyana, Y. 2020. Application of banana starch and banana flour in various food product: A review. **Earth and Environmental Science** 443: 012057.
- Jaiturong, P., Laosirisathian, N., Sirithunyalug, B., Eitssayeam, S., Sirilun, S., Chaiyana, W., and Sirithunyalug, J. 2020. Physicochemical and prebiotic properties of resistant starch from *Musa sapientum* Linn., ABB group, cv. Kluai Namwa Luang. **Heliyon** 6: e05789.
- Kaur, K., Singh, G. and Singh, N. 2017. Development and evaluation of gluten free muffins utilizing green banana flour. **Bioved Journal** 28(2): 359-365.
- Loza1, A., Quispe, M., Villanueva1, J. and Peláe, 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.
- Mohamed, A., Xu, J. and Singh, M. 2010. Yeast leavened banana - bread: formulation, processing, colour and texture analysis. **Food Chemistry** 118(3): 620-626.
- Mota, R.V., Lajolo, F.M., Ciacco, C. and Cordenunsi, B.R. 2000. Composition and functional properties of banana flour from different varieties. **Starch/Stärke** 52: 63-68.
- Nimsung, P. 2007. Properties of raw banana flour and starch using for food industry. Master Thesis of Science (Food Science), Kasetsart University. (in Thai)
- Noor Aziah, A.A., Ho, L.H., Noor Shazliana, A.A. and Bhat, R. 2012. Quality evaluation of steamed wheat bread substituted with green banana flour. **International Food Research Journal** 19(3): 869-876.
- Ovando-Martinez, M., Sáyago-Ayerdi, S., Agama-Acevedo, E., Goñi, I. and Bello-Pérez, L.A. 2009. Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. **Food Chemistry** 113(1): 121-126.
- Pathare, P.B., Opara, L.U. and Al-Said, F. 2013. Colour measurement and analysis in fresh and processed food: A review. **Food and Bioprocess Technology** 6: 36-60.
- Ruangsaanka, S. and Santhalunai, P. 2020. The most suitable condition for stimulation of Kluai Nam Wa Khieo, *Musa* (ABB Group), ripening with plant leaves. **PSRU Journal of Science and Technology** 5(2): 72-87. (in Thai)
- Saeleaw, M. and Schleining, G. 2010. Effect of blending cassava starch, rice, waxy rice and wheat flour on physico-chemical properties of flour mixtures and mechanical and sound emission properties of cassava crackers. **Journal of Food Engineering** 100: 12-24.
- Saifullah, R., Abbas, F.M.A., Yeoh, S.Y. and Azhar, M.E. 2009. Utilization of green banana flour as a functional ingredient in yellow noodle. **International Food Research Journal** 16: 373-379.

- Seguchi, M., Tabara, A., Iseki, K., Takeuchi, M. and Nakamura, C. 2014. Development of gluten-free bread baked with banana (*Musa* spp.) flour. **Food Science and Technology Research** 20(3): 613-619.
- Subanmanee, N. 2020. Effect of soaking banana in various solutions and application of banana flour in madeleine cake. **Journal of Food Technology** 15(2): 110-121. (in Thai)
- Vatanasuchart, N., Niyomwit, B. and Narasri, W. 2012. Resistant starch, physicochemical and structural properties of bananas from different cultivars with an effect of ripening and processing. **Kasetsart Journal (Natural Science)** 46(3): 461-472.
- Wang, Y., Zhang, M. and Mujumdar, A.S. 2012. Influence of green banana flour substitution for cassava starch on the nutrition, color, texture and sensory quality in two types of snacks. **LWT - Food Science and Technology** 47: 175-182.
- Yu, A.H.M., Phoon, P.Y., Ng, G.C.F. and Henry, C.J. 2020. Physicochemical characteristics of green banana flour and its use in the development of konjac-green banana noodles. **Journal of Food Science** 85(10): 3026-3033.