การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกาบกล้วย

โสภิดา วิศาลศักดิ์กุล[1*] อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์[2]

Received : November 9, 2022
Revised : April 13, 2023
Accepted : April 25, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย โดยใช้อัตราส่วนของกาบกล้วยในการขึ้นรูปภาชนะเท่ากับ ร้อยละ 20, 30 และ 40 ด้วยวิธีการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จากนั้นศึกษาคุณสมบัติของภาชนะที่เตรียมได้ ได้แก่ ค่าความหนา ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าความต้านทานแรงดึง แรงกดทะลุ ค่าการทนความร้อน และวิเคราะห์พื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แล้วคัดเลือกภาชนะที่มีคุณสมบัติดีที่สุด เพื่อศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ การย่อยสลายทางชีวภาพ และสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภค ผลการวิจัยพบว่า ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยร้อยละ 30 มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งภาชนะที่ได้มีสีน้ำตาล ขอบและก้นภาชนะมีความหนา 1.83 มิลลิเมตร และ 2.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 432.87 นาที/มิลลิลิตร มีค่าความต้านทานแรงดึงขาด 32.54 นิวตัน ค่าความต้านทานแรงกดทะลุเท่ากับ 11.28 นิวตัน จากการทดสอบการทนความร้อนของวัสดุ พบว่า วัสดุมีอุณหภูมิเริ่มต้นการสลายตัวที่ 266.40 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 86.62 จากการวิเคราะห์พื้นผิวภาชนะด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดตามโครงสร้างตัดขวาง พบว่า เส้นใยมีการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน มีช่องว่างระหว่างชั้นน้อย ภาชนะมีปริมาณจุลินทรีย์เท่ากับ 1.1×10^2 CFU/ชิ้น สามารถย่อยสลายได้ภายใน 45 วัน และผู้ตอบแบบสอบถามในกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป รวมถึงกลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์โดยรวมเท่ากับ 4.73 ± 0.45 และ 4.40 ± 0.55 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้บรรจุอาหารทดแทนการใช้กล่องโฟมที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: กาบกล้วย เปลือกกล้วย ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อีเมล: sopida_w@rmutt.ac.th

[2] รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อีเมล: orawan_o@rmutt.ac.th

** ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: sopida_w@rmutt.ac.th*

THE STUDY OF CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF BIODEGRADABLE CONTAINERS FROM BANANA PEEL (*Musa sapientum* L.) SUPPLEMENT WITH BANANA SHEATH

Sopida Wisansakkul[1*] Orawan Oupathumpanont[2]

Abstract

This research aimed to study the optimum ratio for extruding containers from banana peels, supplemented with banana sheaths. In conducting the research, three ratios of banana sheaths at 20, 30, and 40 percent were studied using a completely randomized design experiment. Then, the properties of the prepared containers such as thickness, water absorption, maximum force, hardness value, and heat resistance were studied. The surface was analyzed by electron microscopy scanning to select the container with the best properties for further analysis of the amount of microorganisms, biodegradation tests, and consumer satisfaction surveys. The results showed that the biodegradable containers made from banana peels reinforced with 30 percent banana sheaths were suitable for utilization. The containers obtained were brown in color, with a thickness of the edge of 1.83 mm and 2.03 at the bottom, a water absorption ability of 432.87 min/ml, a maximum force of 32.54 N, and a hardness value of 11.28 N. The heat resistance test of the material showed that the material had a decaying starting position of 266.40 $^{\circ}$C and a change in the content of 86.62%. From the analysis of the surface of the container by electron microscopy scanning on the cross-sectional structure, it was found that the fibers were clustered and had little space between floors. The microbial content of the container was $1.1x10^2$ CFU/piece, which could be degraded within 45 days. The respondents who were in the general consumer group, including a group of restaurant operators gave product satisfaction scores of 4.73 $\pm$ 0.45 and 4.40 $\pm$ 0.55, respectively. The use of this product for food packaging can be concluded to be preferable to using foam boxes made of non-biodegradable materials. This is an alternate method of enhancing the value of agricultural waste.

Keywords: Banana Sheath, Banana Peels, Biodegradable Containers

---

[1] *Assistant Professor, Department of Home Economics, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, e-mail: sopida_w@rmutt.ac.th*

[2] *Associate Professor, Department of Food and Nutrition, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, e-mail: orawan_o@rmutt.ac.th*

** Corresponding author, e-mail: sopida_w@rmutt.ac.th*

บทนำ

ขยะที่เกิดขึ้นจากการใช้ภาชนะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติมีเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นกล่องโฟม หรือกล่องพลาสติก เนื่องจากพฤติกรรมการบริโภคในปัจจุบันที่เลือกใช้ภาชนะแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (นพดล จันทรลักษณ์ และ สมนึก วัฒนศรียกุล, 2555) ซึ่งมักจะทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม โดยขยะจากภาชนะเหล่านี้ไม่สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ ซึ่งภาชนะร้อยละ 70 จะถูกนำไปกำจัดได้โดยวิธีการเผา เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน (Global warming) ส่วนอีกร้อยละ 30 นั้นก็จะอยู่ตามสภาพแวดล้อมธรรมชาติ ซึ่งภาชนะจากพลาสติกใช้เวลาย่อยสลาย 100 – 450 ปี กลายเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในธรรมชาติ (สมเกียรติ สุทธิยาพิวัฒน์ และ ธมยันตี ประยูรพันธ์, 2563) เมื่อเกิดปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ ปัจจุบันจึงได้มีการคิดค้นภาชนะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมขึ้นมาเป็นจำนวนมาก โดยจะทำขึ้นจากวัสดุธรรมชาติที่เกิดขึ้นใหม่ได้ในธรรมชาติและสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (มลสุดา ลิวไธสง, 2556) เช่น ภาชนะจากใยพืชชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วย ใยมะพร้าว ใยผักตบชวา ใยปาล์ม ชานอ้อย ฯลฯ หรือภาชนะจากใบไม้ เช่น ใบทองกวาว และใบตองตึง (ผู้จัดการออนไลน์, 2565) รวมไปถึงการนำกาบกล้วยมาผลิตเป็นภาชนะซึ่งมลสุดา ลิวไธสง (2556) ได้ศึกษาการผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย โดยศึกษาการใช้สายพันธุ์มันสำปะหลังที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น และแป้งมันสำปะหลังในท้องตลาดเป็นตัวประสาน จากการศึกษาพบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังในท้องตลาดเป็นตัวประสานจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติดีที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการศึกษาการนำเปลือกกล้วยน้ำว้ามาใช้ในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพเสริมกาบกล้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานให้กับภาชนะ และให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดโลก เรื่องภาชนะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ที่กำลังขยายตัวขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากข้อมูลจากเกษตรกรผู้ปลูกและส่งออกกล้วย พบว่าเปลือกกล้วยเป็นวัสดุเหลือทิ้งภายหลังกระบวนการผลิตและแปรรูปที่มีสูงถึง 3-5 ตันต่อวัน (ณรงค์ ฤทธิ์เทพ และคณะ, 2547) ซึ่งส่วนใหญ่มักจะนำไปทิ้งทำให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม เช่น ส่งกลิ่นเหม็น และเป็นแหล่งแพร่กระจายเชื้อโรค แต่ในบางส่วนจะมีการนำไปใช้ประโยชน์โดยการนำเปลือกกล้วยไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น และจากการศึกษาข้อมูลพบว่าเปลือกกล้วยน้ำว้านั้นมีเส้นใยเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบ สามารถนำไปสกัดและประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบหรือสารเพิ่มความคงตัวในอุตสาหกรรมการผลิตได้ (กนกกานต์ วีระกุล และคณะ, 2558) นอกจากนี้เซลลูโลสจากเปลือกกล้วยนั้นมีโครงสร้างระดับจุลภาค ที่มีลักษณะคล้ายเกล็ดและมีขนาดแตกต่างกัน มีรูพรุนมาก ทำให้เป็นการเพิ่มโอกาสในการเกาะตัวกับสารชนิดอื่น ๆ ได้ง่าย (วิภา สุโรจนะเมธกุล และคณะ, 2541) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการนำเปลือกกล้วยน้ำว้ามาใช้เป็นวัตถุดิบในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารโดยเสริมเส้นใยจากกาบกล้วยซึ่งเป็นเส้นใยที่มีคุณสมบัติสำคัญคือ มีความเหนียวและยืดหยุ่นสูง (ศศิณัฏฐ์ หล่อธนารักษ์, 2558) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ซึ่งเส้นใยจากกาบกล้วยเป็นส่วนของลำต้นกล้วยที่ถูกโค่นทิ้งแล้วนำมาสกัดเป็นเส้นใยเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับภาชนะ โดยมีการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวผสานในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบันที่มีการศึกษาการนำผลิตผลทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชีวภาพหรือบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหารอย่างต่อเนื่อง (ศิริพร เต็งรัง, 2558) เนื่องจากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร หรือภาชนะบรรจุอาหารที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติทดแทนการใช้ภาชนะจากโฟม จะช่วยลดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากภาชนะจากวัสดุธรรมชาติจะสามารถย่อยสลายได้เร็วภายใน 45 วัน และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุธรรมชาติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย

2. เพื่อทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

คัดเลือกเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกที่เหลือทิ้งหลังกระบวนการแปรรูป และกาบกล้วยสดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการเก็บเกี่ยว ที่มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่มีเชื้อรา ไม่เน่า และไม่มีร่องรอยของแมลงกัดกิน มาทำความสะอาดแล้วหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร นำไปต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยเปลือกกล้วยให้ทำการต้มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกาบกล้วยให้ทำการต้มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง พักให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางและคั้นน้ำออกจนกระทั่งเหลือแต่กากของเปลือกกล้วยและกาบกล้วย (ดังแสดงในภาพที่ 1) เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนผสมในการขึ้นรูปเป็นแผ่นสำหรับขึ้นรูปเป็นภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพต่อไป

ภาพที่ 1 วัตถุดิบสำหรับขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกาบกล้วย

2. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย

ในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณกาบกล้วยที่นำมาทดแทนเปลือกกล้วยน้ำว้าสุก จำนวน 3 อัตราส่วน คือ ร้อยละ 20, 30 และ 40 ทำการวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 3 สิ่งทดลอง ทำการขึ้นรูปเป็นภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยเตรียมเปลือกกล้วยบดละเอียดและ

กาบกล้วยบดละเอียดตามข้อ 1 โดยผสมกาบกล้วยทดแทนเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกตามปัจจัยที่ได้ทำการศึกษาแล้วนำแป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร เทส่วนผสมของเปลือกกล้วยและกาบกาบกล้วยลงไป กวนส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันจนจับตัวกันเป็นก้อน นำส่วนผสมที่ได้เทลงในเครื่องอัดความร้อนเพื่อขึ้นรูปเป็นภาชนะ จับเวลา 15 นาที แล้วนำภาชนะที่ได้มาตัดตกแต่งขอบของภาชนะให้เรียบร้อย หลังจากนั้นให้นำสารละลายไขผึ้งเคลือบบริเวณด้านในและด้านนอกภาชนะด้านละ 10 กรัม แล้วนำเข้าเครื่องอัดขึ้นรูปต่ออีก 5 นาที เมื่อดำเนินการเคลือบไขผึ้งเรียบร้อยแล้วให้นำภาชนะที่ได้ไปอบที่ตู้อบลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จนกระทั่งภาชนะมีความชื้นคงเหลือไม่เกินร้อยละ 8 จะได้ภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย

3. การทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

ทำการทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง ประกอบด้วย

3.1 การศึกษาลักษณะที่ปรากฏ

ทำการศึกษาลักษณะที่ปรากฏของภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกาบกล้วย ด้วยวิธีการสังเกตลักษณะจากภายนอกของผลิตภัณฑ์แล้วบันทึกผลที่ได้

3.2 การทดสอบความหนา

ทำการศึกษาความหนาของขอบภาชนะและก้นภาชนะ โดยใช้ไมโครมิเตอร์วัดความหนาตัวอย่างละ 5 ซ้ำ บันทึกผลเป็นมิลลิเมตร แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยความหนาของสิ่งทดลอง

3.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (ดัดแปลงจากวิธีทดสอบ มอก.321-2560)

ทำการทดสอบโดยใช้ปิเปตดูดน้ำปริมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในกระบอกตวงแล้วเทน้ำทั้งหมดลงตรงส่วนกลางของตัวอย่างภาชนะ (ก้นภาชนะ) และเริ่มต้นจับเวลาทันที จนตัวอย่างดูดซึมน้ำจนหมด บันทึกเวลาเป็นนาทีและรายงานค่าการดูดซึมน้ำเป็นเวลาต่อปริมาณน้ำที่ใช้ (นาทีต่อมิลลิลิตร)

3.4 การทดสอบความต้านทานแรงดึงและแรงกดทะลุ

ทำการทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable micro systems รุ่น TA-XT plus.C ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อหาความสามารถของภาชนะที่จะต้านแรงซึ่งทำให้ชิ้นทดสอบขาดต่อจากรายเดิม โดยการเตรียมตัวอย่างขนาด 50 มิลลิเมตร ทดสอบด้วยความเร็ว 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยการใช้หัววัด Tensile Grips แล้วบันทึกผลที่ได้

และทำการทดสอบความต้านทานแรงกดทะลุ โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable micro systems รุ่น TA-XT plus.C ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อหาความสามารถของภาชนะที่จะต้านแรงดันที่กระทำบนชิ้นทดสอบด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนทำให้ชิ้นทดสอบนั้นขาด ด้วยความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาที แล้วบันทึกผลที่ได้

3.5 การทดสอบสมบัติทางความร้อน (TGA)

ทำการศึกษาพฤติกรรมการสลายตัวของชิ้นงาน ณ อุณหภูมิต่าง ๆ ทำได้โดยอาศัยเทคนิคการวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารตัวอย่างเมื่อได้รับความร้อนภายใต้บรรยากาศที่สามารถควบคุมได้ โดยใช้เครื่อง Thermal gravity analyzer ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น TGA7 ประเทศสหรัฐอเมริกา ด้วยวิธีการเตรียมปริมาณตัวอย่างประมาณ 5 มิลลิกรัม ซึ่งการทดสอบจะทำภายใต้สภาวะบรรยากาศของไนโตรเจน โดยเพิ่มอุณหภูมิให้แก่สารตัวอย่างมีอัตราเร็ว (Heating rate) เท่ากับ 20 องศาเซลเซียสต่อนาที เริ่มจากอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสถึง 600 องศาเซลเซียส น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบประมาณ 10 ถึง 15 มิลลิกรัม

3.6 การทดสอบลักษณะพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

ทำการศึกษาลักษณะพื้นผิวของภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพทั้ง 6 สิ่งทดลอง ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงแบบ Scanning Electron Microscope (SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-6510 ประเทศญี่ปุ่น โดยการศึกษาลักษณะพื้นผิวแบบ Surface ด้วยกำลังการขยาย 35 เท่า ทำการปรับเลือกภาพให้ได้รูปชัดที่สุด เพื่อบันทึกภาพของตัวอย่างที่ได้ลงคอมพิวเตอร์ตามต้องการ

ทำการคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีคุณสมบัติที่ดีสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณค่าความแตกต่าง เพื่อทดสอบหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s new Multiple Range Test (DMRT) แล้วนำสิ่งทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ ด้วยวิธีทดสอบ APHA (Moberg, L. & Kornacki, JL., 2015) และทำการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยการทดสอบการฝังในดินที่มีความชุ่มน้ำต่อไป

4. การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

ทำการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จากกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 20 - 50 ปี จำนวน 110 คน และกลุ่มผู้ประกอบการด้านอาหาร ประเภทอาหารผัดและทอด

จำนวน 5 คน ในเขตพื้นที่จังหวัดปทุมธานี ดำเนินการสำรวจข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกาบกล้วย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

1.1 การศึกษาลักษณะที่ปรากฏ

จากการศึกษาลักษณะที่ปรากฏของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพทั้ง 3 สิ่งทดลอง ที่ได้หลังจากกระบวนการขึ้นรูปเป็นภาชนะรูปทรงถ้วย ได้ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 3

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3 ลักษณะที่ปรากฏของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (ก) ภาชนะจากเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกเสริมกาบกล้วยร้อยละ 20, (ข) ภาชนะจากเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกเสริมกาบกล้วยร้อยละ 30 และ (ค) ภาชนะจากเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกเสริมกาบกล้วยร้อยละ 40

จากภาพที่ 3 พบว่า ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของแทนนินในเปลือกกล้วยกับออกซิเจนในอากาศ (พูลสุข บุณยเนตร, 2553) และลักษณะของภาชนะสามารถเห็นลักษณะของเส้นใยจากกาบกล้วยซึ่งเป็นส่วนเสริมในการขึ้นรูปภาชนะอย่างชัดเจน โดยภาชนะที่มีการเสริมกาบกล้วยในปริมาณร้อยละ 20 ของปริมาณเปลือกกล้วย ลักษณะของภาชนะจะไม่สามารถอยู่ตัวได้ดีเท่ากับสิ่งทดลองที่มีการเสริมกาบกล้วยตั้งแต่ร้อยละ 30 ขึ้นไป ซึ่งจะพบว่าภาชนะสามารถขึ้นรูปได้อย่างสวยงาม แต่ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณของกาบกล้วยในระดับที่มากเกินไปผิวสัมผัสของภาชนะจะมีความหยาบและอาจทำให้เศษอาหารสามารถเกาะติดภาชนะได้ง่าย เนื่องจากมีปริมาณของกาบกล้วยเป็นส่วนประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก โดยให้การขึ้นรูปของวัสดุผสมที่ใช้เส้นใยปริมาณสูงทำให้มีรอยโหว่เกิดขึ้นมากและมีผลให้สิ่งทดลองเกิดการแตกหักได้ง่ายขึ้น (ปราณี ชุมสำโรง, 2557) ซึ่งภาชนะที่ได้นั้นมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการใส่อาหารแห้งหรืออาหารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบเพียงเล็กน้อย เช่น อาหารประเภทยำ ลาบ

ส้มตำ ฯลฯ ไม่เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการใส่อาหารที่มีความร้อนจัด เนื่องจากอาจส่งผลต่อปริมาณไขผึ้งที่ใช้เคลือบภาชนะดังกล่าว

1.2 การวิเคราะห์ค่าความหนาของภาชนะและค่าการดูดซึมน้ำ

จากการวิเคราะห์ค่าความหนาบริเวณขอบภาชนะและก้นภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย และค่าการดูดซึมน้ำของภาชนะทั้ง 3 สิ่งทดลอง ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนาของภาชนะและค่าการดูดซึมน้ำของภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย

สิ่งทดลอง	ปริมาณกาบกล้วยทดแทนเปลือกกล้วย (ร้อยละ)	ความหนาของภาชนะ (มิลลิเมตร)		การดูดซึมน้ำ* (นาที/มิลลิลิตร)
		ขอบภาชนะ^{ns}	ก้นภาชนะ^{ns}	
1	20	1.97 $\pm$ 0.11	2.00 $\pm$ 0.10	315.13^{b} $\pm$ 12.01
2	30	1.83 $\pm$ 0.06	2.03 $\pm$ 0.06	432.87^{a} $\pm$ 15.17
3	40	1.83 $\pm$ 0.06	2.03 $\pm$ 0.06	306.40^{b} $\pm$ 11.56

หมายเหตุ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 1 พบว่า ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีขนาดความหนาบริเวณขอบภาชนะและก้นภาชนะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจากผลศึกษาการดูดซึมน้ำ พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในระดับสูงที่สุด ซึ่งใช้ระยะเวลาในการดูดซึมน้ำนานถึง 432.87 นาที/มิลลิลิตร เนื่องจากภายในเปลือกกล้วยน้ำว้าจะมีปริมาณของแป้งเป็นส่วนประกอบติดอยู่เป็นจำนวนมากทำให้ยากต่อการดูดซึมน้ำเข้าไปภายในแผ่นวัตถุดิบ (โสรญา ส้มเขียวหวาน, 2557) หากมีการกำหนดอัตราส่วนในการขึ้นรูปในปริมาณที่เหมาะสมจะส่งผลให้สิ่งทดลองมีความแข็งแรงและมีผิวสัมผัสที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน เนื่องจากในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยมีการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานจะสามารถต้านทานการซึมน้ำได้ดี เนื่องจากมีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวเคลือบผิวภายนอก เมื่อชิ้นงานสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นจะทำให้โมเลกุลของน้ำแทรกตัวเข้าไปภายในได้ยาก (มลสุดา ลิวไธสง, 2556) แต่หากสิ่งทดลองมีส่วนประกอบของเส้นใยกาบกล้วยในปริมาณมากอาจส่งผลต่อการเกาะตัวของตัวประสานส่งผลให้โมเลกุลของน้ำแทรกตัวเข้าไปภายในภาชนะได้ง่ายยิ่งขึ้น

1.3 การทดสอบความต้านทานแรงดึง และการทดสอบความต้านแรงกดทะลุ

จากการทดสอบความต้านทานแรงดึง และการทดสอบความต้านแรงกดทะลุ ด้วยเครื่อง Texture analyzer (Model TA-XT plus.C, Stable micro systems, สหรัฐอเมริกา) ของภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง และการทดสอบความต้านแรงกดทะลุ

สิ่งทดลอง	ปริมาณกาบกล้วยทดแทนเปลือกกล้วย (ร้อยละ)	Maximum Force* (นิวตัน)	Distance at Break ns (มล.)	Hardness ns (นิวตัน)
1	20	$30.75^{b} \pm 14.08$	-0.45 ± 0.11	8.45 ± 0.97
2	30	$32.54^{b} \pm 8.09$	-0.42 ± 0.07	11.28 ± 2.65
3	40	$43.99^{a} \pm 8.83$	-0.41 ± 0.04	12.78 ± 4.65

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

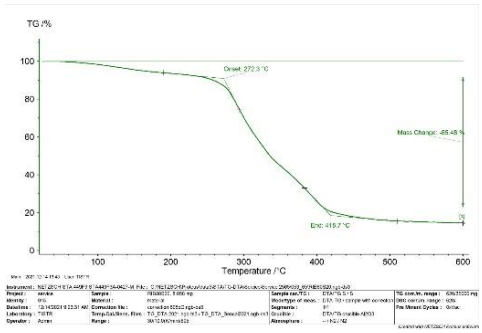
ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 2 พบว่า ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีค่าความต้านทานแรงดึงขาดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีค่าความยืดที่จุดขาดและค่าความต้านทานแรงกดทะลุไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งจากตารางพบว่า สิ่งทดลองที่ 3 มีค่าความต้านทานแรงดึงอยู่ในระดับสูงที่สุด ซึ่งส่งผลให้ภาชนะมีความแข็งแรงไม่ขาดง่ายเมื่อนำไปใช้งาน เนื่องจากมีปริมาณเส้นใยของกาบกล้วยเป็นส่วนเสริมในการขึ้นรูปภาชนะในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปร่วมกับเปลือกกล้วยแต่ละระดับ โดยเส้นใยจากกาบกล้วยจะมีความหนาและความแข็งมากกว่าเส้นใยจากเปลือกกล้วยน้ำว้า ซึ่งมีความหนาของผนังเส้นใยเท่ากับ 2.6 ไมโครเมตร (ทินกร อัญชลีวิทยากุล, 2546) สอดคล้องกับผลการศึกษาวิจัยของ มลสุดา ลิวไธสง (2556) รายงานว่าการผลิตภาชนะจากเส้นใยกาบกล้วยโดยใช้เส้นใยยาวจะสามารถช่วยในการยึดเกาะตัวกันได้ดีกว่าเส้นใยสั้นเนื่องจากมีผิวสัมผัสระหว่างเส้นใยมาก จึงสามารถรับแรงได้ดีเมื่อมีแรงมากระทำ แต่หากมีการใช้เส้นใยยาวในปริมาณที่มากเกินร้อยละ 50 จะส่งผลให้ค่าความแข็งแรงลดลง

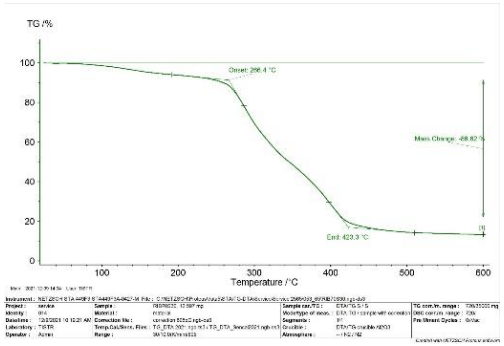
1.4 การทดสอบสมบัติทางความร้อน

จากการทดสอบการทนความร้อนของวัสดุจากการสลายตัวของวัสดุ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ ด้วยเครื่อง Thermogravimetric analyzer (TGA) โดยทำการศึกษาการสลายตัวของวัสดุภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน ซึ่ง

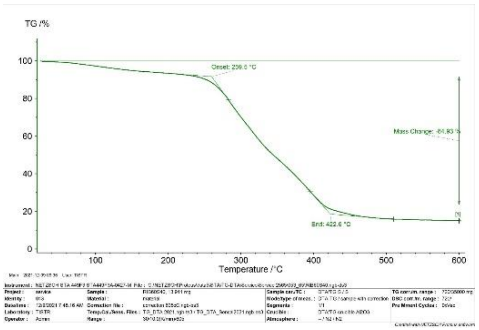
จะทำให้สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารเมื่อได้รับความร้อนตั้งแต่อุณหภูมิ 35 – 600 องศาเซลเซียส ได้ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 4



(ก)



(ข)



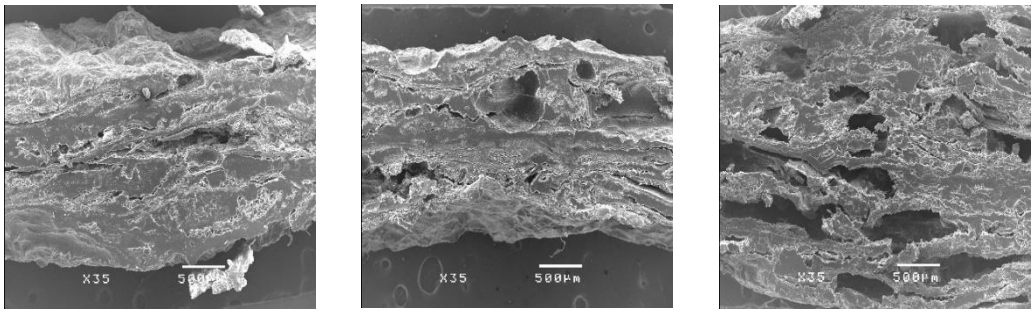
(ค)

ภาพที่ 4 เทอร์โมกราฟการทนความร้อนของวัสดุด้วยเครื่อง Thermogravimetric analyzer (TGA) (ก) ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยร้อยละ 20, (ข) ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยร้อยละ 30 และ (ค) ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยร้อยละ 40

จากภาพที่ 4 พบว่า ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีแนวโน้มในการสลายตัวไปในทิศทางเดียงกัน โดยมีตำแหน่งเริ่มต้นการสลายตัวที่อุณหภูมิในช่วง 259.50 – 270.50 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาวิจัยของมลสุดา ลิวไธสง (2556) ที่ได้ทำการศึกษาการทนความร้อนของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย พบว่า สิ่งทดลองได้มีการสลายตัวที่อุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักประมาณร้อยละ 65 ซึ่งจะเป็นการสลายตัวขององค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกล้วย และจากการทดสอบพบว่า สิ่งทดลองทั้ง 3 สิ่งทดลอง ได้สิ้นสุดการสลายตัวที่อุณหภูมิ 418.70 – 432.30 องศาเซลเซียส และมีปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส อยู่ที่ประมาณร้อยละ 84.93 – 86.62

1.5 การทดสอบลักษณะพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

จากการทดสอบลักษณะพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง บริเวณโครงสร้างตัดขวางของภาชนะ ด้วยกำลังขยาย 35 เท่า ได้ผลการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 5



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 5 ภาพถ่ายโครงสร้างตัดขวางของภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย (ก) ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยร้อยละ 20, (ข) ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยร้อยละ 30 และ (ค) ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยร้อยละ 40

จากภาพที่ 5 พบว่า ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง ถูกผสานเส้นใยของเปลือกกล้วยและกาบกล้วยด้วยแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งจะเห็นได้จากรอยตัดที่เกิดขึ้น และจากการมองที่ภาพตัดขวางจะเห็นรอยโหว่เกิดขึ้นในทุกสิ่งทดลอง ซึ่งรอยโหว่ดังกล่าวนี้เกิดจากการระเหยตัวของไอน้ำระหว่างกระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน และรอยโหว่นี้จะก่อให้เกิดจุดกำเนิดของการแตกหักของภาชนะเมื่อวัสดุมีแรงมากระทำ (มลสุดา ลิวไธสง, 2556) ซึ่งจากภาพ (ค) พบว่า สิ่งทดลองมีรอยโหว่ที่ใหญ่และมีอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน ซึ่งจะส่งผลให้ภาชนะไม่มีความแข็งแรงสามารถแตกหักหรือฉีกขาดได้ง่าย

จากการศึกษาลักษณะที่ปรากฏ คุณภาพทางเคมี และกายภาพของภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง พบว่า คุณสมบัติโดยรวมของภาชนะบรรจุอาหารที่ผ่านการอัดขึ้นรูปโดยเสริมกาบกล้วยร้อยละ 30 มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการบรรจุอาหารที่มีลักษณะแห้งหรือมีน้ำเพียงเล็กน้อยได้ เนื่องจากสิ่งทดลองดังกล่าวมีค่าการดูดซึมน้ำค่อนข้างต่ำ มีความหนาที่เหมาะสม สามารถสลายตัวด้วยความร้อนได้ช้า และมีลักษณะโครงสร้างแบบตัดขวางที่เหมาะสมไม่มีรอยโหว่เกิดขึ้นในปริมาณที่มาก และมีความแข็งแรงเหมาะสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ พบว่า ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย มีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ที่ $1.1x10^2$ CFU/ชิ้น ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2560) ที่กำหนดให้ภาชนะสัมผัสอาหาร เช่น จาน ชาม ถ้วย

แก้วน้ำ และตะเกียบ มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า 1,000 CFU/ชิ้นภาชนะหรือต่อคู่ (สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร, 2560) ดังนั้นภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยสามารถนำมาใช้ในการบรรจุอาหารหรือนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ต่อไปได้ ซึ่งหลังการนำภาชนะไปใช้ในการบรรจุอาหารหรือนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ แล้วสามารถกำจัดทิ้งได้ด้วยวิธีการฝังดิน หรือนำไปใช้เป็นปุ๋ยในการดูแลรักษาต้นไม้ต่อไป โดยจากการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ ด้วยการฝังไว้ใต้ดินที่มีความชุ่ม (รดน้ำเป็นประจำทุกวัน) จะทำการบันทึกผลการทดสอบเป็นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ติดต่อกัน 3 สัปดาห์ และภายใน 45 วัน ได้ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 6

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 6 การย่อยสลายทางชีวภาพด้วยการฝังใต้ดิน (ก) ระยะเวลา 7 วัน, (ข) ระยะเวลา 14 วัน, (ค) ระยะเวลา 21 วัน และ (ง) ระยะเวลา 45 วัน

จากภาพที่ 6 พบว่า ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย ที่ถูกนำไปทิ้งและฝังกลบไว้ใต้ดินในสภาวะดินที่มีความชุ่มชื้นหรือมีการรดน้ำเป็นประจำจะย่อยสลายได้เร็ว โดยจะเห็นได้ว่าดินเริ่มมีการเกาะตัวที่ภาชนะตั้งแต่สัปดาห์แรก แต่เมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ดินจะเกาะตัวอยู่บนภาชนะจนเต็มใบ แต่ตัวภาชนะยังไม่ถูกทำลาย และเมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 3 ภาชนะเริ่มมีการสลายตัว ภาชนะมีรอยฉีกขาดและเปื่อย ยุ่ย และเมื่อผ่านไป 45 วัน พบว่า ภาชนะที่อยู่ภายใต้ดินที่มีน้ำจะสลายไปในดินแทบทั้งใบ แต่ยังคงมีองค์ประกอบของภาชนะหลงเหลืออยู่เล็กน้อย ซึ่งจากการศึกษาของนันทิยา ลาภสาธิต (ม.ป.ป.) ได้กล่าวว่าบรรจุภัณฑ์จากชานอ้อย ที่ผ่านการทดสอบด้านการย่อยสลายจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สามารถย่อยสลายได้หมดภายใน 45 วัน หลังจากฝังกลบในดิน และหากฝังกลบพร้อมกับเศษอาหารที่เหลือติดอยู่ จะใช้เวลาในการย่อยสลายเพียง 31 วันเท่านั้น

2. ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ กลุ่มผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 110 คน และกลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร จำนวน 5 คน โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ เรื่อง ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย ได้ผลสำรวจความพึงพอใจดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย

รายการประเมิน	กลุ่มผู้บริโภคทั่วไป (N = 110 คน)		กลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร (N = 5 คน)	
	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านความเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย	**4.62 ± 0.51**	**มากที่สุด**	**4.40 ± 0.51**	**มาก**
1.1 ผลิตภัณฑ์เหมาะสมกับการใช้งาน	4.52 ± 0.50	มากที่สุด	4.40 ± 0.55	มาก
1.2 ผลิตภัณฑ์มีความทันสมัย	4.58 ± 0.55	มากที่สุด	4.40 ± 0.55	มาก
1.3 ผลิตภัณฑ์ตอบสนองการใช้งานได้ดี	4.75 ± 0.45	มากที่สุด	4.40 ± 0.55	มาก
2. ด้านความเหมาะสมกับความสวยงาม	**4.65 ± 0.52**	**มากที่สุด**	**4.40 ± 0.63**	**มาก**
2.1 ผลิตภัณฑ์มีรูปทรงสวยงาม	4.59 ± 0.53	มากที่สุด	4.80 ± 0.45	มากที่สุด
2.2 ผลิตภัณฑ์มีสีและลวดลายที่เป็นเอกลักษณ์	4.58 ± 0.60	มากที่สุด	4.00 ± 0.71	มาก
2.3 วัสดุมีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	4.79 ± 0.41	มากที่สุด	4.40 ± 0.55	มาก
3. ด้านความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีการผลิต	**4.69 ± 0.54**	**มากที่สุด**	**4.32 ± 0.63**	**มาก**
3.1 วัสดุมีความเหมาะสมกับกรรมวิธีการผลิต	4.69 ± 0.46	มากที่สุด	4.60 ± 0.55	มากที่สุด
3.2 วัสดุมีความแข็งแรงทนทาน	4.28 ± 0.73	มาก	4.00 ± 0.71	มาก
3.3 การผสมผสานของวัสดุในการขึ้นรูปภาชนะ	4.79 ± 0.43	มากที่สุด	4.40 ± 0.55	มาก
3.4 กรรมวิธีการผลิตมีความเหมาะสม	4.88 ± 0.35	มากที่สุด	4.60 ± 0.55	มากที่สุด
3.5 ผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการทำความสะอาด	4.79 ± 0.45	มากที่สุด	4.00 ± 0.71	มาก
4. ด้านความพึงพอใจโดยรวม	**4.73 ± 0.45**	**มากที่สุด**	**4.40 ± 0.55**	**มาก**

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย กลุ่มผู้บริโภคทั่วไป มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์สูงกว่ากลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหารในทุกหัวข้อ โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73 ± 0.45 ซึ่งมีความพึงพอใจในด้านความเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ± 0.51 ด้านความเหมาะสมกับความสวยงาม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ± 0.52 และด้านความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีการผลิต อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 ± 0.54

สำหรับในกลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 $\pm$ 0.55 ซึ่งมีความพึงพอใจในด้านความเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 $\pm$ 0.55 ด้านความเหมาะสมกับความสวยงาม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 $\pm$ 0.63 และด้านความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีการผลิต อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 $\pm$ 0.63

สรุป

ผลการทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยที่เตรียมได้ มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม มีความหนาของขอบภาชนะอยู่ระหว่าง 1.83-1.97 มิลลิเมตร ความหนาของก้นภาชนะเท่ากับ 2.00-2.03 มิลลิเมตร และมีค่าการดูดซึมน้ำตั้งแต่ 306.40 – 432.87 นาที/มิลลิลิตร ภาชนะบรรจุอาหารจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีค่าความต้านทานแรงดึงขาดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีค่าความยืดที่จุดขาดและค่าความต้านทานแรงกดทะลุไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการทดสอบการทนความร้อนของวัสดุจากการสลายตัวของวัสดุ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่า มีอุณหภูมิเริ่มต้นการสลายตัวในช่วง 259.50 – 272.30 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของภาชนะ พบว่า ภาชนะมีรอยโหว่ซึ่งเกิดจากการระเหยตัวของไอน้ำระหว่างกระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นงานเล็กน้อย ซึ่งภาชนะบรรจุอาหารจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยที่ขึ้นรูปโดยเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกาบกล้วยร้อยละ 30 มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์มากที่สุด โดยมีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ที่ $1.1x10^2$ CFU/ชิ้น และสามารถย่อยสลายในดินที่มีความชุ่มชื้นได้ภายในระยะเวลา 45 วัน

ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จากกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป พบว่า ผู้บริโภคทั่วไปมีความพึงพอใจโดยรวม ต่อภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.73 $\pm$ 0.45 และในกลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร พบว่า กลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหารมีความพึงพอใจโดยรวมต่อภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.40 $\pm$ 0.55

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

1.1 ในการเก็บรักษาคุณภาพของเปลือกกล้วยไม่ให้มีสีคล้ำควรแช่ในน้ำที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกหลังการปอกเปลือกโดยเฉพาะในเปลือกกล้วยดิบ

1.2 การเตรียมเยื่อของเปลือกกล้วยและกาบกล้วยสามารถทำเก็บไว้ในปริมาณมาก โดยให้บีบคั้นน้ำออกให้หมดด้วยผ้าขาวบางแล้วใส่ถุงซิปล็อคก่อนนำเข้าตู้เย็น

1.3 การเตรียมไขผึ้งควรเตรียมเป็นฝอยละเอียดก่อนนำมาละลายด้วยหม้อต้มสองชั้น ซึ่งควรควบคุมอุณหภูมิให้มีความร้อนสม่ำเสมอขณะนำมาทาที่ภาชนะ เพื่อป้องกันการจับตัวกันเป็นก้อน

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาวิธีการเตรียมเปลือกกล้วยเพื่อขึ้นรูปเป็นภาชนะให้มีสีขาวนวลมากกว่านี้

2.2 ควรศึกษาการขึ้นรูปเป็นภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพประเภทอื่น ๆ เช่น ภาชนะสำหรับปลูกต้นไม้ที่มีความแข็งแรงทนทานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนการพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภายใต้กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัย และนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 (รหัสทุน ววน. FRB640013 และรหัสโครงการวิจัย FR64E0303)

เอกสารอ้างอิง

กนกกานต์ วีระกุล, จิราภรณ์ สอดจิตร์, และเหรียญทอง สิงห์จานุสงค์. (2558). การสกัดใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้าโดยใช้เอมไซม์และการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต. **วารสารวิจัย มสด สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 8(3), 61-80.

ณรงค์ ฤทธิ์เทพ, วรุณยุพา วิยาภรณ์, และสุภาภรณ์ สงห์เดช. (2547). **การผลิตถ่านแท่งจากเปลือกกล้วยและงวงเครือกล้วยน้ำว้าดิบ**. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพมหานคร. 74 น.

ทินกร อัญชลีวิทยากุล. (2546). **การผลิตกระดาษจากต้นกล้วยและการใช้ประโยชน์**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์เพื่อการพัฒนาชุมชน คณะคหกรรม, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

นพดล จันทรลักษณ์, และสมนึก วัฒนศรียกุล. (2555). **การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติ**. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ.2555 (1770-1775), จังหวัดเพชรบุรี: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

นันทิยา ลาภสาธิต. (ม.ป.ป.). **บรรจุภัณฑ์ชานอ้อยเพื่อสิ่งแวดล้อม.** สืบค้นจาก https://www.npc-se.co.th/detailknowledgebase-7-.

ปราณี ชุมสำโรง. (2547). **การศึกษาสมบัติเชิงกลของพลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติที่มีในประเทศไทย**. รายงานการวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ผู้จัดการออนไลน์. (2565). **วว. โชว์ "ภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ" เพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทดแทนการใช้พลาสติก**. สืบค้นจาก https://mgronline.com/science/detail/9650000046919?fbclid=IwAR320lEUCQzOriXox_NnBAhxldOs4sRqe5mcR-MrqjmqzqunhCG4kakAgmQ.

พูลสุข บุณยเนตร. (2553). การเพิ่มความคงทนของสีในเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีธรรมชาติด้วยไอน้ำ. **วารสารคหเศรษฐศาสตร์**, 53(1), 18-24.

มลสุดา ลิวไธสง. (2556). **การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิภา สุโรจนะเมธกุล, และคณะ. (2541). การใช้ดอกกระเจี๊ยบและเปลือกถั่วเหลืองเพื่อผลิตเซลลูโลสผง. **อาหาร**, 28(47), 255-267.

ศศิณัฏฐ์ หล่อธนารักษ์. (2558). **การศึกษาคุณสมบัติการแปรรูปจากต้นกล้วยเพื่อนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ของตกแต่งภายในบ้าน**. วิทยานิพนธ์ศิลปมหาบัณฑิต สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะมัณฑนศิลป์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศิริพร เต็งรัง. (2558). **วิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์**. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพมหานคร.

สมเกียรติ สุทธิยาพิวัฒน์, และธมยันตี ประยูรพันธ์. (2563). การออกแบบ และพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบหมากเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มที่นำสู่ความเข้มแข็งของชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์**, 12(1), 120-131.

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร. (2560). **เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3**. นครปฐม: บริษัท พีทู ดีไซต์ แอนด์ พริ้นท์ จำกัด.

โสรญา ส้มเขียวหวาน. (2557). **ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระดาษอย่างง่ายจากเปลือกกล้วยสดและจากผลผลิตเหลือทิ้งหลังการหมักเอทานอล**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Moberg, L & Kornacki, JL. (2015). **Microbiological Monitoring of the Food Processing Environment**. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Washington: American Public Health Association.