

ผลของอัตราส่วนผสมระหว่างไม้และพลาสติกต่อสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุผสมไม้และพลาสติก

Effects of the Mixing Ratio of Wood and Plastic on Physical and Mechanical Properties of Wood-Plastic Composite Materials

ฐิติพงษ์ อุ๋นใจ¹, อุดุลย์ จรรยาเลิศอดุลย์² และ สุนิดา ทองโท^{3*}
Thitipong Unchai¹, Adun Janyalertadun² and Sunida Thongtho^{3*}

¹ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

¹ Program of Physics, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

² Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University

³ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

³ Program of Environmental science, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวัสดุผสมระหว่างพลาสติก HDPE และเศษไม้ย่อยหรือขี้เลื่อย เพื่อพัฒนาวัสดุผสมจากวัสดุเหลือใช้ โดยใช้วัตถุดิบที่มีขนาดตั้งแต่ 0.2 ถึง 7.0 มิลลิเมตร ที่อัตราส่วน 20-50 wt% มาผสมและอบหลอมที่อุณหภูมิ 185°C เป็นระยะเวลา 20 นาที ปลอ่ยให้เย็นตัวเป็นระยะเวลา 40 นาที ตามชนิดและอัตราส่วนผสม จากนั้นนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล ผลการทดสอบทดสอบความหนาแน่นสัมพัทธ์แสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของวัสดุผสมเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของไม้ต่อพลาสติกที่เพิ่มขึ้น และวัสดุผสมที่ใช้เศษไม้ย่อยมีความหนาแน่นสูงกว่าวัสดุผสมที่ใช้ขี้เลื่อยในทุกอัตราส่วนของไม้ต่อพลาสติก ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำพบว่า การดูดซึมน้ำของวัสดุผสมมีค่าตั้งแต่ 4.34-34.25% เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของไม้ต่อพลาสติกที่เพิ่มขึ้น ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วน 20 wt% ขี้เลื่อยมีความต้านทานแรงดึงสูงสุดเฉลี่ย 16.70 MPa การทดสอบความต้านทานแรงอัดของวัสดุผสมไม่แสดงแนวโน้มที่ชัดเจนตามอัตราส่วนของไม้ต่อพลาสติกที่เปลี่ยนแปลง 13.83-16.67 MPa และผลทดสอบความต้านทานแรงดัด แสดงให้เห็นได้ว่าความต้านทานแรงดัดของวัสดุผสมลดลงตามอัตราส่วนของไม้ต่อพลาสติกที่เพิ่มขึ้น และเมื่อนำพลาสติกผสมมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 3 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปรับแรง ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ภายในอาคาร และผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ภายนอกอาคาร พบว่า พลาสติกผสมเหมาะสำหรับนำมาใช้ในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ภายในและภายนอกอาคาร แต่สำหรับการนำมาขึ้นรูปเป็นวัสดุรับแรงยังไม่มีที่เหมาะสมมากนัก อาจต้องมีการปรับอัตราส่วนผสมหรือกระบวนการผลิตให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

สำคัญ: วัสดุผสมไม้และพลาสติก ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงอัด ความต้านทานแรงดัด

* Corresponding author: sunida.t@ubru.ac.th

Abstract

This research aims to develop a composite material made from HDPE plastic combined with either ground wood or sawdust to develop composite materials from waste materials. The raw materials used have particle sizes ranging from 0.2 to 0.7 millimetres and are mixed at ratios of 20 to 50 wt%. The mixture is then heated at 185°C for 20 minutes, followed by cooling for 40 minutes, depending on the type and ratio of the mixture. The physical and mechanical properties of the composites are then tested. The results of the relative density tests show that the density of the composite increases with a higher ratio of wood to plastic. Additionally, composites made with ground wood have a higher density than those made from sawdust at all wood-to-plastic ratios. The water absorption tests indicate that the water absorption of the composite ranges from 4.34 to 34.25%, increasing with the wood-to-plastic ratio. The tensile strength tests reveal that at a 20 wt% ratio, the composite containing sawdust achieves the highest average tensile strength of 16.70 MPa. The compressive strength tests of the composite do not show a clear trend with changing wood-to-plastic ratios, ranging from 13.83 to 16.67 MPa. The flexural strength tests indicate that the flexural strength of the composite decreases with an increasing wood-to-plastic ratio. When the composite plastic is molded into three types of prototype products: load-bearing products, indoor-use products, and outdoor-use products, it is found that the composite plastic is suitable for use in indoor and outdoor products. However, it is not yet highly suitable for use as a load-bearing material, and the mixing ratios or production processes may need to be adjusted for better suitability.

Keywords: Wood-plastic composites (WPCs), Tensile strength, Compressive strength, Flexural strength

1. บทนำ

วัสดุผสมไม้และพลาสติก (Wood-Plastic Composites: WPCs) ถือเป็นวัสดุทางเลือกที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นที่รวมข้อดีของทั้งไม้และพลาสติกเข้าด้วยกัน คือ มีความแข็งแรง ทนต่อความชื้น การกัดกร่อนจากแมลง และสภาพแวดล้อมภายนอก อีกทั้งยังสามารถใช้วัสดุเหลือใช้ เช่น ขี้เลื่อยหรือไม้บดร่วมกับพลาสติกรีไซเคิลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดปริมาณขยะและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า เทคโนโลยีการผลิต WPCs ทั่วไปประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบ การผสม การขึ้นรูป และการหล่อเย็น (Toghyani, A., และคณะ 2020) โดยมักใช้กระบวนการหลอมพลาสติกและผสมกับเส้นใยไม้ผ่านเทคนิคการอัดรีด (Extrusion) หรือการอัดร้อน (Compression molding) ซึ่งให้ชิ้นงานที่มีความหนาแน่นและรูปร่างสม่ำเสมอ (Miki และคณะ, 2014) พลาสติกที่นิยมใช้ในงานวิจัย ได้แก่ HDPE, PP และ PVC โดย HDPE เป็นพลาสติกที่มีจุดหลอมเหลวสูง ทนต่อสารเคมี และมีความเหนียวดี จึงเหมาะกับการใช้งานภายนอกอาคาร (Turku และคณะ, 2018) งานวิจัยในระดับนานาชาติหลายฉบับ ยังได้แสดงให้เห็นว่าลักษณะของเส้นใยไม้ เช่น ขนาด ความยาว และปริมาณที่ใช้ในการผสม มีผลต่อคุณสมบัติของ WPCs อย่างมีนัยสำคัญ (Faruk และคณะ, 2014)

แม้จะมีการศึกษาหลากหลายเกี่ยวกับการใช้วัสดุธรรมชาติในการผลิต WPCs แต่ยังคงมีช่องว่างด้านองค์ความรู้ โดยเฉพาะการเปรียบเทียบสมรรถนะของวัสดุผสมที่ได้จากขี้เลื่อยและไม้บดย่อยร่วมกับพลาสติกชนิด HDPE ที่ใช้กันแพร่หลายในอุตสาหกรรม งานวิจัยที่มีอยู่ส่วนมากมุ่งเน้นไปที่การเลือกชนิดพลาสติกหรือเส้นใยไม้เพียงประเภทเดียว (Khamtree, S. และคณะ, 2024) โดยขาดการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างแหล่งเส้นใยที่มีลักษณะทางกายภาพต่างกัน เช่น ขี้เลื่อยซึ่งมีความละเอียดมากกว่า กับไม้บดย่อยที่มีขนาดใหญ่และหยาบกว่า ซึ่งอาจมีผลต่อการกระจายตัวในเนื้อพลาสติกและส่งผลต่อสมบัติของวัสดุผสมโดยรวม (Delviawan และคณะ, 2019; Kim และคณะ, 2009) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายหลักในการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมและกำหนดเงื่อนไข

กระบวนการผลิตด้วยเทคนิคเทอร์โมฟอร์มมิ่ง โดยใช้ซีลี้อยและไม้บดย่อยเป็นวัสดุเส้นใย ร่วมกับพลาสติก HDPE ที่ผ่านการเตรียมให้มีขนาดไม่เกิน 7 มิลลิเมตร เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุที่ได้ และหาแนวทางในการพัฒนาเป็นวัสดุผสมที่เหมาะสมต่อการใช้งานในระดับอุตสาหกรรม

หลังจากได้ผลิตวัสดุผสม WPCs แล้ว วัสดุทั้งหมดจะถูกนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล และสมบัติทางฟิสิกส์ตามมาตรฐาน ASTM เพื่อประเมินคุณภาพและความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงในอุตสาหกรรมก่อสร้างและตกแต่งอาคาร การทดสอบทางฟิสิกส์จะรวมถึงการวัดค่าความหนาแน่น (Density Testing) การดูดซึมน้ำ (Water Absorption Testing) ในขณะที่การทดสอบทางกลจะครอบคลุมความต้านทานแรงดึง (Tensile Testing) ความต้านทานแรงอัด (Compression Testing) และความต้านทานแรงดัด (Bending Testing) ตามเกณฑ์มาตรฐานของ ASTM ที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล (Beg, M. D. H., และ Pickering, K. L., 2008, Zhang และคณะ, 2019) การดำเนินการทดสอบภายใต้เงื่อนไขมาตรฐานจะช่วยให้สามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุผสมกับข้อกำหนดของสถาบันพลาสติก (Raj, S. S., และคณะ, 2021) และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตวัสดุผสมในอนาคต โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ WPCs ที่ได้มาตรฐานและสามารถใช้งานได้จริงในบริบทของการพัฒนาอย่างยั่งยืน

แม้ว่าวัสดุผสม WPCs จะได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวางและมีการประยุกต์ใช้ในหลายอุตสาหกรรมแล้วก็ตาม แต่งานวิจัยนี้จะสร้างองค์ความรู้ใหม่ในเชิงลึกเกี่ยวกับการเปรียบเทียบลักษณะเชิงกลและสมบัติทางฟิสิกส์ของ WPCs ที่ผลิตจากเส้นใยไม้สองชนิดคือ ซีลี้อยและไม้บดย่อย ซึ่งมีขนาด องค์ประกอบ และลักษณะโครงสร้างแตกต่างกัน เมื่อนำมาผสมกับพลาสติก HDPE ภายใต้กระบวนการผลิตแบบอัดร้อน โดยมุ่งวิเคราะห์ผลของอัตราส่วนผสมและเงื่อนไขการผลิตต่อคุณสมบัติของวัสดุที่ได้ งานวิจัยนี้จึงมีส่วนในการเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้ที่ยังไม่สมบูรณ์ เกี่ยวกับการศึกษาเปรียบเทียบวัสดุเส้นใยที่หลากหลายภายใต้กระบวนการผลิตเดียวกัน อีกทั้งยังช่วยกำหนดแนวทางการผลิต WPCs ให้ได้วัสดุที่มีคุณภาพตรงตามมาตรฐาน ASTM และเหมาะสมต่อการใช้งานจริงต่อยอดสู่การใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างและออกแบบผลิตภัณฑ์ไม้เทียมในอนาคต

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาวัสดุผสมไม้และพลาสติกกรีซเคลด้วยกระบวนการหลอมขึ้นรูปด้วยความร้อน และ 2) ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุผสมไม้และพลาสติกกรีซเคล ตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) สำหรับพลาสติกชนิด HDPE โดยผลิตวัสดุ WPCs ด้วยเส้นใยไม้ 2 ประเภท ได้แก่ ซีลี้อยหรือไม้บดย่อยร่วมกับพลาสติกกรีซเคลชนิด HDPE และทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ รวมถึงสมบัติเชิงกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงอัด และความต้านทานแรงดัด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การพัฒนาวัสดุผสมไม้และพลาสติก

กระบวนการพัฒนาวัสดุผสม WPCs ใช้พลาสติก HDPE จากขวดน้ำดื่ม 20 ลิตรที่หมดอายุการใช้งาน ทำความสะอาด และบดย่อย เรียบร้อยแล้วเป็นวัตถุดิบหลัก ผสมเข้ากับเศษไม้ย่อยจากไม้ปาติเกิล (Particle Board) หรือซีลี้อยไม้สัก ในอัตราส่วนผสมที่กำหนด เพื่อเพิ่มความแข็งแรง มีลักษณะทางกายภาพและผิวสัมผัสคล้ายกับวัสดุธรรมชาติแก่วัสดุผสม และขึ้นรูปด้วยการหลอมละลายภายในแม่พิมพ์สแตนเลส

วัสดุผสม WPCs จากการวิจัยนี้ขึ้นรูปโดยการผสมพลาสติก HDPE ที่ผ่านการบดละเอียดให้มีขนาดเล็กกว่า 1.0 มิลลิเมตร ร่วมกับเศษไม้ย่อยที่มีขนาดเล็กกว่า 7.0 มิลลิเมตร หรือซีลี้อยที่มีขนาดเล็กกว่า 0.2 มิลลิเมตร ซึ่งผ่านการคัดขนาดด้วยตะแกรงร่อนตามมาตรฐาน ASTM (ASTM Test Sieves) ก่อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 นาที เพื่อไล่ความชื้นที่อาจส่งผลต่อการยึดเกาะระหว่างวัสดุ เมื่อแห้งสนิทแล้วจึงนำมาผสมในอัตราส่วนร้อยละโดยมวลระหว่าง 20-50 wt% เพื่อเตรียมสำหรับกระบวนการหลอมขึ้นรูปเป็นวัสดุผสม WPCs ดังภาพที่ 1

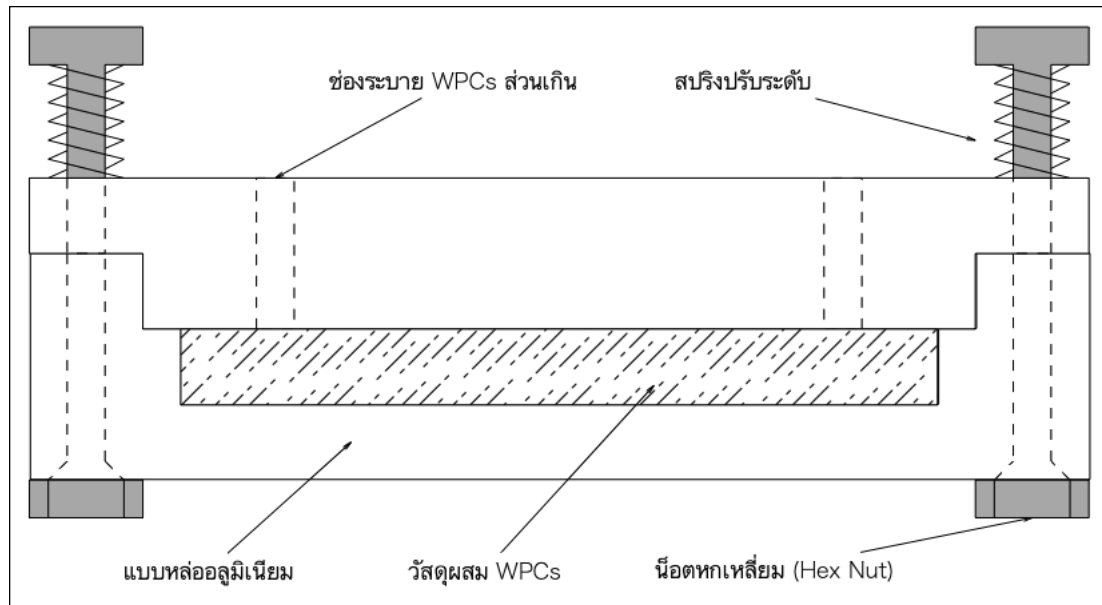


ภาพที่ 1 วัตถุดิบสำหรับพัฒนาวัสดุผสมไม้และพลาสติก

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างวัสดุผสมเริ่มจากการชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมร้อยละโดยมวล ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 โดยให้น้ำหนักรวมของวัสดุผสมทั้งหมดเท่ากับ 100 กรัมในแต่ละชุดทดลอง เพื่อควบคุมปริมาณและความสม่ำเสมอของตัวอย่างในการเปรียบเทียบผล หลังจากผสมวัสดุทั้งสองชนิดให้เข้ากันอย่างทั่วถึงแล้ว จึงนำไปบรรจุลงในแบบหล่ออลูมิเนียม (ภาพที่ 2) ตัวอย่างที่บรรจุในแบบหล่อจะถูกนำเข้าเตาอบ (Oven) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 นาที เพื่อให้พลาสติกหลอมละลายและแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของเส้นใยไม้ ทำให้เกิดการยึดติดกันของวัสดุผสมอย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากนั้นจะปล่อยให้วัสดุเย็นตัวลงในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 40 นาที โดยยังคงอยู่ในแบบ เพื่อให้เกิดการแข็งตัวและคงรูปก่อนนำวัสดุออกไปทดสอบสมบัติต่อไป

ตารางที่ 1 รหัสตัวอย่างและอัตราส่วนผสมสำหรับทดสอบวัสดุ WPCs

รหัสตัวอย่าง	HDPE (wt%)	ไม้บดย่อย (wt%)	ขี้เลื่อย (wt%)
WS-20	80	20	0
WS-30	70	30	0
WS-40	60	40	0
WS-50	50	50	0
SD-20	80	0	20
SD-30	70	0	30
SD-40	60	0	40
SD-50	50	0	50



ภาพที่ 2 แบบหล่ออลูมิเนียมสำหรับพัฒนาวัสดุผสม WPCs

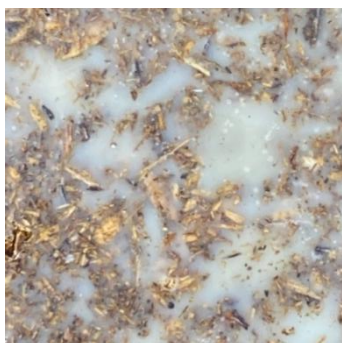
3.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

ทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของวัสดุ WPCs โดยขึ้นรูปตัวอย่างตามมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบสมบัติของวัสดุผสมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Beg, M. D. H., และ Pickering, K. L., 2008; Raj, S. S., และคณะ, 2021) การทดสอบสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย การทดสอบความหนาแน่นของวัสดุโดยใช้มาตรฐาน ASTM D792 ดำเนินการด้วยเครื่องวัดความหนาแน่น (Bulk Density Tester) เพื่อประเมินความหนาแน่นของเนื้อวัสดุ และการทดสอบการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน ASTM D570 โดยใช้เครื่องทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Tester) เพื่อประเมินความสามารถในการต้านทานความชื้นของวัสดุผสม นอกจากนี้ยังได้ดำเนินการทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุ WPCs ได้แก่ การทดสอบความต้านทานแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D638 การทดสอบความต้านทานแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM D695 และการทดสอบความต้านทานแรงดัดตามมาตรฐาน ASTM D790 โดยใช้เครื่องทดสอบวัสดุทางกล (Universal Testing Machine) ในแต่ละรายการทดสอบจะใช้ตัวอย่างจำนวน 5 ชิ้นต่อชนิดวัสดุ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) สำหรับเปรียบเทียบและประเมินสมรรถนะของวัสดุผสมในแต่ละอัตราส่วนผสมอย่างเป็นระบบและมีความน่าเชื่อถือ

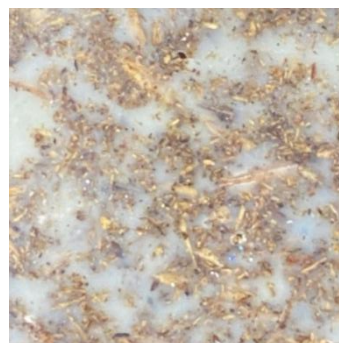
4. ผลการวิจัย

4.1 วัสดุผสมไม้และพลาสติก

ผสมพลาสติก HDPE กับเศษไม้ย่อยหรือขี้เลื่อยในอัตราส่วน 20, 30, 40 และ 50% โดยน้ำหนัก บรรจุในแม่พิมพ์สแตนเลสเพื่อหลอมรวมที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส (Arandha, Y., และคณะ, 2017) ด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด (Compression Molding) ซึ่งเป็นอุณหภูมิหลอมเหลวของพลาสติก HDPE เป็นระยะเวลา 20 นาที ให้พลาสติกละลายจนหมด แล้วปล่อยให้เย็นตัวในแม่พิมพ์เป็นระยะเวลา 40 นาที หลังจากปิดเตา เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุผสมสัมผัสอากาศ อันจะก่อให้เกิดฟองอากาศภายในและลดอุณหภูมิลงไม่เร็วจนเกินไป กระทั่งเนื้อวัสดุผสมเกิดรอยร้าวภายใน นำวัสดุผสม WPCs เมื่อออกจากแม่พิมพ์จะได้วัสดุผสมจากพลาสติก HDPE กับเศษไม้ย่อย ดังภาพที่ 3 และวัสดุผสมจากพลาสติก HDPE กับขี้เลื่อย ดังภาพที่ 4



(ก) 80 : 20



(ข) 70 : 30



(ค) 60 : 40



(ง) 50 : 50

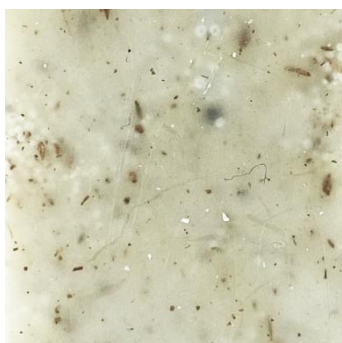
ภาพที่ 3 วัสดุประกอบพลาสติกและไม้บดย่อยในอัตราส่วนต่าง ๆ (พลาสติก : ไม้บดย่อย)



(ก) 80 : 20



(ข) 70 : 30



(ค) 60 : 40



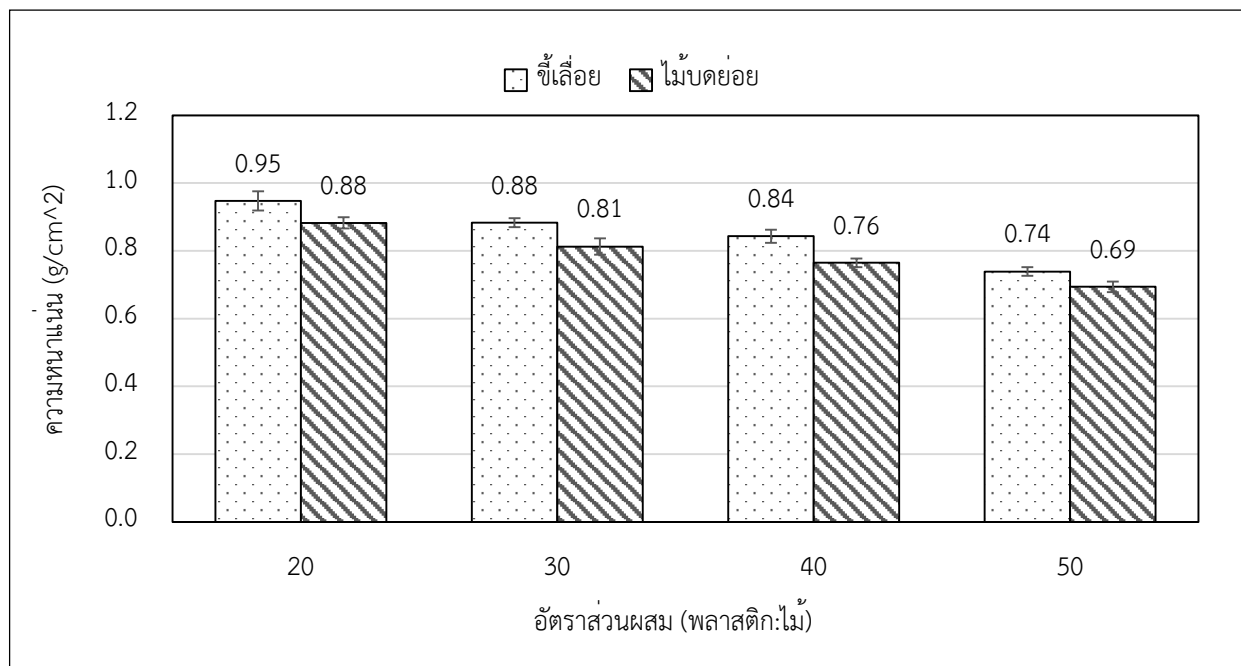
(ง) 50 : 50

ภาพที่ 4 วัสดุประกอบพลาสติกและขี้เลื่อยในอัตราส่วนต่าง ๆ (พลาสติก : ขี้เลื่อย)

วัสดุผสมไม้และพลาสติกผสม WPCs ที่ได้จากเศษไม้ย่อยหรือขี้เลื่อยผสมกับพลาสติก HDPE มีความแตกต่างที่เห็นได้อย่างชัดเจนคือ วัสดุผสม WPCs ที่มีส่วนผสมจากเศษไม้ย่อย จะสังเกตเห็นเนื้อไม้ได้เด่นชัดตลอดทั่วทั้งตัวอย่าง รวมถึงปรากฏช่องว่างบริเวณผิวที่เกิดจากเศษไม้ย่อยและพลาสติกหลอมรวมกันได้ยังไม่สมบูรณ์ในวัสดุผสม WPCs จากพลาสติก HDPE กับเศษไม้ย่อย อันอาจเป็นผลจากปัจจัยผสมระหว่าง คุณสมบัติวัสดุ และเทคนิคการขึ้นรูป โดยหากต้องการลดหรือป้องกันปัญหานี้ควรปรับปรุงการเตรียมวัตถุดิบ หรือการเติมสารช่วยยึดเกาะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหลอมรวม

4.2 สมบัติทางกายภาพ

ทดสอบความหนาแน่นสัมพัทธ์ของวัสดุผสม WPCs ตามมาตรฐาน ASTM D792 (ความหนาแน่นสัมพัทธ์และความหนาแน่นของพลาสติกแข็ง) คือการวัดอัตราส่วนของมวลต่อหน่วยปริมาตรของวัสดุ เปรียบเทียบกับความหนาแน่นของน้ำปราศจากไอออน ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ได้ผลดังภาพที่ 5

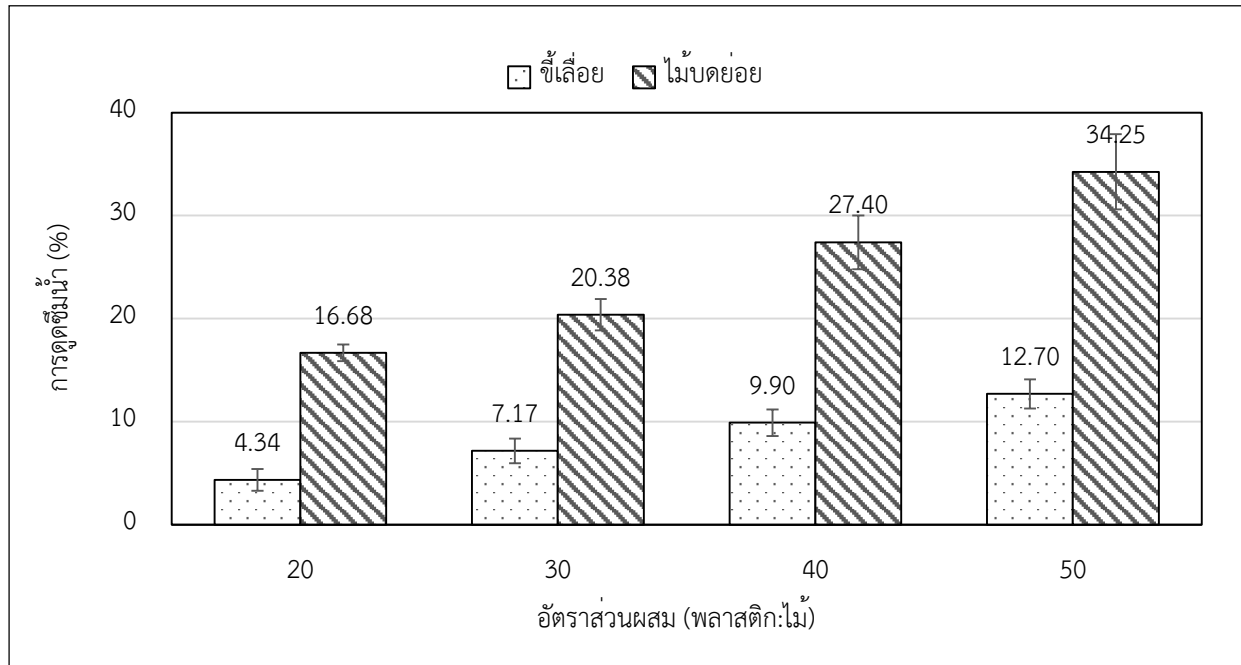


ภาพที่ 5 ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของวัสดุผสม WPCs ตามมาตรฐาน ASTM D792

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างไม้และพลาสติกกับความหนาแน่นของวัสดุผสมที่ใช้เศษไม้ย่อยหรือขี้เลื่อยเป็นส่วนผสมแสดงให้เห็นว่า ที่อัตราส่วนผสมเศษไม้ย่อย 20, 30, 40 และ 50 wt% วัสดุผสมมีความหนาแน่น 0.88, 0.81, 0.76 และ 0.69 g/cm³ ตามลำดับ ส่วนวัสดุผสมขี้เลื่อยมีความหนาแน่น 0.95, 0.88, 0.84 และ 0.74 g/cm³ ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Arnandha, Y., และคณะ (2017) ที่มีความหนาแน่น 0.86 g/cm³

ความหนาแน่นเฉลี่ยของวัสดุผสมจากเศษไม้ย่อยกับพลาสติกมีความหนาแน่นรวมจะมีค่าลดลงผกผันกับปริมาณมวลไม้ที่เพิ่มขึ้น โดยวัสดุผสมจากขี้เลื่อยจะมีค่าความหนาแน่นมากกว่าวัสดุผสมจากเศษไม้ย่อย แสดงให้เห็นว่าขนาดของอนุภาคไม้เป็นปัจจัยหลักที่กำหนดความหนาแน่นของตัวอย่าง WPCs ที่ขนาดอนุภาคไม้มีขนาดเล็กกว่าจะทำให้มีช่องว่างระหว่างอนุภาคภายในวัสดุผสมน้อยกว่า นอกจากนี้ จากปัจจัยความหนาแน่นดั้งเดิมของไม้ที่มีค่าน้อยกว่าพลาสติก ส่งผลให้วัสดุผสมที่มีปริมาณไม้เพิ่มมากขึ้นจึงมีค่าความหนาแน่นรวมลดลง (Li, L., และคณะ, 2025)

ทดสอบการดูดซึมน้ำของวัสดุผสม WPCs ตามมาตรฐาน ASTM D570 (การดูดซึมน้ำของพลาสติกแข็ง) เพื่อกำหนดอัตราสัมพัทธ์ของการดูดซึมน้ำโดยพลาสติกเมื่อแช่ในน้ำ หลังจากการแช่น้ำอุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลดังภาพที่ 6



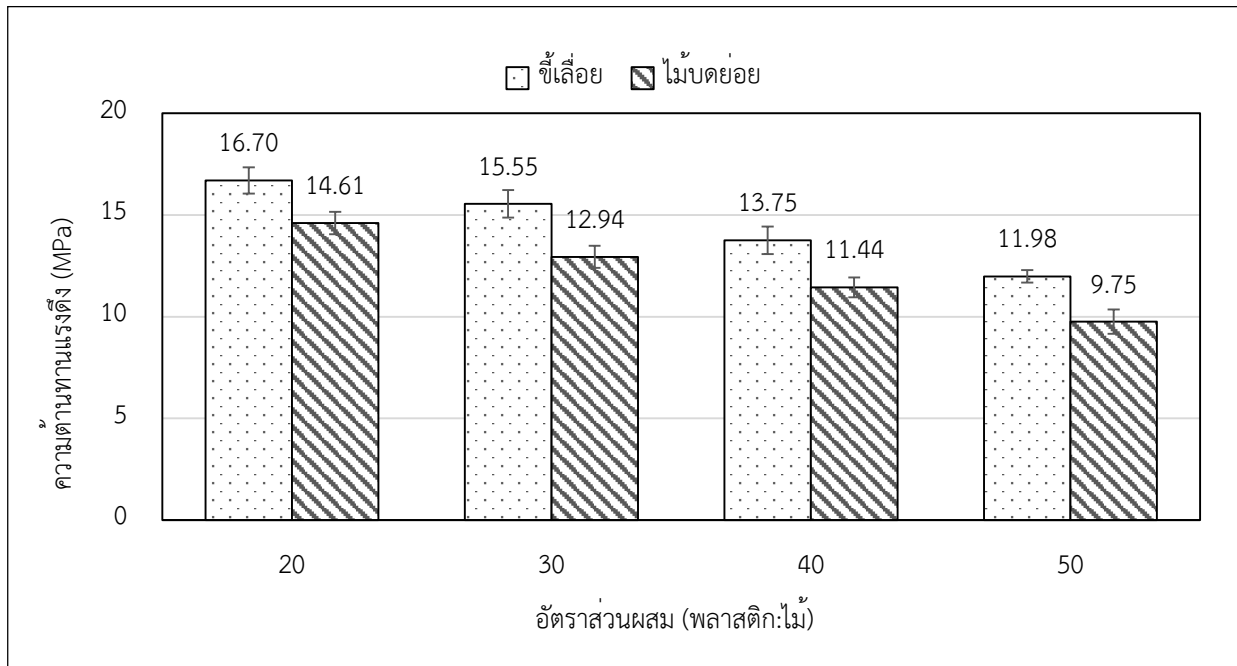
ภาพที่ 6 การดูดซึมน้ำของวัสดุผสม WPCs ตามมาตรฐาน ASTM D570

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างไม้และพลาสติกกับความหนาแน่นของวัสดุผสมที่ใช้เศษไม้บดย่อยหรือซี่เลื่อยเป็นส่วนผสมแสดงให้เห็นว่า ที่อัตราส่วนผสมเศษไม้บดย่อย 20, 30, 40 และ 50 wt% วัสดุผสมมีการดูดซึมน้ำ 16.68, 20.38, 27.40 และ 34.25% ตามลำดับ ส่วนวัสดุผสมซี่เลื่อยมีการดูดซึมน้ำ 4.34, 7.17, 9.90 และ 12.70% ตามลำดับ ต่ำกว่าผลการวิจัยของ Arnandha, Y., และคณะ (2017) ที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 19.2-26.36%

ความสามารถในการดูดซึมน้ำของวัสดุผสมเมื่อแช่น้ำเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งได้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ วัสดุผสมจากเศษไม้บดย่อยกับแผ่นพลาสติกจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำที่สูงกว่าวัสดุผสมจากซี่เลื่อยกับพลาสติก เนื่องจากขนาดอนุภาคของเศษไม้บดย่อยมีขนาดใหญ่กว่าซี่เลื่อย ส่งผลให้เศษไม้บดย่อยไหลผ่านขึ้นมابนพื้นผิวของวัสดุผสม อันเป็นผลทำให้น้ำสามารถซึมเข้าสู่เนื้อวัสดุผสม WPCs (Zhou, H., 2022) ที่ทำขึ้นจากเศษไม้บดย่อยกับพลาสติกได้ แสดงลักษณะพื้นผิวของวัสดุผสมจากเศษไม้บดย่อย

4.3 สมบัติเชิงกล

ทดสอบความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสม WPCs ตามมาตรฐาน ASTM D638 (ความต้านทานแรงดึงจำเพาะของพลาสติกแข็ง) เป็นการวัดแรงที่จำเป็นในการทำให้ชิ้นทดสอบพลาสติกแตก และชิ้นงานทดสอบยึดหรือยืดออกเป็นระยะจนถึงจุดแตกหักเพื่อหาความเค้นและความเครียดที่จุดแตกหักของชิ้นงานทดสอบ ได้ผลดังภาพที่ 7

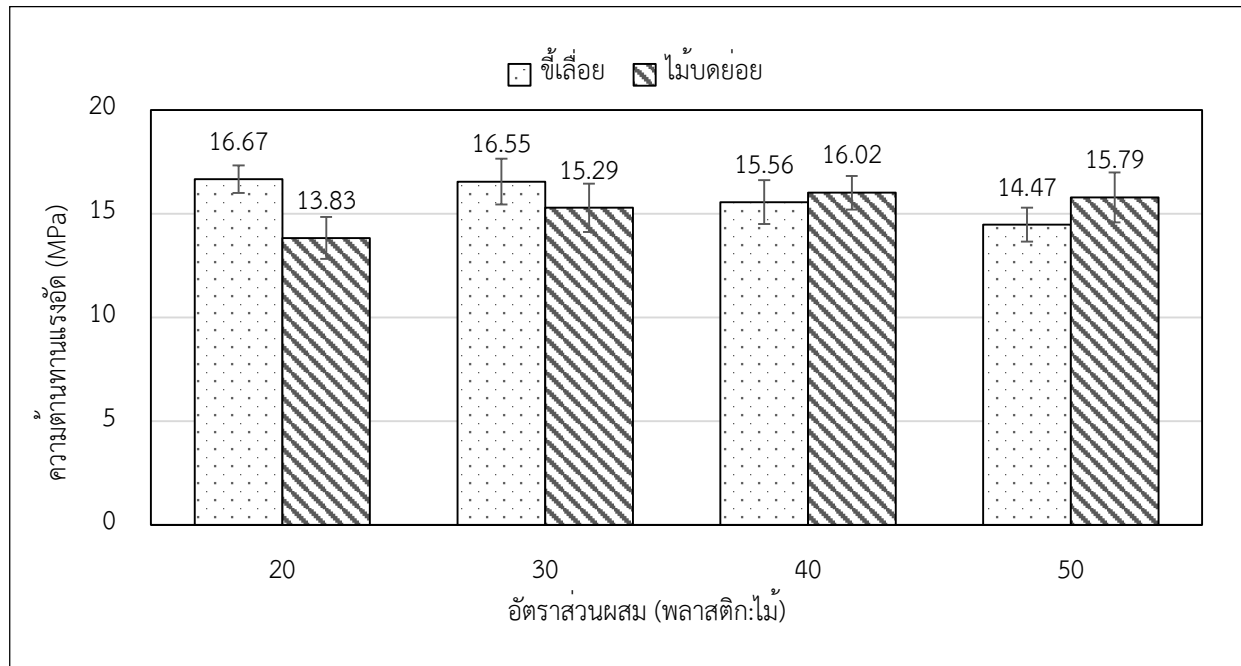


ภาพที่ 7 ความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสม WPCs ตามมาตรฐาน ASTM D638

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างไม้และพลาสติกกับความแข็งแรงต่อความต้านทานแรงดึงจำเพาะของวัสดุผสมที่ใช้เศษไม้ย่อยหรือขี้เลื่อยเป็นส่วนผสมแสดงให้เห็นว่า ที่อัตราส่วนผสมเศษไม้ย่อย 20, 30, 40 และ 50 wt% วัสดุผสมมีความแข็งแรงต่อความต้านทานแรงดึงจำเพาะ 14.61, 12.94, 11.44 และ 9.75 MPa ตามลำดับ ส่วนวัสดุผสมขี้เลื่อยมีความแข็งแรงต่อความต้านทานแรงดึงจำเพาะ 16.70, 15.55, 13.75 และ 11.98 MPa ตามลำดับ สูงกว่าผลการวิจัยของ Arnandha, Y., และคณะ (2017) ที่มีผลการทดสอบระหว่าง 5.98-10.33 MPa

ความต้านทานแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM สำหรับพลาสติกชนิด HDPE ที่ต้องไม่น้อยกว่า 8 MPa โดยวัสดุผสมทั้งสองมีค่าความต้านทานแรงดึงที่ใกล้เคียงกันแตกต่างกันเฉลี่ยเพียง 12% ถึง 18% และมีค่าความต้านทานแรงดึงแตกต่างกันสำหรับปริมาณสัดส่วนผสมมากที่สุดและน้อยที่สุดสำหรับขี้เลื่อยและเศษไม้ย่อยเพียง 28% และ 33% ตามลำดับ ทั้งนี้ ความต้านทานแรงดึงที่แตกต่างกันเกิดจากขนาดของอนุภาคไม้ ที่มีค่าความต้านทานแรงดึงน้อยกว่าพลาสติก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Friedrich, D. (2022) ว่าเศษไม้ย่อยที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ตั้งแต่ 0.5 ถึง 7.0 มิลลิเมตร จึงมีค่าความต้านทานแรงดึงน้อยกว่าขี้เลื่อยที่มีขนาดอนุภาคไม่เกิน 0.2 มิลลิเมตร

ทดสอบความต้านทานแรงอัดของวัสดุผสม WPCs ตามมาตรฐาน ASTM D695 (ความต้านทานแรงอัดของพลาสติกแข็ง) เป็นวิธีการทดสอบที่ใช้ในการกำหนดคุณสมบัติการอัดของวัสดุแข็งโดยเฉพาะอย่างยิ่งพลาสติกในความสามารถในการทนความเค้นจากแรงอัด ได้ผลดังภาพที่ 8

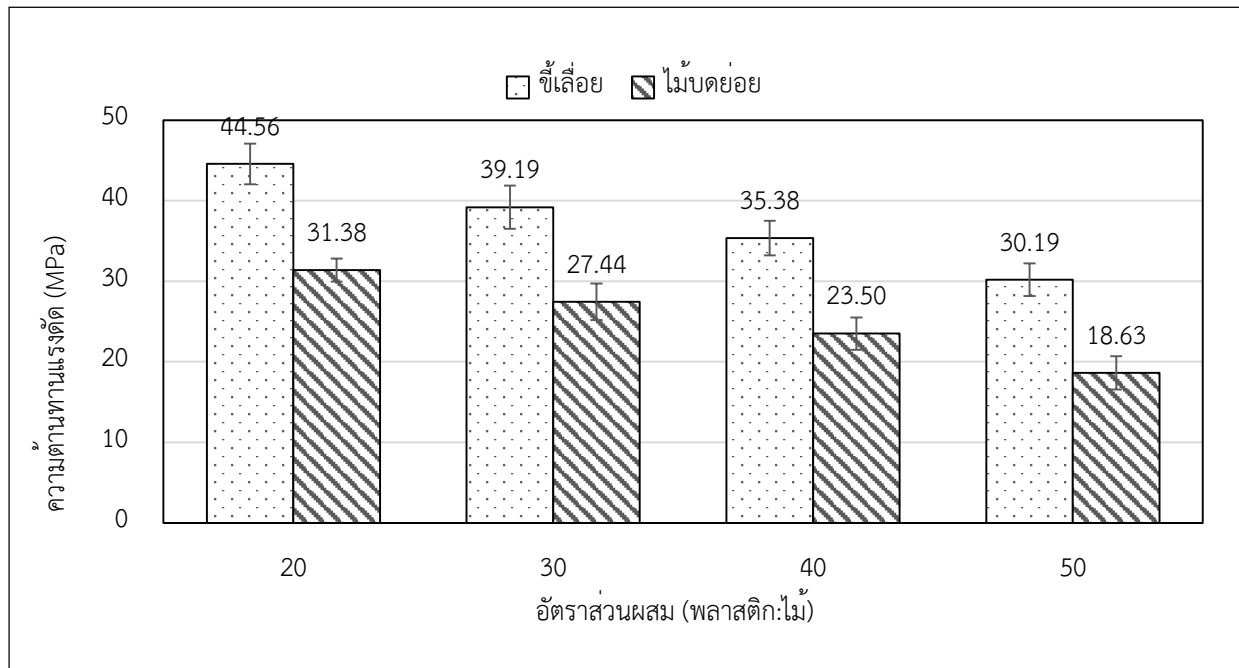


ภาพที่ 8 ความต้านทานแรงอัดของวัสดุผสม WPCs ตามมาตรฐาน ASTM D695

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างไม้และพลาสติกกับความแข็งแรงต่อความต้านทานแรงอัดของวัสดุผสมที่ใช้เศษไม้ย่อยหรือชี้เลื่อยเป็นส่วนผสมแสดงให้เห็นว่า ที่อัตราส่วนผสมเศษไม้ย่อย 20, 30, 40 และ 50 wt% วัสดุผสมมีความแข็งแรงต่อความต้านทานแรงอัด 13.83, 15.29, 16.02 และ 15.79 MPa ตามลำดับ ส่วนวัสดุผสมชี้เลื่อยมีความแข็งแรงต่อความต้านทานแรงอัด 16.67, 16.55, 15.56 และ 14.47 MPa ตามลำดับ

จากผลการทดลอง พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเศษไม้ย่อยในวัสดุผสม WPCs ตั้งแต่ 20% ถึง 40% โดยน้ำหนักความสามารถในการต้านทานแรงอัดของวัสดุเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอธิบายได้ว่า เศษไม้ย่อยที่มีขนาดใหญ่กว่าชี้เลื่อยสามารถทำหน้าที่เป็นโครงสร้างรับแรง (Reinforcement) ได้ดีขึ้นตามปริมาณที่เพิ่มขึ้น โดยยังไม่รบกวนความสามารถในการยึดเกาะของพลาสติก HDPE มากนัก อย่างไรก็ตาม เมื่อสัดส่วนถึง 50% แรงอัดเริ่มลดลงเล็กน้อย สะท้อนว่าอาจเริ่มเกิดการแทรกตัวของพลาสติกได้ไม่ทั่วถึงจนทำให้ยึดเศษไม้ได้ไม่แน่นหนา (Ratanawilai, T., และคณะ, 2023) ในทางกลับกัน วัสดุผสมที่ใช้ชี้เลื่อยซึ่งมีขนาดเล็กและพื้นที่ผิวสูงเมื่อผสมในปริมาณมากขึ้นจะเกิดการกระจายตัวทั่วเนื้อพลาสติกมากเกินไป ส่งผลให้พลาสติกไม่สามารถห่อหุ้มครอบคลุมผิวของชี้เลื่อยได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้เกิดช่องว่างหรือโพรงภายในวัสดุ และลดการยึดเหนี่ยวระหว่างชี้เลื่อยกับพลาสติก จึงเป็นเหตุให้ความสามารถในการรับแรงอัดของวัสดุผสมลดลงตามปริมาณชี้เลื่อยที่เพิ่มขึ้น

ทดสอบความต้านทานแรงดัดของวัสดุผสม WPCs ตามมาตรฐาน ASTM D790 (ความต้านทานแรงดัดของพลาสติกแข็ง) ครอบคลุมถึงการกำหนดคุณสมบัติความต้านทานแรงดัดของพลาสติกที่ไม่เสริมแรงและพลาสติกเสริมแรง ซึ่งรวมถึงคอมโพสิตโมดูลัสในรูปแบบของแท่งสี่เหลี่ยมที่ตัดโดยตรงจากแผ่นขึ้นรูปหรือรูปทรงที่ขึ้นรูป ได้ผลดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสม WPCs ตามมาตรฐาน ASTM D790

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างไม้และพลาสติกกับความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสมที่ใช้เศษไม้ย่อยหรือชีเลื่อยเป็นส่วนผสมแสดงให้เห็นว่า ที่อัตราส่วนผสมเศษไม้ย่อย 20, 30, 40 และ 50 wt% วัสดุผสมมีความต้านทานแรงดึง 31.38, 27.44, 23.50 และ 18.63 MPa ตามลำดับ ส่วนวัสดุผสมชีเลื่อย มีความต้านทานแรงดึง 44.56, 39.19, 35.38 และ 30.19 MPa ตามลำดับ สูงกว่าผลการวิจัยของ Arnandha, Y., และคณะ (2017) ที่ได้ผลการทดสอบระหว่าง 14.4-24.9 MPa

ความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสมลดลงตามอัตราส่วนของไม้ต่อพลาสติกที่เพิ่มขึ้น และวัสดุผสมที่ใช้ชีเลื่อยมีความต้านทานแรงดึงสูงกว่าวัสดุผสมที่ใช้เศษไม้ย่อยในทุกอัตราส่วนของไม้ต่อพลาสติก ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เส้นใยพืชที่แทรกอยู่ในเนื้อวัสดุผสมมีความยืดหยุ่นต่ำและมีแนวโน้มที่จะแตกหักได้ง่ายเมื่อรับแรงดึง ส่งผลให้การถ่ายโอนแรงระหว่างอนุภาคไม้กับพลาสติกมีประสิทธิภาพลดลง โดยเฉพาะเมื่อมีปริมาณเส้นใยมากขึ้น จึงส่งผลต่อความสามารถในการต้านทานแรงดึงของวัสดุผสมอย่างมีนัยสำคัญ (Bouafif, H., และคณะ, 2009)

ทั้งนี้ วัสดุผสม WPCs ที่ผสมเศษไม้บดที่มีขนาดใหญ่มีแนวโน้มให้สมบัติเชิงกลที่ด้อยกว่าเนื่องจากพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างไม้กับพลาสติกมีน้อย ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างสองวัสดุต่ำ พลาสติกหลอมจึงไม่สามารถแทรกซึมและยึดเกาะกับผิวไม้ได้ทั่วถึง ทำให้เกิดโพรงอากาศหรือช่องว่างในเนื้อวัสดุ ซึ่งเป็นจุดอ่อนทางโครงสร้าง อีกทั้งเศษไม้ขนาดใหญ่ยังมีแนวโน้มกระจายตัวไม่สม่ำเสมอในเนื้อวัสดุผสม ส่งผลให้เกิดความไม่ต่อเนื่องภายในเนื้อวัสดุ และทำให้ค่าความต้านทานแรงดึง แรงอัด และแรงดัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับวัสดุที่ผสมด้วยชีเลื่อยที่มีขนาดอนุภาคขนาดเล็ก

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยพบว่าวัสดุผสม WPCs ที่ผลิตจากพลาสติก HDPE กับเศษไม้ย่อยหรือชีเลื่อย โดยกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัดร้อน ให้สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลที่ต่างกัน ตามลักษณะและอัตราส่วนของอนุภาคไม้ที่ใช้ โดยเฉพาะวัสดุที่มีส่วนผสมของเศษไม้ย่อย ซึ่งมีแนวโน้มเกิดช่องว่างภายในเนื้อวัสดุเนื่องจากการหลอมรวมกับพลาสติกยังไม่สมบูรณ์ ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน ขณะที่วัสดุผสมที่ใช้ชีเลื่อย ซึ่งมีขนาดอนุภาคเล็กและกระจายตัวดี ให้สมบัติที่มีความสม่ำเสมอและเหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มากกว่า

จากข้อค้นพบดังกล่าว ผู้วิจัยเห็นว่าการปรับปรุงสมบัติของ WPCs ควรเน้นการเลือกใช้วัสดุไม้ที่มีขนาดเล็กและสม่ำเสมอมากขึ้น เพื่อเพิ่มการยึดเกาะกับพลาสติกและลดการเกิดช่องว่างภายในวัสดุ นอกจากนี้ควรพิจารณาเติมสารช่วยประสานและปรับอัตราส่วนผสมให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานเป้าหมาย ซึ่งจะช่วยให้วัสดุ WPCs มีคุณภาพดีขึ้น สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในเชิงอุตสาหกรรมหรือการประยุกต์ใช้เชิงพาณิชย์ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับจัดสรรงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ปีงบประมาณ 2567 เพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund, FF) ตามแผนงานการสร้างมหาวิทยาลัยสีเขียวและคาร์บอนต่ำของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา สำหรับการอำนวยความสะดวกในระหว่างการทำโครงการวิจัย สาขาวิชาฟิสิกส์ และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ในการอนุเคราะห์สถานที่สำหรับจัดทำห้องปฏิบัติการวิจัยระหว่างการทำงานกระทั้งงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

7. เอกสารอ้างอิง

- Arnandha, Y., Satyarno, I., Awaludin, A., Irawati, I. S., Prasetya, Y., Prayitno, D. A., Winata, D. C., Satrio, M. H., & Amalia, A. (2017). Physical and mechanical properties of WPC board from sengon sawdust and recycled HDPE plastic. *Procedia Engineering*, 171, 695-704. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.412>
- Beg, M. D. H., & Pickering, K. L. (2008). Mechanical performance of Kraft fibre reinforced polypropylene composites: Influence of fibre length, fibre beating and hygrothermal ageing. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39(11), 1748-1755. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2008.08.003>
- Bouafif, H., Koubaa, A., Perré, P., & Cloutier, A. (2009). Effects of fiber characteristics on the physical and mechanical properties of wood plastic composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 40(12), 1975-1981. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2009.06.003>
- Delviawan, A., Kojima, Y., Kobori, H., Suzuki, S., Aoki, K., & Ogoe, S. (2019). The effect of wood particle size distribution on the mechanical properties of wood-plastic composite. *Journal of Wood Science*, 65. Article 67. <https://doi.org/10.1186/s10086-019-1846-9>
- Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H.-P., & Sain, M. (2014). Progress report on natural fiber reinforced composites. *Macromolecular Materials and Engineering*, 299(1), 9-26. <https://doi.org/10.1002/mame.201300008>
- Friedrich, D. (2022). Success factors of wood-plastic composites (WPC) as sustainable packaging material: A cross-sector expert study. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 506-517. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.030>
- Khamtree, S., Srivabut, C., Khamtree, S., & Kaewmai, R. (2024). Effects of natural fiber waste, content, and coupling agent on the physical and mechanical properties of wood species-plastic composites as green materials. *Fibers and Polymers*, 25(4), 1391-1402. <https://doi.org/10.1007/s12221-024-00493-9>
- Kim, J.-W., Harper, D. P., & Taylor, A. M. (2009). Effect of wood species on the mechanical and thermal properties of wood-plastic composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 112(3), 1378-1385. <https://doi.org/10.1002/app.29522>

- Li, L., Zuo, J., Chang, R., & Du, L. (2025). Converting plastic waste into wood-plastic composite products – A practical environmental impacts assessment using primary data. *Resources, Conservation and Recycling*, 218, Article 108267. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2025.108267>
- Miki, T., Seki, M., Tanaka, S., Sobue, N., Shigematsu, I., & Kanayama, K. (2014). Preparation of wood plastic composite sheets by lateral extrusion of solid woods using their fluidity. *Procedia Engineering*, 81, 580-585. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.043>
- Raj, S. S., Michailovich, K. A., Subramanian, K., Sathiamoorthy, S., & Kandasamy, K. T. (2021). Philosophy of selecting ASTM standards for mechanical characterization of polymers and polymer composites. *Materiale Plastice*, 58(3), 247-256. <https://doi.org/10.37358/mp.21.3.5523>
- Ratanawilai, T., Leelasilapasart, V., Srivabut, C., & Ratanawilai, S. (2023). Lifetime prediction under dead-load long-term creep test and models analysis of wood-plastic composites for building materials. *Plastics, Rubber and Composites: Macromolecular Engineering*, 52(9-10), 506-515. <https://doi.org/10.1080/14658011.2023.2232666>
- Toghyani, A., Matthews, S., & Varis, J. (2020). Forming challenges of extruded wood plastic composite products in a post-production process. *Procedia CIRP*, 93, 502-507. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.156>
- Turku, I., Kärki, T., & Puurtinen, A. (2018). Durability of wood plastic composites manufactured from recycled plastic. *Heliyon*, 4(3), Article e00559. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00559>
- Zhang, X., Zhang, J., & Wang, R. (2019). Thermal and mechanical behavior of wood plastic composites by addition of graphene nanoplatelets. *Polymers*, 11(8), Article 1365. <https://doi.org/10.3390/polym11081365>
- Zhou, H., Li, W., Hao, X., Zong, G., Yi, X., Xu, J., Ou, R., & Wang, Q. (2022). Recycling end-of-life WPC products into ultra-high-filled, high-performance wood fiber/polyethylene composites: A sustainable strategy for clean and cyclic processing in the WPC industry. *Journal of Materials Research and Technology*, 18, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.02.091>