

สมบัติทางกายภาพและค่าดัชนีไกลซีมิกของแป้งกล้วยดิบ และคุณภาพของพาสต้าจากแป้งกล้วยดิบ

Physical Properties and Glycemic Index of Unripe Banana Flour and Quality of Pasta from Unripe Banana Flour

นาฏยา อริยสุขโหมิต * และ อโนชา สุขสมบุญ

Nartaya Ariyasukkosit * and Anocha Suksomboon

Received: 24 February 2022, Revised: 24 August 2022, Accepted: 26 August 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของสายพันธุ์กล้วย (กล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม) และการเตรียมแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยและจากกล้วยทั้งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีฟิสิกส์ และค่าดัชนีไกลซีมิก (glycemic index, GI) ของแป้งกล้วยดิบ รวมทั้งคุณภาพของพาสต้า ค่า GI และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของพาสต้าแป้งกล้วยดิบ จากการวิเคราะห์ค่าสี พบว่า แป้งกล้วยดิบจากกล้วยหอม (HW และ HP) มีสีน้ำตาลเข้ม (ค่า L^* ต่ำกว่า ค่า a^* และ b^* สูงกว่า) กว่าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยน้ำว้า (NW และ NP) โดยแป้งกล้วยดิบจากกล้วยทั้งผล (HW และ NW) มีสีน้ำตาลเข้มกว่าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วย (HP และ NP) จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดของน้ำแป้ง พบว่า แป้งกล้วยดิบจากกล้วยน้ำว้า (NW และ NP) มี pasting temperature และ final viscosity สูงกว่าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยหอม (HW และ HP) และจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีการละลายน้ำ พบว่า HW ละลายน้ำได้มากกว่า NW (9.24 และ 7.32 g/g ตามลำดับ) ในส่วนของค่าดัชนีการดูดซับน้ำ พบว่า แป้งกล้วยดิบจากกล้วยหอม (HW 3.22 และ HP 2.83 g/g ตามลำดับ) ดูดซับน้ำได้มากกว่าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยน้ำว้า (NW 3.00 และ NP 2.79 g/g ตามลำดับ) และแป้งกล้วยดิบจากกล้วยทั้งผล (HW และ NW) ดูดซับน้ำได้มากกว่าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วย (HP และ NP) ในส่วนของผลการวิเคราะห์ค่า GI ของแป้งกล้วยดิบ พบว่า แป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด มีค่า GI อยู่ที่ 40.46-45.22 และเมื่อนำแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด มาเตรียมเป็นเส้นพาสต้าและผ่านกระบวนการทำให้สุก (cooked) พบว่า พาสต้าจากแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด มี cooking time ที่แตกต่างกัน (12.30-14.00 นาที) แต่มี cooking loss และ cooking yield ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) เช่นเดียวกับค่า GI โดยมี GI อยู่ที่ 83.81-85.53 และเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า พาสต้าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยหอม (HPP) และพาสต้าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยน้ำว้า (NPP) ได้รับคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบโดยรวมสูงที่สุดและไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) เท่ากับ 6.10 และ 6.13 คะแนน ตามลำดับ ดังนั้นการศึกษานี้พบว่า พาสต้าจากแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด มีคุณภาพของเส้น และ

ค่า GI ไม่แตกต่างกัน แต่พาสต้าที่เตรียมจากแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยได้รับคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบโดยรวมมากกว่าพาสต้าที่เตรียมจากแป้งกล้วยดิบจากกล้วยทั้งผล ดังนั้น แป้งกล้วยดิบที่เตรียมได้จากเนื้อกล้วยน่าจะเป็นวัตถุดิบที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตพาสต้าต่อไปได้

คำสำคัญ: แป้งกล้วยดิบ, ดัชนีไกลซีมิก, พาสต้า, คุณลักษณะหลังต้มสุก

ABSTRACT

The aim of this research was to study the effect of banana cultivars (Kluai Namwa and Kluai Hom) and preparation of pulp unripe banana flour and whole unripe banana flour on the physical, physicochemical properties and glycemic index (GI) of unripe banana flour including quality of pasta, GI and sensory evaluation of unripe banana flour pasta. From the color analysis, it was found that unripe banana flour from Kluai Hom (HW and HP) have darker brown color (Low L^* values, high a^* and b^* values) than those from unripe banana flour from Kluai Namwa (NW and NP), and it was also found that unripe banana flour from the whole banana (HW and NW) were darker brown than unripe banana flour from the pulp (HP and NP). The pasting properties of flour water showed that unripe banana flour from Kluai Namwa (NW and NP) had higher pasting temperature and final viscosity than that of unripe banana flour from Kluai Hom (HW and HP). The water solubility index analysis showed that HW was more soluble than NW (9.24 and 7.32 g/g, respectively). In terms of water absorption index, it was found that unripe banana flour from Kluai Hom (HW 3.22 and HP 2.83 g/g, respectively.) absorbs more water than unripe banana flour from Kluai Namwa (NW 3.00 and NP 2.79 g/g, respectively), and unripe banana flour from the whole banana (HW and NW) absorbs more water than unripe banana flour from the pulp (HP and NP). As for the GI analysis of unripe banana flour, it was found that all 4 types of unripe banana flour had GI values at 40.46-45.22. Pasta was prepared from 4 types of unripe banana flour and cooked, and it was found that the pasta from all 4 types of unripe banana flour had different cooking times (12.30-14.00 minutes). However, the cooking loss and cooking yield was not significantly different ($p \geq 0.05$) as well as the GI value, with a GI of 83.81-85.53. The results from sensory evaluation showed that the unripe banana flour pasta from the pulp of Kluai Hom (HPP) and unripe banana flour pasta from the pulp of Kluai Namwa (NPP) received the highest liking score on appearance, color and overall acceptability, and there was no difference of ($p \geq 0.05$) at 6.10 and 6.13 points, respectively. Therefore, this study found that the pasta from all 4 types of raw banana flour had no difference in pasta quality and GI value. However, pasta prepared from unripe banana flour from banana pulp received higher scores on appearance, color and overall acceptability than pasta prepared from unripe banana flour from whole bananas. As for the results, unripe banana flour prepared from banana pulp should be raw materials that could be used for pasta production.

Key words: unripe banana flour, glycemic index, pasta, cooking properties

บทนำ

กล้วย (*Musa spp.*) เป็นผลไม้ในวงศ์ Musaceae เป็นหนึ่งในผลไม้ที่สำคัญและนิยมบริโภคมากในประเทศไทย และส่วนอื่น ๆ ของโลก โดยเฉพาะในเขตร้อน (Vatanasuchart *et al.*, 2012) เนื่องจากปลูกง่าย ให้ผลผลิตเยอะ และยังเป็นอาหารที่คนต้องการเป็นอันดับที่ 4 รองจากข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพด (Khoozani *et al.*, 2019) กล้วยเป็นผลไม้ที่รับประทานแบบผลสุก และจัดเป็นผลไม้ที่เน่าเสียได้ง่าย จึงทำให้ 10-15% ของกล้วยที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดไม่สามารถขายเป็นกล้วยเชิงพาณิชย์ได้ (Campuzano *et al.*, 2018) การลดปัญหาการเน่าเสียจึงมีความสำคัญต่อเกษตรกรและผู้บริโภค จึงต้องเพิ่มประโยชน์ของกล้วยโดยการนำไปแปรรูปให้อยู่ในรูปของแป้ง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในส่วนผสม หรือผลิตผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ซึ่งสายพันธุ์ของกล้วยในประเทศไทยที่นิยมนำมาทำเป็นแป้ง ได้แก่ กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยหอม และกล้วยเล็บมือนาง (Vatanasuchart *et al.*, 2012) โดยกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมมีผลผลิตต่อปีมากกว่ากล้วยสายพันธุ์อื่นเท่ากับ 918,539 และ 117,427 ตัน/ปี ตามลำดับ (Office of Agricultural Economics Region 1, 2017) มีรายงานว่าแป้งกล้วยดิบมีปริมาณสตาร์ชต้านทานการย่อย (Resistant starch, RS) ชนิดที่ 2 สูง โดย RS คือ สตาร์ชที่ไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์และถูกดูดซึมในลำไส้เล็กของมนุษย์ แต่จะถูกหมักด้วยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ จึงทำให้มีคุณสมบัติเป็น prebiotic ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพของโฮสต์ โดยไปกระตุ้นกิจกรรมของ probiotic ในลำไส้ใหญ่ และจากการศึกษา พบว่า สายพันธุ์กล้วยที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณ RS แตกต่างกัน โดยมีรายงานว่าอัตราการย่อยของแป้งกล้วยจากหลายสายพันธุ์ในประเทศไทยมีค่าแตกต่างกัน และมีปริมาณ RS สูง (52.2-68.1%) (Vatanasuchart *et al.*, 2012) นอกจาก RS แล้ว กล้วย

ยังเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีหลายชนิด เช่น แคโรทีนอยด์ โดยมีรายงานว่าสายพันธุ์กล้วยที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีปริมาณแคโรทีนอยด์แตกต่างกันด้วย โดยในเปลือกกล้วยจะมีปริมาณแคโรทีนอยด์ (carotenoid) มากกว่าเนื้อกล้วยในบางสายพันธุ์ (Pereira and Maraschin, 2015) และเนื่องจากกล้วยเป็นแหล่งของ RS และยังมีสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ จึงมีการนำแป้งกล้วยมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารหลายชนิด เช่น การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าดิบจากเนื้อกล้วยทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์กล้วยเดี่ยว (Tiboonbun, 2012) และใช้แป้งกล้วยหอมทองดิบจากเนื้อกล้วยทดแทนแป้งเซโมลินาในผลิตภัณฑ์พาสต้า (Boonkong *et al.*, 2014) เพื่อเพิ่มปริมาณ RS ในผลิตภัณฑ์อาหาร แต่ยังไม่พบรายงานการศึกษาค่า GI ของแป้งกล้วยที่สายพันธุ์แตกต่างกัน อีกทั้งรายงานการใช้แป้งกล้วยดิบ 100% จากกล้วยทั้งผล ที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารยังพบน้อย โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์พาสต้า (pasta product) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก และในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ. 2010-2020) การบริโภคพาสต้าเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า จาก 9 ล้านตันต่อปี เป็น 17 ล้านตันต่อปี (News Italian food, 2021) และวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตพาสต้า คือ แป้งเซโมลินา (semolina) ที่ไม่ได้จากแป้งสาลี durum (durum wheat) (Sriprapai *et al.*, 2018) ซึ่งมีปริมาณกลูเตนสูง ทำให้ผู้ที่ป่วยเป็นโรคแพ้กลูเตน (coeliac disease) ไม่สามารถรับประทานอาหารประเภทนี้ได้ เนื่องจากกลูเตนจะไปทำให้ลำไส้เล็กอักเสบและมีผลต่อเนื้อเยื่อบริเวณผนังลำไส้เล็ก ทำให้พื้นที่ในการดูดซึมอาหารลดลง ซึ่งโรคนี้นิยามได้โดยการงดเว้นรับประทานอาหารที่มีส่วนประกอบของกลูเตน ซึ่งวัตถุดิบที่ไม่มีส่วนประกอบของกลูเตน ได้แก่ ข้าว เช่น ข้าวเจ้า พืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วดำ และพืชตระกูลพืชหัว เช่น กล้วย (Zandonadi *et*

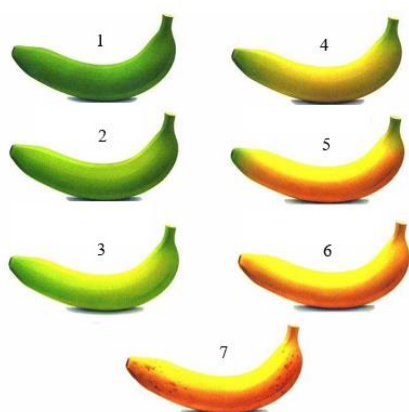
al., 2012; Limroongreungrat and Suksomboon, 2014; Sutheerawattananonda, 2015; Rongchoung and Luangsakul, 2018; Sriprapai *et al.*, 2018) จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า แป้งกล้วยถูกนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มปริมาณ RS อีกทั้งเป็นวัตถุดิบที่ปราศจากกลูเตน แต่อย่างไรก็ตาม มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการย่อยได้ของแป้งกล้วย เช่น สายพันธุ์ (Vatanasuchart *et al.*, 2012) ระดับความแก่ (Campuzano *et al.*, 2018) การทำให้สุก (cooking) (Bi *et al.*, 2017) และการเตรียมแป้งกล้วยจากเนื้อกล้วยและจากกล้วยทั้งผล (Ramli *et al.*, 2009) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของสายพันธุ์กล้วย การเตรียมแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยและจากกล้วยทั้งผล ต่อสมบัติทางกายภาพ เคมีฟิสิกส์

และค่า GI ของแป้งกล้วยดิบ คุณภาพของพาสต้า ค่า GI และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของพาสต้าแป้งกล้วยดิบ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งกล้วยจากเนื้อกล้วยและกล้วยทั้งผล

นำกล้วยดิบ 2 สายพันธุ์ ประกอบด้วย กล้วยน้ำว้า (*Musa* ABB group) สายพันธุ์ปากช่อง 50 และกล้วยหอมทอง (*Musa* AAA group) สายพันธุ์เพชรบุรี โดยใช้กล้วยทั้งเครือ จากสวนเดียวกัน ในการเตรียมแต่ละซ้ำ ที่ระดับความสุกระยะที่ 1 (เปลือกสีเขียวทั้งผล ผลแข็ง ไม่มีส่วนที่สุก) ดังภาพที่ 1



a)



b)



c)

ภาพที่ 1 a) ระดับความสุกของกล้วย (Fernandes and Bonaldo, 2011) b) กล้วยน้ำว้าดิบ และ c) กล้วยหอมดิบ ที่ใช้ในการวิจัย

ล้างด้วยน้ำกลั่นที่มีโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (10 กรัม/ลิตร) แล้วแช่กล้วยดิบในสายละลายกรดซิตริก 0.5% (w/v) เป็นเวลา 15 นาที (กล้วยดิบแต่ละสายพันธุ์ ถูกจำแนกออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 คือกล้วยดิบปอกเปลือก และส่วนที่ 2 คือ กล้วยดิบไม่ปอกเปลือก โดยใช้กล้วยคนละเครือกัน) นำกล้วยดิบไปหั่นให้มีความหนาประมาณ 1.5 มิลลิเมตร แล้ว

นำไปแช่ลงในสารละลายกรดซิตริก 0.5% (w/v) เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนได้ความชื้นต่ำกว่า 10% บดให้เป็นผงด้วยเครื่องบดละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช จากนั้นบรรจุแป้งกล้วยดิบลงในถุงสุญญากาศ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์คุณภาพของแป้งกล้วยดิบ

2.1 การวิเคราะห์ค่าสี

วัดค่าสีของตัวอย่างแป้ง ตามวิธีของ Pleansri (2019) โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Miniscan XE Plus วัดค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง-สีเขียว (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน (b^*) นำตัวอย่างแป้งมาใส่ในจานสำหรับวัดสีให้เต็มพื้นที่ของจานโดยไม่มีช่องว่าง แล้วนำมาวัดค่าสีในระบบ CIE

2.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านความหนืด

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดตามวิธีของ Pleansri (2019) นำตัวอย่างแป้ง 3 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปราศจากไอออน 25 กรัม มาวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง rapid visco analyser รุ่น RVA 4500 ประเทศสวีเดน โดยใช้สภาวะดังนี้ (1) holding ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที (2) heated ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3.42 นาที (3) holding ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.7 นาที (4) cooling ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3.88 นาที (5) holding ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ใช้ความเร็วรอบที่ 960 รอบต่อนาที สำหรับ 10 วินาทีแรก และหลังจากนั้นใช้ความเร็วรอบที่ 160 รอบต่อนาที รายงานผลในรูปแบบของค่า peak viscosity, trough, breakdown, final viscosity, setback from peak, setback from trough และ pasting temperature

2.3 การวิเคราะห์ดัชนีการละลายน้ำและดัชนีการดูดซับน้ำ

วิเคราะห์ดัชนีการละลายน้ำและดัชนีการดูดซับน้ำ ตามวิธีของ Narklaor *et al.* (2011) ชั่งตัวอย่างแป้ง 2.5 กรัม ใส่ในหลอดหมุนเหวี่ยงที่มีฝาและทราบน้ำหนักแน่นอน เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยคนด้วยแท่งแก้ว และคนทุก ๆ 5 นาที เป็นเวลา 30 นาที ล้างส่วนที่ติดมากับแท่งแก้วลงใน

หลอดหมุนเหวี่ยงโดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 2200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสลงในถ้วยอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณดัชนีการละลายน้ำ สำหรับหลอดหมุนเหวี่ยงพร้อมส่วนที่เหลือในหลอดนำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณค่าการดูดซับน้ำ ดังสมการ ดัชนีการละลายน้ำ = (น้ำหนักตัวอย่างส่วนที่ละลายน้ำ/น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น) × 100 ดัชนีการดูดซับน้ำ = (น้ำหนักหลอดหมุนเหวี่ยงพร้อมตะกอน-น้ำหนักหลอดหมุนเหวี่ยง)/น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

2.4 การวิเคราะห์ค่าดัชนีไกลซีมิกของแป้ง

วิเคราะห์สตาร์ชที่ย่อยได้ในแต่ละเวลาที่คัดแปลงจาก Goñi *et al.* (1997); McCleary *et al.* (2002) โดยใช้ชุด Resistant starch kit ของบริษัท Megazyme นำแป้งกล้วยมาย่อยด้วยเอนไซม์ pancreatic α -amylase เป็นเวลา 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที แล้วนำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยมาวิเคราะห์ปริมาณกลูโคส โดยการย่อยด้วย amyloglucosidase เป็นเวลา 20 นาที เติม GOPOD reagent แล้วบ่มต่ออีก 20 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาค่าต่าง ๆ หาปริมาณการย่อยของสตาร์ช ดังสมการ ปริมาณการย่อยของสตาร์ช (%) = $\Delta E \times (F/W) \times 90$ โดย ΔE คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร F คือ การเปลี่ยนหน่วยค่าการดูดกลืนแสงเป็น μg ($F = 100/\text{ค่าการดูดกลืนแสงของกลูโคสมาตรฐาน}$) และ W คือ น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง (mg) ($W = \text{น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์} \times [(100 - \text{ความชื้น})/100]$) จากนั้นหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการย่อยของสตาร์ชกับเวลา (30-180 นาที) โดยแสดงผลเป็นกราฟ จะได้ค่า C_{∞} , C และ t เพื่อหาค่า k ดัง

สมการ $C = C_{\infty}(1 - e^{-kt})$ โดย C คือ ร้อยละของสตาร์ชที่ถูกย่อยที่เวลา t C_{∞} คือ ร้อยละของสตาร์ชที่ถูกย่อยที่ 180 นาที k คือ ค่าคงที่ไคเนติก (min^{-1}) และ t คือ เวลาในการย่อย (min) จากนั้นหาพื้นที่ใต้กราฟ (area under the curve, AUC) ดังสมการ $AUC = C_{\infty}(t_f - t_0) - (C_{\infty}/k)(1 - \exp(-k(t_f - t_0)))$ โดย C_{∞} คือ ค่าสมมูลของปริมาณการย่อยของสตาร์ช t_f คือ เวลาสุดท้าย (180 นาที) t_0 คือ เวลาเริ่มต้น (0 นาที) และ k คือ ค่าคงที่ไคเนติก (min^{-1}) จากนั้นหาค่าดัชนีการย่อย (hydrolysis index, HI) ดังสมการ $HI = (AUC_{\text{sample}}/AUC_{\text{reference}}) \times 100$ (หมายเหตุ reference คือ ขนมหักข้าว ทำวิธีเดียวกันกับตัวอย่าง) จากนั้นจึงหาค่าดัชนีไกลซีมิก (GI) ดังสมการ $GI = 39.71 + (0.549 \times HI)$ (Goñi *et al.*, 1997)

3. การเตรียมพาสต้าแป้งกล้วยน้ำว้าดิบและแป้งกล้วยหอมดิบจากเนื้อกล้วยและกล้วยทั้งผล

เตรียมพาสต้าแป้งกล้วยน้ำว้าดิบและแป้งกล้วยหอมดิบจากเนื้อกล้วยและกล้วยทั้งผล คัดแปลงจาก Zheng *et al.* (2015) โดยนำแป้งกล้วยดิบที่เตรียมได้จากข้อที่ 1 (46.0% ของส่วนผสมทั้งหมด) ผสมกับถั่วรูกัม (2.5% ของส่วนผสมทั้งหมด) และแซนแทนกัม (2.5% ของส่วนผสมทั้งหมด) ร่อนผ่านตะแกรง แล้วนำไปผสมให้เข้ากันประมาณ 3 นาที ในเครื่องผสม (kitchen aid) เติมน้ำข้าวผง (6.0% ของส่วนผสมทั้งหมด) และเติมน้ำ (43.0% ของส่วนผสมทั้งหมด) ลงไป ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม โดยใช้หัวผสมแบบตะขอ ที่ความเร็วระดับปานกลางจนเข้ากัน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาที แล้วนำไปรีดผ่านเครื่องรีดแป้ง จนมีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร จากนั้นตัดเส้นด้วยเครื่องรีดแป้งให้มีความกว้างประมาณ 0.6 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง บรรจุพาสต้าในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนและปิดผนึกให้สนิทเพื่อรอการวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

4. การวิเคราะห์คุณภาพของพาสต้าแป้งกล้วยดิบ

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม

วิเคราะห์คุณภาพของพาสต้าแป้งกล้วยดิบหลังการต้ม ตามวิธี AACCC (American Association of Cereal Chemist) (2000) โดยชั่งเส้นพาสต้า (ความยาวเส้น 5 เซนติเมตร) 5 กรัม ต้มในน้ำเดือด 200 มิลลิลิตร หาระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มพาสต้าแป้งกล้วยดิบให้สุก (cooking time) โดยสุ่มตรวจสอบทุก ๆ 30 วินาที หาปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (cooking loss) คำนวณจากสมการ ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (%) = [(น้ำหนักบีกเกอร์หลังการอบ - น้ำหนักบีกเกอร์เปล่า) / น้ำหนักพาสต้าก่อนต้ม] $\times 100$ และหาน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (cooking yield) คำนวณจากสมการ น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (%) = (น้ำหนักพาสต้าสุก / น้ำหนักพาสต้าก่อนต้ม) $\times 100$

4.2 การวิเคราะห์ค่าดัชนีไกลซีมิกของพาสต้า

วิเคราะห์ค่าดัชนีไกลซีมิกของพาสต้าแป้งกล้วยดิบ โดยนำพาสต้ามาต้มตามเวลาที่เหมาะสมที่วิเคราะห์ได้ในข้อ 4.1 แล้วนำมาทดลองผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร และวิเคราะห์ค่าดัชนีไกลซีมิกตามวิธีในข้อ 2.4

4.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำพาสต้าแป้งกล้วยดิบแต่ละสูตรมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เตรียมพาสต้าแป้งกล้วยดิบที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้เวลาในการต้มพาสต้าแป้งกล้วยดิบให้สุกตามเวลาที่เหมาะสมในการต้มพาสต้าตามข้อ 4.1 แล้วนำมาประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้วิธีการให้คะแนนตามลำดับความชอบแบบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

5. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

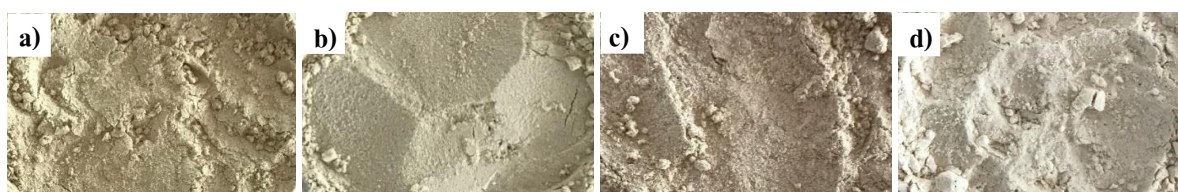
วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD (randomized complete block design) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม Minitab 18

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพแป้งกล้วยดิบ

1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

แป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด ประกอบด้วย แป้งกล้วยดิบจากกล้วยหอมทั้งผล (HW) แป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยหอม (HP) แป้งกล้วยดิบจากกล้วยน้ำว้าทั้งผล (NW) และแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยน้ำว้า (NP) โดยแป้งมีลักษณะเป็นผงละเอียด และมีสีที่แตกต่างกัน ตั้งแต่สีขาวนวลไปจนถึงสีน้ำตาลอ่อน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะของแป้งกล้วยดิบ a) แป้งกล้วยดิบจากกล้วยหอมทั้งผล (HW) b) แป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยหอม (HP) c) แป้งกล้วยดิบจากกล้วยน้ำว้าทั้งผล (NW) d) แป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยน้ำว้า (NP)

จากการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด พบว่า สายพันธุ์ของกล้วยและการเตรียมแป้งกล้วยดิบมีผลให้ค่าสี L^* a^* และ b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 1) จากตารางแสดงให้เห็นว่าการเตรียมแป้งกล้วยดิบโดยการผสมส่วนเปลือกลงไปด้วย (HW และ NW) ส่งผลให้แป้งมีสีน้ำตาลเข้มกว่าแป้งกล้วยดิบที่เตรียมจากเนื้อกล้วย (HP และ NP) โดยมีค่า L^* ต่ำกว่า และมีค่า a^* และ b^* สูงกว่า เนื่องจากมีรายงานว่าในเปลือกกล้วยมีสารเบต้าแคโรทีน (beta carotene) (Pereira and Maraschin, 2015) และนอกจากนั้นในเปลือกกล้วยดิบยังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds)

สูง (Charoenteeraboon *et al.*, 2019) ซึ่งสารดังกล่าวบางชนิดเป็นสารที่มีสีเข้ม เช่น แทนนิน (tannin) จึงส่งผลให้แป้งที่มีเปลือกกล้วยผสมมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น จากผลการทดลองสังเกตได้ว่าสายพันธุ์ของกล้วยมีผลต่อสีของแป้งที่ได้ด้วย โดยจะเห็นได้ชัดเจนจากแป้งกล้วยดิบที่เตรียมจากเนื้อกล้วย โดยแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยหอม (HP) มีสีน้ำตาลเข้มกว่าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยน้ำว้า (NP) อาจเกิดจากในกล้วยหอมมีรงควัตถุที่เป็นแคโรทีนอยด์มากกว่า จึงทำให้มีสีน้ำตาลเข้มกว่าแป้งกล้วยน้ำว้า (Pereira and Maraschin, 2015)

ตารางที่ 1 ค่าสี L* a* และ b* ของแป้งกล้วยดิบ

ชนิดของแป้งกล้วยดิบ	L*	a*	b*
HW	76.22 ± 0.04 ^d	1.62 ± 0.02 ^b	15.86 ± 0.01 ^a
HP	80.87 ± 0.06 ^b	1.36 ± 0.01 ^c	12.51 ± 0.02 ^c
NW	76.61 ± 0.07 ^c	2.28 ± 0.02 ^a	14.03 ± 0.04 ^b
NP	87.31 ± 0.03 ^a	0.59 ± 0.03 ^d	12.02 ± 0.03 ^d

^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.2 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านความหนืด

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดของแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง rapid visco analyser ดังตารางที่ 2 พบว่า สายพันธุ์ของกล้วยมีผลต่ออุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) โดยแป้งกล้วยหอมดิบ (HW และ HP) มี pasting temperature ต่ำกว่าแป้งกล้วยน้ำว้าดิบ (NW และ NP) อาจเกิดจากแป้งกล้วยหอมดิบสามารถดูดน้ำและเกิดความหนืดในระหว่างการให้ความร้อนได้มากกว่า จึงเกิดความหนืดได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า เมื่อพิจารณาค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ที่แสดงถึงความสามารถในการจับตัวกันของสตาร์ชกับน้ำ เกิดการพองตัวของสตาร์ชในระหว่างการให้ความร้อน พบว่า แป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด มีค่า peak viscosity อยู่ที่ 5409.67-6220.33 cP ซึ่งเป็นค่า peak viscosity ที่สูงกว่าแป้งสาลี ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการทำพาสต้า โดยแป้งสาลีจะมีค่า peak viscosity อยู่ที่ 2594.51 cP (216.21 RVU) (Charoenthaikij, 2012)

เนื่องจากเมล็ดสตาร์ชของแป้งสาลีมีกำลังการพองตัวอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณอะไมโลสและไขมัน (Sriroth and Piyajomkwan, 2003) ในขณะที่แป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด สามารถรวมตัวกับน้ำได้ดี และเมื่อได้รับความร้อนจะมีกำลังการพองตัวสูง (Suthanukool, 2015) และสายพันธุ์ของกล้วยมีผลต่อค่า setback from peak, setback from trough และ final viscosity โดยแป้งกล้วยน้ำว้า (NW และ NP) มีค่าสูงกว่าแป้งกล้วยหอม (HW และ HP) ค่าความหนืดสุดท้ายจะสัมพันธ์กับปริมาณของอะไมโลส โดยแป้งกล้วยน้ำว้ามีปริมาณอะไมโลสเท่ากับ 32.05% ซึ่งสูงกว่าแป้งกล้วยหอมที่มีปริมาณอะไมโลสอยู่ที่ 26.10% (Bi *et al.*, 2017) โดยแป้งกล้วยที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะเกิดการคืนตัว (retrogradation) ได้มากและเร็วกว่าแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (Sriroth and Piyajomkwan, 2003)

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดของแป้งกล้วยดิบ

Parameters	HW	HP	NW	NP
Peak viscosity	6044.33 ± 206.89 ^a	6220.33 ± 54.60 ^a	6064.33 ± 32.56 ^a	5409.67 ± 193.24 ^b
Trough	3180.33 ± 55.22 ^b	3151.00 ± 162.82 ^b	3852.00 ± 75.29 ^a	3333.00 ± 140.50 ^b
Breakdown	2864.00 ± 162.75 ^a	3069.33 ± 108.77 ^a	2212.33 ± 43.15 ^b	2076.67 ± 84.95 ^b
Final viscosity	3655.00 ± 64.97 ^c	3819.67 ± 59.16 ^c	4912.67 ± 71.01 ^a	4380.00 ± 114.53 ^b
Setback from peak	474.67 ± 22.28 ^c	668.67 ± 104.89 ^b	1060.67 ± 16.01 ^a	1047.00 ± 39.84 ^a
Setback from trough	-2389.33 ± 144.25 ^b	-2400.67 ± 16.50 ^b	-1151.67 ± 41.65 ^a	-1029.67 ± 122.91 ^a
Peak time (min)	4.71 ± 0.08 ^b	4.69 ± 0.03 ^b	4.91 ± 0.08 ^a	4.71 ± 0.03 ^b
Pasting temperature (°C)	80.07 ± 0.80 ^b	81.47 ± 0.98 ^{ab}	83.45 ± 0.85 ^a	82.27 ± 0.53 ^a

^{a,b,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.3 ผลการวิเคราะห์ดัชนีการละลายน้ำและดัชนีการดูดซับน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ดัชนีการละลายน้ำ ดังตารางที่ 3 พบว่า การเตรียมแป้งกล้วยดิบมีผลต่อดัชนีการละลายน้ำ โดยแป้งกล้วยดิบจากกล้วยหอมทั้งผล (HW) มีดัชนีการละลายน้ำสูงกว่าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยหอม (HP) อาจเกิดจากในเปลือกกล้วยหอมอาจมีองค์ประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ เช่น เพคติน และน้ำตาล มากกว่าส่วนเนื้อ แต่ในทางตรงข้าม พบว่า แป้งกล้วยดิบจากกล้วยน้ำว้าทั้งผล (NW) มีดัชนีการละลายน้ำต่ำกว่าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยน้ำว้า (NP) อาจเนื่องจากเนื้อกล้วยน้ำว้ามีส่วนที่ละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาล (Menezes *et al.*, 2011) มากกว่าส่วนเปลือกกล้วยจึงทำให้มีดัชนีการละลายน้ำที่สูงกว่า นอกจากนี้สายพันธุ์ของกล้วยก็มีผลต่อดัชนีการละลายน้ำ โดยแป้งกล้วยดิบจากกล้วยหอมทั้งผล (HW) มีดัชนีการละลายน้ำสูงกว่าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยน้ำว้าทั้งผล (NW) เนื่องจากในเปลือกกล้วยหอมมีองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ เช่น เพคติน โดยในเปลือกกล้วยหอมมีเพคติน 17.31 ± 0.07 ซึ่งมากกว่าเปลือกกล้วยน้ำว้าที่มีเพคติน 15.89 ± 0.02 (Khamsucharit *et al.*, 2018) ใน

ส่วนของดัชนีการดูดซับน้ำ พบว่า การเตรียมแป้งกล้วยดิบมีผลต่อดัชนีการดูดซับน้ำ โดยแป้งกล้วยดิบจากกล้วยทั้งผล (HW และ NW) ดูดซับน้ำได้มากกว่าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วย (HP และ NP) อาจเนื่องจากส่วนของเปลือกมีองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น เพคติน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ที่ความสามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าสตาร์ช (Alkarkhi *et al.*, 2011) และอาจเกิดจากแป้งกล้วยดิบจากกล้วยทั้งผลมีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมากกว่าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วย มีรายงานว่าแป้งกล้วยหอมจากกล้วยทั้งผลมีอัตราส่วนของใยอาหารที่ละลายน้ำได้กับใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำเท่ากับ 1:6 ในขณะที่แป้งกล้วยหอมจากเนื้อกล้วยมีอัตราส่วนของใยอาหารที่ละลายน้ำได้กับใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำเท่ากับ 1:5 (Bezerra *et al.*, 2013) จึงทำให้มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีกว่า และจากตารางจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ที่แตกต่างกันก็มีผลต่อดัชนีการดูดซับน้ำ โดยแป้งกล้วยดิบจากกล้วยหอม (HW และ HP) ดูดซับน้ำได้มากกว่าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยน้ำว้า (NW และ NP) อาจเนื่องจากกล้วยหอมมีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมากกว่ากล้วยน้ำว้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของกล้วยแต่ละสายพันธุ์ด้วย

ตารางที่ 3 คำนวณการละลายน้ำและดัชนีการดูดซับน้ำของแป้งกล้วยดิบ

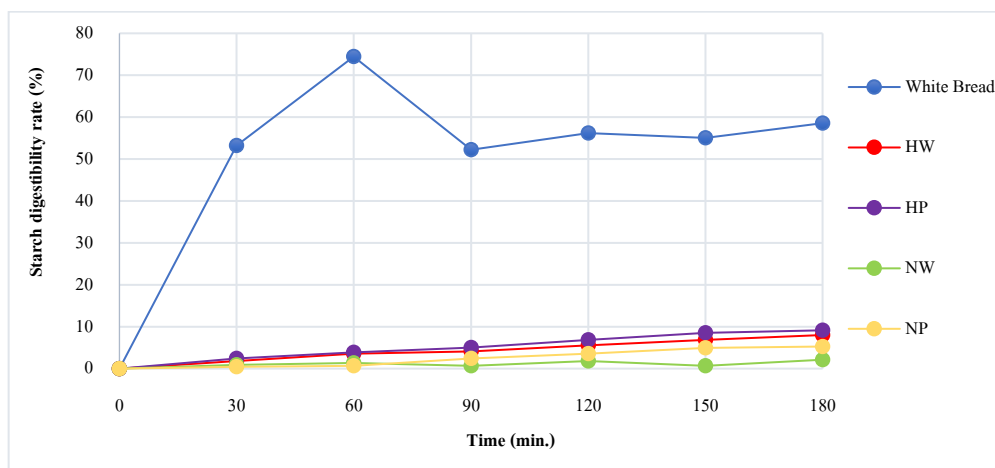
ชนิดของแป้งกล้วยดิบ	ดัชนีการละลายน้ำ (g/g)	ดัชนีการดูดซับน้ำ (g/g)
HW	9.24 ± 0.10^b	3.22 ± 0.02^a
HP	8.45 ± 0.09^c	2.83 ± 0.01^{bc}
NW	7.32 ± 0.17^d	3.00 ± 0.08^b
NP	9.97 ± 0.11^a	2.79 ± 0.11^c

a,b,... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.4 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีไกลซีมิกของแป้ง

จากกราฟอัตราการย่อยของสตาร์ชในหลอดทดลอง (ภาพที่ 3) พบว่า อัตราการย่อยของสตาร์ชในหลอดทดลองของแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด ตลอดระยะเวลาการย่อยถึง 180 นาที มีค่าต่ำกว่าขนมปังขาว (ตัวอย่างอ้างอิง) เนื่องจากแป้งกล้วยดิบประกอบด้วย RS2 โดย RS2 เป็นสตาร์ชที่มีโครงสร้างผลึกหนาแน่นและเป็นระเบียบ จึงทำให้ยากต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (Khoozani *et al.*, 2019)

และจากกราฟแสดงให้เห็นว่าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยน้ำว้า (NW และ NP) มีอัตราการย่อยของสตาร์ชในหลอดทดลองต่ำกว่าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยหอม (HW และ HP) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vatanasuchart *et al.* (2012) ที่รายงานว่า แป้งกล้วย (flour) จากกล้วยน้ำว้า มีความสามารถในการย่อยได้ต่ำกว่าแป้งกล้วยจากกล้วยหอมในช่วง 30-180 นาทีของการย่อย



ภาพที่ 3 อัตราการย่อยของสตาร์ชในหลอดทดลองของแป้งกล้วยดิบชนิดต่าง ๆ เปรียบเทียบกับขนมปังขาว (ตัวอย่างอ้างอิง)

จากผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีไกลซีมิก (GI) ของแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด (ตารางที่ 4) จะเห็นได้ว่าการเตรียมแป้งกล้วยดิบมีผลต่อค่า GI โดยแป้งกล้วยดิบจากกล้วยทั้งผลของกล้วยทั้ง 2 สายพันธุ์ (HW และ

NW) มีค่า GI และมีอัตราการย่อยของสตาร์ชต่ำกว่าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วย (HP และ NP) ซึ่งอาจเกิดจากแป้งกล้วยดิบจากกล้วยทั้งผล (HW และ NW) มีส่วนของเปลือกกล้วย ซึ่งเปลือกกล้วยมีเส้นใยอาหาร

หรือโพลีแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch polysaccharides, NPS) เช่น เพคติน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ทำให้เกิดโครงสร้างที่ซับซ้อนระหว่างสตาร์ชและ NPS จึงสามารถต้านทานและจำกัดการเข้าถึงของเอนไซม์ที่ย่อยแป้งได้ (Vatanasuchart *et al.*, 2012; Bi *et al.*, 2017) นอกจากนี้ยังพบว่า สายพันธุ์ของกล้วยก็มีผลต่อค่า GI โดยแป้งจากกล้วยน้ำว้าดิบ (NW และ NP) มีค่า GI ต่ำกว่าแป้งจากกล้วยหอมดิบ (HW และ HP) ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลสของ

กล้วยน้ำว้าดิบ (24.11 ± 0.36) มากกว่ากล้วยหอมดิบ (17.65 ± 0.54) (Moongngarm, 2013) โดยแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะทำให้มีค่า GI ต่ำกว่าแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (Dipnaik and Kokare, 2017) ค่า GI ที่วิเคราะห์ได้จากแป้งกล้วยดิบในงานวิจัยนี้ สอดคล้องกับรายงานของ Kamchansuppasin *et al.* (2021) ที่รายงานเกี่ยวกับค่า GI ของผลไม้ไทย โดยจากงานวิจัย พบว่า กล้วยน้ำว้ามีค่า GI 30.5 ± 2.7 ซึ่งต่ำกว่ากล้วยหอม ที่มีค่า GI 57.0 ± 7.2

ตารางที่ 4 ค่าดัชนีไกลซีมิกของแป้งกล้วยดิบ

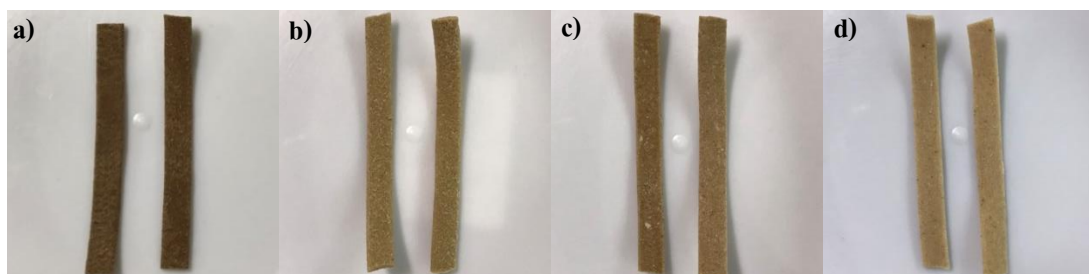
ตัวอย่าง	ค่าดัชนีไกลซีมิก
HW	44.27 ± 0.28^b
HP	45.22 ± 0.06^a
NW	40.46 ± 0.18^d
NP	42.37 ± 0.20^c

a,b,... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนั่ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของพาสต้าแป้งกล้วยดิบ

เส้นพาสต้าที่เตรียมจากแป้งกล้วยน้ำว้าดิบ และแป้งกล้วยหอมดิบจากเนื้อกล้วยและกล้วยทั้งผล มีสีที่แตกต่างกันออกไป แสดงดังภาพที่ 4 แต่มีความเรียบของเส้นที่ใกล้เคียงกัน โดยเส้นพาสต้าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยหอมทั้งผล (HWP) และพาสต้าแป้ง

กล้วยดิบจากกล้วยน้ำว้าทั้งผล (NWP) มีสีน้ำตาลเข้มกว่าพาสต้าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยหอม (HPP) และพาสต้าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยน้ำว้า (NPP) ซึ่ง HWP มีสีน้ำตาลเข้มมากที่สุด และ NPP มีสีอ่อนที่สุด ซึ่งสีของพาสต้าจากแป้งกล้วยดิบสอดคล้องกับสีของแป้งกล้วยดิบ ที่แสดงไว้ในภาพที่ 2



ภาพที่ 4 ลักษณะของเส้นพาสต้าแป้งกล้วยดิบ a) พาสต้าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยหอมทั้งผล (HWP) b) พาสต้าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยหอม (HPP) c) พาสต้าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยน้ำว้าทั้งผล (NWP) d) พาสต้าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยน้ำว้า (NPP)

2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของพาสต้าแป้งกล้วยดิบหลังการต้ม

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของเส้นพาสต้าแป้งกล้วยดิบหลังการต้ม พบว่า พาสต้าแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด มีเวลาที่เหมาะสมในการต้มเส้นพาสต้า (cooking time) แป้งกล้วยดิบให้สุกแตกต่างกัน ดังตารางที่ 5 แต่จะสังเกตเห็นว่าพาสต้าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยทั้งผลของกล้วยทั้งสองสายพันธุ์ (HWP และ NWP) มีเวลาที่เหมาะสมในการต้มเส้นพาสต้าให้สุก

น้อยกว่าพาสต้าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วย (HPP และ NPP) อาจเนื่องจากเปลือกกล้วยอุดมไปด้วยเส้นใยสูง และเมื่อเส้นใยถูกนำไปต้มก็สามารถดูดน้ำได้มากกว่า จึงทำให้พาสต้าที่มีส่วนประกอบของเปลือกกล้วยสุกเร็วกว่า (Rodríguez-Ambroz *et al.*, 2008) แต่อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าพาสต้าแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (cooking yield) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 5 เวลาที่เหมาะสมในการต้มพาสต้าแป้งกล้วยดิบให้สุก ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม และน้ำหนักที่ได้หลังการต้มของพาสต้าแป้งกล้วยดิบ

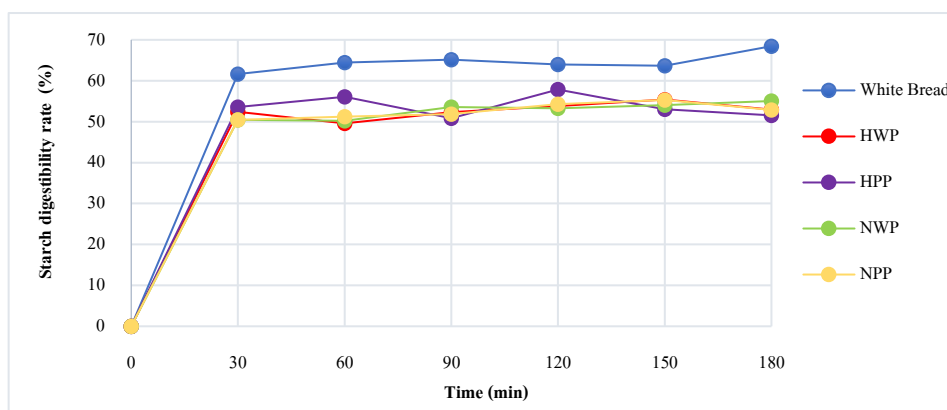
ชนิดของพาสต้าแป้งกล้วยดิบ	Cooking time (min)	Cooking loss (%) ^{ns}	Cooking yield (%) ^{ns}
HWP	13.00 ± 0.00	7.92 ± 0.06	314.33 ± 0.66
HPP	14.00 ± 0.00	7.65 ± 0.93	334.50 ± 14.60
NWP	12.30 ± 0.00	7.04 ± 0.13	346.81 ± 3.21
NPP	13.00 ± 0.00	7.71 ± 0.99	337.80 ± 31.60

^{ns} หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีไกลซีมิกของพาสต้า

จากกราฟอัตราการย่อยสลายในหลอดทดลองของพาสต้าแป้งกล้วยดิบ 4 ชนิด (ภาพที่ 5) แสดงให้เห็นว่าอัตราการย่อยสลายในหลอดทดลองของพาสต้าแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด ต่ำกว่าขนมปังขาว (ตัวอย่างอ้างอิง) เกิดจาก RS2 ในแป้งกล้วยดิบ

เป็นสตาร์ชที่มีโครงสร้างผลึกหนาแน่นและเป็นระเบียบ อีกทั้งยังมีเส้นใยอาหาร จึงทำให้ยากต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (Khoozani *et al.*, 2019) แต่อย่างไรก็ตาม จากกราฟจะเห็นได้ว่าพาสต้าแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด ก็มีอัตราการย่อยที่ใกล้เคียงกันในช่วง 150-180 นาทีของการย่อย



ภาพที่ 5 อัตราการย่อยของสตาร์ชในหลอดทดลองของพาสต้าแป้งกล้วยดิบชนิดต่าง ๆ เปรียบเทียบกับขนมปังขาว (ตัวอย่างอ้างอิง)

จากผลการวิเคราะห์ค่า GI ของพาสต้าแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด ดังตารางที่ 6 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่า GI อยู่ที่ 83.81-85.53 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม GI สูง และเมื่อเทียบค่า GI ของพาสต้ากับค่า GI ของแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการเตรียมพาสต้า (ตารางที่ 4) ที่มีค่า GI ต่ำ (40.46-45.22) อาจกล่าวได้ว่า เมื่อเส้นพาสต้าแป้งกล้วยดิบถูกต้มให้สุก RS2 ที่อยู่ในพาสต้าก็จะถูกเปลี่ยนเป็น RDS และ SDS จึงทำให้ RS2 ที่เหลือลดลง เพราะเมื่อเส้นพาสต้าถูกต้มให้

สุกเม็ดแป้งก็จะเกิดการพองตัว (swelled) และแตกออก (burst) ทำให้บริเวณที่จับกับเอนไซม์เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้อัตราการย่อยเพิ่มขึ้น (Utrilla *et al.*, 2014) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bi *et al.* (2017) ที่รายงานเกี่ยวกับอัตราการย่อยในหลอดทดลองของแป้งกล้วยดิบสายพันธุ์ต่าง ๆ พบว่า แป้งกล้วยดิบแต่ละสายพันธุ์เมื่อถูกนำไปให้ความร้อนหรือทำให้สุก (cooked) อัตราการย่อยในหลอดทดลองจะเพิ่มสูงขึ้นจาก 8-17% เป็น 40-60%

ตารางที่ 6 ค่าดัชนีไกลซีมิกของพาสต้าแป้งกล้วยดิบ

ตัวอย่าง	ค่าดัชนีไกลซีมิก ^{ns}
HWP	85.40 ± 2.39
HPP	83.81 ± 1.10
NWP	85.53 ± 0.22
NPP	84.10 ± 1.00

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

2.3 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

จากผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัสรสชาติ และความชอบโดยรวมของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งกล้วยดิบ ดังตารางที่ 7 พบว่า พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด ได้รับคะแนนความชอบทางด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบโดยรวม พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพาสต้าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยน้ำว้า (NPP) ได้รับ

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สีและความชอบโดยรวมสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากพาสต้าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยหอม (HPP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนพาสต้าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยทั้งผลของกล้วยทั้งสองสายพันธุ์ (HWP และ NWP) มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ต่ำกว่าพาสต้าแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยของกล้วยทั้งสองสายพันธุ์ (HPP และ NPP) โดยเฉพาะคุณลักษณะทางด้านสี เนื่องจากพาสต้าแป้งกล้วยดิบจากกล้วยทั้งผล (HWP และ NWP) มีส่วนประกอบของเปลือกกล้วย ทำให้เส้นพาสต้ามีสีน้ำตาลเข้ม อาจทำให้ผู้ทดสอบไม่คุ้นเคยจึงให้คะแนนทางด้านดังกล่าวต่ำ

ตารางที่ 7 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของพาสต้าแป้งกล้วยดิบ

ชนิดของแป้งกล้วยดิบ	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น ^{ns}	เนื้อสัมผัส ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ความชอบโดยรวม
HWP	4.83 ± 1.88 ^c	4.53 ± 2.00 ^b	5.07 ± 1.60	5.37 ± 1.19	5.00 ± 1.34	5.13 ± 1.36 ^b
HPP	6.20 ± 1.71 ^{ab}	6.10 ± 1.81 ^a	5.50 ± 1.59	5.77 ± 1.55	5.57 ± 1.65	6.10 ± 1.69 ^a
NWP	5.50 ± 1.74 ^{bc}	5.07 ± 1.68 ^b	5.10 ± 1.54	5.43 ± 1.38	5.37 ± 1.52	5.50 ± 1.57 ^{ab}
NPP	6.47 ± 1.67 ^a	6.53 ± 1.59 ^a	5.63 ± 1.40	5.63 ± 1.60	5.47 ± 1.65	6.13 ± 1.67 ^a

a,b,... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

สรุป

สายพันธุ์กล้วย และการเตรียมแป้งกล้วยดิบจากเนื้อกล้วยและจากกล้วยทั้งผล มีผลต่อสมบัติทางกายภาพเคมีฟิสิกส์ และค่า GI ซึ่งค่า GI ของแป้งกล้วยดิบที่เตรียมได้ทุกตัวอย่างในการวิจัยนี้ จัดอยู่ในกลุ่มอาหาร GI ต่ำ และเมื่อนำแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด ไปทำเป็นเส้นพาสต้า พบว่า มีคุณภาพของเส้นและค่า GI ไม่แตกต่างกัน แต่จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พาสต้าที่เตรียมจากเนื้อกล้วยได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าพาสต้าที่เตรียมจากกล้วยทั้งผล แต่อย่างไรก็ตามพาสต้าที่เตรียมจากแป้งกล้วยดิบทั้ง 4 ชนิด ยังมีค่า GI สูง ในอนาคตจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเลือกวัตถุดิบที่มีค่า GI ลดลงหรือต่ำกว่ามาผสมหรือทดแทนลงในส่วนผสมเพื่อลดค่า GI ในผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งกล้วยดิบต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- AACC (American Association of Cereal Chemist). 2000. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist**. American Association of Cereal Chemists, Minnesota.
- Alkarkhi, A.F.M., Ramli, S.B., Yong, Y.S. and Easa, A.M. 2011. Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. **Food Chemistry** 129(2): 312-318.
- Bezerra, C.V., Rodrigues, A.M.D.C., Amante, E.R. and Silva, L.H.M.D. 2013. Nutritional potential of green banana flour obtained by drying in spouted bed. **Revista Brasileira de Fruticultura** 35(4): 1140-1146.
- Bi, Y., Zhang, Y., Jiang, H., Hong, Y., Gu, Z., Cheng, L., Li, Z. and Li, C. 2017. Molecular structure and digestibility of banana flour and starch. **Food Hydrocolloids** 72: 219-227.
- Boonkong, J., Bunmee, T. and Ruenkeaw, P. 2014. Application of Resistant Starch from Unripe Banana "Hom Thong" (*Musa sapientum* L., AAA group) in Pasta. **Journal of Food**

- Technology, Siam University** 10(1): 19-29.
(in Thai)
- Campuzano, A., Rosell, C.M. and Cornejo, F. 2018. Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening. **Food Chemistry** 256: 11-17.
- Charoenteeraboon, J., Ngawhirunpat, T., Chaidegumjorn, A. , Asavapichayont, P. , Mahadlek, J. and Tuntarawongsa, S. 2019. Total phenolic content and antioxidant activities of different parts of Hom Thong banana extract and extraction related factors. **Thai Bulletin of Pharmaceutical Science** 14(2): 47-60. (in Thai)
- Charoenthaikij, P. 2012. **Research Reports on The Development of Bread from Wheat Substituted with Glutinous Rice Flour.** Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Dipnaik, K. and Kokare, P. 2017. Ratio of Amylose and Amylopectin as indicators of glycaemic index and in vitro enzymatic hydrolysis of starches of long, medium and short grain rice. **International Journal of Research in Medical Sciences** 5(10): 4502-4505.
- Fernandes, S.O. and Bonaldo, S.M. 2011. Anthracnose (*Colletotrichum musae*) control and conservation in post-harvest dwarf banana in Northern Mato Grosso. **Enciclopedia Biosfera** 7(3): 237-247.
- Goñi, I., Garcia-Alonso, A. and Saura-Calixto, F. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutrition Research** 17(3): 427-437.
- Kamchansuppasin, A., Sirichakwal, P.P., Bunprakong, L., Yamborisut, U., Kongkachuichai, R., Kriengsinyos, W. and Nounmusig, J. 2021. Glycaemic index and glycaemic load of commonly consumed Thai fruits. **International Food Research Journal** 28(4): 788-794.
- Khamsucharit, P., Laohaphatanalert, K., Gavinlertvatana, P., Sriroth, K. and Sangseethong, K. 2018. Characterization of pectin extracted from banana peels of different varieties. **Food Science and Biotechnology** 27(3): 623-629.
- Khoozani, A. A. , Bekhit, A. E. D. A. and 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.
- Limroongreungrat, K. and Suksomboon, A. 2014. Effect of Black Bean Flour Substitution on Quality of Extruded Rice Pasta. **Agricultural Science Journal** 45(2)(Suppl.): 541-544. (in Thai)
- McCleary, B.V., McNally, M. and Rossiter, P. 2002. Measurement of Resistant Starch by Enzymatic Digestion in Starch and Selected Plant Materials: Collaborative Study. **Journal of AOAC International** 85(5): 1103-1111.
- Menezes, E. W., Tadini, C. C., Tribess, T. B., Zuleta, A., Binaghi, J., Pak, N., Gloria, V., Dan, M. C. T., Bertolini, A. C., Cordenunsi, B. R. and Lajolo, F. M. 2011. Chemical Composition and Nutritional Value of Unripe Banana Flour (*Musa acuminata*, var. Nanicaõ). **Plant Foods for Human Nutrition** 66(3): 231-237.
- Moongngarm, A. 2013. Chemical Compositions and Resistant Starch Content in Starchy Foods.

- American Journal of Agricultural and Biological Sciences** 8(2): 107-113.
- Narklaor, D., Sangnark, A. and Limroongreungrat, K. 2011. Improvement in Quality of Jackfruit Seed Flour by Pregelatinization. **Burapha Science Journal** 16(1): 12-21. (in Thai)
- News Italian food. 2021. **World Pasta Day, consumers going crazy for Italian pasta.** Available Source: <https://news.italianfood.net/2021/10/21/the-world-is-increasingly-hungry-for-pasta/>, December 17, 2021.
- Office of Agricultural Economics Region 1. 2017. **Moving forward to push Thai bananas to the world market.** Available Source: <https://www.chiangmainews.co.th/page/archives/633777/>, December 10, 2021. (in Thai)
- Pereira, A. and Maraschin, M. 2015. Banana (*Musa* spp.) from peel to pulp: Ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. **Journal of Ethnopharmacology** 160: 149-163.
- Pleasri, O. 2019. Quality improvement of dried alkaline noodle from rice flour by adding pregelatinized rice flour, guar gum and transglutaminase. Master Thesis of Science (Food Science and Technology), Burapha University. (in Thai)
- Ramli, S., Alkarkhi, A., Yeoh, S.Y., Min-Tze, L. and Easa, A. 2009. Effect of banana pulp and peel flour on physicochemical properties and in vitro starch digestibility of yellow alkaline noodles. **International Journal of Food Sciences and Nutrition** 60(S4): 326-340.
- Rodríguez- Ambriz, S. L. , Islas- Hernández, J. J. , Agama-Acevedo, E. , Tovar, J. and Bello-Pérez, L.A. 2008. Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour. **Food Chemistry** 107(4): 1515-1521.
- Rongchoung, J. and Luangsakul, N. 2018. Development of cookies product from selected gluten-free flours. **Phranakhon Rajabhat Research Journal** 13(2): 34-45. (in Thai)
- Sripapai, H., Boonchai, C. and Huadong, Y. 2018. Development of Fresh Pasta from Brown Rice Flour. **Thai Journal of Science and Technology** 7(1): 58-69. (in Thai)
- Sriroth, K. and Piyajomkwan, K. 2003. **Flour Technology.** 3rd ed. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Suthanukool, P. 2015. **Research Reports on Research and Development Bananas Production for Fresh Food to Increase Quantity and Quality yields and valued.** Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)
- Sutheerawattananonda, M. 2015. **Research Reports on Increase of resistant starch in rice pasta products.** Suranaree University of Technology. (in Thai)
- Tiboonbun, W. 2012. Production of High Undigestible Carbohydrates Rice Noodle Using Unripe Banana Flour. Master Thesis of Science (Food Technology), Mahasarakham University. (in Thai)
- Utrilla, R. , Rodríguez- Huevo, M. , Carrillo- Navas, H. , Hernández- Jaimes, C. , Vernon- Carter,

- E.J. and Alvarez-Ramirez, J. 2014. In vitro digestibility, physicochemical, thermal and rheological properties of banana starches. **Carbohydrate polymers** 101: 154-162.
- Vatanasuchart, N., Niyomwit, B. and Wongkrajang, K. 2012. Resistant starch content, in vitro starch digestibility and physico- chemical properties of flour and starch from Thai bananas. **Maejo International Journal of Science and Technology** 6(2): 259-271.
- Zandonadi, R.P., Botelho, R.B., Gandolfi, L., Ginani, J. S. , Montenegro, F.M. and Pratesi, R. 2012. Green Banana Pasta: An Alternative for Gluten- Free Diets. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics** 112(7): 1068-1072.
- Zheng, Z., Stanley, R., Gidley, M.J. and Dhital, S. 2015. Structural properties and digestion of green banana flour as a functional ingredient in pasta. **Food and Function** 7(2): 771-778.