ปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปแผ่นไม้อัด
Factors Affecting Particle Board Forming

ภคนันท์ เจริญกิจมงคล[1*] และ ธัญญะ เกียรติวัฒน์[2]

[1] สาขาวิชา เทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ10900
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรงเทพฯ 10900
*ติดต่อ: E-mail: achinatun@gmail.com, Tel: +66-2797-0999, Fax: +66-2579-2775

บทคัดย่อ

วัสดุทดแทนไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นทางออกหนึ่งที่สามารถลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และ ตอบสนองความต้องการผลิตภัณฑ์จากไม้ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปแผ่นไม้อัดซึ่งเป็นวัสดุทดแทนไม้รูปแบบนึง เพื่อให้ได้ซึ่งปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิต เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตแผ่นไม้อัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยงานวิจัยนี้เลือกศึกษาปัจจัยดังนี้ ชนิดของวัสดุ , ขนาดของวัสดุ, ชนิดของตัวประสานและ ปริมาณของตัวประสาน

จากผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่าค่า P-Value ที่ได้จากโปรแกรม MINITAB สามารถพิสูจน์ได้ว่าปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของวัสดุ,ขนาดของชิ้นวัสดุ ,ชนิดของกาวประสาน และ ปริมาณของกาวประสานมีผลกระทบต่อผลตอบสนอง ความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น โดยทำการตรวจสอบที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 หรือความเชื่อมั่น 95% ซึ่งจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระดับของปัจจัยที่ วัสดุชานอ้อย, ขนาดของชิ้นวัสดุขนาดกลาง, ชนิดของตัวประสาน กาวยูเรียฟอร์มัลดี-ไฮด์ และ ปริมาณของตัวประสานที่13% เป็นระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดผลตอบสนองค่าความต้านแรงดัด สูงสุดในการทดลองนี้ คือ ความต้านแรงดัด 17.85 เมกะปาสคาล และมอดูลัสยืดหยุ่น 1 ,378.98 เมกะปาสคาล ซึ่งค่าความต้านแรงดัดดังกล่าวผ่านเกณฑ์ที่กำหนดของ มอก. 876-2547

คำหลัก: วัสดุทดแทนไม้,วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร,แผ่นไม้อัด

Abstract

Using wood substitute from agricultural waste materials is one of the solutions that can reduce the amount of agricultural waste and at the same time to meet the demand of some types of wood products items. Therefore, In this research, we studies and analyzes the effectiveness on Particleboard forming. Particleboard is one type of wood substitute product that can be products by use waste wood material. In order to observe the mechanical property of the products, we are using the following factors as a guideline to review the products: (1) Type of material, (2) Size of material, (3) Type of the adhesive, (4) volume of adhesive.

From the results of the experiments, it was found that the P-Value obtained from the MINITAB program can prove that all 4 factors have an effective respond on it Flexural strength and Elastic modulus by examining at the significance level of 0.05 or 95% confidence. The result shows that the level of each factors that Bagasse material, medium material size, adhesive type Urea formaldehyde and volume of adhesive at 13%. The best result got in this experiment giving Flexural strength 17.85 MPa and 1,378.98 MPa. Flexural strength passed the specified criteria of TIS 876-2547

Keywords:Wood substitutes product, Agricultural waste materials, Particle Board

1. บทนำ

ในปัจจุบันธุรกิจการเกษตรถือเป็นหนึ่งในส่วนสำคัญของระบบเศรษฐกิจไทยโดยธุรกิจการเกษตรมีแนวโน้มการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องซึ่งส่งผลให้เกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน แม้จะมีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ แต่ชนิดของวัสดุเหลือใช้และความต้องการในการใช้ประโยชน์ของแต่ละกลุ่มพื้นที่การเกษตรที่แตกต่างกัน ย่อมแตกต่างกัน และการเพิ่มขึ้นของความต้องการผลิตภัณฑ์จากไม้โดยตรงทำให้เกิดความไม่สมดุลในการผลิตและการใช้งานวัสดุทดแทนไม้ จึงเป็นทางออกสำคัญที่สามารถเข้าทดแทนความต้องการดังกล่าวได้

จากเหตุที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ กาบกล้วย ฟางข้าวและชานอ้อย มาใช้งานให้เกิดประโยชน์ โดยการนำมาทำผลิตเป็นแผ่นไม้อัด ซึ่งเป็นรูปแบบนึงของวัสดุทดแทนไม้

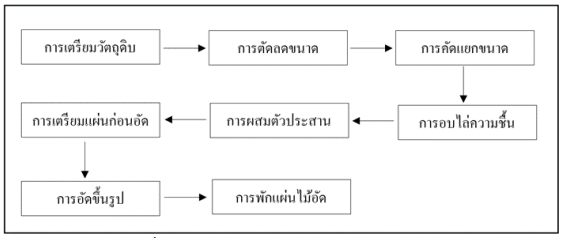
โดยการนำมาศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปแผ่นไม้อัด ปัจจัยที่ทำการศึกษาคือชนิดของวัสดุ ,ขนาดของวัสดุ ,ชนิดของตัวประสานและ ปริมาณของตัวประสาน ทำการศึกษาที่ แผ่นไม้อัดขนาด 40X40 เซนติเมตร ความหนา 10 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 600 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยทำการทดสอบค่าคุณสมบัติทางกลด้วย Universal Testing Machine (UTM) ผู้วิจัยหวังว่าแผ่นไม้อัดที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะสามารถทดแทนการผลิตภัณฑ์จากเนื้อไม้โดยตรงได้และเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุทดแทนไม้

วัสดุทดแทนไม้ เกิดจากส่วนประกอบ 2 ส่วน 1.วัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใย เป็นส่วนประกอบหลัก และ 2. ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ตัวประสาน สารอนินทรีย์ รวมถึงสารเติมแต่งต่างๆ เป็นต้น [5]

เมื่อนำส่วนประกอบทั้ง 2 ชนิดมาผสมกันจะมีคุณสมบัติที่ส่งเสริมกัน ทำให้เกิดคุณสมบัติ และ การใช้ประโยชน์ที่สามารถทดแทนไม้ได้ โดยขั้นตอนการผลิตแผ่นไม้อัดมีขั้นตอนดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตแผ่นไม้อัด

2.2 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่นำมาทำการวิจัย เป็นวัสดุที่สะดวกในการใช้งาน และ สามารถหาได้โดยทั่วไปในหลายพื้นที่

2.2.1 กาบกล้วย

กาบกล้วยที่ใช้ในการวิจัย เลือกใช้กาบกล้วยที่เหลือใช้จากการตัดเครือขายกล้วย จากสวนกล้วยทั่วไป จึงได้กาบกล้วยของหลากหลายสายพันธุ์ เช่น กล้วยน้ำหว้า กล้วยหอม และ กล้วยตานี เป็นต้น

เนื่องจากต้นกล้วยหรือกาบกล้วยมีลักษณะเส้นใยที่เรียงตัวกัน เป็นระเบียบทำให้เกิดความแข็งแรงของลำต้น และเมื่อนำมาแบ่งเส้นใยออกมาเป็นเชือกกล้วย ทำให้ได้ซึ่งเชือกที่มีความเหนียวทนทาน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำกาบกล้วยมาศึกษาในงานวิจัยนี้

2.2.2 ฟางข้าว

ฟางข้าว เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีปริมาณมาก หาได้ง่าย และมีลักษณะเป็นเส้นใย โดยสัดส่วนระหว่างน้ำหนักเมล็ดข้าวและฟางข้าว สำหรับนาปี คือ 1:2 ,เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตข้าวนาปีของจังหวัดกาฬสินธุ์ โดยเฉลี่ย 361 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้น จึงมีฟางข้าวอยู่ในพื้นที่นา 1 ไร่ เท่ากับ 722 - 800กิโลกรัม[7] มีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบ เช่น เป็นอาหารสัตว์ ,วัสดุคลุมดินสำหรับรักษาความชุ่มชื้นของดิน และยังสามารถใช้ผลิตเป็นเยื่อกระดาษได้อีกด้วยผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำฟางข้าวมาศึกษาในงานวิจัยนี้

ฟางข้าวที่ใช้ในการวิจัย เลือกใช้ฟางข้าวแห้งแบบสำเร็จรูปอัดก้อน สำหรับการนำไปผลิตอาหารสัตว์ หรือ ใช้ประโยชน์อื่นๆ

2.2.3 ชานอ้อย

อ้อย เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย โดยเป็นวัตถุดิบหลัก นิยมปลูกให้พื้นที่ภาคกลางในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทราย เมื่อทำการหีบอ้อยนำน้ำตาลที่อยู่ภายในอ้อยออก วัสดุเหลือใช้การการเกษตรที่เกิดขึ้นคือ ชานอ้อย

ชานอ้อยที่ใช้ในการวิจัยเลือกใช้ชานอ้อยที่เหลือใช้จากการหีบอ้อยในการจำหน่ายน้ำอ้อยทั่วไปตามท้องตลาด

เนื่องจากชานอ้อยเป็นวัสดุที่มีลักษณะคล้ายเนื้อไม้และมีการใช้งานในกรเป็นวัสดุอัดโดยทั่วไปในท้องตลาดผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำชานอ้อยมาทำการวิจัยในครั้งนี้

2.3 ตัวประสาน

ตัวประสานเป็นส่วนที่จะประสานเนื้อวัสดุอัดต่างๆ ให้ยึดติดเป็นเนื้อเดียวกันเพิ่มความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดโดยตัวประสานมีหลากหลายประเภทในการวิจัยนี้เลือกใช้ตัวประสาน 2 ชนิดได้แก่ 1.กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 2. กาวไอโซไซยาเนตในการทำการวิจัย

2.3.1 ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF)

กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ตัวประสานสำหรับทำไม้อัดทั่วไปโดยมีลักษณะเป็นของเหลวข้นสีขาวเหมือนน้ำนมมีกลิ่นก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งเป็นพิษทำให้เกิดผลเสียกับระบบร่างกายต่างๆหรือก่อให้เกิดมะเร็งได้[2]

กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้ในการทำการวิจัยนี้เลือกกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์แบบน้ำช่วงSolid content 60 - 62.5% นำมาทำการวิจัย

2.3.2 กาวไอโซไซยาเนต (pMDI)

กาวไอโซไซยาเนตมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่าไดไอโซไซยาเนต4-4 ,Di-phenylmethaneDi-isocyanate, pMDI) เป็นสารที่นิยมนำมาเป็นตัวประสานในการสำหรับทำไม้อัดโดยสามารถยึดเหนี่ยวทางเคมีกับลิกนินและเซลล์ลูโลสในไม้ได้ดี[3]

ในการวิจัยนี้เลือกใช้กาวไอโซไซยาเนต TS501ในการทำการวิจัย

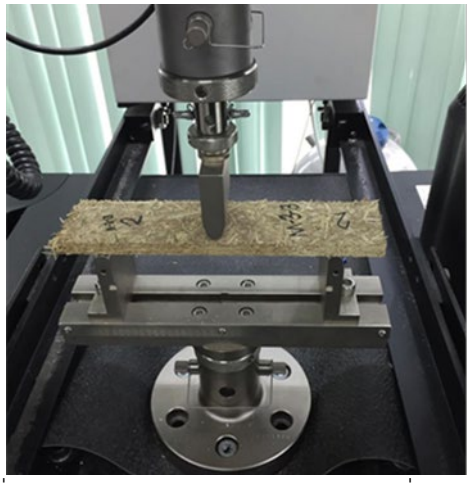
ปริมาณการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์จากแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากตัวประสานต่างชนิดกันเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญในการเลือกใช้ในการผลิตและใช้งานจริงอย่างมาก โดยมีผู้ทำการศึกษาไว้แสดงดังตารางที่1

ตารางที่ 1ผลการตรวจหาปริมาณสารฟอร์มัลดีไฮด์จากแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากไม้ Spruce ด้วยกาว UF PF และ pMDI [5]

ชนิดกาว	Chamber Test (ppm)	Gas Analysis (mg/m^{2}h)	Perforator Photometric (mg/100g)
UF resin	0.070-0.100	3.0-4.0	4.0-8.0
PF resin	0.020-0.040	1.0-2.0	1.5-3.0
pMDI	0.008-0.010	0.2-0.3	0.5-2.0
Spruce wood flakes	0.008-0.010	0.2-0.3	0.5-2.0

2.4 การทดสอบคุณสมบัติทางกล

การทดสอบคุณสมบัติทางกลของแผ่นไม้อัดโดยเครื่องทดสอบUniversal Testing Machine ได้แก่ ความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น โดยการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 876-2547 [6]



ภาพที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติทางกลโดยเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

2.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบทางกลด้วยวิธีทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของแผ่นไม้อัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ทำการทดลองในขั้นต้น เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์และ ผลกระทบของแต่ละปัจจัยที่ระดับปัจจัยต่างๆ โดยปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ทำการศึกษาแสดงใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ต้องการศึกษา

ปัจจัยที่ต้องการศึกษา			
ชนิดของวัตถุดิบ	กาบกล้วย(B)	ฟางข้าว(R)	ชานอ้อย(S)
ขนาดของวัตถุดิบ	เล็ก(S)	กลาง(M)	ใหญ่(L)

ชนิดของตัวประสาน	กาวไอโซไซยาเนต(MDI)	กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์(UF)	
ปริมาณของตัวประสาน	7%	10%	13%

ทำการวิเคราะห์โดยนำผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของแผ่นไม้อัดที่ทำการทดลองมาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ[1] [4] ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือความเชื่อมั่น 95 %

3. ผลและวิจารณ์

3.1 ลักษณะของชิ้นงาน

จากการทดลองขึ้นรูปแผ่นไม้อดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิดตามการออกแบบการทดลอง ทุกการทดลองสามารถขึ้นรูปแผ่นอัดได้หากพิจารณาที่ลักษณะภายนอกเท่านั้นสามารถสังเกตความแตกต่างได้เพียงชนิดของวัสดุและขนาดของวัสดุ

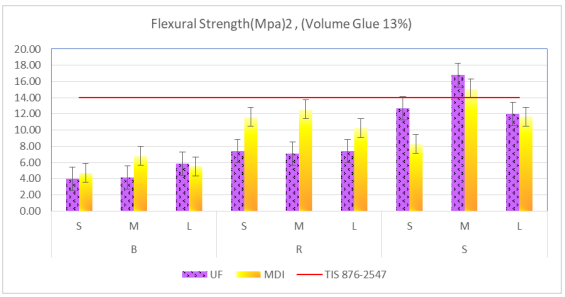
ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบแผ่นวัสดุอัดชานอ้อยด้วยชิ้นวัสดุต่างขนาด

3.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกล

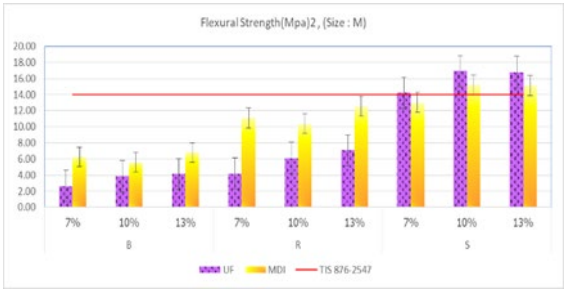
การทดสอบคุณสมบัติทางกลโดยเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine ที่ต้องการทำการศึกษาได้แก่ ความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นจากผลการทดสอบแผ่นไม้อัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถจำแนกได้ดังนี้

3.2.1 ความต้านแรงดัด

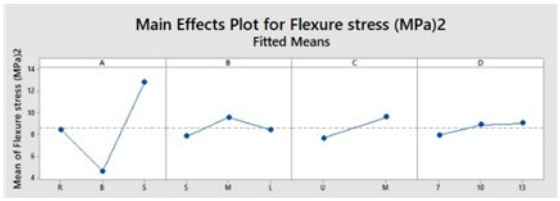
จากการทดสอบค่าต้านแรงดัดโดยเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine สามารถรวบรวมผลการทดลองได้ดังภาพที่4 และ5 และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าต้านแรงดัดแสดงดังภาพที่6



ภาพที่ 4 ค่าความต้านแรงดัด ณ ปริมาณตัวประสาน 13 % และ เกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547



ภาพที่ 5 ค่าความต้านแรงดัด ณ ขนาดของวัสดุ ขนาดกลาง และ เกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547



ภาพที่ 6 ผลของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าต้านแรงดัด

จากผลการทลอง(ภาพที่4,5)และการวิเคราะห์ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อผลตอบสนองค่าต้านแรงดัด (ภาพที่ 6) พบว่าแนวโน้มการส่งผลของปัจจัยต่างๆมีดังนี้

1. ชนิดของวัสดุที่ส่งผลให้เกิดค่าความต้านแรงดัดสูงสุดคือชานอ้อยฟางข้าวและกาบกล้วยตามลำดับ

2. ขนาดของวัสดุที่ส่งผลให้เกิดค่าความต้านแรงดัดสูงสุดคือขนาดกลางขนาดใหญ่และขนาดเล็กตามลำดับ

3. ชนิดของตัวประสานส่งผลให้เกิด

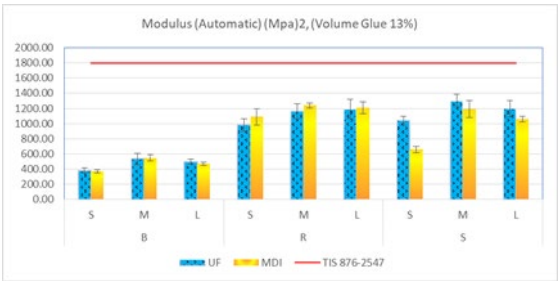
ค่าความต้านแรงดัดณชนิดตัวประสานไอโซไซยาเนตสูงกว่าตัวประสานชนิดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

4. ปริมาณของตัวประสานส่งผลให้เกิด

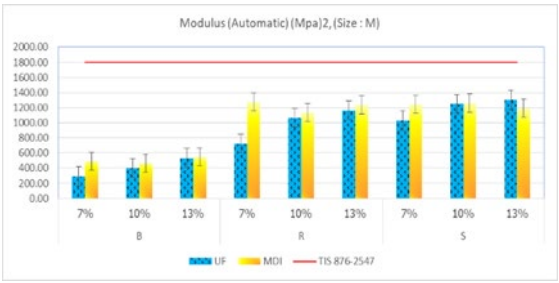
ค่าความต้านแรงดัดณปริมาณของตัวประสาน 13% ,10% สูงกว่าค่าความต้านแรงดัดณปริมาณของตัวประสาน7%

3.2.2 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น

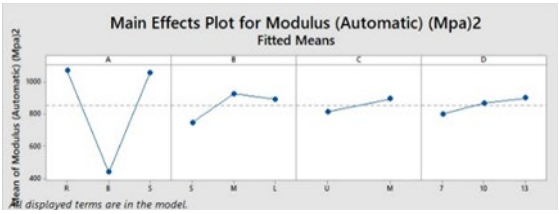
จากการทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่นโดยเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine สามารถรวบรวมผลการทดลองได้ดังภาพที่ 7และ8 และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่ามอดูลัสยืดหยุ่นแสดงดังภาพที่9



ภาพที่ 7 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ณ ปริมาณตัวประสาน 13 % และ เกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547



ภาพที่ 8 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ณ ขนาดของวัสดุ ขนาดกลาง และ เกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547



ภาพที่ 9 ผลของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่ามอดูลัสยืดหยุ่น

จากผลการทลอง(ภาพที่7,8)และการวิเคราะห์ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ส่งผลตอค่าอบสนองค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (ภาพที่ 9) พบว่าแนวโน้มการส่งผลของปัจจัยต่างๆมีดังนี้

1. ชนิดของวัสดุที่ส่งผลให้เกิดค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงสุดคือชานอ้อยฟางข้าวมีแนวโน้มใกล้เคียงกันและกาบกล้วยมีแนวโน้มทำให้เกิดค่าตอบสนองต่ำที่สุด
2. ขนาดของวัสดุส่งผลให้เกิดค่าความมอดูลัสยืดหยุ่นสูงสุดคือขนาดกลางขนาดใหญ่และขนาดเล็กตามลำดับ
3. ชนิดของตัวประสานทำให้เกิดค่ามอดูลัสยืดหยุ่นณชนิดตัวประสานไอโซไซยาเนตสูงกว่าตัวประสานชนิดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์
4. ปริมาณของตัวประสานทำให้เกิดค่ามอดูลัสยืดหยุ่นณปริมาณของตัวประสาน 13%, 10% สูงกว่าค่าความต้านแรงดัดณปริมาณของตัวประสาน7%

4. สรุป

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองและทดสอบคุณสมบัติทางกลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการขึ้นรูปแผ่นไม้อัด พบว่า

1. ลักษณะของชิ้นงานพบว่าชนิดของวัสดุ ,ขนาดของวัสดุ,ชนิดของตัวประสานและปริมาณของตัวประสานทุกระดับสามารถทำการขึ้นรูปแผ่นไม้อัดได้จากลักษณะภายนอกสามารถจำแนกได้เพียงชนิดและขนาดของวัสดุเท่านั้น

2. การทดสอบคุณสมบัติทางกลพบว่าปัจจัยที่ต้องการทำการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยได้แก่ชนิดของวัสดุ ,ขนาดของวัสดุ ,ชนิดของตัวประสานและปริมาณของตัวประสานมีผลกระทบต่อผลตอบสนองความต้านแรงดัดและค่ามอดูลัสยืดหยุ่นโดยทำการตรวจสอบที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 หรือความเชื่อมั่น 95%

จากผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลแสดงให้เห็นว่าระดับของปัจจัยที่วัสดุชานอ้อย, ขนาดของชิ้นวัสดุขนาดกลาง, ชนิดของตัวประสานกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และปริมาณของตัวประสานที่13% เป็นระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดผลตอบสนองสูงสุดในการทดลองนี้คือความต้านแรงดัด 17.85 เมกะปาสคาลและมอดูลัสยืดหยุ่น 1,378.98 เมกะปาสคาล

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนดของมอก.876-2547 มีเพียงชนิดวัสดุชานอ้อยเท่านั้นที่มีคุณสมบัติความต้านแรงดัดผ่านเกณฑ์กำหนดแต่ไม่มีการทดลองใดที่มีคุณสมบัติค่ามอดูลัสยืดหยุ่นผ่านเกณฑ์กำหนดอาจทำการพัฒนาหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของมอก.876-2547ต่อไป

เมื่อวิเคราะห์หาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตวัสดุทดแทนไม้ในจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด พบว่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมมีความแตกต่างกันดังนี้

1. กาบกล้วย

ขนาดของวัสดุขนาดใหญ่
ชนิดของตัวประสานไอโซไซยาเนต
ปริมาณของตัวประสาน 10%
2. ฟางข้าว
ขนาดของวัสดุขนาดใหญ่
ชนิดของตัวประสานไอโซไซยาเนต
ปริมาณของตัวประสาน 10%
3. ชานอ้อย
ขนาดของวัสดุขนาดกลาง
ชนิดของตัวประสานยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์
ปริมาณของตัวประสาน 13%

ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับวัสดุแต่ละชนิดกันอาจจะเกิดจากความแตกต่างกันของเส้นใยในวัสดุนั้นๆและการยึดติดระหว่างตัวประสานและชิ้นวัสดุ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ที่เอื้อเฟื้อด้านสถานที่ และเครื่องมือ เครื่องจักรในการวิจัยตลอดการวิจัย รวมถึง นางสาว ศรัณธร สุขวัฒน์นิจกูล และเจ้าหน้าที่สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ทุกท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาและความช่วยเหลือตลอดการวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กัลยา วานชย์บัญชา (2561).*สถิติสำหรับงานวิจัย.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
[2] ฐิติ หมอรักษา และ ธวัชชัย เขียวมรกต (2557). *การศึกษาความเป็นไปได้การผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.*
[3] นงค์นุช กลิ่นพิกุล (2557). *การศึกษาแผ่นใยไม้อัดจากเศษชี้เลื่อยโดยใช้ผลผลิตจากครั่งเป็นตัวประสาน.*
[4] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยาและพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ (2551).*การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.
[5] วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ (2550).*ผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้จากเศษไม้และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร* . กรุงเทพฯ : แผนการจัดการความรู้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้ขนาดเล็กและของป่า สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
[6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547) *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 867 – 2547*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มาhttp://itc.excise.go.th
[7] สำนักงานเกษตรอำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์. (2557).*ชาวนายุคใหม่ต้องไถกลบตอซัง*