การพัฒนาแผ่นไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าว

ภควัต เกอะประสิทธิ์[1] อดิศร จรัลวรกูลวงศ์[2] อิทธิ ผลิตศิริ[3*]

Received : November 19, 2023
Revised : June 7, 2024
Accepted : July 12, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าว สำหรับปัญหาปริมาณขยะในชุมชน ซึ่งแผ่นไม้เทียมจะมีส่วนประกอบของพลาสติกโพลีแลกติกแอซิด (PLA) ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพผสมกับผงกะลามะพร้าว วัสดุเชิงประกอบนี้เป็นช่องทางที่มีศักยภาพในการนำขยะพลาสติกชีวภาพกลับมาใช้ใหม่ โดยเฉพาะ PLA และกะลามะพร้าวที่เหลือจากชุมชนและการเกษตรกรรมมาเป็นวัสดุผสม กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการบดและการอัดวัสดุเชิงประกอบด้วยความร้อน โดยใช้เครื่องอัดขึ้นรูปร้อน อัตราส่วนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 5 อัตราส่วน ได้แก่ 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 ต่อจากนั้นแผ่นจะถูกทำให้เป็นเม็ดและฉีดขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบโดยใช้เครื่องฉีดที่อุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส สำหรับการทดสอบทางกลและทางกายภาพ ผลการทดลองระบุว่าปริมาณผงกะลามะพร้าวในส่วนผสมมีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณสมบัติของวัสดุเชิงประกอบ ส่งผลให้มีความแข็งและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันก็เพิ่มปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำด้วยเช่นกัน ส่งผลให้ความต้านทานแรงดึงและความต้านทานแรงกระแทกลดลง การวิจัยนี้ได้เลือกอัตราส่วนการผสม 90:10 สำหรับการผลิตเป็นไม้เทียมเพื่อใช้ประโยชน์ ทางด้านการก่อสร้าง และสถาปัตยกรรม เนื่องจากอัตราส่วนดังกล่าวเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.2998-2562) นอกจากนี้ยังช่วยลดขยะที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพและวัสดุเหลือใช้จากกะลามะพร้าวอันเป็นปัญหาสำหรับบุคคลในชุมชนอีกด้วย

คำสำคัญ: กะลามะพร้าว พลาสติกชีวภาพ โพลีแลกติกแอซิด วัสดุเชิงประกอบ

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อีเมล: pakawat.k@rmutp.ac.th
[2] อาจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อีเมล: adisorn.ja@rmutp.ac.th
[3] อาจารย์ ดร. สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อีเมล: itthi.w@rmutsb.ac.th
** ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: itthi.w@rmutsb.ac.th*

DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL WOOD PANELS FROM RECYCLED BIOPLASTIC MIXED WITH COCONUT SHELL POWDER

Pakawat Kerprasit[1] Adisorn Jaralworakulwong[2] Itthi Plitsiri[3*]

Abstract

This research aimed to develop artificial wood panels from recycled bioplastics mixed with coconut shell powder to solve the problem of waste in the community. The artificial wood panels are composed of biodegradable polylactic acid (PLA) plastic mixed with coconut shell powder. This composite material is a promising avenue for repurposing bioplastic waste, specifically PLA, and residual coconut shells sourced from community and agricultural contexts, into a composite material. The process involved grinding and thermally pressing composite materials using a hot press. The study investigated five ratios: 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, and 50:50. Subsequently, the sheets were granulated, and injection molded into test specimens using an Injection Machine at a temperature of 260 degrees Celsius for mechanical and physical testing. Experimental results indicate that the quantity of coconut shell powder in the mixture significantly influences the properties of the composite material, leading to increased hardness and density while concurrently elevating moisture content and water absorption. Consequently, the tensile strength and impact resistance are reduced. This research has selected a blending ratio of 90:10 for the manufacturing of artificial wood intended for applications in construction and architecture. This choice aligns with established industrial product standards (TIS 2998-2019). Furthermore, it can assist in reducing biodegradable waste and leftover materials from coconut shells, which are problems for individuals in the community.

Keywords: Endocarp, Bio plastic, Polylactic acid, Composite

[1] Assistant Professor Dr., Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, e-mail: pakawat.k@rmutp.ac.th

[2] Lecturer, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, e-mail: adisorn.ja@rmutp.ac.th

[3] Lecturer Dr., Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, e-mail: itthi.w@rmutsb.ac.th*

** Corresponding author, e-mail: itthi.w@rmutsb.ac.th*

บทนำ

แผ่นไม้เทียม เป็นวัสดุที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์แทนที่ไม้จริงได้ เช่น แผ่นพื้น แผ่นตกแต่งผนังภายใน ตลอดจน เฟอร์นิเจอร์ภายในอาคาร และกรอบรูป เป็นต้น แผ่นไม้เทียมนี้มีแนวโน้มความต้องการสูงและมีแนวโน้มของราคาที่สูงเนื่องจากปัญหาด้านทรัพยากรป่าไม้ที่ลดลง (Singh & Kaneko, 2023; Chen et al., 2020; Yu et al., 2018) การหาเศษไม้มาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนไม้ที่ใช้ในอุตสาหกรรมแผ่นไม้เทียมจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำสิ่งที่เหลือทิ้งจากการผลิตในอุตสาหกรรม มาใช้งานเพื่อเพิ่มมูลค่าและลดปัญหาของสิ่งแวดล้อม (กิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล และคณะ, 2566; ภควัต เกอะประสิทธิ์ และคณะ, 2564; พนุชศดี เย็นใจ และคณะ, 2559) ปัจจุบันปัญหาสภาพสิ่งแวดล้อมเป็นพิษกำลังเป็นปัญหาที่ทุกประเทศในโลกให้ความสนใจและตื่นตัวเป็นอย่างมาก (Huang et al., 2022; Chawla et al. 2022) สำหรับประเทศไทยได้กำหนดให้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยให้มีการปรับเปลี่ยนแบบแผนการผลิตและการบริโภคทั้งภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และภาคบริการ ซึ่งหนึ่งในปัญหาสภาพสิ่งแวดล้อมเป็นพิษของประเทศไทยคือ ปริมาณขยะมูลฝอยของชุมชนทั่วประเทศ จากรายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2565 พบว่า ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นทั่วประเทศ ในปี พ.ศ. 2565 ประมาณ 25.70 ล้านตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) ขยะเหล่านี้เกิดมาจากคนที่อาศัยอยู่ภายในชุมชน ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจและศึกษาสภาพแวดล้อม การอยู่อาศัย การประกอบอาชีพและ และพฤติกรรมการใช้ชีวิตภายในชุมชนตำบลไม้เค็ด อำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบว่า ชุมชนนี้เป็นสวนเกษตร มีแม่น้ำลำคลอง และมีร้านขายอาหารอยู่ภายในชุมชน ทำให้สภาพแวดล้อมทั่วไปเต็มไปด้วยขยะจากการขายอาหารทิ้งตามพื้นมากมาย โดยเฉพาะขยะพลาสติก แสดงดังภาพที่ 1 การบริหารจัดการขยะพลาสติกด้วยหลัก 4R ได้แก่ Reduce (การลดการใช้พลาสติกที่ไม่จำเป็น) Reuse (การนำกลับมาใช้ซ้ำ) Recycle (การหลอมกลับมาใช้ใหม่) และ Replace (การแทนที่พลาสติกด้วยวัสดุอื่น) จากหลักการดังกล่าว Replace จะเป็นวิธีการที่ประยุกต์ใช้ได้ง่ายที่สุด เนื่องจากชุมชนหรือประชาชนทั่วไปไม่ต้องปรับเปลี่ยนวิถีชีวิต ซึ่งวัสดุที่นิยมนำมาแทนที่วัสดุจำพวกพลาสติกก็คือ พลาสติกชีวภาพ (Bioplastics) ซึ่งเป็นพลาสติกที่ผลิตจากวัตถุดิบทางการเกษตรหรือจากธรรมชาติ สามารถปลูกหมุนเวียนและทดแทนกันได้โดยใช้ระยะเวลาอันสั้น เช่น ฟางข้าว กากมันสำปะหลัง เมล็ดขนุน เป็นต้น (จันทิมา ชั่งสิริพร และคณะ, 2566; นิพนธ์ ตันไพบูลย์กุล และคณะ, 2565; โสภิดา วิศาลศักดิ์กุล และคณะ, 2559) โดยมีทั้งชนิดที่สามารถย่อยสลายตัวเองได้ทางชีวภาพและย่อยสลายตัวไม่ได้ทางชีวภาพ ซึ่งการย่อยสลายทางชีวภาพหรือตามธรรมชาติจะเป็นการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยพลาสติกชีวภาพจนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และมวลชีวภาพ (สถิตรัตน์ รอดอารี, 2556) ซึ่งพลาสติกชีวภาพที่นิยมใช้คือ พลาสติก Polylactic acid (PLA) เพราะสามารถย่อยสลายเองได้ภายในเวลาไม่นาน อย่างไรก็ตามการย่อยสลายพลาสติก PLA อาจไม่ได้เกิดขึ้นรวดเร็วเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมทั่วไป

เนื่องจากการย่อยสลายดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น การใช้ระบบการหมักแบบอุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส (ตรีรัตน์ เจริญกุล, 2561) ซึ่งหากปัจจัยแวดล้อมไม่เหมาะสม จะทำให้ระยะเวลาในการย่อยสลายจะยืดยาวยิ่งขึ้น

นอกจากนี้เมื่อสำรวจอาชีพของคนในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี พบว่า ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเพาะปลูกพืช ซึ่งมะพร้าวมีเนื้อที่ในการเพาะปลูกทั้งสิ้น 295 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.04 ของพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในจังหวัดปราจีนบุรี (สำนักงานจังหวัดปราจีนบุรี, 2564) ทำให้มีปัญหาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมาก โดยเฉพาะกะลามะพร้าว เนื่องจากการจำหน่ายมะพร้าวในพื้นที่จะมีการปอกเปลือกและส่งเฉพาะเนื้อมะพร้าวเข้าโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนของกะลามะพร้าวจึงกลายเป็นปัญหาของเกษตรกรเนื่องจากเป็นขยะเหลือทิ้งที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดมาก แสดงดังภาพที่ 2 ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำพลาสติกโพลีแลกติกแอซิด (Polylactic acid) หรือ PLA จากขยะพลาสติกเช่น กล่องอาหาร แก้วน้ำ ช้อนตักอาหาร ตลอดจนภาชนะบรรจุทั้งหลาย มาผสมกับผงกะลาที่เหลือจากการเกษตรและนำไปบดละเอียดขึ้นรูปเป็นไม้เทียม โดยใช้กระบวนการ Hot compression molding เพื่อเป็นการพัฒนาวัสดุคอมโพสิตและช่วยลดขยะพลาสติกชีวภาพ รวมไปถึงช่วยลดปริมาณของกะลามะพร้าวซึ่งเป็นภาระค่าใช้จ่ายของเกษตรกรในชุมชนรวมทั้งเป็นการลดปริมาณการใช้ไม้จริงจากธรรมชาติ สิ่งเหล่านี้จะนำไปสู่การช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมของชุมชน เป็นแนวทางในการช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้วัสดุเหลือทิ้งทางอุตสาหกรรมและส่งเสริมแนวคิดขยะเหลือศูนย์ (Zero waste)

ภาพที่ 1 ขยะพลาสติกที่เป็นปัญหาในชุมชน

ภาพที่ 2 กะลามะพร้าวดิบ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

พัฒนาแผ่นไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าว เพื่อลดปัญหาขยะเหลือทิ้งภายในชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยของพัฒนาแผ่นไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าว เพื่อลดปริมาณขยะในชุมชน สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปและทดสอบคุณสมบัติของแผ่นไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพ ประกอบด้วย ผงกะลามะพร้าวที่นำมาจากกะลาเหลือใช้ในชุมชน แสดงดังภาพที่ 3 พลาสติกชีวภาพไซเคิล Polylactic Acid (PLA) จากถังขยะในชุมชน โดยดูที่บริเวณด้านล่างพลาสติกจะมีสัญลักษณ์ (PLA) แสดงดังภาพที่ 4

ภาพที่ 3 ผงกะลามะพร้าวหลังจากทำการบดย่อย

ภาพที่ 4 พลาสติกชีวภาพที่ทำความสะอาดแล้ว

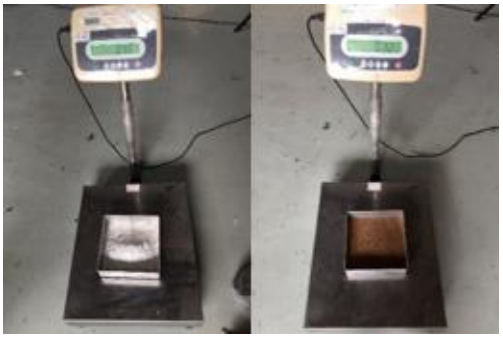
เครื่องย่อยพลาสติกชีวภาพ และบดย่อยกะลามะพร้าว แสดงดังภาพที่ 5 เครื่องร่อนผ่านตะแกรง แสดงดังภาพที่ 6 เครื่องชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนที่ออกแบบไว้ แสดงดังภาพที่ 7 เครื่องบดย่อยวัสดุเชิงประกอบ แสดงดังภาพที่ 8 เครื่องขึ้นรูปชิ้นทดสอบโดยวิธีการฉีดด้วยเครื่องฉีด (Injection machine) แสดงดังภาพที่ 9 เครื่องฉีดพลาสติกด้วยอุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 10

(ก)

(ข)

ภาพที่ 5 เครื่องบดย่อยวัสดุที่ใช้ในการวิจัย (ก) สำหรับย่อยพลาสติกชีวภาพ (ข) สำหรับย่อยกะลามะพร้าว

ภาพที่ 6 เครื่องร่อนผ่านตะแกรงความละเอียด 130 ไมครอน



ภาพที่ 7 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

ภาพที่ 8 เครื่องบดย่อยวัสดุเชิงประกอบ

ภาพที่ 9 เครื่องขึ้นรูปชิ้นทดสอบโดยวิธีการฉีดด้วยเครื่องฉีด

ภาพที่ 10 เครื่องฉีดพลาสติก แบบ Injection molding machine

2. การออกแบบอัตราส่วนผสมของวัสดุเชิงประกอบ (Composite)

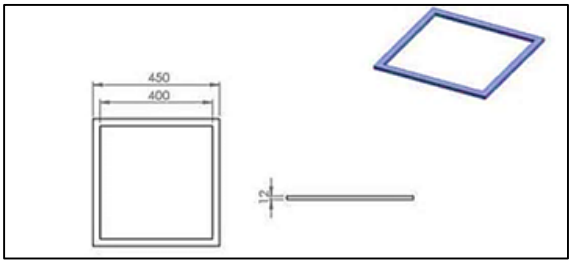
ออกแบบอัตราส่วนผสมของ Composite ใช้พลาสติกชีวภาพ และผงกะลามะพร้าวในอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 และ40:60 ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน น้ำหนักรวมของ Composite ในแต่ละสูตรเท่ากับ 1,800 กรัม ต่อการผสม 1 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนการเตรียมการขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบ (Composite) พลาสติกรีไซเคิล (PLA) กับกะลามะพร้าว

รหัส	อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก	พลาสติกรีไซเคิล (กรัม)	กะลามะพร้าว (กรัม)
C-01	90:10	1,620	180
C-02	80:20	1,440	360
C-03	70:30	1,260	540
C-04	60:40	1,080	720
C-05	50:50	900	900
C-06	40:60	720	1,080

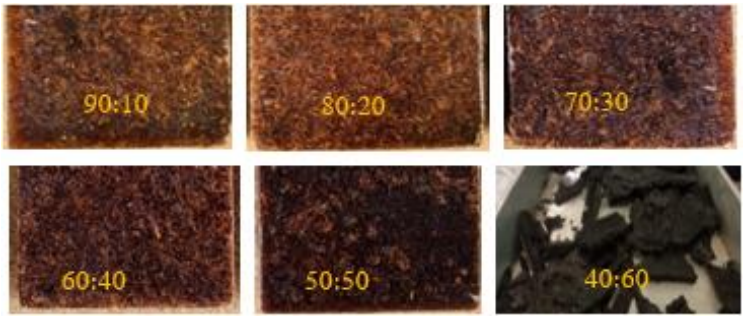
3. ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ

3.1 สร้างแม่พิมพ์ชิ้นทดสอบโดยใช้แผ่นเหล็กขนาด 450×450×12 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้นมาทำการ Milling ให้มีพื้นที่ว่างภายในขนาด 400×400×12 มิลลิเมตร และแผ่นอลูมิเนียม ขนาด 450×450×12 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น เพื่อประกบด้านล่างและด้านบนของแม่พิมพ์ แสดงดังภาพที่ 11 ก่อนนำเข้าเครื่องอัดขึ้นรูปร้อนด้วยแรงดัน 1000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ด้วยอุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการอัด 10 นาที



ภาพที่ 11 แบบแม่พิมพ์

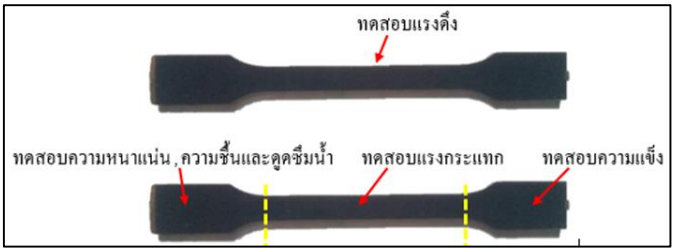
3.2 ทดสอบหาอัตราส่วนผสมในการทดลองพลาสติกชีวภาพรีไซเคิลผสมกะลามะพร้าว โดยมีส่วนผสม 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 และ 40:60 จากการสังเกตุในอัตราส่วนผสมที่ 40:60 ผงกะลามากเกินไปทำให้เม็ดพลาสติกไม่หลอมเข้ากับผงกะลามะพร้าวและทำให้เกิดการไหม้ที่ชิ้นงาน แสดงดังภาพที่ 12 ผู้วิจัยจึงคัดเลือกส่วนผสมของ Composite ที่สามารถขึ้นรูปได้ คือ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ50:50 มาดำเนินการพัฒนาเป็นแผ่นไม้เทียม



ภาพที่ 12 แผ่น Composite ขนาด 400×400 มิลลิเมตร

3.3 บดย่อยแผ่น Composite ด้วยเครื่องบดย่อยพลาสติก โดยผ่านตะแกรงของเครื่องบดย่อยที่มีขนาด 5 มิลลิเมตร เพื่อนำเม็ดสารประกอบ (Compound) แสดงดังภาพที่ 13 ไปขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบด้วยวิธีการฉีดด้วยเครื่องฉีด (Injection machine) ด้วยอุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส หัวฉีดทรงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร แรงดัน 100 บาร์ ใช้เวลาในการฉีดพลาสติก 45 วินาทีต่อชิ้น โดยฉีดพลาสติกอัตราส่วนละ 25 ชิ้น ปลดชิ้นงานของจากแม่พิมพ์ จะได้ชิ้นงานทดสอบ ดังภาพที่ 14

ภาพที่ 13 เม็ดสารประกอบ (Compound)



ภาพที่ 14 ชิ้นงานทดสอบ

4. การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติทางกายภาพ

ทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ Composite จำนวน 6 การทดสอบ การทดสอบละ 5 ชิ้นงาน คือ ชิ้นงานทดสอบแรงดึง ทดสอบความแข็งแรงกระแทก ทดสอบความแข็งผิว ทดสอบความหนาแน่น และทดสอบการดูดซึมน้ำ จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบในแต่ละการทดสอบมาวิเคราะห์และสรุปผล ในส่วนของการทดสอบทางกายภาพนั้น จะนำชิ้นงานทดสอบที่มีส่วนผสมของผงกะลามะพร้าวมากที่สุด ที่สามารถอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนได้ คือ C-05 อัตราส่วนที่ 50:50 ไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 500 และ 1,000 เท่า เพื่อตรวจสอบโครงสร้างการยึดเกาะภายในของชิ้นงานทดสอบ รายการและจำนวนชิ้นที่ทำการทดสอบแต่ละอัตราส่วนแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายการการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพของวัสดุ Composite

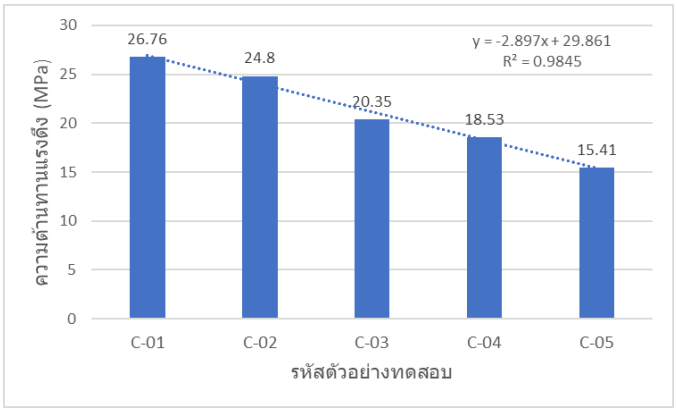
รายการ	มาตรฐาน	จำนวนงานทดสอบ (ชิ้น)				
		C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
การทดสอบแรงดึง	ASTM D 638 TYPE 1	5	5	5	5	5
การทดสอบความแข็งแรงกระแทก	ASTM D 256	5	5	5	5	5
การทดสอบความแข็งผิว	ASTM D 785	5	5	5	5	5
ความหนาแน่น	ASTM D 792	5	5	5	5	5
ความชื้น	ASTM D 6980	5	5	5	5	5
การดูดซึมน้ำ	ASTM D 570	5	5	5	5	5
การศึกษาสัณฐานวิทยาเชิงกายภาพ	SEM	-	-	-	-	3

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติทางกายภาพ สำหรับงานวิจัย เรื่องการพัฒนาแผ่นไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าว เพื่อลดปัญหาขยะเหลือทิ้งภายในชุมชน สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength)

จากการทดสอบความต้านทานแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM D638 พบว่า ชิ้นงานทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.876-2547 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑอุตสาหกรรม, 2547) ที่กำหนดให้แผ่นชิ้นไม้อัดต้องมีความต้านแรงดึงตั้งฉากไม่น้อยกว่า 0.4 MPa โดยที่ไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพผสมผงกะลามะพร้าว C-01 ที่อัตราส่วนผสม 90:10 สามารถความต้านทานแรงดึง ได้ดีที่สุด ขณะที่ C-05 ที่อัตราส่วนผสม 50:50 สามารถความต้านทานแรงดึง ได้ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าปริมาณผงกะลามะพร้าวเพิ่มขึ้นนั้น ส่งผลให้ความต้านทานแรงดึงของวัสดุลดลง และเมื่อวิเคราะห์อัตราการลดลงของความต้านทานแรงดึงวัสดุ ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear regression) ของส่วนผสมแต่ละอัตราส่วน พบว่า ความต้านทานแรงดึงของวัสดุจะลดลงเท่ากับ 2.897 MPa ทุกการเพิ่มขึ้นของผงกะลามะพร้าวร้อยละ 10 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (R^2) เท่ากับ 0.9845 ดังแสดงในภาพที่ 15



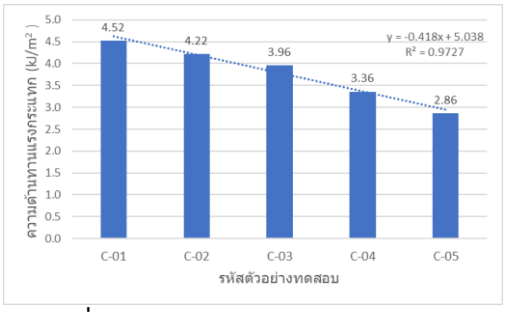
ภาพที่ 15 ความต้านทานแรงดึงของวัสดุชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าว

2. ผลการทดสอบความแข็งแรงกระแทก (Izod impact test)

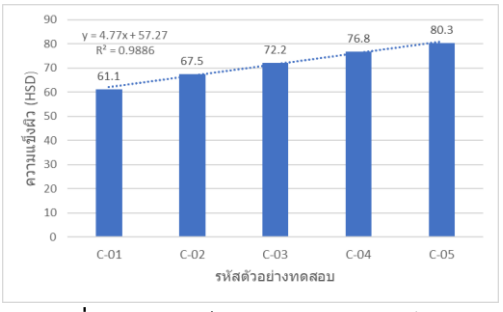
จากการทดสอบความแข็งแรงกระแทก ตามมาตรฐาน ASTM 256 พบว่า ชิ้นงานทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.2998-2562 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑอุตสาหกรรม, 2562) ที่กำหนดให้ไม้สังเคราะห์จากพลาสติกชีวมวลสำหรับใช้ภายนอกอาคาร ต้องมีความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุสูงกว่า 0.5 kJ/m^2 โดยที่ไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพผสมผงกะลามะพร้าว C-01 ที่อัตราส่วนผสม 90:10 สามารถทนต่อแรงกระแทก ได้ดีที่สุด ขณะที่ C-05 ที่อัตราส่วนผสม 50:50 สามารถทนต่อแรงแรงกระแทก ได้ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าปริมาณผงกะลามะพร้าวเพิ่มขึ้นนั้น ส่งผลให้ความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุลดลง และเมื่อวิเคราะห์อัตราการลดลงของความต้านทานแรงกระแทกวัสดุ ของส่วนผสมแต่ละอัตราส่วน พบว่า ความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุจะลดลงเท่ากับ 0.418 kJ/m^2 ทุกการเพิ่มขึ้นของผงกะลามะพร้าวร้อยละ 10 โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9727 ดังแสดงในภาพที่ 16

3. การทดสอบความแข็งผิว (Hardness test)

จากการทดสอบความแข็งผิว ตามมาตรฐาน ASTM D 785 พบว่า ไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพผสมผงกะลามะพร้าว C-05 ที่อัตราส่วนผสม 50:50 มีความแข็งผิววัสดุมากที่สุด ขณะที่ C-01 ที่อัตราส่วนผสม 90:10 ความแข็งผิววัสดุต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มผงกะลามะพร้าว ส่งผลให้ความแข็งผิววัสดุเพิ่มขึ้น แต่ถ้าใส่ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปด้วยการอัดขึ้นรูปร้อนได้ และเมื่อวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear regression) ของส่วนผสมแต่ละอัตราส่วน พบว่า ความแข็งผิว ของวัสดุจะเพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.77 HSD ทุกการเพิ่มขึ้นของผงกะลามะพร้าวร้อยละ 10 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (R^2) เท่ากับ 0.9886 ดังแสดงในภาพที่ 17



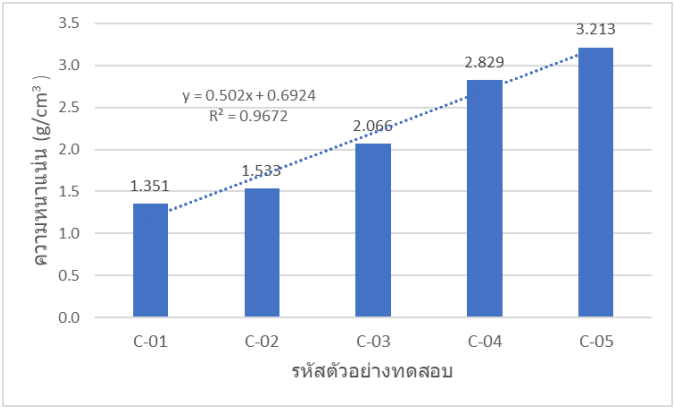
ภาพที่ 16 ความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าว



ภาพที่ 17 ความแข็งผิวของวัสดุชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าว

4. การทดสอบความหนาแน่น (Density test)

จากการทดสอบความหนาแน่น ตามมาตรฐาน ASTM D 792 พบว่า มีเพียงส่วนผสม รหัส C-01 เท่านั้น ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.2998-2562 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑอุตสาหกรรม, 2562) ที่กำหนดให้ไม้สังเคราะห์จากพลาสติกชีวมวล ต้องมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.50 g/cm^3-1.5 g/cm^3 โดยที่ไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพผสมผงกะลามะพร้าว C-05 ที่อัตราส่วนผสม 50:50 มีค่าความหนาแน่นของวัสดุมากที่สุด ขณะที่ C-01 ที่อัตราส่วนผสม 90:10 ค่าความหนาแน่นของวัสดุต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มผงกะลามะพร้าว ส่งผลให้วัสดุมีค่าความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น และเมื่อวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear regression) ของส่วนผสมแต่ละอัตราส่วน พบว่า ค่าความหนาแน่นของวัสดุจะเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.502 g/cm^3 ทุกการเพิ่มขึ้นของผงกะลามะพร้าวร้อยละ 10 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (R^2) เท่ากับ 0.9672 ดังแสดงในภาพที่ 18



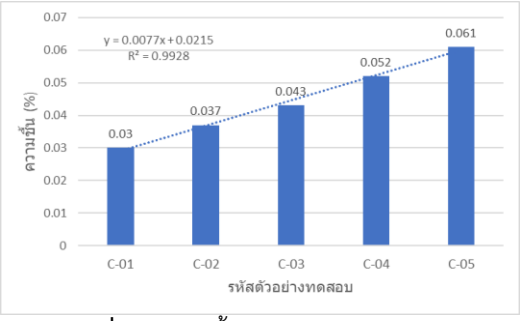
ภาพที่ 18 ความหนาแน่นของวัสดุชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าว

5. การทดสอบความชื้น (Moisture content test)

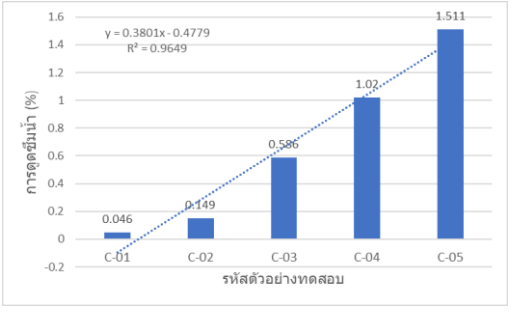
จากการทดสอบความชื้น ตามมาตรฐาน ASTM D 6980 พบว่า ไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพผสมผงกะลามะพร้าว C-05 ที่อัตราส่วนผสม 50:50 มีค่าความชื้นมากที่สุด ขณะที่ C-01 ที่อัตราส่วนผสม 90:10 ค่าความชื้นต่ำที่สุด ความชื้นที่มากเกินไปอาจทำให้เชื้อราเติบโต ส่งผลให้อายุการใช้ของไม้เทียมลดลง และอาจมีต่อสุขภาวะที่ดีของผู้ใช้งานอาคาร การเพิ่มผงกะลามะพร้าว ส่งผลให้วัสดุมีค่าความชื้น เพิ่มมากขึ้น และเมื่อวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear regression) ของส่วนผสมแต่ละอัตราส่วน พบว่า ค่าความหนาแน่นของวัสดุจะเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.0077 % ทุกการเพิ่มขึ้นของผงกะลามะพร้าวร้อยละ 10 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (R^2) เท่ากับ 0.9928 ดังแสดงในภาพที่ 19

6. การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water absorption test)

จากการทดสอบการดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐาน ASTM D 570 พบว่า ชิ้นงานทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.2998-2562 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑอุตสาหกรรม, 2562) ที่กำหนดให้ไม้สังเคราะห์จากพลาสติกชีวมวล ต้องมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของวัสดุต่ำกว่า 10 % ไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพผสมผงกะลามะพร้าว C-05 ที่อัตราส่วนผสม 50:50 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด ขณะที่ C-01 ที่อัตราส่วนผสม 90:10 ค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มผงกะลามะพร้าว ส่งผลให้วัสดุมีค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น และเมื่อวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear regression) ของส่วนผสมแต่ละอัตราส่วน พบว่า ค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุจะเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.3801 % ทุกการเพิ่มขึ้นของผงกะลามะพร้าวร้อยละ 10 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (R^2) เท่ากับ 0.9649 ดังแสดงในภาพที่ 20



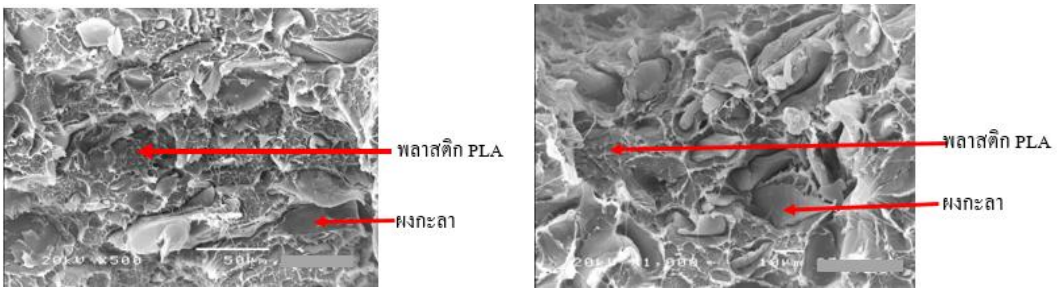
ภาพที่ 19 ความชื้นของวัสดุชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าว



ภาพที่ 20 การดูดซึมน้ำของวัสดุชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าว

7. การสัณฐานวิทยาเชิงกายภาพ (Physical morphology)

การสัณฐานวิทยาเชิงกายภาพ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ด้วยการนำชิ้นตัวอย่างอัตราส่วนผสมที่ 50 : 50 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่ใช้ผงกะลามะพร้าวมากที่สุด ไปวิเคราะห์การยึดเกาะภายในของชิ้นทดสอบจากภาพถ่าย SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า และ 1,000 เท่า พบว่า การขึ้นรูปแผ่นไม้เทียม โดยใช้ผงกะลามะพร้าวผสมกับ PLA อัตราส่วนผสมที่ 50 : 50 นั้น โครงสร้างระหว่างมวลสารทั้ง 2 ชนิดยังสามารถยึดเกาะกันได้ดี ดังแสดงในภาพที่ 21



(ก) (ข)

ภาพที่ 21 ภาพถ่าย SEM ของแผ่น Composite ที่อัตราส่วนผสม 50 : 50 โดยที่ (ก) ใช้กำลังขยาย 500 เท่า และ (ข) ใช้กำลังขยาย 1,000 เท่า

สรุป

จากการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพ แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาแผ่นไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าว เข้าสู่อุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ เนื่องจาก เมื่อเทียบผลการทดลองกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้วนั้น ส่วนผสมทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มีเพียงคุณสมบัติด้านความหนาแน่นเท่านั้นที่อาจจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไข หรือออกแบบอัตราส่วนผสมใหม่ให้เป็นไปตาม มอก. 2998-2562 การวิจัยในครั้งนี้มุ่งแก้ปัญหาด้านขยะเหลือทิ้งภายในชุมชน ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้แผ่นไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าวในอัตราส่วน 90:10 ซึ่งมีค่าความต้านทานแรงดึงเท่ากับ 26.76 MPa ค่าความแข็งแรงกระแทก เท่ากับ 4.52 kJ/m^2 ค่าความแข็งผิว เท่ากับ 61.1 HSD ค่าความหนาแน่น 1.351 g/cm^3 ค่าความชื้น 0.03% และค่าการดูดซึมน้ำ 0.046% มาผลิตเป็นแผ่นตกแต่งผนังภายนอกและภายในอาคาร เนื่องจากผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.2998-2562) อีกทั้งยังสามารถช่วยลดขยะชีวมวลและแก้ไขปัญหาต้นทุนในการกำจัดวัสดุเหลือใช้จากกะลามะพร้าวที่เป็นปัญหาของคนในชุมชนได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการเพิ่มเติม การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ด้านการเปลี่ยนแปลงความยาวหลังดูดซึมน้ำ ความต้านทานการดัดโค้ง อุณหภูมิการโก่งตัว ความทนต่อสภาวะเร่ง และด้านความปลอดภัย คือ การทดสอบการปลดปล่อยสารฟอร์แมลดีไฮด์ และโลหะที่ละลายออกมา เพื่อที่จะนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้อย่างเต็มรูปแบบ ตามมาตรฐาน ไม้สังเคราะห์จากพลาสติกชีวมวล (มอก.2998-2562) ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนเงินทุน รวมทั้งเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2566). **รายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2565**. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล, อิทธิ ผลิตศิริ, ปราโมทย์ วีรานุกูล, และกิตติพงษ์ สุวีโร. (2566). การพัฒนาแผ่นชิ้นไม้อัด จากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดเพื่อสร้างรายได้ให้ชุมชนท้องถิ่นและส่งเสริมแนวคิดขยะเหลือศูนย์. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 18(3), 121-135.

จันทิมา ชั่งสิริพร, พฤกระยา พงศ์ยี่หล้า, และนิรณา ชัยฤกษ์. (2566). ศึกษาการเตรียมพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้จากฟางข้าวและไคโตซาน. **วารสารวิทยาศาสตร์ มข.**, 51(1), 69-77.

ตรีรัตน์ เจริญกุล. (2561). **ผลกระทบของอัตราการเติมและอุณหภูมิของอากาศที่เข้าต่อประสิทธิภาพการย่อย สลายของเปลือกผลไม้ในถังหมักปุ๋ยแบบเติมอากาศ** (ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

นิพนธ์ ตันไพบูลย์กุล, ธรพร บุศย์น้ำเพชร, กนกวรรณ ศุกรนันทน์, และพิมผกา โพธิลังกา. (2565). กระถางชีวภาพ จากผักตบชวาโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน. **วารสารวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ**, 8(1), 56-69.

พนุชศดี เย็นใจ, ทรงกลด จารุสมบัติ, และธีระ วีณิน. (2559). การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษเหลือทิ้งของไม้เสม็ดขาว. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 11(2), 131-140.

ภควัต เกอะประสิทธิ์, ปราโมทย์ วีรานุกูล, อิทธิ วีรานุกูล, กิตติพงษ์ สุวีโร, และกิติวร ม่วงพรับ. (2564). การพัฒนาแผ่นชิ้นไม้อัดเทียมจากเปลือกไม้กระถินณรงค์เพื่อใช้ในงานวัสดุตกแต่ง. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี**, 19(1), 125-135.

สถิตรัตน์ รอดอารี. (2556). **บทความพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ**. สืบค้นจาก http://dspace.bru.ac.th/xmlui/handle/123456789/5650.

สำนักงานจังหวัดปราจีนบุรี. (2564). **แผนพัฒนาจังหวัดปราจีนบุรี พ.ศ. 2561 - 2565 (ฉบับทบทวน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565)**. ปราจีนบุรี: กระทรวงมหาดไทย

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547)**. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). (2562). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องไม้สังเคราะห์จากพลาสติกชีวมวล (มอก.2998-2562)**. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

โสภิดา วิศาลศักดิ์กุล, อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, กุลวดี สังข์สนิท, สุภา จุฬคุปต์, และสุทัศนีย์ บุญโญภาส. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขนุน. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, 21(2), 216-228.

Chawla, S., Varghese, B. S., Chithra, A., Hussain, C. G., Keçili, R., & Hussain, C. M. (2022). Environmental impacts of post-consumer plastic wastes: Treatment technologies towards eco-sustainability and circular economy. **Chemosphere**, 135867.

Chen, Y., Fu, J., Dang, B., Sun, Q., Li, H., & Zhai, T. (2020). Artificial wooden nacre: a high specific strength engineering material. **ACS nano**, 14(2), 2036-2043.

Huang, J., Veksha, A., Chan, W. P., Giannis, A., & Lisak, G. (2022). Chemical recycling of plastic waste for sustainable material management: A prospective review on catalysts and processes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 154, 111866.

Singh, M., & Kaneko, T. (2023). Ultra-tough artificial woods of polyphenol-derived biodegradable Co-polymer with Poly (butylene succinate). **Heliyon**, 9(6), E16567.

Yu, Z. L., Yang, N., Zhou, L. C., Ma, Z. Y., Zhu, Y. B., Lu, Y. Y., Qin, B., Xing, W. Y., Ma, T., Li, S. C., Gao, S. C., Wu, H. A., & Yu, S. H. (2018). Bioinspired polymeric woods. **Science advances**, 4(8), 7223.