



Research article

Development of Banana Milk Product Supplemented with Banana Peel Powder from Sub-standard Hom-Thong Banana (*Musa acuminata*)

Patchaniya Akepach^{1*}

¹ Health and Aesthetic Business Management Department,

Faculty of Management Science, Surat Thani Rajabhat University, Surat Thani, THAILAND

ABSTRACT

Bananas are classified as an economic crop in ASEAN. Currently, Thailand's Hom-Thong bananas are marketed both within the country and abroad due to the production of plants for export. Produce with good quality will be selected for export while that does not meet the standard for export is thrown away. When graded bananas are processed into products, there will be leftovers such as peels that are discarded as waste, which is a serious problem for farmers. Therefore, studying the economic utilization of bananas and banana waste, whether it is simple processing that farmers can do themselves or industrially to add value. It is another way to create careers and increase income for farmers. The objective of this research was to study the amount of sub-standard Hom-Thong banana peels in banana milk products. The ratio of banana pulp, milk powder, and water (grams per 100 grams) was studied using the experimental design program to design a set of experiments for Principal Component Analysis (PCA) with a multivariate technique for linear summation. Then, the best ingredient formula was used to develop a banana milk product fortified with banana peel powder at three levels: 0, 0.25, and 0.5 grams per 100 grams. The results of consumer acceptability using 9-points hedonic scale test by using 10 trained panelists showed that banana milk products with added banana peel powder equal to 0.5 grams per 100 grams (banana pulp, milk powder, water, and banana peel powder were 12.19, 29.35, 57.96, and 0.5 grams per 100 grams, respectively) had the overall acceptability score of 8 (like very much). While the experimental set with added banana peel powder of 0.25 grams per 100 grams (banana pulp, powdered milk, water, and banana peel powder were 12.22, 29.43, 58.1, and 0.25 grams per 100 grams, respectively) had moderate acceptability of color when compared to other experimental sets. The selected banana milk formula contained 0.5 grams of banana peel powder per 100 grams providing dietary fiber 0.75 grams per 1 serving (a box of 150 grams) which accounts for 0.8 percent of the recommended daily intake.

Key words: Sub-standard Hom-Thong banana; Banana peel; Banana peel powder; Banana milk drink

Received: 27 November 2023

Accepted: 12 February 2024

Available online: 16 February 2024

*Corresponding author's email: Patchaniya.ake@sru.ac.th

บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมกล้วยเสริมเปลือกกล้วยผง จากเปลือกกล้วยหอมทอง (*Musa acuminata*) ตกมาตรฐาน

พัชฌันญา เอกเพชร^{1*}

¹ สาขาวิชาการจัดการธุรกิจสุขภาพและความงาม คณะวิทยาการจัดการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

บทคัดย่อ

กล้วยจัดเป็นพืชเศรษฐกิจหนึ่งของอาเซียน ปัจจุบันกล้วยหอมทองของประเทศไทยทำตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศเนื่องจากการผลิตพืชเพื่อการส่งออก ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพจะถูกเลือกไป ทั้งผลผลิตที่ไม่ได้ตามมาตรฐานส่งออก การนำกล้วยตกมาตรฐานไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จะมีเศษที่เหลือใช้ เช่น เปลือก ทั้งเป็นขยะซึ่งเป็นปัญหากับเกษตรกรผู้ผลิตเป็นอย่างมาก ดังนั้นการศึกษาการใช้ประโยชน์จากกล้วยและสิ่งเหลือใช้ของกล้วยเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะแปรรูปอย่างง่ายที่เกษตรกรทำได้เองหรือในเชิงอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นการสร้างอาชีพและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรอีกทางหนึ่ง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณเปลือกกล้วยหอมทองตกมาตรฐานในผลิตภัณฑ์นมกล้วย โดยศึกษาอัตราส่วนของเนื้อมากกล้วย นมผง และน้ำ (กรัมต่อ 100 กรัม) โดยใช้โปรแกรม Experimental Design ในการออกแบบชุดการทดลองเพื่อการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) ด้วยเทคนิคหลายตัวแปรในการสรุปเชิงเส้น จากนั้นนำสูตรส่วนประกอบที่ดีที่สุดมาพัฒนาผลิตภัณฑ์นมกล้วยเสริมเปลือกกล้วยผงสามระดับ คือ 0, 0.25 และ 0.5 กรัมต่อ 100 กรัม ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี 9-point hedonic test โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน พบว่าผลิตภัณฑ์นมกล้วยที่มีการเติมผงเปลือกกล้วยหอมทองตกมาตรฐาน 0.5 กรัมต่อ 100 กรัม (เนื้อมากกล้วย นมผง น้ำ และเปลือกกล้วยผง เท่ากับ 12.19, 29.35, 57.96 และ 0.5 กรัมต่อ 100 กรัม) ได้รับความชอบโดยรวมในระดับ 8 คือ ชอบมาก ในขณะที่ชุดการทดลองที่มีการเติมผงเปลือกกล้วยหอมทองตกมาตรฐาน 0.25 กรัมต่อ 100 กรัม (เนื้อมากกล้วย นมผง น้ำ และเปลือกกล้วยผง เท่ากับ 12.22, 29.43, 58.1 และ 0.25 กรัมต่อ 100 กรัม) มีความชอบของสีในระดับปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น โดยสรุปผลิตภัณฑ์นมกล้วยเสริมใยอาหารสูตรที่ได้รับการคัดเลือก มีเปลือกกล้วยผง 0.5 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเมื่อรับประทาน 1 หน่วยบริโภค (1 กล่อง 150 กรัม) จะได้รับปริมาณใยอาหารเท่ากับ 0.75 กรัม คิดเป็นร้อยละ 0.8 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน

คำสำคัญ: กล้วยหอมทองตกมาตรฐาน, เปลือกกล้วย, เปลือกกล้วยผง, เครื่องดื่มนมกล้วย

*Corresponding author's email: Patchaniya.ake@sru.ac.th



บทนำ

ปัจจุบันภาคการภาคอุตสาหกรรมผลิตและการแปรรูปได้ให้ความสำคัญกับการหาแหล่งพลังงานทดแทนหรือวัตถุดิบทางเลือกเพื่อทดแทนการใช้ปิโตรเลียมหรือการผลิตก๊าซเรือนกระจก โลหะเป็นพิษต่างๆ โดยมุ่งความสำคัญไปที่การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรซึ่งมีต้นทุนต่ำและสามารถประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมทุกประเภทเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตอย่างยั่งยืน¹ จากการศึกษาข้อมูลขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) อาหารที่ผลิตเพื่อการบริโภคของมนุษย์ทั่วโลก เกิดการสูญเสียหรือถูกทิ้ง 1 ใน 3 รวมปริมาณได้ 1.3 พันล้านตันต่อปี² การสูญเสียตลอดห่วงโซ่อาหาร ของผักและผลไม้มีมากถึงร้อยละ 15-50 และธัญพืช สูญเสีย ถึงร้อยละ 12-30 ทำให้เกิดผลกระทบต่อในด้านต่างๆ อาทิ ด้านเศรษฐกิจ คือสูญเสียโดยไม่เกิดประโยชน์ และมีผลให้ราคาผลิตภัณฑ์แพงขึ้น ด้านสิ่งแวดล้อม คือก่อให้เกิดขยะเพิ่มขึ้น สร้างมลภาวะแก่บรรยากาศ ด้านสังคม อาหารไม่เพียงพอในบางพื้นที่และส่งผลกระทบต่อความมั่นคงและความยั่งยืนอาหาร³ เมื่อพิจารณาการสูญเสียอาหารตลอดห่วงโซ่อาหารสามารถแบ่งออกเป็นสองค่าหลักๆ ค่าแรกคือ Food Loss หมายถึง การลดลงของน้ำหนักของอาหารหรือการลดลงของคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร (คุณภาพ) ที่มนุษย์ใช้บริโภค โดยอาจเกิดจากการสูญเสียในกระบวนการเพาะปลูก การเลี้ยง การขนส่ง การแปรรูป การเก็บรักษาซึ่งหมายถึงตลอดห่วงโซ่ของการเกษตรจนเป็นอาหารสำเร็จพร้อมส่งเพื่อการบริโภค ค่าที่สองคือ Food Waste หมายถึง การสูญเสียในขั้นตอนการเตรียมเป็นอาหารเพื่อบริการและอาหารที่บริโภคและของเหลือจากการบริโภคแล้วต้องทิ้ง³ สำหรับเปลือกกล้วยนั้นคิดเป็นร้อยละ 35 ของน้ำหนักระหว่างกระบวนการแปรรูป⁴ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่มีกระบวนการใช้ประโยชน์หรือการจัดการอย่างเหมาะสม โดยทั่วไปเปลือกกล้วยถูกทิ้งและรอการย่อยสลายธรรมชาติหรือทิ้งรวมกับวัสดุเศษเหลือ

อื่นๆ ก่อให้เกิดปัญหากลิ่นไม่พึงประสงค์และเป็นแหล่งก่อให้เกิดเชื้อโรคอันเนื่องจากการเน่าเสียวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวคือการการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่เปลือกกล้วยซึ่งอุดมไปด้วยการสกัดสารอาหารต่างๆ ที่มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม ทั้งในการประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมอาหาร มนุษย์ สัตว์ และพืช ได้แก่ สารให้กลิ่นรส แป้ง เพคติน สารให้สี โยอาหาร สารสำคัญต่างๆ ในอุตสาหกรรมยา และอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร ได้แก่ กระดาษ สิ่งทอ เอทานอล⁵ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย ซึ่งประกอบด้วยใยอาหารทั้งหมดในปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 50 ของน้ำหนักแห้ง⁶ จึงจัดว่ามีแนวโน้มที่เหมาะสมและคุ้มค่าต่อการวิจัยพัฒนากรรมวิธีการสกัดใยอาหารและการประยุกต์ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มแก่เปลือกกล้วยต่อไป องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย พบว่า มีค่าปริมาณน้ำ โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 50.5, 5.3, 1.6, 19.2, 8.8 และ 14.6 ตามลำดับ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเปลือกกล้วยเป็นแหล่งสารอาหารราคาต่ำที่สามารถพัฒนาต่อยอดสำหรับผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย⁷ นอกจากนี้มีการประยุกต์ใช้เนื้อกล้วยหอมในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างหลากหลาย ได้แก่ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตซึ่งการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตซึ่งใช้กล้วยหอมที่มีอายุ 90 วัน ในสูตรส่วนผสมพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ในโยเกิร์ตที่เติมกล้วยหอมปริมาณ 10 กรัม โดยโยเกิร์ตกล้วยหอมมีความคงตัวไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์⁸ การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงเพื่อสุขภาพ โดยการคัดเลือกสูตรเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงต้นแบบจาก 4 สูตร คือ สูตรนมสด สูตรกะทิธัญพืช สูตรน้ำนมข้าวโพด และสูตรนมถั่วเหลือง พบว่าเครื่องดื่มกล้วยหอมทองสูตรกะทิธัญพืชได้รับความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รส กลิ่นรสกล้วย ความเปรี้ยว สูงกว่าสูตรอื่น

และได้รับการคัดเลือกเป็นลำดับที่หนึ่งจากการทดสอบความชอบด้วยวิธีเรียงลำดับ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมของกะทิธัญพืช น้ำเชื่อมฟรีไบโอติก และโยเกิร์ต คือสูตรที่ประกอบด้วยกะทิธัญพืช น้ำเชื่อมฟรีไบโอติก และโยเกิร์ต ในปริมาณ 11.5, 13.0 และ 1.5 กรัมต่อปริมาณส่วนผสมทั้งหมด 100 กรัม ตามลำดับ ได้รับความชอบโดยรวมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด⁹ เปลือกกล้วยฝงมีประโยชน์ต่อร่างกายเนื่องจากสามารถป้องกันโรคหลากหลายชนิด ได้แก่ โรคหัวใจและหลอดเลือด ท้องผูก ลำไส้แปรปรวนโรคมะเร็งลำไส้และโรคเบาหวาน เป็นต้น¹⁰ สำหรับประเทศไทย Thai Recommended Daily Intake (Thai RDI) ได้กำหนดปริมาณใยอาหารที่ร่างกายควรรับเท่ากับ 25 กรัมต่อวัน¹¹ การรับประทานผักผลไม้วันละ 5 หน่วยบริโภค ธัญพืชไม่ขัดสีและถั่ววันละ 7 หน่วยบริโภค โดยผักผลไม้ 1 ส่วนโดยประมาณเท่ากับ 80 กรัม และธัญพืชไม่ขัดสีและถั่ว 1 ส่วนโดยประมาณ 55-65 กรัม จะทำให้ร่างกายได้รับใยอาหารเพียงพอต่อหนึ่งวัน อย่างไรก็ตามในภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของสังคมไทยในยุคโลกาภิวัตน์ทำให้พฤติกรรมกรรมการบริโภคของผู้บริโภคเปลี่ยนไปเช่นกันคือผู้บริโภคมีความนิยมอาหารแปรรูปและอาหารสำเร็จรูปเพิ่มมากขึ้นแต่ยังคงมีความตระหนักต่อสุขภาพ การเสริมใยอาหารลงในผลิตภัณฑ์อาหารที่ผู้บริโภคนิยมหรือพัฒนาในรูปแบบที่สะดวกต่อการรับประทานจึงเป็นอีกแนวทางเพื่อเพิ่มทางเลือกแก่ผู้รักสุขภาพในยุคปัจจุบัน การผลิตใยอาหารฝงจากเปลือกมะม่วงที่ได้จากการผลิตไซรัป และพบว่าหลังจากผ่านกระบวนการบดเปียก ล้างและทำให้แห้ง ใยอาหารฝงมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ 28.1 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง และมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ 11.4 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง ซึ่งจัดว่าเปลือกมะม่วงเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี¹² รวมถึงความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกแครอทเป็นวัตถุดิบในการผลิตใยอาหารฝงเสริมสุขภาพ โดยมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดและใยอาหารที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 45.5 และ 10.4 กรัมต่อ 100 กรัมใยอาหารแห้ง

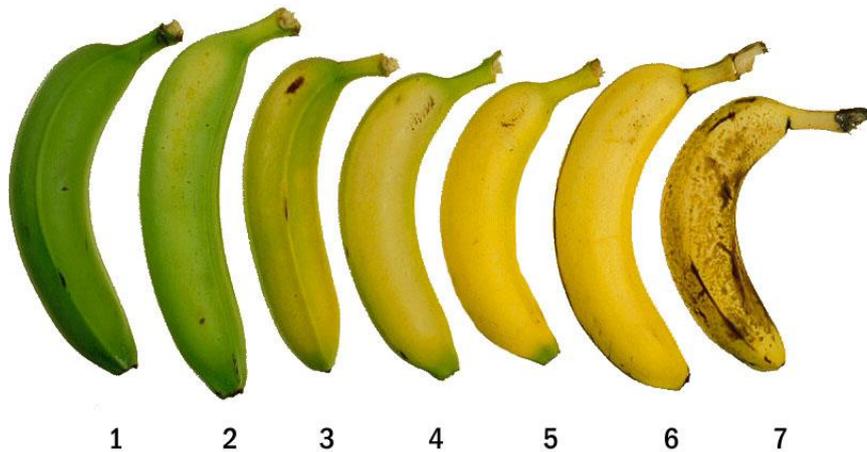
ตามลำดับและมีความสามารถในการอุ้มน้ำและค่าพองตัวเท่ากับ 17.8-24.9 กรัม น้ำต่อกรัมใยอาหาร และ 27.1-34.1 มิลลิลิตรต่อกรัมตัวอย่างแห้งตามลำดับ¹³ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากเศษผักผลไม้เหลือทิ้งอีกหลายชนิด เช่น กากและเปลือก แอปเปิ้ล¹⁴ เปลือกมะนาว¹⁵ และ กาบใบนอกของกะหล่ำปลี¹⁶ ดังนั้นการวิจัยการวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณเปลือกกล้วยหอมทองตมมาตรฐานชนิดฝงเพื่อเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์นมกล้วย เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เปลือกกล้วยฝงสกัดในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพอันเป็นจุดเริ่มต้นในการต่อยอดสำหรับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ สำหรับการสร้างรายได้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรกรทำสวนกล้วยตำบลถ้ำสิงห์ อำเภอเมืองจังหวัดชุมพร อีกทั้งเป็นแนวทางในการพัฒนากลุ่มเกษตรกรเพื่อเป็นชุมชนต้นแบบ Zero waste ของธุรกิจกล้วยหอมทองส่งออกและแปรรูปต่อไปอย่างยั่งยืน

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างผลและเปลือกกล้วยหอมทอง ตมมาตรฐาน

กล้วยหอมทอง ตมมาตรฐาน (*Musa acuminata*) ได้รับความอนุเคราะห์จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรกรทำสวน กล้วยตำบลถ้ำสิงห์ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร การเก็บเกี่ยวกล้วยจะขึ้นอยู่กับระยะทางการขนส่งเป็นสำคัญโดยระยะแก่ที่จะตัดเพื่อส่งต่างประเทศคือกล้วยแก่ร้อยละ 70 แสดงดังภาพที่ 1 กลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ ได้มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพและการตรวจคุณภาพกล้วยหอมทองส่งออกของทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ คือสีเนื้อของเนื้อกล้วยอยู่ระหว่างร้อยละ 75 - 80 ขนาดความกว้างและความยาวของต่อลูก คือ 3 - 4 เซนติเมตร และ 14 - 20 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักกล้วยหนึ่งผลต้องมากกว่า 110 กรัม กล้วยที่มีขนาดเล็กต้องนำไปซึ่งดูให้แน่นอนและชัดเจน และต้องมีได้เพียง 2 ลูกต่อ 1 หวี ลายจุดบนเปลือกกล้วยมีได้แต่

BANANA RIPENESS CHART



ภาพที่ 1 : ระยะการสุก 7 ระยะของกล้วยจำแนกจากสีผิวภายนอก¹⁷.

ไม่ให้มีมากเกินไป 20 จุด ความลึกของรอยถลอกต้องไม่เกิน 1 มิลลิเมตร ถ้าเป็นรอยที่เกิดขึ้นใหม่ให้คัดออก บริเวณก้านและผลกล้วยต้องไม่มีรอยชำใดๆ โดยกล้วยหอมทองที่ไม่ได้ขนาดตามที่กำหนดดังกล่าวข้างต้นจัดเป็นกล้วยหอมทองตกมาตรฐานซึ่งนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จากนั้นกล้วยหอมทองตกมาตรฐานบรรจุในเชิงขนส่งสู่สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี นำมาวางบ่มที่อุณหภูมิห้อง (20 – 25 องศาเซลเซียส) จนถึงความสุกระยะที่ 7 แสดงภาพที่ 1

2. การเตรียมเปลือกกล้วยหอมทองผง

เตรียมเปลือกกล้วยตามวิธีของ Wachirasiri et.al. (2009)⁶ การเตรียมเปลือกกล้วยบดแห้งโดยนำกล้วยตกมาตรฐานที่ความสุกระยะ 7 มาล้างทำความสะอาดโดยการล้างผ่านน้ำประปา จากนั้นปอกเปลือกแล้วหั่นเปลือกกล้วย (ไม่รวมส่วนก้านของผลกล้วย) เป็นชิ้นขนาดเล็ก จากนั้นนำมาเผาใส่ถาดสแตนเลส นำมาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง (มีค่า water activity น้อยกว่า 0.6 และมีค่าความชื้น 11.06 ± 0.01 กรัมต่อ 100 กรัม) จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดสมุนไพร (รุ่น G-

500 บริษัท Thaigrinder ประเทศไทย) และร่อนผ่านตะแกรงขนาดความกว้างของรู 1 มิลลิเมตร นำผงกล้วยบรรจุและซีลในถุงสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องสำหรับใช้ในการทดลองต่อไป

3. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์นมกล้วย

จากการพัฒนาสูตรส่วนประกอบที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มนมกล้วยโดยศึกษาอัตราส่วนของเนื้อกล้วย นมผง (หัวนมผง ตราวัวฟ้า บริษัท AFP ฟู้ด) และน้ำ (กรัมต่อ 100 กรัม) โดยใช้โปรแกรม Experimental Design ในการออกแบบชุดการทดลองเพื่อการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) ด้วยเทคนิคหลายตัวแปรในการสรุปเชิงเส้น ได้จำนวน 19 ชุดการทดลอง แสดงดังตารางที่ 1 การเตรียมเครื่องดื่มนมกล้วย โดยการเติมนมผงในน้ำอุ่นคนให้นมผงละลายเป็นเดียวกัน จากนั้นเติมน้ำกล้วยลงไปคนให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน พาสเจอร์ไรส์ใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 15 วินาที บรรจุลงขวดพลาสติก PET ขนาด 150 มิลลิลิตร ขณะร้อนแล้วปิดฝาทันที จากนั้นทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทาง

ตารางที่ 1 สูตรส่วนประกอบของเครื่องดื่มนมกล้วย

สูตร	เนื้อกล้วย (กรัม)	นมผง (กรัม)	น้ำ (กรัม)
T1	122	295	582
T2	200	350	450
T3	200	240	560
T4	100	150	750
T5	155	150	695
T6	100	350	550
T7	150	250	600
T8	100	150	750
T9	150	250	600
T10	200	350	450
T11	200	150	650
T12	174	302	524
T13	200	350	450
T14	147	350	503
T15	200	150	650
T16	128	195	678
T17	100	350	550
T18	100	240	660
T19	150	250	600

เคมีกายภาพและการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ตัวอย่างที่เตรียมมาแล้วไม่เกิน 3 วัน

4. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์นมกล้วยเสริมใยอาหารจากเปลือกกล้วยผง

นำสูตรส่วนประกอบที่ดีที่สุดมาพัฒนาผลิตภัณฑ์นมกล้วยเสริมเปลือกกล้วยผงสามระดับคือ 0, 0.25 และ 0.5 กรัมต่อ 100 กรัม การเตรียมผลิตภัณฑ์นมกล้วยเสริมเปลือกกล้วยผง โดยการเติมนมผงในน้ำอุ่นคนให้นมผงละลายเป็นเดียวกัน จากนั้นเติมน้ำกล้วยลงไปคนให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วเติมเปลือกกล้วยตามปริมาณที่กำหนด พาสเจอร์ไรส์ใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส

และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 15 วินาที บรรจุลงขวดพลาสติก PET ขนาด 150 มิลลิลิตร ฆ่าเชื้อแล้วปิดฝาทันที จากนั้นทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวิเคราะห์การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ตัวอย่างที่เตรียมมาแล้วไม่เกิน 3 วัน

5. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ

วิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* and b^*) ด้วย Hunter Lab (Color QUEST II DPERE, Hunter Associates Laboratory, Inc, USA.) ค่าความสว่าง (L^*) เป็นค่าบอกความสว่างของสีมีตั้งแต่ 0 ถึง 100 ค่าความเป็น



สีแดงหรือสีเขียว (a^*) มีค่าตั้งแต่ -120 ถึง 120 ค่าความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน (b^*) มีค่าตั้งแต่ -120 ถึง 120¹⁸ วิเคราะห์ค่าความหนืดของส่วนผสมเหลวด้วยเครื่อง Brookfield viscometer (BROOKFIELD RVDVII+ PRO Digital Viscometer, Scintek Instruments ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความหนืดนี้อธิบายถึงความสามารถในการต้านทานการไหลภายในตัวของไหลซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปจากการกระทำของความเค้นเฉือนหรือความเค้นภายนอก วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fibre ; TDF) ปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ (Insoluble dietary fibre ; IDF) และปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble dietary fibre ; SDF) ตามวิธีการ AOAC 2023¹⁹ ด้วย Method number 985.29, 991.43 และ 991.43 ตามลำดับ

6. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยให้คะแนนความชอบ ทางด้านสี ความเนียนละเอียด กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์คัดเลือกสูตร เพื่อที่ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด อาสาสมัครที่ใช้ในการศึกษาการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยให้คะแนนความชอบสำหรับผลิตภัณฑ์คือนักศึกษาระดับปริญญาตรีและบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี เพศชายหรือหญิง ช่วงอายุ 19-45 ปี จำนวน 10 คน ซึ่งเป็นเป็นผู้ที่ผ่านการฝึกฝน อาสาสมัครจะได้รับการนัดหมายตามวันและเวลาที่อาสาสมัครสะดวกเพื่อเข้าร่วมการทดสอบทางประสาทสัมผัสประมาณ 20-30 นาที โดยทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ณ ห้องทดสอบทางประสาทสัมผัส ชั้น 8 อาคารปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ แบ่งการทดสอบทางประสาทสัมผัสออกเป็น 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 อาสาสมัคร 1 คน จะได้รับผลิตภัณฑ์ 4 ชุดการทดลอง (ชุดการทดลองที่ 1 - 3 จำนวน 5 ตัวอย่าง และชุดการทดลองที่ 4 จำนวน 4 ตัวอย่าง) ครั้งที่ 2 อาสาสมัคร 1 คน จะได้รับผลิตภัณฑ์ 1 ชุดการ

ทดลอง จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่าง ปริมาณ 3-5 กรัม ใส่ในถ้วยพลาสติกสีขาวทึบแสง ขนาด 2 ออนซ์ ที่มีฝาปิด ซึ่งผ่านการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องไม่เกิน 1 ชั่วโมงก่อนการประเมิน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์สำหรับแต่ละชุดการทดลองมีการระบุหมายเลขสามหลักตามตารางเลขสุ่ม เพื่อประเมินประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยให้คะแนนความชอบทางด้านสี ความเนียนละเอียด กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ระหว่างตัวอย่างให้กลิ่นด้วยน้ำเปล่า หมายเลขการได้รับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คือ SRU-EC2021/011

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการออกแบบชุดการทดลองเพื่อการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) ด้วยเทคนิคหลายตัวแปรในการสรุปเชิงเส้น ด้วยโปรแกรม Experimental Design การทดลองทั้งหมดทำการทดลองสามซ้ำ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองด้วย Duncan (Steel and Torrie, 1980) การวิเคราะห์ดำเนินการโดยใช้แพ็คเกจ SPSS (SPSS 11.0 สำหรับ windows, SPSS Inc, Chicago, IL)

ผลการวิจัย

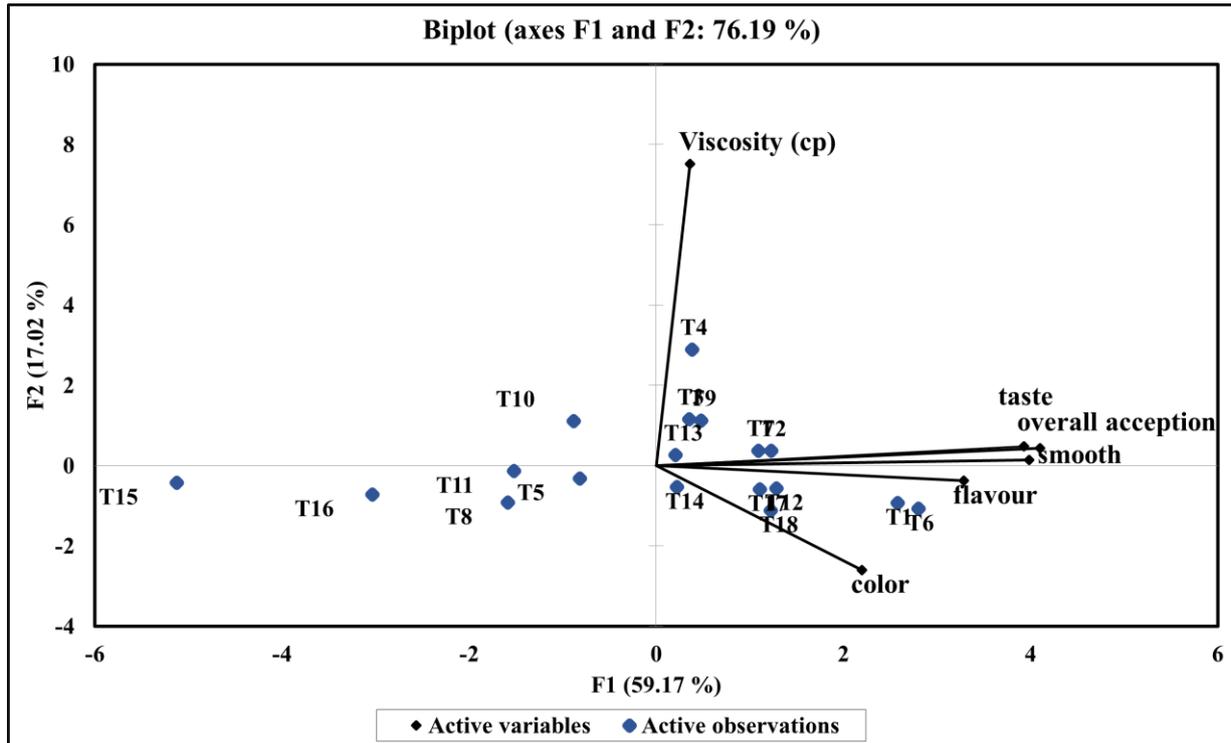
1. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์นมกล้วย

จากการพัฒนาสูตรส่วนประกอบที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มนมกล้วยโดยศึกษาอัตราส่วนของเนื้อมกล้วย นมผง และน้ำ (กรัมต่อ 100 กรัม) โดยใช้ Experimental Design จำนวน 19 ชุดการทดลอง แสดงดังตารางที่ 2 ผลของความสัมพันธ์ดังกล่าวต่อคุณลักษณะทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มนมกล้วย ดังแสดงใน Response Surface Model (RSM) PCA เป็นเครื่องมือทางสถิติที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์พหุตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้นในรูปแบบ Bi-Plot (ภาพที่ 2) PC1 และ PC2 แสดงค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ

ตารางที่ 2 : การทดสอบทางกายภาพและการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมกล้วย

	ค่าสี			ความหนืด (cp)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	L*	a*	b*		สี	ความเนียนละเอียด	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
T1	74.74±1.11	-4.72±0.85	10.86±1.25	20.50±1.85	8±1.1	8±1.8	7±1.5	7±1.3	7±1.2
T2	70.86±0.95	-3.91±0.15	16.52±1.85	101.77±1.52	6±2.0	7±2.5	7±1.5	7±2.3	7±2.2
T3	69.5±0.57	-2.38±0.85	12.33±0.80	252.77±1.08	6±1.6	6±2.1	7±1.1	6±2.0	6±1.8
T4	75.08±0.13	-3.39±0.13	6.64±1.51	535.33±1.75	7±1.2	7±1.5	7±1.6	6±2.4	6±1.8
T5	72.76±1.28	-1.52±0.82	11.77±1.95	27.90±1.06	6±1.7	6±2.0	6±1.1	6±1.9	6±1.6
T6	73.69±1.07	-3.14±0.98	15.49±1.47	15.33±1.00	8±0.8	7±1.5	7±1.0	7±1.1	7±1.2
T7	78.78±1.19	-1.93±0.17	14.6±1.35	147.00±0.56	6±1.1	7±1.0	7±1.1	7±0.9	7±0.6
T8	78.43±0.88	-2.33±0.52	9.44±1.13	24.77±1.77	7±1.4	6±1.5	7±1.5	5±1.4	5±1.3
T9	77.72±1.89	-3.00±0.40	12.28±1.24	226.53±1.26	6±1.3	7±1.4	6±1.5	7±0.9	7±2.0
T10	74.09±0.91	-1.31±0.05	17.87±1.92	155.00±1.38	5±1.8	6±2.2	6±1.7	6±1.9	6±1.8
T11	75.17±1.73	-0.30±0.05	12.29±1.36	75.33±1.26	6±1.3	6±0.8	6±1.0	5±0.8	6±0.6
T12	77.75±1.98	-2.91±0.63	14.65±1.13	74.90±1.50	7±1.1	6±1.6	8±1.5	6±1.5	6±1.7
T13	74.26±0.91	-2.59±0.34	15.29±1.16	167.10±1.77	7±1.3	6±2.0	7±1.3	6±2.4	6±2.0
T14	77.00±1.89	-3.01±0.42	15.88±1.64	44.00±2.05	7±1.2	7±1.4	7±1.3	6±2.0	6±1.4
T15	75.12±0.80	-1.63±0.21	11.76±1.06	51.10±1.99	6±1.3	4±2.1	6±1.3	4±1.3	4±1.0
T16	79.17±1.26	-3.32±0.11	12.35±1.85	34.23±1.93	7±1.2	5±1.8	6±0.9	5±1.2	5±1.3
T17	77.79±2.11	-4.19±0.47	16.77±0.74	70.57±1.98	7±0.8	7±1.9	7±0.7	6±1.9	6±1.6
T18	78.65±1.85	-3.24±0.68	12.76±1.60	27.67±0.98	8±0.9	6±1.9	7±1.6	6±2.0	7±1.9
T19	76.48±1.50	-2.71±0.45	13.16±1.55	123.77±0.80	7±0.7	6±1.4	7±1.5	6±1.0	6±1.1

ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลองสามซ้ำ



ภาพที่ 2 : องค์ประกอบหลัก (Bi-plot) ของความหนืดและการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์นมกล้วย

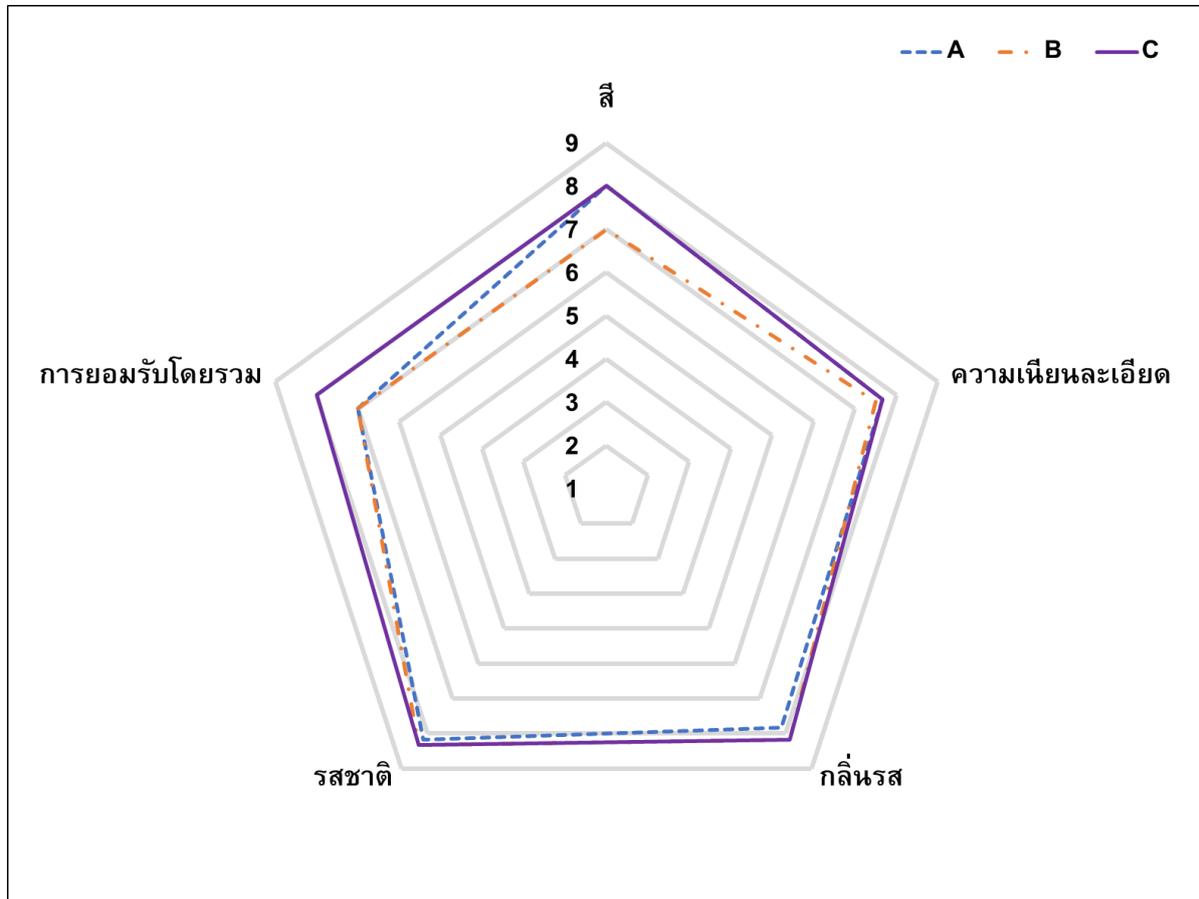
59.17 และ 17.02 ตามลำดับ โดยคิดรวมเป็นร้อยละ 76.19 ของความแปรปรวนทั้งหมด เมื่อพิจารณา PC1 พบว่าชุดการทดลอง ค่าสี และกลิ่นรส ของชุดการทดลอง T12, T14, T1, T18 และ T16 แสดงความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันในเชิงบวก เมื่อพิจารณา PC2 พบว่าชุดการทดลอง T1, T8, T9 และ T13 แสดงความสัมพันธ์ค่าความหนืด (Viscosity) รสชาติ (Taste) ความชอบโดยรวม (Overall acceptability) และความเนียนละเอียด (Smooth) ไปในทางเดียวกับ ชุดการทดลองที่คัดเลือกจากการยอมรับมากที่สุดเมื่อพิจารณาจากปัจจัยหลักคือค่าสีและกลิ่นรส จำนวน 1 สูตร คือชุดการทดลอง T1 ใช้อัตราส่วน เนื้อกล้วย นมผง และน้ำ เท่ากับ 122, 295 และ 582 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์นมกล้วยในชุดการทดลองที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด (เนื้อกล้วย นมผง และน้ำ เท่ากับ 122, 295, และ 582 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ)

2. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์นมกล้วยเสริมใยอาหารจากเปลือกกล้วยผง

ผลิตภัณฑ์นมกล้วยจากตอนที่ 1 ในชุดการทดลองที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด (เนื้อกล้วย นมผง และน้ำ เท่ากับ 122, 295, และ 582 กรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ) นำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์นมกล้วยเสริมใยอาหารจากเปลือกกล้วยผงสามระดับ คือ 0, 0.25 และ 0.5 กรัมต่อ 100 กรัม เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยให้คะแนนความชอบ ใช้ผู้ประเมินจำนวน 10 คน แสดงดังภาพที่ 3 พบว่าผลิตภัณฑ์นมกล้วยที่มีการเติมผงเปลือกกล้วยเท่ากับร้อยละ 0.5 (ดังแสดงองค์ประกอบ เนื้อกล้วย นมผง น้ำ และเปลือกกล้วยผง เท่ากับ 12.19, 29.35, 57.96 และ 0.5 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) ได้รับความชอบในระดับ 8 คือ ชอบมาก สีของผลิตภัณฑ์นมกล้วยในชุดการทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วยเท่ากับ 0.25 กรัมต่อ 100 กรัม (ดังแสดงองค์ประกอบ เนื้อกล้วย นมผง น้ำ และเปลือกกล้วยผง เท่ากับ 12.22, 29.43, 58.1 และ 0.25 กรัมต่อ 100 กรัม

ตามลำดับ) ได้รับความชอบในระดับ 7 คือ ชอบปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ จากการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารของเปลือกกล้วยผง

แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้



ภาพที่ 3 : การยอมรับของผู้บริโภคโดยให้คะแนนความชอบสำหรับผลิตภัณฑ์นมกล้วยเสริมใยอาหารจากเปลือกกล้วยผงที่ 0 กรัมต่อ 100 กรัม (A) 0.25 กรัมต่อ 100 กรัม (B) และ 0.5 กรัมต่อ 100 กรัม (C) คำอธิบายคะแนนความชอบ 9 คือ ชอบมากที่สุด 8 คือชอบมาก 7 คือชอบปานกลาง 6 คือชอบเล็กน้อย 5 คือเฉยๆ 4 คือ ไม่ชอบเล็กน้อย 3 คือไม่ชอบปานกลาง 2 คือไม่ชอบมาก และ 1 คือไม่ชอบมากที่สุด ข้อมูลแสดงถึงค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบจากผู้ประเมินจำนวน 10 คน (n=10)

ตารางที่ 3 ปริมาณใยอาหารของเปลือกกล้วยผง

เปลือกกล้วยผง	ใยอาหารทั้งหมด	ใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้	ใยอาหารที่ละลายน้ำได้
เปลือกกล้วยผง (กรัมต่อ100 กรัม โดยน้ำหนักสด*)	31.60±0.01	25.10±0.02	6.60±0.01

ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลองสามซ้ำ

*ปริมาณความชื้น 11.34±0.01 กรัมต่อ 100 กรัม



ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 31.60 ± 0.01 , 25.10 ± 0.02 และ 6.60 ± 0.01 กรัมต่อ 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์นมกล้วยเสริมใยอาหารสูตรที่คัดเลือกมีเปลือกกล้วยฝกร้อยละ 0.5 ดังนั้นคุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (1 กล่อง 150 กรัม) เมื่อรับประทานตามปริมาณที่กำหนดจะได้รับปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 0.75 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภคสำหรับประเทศไทย Thai Recommended Daily Intake (Thai RDI) ได้กำหนดปริมาณใยอาหารที่ร่างกายควรได้รับต่อวันเท่ากับ 25 กรัมต่อวัน ดังนั้นปริมาณใยอาหารจากเปลือกกล้วยฝกร้อยละ 0.5 คิดเป็นร้อยละ 0.8 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาแสดงแนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่เปลือกกล้วยหอมของตมมาตรฐานสู่ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ พบว่าผลิตภัณฑ์นมกล้วยเสริมใยอาหารสูตร มีเปลือกกล้วยฝกร้อยละ 0.5 กรัมต่อ 100 กรัม (เนื้อกล้วย นมผง น้ำ และเปลือกกล้วยฝกร้อยละ 12.19, 29.35, 57.96 และ 0.5 กรัมต่อ 100 กรัม) ได้รับการยอมรับสูงสุดจากผู้บริโภค ซึ่งเมื่อรับประทาน 1 หน่วยบริโภค (1 กล่อง 150 กรัม) จะได้รับปริมาณใยอาหารเท่ากับ 0.75 กรัม น้ำหนักสด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.8 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน (25 กรัม) แม้ว่าผลิตภัณฑ์นมกล้วยนี้มิใช่แหล่งใยอาหารหลักของผู้บริโภค แต่เป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับใยอาหารจากแหล่งที่หลากหลายนอกจากอาหารมื้อหลัก อย่างไรก็ตามการประเมินอายุการเก็บรักษาที่แน่นอนสำหรับผลิตภัณฑ์ควรมีการอ้างอิงเทียบกับเกณฑ์จุลินทรีย์มาตรฐานของแต่ละผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข รวมถึงการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเพื่อจัดทำฉลากผลิตภัณฑ์อย่างย่อสามารถดำเนินการต่อไปจากสูตรมาตรฐานจากงานวิจัยขั้นนี้เพื่อเป็นแนวทางในการยื่นขอมาตรฐานสินค้าเพื่อสร้างความมั่นใจแก่ผู้บริโภคต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) รวมถึงขอขอบคุณสถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานีสำหรับการสนับสนุนการวิจัยด้านต่างๆ แก่คณาจารย์เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนและชุมชนท้องถิ่นอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

1. Reddy N, Yang Y. Biofibers from agricultural byproducts. Trends Biotechnol 2005;23:22-7.
2. Xue L, Liu G, Parfitt J, Liu X, Herpem EV, Stenmarck A, Cheng S. Missing food, missing data? A critical review of Global Food Losses and Food Waste Data. Environ Sci Technol 2017;51:6618-33.
3. Food and Agriculture Organization. Food Wastage Footprint: Impacts on Nutritional Resource. Rome: Food and Agriculture Organization; 2013.
4. Vu HT, Scarlett CJ, Voung QV. Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review. J Funct Foods 2018;40:238-48.
5. Padam BS, Tin HS, Chye FY, Abdullah, MI. Banana by-products: an under-utilized renewable food biomass with great potential. J Food Sci Technol 2014;51:3527-45.
6. Wachirasiri P, Julakarangka S, Wanlapa S. The effects of banana peel preparations on the properties of banana peel dietary fibre concentrate. Songklanakarin J Sci Tech 2009;31:605-11.
7. Pyar H, Peh KK. Chemical Compositions of Banana Peels (*Musa sapientum*) Fruit cultivated in Malaysia using proximate analysis. Res J Chem Environ 2018;22:108-13.

8. ปิยนุสรณ์ น้อยดั่ง, ปัทมา คล้ายจันทร์. การผลิตโยเกิร์ตกล้วยหอม. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม 2547;1:27-31.
9. กฤติยา เชื้อนเพชร, เปี่ยมสุข สุวรรณภูมิ, รวิพร พลพีช, รวิภา จารุอารยพันธ์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงเพื่อสุขภาพ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2018;27:1024-37.
10. Rodriguez R, Ana J, Juan FB. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. Trends Food Sci Technol 2006;17:3-15.
11. สำนักอาหาร. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 213) พ.ศ. 2543 เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลดในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา; 2548.
12. Larrauri JA, Rupérez P, Borroto B, Saura-Calixto F. Mango peels as a new tropical fiber: preparation and characterization. Lebensm Wiss Technol 1966;29:729-33.
13. Chantaro P, Devahastin S, Chiewchan N. Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peel, LWT-Food Sci Technol 2008;41:1987-94.
14. Figuerola F, Hurtado ML, Estévez AM, Chiffelle I, Asenjo F. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fiber sources for food enrichment. Food Chem 2005;9:395-401.
15. Wuttipalakorn P, Srichumpuang W, Chiewchan N. Effects of pretreatment and drying on composition and bitterness of high dietary fiber powder from lime residues. Dry Technol 2009;27:133-42.
16. Tanongkankit Y, Chiewchan N, Devahastin S. Effects of processing on antioxidants and their activity in dietary fiber powder from cabbage outer leaves. Dry Technol 2010;28:1063-71.
17. Kader AA. Postharvest Technology of Horticultural Crops. 5th ed. California: The University of California Agricultural and Natural Resources; 2011.
18. ศศิภา เต็กอวยพร. การพัฒนาระบบวิเคราะห์เชิงภาพถ่ายเพื่อตรวจติดตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาลัยศิลปากร; 2554.
19. Association of Official Agriculture Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. Maryland: AOAC International; 2023, Method number 985.29, 991.43, and 991.43.