

การพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษทางปาล์มน้ำมันเพื่อลดขยะเหลือทิ้งทางการเกษตร

กิตติพันธ์ บุญโตสิตรกุล¹ อธิ พลิตศิริ² ณรงค์ศักดิ์ เย็นประเสริฐ^{2*} ปรัชญา ก้านบัว² อภิชาติ อุฬารตินนท์²

ปราโมทย์ วีรานุกุล¹ สุกม ลิปิเลิศ³ และกิตติพงษ์ สุวีโร³

kittiphan.b@rmutp.ac.th¹, itthi.w@rmutsb.ac.th², narongsak.y@rmutsb.ac.th^{2*},

prachya.k@rmutsb.ac.th², apichote.u@rmutsb.ac.th², pramot.w@rmutp.ac.th¹,

sukhom.l@en.rmutt.ac.th³, kittipong.s@en.rmutt.ac.th³

¹สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

²สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

³ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received: April 25, 2024 Revised: March 11, 2025 Accepted: March 19, 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษทางปาล์มน้ำมันสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์ของใช้และที่ระลึก ออกแบบส่วนผสมของเศษทางปาล์มน้ำมันและกาวไอโซไซยานต (pMDI) จำนวน 10 อัตราส่วน ทำการขึ้นรูปเป็นแผ่น ขนาด 15 x 17.5 เซนติเมตร หนา 5 มิลลิเมตร โดยใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.876-2547 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ ผลการทดสอบ พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษทางปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ของใช้และของที่ระลึกคือ แผ่นที่ควบคุมความหนาแน่น 650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้กาวไอโซไซยานต 0.11 ส่วนโดยน้ำหนัก และใช้เศษทางปาล์มน้ำมันบดย่อย 1 ส่วนโดยน้ำหนัก แผ่นขึ้นไม้นี้ จะมีค่าความหนาแน่น 600.50 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นร้อยละ 4.52 การพองตัวตามความหนาร้อยละ 4.61 การดูดซึมน้ำร้อยละ 45.23 ความต้านทานแรงดัด 6.28 เมกะพาสคาล มอดุลัสยืดหยุ่น 478.75 เมกะพาสคาล และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.38 เมกะพาสคาล

คำสำคัญ: แผ่นขึ้นไม้อัด ทางปาล์มน้ำมัน กาวไอโซไซยานต ผลิตภัณฑ์ของใช้และของที่ระลึก

The development of particleboard from oil palm fronds for reducing the agricultural wastes

Kittiphan Boontositrakul¹, Itthi Plitsiri², Narongsak Yenparsert^{2*}, Prachya Kanbua², Apichote Urantinon²
Pramot Weeranukul¹, Sukhom Lipiloet³ and Kittipong Suweero³
kittiphan.b@rmutp.ac.th¹, itthi.w@rmutsb.ac.th², narongsak.y@rmutsb.ac.th^{2*},
prachya.k@rmutsb.ac.th², apichote.u@rmutsb.ac.th², pramot.w@rmutp.ac.th¹,
sukhom.l@en.rmutt.ac.th³, kittipong.s@en.rmutt.ac.th³

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology
Phra Nakhon

²Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology
Suvarnabhumi

³Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received: April 25, 2024 Revised: March 11, 2025 Accepted: March 19, 2025

Abstract

This research aims to develop particleboard from oil palm frond wastes for household items and souvenirs. The study designs 10 different ratios of oil palm frond wastes mixed with Methylene Diphenyl Diisocyanate (pMDI), forming particleboards with dimensions of 15 x 17.5 cm and a thickness of 5 mm. These boards are pressed at a temperature of 150°C for 7 minutes. Tests are conducted according to the Thai Industrial Standard (TIS 876-2547) for flat particleboards. The test results indicate that the optimal particleboard for household and souvenir products is the board with a controlled density of approximately 650 kg/m³, mixed with 0.11 parts by weight of pMDI and 1 part by weight of ground oil palm frond wastes. This particleboard has a density of 600.50 kg/m³, moisture content of 4.52%, thickness swelling of 4.61%, water absorption of 45.23%, bending strength of 6.28 MPa, modulus of elasticity of 478.75 MPa, and tensile strength perpendicular to the surface of 0.38 MPa.

Keywords: Particleboard, Oil palm frond, Polymeric diphenyl methane diisocyanate, Household and souvenir product

1. บทนำ

จากผลการสำรวจพื้นที่เพาะปลูกและประเภทวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย พบว่า ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชที่มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศมากกว่า 5 ล้านไร่ มีผลผลิตปาล์มสดประมาณ 11.33 ล้านตัน สามารถผลิตเป็นน้ำมันปาล์มดิบได้ 1.93 ล้านตัน และมีมูลค่าทางเศรษฐกิจมากกว่า 64,000 ล้านบาทต่อปี [1] ส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของปาล์มน้ำมันสามารถแบ่งเป็นประเภทวัสดุเหลือทิ้งที่โรงงานแปรรูปน้ำมันปาล์ม เช่น กะลาปาล์ม หรือทะลายปาล์มเปล่า เป็นต้น และประเภทวัสดุเหลือทิ้งที่สวนปาล์มน้ำมัน เช่น ทางปาล์ม น้ำมัน (รูปที่ 1) หรือใบปาล์มน้ำมัน เป็นต้น จากวัสดุเหลือทิ้งทั้งสองประเภท จะเห็นได้ว่าวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานที่แปรรูปน้ำมันปาล์ม สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ แต่วัสดุเหลือทิ้งที่สวนปาล์มน้ำมัน ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ และเกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อกำจัดหรือต้องทำการเผาเพื่อทำลาย ซึ่งทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ [2]

เมื่อทบทวนวรรณกรรม รวมทั้งงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรส่วนใหญ่สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นขึ้นไม้อัด (particleboards) ได้โดยการบดย่อย ผสมสารเชื่อมประสาน และอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน เช่น กล้วย กล้วยไม้ และถั่ว [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาแผ่นไม้เทียมจากพลาสติกชีวภาพรีไซเคิลผสมผงกะลามะพร้าวสำหรับปัญหาปริมาณขยะในชุมชน โดยใช้เครื่องอัดขึ้นรูปร้อน พบว่าปริมาณผงกะลามะพร้าวในส่วนผสมมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณสมบัติของวัสดุเชิงประกอบ ซึ่งส่งผลให้ความแข็งแรงและความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มขึ้น ณัฏฐาภรณ์ และสาลินี [4] ได้ศึกษาเกี่ยวกับแผ่นขึ้นไม้อัดจากฟางข้าว แกลบ ขาน้อย และซังข้าวโพด โดยใช้สารเชื่อมประสาน 4 ชนิด ได้แก่ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ กาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวไอโซไซยานาต ทำการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน พบว่า อุณหภูมิในการอัด ชนิดไม้และรูปร่างของชิ้นไม้ระดับความชื้น ระยะเวลาในการอัด แรงดันในการอัด และการแข็งตัวทั้งก่อนและหลังการอัดกาวมีผลต่อคุณสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัด นอกจากนี้ วนรัตน์ และคณะ [5] ได้ทดลองขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดจากแกนถั่วเขียว โดยใช้กาวกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ อัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดร้อนขนาดใหญ่ ใช้อุณหภูมิ 110 ถึง 150 องศาเซลเซียส และควบคุมความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบว่า แม้การอัดขึ้นรูปจะทำการควบคุมค่า

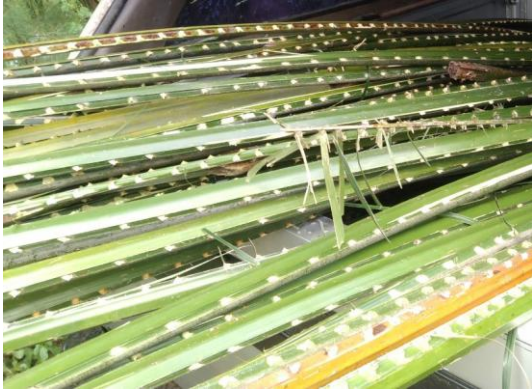
ความหนาแน่น แต่แผ่นขึ้นไม้อัดที่ได้ส่วนใหญ่จะมีความหนาแน่นต่ำกว่า เช่น หากควบคุมความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แผ่นขึ้นไม้อัดที่ได้จะมีความหนาแน่นระหว่าง 635 ถึง 805 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนชนิดของสารเชื่อมประสาน ไตรรงค์ และคณะ [6] ได้ศึกษาการใช้กาวแปงเปียกและกาวอีพ็อกซีเป็นสารเชื่อมประสานสำหรับขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกข้าวโพดและฟางข้าว พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดที่มีการใช้กาวแปงเปียกมีพื้นผิวไม่เรียบ ขรุขระ โค้งงอ และไม่เรียบตรง แตกต่างจากการใช้กาวอีพ็อกซีที่แผ่นขึ้นไม้อัดจะมีพื้นผิวเรียบ ไม่โค้งงอ และเรียบตรงกว่า

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางกลของแผ่นขึ้นไม้อัดที่พัฒนาจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า งานวิจัยเกือบทั้งหมด มักได้แผ่นขึ้นไม้อัดที่มีคุณสมบัติทางกลต่ำกว่ามาตรฐาน มอก.876- 2547 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ [7] ทั้งที่มีการใช้เครื่องอัดร้อนขนาดใหญ่ ทำให้เห็นว่าการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาอัดขึ้นรูปได้เป็นแผ่นขึ้นไม้อัดนั้น ควรมีการคำนึงถึงผลิตภัณฑ์ที่จะนำแผ่นขึ้นไม้อัดที่วิจัยไปใช้ด้วย และหากต้องการได้แผ่นขึ้นไม้อัดที่มีคุณสมบัติทางกลผ่านมาตรฐาน มอก.876- 2547 ก็จำเป็นต้องใช้เครื่องอัดร้อนขนาดใหญ่ สารเชื่อมประสานที่เหมาะสม และการควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิตที่เข้มงวด

การนำวัสดุเหลือทิ้งที่สวนปาล์มน้ำมัน โดยเฉพาะทางปาล์มน้ำมันมาพัฒนาเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดเพื่อใช้เป็นวัสดุสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ของใช้และของที่ระลึกในพื้นที่แหล่งท่องเที่ยวต่างๆ ทั่วประเทศ จึงเป็นแนวทางที่เป็นไปได้อย่างมากที่จะลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และส่งเสริมอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวไปพร้อมกัน เนื่องจากของใช้และของที่ระลึกเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีความต้องการใช้แผ่นขึ้นไม้อัดในการผลิตอย่างมาก เช่น ที่รองแก้ว นาฬิกา พวงกุญแจ กระปุกออมสิน และถังผลไม้ เป็นต้น นอกจากนี้การนำแผ่นขึ้นไม้อัดมาใช้ในผลิตภัณฑ์ของใช้และของที่ระลึกยังต้องการคุณสมบัติทางกลของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ไม่สูงมาก และไม่จำเป็นต้องผ่านมาตรฐาน มอก.876- 2547 [7] ทำให้ชุมชนสามารถขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดดังกล่าวได้ด้วยตนเองโดยใช้เครื่องจักรขนาดเล็ก

แผ่นขึ้นไม้อัดจากทางปาล์มน้ำมันเพื่อลดขยะเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พัฒนา จึงเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอย่างเป็นรูปธรรม รวมทั้งยังเป็นการส่งเสริมแนวคิดขยะให้เหลือศูนย์ (Zero Waste) ลดต้นทุนการทำเกษตรของเกษตรกร ลดการเผาสร้างมลพิษทางอากาศ ช่วยสร้าง

งานและก่อให้เกิดเป็นรายได้ให้ชุมชน และสนับสนุนให้เกิดการใช้วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 1 ทางปาล์มน้ำมัน

2. วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ ประกอบด้วย ทางปาล์มน้ำมันจากจังหวัดนครนายก กาวไอโซไซยาเนต หรือกาวชนิด Polymeric Diphenyl Methane Diisocyanate (pMDI) ซึ่งเป็นกาวที่ไม่มีสารฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นเรซิน (Resin) ประเภทหนึ่งที่มีความทนทานสูง ไม่มีสี แข็งตัวได้เร็ว และยึดเกาะได้ดี [8] ถึงผสม กาฟีนสีแบบกบป่น บีมลม กบไสไม้ไฟฟ้าขนาด 3 นิ้ว เครื่องบดย่อยพลาสติกพร้อมตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะ 10 มิลลิเมตร (รูปที่ 2) เครื่องชั่งน้ำหนัก แบบหล่อขนาด 15 x 17.5 เซนติเมตรหนา 5 มิลลิเมตร แผ่นอลูมิเนียมหนา 6 มิลลิเมตร อุปกรณ์ช่วยจัดเรียงวัสดุ เหล็กกระทุ้ง และแผ่นเทพล่อน เครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนแบบมือหมุนชนิดอัตรา (รูปที่ 3) ตู้อบ เครื่องทดสอบแรงดึง (universal testing machine, UTM)

3. การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบอัตราส่วนผสมโดยใช้เศษทางปาล์มน้ำมัน 1 ส่วนโดยน้ำหนัก ต่อกาวไอโซไซยาเนต (pMDI) ตั้งแต่ 0.08 ถึง 0.17 ส่วนโดยน้ำหนัก รวม 10 อัตราส่วน ดังตารางที่ 1 โดยเป็นอัตราส่วนที่พิจารณาจากคุณสมบัติของกาว pMDI ที่สามารถสร้างพันธะเคมีที่แข็งแรงกับวัสดุชีวมวล ซึ่งมีโครงสร้างพื้นผิวที่พรุนและขรุขระได้ดี [8] ส่วนการใช้อัตราส่วนกาว pMDI เริ่มต้นที่ 0.08 ส่วนโดยน้ำหนัก ได้จากการทดลองขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดเบื้องต้นโดยใช้ปริมาณกาว pMDI ที่น้อยที่สุด แต่ยังคงสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดได้โดยไม่หลุดร่อนง่าย และการศึกษาอัตราส่วนจาก

งานวิจัยก่อนหน้า เช่น พนุชศี และคณะ [8] ที่ได้ศึกษาผลของปริมาณกาว pMDI ต่อคุณสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษพืช ซึ่งพบว่าอัตราส่วนกาว pMDI ต่ำสุดที่สามารถสร้างพันธะเพื่อยึดเกาะได้ดีอยู่ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.07 ส่วนโดยน้ำหนัก ทั้งนี้การใช้กาว pMDI ในปริมาณน้อยจะช่วยลดต้นทุนการผลิตและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน



รูปที่ 2 เครื่องบดย่อยพลาสติก พร้อมตะแกรง



รูปที่ 3 เครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนแบบมือหมุนชนิดอัตรา

4. การขึ้นรูปตัวอย่าง

ตัดเศษทางปาล์มน้ำมันให้มีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ก่อนนำมาบดย่อยด้วยเครื่องบดย่อยพลาสติกผ่านตะแกรงที่มีขนาดรูเจาะเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร (รูปที่ 4) และควบคุมความชื้นของเศษทางปาล์มน้ำมันไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก จากนั้นชั่งน้ำหนักเศษทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยแล้วและกาวไอโซไซยาเนตในอัตราส่วนที่กำหนด นำเศษทางปาล์มน้ำมันเข้าสู่กระบวนการผสม โดยใช้ถัง

ผสมและฉีดพ่นกาโอโซไซยานตด้วยกาพนัสที่เชื่อมต่อกับปั๊มลม ระหว่างการฉีดพ่นทำการหมุนถังผสมและกลับส่วนผสมอย่างน้อย 4 ครั้ง เพื่อให้กากระจายตัวทั่วเศษวัสดุจนได้ส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปเตรียมส่วนผสมโดยเทลงในแบบหล่อที่รองด้วยแผ่นอลูมิเนียมและวางแผ่นเทพล่อนป้องกันการติดบริเวณด้านที่สัมผัสกับส่วนผสม เกลี่ยและอัดส่วนผสมให้แน่นด้วยเหล็กกระทง (รูปที่ 5) ก่อนที่จะปิดด้านบนด้วยแผ่นอลูมิเนียมและแผ่นเทพล่อน จากนั้นนำส่วนผสมเข้าสู่เครื่องอัดแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัตราแบบมือหมุน กระบวนการอัดใช้ความร้อน 150 องศาเซลเซียสและแรงอัดประมาณ 2,000 กิโลกรัม หรือ 7.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 7 นาที ซึ่งเป็นสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับการใช้กาโอโซไซยานตเพื่อป้องกันการพองตัวหรือการแตกร้าวของแผ่นไม้อัด [9] ทั้งนี้หากต้องการผลิตแผ่นไม้อัดที่มีความหนามากกว่า 5 มิลลิเมตร จำเป็นต้องเพิ่มระยะเวลาในการอัด และควบคุมความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดให้อยู่ที่ 650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อกระบวนการอัดเสร็จสิ้นให้นำแผ่นไม้อัดออกจากแบบหล่อและปล่อยให้เย็นจนสามารถจับได้ด้วยมือเปล่า ได้แผ่นขึ้นไม้อัดสำหรับทดสอบหรือใช้งานตามวัตถุประสงค์ต่อไป

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก

อัตราส่วน*	เศษทางปาล์มน้ำมัน (ส่วนโดยน้ำหนัก)	กา pMDI (ส่วนโดยน้ำหนัก)
P-0.08	1 (ร้อยละ 92.59)	0.08 (ร้อยละ 7.41)
P-0.09	1 (ร้อยละ 91.74)	0.09 (ร้อยละ 8.26)
P-0.10	1 (ร้อยละ 90.91)	0.10 (ร้อยละ 9.09)
P-0.11	1 (ร้อยละ 90.09)	0.11 (ร้อยละ 9.91)
P-0.12	1 (ร้อยละ 89.29)	0.12 (ร้อยละ 10.71)
P-0.13	1 (ร้อยละ 88.50)	0.13 (ร้อยละ 11.50)
P-0.14	1 (ร้อยละ 87.72)	0.14 (ร้อยละ 12.28)
P-0.15	1 (ร้อยละ 86.96)	0.15 (ร้อยละ 13.04)
P-0.16	1 (ร้อยละ 86.21)	0.16 (ร้อยละ 13.79)
P-0.17	1 (ร้อยละ 85.47)	0.17 (ร้อยละ 14.53)

หมายเหตุ * สัญลักษณ์ P-X.XX หมายถึง ใช้เศษทางปาล์มน้ำมัน 1 ส่วนโดยน้ำหนัก และกา pMDI ในปริมาณ X.XX ส่วนโดยน้ำหนัก

5. การทดสอบตัวอย่าง

ทดสอบตัวอย่างตามมาตรฐาน มอก.876- 2547 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัตรา [7] และคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน ได้แก่ ลักษณะ ความชื้น ความหนาแน่น การพองตัวตามความหนา ความต้านทานแรงดัด(รูปที่ 6) ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

มอดูลัสยืดหยุ่น และความยึดแน่นของผิวหน้า โดยใช้จำนวนตัวอย่างทดสอบ 5 แผ่นต่อค่าการทดสอบ แต่ละค่า



รูปที่ 4 ลักษณะเศษทางปาล์มน้ำมันที่บดย่อยแล้ว



รูปที่ 5 ส่วนผสมที่เกลี่ยและอัดก่อนนำไปอัดขึ้นรูป



รูปที่ 6 การรับแรงดัดของตัวอย่างแผ่นขึ้นไม้อัด

6. ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลการพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษทางปาล์มน้ำมันตามมาตรฐาน มอก.876- 2547 [7] สรุปได้ดังนี้

6.1 ลักษณะทั่วไป

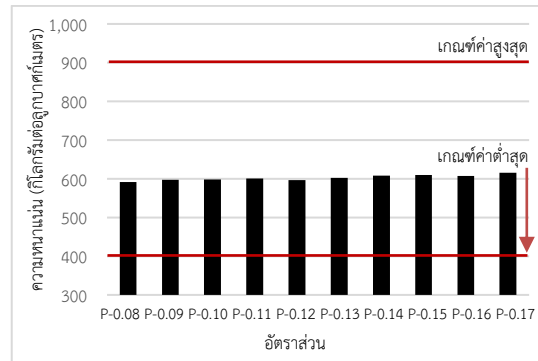
แผ่นขึ้นไม้อัดที่ขึ้นรูปทั้ง 10 อัตราส่วน มีลักษณะที่ทุกอัตราส่วนมีขอบที่ได้ฉาก ผิวหน้าของแผ่นมีความเรียบเนียนในระดับที่ดี โดยสามารถมองเห็นเศษทางปาล์มน้ำมันเรียงตัวตามแนวยาวได้อย่างชัดเจน สีของแผ่นไม้อัดมีลักษณะเหลืองอ่อนที่สม่ำเสมอ นอกจากนี้กาวไอโซไซยาเนตที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปสามารถยึดเศษทางปาล์มน้ำมันให้เป็นแผ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่มีการหลุดร่อนหรือแยกชั้น ดังที่แสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผิวหน้าของแผ่นตัวอย่างที่อัดขึ้นรูป

6.2 ความหนาแน่น

ผลการทดสอบในรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่า แผ่นขึ้นไม้อัดทั้ง 10 อัตราส่วนมีความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 592 ถึง 616 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งต่ำกว่าค่าความหนาแน่นที่ตั้งเป้าควบคุมไว้ที่ 650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สาเหตุของความแตกต่างนี้เป็นผลมาจากการใช้เครื่องอัดแผ่นไม้อัดแบบมือหมุนขนาดเล็ก ซึ่งมีแรงอัดต่ำกว่าเครื่องอัดแบบไฮดรอลิกขนาดใหญ่ จากการวิเคราะห์ พบว่า แผ่นไม้อัดที่ใช้ปริมาณกาวไอโซไซยาเนตมากมีแนวโน้มที่จะมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าแผ่นที่ใช้ปริมาณกาวน้อย ทั้งนี้ค่าความหนาแน่นที่วัดได้สำหรับแผ่นขึ้นไม้อัดทั้ง 10 อัตราส่วนยังคงเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.876-2547 ซึ่งกำหนดให้ค่าความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดอยู่ระหว่าง 400 ถึง 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [7]



รูปที่ 8 ความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัด

6.3 ปริมาณความชื้น

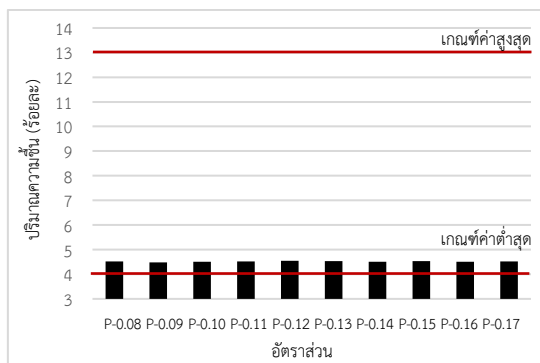
จากผลการทดสอบปริมาณความชื้นในรูปที่ 9 พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดที่ขึ้นรูปทั้ง 10 อัตราส่วนมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกัน โดยค่าที่วัดได้อยู่ระหว่างร้อยละ 4.48 ถึง 4.55 ซึ่งอยู่ในช่วงที่มาตรฐาน มอก.876-2547 กำหนดไว้ (ร้อยละ 4 ถึง 13) [7] ค่าปริมาณความชื้นดังกล่าวสะท้อนถึงคุณภาพและความสม่ำเสมอในการควบคุมกระบวนการผลิตและวัตถุดิบ ทั้งนี้ค่าความชื้นที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว ช่วยให้แผ่นขึ้นไม้อัดมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างหรือคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่น

6.4 การพองตัวตามความหนา

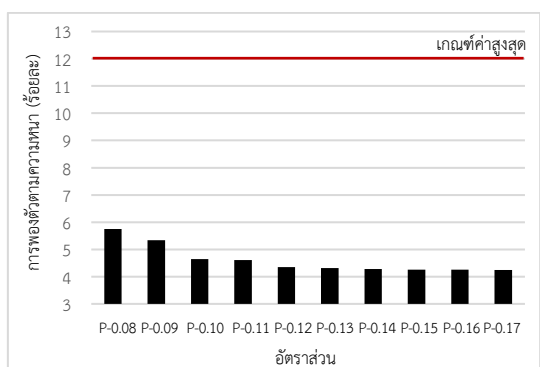
การทดสอบการพองตัวตามความหนาในรูปที่ 10 พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดที่ใช้กาวไอโซไซยาเนตในอัตราส่วนสูงที่สุด (P-0.17) มีแนวโน้มการพองตัวต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับแผ่นที่ใช้กาวในปริมาณน้อยกว่า ปรากฏการณ์นี้เกิดจากคุณสมบัติของกาวไอโซไซยาเนต ซึ่งเป็นเรซินที่มีความสามารถในการทนน้ำสูง และทำหน้าที่เชื่อมประสานเศษทางปาล์มได้อย่างดี ทั้งยังช่วยลดพื้นที่สัมผัสน้ำของแผ่นขึ้นไม้อัด ส่งผลให้การพองตัวลดลง [8, 10-11] เมื่อเปรียบเทียบค่าการพองตัวของแผ่นไม้อัดจากเศษทางปาล์มน้ำมันกับมาตรฐาน มอก.876-2547 ที่กำหนดให้การพองตัวตามความหนาต้องไม่เกินร้อยละ 12 [7] พบว่า แผ่นไม้อัดทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว นอกจากนี้ เมื่อทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ (รูปที่ 11) พบว่าแนวโน้มค่าการดูดซึมน้ำสอดคล้องกับค่าการพองตัว โดยแผ่นที่ใช้ปริมาณกาวมากมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นที่ใช้กาวน้อยกว่า ซึ่งสะท้อนคุณสมบัติของกาวไอโซไซยาเนตในการลดการดูดซึมน้ำรวมทั้งการพองตัวได้

6.5 ความต้านทานแรงดัด

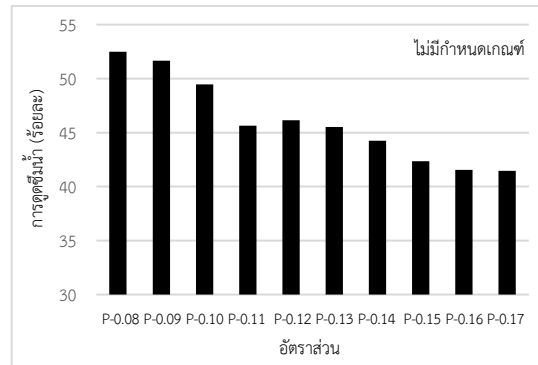
ในส่วนผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด ในรูปที่ 12 พบว่า กาวไอโซไซยาเนตที่เพิ่มปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ความต้านทานแรงดัดของแผ่นขึ้นไม้อัดเพิ่มขึ้น [10, 12-14] โดยแผ่นขึ้นไม้อัดอัตราส่วน 0.17 ส่วนโดยน้ำหนัก มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด ขณะที่แผ่นขึ้นไม้อัดที่ใช้กาวในอัตราส่วน 0.08 ส่วนโดยน้ำหนัก มีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.876-2547 ซึ่งกำหนดค่าความต้านทานแรงดัดขั้นต่ำไว้ที่ 14 เมกะพาสคาล [7] พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดทั้งหมดมีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำกว่ามาตรฐาน สาเหตุสำคัญมาจากความหนาแน่นของแผ่นที่น้อย ส่งผลให้ไม่สามารถรับแรงดัดได้ดีแม้ว่าจะใช้กาวไอโซไซยาเนตที่มีคุณสมบัติการยึดเกาะสูง [8, 12-14] นอกจากนี้ จากการสังเกตลักษณะการเสียหายของแผ่นขึ้นไม้อัด พบว่าการหลุดจากกันของชิ้นส่วนอย่างมาก ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดของโครงสร้างและความสม่ำเสมอของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ยังไม่เหมาะสมต่อการรองรับแรงดัดในระดับสูง



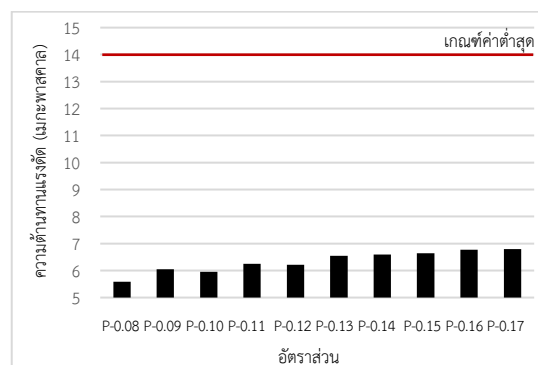
รูปที่ 9 ปริมาณความชื้นของแผ่นขึ้นไม้อัด



รูปที่ 10 การพองตัวตามความหนาของแผ่นขึ้นไม้อัด



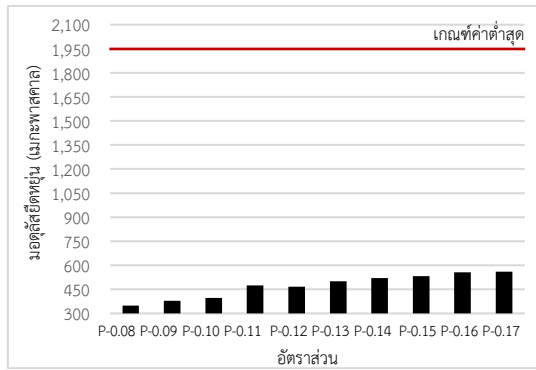
รูปที่ 11 การดูดซึมน้ำของแผ่นขึ้นไม้อัด



รูปที่ 12 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นขึ้นไม้อัด

6.6 มอดุลัสยืดหยุ่น

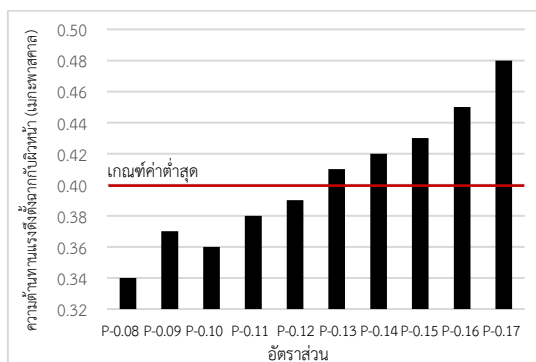
สำหรับค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ทำการทดสอบในรูปที่ 13 พบว่า มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นขึ้นไม้อัดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความต้านทานแรงดัด กล่าวคือ แผ่นขึ้นไม้อัดที่ใช้ปริมาณกาวไอโซไซยาเนตในอัตราส่วนที่มากจะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงขึ้นตามไปด้วย [12, 14] เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้กับมาตรฐาน มอก.876-2547 ซึ่งกำหนดค่ามอดุลัสยืดหยุ่นขั้นต่ำไว้ที่ 1,950 เมกะพาสคาล สำหรับแผ่นที่มีความหนา 3-6 มิลลิเมตร [7] พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษทางปาล์ม น้ำมันทั้งหมดมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่น้อยกว่ามาตรฐาน เหมือนกับค่าความต้านทานแรงดัด ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ยังไม่มากพอ แม้ว่าการใช้กาวไอโซไซยาเนตจะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและความแข็งแรงได้ก็ตาม แต่ก็ไม่สามารถชดเชยข้อจำกัดของโครงสร้างแผ่นขึ้นไม้อัดได้ทั้งหมด



รูปที่ 13 มอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นขึ้นไม้อัด

6.7 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ผลการทำการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าในรูปที่ 14 พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษทางปาล์มน้ำมันที่มีปริมาณกาโอโซไซยานตมากที่สุดมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงที่สุด ขณะที่แผ่นที่ใช้กาวน้อยที่สุดมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากต่ำที่สุด ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น ซึ่งแสดงถึงผลกระทบของปริมาณกาต่อความแข็งแรงของแผ่นขึ้นไม้อัด เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.876-2547 [7] ที่กำหนดให้แผ่นขึ้นไม้อัดต้องมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามากกว่า 0.4 เมกะพาสคาล รวมทั้งความยืดหยุ่นของผิวหน้าต้องมีค่าสูงกว่า 0.8 เมกะพาสคาล พบว่าแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษทางปาล์มน้ำมันทั้งหมดมีค่าความต้านแรงดึงต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งเป็นผลจากความหนาแน่นของเนื้อวัสดุที่ไม่เพียงพอ และโครงสร้างของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ไม่แน่นเท่าที่ควร [12, 14]



รูปที่ 14 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นขึ้นไม้อัด

7. สรุปผล และข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานข้างต้น สามารถเป็นสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

7.1 สรุปผล

7.1.1 แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษทางปาล์มน้ำมัน สามารถขึ้นรูปได้โดยการนำเศษทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านการบดย่อยแล้วและกาโอโซไซยานตมาผสมกัน แล้วจึงอัดขึ้นรูปโดยใช้ความหนา 5 มิลลิเมตร และใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 นาที

7.1.2 จากผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ผลิตจากเศษทางปาล์มน้ำมันในทั้ง 10 อัตราส่วน พบว่าแผ่นขึ้นไม้อัดทั้งหมดมีค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการพองตัวตามความหนาเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 อย่างไรก็ตามคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ยังคงต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด สาเหตุหลักมาจากความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ไม่เพียงพอ ซึ่งเป็นผลจากกระบวนการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปแบบมือหมุนชนิดอัตราเร็วที่ไม่สามารถสร้างแรงอัดได้อย่างเหมาะสม

7.1.3 อัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษทางปาล์มน้ำมันคือ แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษทางปาล์มน้ำมันที่ผสมกาโอโซไซยานต 0.11 ส่วนโดยน้ำหนัก (อัตราส่วน P-0.11) เนื่องจากอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าการดูดซึมน้ำ รวมทั้งการพองตัวที่ต่ำกว่าอัตราส่วนที่ผสมกาโอโซไซยานต 0.10 ส่วนโดยน้ำหนัก (อัตราส่วน P-0.10) ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวมีความจำเป็นและสำคัญมากโดยเฉพาะเมื่อนำแผ่นขึ้นไม้อัดไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ของใช้และของที่ระลึก เนื่องจากมีโอกาสที่จะสัมผัสน้ำหรือความชื้นค่อนข้างมาก นอกจากนี้อัตราส่วน P-0.11 ยังใช้กาโอในปริมาณที่ไม่มากจนเกินไป และคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และมอดูลัสยืดหยุ่น ก็เพียงพอต่อการนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ของใช้และของที่ระลึกได้ดี โดยไม่เกิดความเสียหายเมื่อใช้งาน เช่น แผ่นรองแก้ว (รูปที่ 15) เป็นต้น



รูปที่ 15 แผ่นรองแก้วที่สามารถใช้แผ่นขึ้นไม้อัดจากทางปาล์มน้ำมันในการผลิตได้

7.2 ข้อเสนอแนะ

ควรพัฒนาความแข็งแรงของแผ่นขึ้นไม้อัดที่พัฒนาให้ผ่านมาตรฐาน มอก.846-2547 เพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้หลากหลายยิ่งขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2566 ในการศึกษาวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of Agricultural Economics. Palm oil [Internet]. 2024 Mar [cited 2024 Mar 17]: [about 1 p.]. Available from: <https://www.oae.go.th/> (in Thai)
- [2] Bangkokbiznews. From corn to palm oil, same cause [Internet]. 2019 Oct [cited 2024 Mar 17] [about 1 p.]. Available from: <https://www.bangkokbiznews.com/lifestyle/1286/> (in Thai)
- [3] Kerprasit P, Jaralworakulwong A, Plitsiri I. Development of artificial wood panels from recycled bioplastic mixed with coconut shell power. VRU Research and Development Journal Science and Technology. 2024;19(2): 136–50. (in Thai)
- [4] Jarunjaruphat N, Achary S. The particleboard manufacturing from agricultural waste. The Journal of KMUTNB. 2018;28(2):469-76. (in Thai)
- [5] Konisranukul W, Tuaycharoen N, Soratron S. Development particleboard for interior wall panel building from hemp woody core. Journal of

Building Energy & Environment. 2019;2(2):78-96. (in Thai)

[6] Phlansaeng T, Techa P, Jaiwisan C, Inthang N, Siriprachot O. Study on the manufacturing wood substituted materials from agricultural waste. PSRU Journal of Science and Technology. 2021;6(3):121-34. (in Thai)

[7] Thai Industrial Standards Institute (TISI). Thai industrial standard no.876-2004: particleboard product. Bangkok: TISI; 2004. (in Thai)

[8] Yenjai P, Charusombat S, Weenin T. Particleboard manufacturing from waste of cajuput (melaleuca cajuputi powell). VRU Research and Development Journal Science and Technology. 2016;11(2):131-40. (in Thai)

[9] Kerprasit P, Weeranukul P, Weeranukul I, Suweero K, Muangprab K. Development of particleboard from northern black wattle tree bark for using as decorative materials. Journal of Engineering, RMUTT. 2021;19(1):125-35. (in Thai)

[10] Cheng X, He X, Xie J, Quan P, Xu K, Li X, Cai Z. Effect of the particle geometry and adhesive mass percentage on the physical and mechanical properties of particleboard made from peanut hull. Bio Resources. 2016;11(3): 7271-81.

[11] Nemli G, Örs Y, Kalaycıoğlu H. The choosing of suitable decorative surface coating material types for interior end use applications of particleboard. Construction and Building Materials. 2005;19(4):307-12.

[12] Bledzki AK, Gassan J. Composites reinforced with cellulose based fibers. Progress in Polymer Science. 1999;24(2):221-74.

[13] Sekaluvu L, Tumutegyezeze P, Kiggundu N. Investigation of factors affecting the production and properties of maize cob-particleboards. Waste and biomass valorization. 2014;5:27-32.

[14] Hazrat BM, Zarea HH, Daliri SM, Abginechi Z, Hemmati A. Mechanical and insulating performances of ultralight thick particleboard from sugarcane residues and woods planer shaving. Eur. J. Wood Prod. 2016;74:161-8.