

ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติ ของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวยึดประสาน

Effects of Coating Plastic Thickness and Condition on Properties of Particleboard Using Tapioca Starch as Binder

จักรนรินทร์ ฉัตรทอง^{1*} ชาตรี หอมเขียว¹ และสุรัสวดี ระวีวงศ์²
 Jaknarin Chatthong^{1*}, Chatree Homkhiew¹ and Surasit Rawangwong²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัด และระยะเวลาการอัดต่อสมบัติทางกลและความร้อนของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวยึดประสาน ในการขึ้นรูปไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพื่อใช้ในการทดลองเคลือบด้วยแผ่นพลาสติกกระทำโดยใช้เครื่องอัดร้อน ซึ่งการทดลองพบว่า ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm มีความแข็งแรงดัด มอดูลัสการดัด ความแข็งแรงดัด มอดูลัสการดัด ความแข็งแรง และการนำความร้อนสูงกว่าที่เคลือบด้วยพลาสติกหนา 0.2 mm และเมื่ออัดเคลือบแผ่นพลาสติกด้วยอุณหภูมิ 180 °C การเพิ่มเวลาการอัดในช่วง 5-10 นาที ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด ค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด และค่าความแข็งแรงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความแข็งแรงดัด มอดูลัสการดัด ความแข็งแรงดัด มอดูลัสการดัด ความแข็งแรง และการนำความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอัดจาก 180 เป็น 200 °C และใช้เวลาการอัด 5 นาที เพราะแผ่นพลาสติกหลอมเหลวมากขึ้น ทำให้แทรกซึมเข้าสู่ผิวไม้ได้มากขึ้น

คำสำคัญ: ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด แผ่นพลาสติก แป้งมันสำปะหลัง ขี้เลื่อยไม้ยางพารา การอัดร้อน

Abstract

This research aimed to analyze the effects of coating plastic thickness, pressing temperature and time on mechanical, and thermal properties of particleboard using tapioca starch as binder. The particleboard used in experiment for coating the plastic sheet was formed with a hot compression machine. According to the results,

¹ ผศ.ดร., สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา 90000

² รศ., สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา 90000

¹ Asst. Prof., Dr., Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla Campus, 90000, Thailand

² Assoc. Prof., Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla Campus, 90000, Thailand

* Corresponding author: E-mail address: jaknarin.ch@gmail.com

(Received: May 21, 2020; Revised: July 30, 2020; Accepted: August 19, 2020)

the particleboard coated with plastic sheet 0.4 mm gave higher modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), tensile strength (TS), tensile modulus (TM), hardness and thermal conductivity than coated with plastic 0.2 mm. Furthermore, when the particleboard was coated with pressing temperature 180 °C, an increment of pressing time in range of 5-10 min increased MOR, MOE, TS, TM, and hardness of the particleboard. Likewise, the particleboard showed an increase of MOR, MOE, TS, TM, hardness and thermal conductivity when increasing the pressing temperature from 180 to 200 °C and using the pressing time for 5 min. This is because the plastic sheet is more molten causing more penetration into the particleboard surface.

Keywords: Particleboard, Plastic Sheet, Tapioca Starch, Rubberwood Sawdust, Hot Compression

บทนำ

จากอดีตถึงปัจจุบัน ทรัพยากรป่าไม้ในประเทศไทยมีปริมาณลดน้อยลงเป็นอย่างมาก ทำให้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 รัฐบาลได้มีการประกาศยกเลิกสัมปทานการทำไม้ และมีการแก้ไขปัญหาโดยการนำเข้าไม้จากต่างประเทศ เพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมไม้และแผ่นไม้ประกอบ [1] อย่างไรก็ตามเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนไม้อย่างยั่งยืน การพัฒนาวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่นักวิจัยและผู้ประกอบการให้ความสนใจกันอย่างแพร่หลาย [2] และไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด (Particleboard) เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่เกิดขึ้นมาเพื่อทดแทนไม้ธรรมชาติที่มีปริมาณลดน้อยลง ซึ่งไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดสามารถผลิตได้โดยการนำเส้นใยธรรมชาติผสมตัวประสานหรือกาวที่ได้มาจากวัสดุสังเคราะห์ จากนั้นขึ้นรูปด้วยการอัดร้อนเพื่อให้เกิดการประสานตัวระหว่างเส้นใยธรรมชาติเป็นไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด [1] อย่างไรก็ตาม กาวหรือตัวประสานที่ใช้ผลิตไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดในเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมของสารฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพของคน [3] ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้มีการพัฒนาไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน เพื่อให้ได้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ปราศจากสารเคมีเจือปน

การพัฒนาไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานสามารถดำเนินการได้สำเร็จ ยกตัวอย่าง Homkhiew, Boonchouytan & Cheewawuttipong, 2016 [2] ได้พัฒนาไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดจากข้าวเปลือกไม่ขังพาราโดยใช้เส้นใยผลตาลโตนดเป็นตัวเสริมแรงและแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ซึ่งพบว่า การเติมเส้นใยผลตาลโตนดเป็นส่วนผสม 7 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ค่าความแข็งแรงดัด และค่ามอดูลัสการดัดเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกัน Homkhiew, Boonchouytan, Cheewawuttipong, Hoysakul, Kaewkong & Ratanawilai, 2020 [4] พบว่า การเติมแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมในไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมากขึ้น สามารถปรับปรุงสมบัติความแข็งแรงดัด และการดูดซับน้ำ อย่างไรก็ตาม จากการพัฒนาไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานที่ผ่านมายังประสบปัญหาการดูดซับน้ำในอัตราที่สูง และการหลุดร่อนของวัสดุบริเวณผิวหน้าของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดปรับปรุงข้อด้อยดังกล่าวโดยการนำแผ่นพลาสติกมาเคลือบผิวของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งในการเคลือบผิวไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาผลกระทบของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดต่อสมบัติทางกลและทางความร้อนของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพื่อให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีสมรรถนะสูงสุด สุดท้ายผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นตัวประสาน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่นำมาใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ได้รับมาจากโรงงานแปรรูปเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราใน จ.สงขลา 2) แป้งมันสำปะหลังชนิดพิเศษ ตราแมวแดงดาวเทียมลูกโลก จัดซื้อจาก หจก.เกรียงไกรค้าแป้ง และ 3) แผ่นพลาสติกใส เป็นพลาสติกชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์ จัดซื้อจากบริษัท ไทยรุ่งเรือง อินเตอร์เทรด จำกัด

2. การผลิตไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด

การผลิตไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเริ่มจากการนำขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่ได้จากโรงงานแปรรูปเฟอร์นิเจอร์ มาคัดแยกขนาดโดยใช้ตะแกรงร่อน และร่อนให้ขี้เลื่อยไม้ผ่านตะแกรงขนาด 12 เมช จากนั้นผสมขี้เลื่อย ไม้ยางพาราปริมาณ 70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (wt%) กับแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 wt% โดยใช้ น้ำ ปริมาณ 0.2 ลิตร เป็นตัวทำละลายแป้ง ต่อส่วนผสมทั้งหมด 265 กรัม [5] หลังจากนั้นคลุกเคล้าวัสดุให้เข้า กันในถังผสมโดยใช้เวลาในการกวนผสมประมาณ 10 นาที แล้วนำส่วนผสมทั้งหมดเทใส่ในกรอบไม้และ แม่พิมพ์ที่มีขนาดกว้าง 200 mm × ยาว 250 mm ×หนา 6 mm ต่อจากนั้นอัดขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดร้อนด้วย อุณหภูมิ 210 °C แรงดันอัด 13.8 MPa (2000 psi) เป็นเวลา 20 นาที [5]

ในขั้นตอนต่อไปนำไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเคลือบด้วยแผ่นพลาสติกใสทั้ง 2 ด้าน โดยใช้แม่พิมพ์ขนาด กว้าง 200 mm × ยาว 250 mm ×หนา 6 mm และอัดตามสภาวะการออกแบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยปัจจัยที่ใช้ออกแบบการทดลองประกอบด้วย ความหนาแผ่นพลาสติก 0.2-0.4 mm อุณหภูมิการอัด 180-200 °C และระยะเวลาการอัด 5-10 นาที ซึ่งใช้แรงดันอัดคงที่ 13.8 MPa ในแต่ละสภาวะการทดลอง ขึ้นรูป แผ่นขึ้นงานแบบสุ่ม 3 แผ่นตัวอย่าง

ตารางที่ 1 การออกแบบการทดลองสภาวะการเคลือบไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด

สภาวะการเคลือบ	ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง		
	ความหนาแน่นแผ่นพลาสติก (mm)	อุณหภูมิการอัด (°C)	ระยะเวลาการอัด (min)
P2T180Ti5	0.2	180	5
P2T180Ti10	0.2	180	10
P2T200Ti5	0.2	200	5
P2T200Ti10	0.2	200	10
P4T180Ti5	0.4	180	5
P4T180Ti10	0.4	180	10
P4T200Ti5	0.4	200	5
P4T200Ti10	0.4	200	10

3. การวิเคราะห์และการทดสอบสมบัติ

3.1 การวิเคราะห์ทางสถิติ

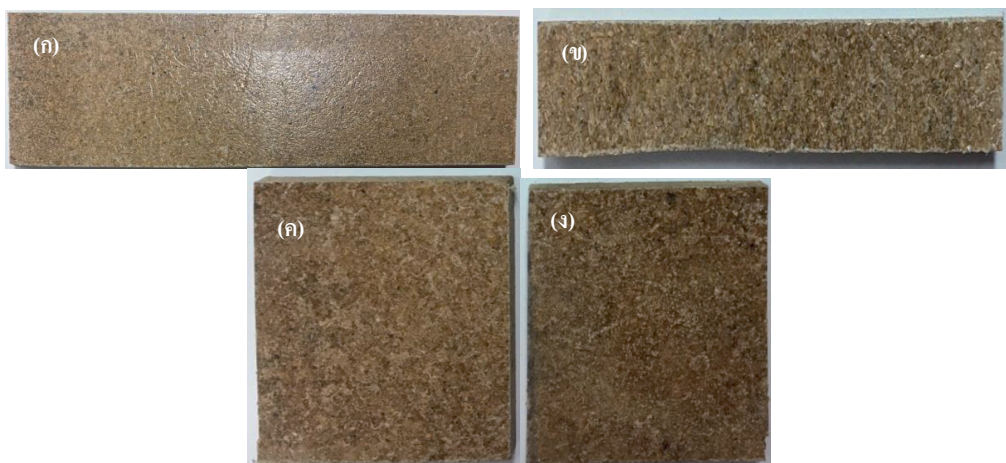
การวิเคราะห์ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติทางกลของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดดำเนินการโดยการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรอิสระ (2-Sample t-test) ซึ่งในการวิเคราะห์ทางสถิตินี้ดำเนินการที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($\alpha = 0.05$)

3.2 การทดสอบสมบัติทางกล

การทดสอบสมบัติทางกลประกอบด้วยการทดสอบการดัด การทดสอบการดึง และการทดสอบความแข็ง ในการทดสอบการดัดเป็นการดัดแบบ 3 จุด (Three-point Bending) โดยดำเนินการตามมาตรฐาน JIS A 5905, 2003 [6] ซึ่งชิ้นงานทดสอบมีขนาดกว้าง 50 mm × ยาว 200 mm × หนา 6 mm ดังแสดงในภาพที่ 1(ก) ระยะห่างระหว่างบารองรับชิ้นงานมีระยะ 150 mm และความเร็วในการทดสอบดัดคือ 10 mm/min เช่นเดียวกันในการทดสอบการดึง ชิ้นงานทดสอบมีขนาดกว้าง 19 mm × ยาว 115 mm × หนา 6 mm ดังแสดงในภาพที่ 1(ข) โดยความเร็วที่ใช้ในการทดสอบดึง คือ 5 mm/min ทั้งการทดสอบการดัดและการทดสอบการดึงกระทำโดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติทางกลเอกประสงค์ รุ่น NRI-TS500-50 จาก บริษัท นรินทร์ อินสตรูमेंท์ จำกัด นอกจากนี้ในการทดสอบความแข็ง ดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D2240, 2015 [7] โดยใช้ Durometers แบบ Shore D Scale ซึ่งชิ้นงานทดสอบมีขนาดกว้าง 30 mm × ยาว 30 mm × หนา 6 mm ดังแสดงในภาพที่ 1(ค) และการทดสอบสมบัติทางกลทั้ง 3 ประเภทนี้ ดำเนินการที่อุณหภูมิห้อง 25 °C และทดลองแบบสุ่ม 5 ตัวอย่าง ของแต่ละสภาวะการทดลอง

3.3 การทดสอบสมบัติทางความร้อน

การทดสอบการนำความร้อน (Thermal Conductivity Analysis; TCA) ของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดกระทำด้วยเครื่อง Thermal Constant Analyser (TPS 2500S, Hot Disk, Sweden) โดยชิ้นงานทดสอบมีขนาดกว้าง 50 mm × ยาว 50 mm × หนา 6 mm ดังแสดงในภาพที่ 1(ง)



ภาพที่ 1 ชิ้นงานทดสอบ (ก) การดัด (ข) การดึง (ค) ความแข็ง และ (ง) การนำความร้อน

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

ในการออกแบบการทดลองมีตัวแปรอิสระคือ ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัด และระยะเวลาการอัด ซึ่งสามารถออกแบบสูตรที่ใช้ในการทดลองได้ 8 สูตร และค่าผลตอบสนองที่ได้จากการทดสอบ ได้แก่ ค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสการดึง ค่าความแข็ง และค่าการนำความร้อน

1. การวิเคราะห์ผลทางสถิติในผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ 2-Sample t-test ในผลกระทบความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติทางกลของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด แสดงดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ที่ระยะเวลาการอัด 5 นาที และอุณหภูมิการอัด 180 °C ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบในช่วง 0.2-0.4 mm มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อค่ามอดูลัสการดัด ค่ามอดูลัสการดึง และค่าความแข็ง และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอัดเป็น 200 °C ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เพียงค่ามอดูลัสการดึง ในขณะที่เดียวกันเมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการอัด 10 นาที พบว่าความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เพียงค่าความแข็งแรงดึง เมื่ออัดด้วยอุณหภูมิ 180 °C

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ทางสถิติในผลกระทบความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบต่อสมบัติทางกลของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด

ระยะเวลาการอัด 5 นาที					ระยะเวลาการอัด 10 นาที				
สมบัติ	อุณหภูมิการอัด (°C)	ความหนาแผ่นพลาสติก		p-value	สมบัติ	อุณหภูมิการอัด (°C)	ความหนาแผ่นพลาสติก		p-value
		0.2	0.4				0.2	0.4	
MOR (MPa)	180	5.09	5.23	0.638	MOR (MPa)	180	5.41	5.58	0.438
	200	5.45	5.08	0.088		200	4.71	4.94	0.576
MOE (MPa)	180	1304	1486	0.040*	MOE (MPa)	180	1632	1675	0.528
	200	1692	1613	0.256		200	1349	1463	0.080
TS (MPa)	180	3.99	4.30	0.360	TS (MPa)	180	3.90	4.55	0.030*
	200	4.01	4.89	0.053		200	3.99	4.27	0.492
TM (MPa)	180	132.3	164.5	0.027*	TM (MPa)	180	136.3	183.5	0.199
	200	154.7	264.3	0.022*		200	147.9	192.9	0.186
ความแข็ง (Shore D)	180	60.95	67.30	0.001*	ความแข็ง (Shore D)	180	67.90	67.33	0.747
	200	63.88	67.55	0.052		200	67.07	70.60	0.260

หมายเหตุ: * หมายถึง ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นด้วยว่า ที่ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ 0.2 mm ทั้งอุณหภูมิการอัดในช่วง 180-200 °C และระยะเวลาการอัด 5-10 นาที มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อค่ามอดูลัสการดัด ในขณะที่เดียวกันที่อุณหภูมิการอัด 180 °C ระยะเวลาการอัดมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อค่าความแข็ง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาที่ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ 0.4 mm อุณหภูมิมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อค่ามอดูลัสการดัด และมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อค่ามอดูลัสการดึง เฉพาะที่ระยะเวลาการอัด 5 นาที อีกทั้งยังพบด้วยว่า ค่ามอดูลัสการดัดมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มระยะเวลาการอัดจาก 5 เป็น 10 นาที และอัดด้วยอุณหภูมิ 180 °C

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ทางสถิติในผลกระทบสภาวะการเคลือบต่อสมบัติทางกลของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด

ความหนาแผ่นพลาสติก 0.2 มม.					ความหนาแผ่นพลาสติก 0.4 มม.				
สมบัติ	อุณหภูมิการอัด (°C)	ระยะเวลาการอัด 5	ระยะเวลาการอัด 10	p-value	สมบัติ	อุณหภูมิการอัด (°C)	ระยะเวลาการอัด 5	ระยะเวลาการอัด 10	p-value
MOR (MPa)	180	5.09	5.41	0.238	MOR	180	5.23	5.58	0.228
	200	5.45	4.71	0.068	(MPa)	200	5.08	4.94	0.649
	p-value	0.152	0.098		p-value		0.630	0.056	
MOE (MPa)	180	1304	1632	0.007*	MOE	180	1486	1675	0.031*
	200	1692	1349	0.002*	(MPa)	200	1613	1463	0.089
	p-value	0.005*	0.008*		p-value		0.045*	0.013*	
TS (MPa)	180	3.99	3.90	0.703	TS	180	4.30	4.55	0.416
	200	4.01	3.99	0.941	(MPa)	200	4.89	4.27	0.228
	p-value	0.937	0.727		p-value		0.308	0.527	
TM (MPa)	180	132.3	136.3	0.679	TM	180	164.5	183.5	0.517
	200	154.7	147.9	0.698	(MPa)	200	264.3	192.9	0.093
	p-value	0.168	0.422		p-value		0.012*	0.800	
ความแข็ง (Shore D)	180	60.95	67.90	0.018*	ความแข็ง	180	67.30	67.33	0.976
	200	63.88	67.07	0.137	(Shore D)	200	67.55	70.60	0.233
	p-value	0.055	0.780		p-value		0.868	0.193	

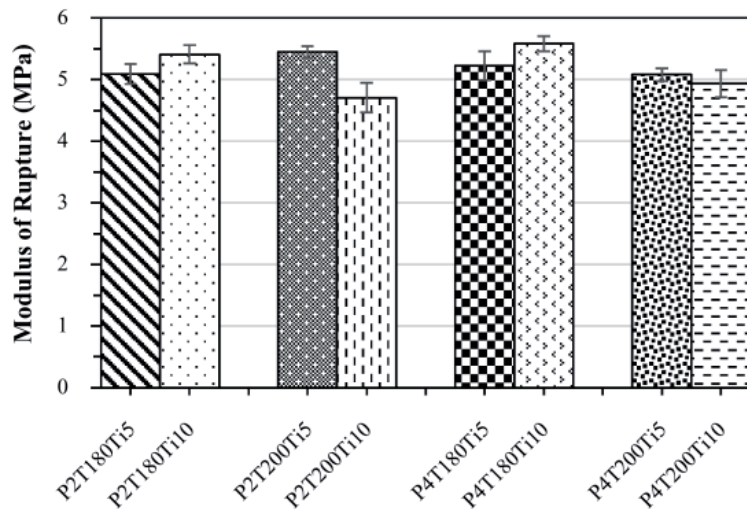
หมายเหตุ: * หมายถึง อุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$)

2. ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติการดัด

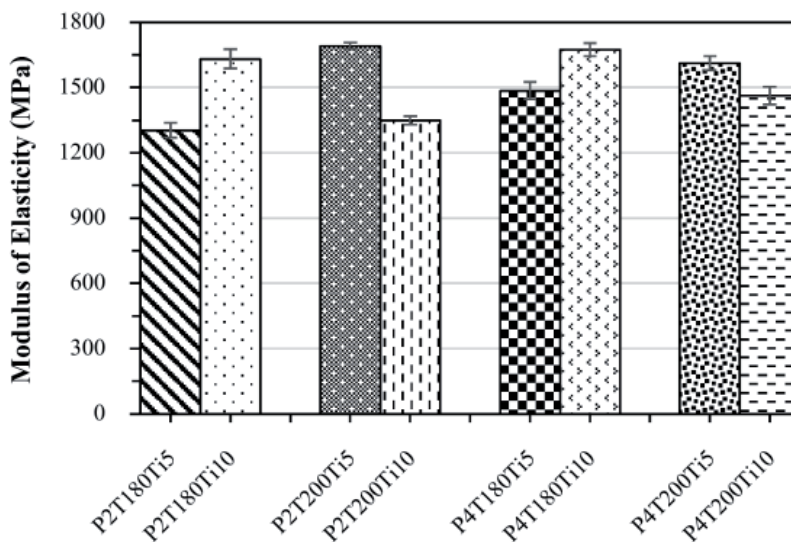
ผลกระทบความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบอุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดต่อค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด แสดงดังภาพที่ 2(ก) และ 2(ข) ตามลำดับ โดยพบว่า

ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm และหนา 0.4 mm เมื่ออัดด้วยอุณหภูมิ 180 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดจาก 5 นาที เป็น 10 นาที ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออัดด้วยอุณหภูมิ 200 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดจาก 5 นาที เป็น 10 นาที กลับส่งผลให้ทั้งค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดลดลงอย่างชัดเจนสิ่งนี้เป็นไปได้ว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงและระยะเวลาการอัดที่นานเกินไปจะส่งผลให้แผ่นพลาสติกเกิดการเสื่อมสภาพ (อุณหภูมิหลอมเหลวของฟิล์มพอลิไวนิลคลอไรด์คือ 120-175 °C) ทำให้ความสามารถต้านทานต่อแรงดัดลดลง ในความเป็นจริง เมื่อไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดรับแรงดัดจากการทดสอบดัด จุดที่รับแรงสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณขอบนอกสุดของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด [2] ซึ่งเป็นบริเวณที่พลาสติกเกิดการเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังพบว่าไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอัดจาก 180 °C เป็น 200 °C และใช้ระยะเวลาการอัด 5 นาที อย่างไรก็ตาม ที่ระยะเวลาการอัด 10 นาที การเพิ่มอุณหภูมิการอัดจาก 180 °C เป็น 200 °C กลับส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดลดลงอย่างชัดเจน

ภาพที่ 2 ยังแสดงให้เห็นด้วยว่า ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm มีค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดต่ำกว่าไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm เมื่อขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 180 °C และระยะเวลาการอัดเท่ากัน เพราะแผ่นพลาสติกเคลือบที่หนากว่าจะทำให้ความแข็งแรงที่มากกว่าแก่ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด อย่างไรก็ตามมีผลการทดลองที่น่าสนใจว่า การเคลือบไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm ให้ค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดสูงกว่าไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm เมื่อขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 200 °C และระยะเวลาการอัด 5 นาที แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการอัดเป็น 10 นาที กลับทำให้ทั้งค่าความแข็งแรงดัดและมอดูลัสการดัดของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm มีค่ามากกว่า เนื่องจากแผ่นพลาสติกเคลือบที่บางกว่าจะมีการเสื่อมสภาพจากความร้อนมากกว่า ทำให้ต้านทานแรงดัดได้น้อยกว่า



(ก)



(ข)

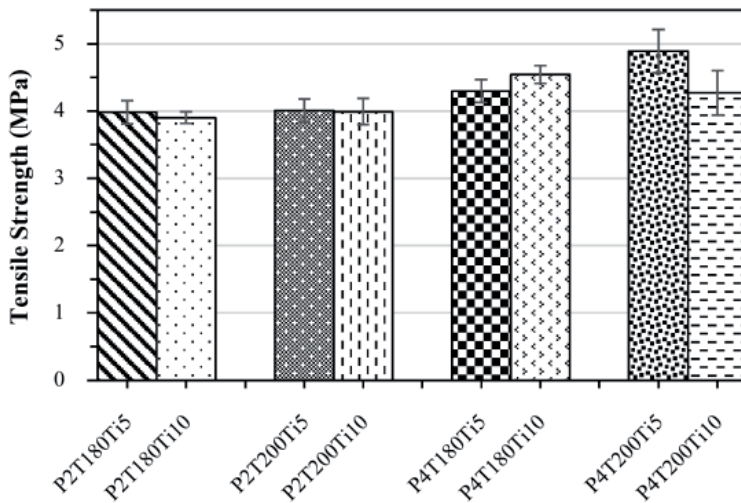
ภาพที่ 2 ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อ

(ก) ความแข็งแรงดัด และ (ข) โมดูลัสการดัด

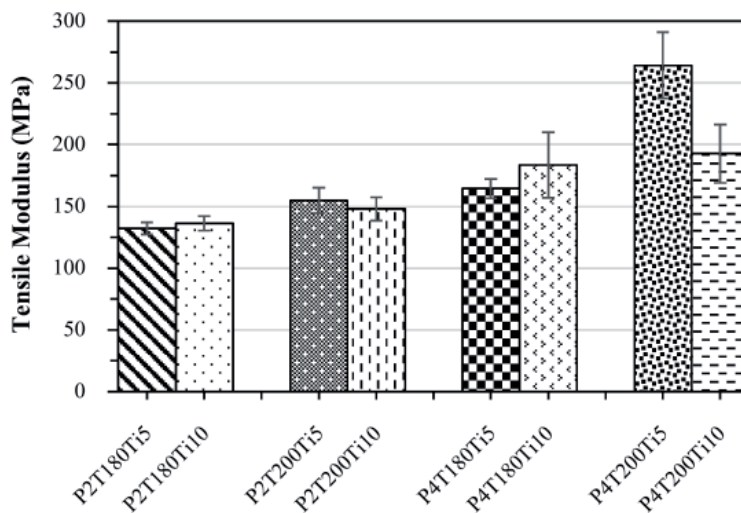
3. ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติการดึง

ภาพที่ 3 แสดงความผันแปรในค่าความแข็งแรงดึงและค่าโมดูลัสการดึงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีผลกระทบมาจากความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัด และระยะเวลาการอัด ซึ่งพบว่าไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm มีค่าความแข็งแรงดึงและค่าโมดูลัสการดึงสูงกว่าไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดเท่ากัน ดังที่กล่าวก่อนหน้านี้ เพราะแผ่นพลาสติกเคลือบที่หนากว่า ย่อมมีความแข็งแรง

แรงสูงกว่า ดังนั้นเมื่อนำแผ่นพลาสติกหนากว่ามาเคลือบบนไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด จึงทำให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด
มีค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงมากกว่า



(ก)



(ข)

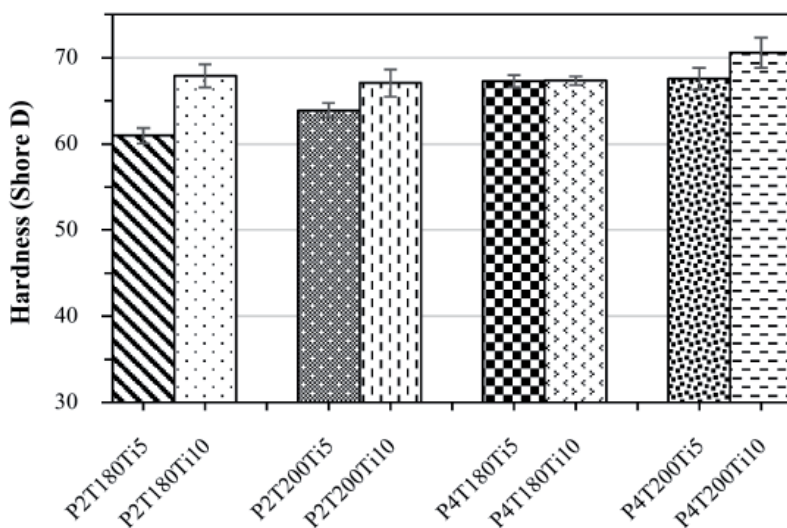
ภาพที่ 3 ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อ
(ก) ความแข็งแรงดึง และ (ข) มอดูลัสการดึง

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลกระทบของอุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดพบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการอัดแทบไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm ทว่าอุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดมีผลกระทบต่อค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm อย่างชัดเจน โดยพบว่า

ที่ระยะเวลาการอัด 5 นาที การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการอัดจาก 180 °C เป็น 200 °C ส่งผลให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงเพิ่มขึ้น สิ่งนี้เป็นไปได้ว่าเมื่อใช้อุณหภูมิการอัดที่สูงกว่าแผ่นพลาสติกสามารถหลอมและแทรกซึมเข้าสู่เนื้อของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้ดีกว่า ทำให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดสามารถต้านทานแรงดึงได้ดีขึ้น ในความเป็นจริงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การหลอมเหลวของเทอร์โมพลาสติก เช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ พอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง จะเพิ่มสูงขึ้นตาม ส่งผลให้การยึดเกาะระหว่างโมเลกุลเมทริกซ์พลาสติกสมบูรณ์และแข็งแรงมากขึ้น ทำให้การถ่ายทอดแรงภายในโครงสร้างวัสดุมีประสิทธิภาพมากขึ้น [8] ในขณะเดียวกันพบว่าที่อุณหภูมิการอัด 180 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดจาก 5 นาที เป็น 10 นาที ส่งผลให้ทั้งความแข็งแรงดึงและมอดูลัสการดึงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ที่อุณหภูมิการอัด 200 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดกลับทำให้ทั้งความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าลดลงอย่างชัดเจน นั่นเพราะแผ่นพลาสติกเคลือบเกิดการเสื่อมสภาพซึ่งการใช้อุณหภูมิขึ้นรูปพลาสติกที่สูงเกินไป จะส่งผลให้สมบัติของพลาสติกด้อยลง [8-9]

4. ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติความแข็งแรง

ผลกระทบความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัด และระยะเวลาการอัดต่อค่าความแข็งแรงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดแสดงดังภาพที่ 4 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2-0.4 mm เมื่ออัดด้วยอุณหภูมิ 180-200 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดจาก 5 นาที เป็น 10 นาที ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เป็นไปได้ว่า แผ่นพลาสติกสามารถหลอมเหลวและแทรกซึมเข้าสู่เนื้อของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้มากขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาการอัดนานขึ้น ทำให้บริเวณผิวของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความแข็งแรงและแข็งแรงขึ้น ในขณะเดียวกันเมื่อวิเคราะห์ผลกระทบของอุณหภูมิการอัดพบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการอัดจาก 180 °C เป็น 200 °C ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ยกเว้น ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm และอัดเป็นระยะเวลา 10 นาที การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการอัดจาก 180 °C เป็น 200 °C ทำให้ค่าความแข็งแรงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดลดลงเล็กน้อย

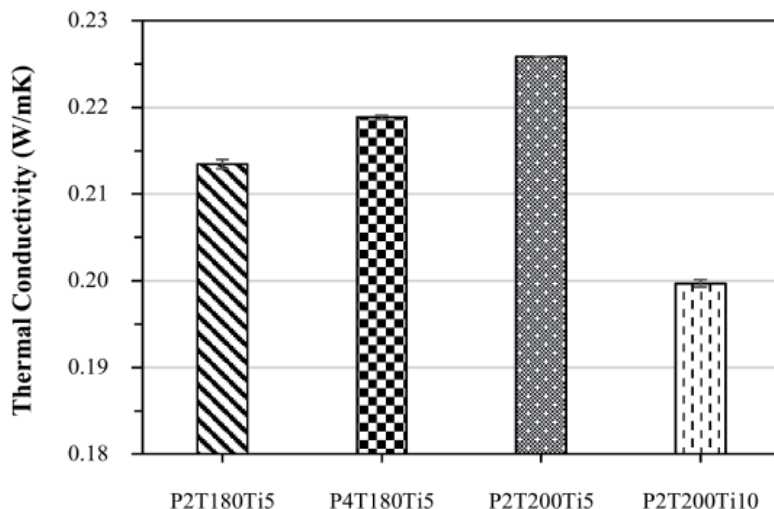


ภาพที่ 4 ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อค่าความแข็งแรง

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปรียบเทียบที่อุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดเท่ากัน ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm ให้ค่าความแข็งแรงสูงกว่าไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm สิ่งนี้เป็นเพราะ แผ่นพลาสติกที่หนากว่าสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้มากกว่า ทำให้ประสิทธิภาพการยึดเกาะบริเวณผิวของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้ดีกว่า ดังนั้นความแข็งแรงบริเวณผิวของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกที่หนากว่าจึงมีมากกว่า Rahman, Huque, Islam, & Hasan, 2009 [10] กล่าวว่า การยึดเกาะระหว่างซีเมนต์ไม้และพลาสติกที่แข็งแรงขึ้น ส่งผลให้วัสดุมีความแข็งแรงมากขึ้น

5. ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติการนำความร้อน

ภาพที่ 5 แสดงผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัด และระยะเวลาการอัดต่อค่าการนำความร้อนของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด โดยพบว่า การใช้แผ่นพลาสติกหนาขึ้นจาก 0.2 mm เป็น 0.4 mm เคลือบไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด ส่งผลให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับการเพิ่มอุณหภูมิการอัดเคลือบในช่วง 180-200 °C ส่งผลให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน พฤติกรรมเหล่านี้เป็นไปได้ว่า แผ่นพลาสติกที่หนากว่าหรืออุณหภูมิการอัดเคลือบที่สูงกว่า จะทำให้แผ่นพลาสติกสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้มากกว่า ทำให้การเชื่อมโยงหรือการประสานกันภายในโครงสร้างไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีมากขึ้น ดังนั้นการส่งผ่านความร้อนภายในโครงสร้างไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดจึงมีมากขึ้น ทำให้ค่าการนำความร้อนของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มระยะเวลาการอัดเคลือบในช่วง 5-10 นาทีที่อุณหภูมิการอัดเคลือบ 200 °C กลับส่งผลให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าการนำความร้อนลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจากแผ่นพลาสติกเคลือบเกิดการเสื่อมสภาพ ทำให้การเชื่อมโยงหรือการประสานกันภายในโครงสร้างไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง Janbuala & Wasanapiarnpong, 2017 [11] รายงานว่า ค่าการนำความร้อนลดลงตามปริมาณความพรุนตัวของชิ้นงานที่เพิ่มขึ้น [12]



ภาพที่ 5 ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อค่าการนำความร้อน

สรุปผลการวิจัย

ผลกระทบความหนาแน่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัด และระยะเวลาการอัดต่อสมบัติทางกล และทางความร้อนของ ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด ได้มีการศึกษา จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ 2-Sample t-test พบว่า ที่ระยะเวลาการอัด 5 นาที และอุณหภูมิการอัด 180 °C ความหนาแน่นพลาสติกเคลือบในช่วง 0.2-0.4 mm มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อค่ามอดูลัสการดัด ค่ามอดูลัสการดึง และค่าความแข็งแรงดึง โดยไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm มีค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสการดึง ค่าความแข็งแรง และการนำความร้อนสูงกว่าที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm เมื่อขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาการอัดเท่ากัน เนื่องจากแผ่นพลาสติกที่หนากว่าสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อของ ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้มากกว่า ทำให้ประสิทธิภาพการยึดเกาะบริเวณผิวของ ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดดีกว่า ในขณะที่เดียวกัน เมื่ออัดเคลือบแผ่นพลาสติกด้วยอุณหภูมิ 180 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดในช่วง 5-10 นาที ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสการดึง และค่าความแข็งแรงของ ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทว่าเมื่ออัดด้วยอุณหภูมิ 200 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดจาก 5 นาที เป็น 10 นาที กลับส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสการดึง และค่าการนำความร้อนของ ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดลดลงอย่างชัดเจน นอกจากนี้ ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด มีค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสการดึง ค่าความแข็งแรง และการนำความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอัดจาก 180 °C เป็น 200 °C และใช้ระยะเวลาการอัด 5 นาที เพราะการใช้ระยะเวลาการอัดที่สั้น ทำให้ลดการเสื่อมสภาพของแผ่นพลาสติก และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ส่งผลให้แผ่นพลาสติกหลอมเหลวดีขึ้น ทำให้แทรกซึมเข้าสู่ผิว ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้มากขึ้น จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การใช้อุณหภูมิและระยะเวลาการอัดที่เหมาะสม สามารถปรับปรุงสมบัติของ ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด ที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกให้ดีขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปี 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Buachongkon, P., & Laemsak, N. (2007). Properties of medium gensity hiberboard made from *Dendrocalamus Hamiltonii* and *Dendrocalamus Latiflorus* with various age classes. *Thai Journal of Forestry*, 26(Suppl.), 83–92. (In Thai).
- [2] Homkhiew, C., Boonchouytan, W., & Cheewawuttipong, W. (2016). Effect of palmyra fruit fiber and tapioca starch contents on properties of non-toxic fiberboard. *Ladkrabang Engineering Journal*, 33(3), 39–46. (In Thai).
- [3] Hashim, R., Said, N., Lamaming, J., Baskaran, M., Sulaiman, O., Sato, M., ... Sugimoto, T. (2011). Influence of press temperature on the properties of binderless particle board made from oil palm trunk. *Materials and Design*, 32, 2520–2525.

- [4] Homkhiew, C., Boonchouytan, W., Cheewawuttipong, W., Hoysakul, N., Kaewkong, W., & Ratanawilai, T. (2020). Measurement in some properties of non-toxic particleboard to optimize the formulation for food containers. *Measurement*, 156, 107617.
- [5] Chatthong, J., Homkhiew, C., & Rawangwong, S. (2017). *Development of non-toxic fiberboard from rubberwood sawdust and cassava starch as food containers*. Research report. Songkhla: Rajamangala University of Technology Srivijaya.
- [6] JIS-A 5905. (2003). *Fibreboards* (Online). Retrieved November 16, 2020, from <https://archive.org/details/jis.a.5905.e.2003/page/n3/mode/2up>Japanese.
- [7] ASTM International–ASTM D2240–15e1. (2015). *Standard test method for rubber property-durometer hardness*. West Conshohocken, Pennsylvania: U.S.A.
- [8] Homkhiew, C., Boonchouytan, W., Rawangwong, S., & Ratanawilai, T. (2017). Optimal manufacturing parameters of rubberwood flour/high density polyethylene composites using box–behnen design. *The Journal of KMUTNB*, 27(2), 315–328. (In Thai).
- [9] van der Vegt, A. K. (2002). *From polymers to plastics*. Netherlands: Delft University Press.
- [10] Rahman, M. R., Huque, M. M., Islam, M. N., & Hasan, M. (2009). Mechanical properties of polypropylene composites reinforced with chemically treated abaca. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 40(4), 511–517.
- [11] Janbuala, S., & Wasanapiarnpong, T. (2017). The development of lightweight clay brick with added bagasse ash. *SDU Research Journal Sciences and Technology*, 10(1), 13–30. (In Thai).
- [12] Homkhiew, C., Rawangwong, S., Boonchouytan, W., Kaewpom, P., & Thongkaowphueak T. (2017). Mechanical, physical and thermal properties of binderless fiberboard from rice husk flour and rice straw flour. *The Journal of Industrial Technology*, 13(3), 85–100. (In Thai).