

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. **ชุดโครงการวิจัย** : โครงการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกล้วยเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตคุณภาพ คุณภาพผลผลิตและเพิ่มมูลค่าทางการตลาด
2. **โครงการวิจัย** : โครงการวิจัยคัดเลือกพันธุ์และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกล้วยเพื่อการบริโภคสด เพิ่มมูลค่าเป็น ผลิตภัณฑ์และการนำสารสำคัญจากกล้วยไปใช้ประโยชน์
- กิจกรรม** : การพัฒนาการใช้ประโยชน์จากคุณค่าทางโภชนาการของกล้วยและการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปชนิดใหม่ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การผลิตฟรุกแทนผงจากกล้วยและการใช้ประโยชน์กากกล้วย
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Fructan From Banana and Application of Residue Banana Puree
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**
หัวหน้าการทดลอง : นางสาววิมลวรรณ วัฒนวิจิตร
กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
ผู้ร่วมงาน : นางสาวอภิญญา พิศาลวัชรินทร์
นายประยูร เอ็นมาก
กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. บทคัดย่อ

การผลิตฟรุกแทนผงจากกล้วยและการใช้ประโยชน์กากกล้วย ดำเนินการทดลองที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างปี 2556 – 2557 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตฟรุกแทนผงจากกล้วยและกากกล้วยที่เหลือมาใช้ประโยชน์ ผลจากการศึกษาการสกัดฟรุกแทนจากกล้วยโดยใช้น้ำเป็นตัวละลายสามารถสกัดฟรุกแทนได้ดีกว่าสารละลายเอทานอล 70% โดยกล้วยหอมดิบเป็นกล้วยที่มีความเหมาะสมในการสกัดฟรุกแทนมากกว่ากล้วยชนิดอื่น ๆ และอัตราส่วนกล้วยหอมต่อน้ำที่

เหมาะสมในการสกัดฟรุกแทนคือ 30 : 100 หลังจากนั้นทดสอบทำแห้งสารสกัดฟรุกแทนจากกล้วยหอมโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอยและการระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศแล้วอบแห้งด้วยลมร้อน พบว่าผงสารสกัดฟรุกแทนจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะมีปริมาณฟรุกแทนทั้งหมดสูงกว่าผงสารสกัดจากระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศแล้วอบแห้งด้วยลมร้อน แต่การอบแห้งแบบพ่นฝอยทำได้ยากกว่าเนื่องจากเกิดการอุดตันของหัวฉีดสารสกัดผงฟรุกแทนจากกล้วยทั้งสองวิธีปริมาณฟรุกแทนต่ำกว่าฟรุกแทนในท้องตลาด ผลการศึกษาการทำแห้งจากกล้วยที่เหลือโดยการอบแห้งแบบโฟมพบว่า egg white powder 0.5 % เป็นสารก่อโฟมที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบโฟมจากกล้วยที่เหลือจากการสกัดฟรุกแทนมากกว่าสารก่อโฟมชนิดอื่น ๆ และจากการทดลองนำผงแป้งมาประยุกต์ใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตวาฟเฟิลผู้บริโภคให้การยอมรับในระดับใกล้เคียงกับวาฟเฟิลสูตรทั่วไป

คำหลัก: ฟรุกแทน กล้วย พรีไบโอติก

Fructans from Banana and Application of Residue Banana Puree was performed during 2013 - 2014 at Postharvest and Processing Research and Development Division. The optimize extract conditions on fructans content in banana were investigated. The results showed that water was more appropriate solvent to extract fructan in banana than 70% v/v ethanol, unripe banana variety Kluy Hom was suitable for fructan extraction and the optimal ratio of banana and water was 30 : 100. Afterward, the fructans extract were dried by spray drying and evaporate under vacuum before hot air oven drying. Banana fructans powder from spray drying was higher fructan content than another method but spray drying was more difficult process because of the spray injection was blocked by extract solution. Both banana fructan powder were fructans content lower than commercial fructans. The results from foam mat drying of residue banana puree showed that 0.5 % egg white powder was appropriate foaming agent and overall acceptability score of waffle that applied to use residue banana powder replace wheat flour was same as common waffle.

Keywords: Fructan banana pre-biotics

6. คำนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสนใจในการรักษาสุขภาพมากยิ่งขึ้น งานวิจัยใหม่ ๆ พบว่านอกเหนือจากคุณค่าทางวิตามิน เกลือแร่ และใยอาหารแล้ว สาร pre-biotic อย่างเช่น Inulin และ Fructooligosaccharide (FOS) หรือที่อาจเรียกรวม ๆ ว่าฟรุกแทน (Fructan) ยังให้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ให้โทษในลำไส้ Roberfroid *et al.*, 1998 ป้องกันอาการท้องผูก

(Nyman, 2002) เพิ่มอัตราการดูดซึ่มแคลเซียม (Abrams *et al.*, 2005) ช่วยให้ระบบลำไส้ทำงานได้เป็นปกติ (Kleessen and Blaut, 2005) และยังช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งลำไส้อีกด้วย (Van Loo *et al.*, 2005)

พืชที่เป็นแหล่งของฟรุกแทนได้แก่ แคนตะวัน (Jerusalem artichoke) นอกจากนี้ยังพบในผักต่าง ๆ เช่น กระเทียม หอมหัวแดง หอมหัวใหญ่ ซึ่งให้ปริมาณ 1.2 - 17.4 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ในผลไม้ เช่น ลำไย ลูกพีช ลูกโหนด และแตงโม ที่ปริมาณ 0.26 - 0.46 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Muir *et al.*, 2007)

กล้วย (Musa spp.) เป็นผลไม้เขตร้อนในวงศ์ Musaceae มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นไม้ผลที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกล้วยประมาณ 866,410 ไร่ เป็นพื้นที่ปลูกกล้วยไข่ 74,225 ไร่ กล้วยหอม 105,248 ไร่ และกล้วยน้ำว้า 686,937 ไร่ มูลค่าการส่งออกกล้วย 25,708 ตัน มูลค่า 379.90 ล้านบาท เป็นการส่งออกกล้วยไข่ 12,633 ตัน มูลค่า 75.71 ล้านบาท กล้วยหอม 9,910 ตัน มูลค่า 149.09 ล้านบาท กล้วยอื่น ๆ (ทั้งผลสดและแปรรูป) 3,167 ตัน มูลค่า 155.11 ล้านบาท (ข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552)

กล้วยพันธุ์ต่างๆสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้เนื่องจากมีแป้งเป็นส่วนประกอบตั้งแต่ร้อยละ 26.3 (กล้วยหักมุก) - 33.1 (กล้วยน้ำว้า) (กองโภชนาการ, มปป) การศึกษาข้อมูลดังกล่าวในกล้วยพันธุ์ต่างๆ จะนำไปสู่การใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าของกล้วย เนื่องจากกล้วยเป็นผลไม้ที่มีโพแทสเซียมสูง แต่แคลอรีค่อนข้างต่ำ มีพลังงาน โปรตีนและเส้นใยทั้งที่ร่างกายมนุษย์ย่อยได้และย่อยไม่ได้ การวิเคราะห์คุณภาพแป้งกล้วยเพื่อให้ทราบคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี ของแป้งกล้วย นำมาเปรียบเทียบกับแป้งอื่นๆที่มีในท้องตลาดใช้เป็นแนวทางการใช้ประโยชน์และนำไปสู่การผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าของกล้วยน้ำว้าที่มีการผลิตมากจนบางครั้งไม่อาจใช้ประโยชน์ได้ทันเกิดปัญหากล้วยล้นตลาดราคาตกต่ำ

กล้วยเป็นผลไม้ที่อยู่คู่กับสังคมไทยมานาน คนไทยสมัยโบราณนิยมเลี้ยงทารกด้วยกล้วยบดเนื่องจากกล้วยโดยเฉพาะกล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และได้มีงานวิจัยจำนวนมากรายงานผลของสารพรีไบโอติกประเภทฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีต่อสุขภาพ งานวิจัยที่เกี่ยวกับปริมาณของฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในกล้วยเริ่มมีมากขึ้น เช่นในรายงานของ Campbell *et al.* (1997) พบว่ากล้วยมีปริมาณ FOS 10.9 % ต่อน้ำหนักแห้ง และ Homme (2001) รายงานว่าในกล้วยบดมีปริมาณ FOS 1.3 mg/g ดังนั้นเพื่อเป็นการใช้ประโยชน์กล้วยที่มีราคาต่ำ และกล้วยดินเต่าซึ่งมีมูลค่าต่ำ จึงควรศึกษาการผลิตฟรุกแทนผงจากกล้วย และการใช้ประโยชน์จากกากกล้วยที่เหลือ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตกล้วยได้

Fructo-oligosaccharide และ Inulin ต่างเป็น oligo และ polysaccharide ของ fructose ซึ่งมี degree of polymerization (DP) ที่แตกต่างกันรวมเรียกว่า fructan (Muir *et al.*, 2007) สารที่มีค่า DP อยู่ระหว่าง 2-9 เรียก Fructo-oligosaccharide (FOS) หรือ oligofructose ส่วนที่มีค่า DP มากกว่า 10 เรียก inulin

จากการสำรวจของประเทศออสเตรเลียพืชที่พบ FOS และ inulin เป็นจำนวนมากได้แก่ แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) นอกจากนี้สารทั้งสองชนิดยังพบในผักต่าง ๆ เช่น กระเทียม หอมหัวแดง หอมหัวใหญ่ ซึ่งให้ปริมาณ 1.2 - 17.4 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด นอกจากนี้ยังพบสารทั้งสองชนิดในผลไม้ เช่น ลำไย ลูกพีช ลูกโหนด และแตงโม ที่ปริมาณ 0.26 - 0.46 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Muir *et al.*, 2007)

คาร์โบไฮเดรตประเภทนี้ได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าสารทั้งสองชนิดสามารถช่วยส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ในลำไส้ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในด้านต่าง ๆ เช่น ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ให้โทษในลำไส้ (Roberfroid *et al.*, 1998) ป้องกันอาการท้องผูก (Nyman, 2002) เพิ่มอัตราการดูดซึมแคลเซียม (Abrams *et al.*, 2005) ช่วยให้ระบบลำไส้ทำงานได้เป็นปกติ (Kleessen and Blaut, 2005) และยังช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งลำไส้อีกด้วย (Van Loo *et al.*, 2005)

พืชเช่น แก่นตะวัน มีปริมาณ Inulin อยู่ถึง 14-19 % พืชชนิดนี้จึงได้รับความสนใจสูงในการนำไปสกัดเพื่อผลิต Inulin ซึ่งใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อส่งเสริมคุณสมบัติของอาหารต่อร่างกาย (functional food) (Lingyun *et al.*, 2007) และหอมหัวใหญ่เป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่มีปริมาณ FOS 11 - 14 mg/g FW (Benkeblia *et al.*, 2005)

ในยุโรป Chicory ใช้เป็นแหล่ง Inulin โดยหั่น แขนงน้ำร้อน กรองแยกสารละลายจะได้สารละลายที่มี fructose สายโซ่ต่าง ๆ ความร้อนจำเป็นต้องใช้เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลาย Inulin (Inulinase) โปรตีนและสารมีขี้อื่น ๆ กำจัดออกด้วย lime หรือ คาร์บอน และ diatomaceous earth แล้ว deionized ด้วย ion exchange resins แยกส่วนของ inulin ที่มี DP สูงที่ต้องการด้วย ethanol crystallization chromatography หรือ ultrafiltration ซึ่งจะช่วยลดปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว น้ำตาลโมเลกุลคู่ กรดอะมิโนที่มวลโมเลกุลต่ำ และโปรตีนอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการได้ (Laurenzo *et al.*, 1999) นอกจากนี้ Saengthongpinit and Sajjaanantakul (2005) ได้อธิบาย การสกัด fructan โดย บดตัวอย่างให้ละเอียด ด้วยเครื่องปั่นด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นชั่งตัวอย่าง 30 กรัม ผสมกับน้ำ deionised ที่อุณหภูมิ 85°C เขย่าตัวอย่างทุก 15 นาทีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นปรับน้ำหนักให้เป็น 100 กรัม แล้วนำไปเหวี่ยงแยกกากที่ความเร็ว 4000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมากรองแยกโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 42 อีกครั้ง แล้วจึงนำตัวอย่างที่ได้มากรองผ่าน syringe filter ขนาด 0.45 ไมครอน แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20°C

การหาปริมาณ Fructans สามารถทำได้หลายวิธีเช่น การใช้ High-Performance Anion-Exchange Chromatography with Pulsed Amperometric Detection (HPAEC-PAD) วิธีการนี้จะใช้เบสเข้มข้นเช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำให้กลุ่มไฮดรอกซิลของคาร์โบไฮเดรตเปลี่ยนเป็น oxyanions ซึ่งทำให้สามารถใช้วิธีโครมาโตกราฟีได้ และยังสามารถใช้หา degree of polymerization ได้อีกด้วย (Lee, 1990)

7. วิธีดำเนินการ :

อุปกรณ์และสารเคมี

- ตัวอย่างกล้วยหอม กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง และกล้วยหักมุก ซื้อมาจากตลาดไท
- ชุดวิเคราะห์ Fructan Assay kit (Megazyme International Ireland Ltd., Wicklow, Ireland)
- Methocel K4M (บริษัท วิกกี เอนเตอร์ไพรส์ จำกัด, เกรดอาหาร)
- Egg white powder (เกรดอาหาร)
- Soy Protein (บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด, เกรดอาหาร)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิพร้อมเครื่องเขย่า Julabo รุ่น SW 21
- เครื่องเตรียมอาหารขนาดเล็ก (Mara, MR1168)
- สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Shimadzu, UV2600)
- ตู้อบแห้งแบบลมร้อน (Binder)
- เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Novasina, TH 200)
- เครื่องวัดสี (Chroma meter, Minolta CR 400)
- เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย
- เครื่องระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศ (Buchi, evaporator R-124)
- เครื่องอบวอฟเฟิล (Homemate)
- เครื่องตีแป้ง (OTTO)

วิธีการ

1. การศึกษาปริมาณฟรุกแทนทั้งหมดในกล้วย

1.1 การศึกษาผลของตัวทำละลายต่อการสกัดฟรุกแทน

ศึกษาเปรียบเทียบสกัดฟรุกแทนจากกล้วยด้วยน้ำและเอทานอล 70 % v/v โดยใช้เนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ ปั่นละเอียด 1 g สกัดด้วยน้ำร้อน และเอทานอล 70 % v/v ร้อน อุณหภูมิ 80°C ปริมาตร 80 ml อย่างละ 5 ซ้ำ นำมาแช่ในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำและเอทานอล 70 % v/v เป็น 100 ml กรองแยกกากด้วยผ้ามีเซลลูโลส เก็บส่วนสารละลาย หาปริมาณ total fructans ในกล้วย โดยวิธี enzymatic /spectrotometric method (AOAC official method 999.03)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณฟรุกแตนมี้ดังนี้

1. กำจัดซูโครส แป้งและน้ำตาลรีดิวิซ โดยบีเปิดตัวอย่างสารสกัด 0.2 mL ใส่ในหลอดทดลองแล้วเติม เอ็นไซม์ Sucase/Amylase ปริมาตร 0.2 mL แล้วนำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาเติมสารละลาย alkaline borohydride ปริมาตร 0.2 mL เขย่าอย่างแรง แล้วบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 30 นาที เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลรีดิวิซให้เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ จากนั้นนำมาเติม สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 200 mM ปริมาตร 0.5 mL แล้วเขย่าอย่างแรง จะได้เป็น solution S

2. ไฮโดรไลซิสและวิเคราะห์ปริมาณฟรุกแทน โดยบีเปิด solution S 0.2 mL ใส่ในหลอดทดลอง จำนวน 3 อัน โดย 2 อันเป็น sample และ อีกหนึ่งอันเป็น sample blank เติมเอ็นไซม์ fructanase ปริมาตร 0.1 mL ใน sample และเติมสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตต 0.1 M ปริมาตร 0.1 mL ใน sample blank บ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 30 นาที เพื่อไฮโดรไลซ์ฟรุกแทนให้เป็นฟรุกโตส และกลูโคส จากนั้นเติมสารละลาย PAHBAH Working Reagent ในทุกหลอดทดลอง พร้อมสารละลาย มาตรฐาน D-fructose และ reagent blank นำไปแช่ในน้ำเดือดเป็นเวลา 6 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำอุณหภูมิ ปกติ 5 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 nM คำนวณปริมาณฟรุกแทนทั้งหมดจากสมการ

$$\text{Fructan (\% w/w)} = \Delta A \times F \times \frac{V}{W} \times 2.48$$

โดย

ΔA = ค่าการดูดกลืนแสงของ sample - ค่าการดูดกลืนแสงของ sample blank

F = 54.5 μ g D-Fructose/ค่าการดูดกลืนแสงของ 54.5 μ g D-Fructose

V = ปริมาตรของสารสกัด

W = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้สกัด (mg)

1.2 การศึกษาปริมาณฟรุกแทนทั้งหมดในกล้วยนิมบริโกลชนิดต่าง ๆ

การทดลองจะศึกษาปริมาณฟรุกแทนทั้งหมดในกล้วยนิมบริโกลทั้งในกล้วยดิบและกล้วยสุก ได้แก่ กล้วยหอม กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง และกล้วยหักมุก วางแผนการทดลองแบบ RCB 3 ซ้ำ โดย ซื้อตัวอย่างกล้วยดิบจากตลาดไท โดยนำตัวอย่างกล้วยแต่ละชนิดมาล้างด้วยน้ำสะอาด ตัดออกจากหวี ปอก เปลือกใช้เฉพาะส่วนเนื้อ และบดให้ละเอียด ซึ่งตัวอย่างกล้วยบดละเอียด 1 g ทำการสกัดฟรุกแทนด้วยน้ำกลั่น อุณหภูมิ 80°C และแช่ในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตร เป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น กรองแยกกาก เก็บส่วนสารละลาย แล้วหาปริมาณ total fructans ในกล้วย โดยวิธี enzymatic /spectrotometric method (AOAC official method 999.03) หลังจากนั้นรอให้กล้วยสุกแล้ว นำมาวิเคราะห์ปริมาณ total fructans เช่นเดียวกัน

1.3 การศึกษาอัตราส่วนกล้วยต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการสกัด

การศึกษาอัตราส่วนกล้วยหอมต่อปริมาณน้ำร้อนที่เหมาะสมในการสกัดจะศึกษาที่ 3 อัตราส่วน คือ 10 : 100 20 : 100 และ 30 : 100 สกัดในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 80°C เป็นเวลา 15 นาที หลังจากการกรอง แยกกาก เก็บสารละลาย แล้วนำกากที่เหลือสกัดซ้ำอีก 1 ครั้ง นำสารละลายที่ได้จากการสกัดแต่ละซ้ำหาปริมาณฟรุกแทน โดยวิธี enzymatic/spectrotometric method โดยใช้ Fructan Assay kit (AOAC official method 999.03)

2. การศึกษาการทำแห้งสารสกัดฟรุกแทนจากกล้วยหอม

การศึกษการทำแห้งสารสกัดฟรุกแทนจากกล้วยหอม จะทำการศึกษาเปรียบเทียบการทำแห้งแบบพ่นฝอยกับการระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศแล้วอบแห้งด้วยลมร้อน เตรียมตัวอย่างสารสกัดฟรุกแทนจากกล้วยโดยใช้กล้วยหอมดิบบดละเอียด 300 กรัม เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 80°C ปริมาตร 1 ลิตร สกัดในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 80°C เป็นเวลา 15 นาที แล้วกรองด้วยผ้ามีสลินเก็บสารละลาย แล้วนำไปทำแห้งดังนี้

2.1 การทำแห้งแบบพ่นฝอย นำสารสกัดที่ได้ทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิขาเข้า 160 °C อุณหภูมิขาออก 80°C

2.2 การระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศแล้วอบแห้งด้วยลมร้อน นำสารสกัดฟรุกแทนจากกล้วยที่ได้ระเหยแห้งเครื่องระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 40°C ความดัน 72 mbar แล้วนำตะกอนที่ได้มาอบด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง

ตัวอย่างสารสกัดฟรุกแทนผงจากการทำแห้งนำมาวิเคราะห์หาปริมาณ total fructans โดยวิธี enzymatic /spectrotometric method (AOAC official method 999.03)

3. การใช้ประโยชน์กากกล้วยที่เหลือจากการสกัดฟรุกแทน

3.1 ศึกษาการทำแห้งกากกล้วยแบบโฟม

การทำแห้งกากกล้วยที่เหลือจากการสกัดฟรุกแทนโดยการทำแห้งแบบโฟม ประยุกต์ใช้วิธีการของ Thuwapanichayanan *et al.* (2008) ซึ่งรายงานว่าคุณภาพของโฟมกล้วยบดที่เหมาะสมคือ 0.5 g/mL โดยศึกษาสารก่อโฟม 6 ชนิด ได้แก่ Soy protein, Methocel K4M, Egg white powder, Soy protein ผสม methocel K4M อัตราส่วน 1 : 1, Soy protein ผสม egg white powder อัตราส่วน 1 : 1 และ methocel K4M ผสม egg white powder อัตราส่วน 1 : 1

3.1.1 หาปริมาณสารก่อโฟมที่เหมาะสม

การหาปริมาณสารก่อโฟมที่เหมาะสมในการทำแห้งกากกล้วยที่เหลือจากการสกัดฟรุกแทนโดยการทำแห้งแบบโฟม โดยเติมปริมาณสารก่อโฟมแต่ละชนิดปริมาณต่าง ๆ โดยใส่สารก่อโฟมเป็นผงแห้ง ลงในกากกล้วย ตีปั่น ด้วยเครื่องปั่นหัวตะกร้อ เป็นเวลา 20 นาที หา foam density โดยนำโฟมใส่ในกระบอกตวง และชั่งน้ำหนัก

3.1.2 ศึกษาการทำแห้งแบบโคม

หลังจากได้ปริมาณสารก่อโคมที่เหมาะสมในการทำโคมกากกล้วยที่เหลือจากการสกัดฟรุกแทนแล้ว นำสารก่อโคมแต่ละชนิดในปริมาณเหมาะสมทำโคมกากกล้วย แล้วเกลี่ยลงในถาดที่รองด้วยฟิล์มพลาสติกให้มีความหนาของโคมประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดผสมอาหาร ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี ของผงกากกล้วยที่ได้

3.2 ศึกษาการประยุกต์ใช้ผงกากกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตวาฟเฟิล

ในการศึกษาการประยุกต์ใช้ผงกากกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการผลิตวาฟเฟิลจะเลือกผงกากกล้วยจากสารก่อโคม 3 ชนิด ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตวาฟเฟิลในอัตราการทดแทนที่ 20% ของปริมาณแป้ง ซึ่งเป็นปริมาณที่ สุชาติ (2549) ได้รายงานว่าเป็นปริมาณเหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง เนื่องจากมีการจัดเรียงตัวของเซลลูลาร์ใกล้เคียงกับแป้งสาลีมากที่สุด ในการผลิตวาฟเฟิลได้ประยุกต์สูตรการทำวาฟเฟิลจากสูตร Crispy buttermilk waffles จาก The secret life of a chef's wife โดยมีส่วนผสมดังนี้

แป้งอเนกประสงค์	200	กรัม
ผงฟู	10	กรัม
เกลือ	3	กรัม
เนยจืด	40	กรัม
ไข่ไก่	2	ฟอง
นมสด	330	กรัม

วิธีทำ

1. ผสมนมสด ไข่แดงและเนย อุณหภูมิให้เนยละลายแล้วผสมให้เข้ากัน
2. ร่อนแป้ง ผงฟู และเกลือ ใส่ในส่วนผสมเหลว
3. คนให้ส่วนผสมเข้ากัน
4. ตีไข่ขาวจนแข็งตัวเป็นโคม แล้วใส่ คนส่วนผสมอย่างเบามือ จนไม่เห็นไข่ขาว
5. เปิดกระทะวาฟเฟิลร้อน
6. หยอดแป้งวาฟเฟิลลงในกระทะอบจนสุก

จากนั้นนำวาฟเฟิลที่ได้วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้บริโภครั้งฝึกฝนจำนวน 20 คน โดยมีระดับคะแนนตั้งแต่ 1-9 คะแนน ดังนี้

- | | | |
|--------------------------|--------------------|------------------------|
| 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด | 2 หมายถึงไม่ชอบมาก | 3 หมายถึงไม่ชอบปานกลาง |
| 4 หมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย | 5 หมายถึงเฉย ๆ | 6 หมายถึงชอบเล็กน้อย |
| 7 หมายถึงชอบปานกลาง | 8 หมายถึงชอบมาก | 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด |

ระยะเวลาดำเนินการ : ตุลาคม 2555 - กันยายน 2557

สถานที่ดำเนินการ : กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาปริมาณฟรุกแทนทั้งหมดในกล้วย

1.1 การศึกษาผลของตัวทำละลายต่อการสกัดฟรุกแทน

จากการศึกษาเปรียบเทียบสกัดฟรุกแทนจากกล้วยด้วยน้ำและเอทานอล 70 % v/v หาปริมาณ total fructans ในกล้วย โดยวิธี enzymatic /spectrotometric method (AOAC official method 999.03) ให้ผลการทดสอบดังแสดงใน Table 1 จะเห็นได้ว่าการสกัดฟรุกแทนในกล้วยน้ำว่า โดยใช้น้ำเป็นตัวละลาย สามารถสกัดฟรุกแทนดีกว่า สารละลายเอทานอล 70% v/v โดยมีปริมาณฟรุกแทนที่สกัดได้จากการสกัดด้วยน้ำและสารละลายเอทานอล 70% v/v เฉลี่ย 0.225 % และ 0.149 % ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชนิดของฟรุกแทนในกล้วยน้ำว่าที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก

Table 1 Total fructan content in Kluay Nam-wa from different solvent extraction

sample	Total fructan content (% w/w)	
	water	70 % v/v ethanol
1	0.254	0.166
2	0.221	0.153
3	0.198	0.145
4	0.206	0.134
5	0.247	0.148
average	0.225	0.149

1.2 การศึกษาปริมาณฟรุกแทนทั้งหมดในกล้วยนิยมบริโภคชนิดต่าง ๆ

การทดลองจะศึกษาปริมาณฟรุกแทนทั้งหมดในกล้วยนิยมบริโภคทั้งในกล้วยดิบและกล้วยสุก ได้แก่ กล้วยหอม กล้วยน้ำว่า กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง และกล้วยหักมุก วางแผนการทดลองแบบ RCB 3 ซ้ำ ผล

การวิเคราะห์ปริมาณฟรุกแตนแสดงใน Table 2 พบว่าปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดในกล้วยน้ำว้าสุก กล้วยไข่สุก และกล้วยเล็บมือนางสุก มีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมด สูงกว่าในกล้วยดิบ แต่กล้วยหอมดิบมีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดสูงกว่ากล้วยหอมสุก และกล้วยหักมุกดิบและสุกมีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Table 2 Total fructan content in different varieties of banana

Banana variety	Total fructan content (% w/w)	
	Unripe banana	ripe banana
Kluay Hom	0.3235 ab	0.2174 bc
Kluay Nam-wa	0.2137 bc	0.3197 ab
Kluay Khai	0.1581 c	0.3199 ab
Kluay Leb mue nang	0.0997 c	0.3620 a
Kluay Hak Muk	0.1496 c	0.1293 c

Means within the same column followed by different letter are significantly different ($P < 0.05$) by DMRT test.

1.3 การศึกษาอัตราส่วนกล้วยต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการสกัด

การศึกษ้อัตราส่วนกล้วยหอมต่อปริมาณน้ำร้อนที่เหมาะสมในการสกัดจะศึกษาที่ 3 อัตราส่วน คือ 10 : 100 20 : 100 และ 30 : 100 ผลการทดลองแสดงดัง Table 3 พบว่าในการสกัดครั้งที่ 1 อัตราส่วนกล้วยหอมต่อปริมาณน้ำร้อน 10 : 100 20 : 100 และ 30 : 100 จะได้ปริมาณฟรุกแตนเฉลี่ย 0.174 0.294 และ 0.305% ตามลำดับ จะเห็นได้เมื่ออัตราส่วนของกล้วยหอมมากขึ้น จะสามารถสกัดฟรุกแตนในการสกัดครั้งที่ 1 ได้มากขึ้น ส่วนการสกัดครั้งที่ 2 จะเป็นปริมาณฟรุกแตนที่เหลือในส่วนกากที่เหลือจากการสกัดครั้งที่ 1 ซึ่งพบว่าทั้งสามอัตราส่วนจะมีปริมาณฟรุกแตนเหลือในปริมาณที่น้อยคือ 0.021 0.013 และ 0.054%

ตามลำดับ ดังนั้นการสกัดฟรุกแทนจากกล้วยหอมที่อัตราส่วนกล้วยหอมต่อน้ำร้อนเป็น 30 : 100 เหมาะสมกว่าที่ 20 : 100 และ 10 : 100

Table 3 Total fructan content in Kluy Hom from different banana and water ratio

ratio	Total fructan content (% w/w)	
	1 st extract	2 nd extract
10 : 100	0.174	0.021
20 : 100	0.297	0.013
30 : 100	0.305	0.054

2. การศึกษาการทำแห้งสารสกัดฟรุกแทนจากกล้วยหอม

2.1 การทำแห้งแบบพ่นฝอย

จากการทดลองทำแห้งโดยนำสารสกัดที่ได้ทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิเข้า 160 °C อุณหภูมิออก 80°C พบว่าไม่สามารถทำแห้งสารสกัดได้ในปริมาณมาก เนื่องจากสารสกัดฟรุกแทนจากกล้วยหอมจะมีลักษณะสารละลายที่มีความหนืดเล็กน้อยเนื่องจากการสกัดด้วยน้ำร้อนอาจสกัดสารกลุ่มเพคตินซึ่งสามารถละลายได้น้ำร้อนเช่นเดียวกันออกมาด้วยจึงทำให้สารสกัดที่ได้เป็นสารละลายหนืด เมื่อทำแห้งเป็นระยะเวลาานจะทำให้หัวฉีดอุดตัน อีกทั้งผงสารสกัดที่ได้ยังไม่ค่อยแห้ง ต้องนำมาอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมงจึงจะมีน้ำหนักคงที่ ผงสารสกัดที่ได้มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นออกเหลือง ดังแสดงใน Figure 1A



(A)

(B)

Figure 2 Fructan powder from two method drying

(A) Spray drying

(B) Evaporation under vacuum and hot air oven

2.2 การระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศแล้วอบแห้งด้วยลมร้อน

จากการทดลองทำแห้งโดยนำสารสกัดฟรุกแตนจากกล้วยที่ได้ระเหยแห้งเครื่องระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 40°C ความดัน 72 mbar แล้วนำกากตะกอนที่ได้มาอบด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง แล้วนำมาบดเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร จะได้ผงสารสกัดฟรุกแตนจากกล้วยหอมที่มีเหลืองแกมเขียวดังแสดงใน Figure 1B โดยสีของผงสารสกัดที่ได้จะมีสีเข้มกว่าผงสารสกัดที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอย

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณฟรุกแตนในตัวอย่างผงสารสกัดฟรุกแตนจากการทำแห้งทั้ง 2 วิธี เทียบกับตัวอย่างฟรุกแตนที่มีขายในท้องตลาดดังแสดงใน Table 4 จะเห็นได้ว่าผงสารสกัดฟรุกแตนจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะมีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดสูงกว่าผงสารสกัดจากกระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศแล้วอบแห้งด้วยลมร้อนโดยมีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมด 8.40 และ 5.59 % w/w ซึ่งมีปริมาณฟรุกแตนต่ำกว่าฟรุกแตนในท้องตลาด ซึ่งมีปริมาณฟรุกแตนสูง 43.12 และ 33.30 %w/w ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผงสารสกัดฟรุกแตนจากกล้วยหอมที่ได้ยังมีส่วนประกอบของสารที่สามารถละลายได้ในน้ำร้อนเช่นเพคตินหรือสารอื่น ๆ ละลายออกมาด้วยจึงทำให้ปริมาณผงสารสกัดที่ได้มีปริมาณมาก แต่มีปริมาณฟรุกแตนต่ำ ทั้งนี้อาจจำเป็นต้องแยกฟรุกแตนออกจากสารปนเปื้อนอื่น ๆ เพื่อให้ได้สารสกัดที่มีปริมาณฟรุกแตนที่สูงขึ้น

Table 4 Total fructan content in fructan powder

Sample	Total Fructan content (% w/w)
Fructan powder from spray drying	8.40
Fructan powder from oven drying	5.59
Commercial Fructan 1	43.12
Commercial Fructan 2	33.30

3. การใช้ประโยชน์จากกล้วยที่เหลือจากการสกัดฟรุกแตน

3.1 ศึกษาการทำแห้งจากกล้วยแบบโพน

การทำแห้งกากกล้วยที่เหลือจากการสกัดฟรุกแทนโดยการทำแห้งแบบโฟม ประยุกต์ใช้วิธีการของ Thuwapanichayanan *et al.* (2008) ซึ่งรายงานว่าความหนาแน่นของโฟมกล้วยบดที่เหมาะสมคือ 0.5 g/mL โดยศึกษาสารก่อโฟม 6 ชนิด ได้แก่ Soy protein, Methocel K4M, Egg white powder, Soy protein ผสม methocel K4M อัตราส่วน 1 : 1, Soy protein ผสม egg white powder อัตราส่วน 1 : 1 และ methocel K4M ผสม egg white powder อัตราส่วน 1 : 1

3.1.1 หาปริมาณสารก่อโฟมที่เหมาะสม

การหาปริมาณสารก่อโฟมที่เหมาะสมในการทำแห้งกากกล้วยที่เหลือจากการสกัดฟรุกแทนโดยการทำแห้งแบบโฟม ความหนาแน่นของโฟมแสดงดัง Table 5 จะเห็นได้ว่า สารก่อโฟมแต่ละชนิดจะให้ปริมาณแตกต่างกันไป โดยปริมาณสารก่อโฟมที่เหมาะสมที่ให้ความหนาแน่นของโฟมเป็น 0.5 g/mL คือ Soy Protein 5 % , Egg white powder 0.5 % , Soy Protein + Methocel K4M 5 % , Soy Protein + Egg white powder และ Methocel K4M + Egg white powder 0.5 % ส่วน Methocel K4M ไม่สามารถผลิตโฟมที่ความหนาแน่น 0.5 g/mL จึงเลือกที่ให้ความหนาแน่นของโฟมต่ำสุดคือ 1%

Table 5 Foam density at different level of foaming agent

Foaming agent	% in total mixture	Foam density (g/ml)
Soy Protein	1	0.994
	3	0.571

	5	0.532
	0.5	0.872
Methocel K4M	1	0.765
	2	0.963
	1	0.403
Egg white powder	0.5	0.498
	0.3	0.652
	1	1.076
Soy Protein + Methocel K4M	3	0.786
	5	0.512
	0.5	0.543
Soy Protein + Egg white powder	0.7	0.502
	1	0.467
	0.3	0.407
Methocel K4M + Egg white powder	0.5	0.514
	1	0.744

3.1.2 ศึกษาการทำแห้งแบบโคม

เมื่อทดสอบนำสารก่อโคมแต่ละชนิดในปริมาณเหมาะสมทำโคมกากกล้วย แล้วเกลี่ยลงในภาชนะที่รองด้วยฟิล์มพลาสติกให้มีความหนาของโคมประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร จะได้ผงกากกล้วยสีน้ำตาลอ่อน คุณสมบัติของผงกากกล้วยที่ได้แสดงดัง Table 6 จะเห็นได้ว่า ค่าความชื้นของผงกากกล้วยอยู่ในช่วง 3.98 – 7.27 โดยการใส่ soy protein จะให้ผงกากกล้วยที่มีความชื้น และปริมาณน้ำอิสระสูงสุด ส่วนกากกล้วยจากสารก่อโคมชนิดอื่น ๆ มีค่าความชื้นและปริมาณอิสระที่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาค่าสีของผงกากกล้วยจะเห็นว่า ผงกากกล้วยที่ใช้ soy protein เป็นสารก่อโคมจะมีสีเข้มที่สุดโดยมีค่าความสว่าง (L*) ต่ำกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ผงกากกล้วยที่ใช้สารก่อโคมชนิดอื่น ๆ จะมีสีใกล้เคียงกัน โดย egg white powder และ Methocel K4M + Egg white powder เป็นสารก่อโคมที่ใช้ปริมาณต่ำกว่าสารก่อโคมชนิดอื่น คือ 0.5 % จึงได้เลือกผงกากกล้วยโดยใช้ egg white powder และ Methocel K4M + Egg white powder เป็นสารก่อโคม และเลือก Soy

Protein + Methocel K4M 5 % ซึ่งใช้สารก่อโฟมในปริมาณสูง ในการศึกษาการใช้ผงกากกล้วยทดแทนแป้งสาาลีในการผลิตวาฟเฟิลเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของเนื้อสัมผัสของวาฟเฟิล

Table 6 Property of residue banana powder from different foaming agent

Property	Soy Protein	Methocel K4M	Egg white powder	Soy Protein + Methocel K4M	Soy Protein + Egg white powder	Methocel K4M + Egg white powder
Moisture (%)	7.29	4.45	4.87	5.63	3.98	4.14
A _w	0.515	0.137	0.371	0.275	0.115	0.202
Lightness score (L*)	61.98	68.70	64.98	70.34	67.25	68.08
Green- red score (a*)	3.33	2.65	3.15	2.25	2.46	2.77
Blue – yellow score (b*)	9.35	9.65	11.21	9.26	9.27	10.10

3.2 ศึกษาการประยุกต์ใช้ผงกากกล้วยทดแทนแป้งสาาลีในการผลิตวาฟเฟิล

ในการศึกษาการประยุกต์ใช้ผงกากกล้วยทดแทนแป้งสาาลีในการผลิตวาฟเฟิลจะเลือกผงกากกล้วยจากสารก่อโฟม 3 ชนิด คือ egg white powder, Methocel K4M + Egg white powder และ Soy Protein + Methocel K4M 5 % ทดแทนแป้งสาาลีในการผลิตวาฟเฟิลในอัตราการทดแทนที่ 20% ของปริมาณแป้ง ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยผู้บริโภคนักชิมจำนวน 20 คน แสดงดัง Table 7 จะเห็นได้ว่าผู้บริโภคให้การยอมรับในลักษณะปรากฏ สี วาฟเฟิลที่ทดแทนแป้งสาาลีด้วยผงกล้วยต่ำกว่าวาฟเฟิลสูตรทั่วไป เนื่องจากวาฟเฟิลที่ผสมผงกากกล้วยจะมีสีที่เข้มกว่าวาฟเฟิลสูตรทั่วไปดังแสดงใน Figure 2 แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคนิยมยอมรับในระดับชอบเล็กน้อย ผู้บริโภคให้การยอมรับในกลิ่นและรสชาติของวาฟเฟิลสูตรทั่วไประดับชอบเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวาฟเฟิลสูตรทั่วไปนี้เป็นสูตรพื้นฐานสำหรับรับประทานคู่กับอาหารชนิดอื่น ๆ ซึ่งไม่ได้เติมน้ำตาล ซึ่งผู้บริโภคนักชิมส่วนใหญ่จะนิยมรับประทานวาฟเฟิลที่มีรสหวานเล็กน้อยจึงให้การยอมรับในระดับชอบเล็กน้อย และให้การยอมรับกลิ่นและรสชาติของวาฟเฟิลที่ผสมผงกากกล้วยในระดับที่ต่ำกว่า ในส่วนของเนื้อสัมผัสผู้บริโภคนักชิมจะให้การยอมรับวาฟเฟิลที่ผสมผงกากกล้วยที่ใช้ Soy Protein + Methocel K4M ในระดับต่ำกว่าตัวอย่างวาฟเฟิลอื่น ๆ เนื่องจากการใช้ Soy Protein + Methocel K4M เป็นสารก่อโฟมจะใช้ในปริมาณ

5% ซึ่งสูงกว่าสารก่อโฟมอีกสองชนิด ทำให้วาฟเฟิลที่ได้มีลักษณะที่แข็งกรอบกว่าตัวอย่างวาฟเฟิลอื่น ส่วนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคให้การยอมรับวาฟเฟิลที่ผสมผงกล้วยที่ใช้ egg white powder เป็นสารก่อโฟมในระดับที่ไม่ต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับวาฟเฟิลสูตรทั่วไป คือชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ดังนั้นการใช้ egg white powder เป็นสารก่อโฟมในการทำแห้งแบบโคมกากล้วยที่หลีกเลี่ยงการสกัดฟรุกแทนมากกว่าสารก่อโฟมชนิดอื่น ๆ เนื่องจากใช้ปริมาณน้อย และเมื่อนำผงแป้งมาประยุกต์ใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตวาฟเฟิลผู้บริโภคให้การยอมรับในระดับใกล้เคียงกับวาฟเฟิลสูตรทั่วไป

Table 7 Sensory scores of waffle used residue banana powder from different foaming agent replace wheat flour at 20 %

Foaming agent	Appearance	color	smell	flavor	texture	Overall liking
white egg powder	6.90b	6.80b	6.50a	5.70b	6.20b	6.45a
Methocel K4M + Egg white powder	6.35bc	6.05c	5.85b	5.15b	5.95b	5.95bc
Soy Protein + Methocel K4M	6.20c	6.50bc	6.25ab	5.40b	5.15c	5.50c
Control waffle	7.55a	7.75a	6.80a	6.40a	7.25a	7.25a

Means within the same column followed by different letter are significantly different ($P < 0.05$) by DMRT test.

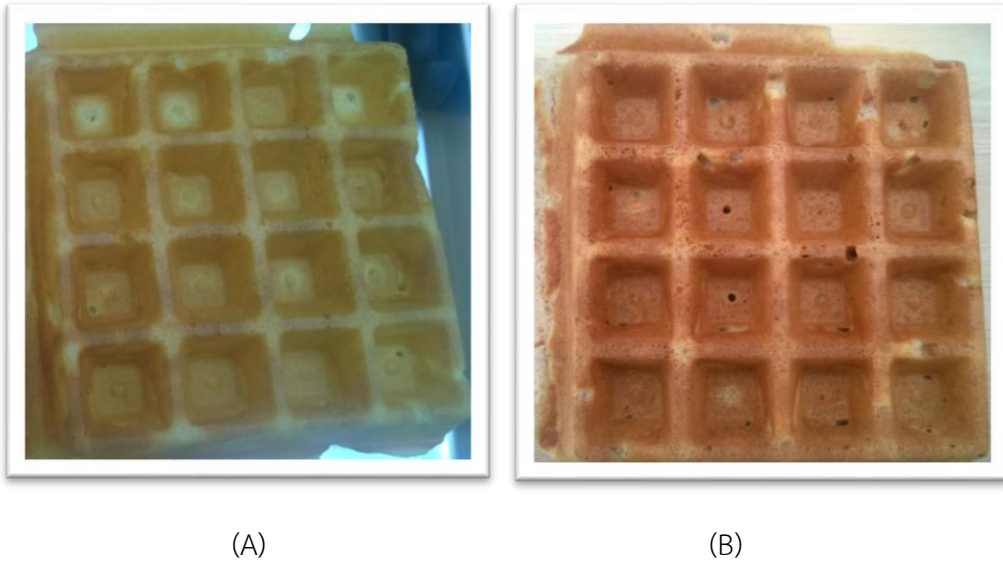


Figure 2 (A) control waffle from wheat flour

(B) waffle used residue banana powder replace wheat flour at 20 %

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ :

การสกัดฟรุคแทนจากกล้วยโดยใช้น้ำเป็นตัวละลายสามารถสกัดฟรุคแทนได้ดีกว่าสารละลายเอทานอล 70% โดยกล้วยหอมดิบเป็นกล้วยที่มีความเหมาะสมในการสกัดฟรุคแทนมากกว่ากล้วยชนิดอื่น ๆ เนื่องจากเป็นกล้วยดิบที่มีปริมาณฟรุคแทนสูงและสามารถนำกากที่เหลือจากการสกัดมาผลิตเป็นผงกากกล้วยต่อได้ อัตราส่วนกล้วยหอมต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดฟรุคแทนคือ 30 : 100 เมื่อทดสอบทำแห้งสารสกัดฟรุคแทนจากกล้วยหอมโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอยและการระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศแล้วอบแห้งด้วยลมร้อนผงสารสกัดฟรุคแทนจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะมีปริมาณฟรุคแทนทั้งหมดสูงกว่าผงสารสกัดจากระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศแล้วอบแห้งด้วยลมร้อน แต่มีปริมาณฟรุคแทนต่ำกว่าฟรุคแทนในท้องตลาด อาจจำเป็นต้องแยกฟรุคแทนออกจากสารปนเปื้อนอื่น ๆ เพื่อให้ได้สารสกัดที่มีปริมาณฟรุคแทนที่สูงขึ้น กากกล้วยที่เหลือจากการสกัดสามารถนำมาผลิตเป็นผงกากกล้วยโดยใช้ egg white powder 0.5 % เป็นสารก่อโฟมที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบโฟมกากกล้วยที่เหลือจากการสกัดฟรุคแทนมากกว่าสารก่อโฟมชนิดอื่น ๆ และเมื่อนำผงแป้งมาประยุกต์ใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตวาฟเฟิลผู้บริโภคให้การยอมรับในระดับใกล้เคียงกับวาฟเฟิลสูตรทั่วไป

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :

ผลจากการทดลองนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสกัดและกระบวนการทำแห้งสารสกัดฟรุกแทนจากกล้วย และการประยุกต์ใช้ผงกากกล้วยผลิตภัณฑ์อาหาร หรือต่อยอดเพื่อพัฒนากรรมวิธีการสกัดให้มีประสิทธิภาพดีมากขึ้นต่อไป และเป็นเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตรที่มีมูลค่าต่ำ

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

-

12. เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ, มปป. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของกล้วย กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวง

สาธารณสุข <http://piak168.tripod.com/list7.html>

สุชาติ ไม้สนธิ (2549) การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยน้ำว้าในผลิตภัณฑ์ขนมอบ. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.

สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 110 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิตและผลผลิตเฉลี่ยไม้ผล 2543-2552

Abrams, S.A., Griffin, I.J., Hawthorne, K.M., Liang, L., Gunn, S.K., Darlington, G. and Ellis, K.J.

2005. A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents. The American Journal of Clinical Nutrition. 82(2): 471-476.

AOAC. 2006. Official Method of analysis of AOAC International. 18th. Association of Official Analytical Chemist. Gaithersburg, Md.

Campbell, J. M., Bauer, L. L., Fahey, G. C., Hogarth, A. J. C. L., Wolf, B. W., & Hunter, D. E.

(1997). Selected Fructooligosaccharide (1-Kestose, Nystose, and 1F- β -

Fructofuranosyl-nystose) Composition of Foods and Feeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45(8), 3076-3082.

Homme, C. L., Peschet, J.L., Puigserver, A., Biagini, A. (2001). Evaluation of fructans in various fresh and stewed fruits by high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection. J Chromatogr A., 920, 291–297.

Kleessen, B. and Blaut, M. 2005. Modulation of gut mucosal biofilms. The British Journal of Nutrition. 93: S35-S40.

Muir, J.G., Shepherd, S.J., Rosella, O., Rose, R., Barrett, J.S. and Gibson, P.R. 2007. Fructan and Free Fructose Content of Common Australian Vegetables and Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 6619-6627.

Nyman, M. 2002. Fermentation and bulking capacity of ingestible carbohydrates: the case of inulin and oligofructose. *The British Journal of Nutrition*. 87: S163-S168.

Roberfroid, M. B. (2007). Inulin-type fructans: functional food ingredients. *Journal of Nutrition*, 137, 2493S–2502S.

Van Loo, J.A.B., Clune, Y. and Collins, J.K. 2005. The SYCAN projects: Goals, setups, first results and settings of the human intervention study. *The British Journal of Nutrition*. 93: S91-S98.