

การศึกษากระบวนการอัดขึ้นรูปและสมบัติทางกลของภาชนะบรรจุอาหาร จากเส้นใยเปลือกมะพร้าว

The Study of Compression Process and Mechanical Properties of Food Containers from Coconut Shell Fiber

วรพงศ์ บุญช่วยแทน^{1*} ธัญวลัย จิรันดร² รัสมนต์ ยุระพันธ์³ ชาตรี หอมเขียว⁴

จตุพร ใจดำรง¹ ศศิประภา เต็มสิริมงคล¹ และปณัทศน์ หนูเขียว¹

Worapong Boonchouytan^{1*} Tanwalai Chirandorn² Russamon Yuraphan³

Chatree Homkhiew⁴ Jatuporn Jaidumrong¹ Sasiprapa Temsirimongkon¹

and Panathat Nukhiao¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว และศึกษาสมบัติทางกลของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว ปัจจัยในการศึกษา คือ การอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 150 และ 170 องศาเซลเซียส และเวลาในการอัดขึ้นรูป 3 ระดับ คือ 4 6 และ 8 นาที ที่ความดันกดอัด 1,000-2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้นทำการทดสอบสมบัติทางกล ประกอบด้วย ความต้านทานแรงกดอัดด้านบน ความต้านทานแรงกดอัดด้านข้าง ความต้านทานแรงดึง และการดูดซึมน้ำ ผลการทดสอบพบว่า ค่าการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านบนและด้านข้างเฉลี่ยสูงสุด 1.90 และ 2.58 เมกะปาสกาล ตามลำดับ ที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูป 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 8 นาที ค่าความต้านทานแรงดึงเฉลี่ยสูงสุด 2.48 เมกะปาสกาล ที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูป 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 8 นาที และค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด 14 นาที 36 วินาที ที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูป 170 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 8 นาที ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว คือ การอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที เนื่องจากได้ภาชนะบรรจุอาหารที่มีผิวสัมผัสที่เรียบทั่วกันทั้งภาชนะ มีความแข็งแรง คงสีธรรมชาติเดิม และมีสมบัติทางกลที่ดี นอกจากนี้ผลการประเมินความพึงพอใจในภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว พบว่ามีค่าคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 3.19 คะแนน ที่ระดับความพึงพอใจปานกลาง

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

² สาขาวิชาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

³ สาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

⁴ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

* Corresponding author e-mail: worapong.b@rmutsv.ac.th

DOI: <https://doi.org/10.65217/wichchainstru.2023.v42i2.256951>

Received: 19 November 2022, Revised: 23 February 2023, Accepted: 3 March 2023

คำสำคัญ: กระบวนการอัดขึ้นรูป ภาชนะบรรจุอาหาร เส้นใยเปลือกมะพร้าว

Abstract

The objectives of this research were to study the production of the food package made of coconut husk fiber and properties of the food package made of coconut husk fiber. Factors in the study were hot compression molding with two levels of temperature, 150 and 170 degrees Celsius and three levels of time required in the hot compression molding process, namely, 4, 6, and 8 minutes at 1,000-2,000 pound-force per square inch. Mechanical properties were measured, which included the maximum average compressive strength of the top view, the maximum average compressive strength of the side view, the maximum average tensile strength, and water absorption. The test results indicated that the maximum average compressive strength of the top view and side view was 1.90 and 2.58 mega Pascal (MPa) at 150 degrees Celsius. The time required for the hot compression molding was 8 minutes, and the maximum tensile strength of the was 2.48 MPa at 150 degrees Celsius. The time required for the hot compression molding was 8 minutes, and water absorption was 14 minutes 60 seconds at 170 degrees Celsius. The time required for the hot compression molding was 8 minutes. Therefore, the appropriate status for the hot compression molding process of the food package made of coconut husk fiber was 150 degrees Celsius for 8 minutes as the package had an overall smooth texture and was strong. Its natural color can be maintained with good mechanical properties. According to the survey on satisfaction with the food package made of coconut husk fiber, it was found that the mean satisfaction score was 3.19, at a moderate level.

Keywords: Compression process, Food containers, Coconut shell fiber

บทนำ

บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมกำลังได้รับความสนใจมากขึ้นจากหลาย ๆ กลุ่มอายุ สาเหตุเนื่องมาจากการตื่นตัวจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อมและภัยธรรมชาติต่าง ๆ ที่เกิดเพิ่มขึ้นในทุกปี สาเหตุทั้งจากการตัดไม้ทำลายป่า ของเสียจากอุตสาหกรรม และการเผาขยะซึ่งมีปริมาณมากขึ้นและกำจัดได้ยากในปัจจุบัน นอกจากนี้กลุ่มประเทศธุรกิจหลัก ๆ ที่ได้เล็งเห็นความสำคัญของผลิตภัณฑ์รักษ์สิ่งแวดล้อมและผลิตภัณฑ์ทดแทนพลาสติก ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความมั่นคงและมีความพร้อมในด้านวัตถุดิบมวลชีวภาพ (biomass) ทั้งผลิตผลทางการเกษตรมากมาย จึงเป็นโอกาสดีในการนำมาวิจัยและพัฒนาเป็นพลาสติกชีวภาพ

ปัจจุบันมีการศึกษาการนำผลผลิตทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชีวภาพหรือบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ (ลตามาศ และคณะ, 2559) เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหาร แต่ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ บรรจุภัณฑ์หรือพลาสติกชีวภาพที่ได้ยังมีข้อจำกัดในการใช้ เนื่องจากเสีรूपได้ง่ายเมื่อได้รับความชื้นหรือสัมผัสกับสารเคมีต่าง ๆ สมบัติเชิงกลไม่ดี ไม่ยืดหยุ่น แตกเปราะได้ง่าย เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงสมบัติโดยการผสมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่นหรือเติมสารเติมแต่งเพิ่มสมบัติ และราคาที่แพงกว่าพลาสติกจากปิโตรเคมี จึงทำให้การนำไปใช้งานยังอยู่ในวงจำกัด

เส้นใยธรรมชาติโดยทั่วไป เช่น ปอ ปอกระเจา ป่านศรนารายณ์ ป่าน ใผ่ เส้นใยมะพร้าว เส้นใยกล้วย เส้นใยสัปปะรด เส้นใยไหม ผ้าย ไม้ เป็นต้น เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถนำมาใช้เป็นสารตัวเติม (filler) ซึ่งมีข้อดีหลายประการ เนื่องจากมีราคาถูก ความหนาแน่นต่ำ ความแข็งแรง ความคงทน โดยในบรรดาเส้นใยเหล่านี้ เส้นใยมะพร้าวเป็นเส้นใยที่มีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากในประเทศไทย และมีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย เช่น เป็นวัสดุประดับพื้นเส้นใย และเชือก เป็นต้น เนื่องจากมีสมบัติที่ผิวนอกแข็ง มีความทนทาน แต่อย่างไรก็ตามเส้นใยมะพร้าวที่เป็นเศษเหลือจากโรงงานผลิตเส้นใยมะพร้าวซึ่งมีปริมาณมากยังมีการนำมาใช้ประโยชน์อยู่น้อย (ศิริพร และคณะ, 2558) โดยมะพร้าวมีปริมาณการปลูกเพิ่มขึ้นในปีพ.ศ. 2564 มีเนื้อที่ให้ผลผลิตคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 0.796 ไร่ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปีพ.ศ. 2563 ร้อยละ 2.31 การส่งออกมะพร้าวผลของไทยในปีพ.ศ. 2564 คาดว่าจะมีปริมาณการส่งออกมะพร้าวผลเพิ่มขึ้นกว่าในปีพ.ศ. 2563 เนื่องจากปริมาณผลผลิตมะพร้าวผลภายในประเทศเพิ่มขึ้น โดยตั้งแต่เดือนมกราคมถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2564 มีการส่งออกมะพร้าวผลปริมาณ 132,251 ตัน มูลค่า 110.25 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Global Trade Atlas (GTA), 2564) และมีปริมาณการส่งออกสินค้าเกษตรสำเร็จรูปในปีพ.ศ. 2563 ปริมาณ 271,711 ตัน คิดเป็นมูลค่า 427.88 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2564) ซึ่งผลจากการดำเนินการส่งออกและจำหน่ายในประเทศ พบว่ามีเศษเหลือใช้จากกระบวนการผลิตคือ “เส้นใยเปลือกมะพร้าว” นิยมใช้ทำพรมเช็ดเท้า เสื่อ เชือก ทำที่นอน แก้วอ้นวามสปริง และเครื่องเรือนอื่น ๆ ในลักษณะเดียวกัน แต่จากการนำมาใช้งานยังไม่สอดคล้องกับสมบัติเด่นของเส้นใยเปลือกมะพร้าว คือ ความเหนียวของเส้นใยและการยึดติดกันอย่างเหนียวแน่น ในอดีตมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง โดยนำวัสดุทางการเกษตรมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังนั้นจึงขอยกตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ ปัตติยา และคณะ (2565) ศึกษาคุณสมบัติของภาชนะที่ผลิตจากเส้นใยหญ้าจรจบและเส้นใยผักตบชวา และศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการทำภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยทดลองผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ ทั้งหมด 12 สูตร จากนั้นศึกษาคุณสมบัติของภาชนะ ได้แก่ การวัดความหนาโดยใช้ไมโครมิเตอร์ (micrometer) การศึกษาสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์สแตโรอิ การทดสอบแรงดึง และการหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ ศศิกันต์ และคณะ (2562) ศึกษาการผลิตโฟมที่ย่อยสลายได้จากแป้งข้าวเจ้าเสริมแรงด้วยเส้นใยจากผักตบชวา มีปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบด้วย เส้นใยผักตบชวาร้อยละ 0-20 กลีเซอรอลร้อยละ 0-15 และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 0-7.5 โดยใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบหลัก ใช้กลีเซอรอลเป็นสารพลาสติกไซเซอร์ ใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นสารเติมแต่ง ใช้เส้นใยผักตบชวาเป็นสารเสริมแรง และใช้น้ำเป็นตัวช่วยในการผสมส่วนประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกัน และทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของโฟมที่ได้ ประกอบด้วย

ค่าความทนต่อแรงดัดโค้ง ค่าการดูดซับน้ำ ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA เพื่อหาค่าความแปรปรวนของการทดลอง สิบราง และคณะ (2564) มุ่งเน้นสร้างเครื่องมือและเทคโนโลยีเครื่องอัดรีดเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในกระบวนการทดลองผลิตวัสดุทดแทนจากใบข้าวโพดและเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยเครื่องอัดรีดที่ออกแบบขึ้นนี้ สามารถควบคุมอุณหภูมิความร้อนได้ถึง 140 องศาเซลเซียส กำหนดแรงอัดด้วยระบบไฮดรอลิกได้ถึง 2,500 กิโลกรัมหรือเท่ากับ 2.5 ตัน ควบคุมระยะเวลาในการอัดแบบอัตโนมัติได้ตามค่า และคณะ (2559) มุ่งเน้นหาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงรายมาใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมทดแทนการใช้ถุงพลาสติก โดยได้นำใบสับปะรด ใบข้าวโพด และฟางข้าวมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยทำการแปรรูปวัสดุทางการเกษตรดังกล่าวเป็นเส้นใยเพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ต้นแบบเพื่อศึกษาการนำไปใช้จริง กิตติศักดิ์ และคณะ (2564) ออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติเพื่อนำมาทำการอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหาร ประกอบด้วยปั๊มลมขนาด 8 บาร์ กระบอกลมนิวเมติกส์ ตัวควบคุมระบบไฟฟ้า วาล์วควบคุมต่าง ๆ และชุดรับแรงกดรวมถึงแม่พิมพ์ ภาชนะใส่อาหาร ซึ่งเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาตินี้สามารถอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารได้ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร ได้ครั้งละ 1 ชิ้น จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ได้นำเสนอผลการศึกษาที่แตกต่างกันในวัสดุที่นำมาผลิตเป็นภาชนะและการออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปที่มีศักยภาพที่ต่างกัน

ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมเพื่อตอบโจทย์สังคม คือ การศึกษาวิจัยเพื่อนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือ เส้นใยเปลือกมะพร้าว มาแปรรูปในรูปแบบของวัสดุทดแทน โดยศึกษาปัจจัยที่เหมาะสม ประกอบด้วย อุณหภูมิและเวลาในการอัดขึ้นรูป รีด ศึกษาสมบัติทางกล ประกอบด้วย ความต้านทานแรงกดอัดด้านบน ความต้านทานแรงกดอัดด้านข้าง ความต้านทานแรงดึง และการดูดซึมน้ำ และการประเมินความพึงพอใจในภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว รวมถึงการพัฒนาเครื่องมือให้เหมาะสมตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบจนกระทั่งผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้เหมาะกับวัตถุดิบแต่ละชนิด ซึ่งความสำเร็จจากการวิจัยนี้จะช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรและประเทศ และเป็นการพัฒนาอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ของประเทศให้มีศักยภาพในการแข่งขันในตลาดโลกมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว มีขั้นตอนกระบวนการอัดขึ้นรูป (วรพงศ์ และชาติรี, 2565) และการทดสอบสมบัติทางกล ดังนี้

1. การเตรียมเส้นใยเปลือกมะพร้าว

เส้นใยเปลือกมะพร้าวเป็นวัสดุหลักในการขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุอาหาร โดยการนำเปลือกมะพร้าว ดังภาพที่ 1 (ก) มาเข้าสู่การแยกเส้นใยและขุยจากเปลือกมะพร้าวด้วยเครื่องแยกเส้นใยและขุยจากเปลือกมะพร้าว ดังภาพที่ 1 (ข) จะได้เส้นใยเปลือกมะพร้าวที่มีขนาดความยาวเฉลี่ย 1-2 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.2-0.5 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 1 (ค)



ภาพที่ 1 การเตรียมเส้นใยเปลือกมะพร้าว โดยมีเปลือกมะพร้าว (ก) เครื่องแยกเส้นใยและขุยจากเปลือกมะพร้าว (ข) และเส้นใยเปลือกมะพร้าว (ค)

2. การเตรียมวัสดุประสาน

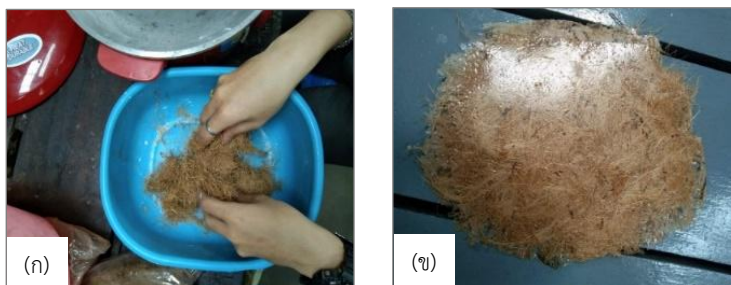
โดยการใช้ น้ำปริมาณ 50-100 มิลลิลิตร ดังภาพที่ 2 (ข) มาตั้งไฟจนร้อนที่อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่ตัวประสาน (แป้งมันสำปะหลัง) ปริมาณ 40-60 กรัม ดังภาพที่ 2 (ก) ใส่ลงไปใ้ในน้ำแล้วทำการกวนให้เข้ากัน ใช้ระยะเวลาในการกวน 5-10 นาที จนได้แป้งเปียกสำหรับใช้เป็นวัสดุประสานในการขึ้นรูปต่อไป ดังภาพที่ 2 (ค)



ภาพที่ 2 การเตรียมวัสดุประสาน ประกอบด้วย แป้งมันสำปะหลัง (ก) กระบอกตวง (ข) และวัสดุประสาน (ค)

3. การเตรียมแผ่นใยอัดจากเปลือกมะพร้าว

โดยการผสมวัสดุทั้งสอง คือ เส้นใยเปลือกมะพร้าว ปริมาณ 10-30 กรัม กับวัสดุประสาน ปริมาณ 5-10 กรัม มาผสมให้เข้ากันดี ดังภาพที่ 3 (ก) จากนั้นนำวัสดุที่ผสมเข้ากันแล้ว มากระจายให้ทั่วแม่พิมพ์ที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 15-30 เซนติเมตร ยาว 17-40 เซนติเมตร จากนั้นอัดขึ้นรูปร้อนให้เป็นแผ่น ที่ความดันกดอัด 2,800 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 140-200 องศาเซลเซียส และใช้เวลา 2-5 นาที จะได้แผ่นใยอัดจากเปลือกมะพร้าว ดังภาพที่ 3 (ข)



ภาพที่ 3 การเตรียมแผ่นใยอัดจากเปลือกมะพร้าว ประกอบด้วย การผสมวัสดุทั้งสอง (ก) และแผ่นใยอัดจากเปลือกมะพร้าว (ข)

4. การอัดขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว

โดยการนำแผ่นใยอัดจากเปลือกมะพร้าวจากกระบวนการก่อนหน้ามาอัดขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวด้วยการอัดขึ้นรูปร้อน สอดคล้องกับกิตติศักดิ์ และคณะ, (2564) ด้วยแม่พิมพ์ภาชนะบรรจุอาหาร โดยอัดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 150 และ 170 องศาเซลเซียส และเวลาในการอัดขึ้นรูปร้อน 3 ระดับ คือ 4 6 และ 8 นาที ที่ความดันกดอัด 1,800 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ดังตารางที่ 1 จากนั้นนำภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวออกจากแม่พิมพ์ จะได้ภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่พร้อมนำไปทดสอบสมบัติทางกลต่อไป ดังภาพที่ 4

ตารางที่ 1 ปัจจัยในการทดลองอัดขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว

ลำดับ	อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน (องศาเซลเซียส)	เวลาในการอัดขึ้นรูปร้อน (นาที)	ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ทดสอบ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
1	150	4	0.171
2	150	6	0.171
3	150	8	0.171
4	170	4	0.171
5	170	6	0.171
6	170	8	0.171



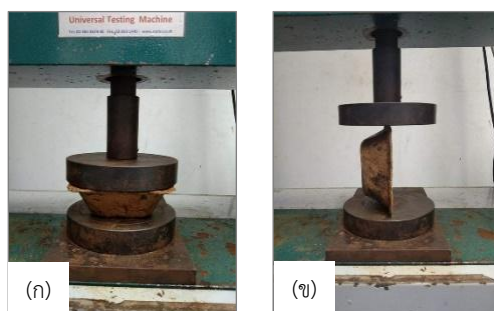
ภาพที่ 4 ภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว

5. การทดสอบสมบัติทางกลของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว

ประกอบด้วย ความต้านทานแรงกดอัดด้านบน ความต้านทานแรงกดอัดด้านข้าง ความต้านทานแรงดึง และการดูดซึมน้ำ

5.1 การทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านบนและความต้านทานแรงกดอัดด้านข้าง

โดยทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D790-10 ด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine, ยี่ห้อ NRI รุ่น TS500-50) แรงที่ใช้ในการกดอัดสูงสุด 5 กิโลนิวตัน ความเร็วที่ใช้ในการกดขึ้นงาน (crosshead speed) เท่ากับ 1.3 มิลลิเมตรต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการทดสอบหาค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 10 ชิ้น ทดสอบในแต่ละสูตร โดยมีการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านบน ดังภาพที่ 5 (ก) และทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านข้าง ดังภาพที่ 5 (ข)



ภาพที่ 5 การทดสอบความต้านทานแรงกดอัด โดยทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านบน (ก) และทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านข้าง (ข)

5.2 การทดสอบความต้านทานแรงดึง

โดยทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D828 ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบแรงดึงของกระดาษและกระดาษแข็ง ด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine, ยี่ห้อ NRI รุ่น TS500-50) แรงที่ใช้ในการดึงสูงสุด 5 กิโลนิวตัน ความเร็วที่ใช้ในการกดขึ้นงานเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการทดสอบหาค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 10 ชิ้น ทดสอบในแต่ละสูตร ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การทดสอบความต้านทานแรงดึง

5.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

โดยทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D779 ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบความต้านทานต่อน้ำของกระดาษและวัสดุแผ่นอื่น ๆ โดยใช้สีกัมพูชาผสมกับน้ำในอัตราส่วน สีกัมพูชา 1.5 กรัม กับน้ำ 100 มิลลิลิตร จากนั้นหยดลงบนพื้นผิวของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว แล้วเริ่มจับเวลาตั้งแต่น้ำสัมผัสกับพื้นผิวของภาชนะบรรจุอาหาร จนกระทั่งน้ำได้ซึมผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุอาหาร โดยใช้วิธีการจับเวลา ซึ่งทำการทดสอบหาค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 5 จุดในแต่ละสูตร ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

6. การประเมินความพึงพอใจในภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว

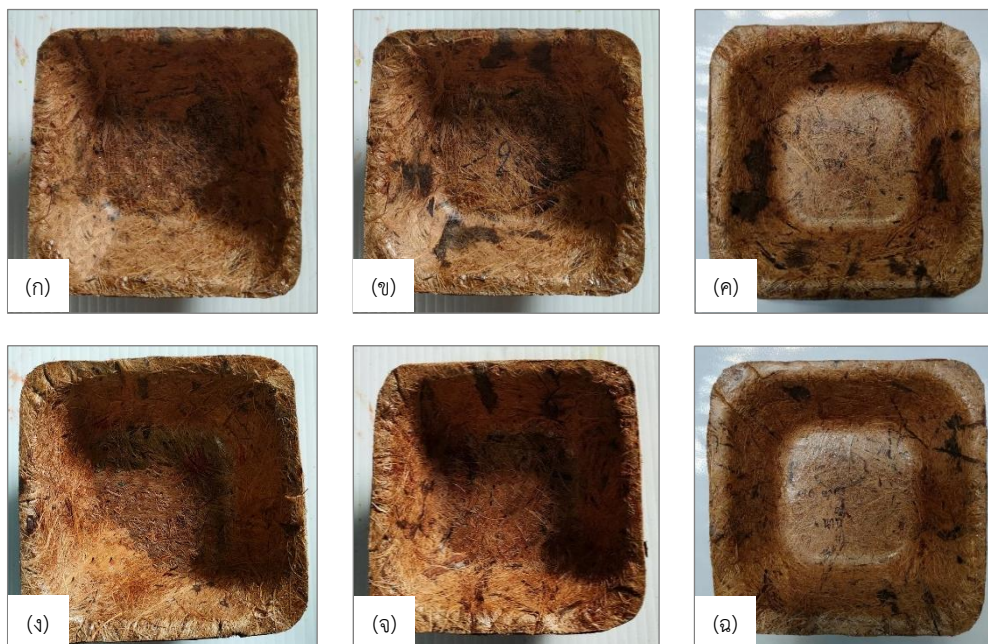
การผลิตภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวต้นแบบ แล้วนำมาวัดค่าระดับความพึงพอใจของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว โดยมุ่งเน้นกลุ่มเป้าหมาย 4 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ประกอบการร้านอาหาร ผู้ใช้บริการร้านอาหาร อาจารย์ และนักศึกษา จำนวนทั้งหมด 100 คน โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนระดับความพึงพอใจ และคำนวณค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจตามเกณฑ์ของแต่ละข้อ

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษากระบวนการอัดขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว โดยการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 150 และ 170 องศาเซลเซียส และเวลาในการอัดขึ้นรูปร้อน 3 ระดับ คือ 4 6 และ 8 นาที ที่ความดันกดอัด 1,000-2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลการศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เส้นใยเปลือกมะพร้าวสามารถอัดขึ้นรูปได้ดี และผิวสัมผัสของเส้นใยเปลือกมะพร้าวมีความเรียบ ดังภาพที่ 8 (ก-ค) ที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 170 องศาเซลเซียส เส้นใยเปลือกมะพร้าวสามารถอัดขึ้นรูปได้ดีและผิวสัมผัสมีความเรียบทั้งที่ก้นและรอบ ๆ ภาชนะบรรจุอาหารแต่ไม่ดีเท่าที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 8 (ง-ฉ) ซึ่งเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจึงทำให้เส้นใยมีสีที่เปลี่ยนไปแต่ไม่มาก แต่ที่น่าสังเกตผลการศึกษากกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว พบว่าทุกอุณหภูมิสามารถขึ้นรูปเป็น

ภาชนะบรรจุอาหารได้ทั้งหมด โดยที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส พบว่าเส้นใยเปลือกมะพร้าวมีผิวเรียบและเส้นใยเรียงตัวกันได้ดีและยึดเกาะกันแน่น ดังภาพที่ 8 (ก-ค) และที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 170 องศาเซลเซียส พบว่าเส้นใยเปลือกมะพร้าวมีผิวเรียบแต่มีสีเปลี่ยนไป ดังภาพที่ 8 (ง-ฉ)



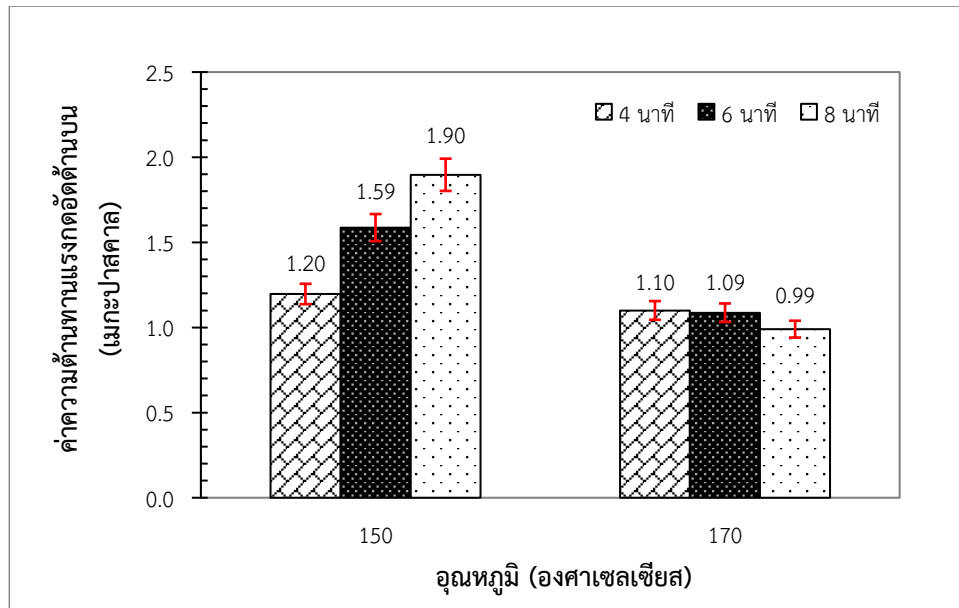
ภาพที่ 8 ผลการศึกษากระบวนการอัดขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที (ก) 6 นาที (ข) 8 นาที (ค) และที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 170 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที (ง) 6 นาที (จ) 8 นาที (ฉ)

2. ผลการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านบน

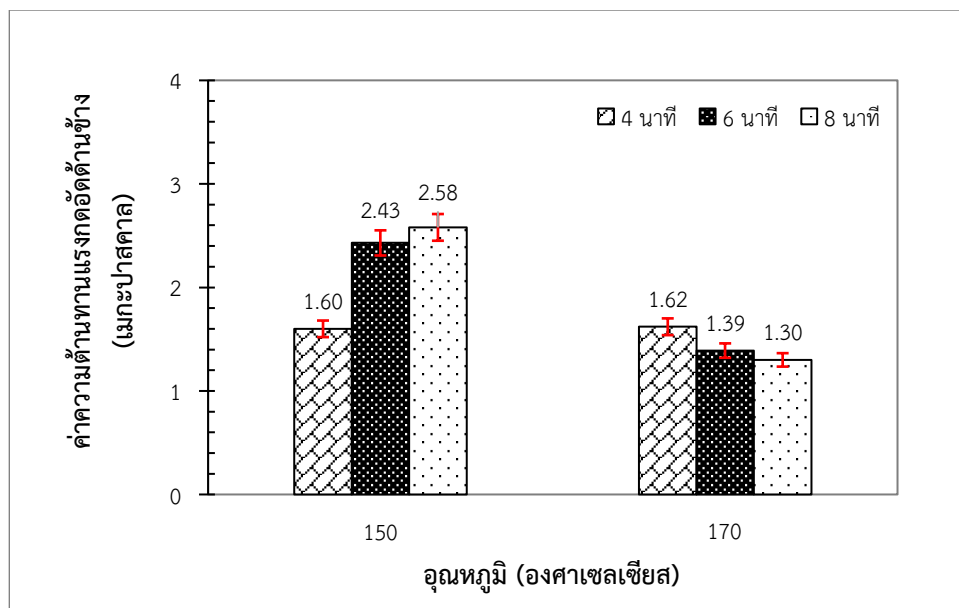
พบว่าค่าการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านบนสูงที่สุดที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที มีค่าแรงกดอัดด้านบนเท่ากับ 1.90 เมกะปาสคาล (MPa) และค่าการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านบนต่ำที่สุดที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 170 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที มีค่าแรงกดอัดด้านบนเท่ากับ 0.99 เมกะปาสคาล ดังภาพที่ 9

3. ผลการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านข้าง

พบว่าค่าการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านข้างสูงที่สุดที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที มีค่าแรงกดอัดด้านข้างเท่ากับ 2.58 เมกะปาสคาล และค่าการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านข้างต่ำที่สุดที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 170 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที มีค่าแรงกดอัดด้านข้างเท่ากับ 1.30 เมกะปาสคาล ดังภาพที่ 10



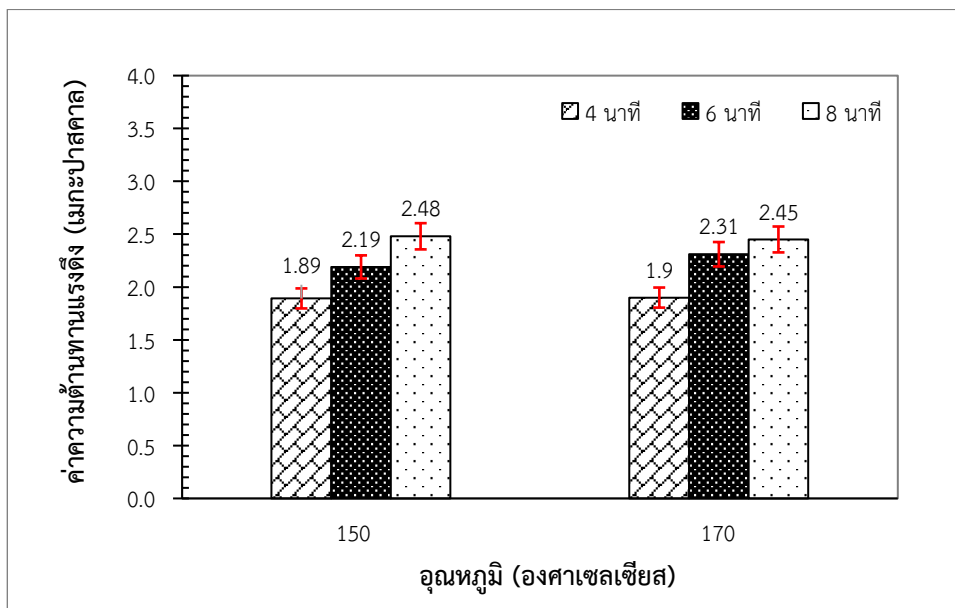
ภาพที่ 9 การเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงกดอัดด้านบนของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 และ 170 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงกดอัดด้านข้างของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 และ 170 องศาเซลเซียส

4. ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง

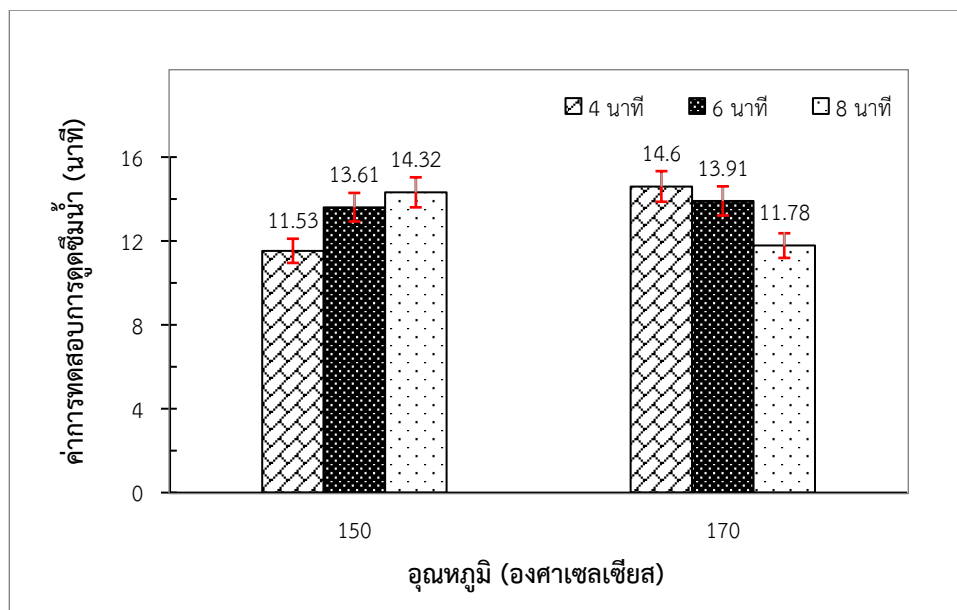
พบว่าค่าการทดสอบความต้านทานแรงดึงสูงที่สุดที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที มีค่าแรงดึงเฉลี่ยสูงสุด 2.48 เมกะปาสคาล และค่าความต้านทานแรงดึงต่ำที่สุดที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 170 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที มีค่าแรงดึงเฉลี่ยต่ำสุด 1.90 เมกะปาสคาล ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงดึงของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว ที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 และ 170 องศาเซลเซียส

5. ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ

พบว่าภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่มีการอัดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที มีค่าการดูดซึมน้ำช้าสุดอยู่ที่ 14 นาที 36 วินาที และการอัดขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที มีค่าการดูดซึมน้ำเร็วสุดอยู่ที่ 11 นาที 53 วินาที ซึ่งจากค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่อุณหภูมิ 150 และ 170 องศาเซลเซียส เวลา 4 6 และ 8 นาที มีค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำช้าสุดและเร็วสุด ต่างกันเป็นเวลา 3 นาที 7 วินาที สรุปได้ว่าปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การเปรียบเทียบค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 และ 170 องศาเซลเซียส

6. ผลจากการทดสอบสมบัติทางกลและสภาวะการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว

พบว่าที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที่ เป็นสภาวะการอัดขึ้นรูปภาชนะที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวมีการอัดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงมากและเวลาที่มากขึ้น ทำให้เส้นใยที่ถูกอัดตัวกันแน่นไม่เกิดการเสียหาย จึงทำให้ผิวสัมผัสมีลักษณะทางกายภาพที่เรียบทั่วกันทั้งภาชนะ มีความแข็งแรง และยังคงสีธรรมชาติเดิมไม่มีสีที่เปลี่ยนไป มีค่าการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านบน 1.90 เมกะปาสคาล ค่าการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านข้าง 1.30 เมกะปาสคาล ค่าความต้านทานแรงดึง 2.48 เมกะปาสคาล และค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ 14 นาที่ 32 วินาที เหมาะสำหรับการใส่อาหารมากกว่า ซึ่งค่าที่ได้จากการทดสอบมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว

7. ผลจากการวัดค่าระดับความพึงพอใจโดยรวมของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว

พบว่าคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 3.19 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงระดับความพึงพอใจปานกลาง โดยค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจในภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ อันดับที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์สามารถตอบโจทย์ด้านอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 4.13 อันดับที่ 2 คือ สีสันและความสวยงามของผลิตภัณฑ์เฉลี่ย 3.87 อันดับที่ 3 คือ ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เฉลี่ย 3.47 นอกจากนี้พบว่าความพึงพอใจน้อยที่สุด คือ ขนาดของผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมแก่การใช้งาน เฉลี่ย 2.44 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่ำระดับความพึงพอใจของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว

ลำดับ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
1	ผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เช่น ความเรียบ	3.67	มาก
2	กลิ่นไม่พึงประสงค์ของผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูป	2.72	ปานกลาง
3	ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์	3.11	ปานกลาง
4	สีสัมผัสและความสวยงามของผลิตภัณฑ์	3.87	มาก
5	รูปทรงของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมแก่การใช้งาน	2.73	ปานกลาง
6	ความเหมาะสมในการใช้งานจริง	3.14	ปานกลาง
7	ขนาดของผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมแก่การใช้งาน	2.44	น้อย
8	ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์	2.69	ปานกลาง
9	ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย	3.47	มาก
10	ผลิตภัณฑ์สามารถตอบโจทย์ด้านอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม	4.13	มากที่สุด
	เฉลี่ย	3.19	ปานกลาง

การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษากระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปร้อนภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว พบว่า ทุกอุณหภูมิสามารถอัดขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุอาหารได้ทั้งหมด โดยที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส ทำให้ภาชนะมีผิวที่เรียบ เส้นใยเรียงตัวกันได้ดีและยึดเกาะกันแน่น และที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 170 องศาเซลเซียส ทำให้ภาชนะมีผิวที่เรียบแต่มีสีที่เปลี่ยนไป เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เส้นใยโดนความร้อนมากขึ้น จึงทำให้เส้นใยเกิดความเสียหายเมื่อโดนความร้อนมากเกินไป สีของเส้นใยจึงเปลี่ยนไปแต่ไม่มาก สามารถนำไปใช้งานได้ จึงสรุปได้ภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวสามารถขึ้นรูปได้ทั้งหมด แต่ขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป จึงทำให้ภาชนะบรรจุอาหารมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันไปในแต่ละอุณหภูมิและแต่ละเวลา ขึ้นกับเงื่อนไข อุณหภูมิใดและเวลาใดที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่สุด ในการนำไปใช้งานเป็นภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว สอดคล้องกับสิปราง และคณะ (2564) จากการศึกษาวิจัยของศศิกานต์ และคณะ (2562) อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของวัสดุประสานในแม่พิมพ์ได้ว่า เริ่มจากเมื่อใส่วัตถุดิบที่มีวัสดุประสานโดยมีแบ่งกับน้ำเป็นส่วนประกอบลงไปแม่พิมพ์ที่ร้อน อุณหภูมิในแม่พิมพ์สูงทำให้น้ำที่ผสมอยู่กับวัสดุประสานจะเริ่มระเหยกลายเป็นไอ แบ่งจะเกิดเป็นเจล โดยกระบวนการเจลาตินไนซ์-เซชัน (gelatinisation) และมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความดันภายในแม่พิมพ์จะสูงขึ้น จากนั้นอุณหภูมิภายในสูงขึ้นจนน้ำในแม่แบบระเหยออกกลายเป็นไอบริเวณขอบของแม่พิมพ์ ความดันของไอน้ำที่อยู่ภายในแม่พิมพ์เกิดการขยายตัวทำให้แบ่งกลายเป็นโพรงอากาศ เนื้อแบ่งที่อยู่ภายในจะเกิดการกระจายตัวจนเต็มแม่พิมพ์ และแบ่งที่เป็นส่วนเกินจะระบายตัวออกมาทางช่องขอบของแม่พิมพ์ จากนั้นน้ำจะระเหยออกจนหมด โพรงอากาศจะเริ่มแห้ง และเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้าย คือ ความดันภายในแม่พิมพ์และอุณหภูมิที่สูงจะทำให้วัสดุประสานเกิดการแห้งตัว สุดท้ายนำชิ้นงานออกจากแม่แบบ ในประเด็นของการทดสอบสมบัติทางความร้อนเป็นการทดสอบการสูญเสียน้ำหนักเมื่อได้รับความร้อน

(thermogravimetric analysis: TGA) โดยที่งานวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ดำเนินการทดสอบ แต่ดำเนินการศึกษาวิเคราะห์เทียบกับเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน (วรรณพร และคณะ, 2565) พบว่าเส้นใยลูกปาล์มน้ำมันมีการเสถียรทางความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 300-425 องศาเซลเซียส และพบว่าการสลายตัวในช่วงแรกเป็นการสลายตัวของเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งปกติสารเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินของเส้นใยธรรมชาติจะสลายตัวในช่วงอุณหภูมิ 194-386 องศาเซลเซียส (Mohanty *et al.*, 2006)

ด้านการทดสอบสมบัติทางกล ประกอบด้วย (1) การทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านบน พบว่าค่าการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านบนสูงที่สุดที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที มีค่าแรงกดอัดด้านบนเท่ากับ 1.90 เมกะปาสคาล ขึ้นงานที่อัดขึ้นรูปด้วยในอุณหภูมิที่ไม่สูงเกินไป และใช้เวลาสูงขึ้นทำให้เส้นใยมีการเรียงตัวกันได้ดี และยึดเกาะกันแน่น เส้นใยไม่เกิดความเสียหายเพราะไม่โดนความร้อนมากเกินไป แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเวลามากขึ้น ทำให้เส้นใยเกิดความเสียหายทำให้ภาชนะบรรจุอาหารมีความเปราะและแข็ง ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวมีค่าการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านบนสูงสุดและต่ำสุดต่างกันอยู่ที่ 0.91 เมกะปาสคาล จึงสรุปได้ว่าปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน มีผลต่อค่าความต้านทานแรงกดอัดด้านบนของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว สอดคล้องกับศศิกันต์ และคณะ (2562) (2) การทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านข้าง พบว่าค่าการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านข้างสูงที่สุดที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที มีค่าแรงกดอัดด้านข้างเท่ากับ 2.58 เมกะปาสคาล ซึ่งจากค่าการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านข้าง ที่อุณหภูมิไม่สูงเกินไป และใช้เวลามากขึ้นทำให้เส้นใยมีการเรียงตัวกันได้ดี และยึดเกาะกันแน่น เส้นใยไม่เกิดความเสียหายเพราะไม่โดนความร้อนมากเกินไป แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและเวลามากขึ้นทำให้เส้นใยเกิดความเสียหายภาชนะบรรจุอาหารมีความเปราะและแข็ง ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว มีค่าการทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านข้างสูงสุดและต่ำสุดต่างกันอยู่ที่ 1.28 เมกะปาสคาล จึงสรุปได้ว่าปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน มีผลต่อค่าความต้านทานแรงกดอัดด้านข้างของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว (3) การทดสอบความต้านทานแรงดึง พบว่าค่าการทดสอบความต้านทานแรงดึงสูงที่สุดที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที มีค่าแรงดึงเฉลี่ยสูงสุด 2.48 เมกะปาสคาล ซึ่งจากค่าการทดสอบความต้านทานแรงดึงที่อุณหภูมิต่างกันและใช้เวลามากขึ้นทำให้เส้นใยมีการเรียงตัวกันได้ดี และยึดเกาะกันแน่น สอดคล้องกับปัตติยา และคณะ (2565) ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวมีค่าการทดสอบความต้านทานแรงดึงสูงสุดและต่ำสุดต่างกันอยู่ที่ 0.56 เมกะปาสคาล จึงสรุปได้ว่าปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว สอดคล้องกับจุฑาทิพย์ และคณะ (2563) พบว่าเวลาการขึ้นรูปและเวลาในการคงรูปสมบูรณ์มีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิในการคงรูปเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายิ่งเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอัดมากขึ้นและเวลามากขึ้นย่อมส่งผลต่อสมบัติของวัสดุเช่นกัน (4) การทดสอบการดูดซึมน้ำ พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นทำให้เส้นใยมีการเรียงตัวกันดีมากขึ้น จะเห็นได้ว่าในทุก ๆ ที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อนเมื่อเพิ่มเวลาขึ้นค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน สอดคล้องกับบุษบา และคณะ (2554) และศศิกันต์ และคณะ (2562) โดยปัจจัยที่มีผลต่อการจัดเรียงตัวของเส้นใยเปลือกมะพร้าวในการอัดขึ้นรูป

ประกอบด้วย การจัดเรียงเส้นใยก่อนการอัดขึ้นรูป ความร้อนจากการอัดขึ้นรูป แรงดันอัดขึ้นรูป และเวลาในการอัดขึ้นรูป ซึ่งทำให้ภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวที่มีการอัดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที มีค่าการดูดซึมน้ำเข้าสู่อยู่ที่ 14 นาที 36 วินาที

สรุปผลการวิจัย

1. ภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวสามารถอัดขึ้นรูปร้อนได้ทุกอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส ทำให้ภาชนะมีผิวสัมผัสเรียบและมีความหนาแน่นมาก และที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 170 องศาเซลเซียส ทำให้ภาชนะมีผิวสัมผัสเรียบ เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เส้นใยเกิดความเสียหาย จึงทำให้มีสีเปลี่ยนไปแต่ไม่มากนัก สามารถนำไปใช้งานเป็นภาชนะบรรจุอาหารได้ ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว จึงอยู่ที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูป 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที

2. การทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านบนของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว ที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที มีค่าความต้านทานแรงกดอัดด้านบนสูงสุดเท่ากับ 1.90 เมกะปาสคาล

3. การทดสอบความต้านทานแรงกดอัดด้านข้างของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว ที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที มีค่าความต้านทานแรงกดอัดด้านข้างสูงสุดเท่ากับ 1.30 เมกะปาสคาล

4. การทดสอบความต้านทานแรงดึงของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว ที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 2.48 เมกะปาสคาล

5. การทดสอบการดูดซึมน้ำของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว ที่อุณหภูมิอัดขึ้นรูปร้อน 150 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที มีค่าการดูดซึมน้ำเข้าสู่อยู่ที่ 14 นาที 36 วินาที

6. การวัดค่าระดับความพึงพอใจโดยรวมของภาชนะบรรจุอาหารจากเส้นใยเปลือกมะพร้าว พบว่ามีค่าคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.19 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงระดับความพึงพอใจปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการจัดสรรงบประมาณผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประจำปี พ.ศ. 2565 ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์ การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ เมืองกลาง ญัฐพงษ์ รักด่านกลา ญัฐวุฒิ ดงกระโทก ทักษ์ดนัย จันทินอก และธรรณธร ชิดการ. (2564). เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 6(2), 65-76.

- จุฑาทิพย์ อางชมภู สุวัฒน์ รัตนพันธ์ ฉัตรชัย แก้วดี และวีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2563). สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไม้เทียมโดยกระบวนการอัดขึ้นรูป. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 39(1), 84-98.
- บุษบา สร้อยระย้า ชมภูขุ เพื่อนพิภพ ดวงกมล ตั้งสถิตพร อัสชา ศิริพันธุ์ และประพาฬภรณ์ ชีรมงคล. (2554). การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากเส้นใยกล้วยสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป. *รายงานวิจัย*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- ปัตติยา ช่ออั้งชัน ชุตินันท์ คชสิทธิ์ กัญญารัตน์ คงมัน และธิดารัตน์ พรหมมา. (2565). ศึกษาคุณสมบัติของภาชนะที่ผลิตจากเส้นใยหญ้าขจรจบและเส้นใยผักตบชวา. *การประชุมวิชาการระดับชาติสำหรับนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏกาแพงเพชร ครั้งที่ 2*. กำแพงเพชร.
- ลดา มาศ เบญญา ญัฐดี ช่อเจริญ ญาณสินี สุมา และนิตยัตตะยา ผาสุกพันธุ์. (2559). ความเป็นไปได้เบื้องต้นในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดเชียงราย. *การประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 12 : วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ”*. พิษณุโลก.
- วรพงศ์ บุญช่วยแทน และชาติรี หอมเขียว. (2565). ส่วนผสมและกรรมวิธีการผลิตบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยเปลือกมะพร้าว. *อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 2203001405*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.
- วรรณพร ชีวภูมิพงศ์ ชาติรี หอมเขียว และสุรสิทธิ์ ระวีวงศ์. (2565). การศึกษาเชิงเปรียบเทียบผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อสมบัติของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและซีลื้อ้อยไม่ยางพารา. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 14(1), 31-46.
- ศศิกันต์ สุวรรณประทีป อดุลย์ หาญวิมว่ง และสมพงษ์ พิริยานต์. (2562). การผลิตโฟมบรรจุภัณฑ์จากแป้งข้าวเจ้าผสมด้วยเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา. *รายงานวิจัย*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- ศิริพร เต็งรัง ประยูร เอ็นมาก ภัสสร เลียบวัน มงคล ตุ่นเข้า ครูวรรณ ภามัตย์ พุทธินันท์ จารุวัฒน์ นกคักดี ลอยเลิศ สุปรียา สุขเกษม วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร โกเมศ สัตยาธุร ศุภมาศ กลิ่นขจร จารุวรรณ รัตนสกุลธรรม สาเร้ง ช่างประเสริฐ รังสิทธิ์ ศิริมาลา และมานพ คันธามารัตน์. (2558). วิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์. *รายงานวิจัย*. กรมวิชาการเกษตร.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. (2564). *ปลูกมะพร้าว*. สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2565, จาก: <https://tradereport.moc.go.th/TradeThai.aspx>.
- สิปราง เจริญผล นวลนภา จุลสุทธิ และรัชนิกร กุศลานนท์. (2564). การใช้กระบวนการอัดร้อนใบข้าวโพดเพื่อใช้เป็นวัสดุทดแทน สำหรับการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์. *วารสารสังคมศาสตร์วิชาการ*, 14(1), 113-124.
- Global Trade Atlas (GTA). (2564). *มูลค่าส่งออก*. สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2565, จาก: <https://ihsmarkit.com/products/maritime-global-trade-atlas.html>.
- Mohanty, S., Verma, S.K. and Nayak, S.K. (2006). Dynamic mechanical and thermal properties of MAPE treated jute/HDPE composites. *Composites Science and Technology*, 66(3-4), 538-547, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2005.06.014>.