



KKU SCIENCE JOURNAL

Journal Home Page : <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/KKUSciJ>

Published by the Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand



ผลกระทบขององค์ประกอบที่มีต่อสมบัติของแผ่นวัสดุผสมชีวภาพที่ได้จากเส้นใย มะพร้าวอ่อนและผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์

Effect of Compositions on Properties of Biocomposite Sheet Fabricated from Young Coconut Fiber and Star Apple Peel Powder

อัมพิกา ราชคม¹ พงศธร กองแก้ว² ปรัชญา นามวงศ์¹ และ หฤทัย ล่องกุลบุตร^{1*}Ampika Rachakom¹, Pongsathon Kongkeaw², Prachaya Namwong¹ and
Haruthai Longkullabutra^{1*}¹สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50300²สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000¹Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, 50300,
Thailand²Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Mahasarakham University, Mahasarakham, 44000,
Thailand

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของแผ่นวัสดุผสมชีวภาพที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภคของเปลือกมะพร้าวอ่อนและแอปเปิ้ลสตาร์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยการนำไปใช้เป็นวัสดุตกแต่งภายในเส้นใยจากเปลือกมะพร้าวอ่อนทำหน้าที่เป็นตัวเสริมแรงและนำมาผสมกับเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ที่บดเป็นผงเพื่อให้เป็นสารเติมเต็มด้วยอัตราส่วน 0% 25% 50% และ 75% โดยน้ำหนัก แผ่นวัสดุผสมชีวภาพถูกขึ้นรูปโดยใช้กาวไอโซไซยานาตชนิด polymeric diphenylmethane diisocyanate (pMDI) เป็นสารยึดติด ผลการทดสอบพบว่าสมบัติการทนแรงกระแทกและค่าการยืดตัวมีแนวโน้มลดลง ตามปริมาณของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าการทนแรงดึงและมอดุลัสความยืดหยุ่นมากที่สุดที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ที่ 25% และ 50% โดยน้ำหนัก นอกจากลักษณะทางกายภาพในระดับจุลภาคของชิ้นงานถูกตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (OM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ภาพผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ามีการกระจายตัวของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ตามเส้นใย และเกิดการเกาะตัวเป็นกลุ่มก้อนของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์เพิ่มตามปริมาณของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ที่เพิ่มขึ้น

ABSTRACT

This research aims to study the mechanical and physical properties of biocomposite sheet obtained from consumption waste of young coconut husks and star apple peel in order to enhance the value of these wastes by using as an interior decoration material. The fibers from young coconut husks were used

*Corresponding Author, E-mail: lhuru@rmutl.ac.th

as a reinforcement and mixed with the powder obtained from ground star apple peels as a filler ratio of 0% , 25% , 50% and 75% by weight. The biocomposite sheet was produced using the polymeric diphenylmethane diisocyanate (pMDI) as a binding agent. It was found that the impact strength and elongation decreased as the content of star apple powder increased, while the highest tensile strength and young's modulus were observed in the biocomposite sheet with 25% and 50% by weight ratio of the star apple peel powder, respectively. Moreover, the physical characteristics of the specimens were investigated via optical microscopy (OM) and scanning electron microscopy (SEM). The micrographs reveal the distribution of star apple peel powder over the fibers of young coconut husk and the observed agglomeration of star apple peel powder increased with increasing amount of star apple peel powder.

คำสำคัญ: แผ่นวัสดุผสมชีวภาพ เส้นใยมะพร้าวอ่อน แอปเปิ้ลสตาร์ สมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ

Keywords Biocomposite Sheet, Young Coconut Fiber, Star Apple, Mechanical Properties, Physical Properties

บทนำ

มะพร้าว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* L. อยู่ในตระกูล Palmae ถือเป็นผลไม้ทางเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยผลของมะพร้าวนิยมบริโภคตั้งแต่มะพร้าวอ่อนไปจนถึงมะพร้าวแก่ จึงเกิดเศษเหลือจากการบริโภคจำนวนมาก มีการนำเส้นใยไปใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่มาจากผลมะพร้าวแก่ เช่น ที่นอน พรหมเช็ดเท้า เชือก เส้นด้าย เบาะที่นั่งรถยนต์ เสื่อ แปรง กระถางปลูกต้นไม้ เพาะชำต้นไม้ เป็นต้น ในขณะที่การบริโภคผลมะพร้าวอ่อนได้รับความนิยมที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผู้คนหันมาสนใจเรื่องของสุขภาพและความงาม เพราะน้ำมะพร้าวมีสารประกอบอินทรีย์ที่ชื่อไซโตไคนิน (cytokinin) หลายชนิด เช่น ทรานส์ซีเอติน (Trans-zeatin) ซึ่งพบว่าสารชนิดนี้ใช้เป็นยารักษาโรคอัลไซเมอร์หรือโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทและต่อต้านการแก่ (Antiaging) (ช่อลัดดา, 2558) นอกจากนี้ในน้ำมะพร้าวประกอบด้วยวิตามินและเกลือแร่อีกหลายชนิด จึงส่งผลให้เกิดปริมาณขยะที่เพิ่มสูงขึ้นของเปลือกมะพร้าวอ่อน และมีความพยายามในการนำเอาเศษเหลือทั้งหมดมาพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น การนำมาผลิตปุ๋ยคอกจากเปลือกมะพร้าว การแปรรูปเป็นวัสดุชีวมวลสำหรับผลิตพลังงานชีวมวลของโรงไฟฟ้า การแยกขุยมะพร้าวสำหรับทำดินผสม การนำไปแปรรูปทำถ่านอัดแท่ง การนำมาผสมกับแกลบในการรองพื้นสำหรับการเลี้ยงสุกรหลุม (เทคโนโลยีชาวบ้านออนไลน์, 2565) เป็นต้น แต่ยังคงพบข้อจำกัดในบางพื้นที่ ทั้งในด้านความพร้อมด้านเครื่องจักรและพื้นที่สำหรับการดำเนินงานในการย่อยเปลือกมะพร้าว เช่น ในพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ เมื่อปี 2560 พบปัญหาขยะที่เกิดจากเปลือกมะพร้าวอ่อนเหลือทิ้งวันละถึง 10 ตัน (ไทยพีบีเอส, 2560) เนื่องจากความนิยมในการบริโภคจากทั้งคนในพื้นที่และนักท่องเที่ยว นอกจากนี้ยังมีขยะของผลไม้จากการบริโภคที่เกิดขึ้นตามฤดูกาลหลายชนิดของภาคเหนือ โดยผู้วิจัยให้ความสนใจคือผลแอปเปิ้ลสตาร์ (Star Apple) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Chrysophyllum cainito* มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น เช่น ลูกน้ำนม หรือ หมากน้ำนม เป็นต้น โดยแอปเปิ้ลสตาร์มีลักษณะผลทรงกลม มีทั้งพันธุ์สีเขียว พันธุ์สีเหลือง และพันธุ์สีม่วงแดง เมื่อสุกสีของเปลือกจะกลายเป็นสีม่วงเข้มจนถึงเกือบดำ ภายในผลมีเนื้อนุ่มๆ สีขาว หรือสีขาวอมม่วง มีกลิ่นหอม กินเป็นผลไม้สด รสหวานอร่อย มีเยื่อสีขาวใสหุ้มเมล็ดอยู่เป็นพุดคล้ายผลมังคุด และมีเมล็ดสีดำมันวาวอยู่ภายในเยื่อหุ้มเมล็ด ประมาณ 3 - 5 เมล็ด (Luo et al., 2002) มีงานวิจัยที่ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของผลแอปเปิ้ลสตาร์พบว่ามีส่วนประกอบทางเคมีที่เหมือนกับเปลือกมังคุด คือ มีสารแทนนิน (Tannin) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ได้มาจากการดัดแปลง (Phenolic Acids) มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Oranusi et al., 2015) รวมถึงเป็นสารเกาะยึด (Cementing Agent) ใช้สำหรับผลิตกาวยาอัด (อนุวิทย์และคณะ, 2563) อย่างไรก็ตามยังไม่พบการนำเปลือกหรือส่วนต่างๆ ของแอปเปิ้ลสตาร์มาใช้ประโยชน์ทางด้านวัสดุผสม และเนื่องจากภาคเหนือมีต้นแอปเปิ้ลสตาร์เป็นพืชท้องถิ่น โตง่าย ไม่ต้องการการดูแล และออกผลครั้งละจำนวนมาก เศษเหลือทิ้งจากการ

บริโภคที่เป็นเปลือกหนานุ่ม มีน้ำยางสีขาวขุ่น มีสมบัติเหมาะกับการทำหน้าที่เป็นตัวเติมเต็ม จึงมีความน่าสนใจในการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านนี้ นอกจากนี้ฝั่งเปลือกแอปเปิ้ลสแตร์ยังมีสีส้มสวยงามตามธรรมชาติ เมื่อนำมาเติมกับเส้นใยมะพร้าวซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติย่อยสลายได้ง่าย เหมาะสมสำหรับใช้เป็นส่วนหนึ่งของวัสดุตกแต่งได้ดี

สำหรับแนวทางการนำส่วนเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ที่ผ่านมานั้น ญกนัทและคณะ (2562) ได้ศึกษาการใช้เส้นใยเหลือใช้จากเศษวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ เส้นใยจากมะพร้าว เส้นใยจากทะลายปาล์มน้ำมัน และเส้นใยซังข้าวโพด มาเป็นวัสดุเสริมแรงในไม้ผสมพลาสติกประเภทพอลิโพรพิลีน โดยศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณเส้นใยที่มี 26% 36% และ 46% โดยน้ำหนัก ที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางความร้อน โดยเตรียมชิ้นงานด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวคู่และเครื่องอัดร้อน พบว่าปริมาณของเส้นใยเส้นใยธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดึงและสมบัติแรงอัดของวัสดุมีค่าลดลง แต่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่เพิ่มขึ้น โดยเส้นใยจากมะพร้าวมีแนวโน้มเพิ่มค่าความแข็งแรงดึงและความแข็งแรงอัดของวัสดุมากกว่าเส้นใยจากทะลายปาล์มน้ำมันและเส้นใยซังข้าวโพด และปริมาณที่เพิ่มขึ้นของเส้นใยทุกชนิดส่งผลกระทบต่อความขรุขระผิวของวัสดุผสมอย่างมีนัยสำคัญ ยังพบว่าวัสดุผสมที่อัตราส่วนปริมาณต่างๆ ของเส้นใยแต่ละชนิดมีเสถียรภาพทางความร้อนไม่ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่จันทรวิทย์และคณะ (2562) ได้ศึกษากระบวนการผลิตและสมบัติของแผ่นใยไม้อัดที่ขึ้นรูปจากเส้นใยมะพร้าวผสมเส้นใยต้นรูปฤๅษีในการใช้เป็นวัสดุทดแทน โดยใช้การสองชนิดที่ใช้เป็นสารยึดติด คือ กายูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea Formaldehyde: UF) และกาวไอโซไซยาเนต (Polymeric Diphenylmethane Diisocyanate: pMDI) ที่ปริมาณร้อยละ 10 ใช้อัตราส่วนเส้นใยมะพร้าว:เส้นใยต้นรูปฤๅษี เท่ากับ 50:50 โดยน้ำหนัก ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดเท่ากับ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความหนาของแผ่นใยไม้อัด 15 มิลลิเมตร นำมาทดสอบสมบัติเชิงกายภาพทั้งด้านปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ และการพองตัว และทดสอบสมบัติเชิงกล อันได้แก่ ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่น ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และความแข็งแรงการยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 รวมทั้งทดสอบสมบัติเชิงความร้อน พบว่าแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมเส้นใยต้นรูปฤๅษีที่ใช้กาวไอโซไซยาเนตมีสมบัติเชิงกายภาพและสมบัติเชิงกลดีกว่าแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กายูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และมีสมบัติผ่านมาตรฐานที่กำหนด ยกเว้นแต่ค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นที่ไม่ผ่านมาตรฐาน และแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมเส้นใยต้นรูปฤๅษีที่ขึ้นรูปจากกาวทั้งสองชนิด มีสมบัติเชิงความร้อนดีกว่าแผ่นใยขี้ผึ้งชนิดธรรมชาติ ชนิดพีวีซี และไม่สึก นอกจากนี้ Kelly และคณะ (2010) ได้ศึกษาสมบัติเชิงกลจากการปรับเปลี่ยนทางเคมีของวัสดุผสมเส้นใยมะพร้าว โดยใช้กระบวนการแช่เส้นใยในสารละลายอัลคาไลน์ที่เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10% โดยน้ำหนัก กวนภายใต้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกระบวนการฟอกขาวที่ใช้กรดอะซิติก (Acetic Acid) ผสมกับโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) กวนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าการปรับเปลี่ยนทางเคมีไม่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลอย่างมีนัยสำคัญ Ban และคณะ (2015) ศึกษาสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมที่เสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวที่มีอัตราส่วนตั้งแต่ 20% 30% 40% และ 60% โดยน้ำหนัก พบว่าค่าความแข็งแรงแรงดึงสูงสุดที่ปริมาณเส้นใยมะพร้าว 40% โดยน้ำหนัก แต่ค่าความแข็งแรงดึง และค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นมีค่าสูงสุดที่อัตราส่วน 60% โดยน้ำหนัก Mulinari และคณะ (2011) ศึกษาเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกระบวนการทางเคมีโดยการนำเส้นใยแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อนำไปเสริมแรงในเรซินชนิดพอลิเอสเตอร์ พบว่าวัสดุผสมที่ผ่านการปรับสภาพจะมีเวลาจากการล้าลดลงเมื่อเพิ่มแรงดึงมากขึ้น เนื่องจากพันธะระหว่างเนื้อพื้กับเส้นใยยังไม่ได้พอง และได้มีการพยายามศึกษาความแข็งแรงของเส้นใยมะพร้าวเพื่อใช้เสริมแรงในงานโครงสร้าง ในงานของ Huyen และคณะ (2020) ที่ได้ศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของเส้นใยมะพร้าวเวียตนาม พบว่าหากมีการควบคุมขั้นตอนการเตรียมเส้นใยที่ดีเพียงพอ จะทำให้มีสมบัติดีเพียงพอสำหรับใช้ในงานโครงสร้าง Sun และคณะ (2017) ศึกษาวัสดุผสมโดยใช้พอลิแลกติกแอซิด (PLA) ที่เสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวที่ปรับสภาพเส้นใยด้วยสารละลายผสม ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อปรับปรุงการยึดเกาะระหว่างเส้นใยและเมทริกซ์ เปรียบเทียบปริมาณเส้นใย 1% 3% 5% และ 7% โดยน้ำหนัก จากการทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่าความ

ต้านทานแรงดึงและการยืดตัวของวัสดุผสมลดลง เมื่อเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการบำบัดมีปริมาณเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามมอดูลัสแรงดึงและความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุผสมเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใย ดังนั้นเชื่อว่าการยึดเกาะของผิวหน้าระหว่าง PLA กับเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการบำบัดแล้วนั้นดีขึ้นจากการปรับสภาพเส้นใย นอกจากนี้ที่กล่าวมา ยังมีความพยายามนำเส้นใยมะพร้าวเป็นวัสดุผสมเพื่อผลิตแผ่นไม้อัด Fiorelli และคณะ (2019) สนใจศึกษาวัสดุผสมที่สามารถลดการตัดไม้ทำลายป่าที่สร้างปัญหาสิ่งแวดล้อม จึงศึกษาสมบัติเชิงกล และการเสื่อมสภาพของแผ่นไม้อัด 3 ชั้น ที่ผลิตด้วยเส้นใยชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวในพอลิยูรีเทนด้วยความหนาแน่น 500 และ 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าแผ่นไม้อัดที่มีความหนาแน่นทั้งสองขนาดผ่านเกณฑ์ ANSI A208.1-1999 แต่การเสื่อมสภาพของแผ่นไม้อัดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอันเนื่องมาจาก อุณหภูมิ ความชื้น UVA และ UVB

จากประเด็นต่างๆ ที่ศึกษามาข้างต้นและปัญหาขยะเหลือทิ้งจากการบริโภคที่เกิดขึ้นในท้องถิ่น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดประโยชน์ สร้างมูลค่าเพิ่ม และลดปัญหาขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ อีกทั้งยังเกิดองค์ความรู้ใหม่จากแนวคิดในการนำเอาเส้นใยมะพร้าวอ่อนทำหน้าที่เป็นตัวเสริมแรง (reinforcement) ที่มีผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาาร์เป็นตัวเติมเต็ม (filler) ในอัตราส่วนต่างๆ กัน ดังแสดงในวิธีการดำเนินการวิจัย โดยใช้กาวไอโซไซยาเนต ซึ่งเป็นกาวที่ไม่มีสารฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) ทำหน้าที่เป็นสารยึดติดในการขึ้นรูปแผ่นวัสดุผสมชีวภาพ และศึกษาความสัมพันธ์ลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของแผ่นวัสดุผสมชีวภาพเส้นใยมะพร้าวอ่อนผสมผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาาร์

วิธีการดำเนินการวิจัย

สำหรับการวิจัยนี้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1. การเตรียมวัสดุผสม

ในการศึกษานี้ใช้วัสดุสำหรับการขึ้นรูปแผ่นวัสดุผสมชีวภาพ คือ เส้นใยมะพร้าวอ่อน (Young Coconut Fiber: Y-C) และผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาาร์ (Star Apple Peel Powder: S-A) สำหรับการเตรียมเส้นใยมะพร้าว ทำได้โดยการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในการแยกเส้นใยออกมาจากส่วนที่เป็นเปลือกมะพร้าว โดยการนำเปลือกมะพร้าวมาแยกผิวนอกส่วนสีเขียวออก หั่นให้มีความยาวประมาณ 3 เซนติเมตร เพื่อให้ได้เส้นใยที่มีขนาดสั้น เมื่อนำไปขึ้นรูปจะเกิดการสานของเส้นใยในลักษณะสามมิติโครงสร้างสามมิติที่ซับซ้อนนี้จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุผสม (Anderson *et al.*, 1990) จากนั้นนำไปต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อปรับสภาพเส้นใยก่อนการขึ้นรูป โดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ลายพันธุ์ไฮโดรเจนในโครงสร้างเครือข่าย ทำให้ผิวของเส้นใยหยาบขึ้น ส่งผลให้เกิดการยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับสารยึดติดที่ดี (Gu, 2009; วันดี, 2556) นำเส้นใยหลังการปรับสภาพมาล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วนำไปตากให้แห้ง ก่อนนำไปขึ้นรูปจะทำการอบที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ส่วนการเตรียมผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาาร์ เริ่มด้วยการนำเปลือกมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก แล้วตากแดดจนแห้งสนิท จากนั้นนำมาบดแห้งด้วยเครื่องบดสับบดเนกประสงค์ นำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 25 เมช (mesh) แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปขึ้นรูปในขั้นตอนต่อไป

2. การขึ้นรูปชิ้นงาน

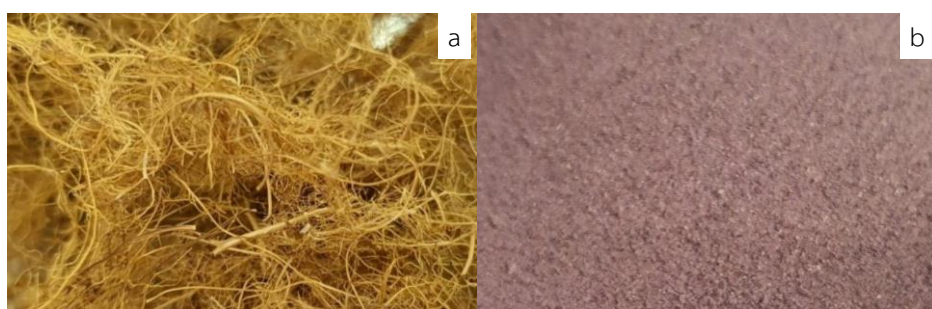
ในขั้นตอนนี้ใช้กาวไอโซไซยาเนต ซึ่งเป็นสารยึดติดประเภทเทอร์โมเซตติง (Thermosetting) นิยมใช้สำหรับงานไม้ที่ต้องการความทนทานสูง เนื่องจากการยึดเหนี่ยวทางเคมีกับลิกนินและเซลลูโลสในไม้ที่ดี (สำนักงานวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2565) โดยกำหนดอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวอ่อน ต่อผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาาร์ เป็น 100:0 75:25 50:50 และ 25:75% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และความหนาแน่นของชิ้นงานเท่ากับ 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และใช้กาวไอโซไซยาเนต 10% โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปวัสดุผสมที่เป็นลักษณะเส้นใย (นิตยา, 2559) เป็นตัวยึดติด โดยการฉีดยกด้วยกาพ่นสเปรย์ผสมเข้ากับเส้นใยมะพร้าวอ่อนและผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาาร์จนเข้ากันดี แล้วนำส่วนผสมที่

ได้ใส่ลงในแม่แบบขนาด 10×25 เซนติเมตร ร่องขึ้นงานด้วยแผ่นเทปลอนทนอุณหภูมิสูงเพื่อกันติด ให้ความร้อนเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำชิ้นงานออกจากเครื่องอัดร้อนแล้วปล่อยให้เย็นตัวลง โดยกำหนดความหนาของชิ้นงาน 8 มิลลิเมตร

3. การทดสอบสมบัติต่างๆ

นำชิ้นงานแผ่นวัสดุผสมชีวภาพที่ได้มาตัดตามมาตรฐาน ASTM D638 (Mohamed, 2010; Reddy, 2013) เพื่อใช้ทดสอบสมบัติเชิงกล อันได้แก่ การทนแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืดตัว ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น และทดสอบความทนแรงกระแทกแบบชาร์ปี (Charpy Impact Test) และศึกษาสมบัติทางกายภาพในการวัดขนาดเส้นใยมะพร้าวอ่อนด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscope: OM) นอกจากนี้ ยังศึกษาลักษณะพื้นผิวในระดับจุลภาคของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล



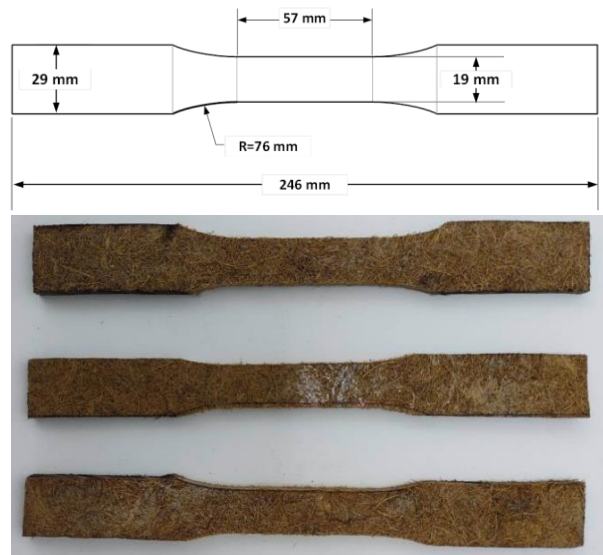
รูปที่ 1 ลักษณะเส้นใยมะพร้าวอ่อน (a) ผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์หลังผ่านการอบแห้ง (b)

ในขั้นตอนการเตรียมวัสดุผสม ลักษณะของเส้นใยมะพร้าวอ่อนและผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์แสดงดังรูปที่ 1 โดยขนาดเส้นใยมะพร้าวอ่อนในการเตรียมแผ่นวัสดุชีวภาพ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 87.0 – 142.5 ไมโครเมตร และขนาดอนุภาคผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ร้อนด้วยตะแกรงขนาด 25 เมช



รูปที่ 2 แผ่นวัสดุผสมชีวภาพจากเส้นใยมะพร้าวอ่อนและผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์

เมื่อนำวัสดุทั้งสองชนิดมาผสมกับกาว pMDI แล้วทำการอัดขึ้นรูปที่อัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด จะได้แผ่นวัสดุผสมชีวภาพ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 3 ชิ้นงานสำหรับทดสอบการทนแรงดึง

นำชิ้นงานที่ได้ตัดตามมาตรฐาน ASTM D638 เพื่อใช้ในการทดสอบการทนแรงดึง ที่อัตราเร็วในการดึง 5 มิลลิเมตรต่อนาที แสดงดังรูปที่ 3 ด้วยเครื่องทดสอบการทนแรงดึง HOUNSFIELD รุ่น H10KS โดย บริษัท Hounsfield Test Equipment Ltd.

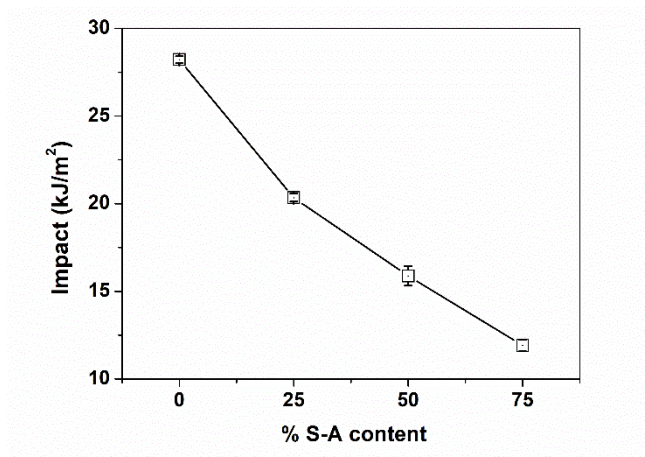


รูปที่ 4 ชิ้นงานสำหรับทดสอบความทนแรงกระแทก

ตัดชิ้นงานเพื่อทดสอบความทนแรงกระแทก ตามแบบทดสอบชาร์ปี ความหนา 8 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 4 ด้วยเครื่องทดสอบแรงกระแทก DMG Denison Mayes Group รุ่น 00026

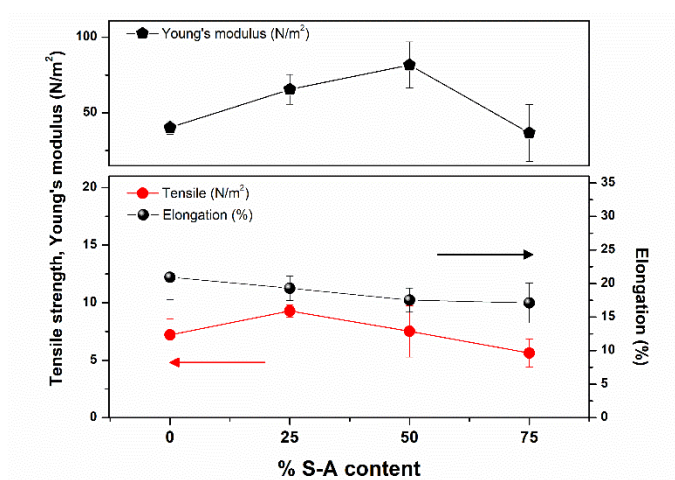
ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมชีวภาพแสดงดังตารางที่ 1
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมชีวภาพ

S-A content (wt %)	Impact (kJ/m ²)	Tensile (N/m ²)	Elongation (%)	Young's modulus (N/m ²)
0	28.22 ± 0.20	7.20 ± 1.38	20.93 ± 3.37	40.17 ± 4.50
25	20.34 ± 0.23	9.28 ± 0.55	19.30 ± 1.84	65.50 ± 9.90
50	15.88 ± 0.56	7.51 ± 2.23	17.53 ± 1.79	81.67 ± 15.25
75	11.91 ± 0.33	5.63 ± 1.21	17.10 ± 2.94	36.67 ± 18.76



รูปที่ 5 ผลการทดสอบความทนแรงกระแทกของวัสดุผสมกับปริมาณของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ (S-A content)

ความทนแรงกระแทก เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดสอบจากตารางที่ 1 มาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนแรงกระแทกของวัสดุผสมชีวภาพกับผงแอปเปิ้ลสตาร์ที่อัตราส่วนต่างๆ ได้ดังรูปที่ 5 พบว่าค่าความทนแรงกระแทกของวัสดุผสมกรณีที่มีเฉพาะเส้นใยมะพร้าวอ่อน (S-A content 0%) จะมีความทนแรงกระแทกได้ดีที่สุด คือ 28.22 kJ/m² นั้นเป็นเพราะสมบัติของเส้นใยที่มีเซลลูโลสซึ่งมีความแข็งแรง และเมื่อเส้นใยที่จัดเรียงตัวแบบสุ่มประสานรวมกันทำให้มีความแข็งแรงและขาดจากกันได้ยาก แต่วัสดุผสมชีวภาพที่มีส่วนผสมของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ซึ่งมีลักษณะที่เป็นผงที่อัตราส่วนเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณเส้นใยที่น้อยลง ส่งผลทำให้บริเวณที่เกิดการสุมประสานของเส้นใยลดลง ดังนั้นค่าความทนแรงกระแทกจึงลดลงตามสัดส่วนของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 6 ผลการทดสอบความแรงดึง การยืดตัว และมอดูลัสความยืดหยุ่น กับ S-A content ที่อัตราส่วนต่างๆ

การทนแรงดึง พบว่าการทนแรงดึงมากที่สุดเมื่อวัสดุผสมชีวภาพมีส่วนผสมของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ที่ 25% โดยน้ำหนัก ขณะที่ชิ้นงานที่ไม่ผสมผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์กับผสมในปริมาณ 50% โดยน้ำหนัก จะมีค่าการทนแรงดึงที่ใกล้เคียงกันที่ 7.20 N/m² และ 7.51 N/m² ตามลำดับ สาเหตุน่าจะเป็นผลมาจากการที่เส้นใยมะพร้าวอ่อนถูกเติมเต็มด้วยผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ทำให้เนื้อวัสดุมีพื้นที่ช่องว่างลดลงกว่าการไม่มีส่วนผสมของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ และเนื่องจากปริมาณน้ำหนักของเส้นใยยังไม่แตกต่างกับกรณีไม่เติมผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์มากนัก จึงเป็นผลทำให้วัสดุผสมที่เติมผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ 25% โดยน้ำหนัก มีค่าการทนแรงดึงสูงสุด แต่เมื่อสัดส่วนของเส้นใยมะพร้าวมีปริมาณน้อยกว่าผงเปลือก

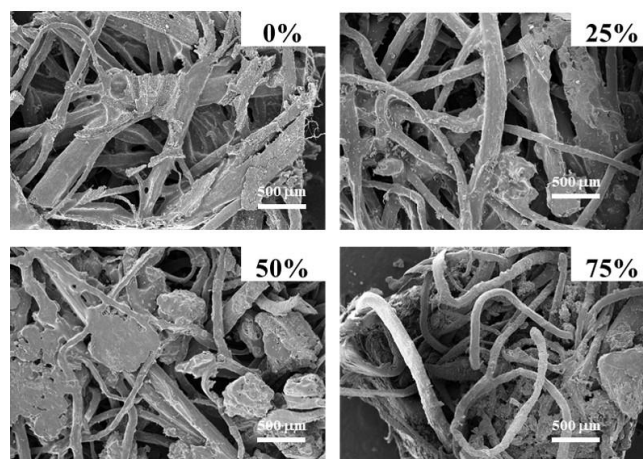
แอปเปิ้ลสตาโรส่งผลให้การทนแรงดึงลดลงดังจะเห็นได้จากกรณีอัตราส่วนผสม 75% โดยน้ำหนัก ของปริมาณผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาโร ขณะที่เปอร์เซ็นต์การยึดตัวของชิ้นงานวัสดุผสมชีวภาพมีค่าลดลงตามสัดส่วนของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาโรที่เพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากธรรมชาติวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยจะมีสมบัติการยึดตัวดีกว่าลักษณะที่เป็นผง แสดงผลความสัมพันธ์ดังรูปที่ 6 ทั้งนี้จากผลการทดสอบแรงดึงของทุกชิ้นงานผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.876-2547 ที่กำหนดให้แผ่นขึ้นไม้อัดต้องมีความต้านแรงดึงตั้งฉากไม่น้อยกว่า 0.4 MPa

มอดูลัสความยืดหยุ่น เมื่อพิจารณาค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุผสมชีวภาพ พบว่าค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาโรในชิ้นงาน จนถึงที่อัตราส่วน 50% โดยน้ำหนักของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาโรที่จะมีค่ามากที่สุด แล้วจะมีค่าที่ลดลงเมื่อปริมาณมากกว่านี้ เห็นได้จากค่าที่ได้ของชิ้นงานตัวอย่างที่ส่วนผสม 75% ดังกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 6 เนื่องมาจากปริมาณของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาโรเข้าไปเติมเต็มช่องว่างระหว่างเส้นใยทำให้ชิ้นงานมีความยืดหยุ่นได้มากขึ้น แต่เมื่อถึงจุดหนึ่งที่ปริมาณเส้นใยน้อยกว่าผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาโรจะทำให้มอดูลัสความยืดหยุ่นลดลง อาจเนื่องมาจากการปริมาณผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาโรที่มากเกินไป ทำให้ผงส่วนหนึ่งเกิดการยึดเกาะกันเองแทนที่จะยึดเกาะเส้นใยมะพร้าวอ่อน

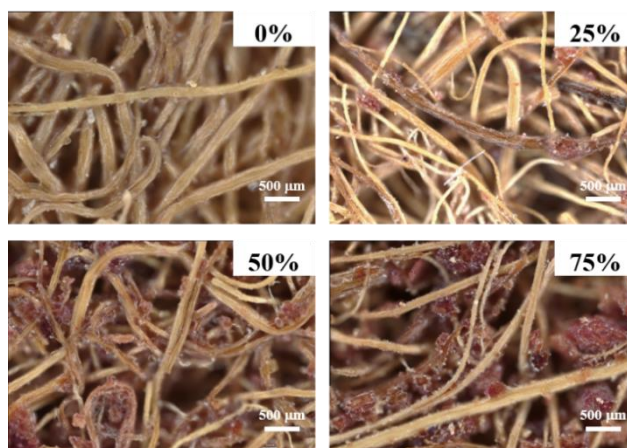
การยึดตัว พบว่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของชิ้นงานวัสดุผสมมีค่าลดลงตามสัดส่วนของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาโรที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากผลมาจากธรรมชาติของเส้นใยที่มีสมบัติการยึดตัวดีกว่าลักษณะที่เป็นผงนั่นเอง แต่ค่าไม่ได้ต่างกันมากนักสำคัญ

สมบัติเชิงกายภาพ

นำวัสดุผสมชีวภาพมาถ่ายภาพขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเห็นได้ว่าผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาโรเกาะอยู่ตามเส้นใยมะพร้าวอ่อนมากขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาโร ดังนั้นช่องว่างระหว่างเส้นใยจึงลดน้อยลงตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ชัดเจนขึ้นเมื่อยืนยันด้วยการนำชิ้นงานไปถ่ายด้วยกล้อง OM ดังรูปที่ 8 ผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาโรมีขนาดเล็กมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดเส้นใย และพบว่ามีเกาะตัวกันเป็นกลุ่มก้อนมากขึ้น ตามเปอร์เซ็นต์ของผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาโรที่เพิ่มเติม จึงส่งผลให้สมบัติเชิงกลของชิ้นงานมีค่าลดลง



รูปที่ 7 ภาพขยายของแผ่นวัสดุผสมที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 40 เท่า



รูปที่ 8 ภาพขยายของแผ่นวัสดุผสมจากล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาสมบัติเชิงกลของแผ่นวัสดุผสมชีวภาพของเส้นใยมะพร้าวอ่อนผสมผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ โดยใช้เส้นใยมะพร้าวอ่อนผสมผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าค่าความทนแรงกระแทกมีค่าลดลงตามปริมาณของเส้นใยมะพร้าวอ่อนที่น้อยลง แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าปริมาณเส้นใยมะพร้าวอ่อนเป็นส่วนสำคัญสำหรับคุณสมบัติความทนแรงกระแทกของชิ้นงาน นอกจากนี้ยังส่งผลให้ชิ้นงานมีค่าการยืดตัวมากที่สุดด้วยแต่ก็ไม่ได้แตกต่างกันมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความทนแรงกระแทกที่เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน ในขณะที่ค่าการทนแรงดึงของชิ้นงานที่มีปริมาณผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ที่ 25% โดยน้ำหนักให้ค่าการทนแรงดึงสูงสุด และพบว่าผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์มีส่วนช่วยให้ค่ามอดูลัสของความยืดหยุ่นดีขึ้นโดยมีค่ามากที่สุดที่ 50% โดยน้ำหนัก แต่ค่าจะลดต่ำลงที่อัตราส่วนที่มากกว่านี้ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้มีขนาดอยู่ในช่วง 87.0 – 142.5 ไมโครเมตร จากผลการทดสอบเชิงกล หากพิจารณาภาพรวมของแผ่นวัสดุผสมนี้ การเติมปริมาณผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ที่ 25% โดยน้ำหนัก เหมาะสมกับการนำไปใช้งานที่สุด นอกจากนี้จากผลการทดสอบแรงดึงพบว่า วัสดุผสมชีวภาพเส้นใยมะพร้าวอ่อนผสมผงเปลือกแอปเปิ้ลสตาร์ ทุกขนาด ให้ค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876-2547 (แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ) ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.4 N/m^2 ในช่วงความหนา 6.0 - 13.0 มิลลิเมตร ดังนั้นงานวิจัยนี้ อาจยังไม่สามารถมีสมบัติที่ดีเทียบเท่ากับแผ่นไม้เทียมที่มีขายตามท้องตลาด แต่สามารถเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาต่อยอด หรือนำไปใช้เป็นแผ่นวัสดุแบบไม่รับแรงในงานตกแต่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งสามารถเปลี่ยนขยะ เศษสิ่งเหลือทิ้งให้มีมูลค่า

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกว.) ให้ทุนสนับสนุน ร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ขอขอบคุณสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่เอื้อเพื่อการใช้เครื่องมือทดสอบในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จันทร์สัจ วุฒิสัตย์วงศ์กุล, ทัศนีย์ ทองก้านเหลือง, กิตติศักดิ์ บัวศรี และฐิตินาถ สุคนเขตร์. (2562). การแปรรูปเส้นใยมะพร้าวผสมเส้นใยต้นรูปฤๅษีเพื่อใช้เป็นแผ่นใยไม้อัด. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม 29(1): 39 - 43.

- ช่อลัดดา เทียงพุท. (2558). น้ำมะพร้าว: อาหารธรรมชาติที่ยอดเยี่ยม. วารสารอาหาร 42(2): 37 – 42.
- ณคนัท รักษารักษ์, ธเนศ รัตนวิไล และชัยณรงค์ ศรีระบุตร. (2562). ผลของเส้นใยเหลือใช้จากเศษวัสดุทางการเกษตรต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของวัสดุไม้ผสมพลาสติกจากพอลิโพรพิลีน. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 42(4): 327 - 338.
- เทคโนโลยีชาวบ้านออนไลน์. (2565). เพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ จาก “มะพร้าวอ่อน”. แหล่งข้อมูล: https://www.Technologychaoban.com/marketing/article_235343. ค้นเมื่อวันที่ 30 มีนาคม 2566.
- ไทยพีบีเอส. (2560). เชียงใหม่อัดกินมะพร้าวสร้างขยะวันละ 10 ตัน ผุดไอเดียเก็บเปลือกทำปุ๋ย. แหล่งข้อมูล: <https://www.thaibps.or.th/news/content/265587>. ค้นเมื่อวันที่ 30 มีนาคม 2566.
- นิตยา พัดเกาะ. (2559). การผลิตและศึกษาคุณสมบัติแผ่นฉนวนผนังเบาจากเส้นใยชานอ้อยเพื่อใช้ในงานสถาปัตยกรรม. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลชัยบุรี 10(2): 11 - 20.
- วันดี ธรรมจารีย์. (2556). การดัดแปรพื้นผิวเส้นใยธรรมชาติ. วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี 39(227): 061 - 064.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. (2565). โครงการพัฒนากาวติดไม้. แหล่งข้อมูล: http://forprod.forest.go.th/forprod/wood_industries/wood_industries2/WoodComposite/adhesiveweb/thermo-setting.htm. ค้นเมื่อวันที่ 30 มีนาคม 2566.
- อนุวิทย์ สนศิริ, อัญชลี อินคำปา, นพดล อ่ำดี และธนภัทร มะณีแสง (2563). ผลกระทบและส่วนผสมที่เหมาะสมของผงเปลือกมังคุดสำหรับแบบหล่อทรายขึ้น. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร 14(1): 26 - 36.
- Anderson, J.C., Leaver, K.D., Rawlings, R.D. and Alexander, J.M. (1990). Materials science. (4th edition). United Kingdom: Chapman and Hall London. pp. 328 - 336.
- Ban, B.A., Zaroog, O.S. and Mokhtar, N.Z.M. (2015). Effect of Fiber Loading on Mechanical Properties of Coir Fiber Reinforced Epoxy Resin Composites. The 3rd National Graduate Conference. Universiti Tenaga Nasional, Putrajaya Campus, Kajang, Selangor. 197 - 201.
- Fiorelli, J., Bueno, S.B. and Cabral, M.R., (2019). Assessment of multilayer particleboards produced with green coconut and sugarcane bagasse fibers. Construction and Building Materials 205: 1 - 9. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.02.024.
- Gu, H. (2009). Tensile behaviors of the coir fibre and related composites after NaOH treatment. Materials and Design 30: 3931 – 3934. doi: 10.1016/j.matdes.2009.01.035.
- Huyen, B., Nassim, S., Mohamed, B. and Daniel, L. (2020). Determination and Review of Physical and Mechanical Properties of Raw and Treated Coconut Fibers for Their Recycling in Construction Materials. Fibers 8(6): 37 - 55. doi: 10.3390/fib8060037.
- Kelly, C.C., Carvalho, D.R., Mulinari, H.J.C., Voorwald, A.C. and Maria O.H.C. (2010). Chemical Modification Effect on The Mechanical Properties of Hips/Coconut Fiber Composites. BioResources 5(2): 1143 - 1155.
- Luo, X.D., Basile, M.J. and Kennelly, E.J. (2002). Polyphenolic antioxidants from the fruits of *Chrysophyllum cainito* L. (Star Apple). Journal of agricultural and food chemistry 50(6): 1379 - 82. doi: 10.1021/jf011178n.

- Mohamed, A., Finkenstadt, V.L., Gordon, S.H. and Palmquist, D.E. (2010). Thermal and Mechanical Properties of Compression-Molded pMDI-Reinforced PCL/Gluten Composites. *Journal of Applied Polymer Science* 115(5): 2778 - 2790.
- Mulinari H.J.C., Baptista, C.A.R.P., Souza, J.V.C. and Voorwald, A.C. (2011). Mechanical Properties of Coconut Fibers Reinforced Polyester Composites. *Procedia Engineering* 10: 2074 – 2079. doi: 10.1016/j.proeng.2011.04.343.
- Oranusi, S. U., Braide, W. and Umeze, R. U. (2015). Antimicrobial Activities and Chemical Compositions of Chrysophyllum Cainito (Star Apple) Fruit. *Ambit Journal of Microbiological Research*. 1(2): 8 – 24.
- Reddy, J. P., Misra, M. and Mohanty, A. (2013). Renewable resources-based PTT [poly(trimethylene terephthalate)]/switchgrass fiber composites: The effect of compatibilization. *The Journal Pure and Applied Chemistry* 85(3): 521 - 532. doi: 10.1351/PAC-CON-12-04-05.
- Sun, Z., Zhang L., Linang, D., Xiao, W. and Lin, J. (2017). Mechanical and Thermal Properties of PLA Biocomposites Reinforced by Coir Fibers. *International Journal of Polymer Science* 2017: 1 - 8. doi: 10.1155/2017/2178329.

