



วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. UBU Engineering Journal

บทความวิจัย

การศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับแผ่นอัดเศษวัสดุธรรมชาติ

A Study on the Optimal Parameters for Natural Waste Materials Board

พีรวัตร ลือสัก* กำพล จินตอมรชัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

Peerawat Luesak* Kumphol Jinta-amornchai

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai, Phan, Chiang Rai 52170

* Corresponding author.

E-mail: peerawat_ie@hotmail.com; Telephone: 08 8269 2476

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปแผ่นอัดจากเศษวัสดุทางธรรมชาติ สำหรับการศึกษาวิจัยเลือกเศษวัสดุธรรมชาติ 3 ชนิด คือ เศษข้าวโพด ผักตบชวา และฟางข้าว และตัวผสมสำหรับการเพิ่มความแข็งแรงของแต่ละชนิด ได้แก่ แป้งมัน, ซีเมนต์ และ แกลบ สำหรับผสมกับเศษข้าวโพด ผักตบชวา และฟางข้าว โดยการขึ้นรูปแผ่นอัดมี 2 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการศึกษานี้ได้แก่ แรงกดอัดขึ้นรูป และอัตราส่วนผสม ซึ่งถูกกำหนดเป็นตัวแปรต้น จากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่า แผ่นอัดที่ขึ้นรูปได้ดีไม่เกิดการแตกหลังจากการอบที่ร้อยละ 0-30 โดยน้ำหนักของตัวผสมสำหรับเพิ่มความแข็งแรง จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าพารามิเตอร์ ทั้ง 2 คือ แรงที่ใช้กดอัดขึ้นรูปและอัตราส่วนผสม มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของแผ่นอัด ผลการทดลองแผ่นอัดจากเศษข้าวโพดให้ค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดสูงสุด ที่แรงกดอัดขึ้นรูป 30 ตัน และอัตราส่วนผสมเศษข้าวโพดต่อแป้งมัน 92:8 มีค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดดีที่สุด 1,204.77 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และเศษวัสดุธรรมชาติชนิดผักตบชวาให้ค่าคุณสมบัติด้านทานแรงดัดสูงสุดที่แรงกดอัดขึ้นรูปที่ 30 ตัน และอัตราส่วนผสมผักตบชวาต่อแกลบ 92:8 มีค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงดัดดีที่สุด 218.03 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ดังนั้นจากทดลองพบว่า แผ่นอัดจากเศษข้าวโพดและแผ่นอัดจากผักตบชวาเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการรับแรงอัดและแรงดัดมากกว่าแผ่นอัดที่ขึ้นรูปจากฟางข้าวที่ให้ค่าผลตอบสนองน้อยที่สุด ทั้งนี้ในการเลือกแผ่นอัดไปใช้งานควรพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมหรือแรงกระทำกับแผ่นอัดที่จะเกิดขึ้น ด้วยเหตุนี้การศึกษานี้จึงเป็นแนวทางของการขึ้นรูปแผ่นอัดจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติ สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ

แผ่นอัด คุณสมบัติด้านทานแรงอัด คุณสมบัติด้านทานแรงดัด เศษวัสดุธรรมชาติ

Abstract

This research aims to optimize the parameters for the natural waste material board forming. Three types of the natural waste materials have been used in this work including corn husk, water hyacinth and rice straw. The strengthen materials of each the natural waste material are cassava flour, saw dust and rice husk for corn husk, water hyacinth and rice straw. Two parameters were used in this study including mixture ratio and compressive force which were categorized as independent variable. From preliminary experimental results, the obtained fiber boards are good forming with no crack after dried at 0-30 weight percentage of the strengthen materials. From statistical analysis, the compressive force and the mixture ratio effect on the compressive and bending strength properties of the received boards. From the results, the corn husk board has the highest compressive strength with 30 ton of forming compressive force at 92:8 mixture ratio of the corn husk and the cassava flour. The predicted compressive strength value from regression analysis is 1,204.77 newton

per square millimeter. The water hyacinth board gave the highest bending strength with the suitable forming compressive force at 30 ton and the mixture ratio of the water hyacinth and the rice husk at 92:8. The regressive equation analysis presents the highest predicted bending strength property value at 218.03 newton per square millimeter. Therefore, the produced boards from corn husk and water hyacinth are more appropriate than the rice straw board in compressive and bending application. Hence, in utility, the board type determination should consider the environment and force which react on it. Finally, this project can be a guideline on the natural material waste board forming and can be used as the data base for development further in the future.

Keywords

compressive board; compressive strength property; bending strength property; natural waste materials board

1. บทนำ

ปัจจุบันป่าไม้เป็นทรัพยากรที่มีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ความต้องการใช้แผ่นไม้จากธรรมชาติมีจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแผ่นไม้มีไม่เพียงพอต่อความต้องการตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และเศรษฐกิจของประเทศ การผลิตวัสดุทดแทนแผ่นไม้จากธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกที่ถูกผลิตขึ้นอย่างมากมาย แผ่นขึ้นไม้อัด แผ่นใยอัด รวมถึงแผ่นอัดจากซีเมนต์ เพื่อศึกษาแผ่นอัดทดแทนจากไม้โดยนำเศษข้าวโพด ผักตบชวา และฟางข้าว หาค่าที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปเป็นแผ่นอัดที่มีคุณสมบัติต้านทานแรงอัดและคุณสมบัติต้านทานแรงดัด

การศึกษางานวิจัย เพื่อนำข้อมูลสำหรับการขึ้นรูปแผ่นอัด ได้ศึกษาเส้นใยข้าวโพดผสมเกล็ดเสริมคอมโพสิต เอทิลีนรีไซเคิลที่มีความหนาแน่นต่ำ [1] คุณสมบัติของแผ่นอัดสามชั้นที่ทำจากบอแก้ว [2] รวมถึงการขึ้นรูปไม้อัดความหนาแน่นต่ำจากฟางข้าวสาลี และแกนข้าวโพด [3] อีกทั้งศึกษาผลกระทบของการเพิ่มของเส้นใยเปลือกข้าวโพด [4] และการประเมินสมบัติเชิงกล และการปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ของแผ่นไม้อัดที่ผลิตจากเศษหินสน [5] พบว่างานวิจัยนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ปรับปรุงคุณสมบัติทางกล ทางกายภาพ ความหนาแน่น เพื่อให้ได้แผ่นอัดจากเศษวัสดุธรรมชาติ ดังรายงานคุณสมบัติทางกลของแผ่นอัดเส้นใยจากข้าวโพด มีค่าความยืดหยุ่นของมอดูลัสสูงถึง 52 เมกะปาสคาล ให้ความแข็งแรงสูงถึงร้อยละ 70 ของแผ่นไม้อัดสำหรับการพาณิชย์ [6] และการศึกษาปริมาณของเส้นใยบอแก้วและแป้งข้าวโพดผสมเกล็ดเสริมแรงใน โพลีไบโอคอมโพสิต ซึ่งพบว่าปริมาณอัตราส่วนของเส้นใยบอแก้ว และแป้งข้าวโพดผสมเกล็ดมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของแผ่นโพลีไบโอคอมโพสิต การควบคุมอัตราส่วนผสมให้เหมาะสม จะทำได้

คุณสมบัติทางกลดีที่สุด [7] นอกจากนี้ยังมี การผลิตแผ่นใยอัดใช้ลำต้นข้าวโพด โดยการปรับสภาพด้วยเชื้อราขาว สามารถเพิ่มค่าความยืดหยุ่นของมอดูลัส และความยืดหยุ่นของแผ่นใยอัดให้สูงขึ้นได้อีกด้วย [8] อีกทั้งการใช้เอมิเซลลูโลสจากชังข้าวโพดทำให้คุณสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลเพิ่มสูงขึ้น [9] ในภาคอุตสาหกรรมมีการนำ เส้นใยบอแก้วเข้ามาใช้ในการเสริมแรงให้แผ่นคอมโพสิตโพลีเมอร์ทำให้สมบัติทางกลเพิ่มสูงขึ้นด้วย [10] นอกจากนี้มีการศึกษาพารามิเตอร์ที่ทำให้ได้พื้นผิวแผ่นอัดจากขานอ้อยที่ดีที่สุดด้วยวิธีการทางสถิติ พารามิเตอร์ที่เหมาะสมนั้นให้ค่าพื้นผิวที่เรียบสม่ำเสมอเฉลี่ย 91.40 ไมครอน และมีคุณสมบัติต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 24 เมื่อเทียบกับแผ่นอัดจากเศษไม้ [11] จะเห็นว่าจากการศึกษาวิจัย มีการศึกษาการใช้เศษวัสดุจากธรรมชาติหลายชนิดสำหรับการผลิตเป็นแผ่นอัดและการเสริมแรง ซึ่งแผ่นอัดที่ผลิตได้มีคุณสมบัติทางกล และทางกายภาพที่ดี อย่างไรก็ตามยังมีความแข็งแรงที่ต่ำกว่าแผ่นอัดจากการพาณิชย์ อันเนื่องมาจากการใช้พารามิเตอร์กระบวนการส่วนผสมของสารยึดที่ไม่เหมาะสม จึงทำให้ความแข็งแรงของแผ่นอัดที่ได้มีประสิทธิภาพทางกลต่ำ [12,13] การควบคุมพารามิเตอร์ดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญ รวมถึงการเลือกใช้ชนิดของเศษวัสดุสำหรับการผลิตแผ่นอัดด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติ คือเศษข้าวโพด ผักตบชวา และฟางข้าว สำหรับการศึกษากระบวนการผลิตเป็นแผ่นอัด ซึ่งเศษพืชเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ประกอบด้วยเส้นใยเซลลูโลสในปริมาณที่สูง สามารถหาได้ง่าย ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุตัวประสาน มีอัตราส่วนการหดตัวและการดูดซึมน้ำต่ำ และให้ความแข็งแรงสูง ทำให้น้ำหนักเบา กันน้ำ กันแมลง [14,15]

ดังนั้นการศึกษาวิจัยเพื่อหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ กระบวนการที่เหมาะสมที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านทาน แรงอัด และคุณสมบัติด้านทานแรงดัด ซึ่งมีพารามิเตอร์ กระบวนการ คือแรงที่ใช้กดอัดขึ้นรูป และอัตราส่วนผสม โดย ประยุกต์ใช้วิธีการออกแบบการทดลองทางสถิติ สำหรับการ วิเคราะห์ผลกระทบของพารามิเตอร์เหล่านี้

2. วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาวิจัยสำหรับการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ การขึ้นรูปแผ่นอัดจากเศษวัสดุธรรมชาติ ใช้เศษวัสดุธรรมชาติ 3 ชนิด สำหรับการศึกษาวิจัย ประกอบด้วย เศษข้าวโพด ผักตบชวา และฟางข้าว และตัวผสมสำหรับการเพิ่มความ แข็งแรงของแต่ละชนิด ได้แก่ แป้งมันผสมกับเศษข้าวโพด ซี เลี้ยงผสมกับผักตบชวา และ แกลบผสมกับฟางข้าว การขึ้นรูป แผ่นอัดมี 2 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับศึกษานี้ได้แก่ แรงกด อัดขึ้นรูป และอัตราส่วนผสม ซึ่งเป็นตัวแปรต้น จากผลการ ทดลองเบื้องต้นพบว่าที่อัตราส่วนของตัวผสมระหว่างร้อยละ 0-30 โดยน้ำหนัก สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นอัดได้ดีไม่เกิดการ แตกหลังจากการอบจึงกำหนดอัตราส่วนผสมสำหรับงานวิจัยนี้ อยู่ในช่วงดังกล่าว โดยค่าระดับของพารามิเตอร์แสดงดัง

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์สำหรับการทดลอง

ชนิดของวัสดุจาก ธรรมชาติ (Type)	แรงกดอัดขึ้นรูป		
	20 ตัน	25 ตัน	30 ตัน
	อัตราส่วนผสม (Ratio)		
เศษข้าวโพด กับแป้งมัน	70:30	70:30	70:30
	80:20	80:20	80:20
	90:10	90:10	90:10
	100:0	100:0	100:0
ผักตบชวา กับแกลบ	70:30	70:30	70:30
	80:20	80:20	80:20
	90:10	90:10	90:10
	100:0	100:0	100:0
ฟางข้าว กับซีเลี้ยง	70:30	70:30	70:30
	80:20	80:20	80:20
	90:10	90:10	90:10
	100:0	100:0	100:0



รูปที่ 1 ขนาดขึ้นทดสอบแผ่นอัด

ตารางที่ 1 สำหรับตัวแปรตามหรือผลตอบสนองที่ต้องการเป็น คุณสมบัติทางกลด้านความต้านทานแรงอัด และความต้านทาน แรงดัด ซึ่งวิธีการขึ้นรูปและวิธีการทดสอบคุณสมบัติด้านทาน แรงอัด และคุณสมบัติด้านทานแรงดัด กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.1 และ 2.2

2.1 วิธีขึ้นรูปแผ่นอัดจากเศษวัสดุจากธรรมชาติ

การขึ้นรูปแผ่นอัดจากเศษวัสดุธรรมชาติทั้ง 3 ชนิด มี กระบวนการขึ้นรูป โดยเริ่มจากการต้มวัสดุธรรมชาติเพื่อให้ได้ เส้นใยสำหรับการขึ้นรูปเป็นแผ่นอัด โดยใช้ปริมาณน้ำ 50 ลิตร ต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 กรัม แล้วนำมาล้างเยื่อด้วยน้ำ สะอาด และตากทิ้งไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำใยที่ผ่าน กระบวนการตากมาผสม โดยใช้กาวลาเท็กซ์เป็นตัวประสาน ร้อยละ 10 ของน้ำหนักวัสดุธรรมชาติ แล้วนำไปอัดขึ้นรูปให้มี ขนาดกว้าง 300 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตรหนา 10 มิลลิเมตร ด้วยค่าพารามิเตอร์แสดงดังตารางที่ 1 และนำไปอบ ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่ง ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้เป็นค่าที่เหมาะสมจากการทดลอง เบื้องต้น

2.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกล

การทดสอบคุณสมบัติทางกลของแผ่นอัดจากเศษวัสดุ ธรรมชาติ เพื่อทดสอบคุณสมบัติด้านทานแรงอัด และ คุณสมบัติด้านทานแรงดัด โดยเตรียมชิ้นงานสำหรับการ ทดสอบให้มีขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร ดัง รูปที่ 1 ตามมาตรฐาน JIS A 5905 ทดสอบแรงกดอัดและการ ทดสอบแรงดัดแบบ 3 จุด ใช้แรงกด 50 กิโลนิวตัน และอัตรา ความเร็วในการกดอัด 5 มิลลิเมตรต่อนาที ดังรูปที่ 2 และ 3 ด้วยเครื่องทดสอบ Microcomputer controlled electronic universal testing machine โดยแต่ละการทดลองจะทดสอบ จำนวน 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัด และคุณสมบัติด้านทานแรงอัด นำผลการทดสอบที่ได้วิเคราะห์

ตารางที่ 2 ขั้นตอนของพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแผนอัสเซสชันวิศวกรรมชาติ

Order	Press	Ratio	Compress _{Com}	Compress _{Hyacinth}	Compress _{Steaw}	Bending _{Com}	Bending _{Hyacinth}	Bending _{Steaw}
1	30	100	1090.00	190.00	115.00	63.67	264.00	236.33
2	20	90	543.33	246.67	228.33	71.33	149.67	158.33
3	20	100	345.00	134.33	130.00	52.33	155.33	157.67
4	30	90	1485.33	666.67	245.00	80.67	193.00	177.00
5	30	80	783.33	130.00	255.00	54.67	183.00	196.33
6	20	80	376.67	156.67	225.00	35.33	125.00	128.67
7	25	90	792.67	453.33	245.00	45.33	161.33	164.00
8	25	100	528.33	163.33	100.00	42.00	188.67	184.33
9	30	70	593.67	153.33	335.00	42.67	164.00	170.00
10	25	70	434.00	100.00	260.00	33.00	143.00	116.00
11	20	70	320.67	173.33	190.00	27.67	99.00	107.67
12	25	80	604.00	440.00	310.00	61.33	176.00	147.33

ผลความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ เพื่อหาค่าพยากรณ์แบบผลตอบเดียวและแบบผลตอบรวม

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการทดลอง

การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปแผ่นอัดของวัสดุธรรมชาติแต่ละชนิด ใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล ดังตารางที่ 2 สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตัวแปรตามนั้นใช้วิธีการวิเคราะห์แบบพื้นผิวผลตอบเพื่อให้ทราบค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์สำหรับการทดสอบสมมติฐานของการวิจัยตั้งสมมติฐานไว้ดังนี้

ตัวแปรต้น คือ แรงกดอัดขึ้นรูปที่ 20 25 และ 30 ตัน และ

อัตราส่วนผสม 70:30 80:20 90:10 และ 100:0

ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติ

ด้านทานแรงดัด

การกำหนดสมมติฐานคุณสมบัติด้านทานแรงอัด

การทดสอบสมมติฐานตัวแปรต้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม ด้านคุณสมบัติด้านทานแรงอัดหรือไม่

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{A1} = \mu_{A2} = \mu_{A3}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{A1} \neq \mu_{A2} \neq \mu_{A3}$ อย่างน้อย 1 คู่

เมื่อ μ_{A1} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่แรงกด

อัดขึ้นรูป 20 ตัน

μ_{A2} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่แรงกด

อัดขึ้นรูป 25 ตัน



รูปที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติด้านทานแรงอัด



รูปที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติด้านทานแรงดัด

μ_{A3} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่แรงกด
อัดขึ้นรูป 30 ตัน

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{A1} = \mu_{A2} = \mu_{A3} = \mu_{A4}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{A1} \neq \mu_{A2} \neq \mu_{A3} \neq \mu_{A4}$ อย่างน้อย 1 คู่

เมื่อ μ_{A1} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่ส่วนผสม
70:30

μ_{A2} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่ส่วนผสม
80:20

μ_{A3} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่ส่วนผสม
90:10

μ_{A4} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่ส่วนผสม
100:0

การกำหนดสมมติฐานคุณสมบัติด้านทานแรงดัด

การทดสอบสมมติฐานตัวแปรต้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง
ของตัวแปรตาม ด้านคุณสมบัติด้านทานแรงดัดหรือไม่

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{B1} = \mu_{B2} = \mu_{B3}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{B1} \neq \mu_{B2} \neq \mu_{B3}$ อย่างน้อย 1 คู่

เมื่อ μ_{B1} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่แรงกด
อัดขึ้นรูป 20 ตัน

μ_{B2} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่แรงกด
อัดขึ้นรูป 25 ตัน

μ_{B3} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่แรงกด
อัดขึ้นรูป 30 ตัน

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{B1} = \mu_{B2} = \mu_{B3} = \mu_{B4}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{B1} \neq \mu_{B2} \neq \mu_{B3} \neq \mu_{B4}$ อย่างน้อย 1 คู่

เมื่อ μ_{B1} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่ส่วนผสม
70:30

μ_{B2} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่ส่วนผสม
80:20

μ_{B3} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่ส่วนผสม
90:10

μ_{B4} = ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดที่ส่วนผสม
100:0

สมมติฐานของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติ
ด้านทานแรงดัด ให้ค่าระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 ที่
ระดับความเชื่อถือว่าร้อยละ 95

3. ผลการทดลองทางสถิติ

การทดสอบคุณสมบัติทางกลของแผ่นอัดจากเศษวัสดุ
ธรรมชาติได้ผลการทดสอบดังนี้

คุณสมบัติด้านทานแรงอัด

- 1) เศษข้าวโพดที่อัตราส่วน 90:10 ใช้แรงกดอัด 30 ตัน
มีคุณสมบัติด้านทานแรงอัดเฉลี่ยสูงสุด 1,485.33 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร
- 2) ผักตบชวาที่อัตราส่วน 90:10 ใช้แรงกดอัด 30 ตัน มี
คุณสมบัติด้านทานแรงอัดเฉลี่ยสูงสุด 666.67 นิวตัน
ต่อตาราง 70:30 ใช้แรงกดอัด 30 ตัน มีคุณสมบัติ
ด้านทานแรงอัดเฉลี่ยสูงสุด 335.00 นิวตันต่อตาราง
มิลลิเมตร

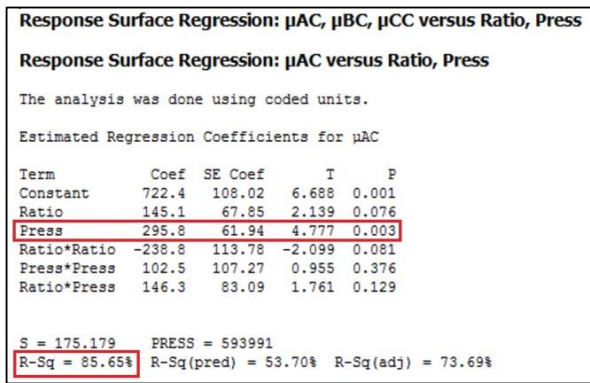
คุณสมบัติด้านทานแรงดัด

- 1) เศษข้าวโพดที่อัตราส่วน 90:10 ใช้แรงกดอัด 30 ตัน
มีคุณสมบัติด้านทานแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด 80.67 นิวตัน
ต่อตารางมิลลิเมตร
- 2) ผักตบชวาที่อัตราส่วน 100:0 ใช้แรงกดอัด 30 ตัน มี
คุณสมบัติด้านทานแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด 264.00 นิวตัน
ต่อตารางมิลลิเมตร
- 3) ฟางข้าวที่อัตราส่วน 100:0 ใช้แรงกดอัด 30 ตัน มี
คุณสมบัติด้านทานแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด 236.33 นิวตัน
ต่อตารางมิลลิเมตร

จากผลการทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลองข้างต้น จึงได้
ออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มี
ผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทาน
แรงดัดของแผ่นอัดจากเศษวัสดุธรรมชาติ ทั้ง 3 ชนิด ดัง
รายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแผ่นอัดจาก เศษวัสดุธรรมชาติ

การทดสอบได้กำหนดเศษวัสดุธรรมชาติ คือ เศษข้าวโพด
ผักตบชวา และฟางข้าว นำแผ่นอัดทดสอบคุณสมบัติด้านทาน
แรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัด ผลการทดลองพบว่าเศษ
ข้าวโพดกับแป้งมัน ผักตบชวากับแกลบ และฟางข้าวกับขี้เถ้า



รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของเศษข้าวโพด

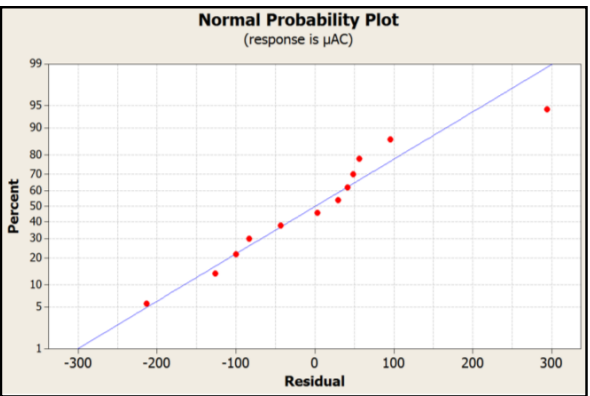
ได้ผลการทดสอบที่ดี จากนั้นนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ผลเพื่อหาอิทธิพลของพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัด โดยทำการทดลองแบบสุ่มและประยุกต์ใช้โปรแกรมทางสถิติช่วยในการออกแบบการทดลอง (Minitab) เพื่อให้ผลที่ได้มีค่าความแปรปรวนน้อย ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 2

3.2 การวิเคราะห์การถดถอยของพื้นผิวตอบสนองคุณสมบัติด้านทานแรงอัด

การวิเคราะห์การถดถอยของพื้นผิวตอบสนองคุณสมบัติด้านทานแรงอัด เพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของแผ่นอัดจากเศษวัสดุธรรมชาติ คือ เศษข้าวโพด ผักตบชวา และฟางข้าว ซึ่งผลการวิเคราะห์ มีดังนี้

3.2.1 คุณสมบัติด้านทานแรงอัดของแผ่นอัดเศษข้าวโพด

การวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของเศษข้าวโพด พบว่าพารามิเตอร์อัตราส่วนผสมมีค่า p -value มีค่าเท่ากับ 0.076 มากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 จึงไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าอัตราส่วนผสมไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านทานแรงอัดไม่ว่าที่ส่วนผสมใด ให้ค่าความด้านทานแรงอัดไม่แตกต่างกัน แต่พารามิเตอร์แรงกดอัดขึ้นรูป มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านทานแรงอัด เนื่องจากค่า p -value มีค่าเท่ากับ 0.003 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 ดังรูปที่ 4 และการวิเคราะห์ยังมีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจมีความน่าเชื่อถือ (R-Sq) ร้อยละ 85.65 ซึ่งสามารถ



รูปที่ 5 แผนภูมิ Normal Probability Plot ของเศษข้าวโพด

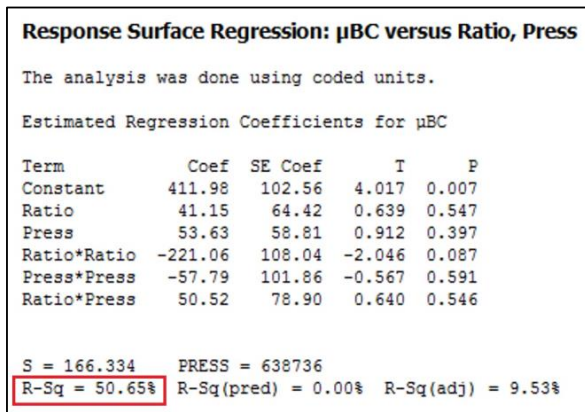
นำไปสร้างสมการทำนายผลและพื้นที่ผิวตอบได้ค่อนข้างแม่นยำและเหมาะสม

การตรวจสอบความถูกต้องของส่วนตกค้าง (residuals) ดังรูปที่ 5 พบว่าจากการทดลองชุดนี้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคือ แผนภูมิ normal probability plot ของค่า residual จากวัสดุเศษข้าวโพด มีการกระจายตัวในลักษณะเส้นตรง แสดงว่าข้อมูลมีความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของข้อมูลสามารถนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าผลตอบที่เหมาะสมได้ (response surface)

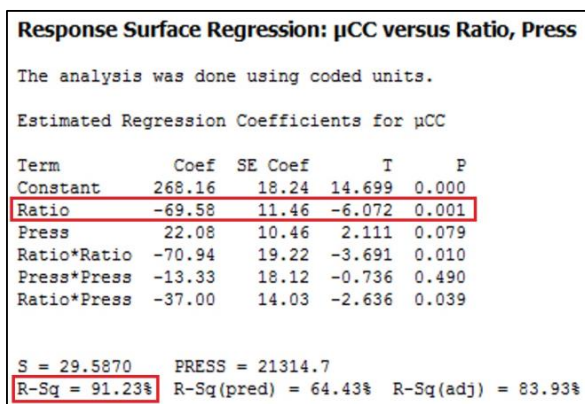
3.2.2 คุณสมบัติด้านทานแรงอัดของแผ่นอัดผักตบชวา

การวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของผักตบชวา พบว่าทั้งพารามิเตอร์แรงกดอัดขึ้นรูปและอัตราส่วนผสม ไม่มีอิทธิพลหรือไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านทานแรงอัดจึงไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักของทั้ง 2 พารามิเตอร์ เนื่องจากค่า p -value มีค่ามากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 และการวิเคราะห์ยังมีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจมีความน่าเชื่อถือ (R-Sq) ร้อยละ 50.65 ดังรูปที่ 6

การตรวจสอบความถูกต้องของส่วนตกค้าง (residuals) ดังรูปที่ 7 พบว่าจากการทดลองชุดนี้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคือ แผนภูมิ normal probability plot ของค่า residual จากวัสดุผักตบชวา มีการกระจายตัวในลักษณะเส้นตรงแสดงว่าข้อมูลมีความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของข้อมูล



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของผักตบชวา

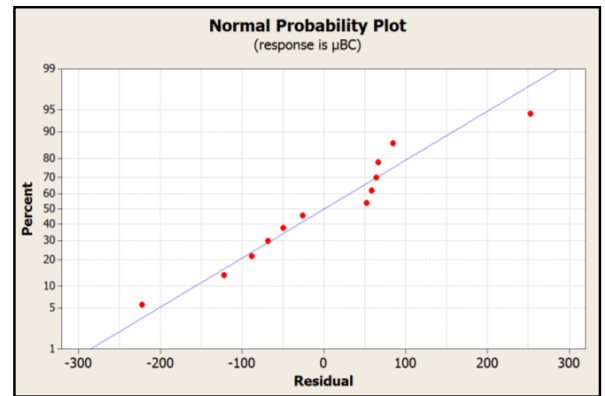


รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของฟางข้าว

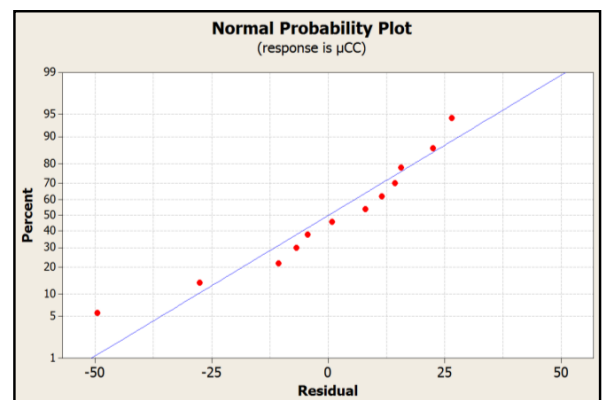
สามารถนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าผลตอบที่เหมาะสมได้ (response surface)

3.2.3 คุณสมบัติด้านทานแรงอัดของแผ่นอัดฟางข้าว

การวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของฟางข้าวพบว่าพารามิเตอร์อัตราส่วนผสม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านทานแรงอัด ซึ่งเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมทำให้ค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงเนื่องจากค่า p -value มีค่าเท่ากับ 0.001ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 สำหรับพารามิเตอร์ แรงกดอัดขึ้นรูปมีค่า p -value มีค่าเท่ากับ 0.079 มากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 จึงไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าแรงกดอัดขึ้นรูปไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านทานแรงอัดไม่ว่าที่ส่วนผสมใดให้ค่าความต้านทานแรงอัดไม่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 8 และการ



รูปที่ 7 แผนภูมิ Normal Probability Plot ของผักตบชวา

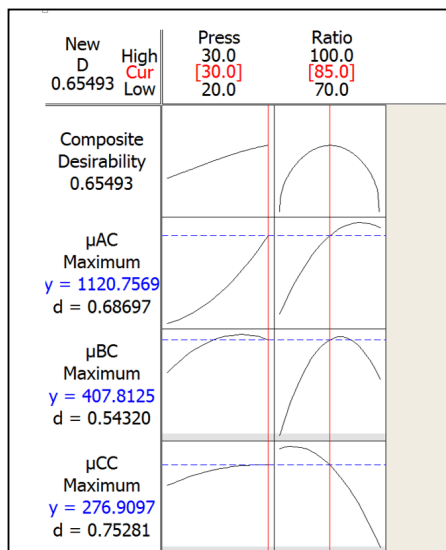


รูปที่ 9 แผนภูมิ Normal Probability Plot ของฟางข้าว

วิเคราะห์ยังมีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจมีความน่าเชื่อถือ (R-Sq) ร้อยละ 91.23 ซึ่งสามารถนำไปสร้างสมการทำนายผล และพื้นที่ผิวตอบได้ค่อนข้างแม่นยำและเหมาะสม

การตรวจสอบความถูกต้องของส่วนตกค้าง (residuals) ดังรูปที่ 9 พบว่าจากการทดลองชุดนี้มีความเหมาะสม และสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคือ แผนภูมิ normal probability plot ของค่า residual จากวัสดุฟางข้าว มีการกระจายตัวในลักษณะเส้นตรง แสดงว่าข้อมูลมีความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของข้อมูล สามารถนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าผลตอบที่เหมาะสมได้ (response surface)

ผลการวิเคราะห์การถดถอยของพื้นที่ผิวตอบสนองคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของเศษวัสดุจากธรรมชาติ ทั้ง 3 ชนิด พบว่า พารามิเตอร์แรงกดอัดขึ้นรูป และอัตราส่วนผสมมี



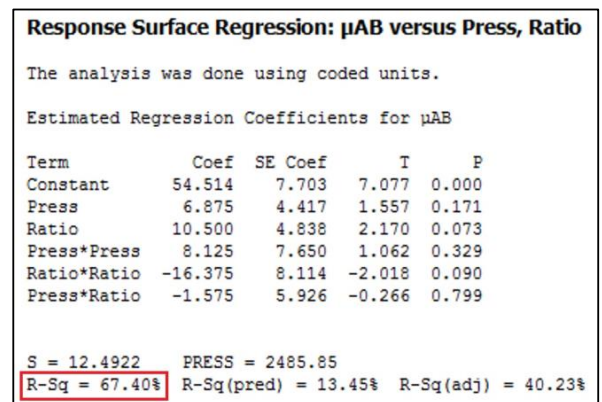
รูปที่ 10 จุดที่เหมาะสมสำหรับคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของเศษวัสดุธรรมชาติ

อิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านทานแรงอัดอย่างมีนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 ที่ระดับความเชื่อถือว่าร้อยละ 95 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) จากนั้นวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดแบบผลตอบเดียวด้วยฟังก์ชัน response optimization

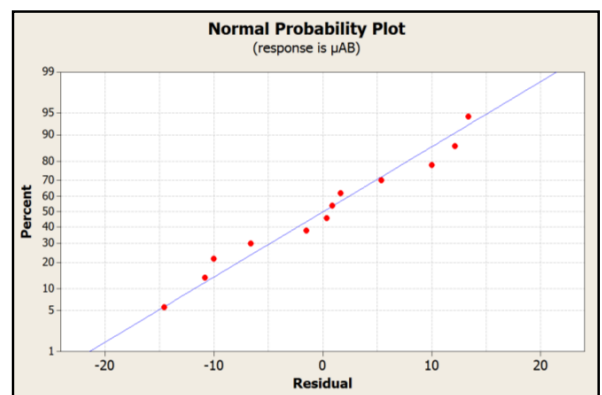
จากการวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน response optimization แบบผลตอบเดียว ดังแสดงในรูปที่ 10 ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของพารามิเตอร์ทั้ง 2 คือใช้แรงกดอัดขึ้นรูปที่ 30 ตัน อัตราส่วนผสม 85:15 มีค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของเศษข้าวโพดดีที่สุด 1,120.76 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของผักตบชวาดีที่สุด 407.81 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดของฟางข้าวดีที่สุด 276.91 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรซึ่งค่าความพึงพอใจรวมเท่ากับ 0.65

3.3 การวิเคราะห์การถดถอยของพื้นผิวตอบสนองคุณสมบัติด้านทานแรงดัด

การวิเคราะห์การถดถอยของพื้นผิวตอบสนองคุณสมบัติด้านทานแรงดัด เพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของแผ่นอัดจากเศษวัสดุธรรมชาติ คือ เศษข้าวโพด ผักตบชวา และฟางข้าว ซึ่งผลการวิเคราะห์ มีดังนี้



รูปที่ 11 ผลการวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของเศษข้าวโพด



รูปที่ 12 แผนภูมิ Normal Probability Plot ของเศษข้าวโพด

3.3.1 คุณสมบัติด้านทานแรงดัดของแผ่นอัดเศษข้าวโพด

การวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของเศษข้าวโพดที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 พบว่าพารามิเตอร์แรงกดอัดขึ้นรูปและอัตราส่วนผสม ไม่มีอิทธิพลหรือไม่มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านทานแรงดัด เนื่องจากการวิเคราะห์หาค่า p -value มากกว่า 0.05 จึงไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักของทั้ง 2 พารามิเตอร์ ดังรูปที่ 11 และการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจมีความน่าเชื่อถือ (R -Sq) ร้อยละ 67.40 ซึ่งสามารถนำไปสร้างสมการทำนายผล และพื้นที่ผิวตอบได้

การตรวจสอบความถูกต้องของส่วนตกค้าง (residuals) ดังรูปที่ 12 พบว่าข้อมูลจากการทดลองชุดนี้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคือ แผนภูมิ normal probability plot ของเศษข้าวโพด

Response Surface Regression: μ BB versus Press, Ratio

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for μ BB

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	164.542	11.124	14.792	0.000
Press	34.375	6.378	5.389	0.002
Ratio	31.300	6.987	4.480	0.004
Press*Press	-0.625	11.047	-0.057	0.957
Ratio*Ratio	4.875	11.717	0.416	0.692
Press*Ratio	8.725	8.557	1.020	0.347

S = 18.0401 PRESS = 10602.2
R-Sq = 89.35% R-Sq(pred) = 42.17% R-Sq(adj) = 80.47%

รูปที่ 13 ผลการวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของผักตบชวา

Response Surface Regression: μ CB versus Press, Ratio

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for μ CB

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	152.882	9.230	16.563	0.000
Press	28.417	5.292	5.369	0.002
Ratio	29.050	5.798	5.011	0.002
Press*Press	13.583	9.167	1.482	0.189
Ratio*Ratio	0.062	9.723	0.006	0.995
Press*Ratio	-0.000	7.100	-0.000	1.000

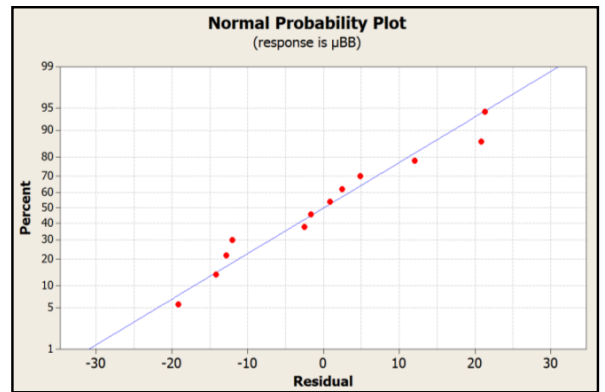
S = 14.9691 PRESS = 5920.20
R-Sq = 90.34% R-Sq(pred) = 57.48% R-Sq(adj) = 82.30%

รูปที่ 15 ผลการวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของฟางข้าว

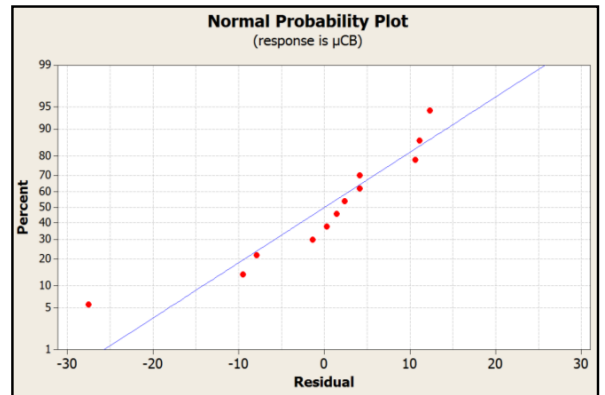
ค่า residual มีการกระจายตัวในลักษณะเส้นตรง แสดงว่าข้อมูลมีความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของข้อมูล สามารถนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ หาค่าผลตอบที่เหมาะสมได้ (response surface)

3.3.2 คุณสมบัติด้านทานแรงดัดของแผ่นอัดผักตบชวา

การวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของผักตบชวาที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 พบว่าทั้งพารามิเตอร์แรงกดอัดขึ้นรูปและอัตราส่วนผสม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านทานแรงดัด ซึ่งเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงกดอัดขึ้นรูปหรืออัตราส่วนผสม ทำให้ค่าคุณสมบัติด้านทานแรงดัดมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก เนื่องจากค่า p -value มีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังรูปที่ 13 และการวิเคราะห์ยังมีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจมีความน่าเชื่อถือ (R-Sq) ร้อยละ 89.35 ซึ่งสามารถนำไปสร้างสมการทำนายผลและพื้นที่ผิวตอบได้ค่อนข้างแม่นยำ



รูปที่ 14 แผนภูมิ Normal Probability Plot ของผักตบชวา

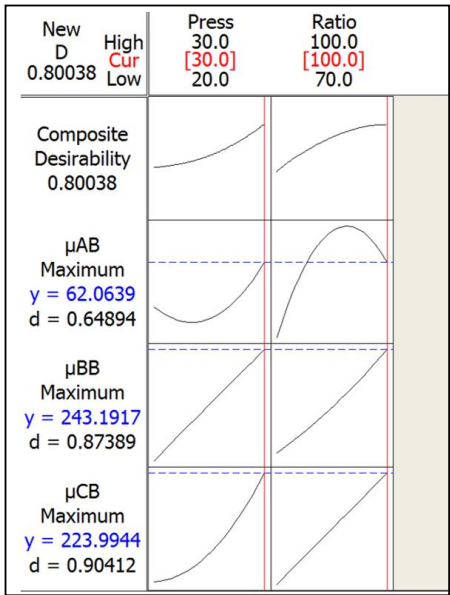


รูปที่ 16 แผนภูมิ Normal Probability Plot ของฟางข้าว

การตรวจสอบความถูกต้องของส่วนตกค้าง (residuals) ดังรูปที่ 14 พบว่าข้อมูลจากการทดลองชุดนี้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคือ แผนภูมิ normal probability plot ของผักตบชวา ค่า residual มีการกระจายตัวในลักษณะเส้นตรง แสดงว่าข้อมูลมีความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของข้อมูล สามารถนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าผลตอบที่เหมาะสมได้ (response surface)

3.3.3 คุณสมบัติด้านทานแรงดัดของแผ่นอัดฟางข้าว

การวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของฟางข้าวที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 พบว่าพารามิเตอร์แรงกดอัดขึ้นรูปและอัตราส่วนผสม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านทานแรงดัด ซึ่งเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงกดอัดขึ้นรูปหรืออัตราส่วนผสม ทำให้ค่าคุณสมบัติด้านทานแรงดัดมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก เนื่องจาก

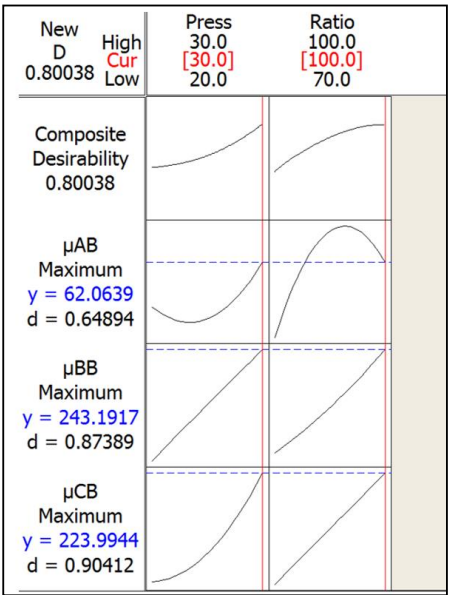


รูปที่ 17 จุดที่เหมาะสมสำหรับคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของเศษวัสดุธรรมชาติ

ค่า p -value มีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังรูปที่ 15 และการวิเคราะห์ยังมีค่าสัมประสิทธิ์ของ การตัดสินใจมีความน่าเชื่อถือ (R -Sq) ร้อยละ 90.34 ซึ่งสามารถนำไปสร้างสมการทำนายผล และพื้นที่ผิวตอบได้ค่อนข้างแม่นยำ

การตรวจสอบความถูกต้องของส่วนตกค้าง (residuals) ดังรูปที่ 16 พบว่าข้อมูลจากการทดลองชุดนี้มีความเหมาะสม และสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคือ แผนภูมิ normal probability plot ของฟางข้าว ค่า residual มีการกระจายตัวในลักษณะเส้นตรง แสดงว่าข้อมูลมีความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของข้อมูล สามารถนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าผลตอบที่เหมาะสมได้ (response surface)

ผลการวิเคราะห์การถดถอยของพื้นที่ผิวตอบสนองคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของเศษวัสดุจากธรรมชาติ ทั้ง 3 ชนิด พบว่า พารามิเตอร์แรงกดอัดขึ้นรูป และอัตราส่วนผสม มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านทานแรงดัด อย่างมีนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 ที่ระดับความเชื่อถือว่าร้อยละ 95 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) จากนั้นวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดแบบผลตอบเดียวด้วยฟังก์ชัน response optimization

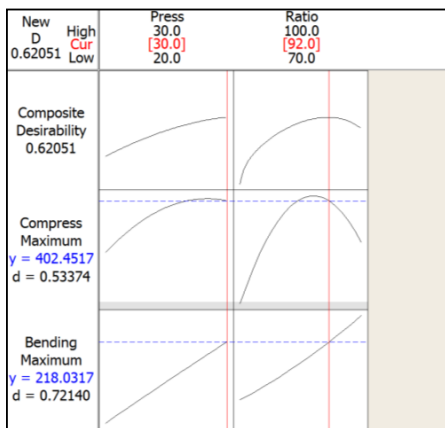


รูปที่ 18 จุดที่เหมาะสมสำหรับคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของเศษข้าวโพด

จากการวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน response optimization แบบผลตอบเดียว ดังแสดงในรูปที่ 17 ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของพารามิเตอร์ทั้ง 2 คือ ใช้แรงกดอัดขึ้นรูปที่ 30 ตัน อัตราส่วนผสม 100:0 มีค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของเศษข้าวโพดดีที่สุด 62.06 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของผักตบชวาดีที่สุด 243.19 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของฟางข้าวดีที่สุด 223.99 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรซึ่งค่าความพึงพอใจรวมเท่ากับ 0.80

3.4 การวิเคราะห์ผลตอบรวมคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัด

จากการวิเคราะห์การถดถอยของพื้นที่ผิวตอบสนองคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัด พบว่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 มีผลต่อคุณสมบัติด้านทาน แรงอัด และคุณสมบัติด้านทานแรงดัด ในการใช้งานของแผ่นอัดต้องมีคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัด ดังนั้นจึงวิเคราะห์ผลตอบรวมเพื่อให้ได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับแผ่นอัดจากเศษวัสดุธรรมชาติ



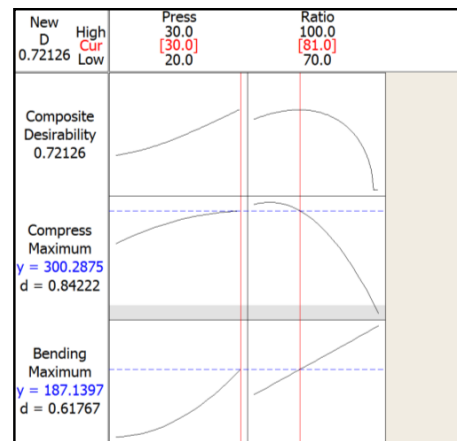
รูปที่ 19 จุดที่เหมาะสมสำหรับคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของผักตบชวา

3.4.1 การวิเคราะห์ผลตอบรวมของเศษวัสดุธรรมชาติ เศษข้าวโพด

จากรูปที่ 4 และ 11 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของเศษข้าวโพด สามารถวิเคราะห์ผลตอบรวมคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัด ดังแสดงในรูปที่ 18 พบว่าได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ทั้ง 2 คือใช้แรงกดอัดขึ้นรูปที่ 30 ตัน อัตราส่วนผสม 92:8 มีค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดดีที่สุด 1,207.77 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงดัดดี 70.11 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งค่าความพึงพอใจรวมเท่ากับ 0.78

3.4.2 การวิเคราะห์ผลตอบรวมของเศษวัสดุธรรมชาติ ผักตบชวา

จากรูปที่ 6 และ 13 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของผักตบชวา สามารถวิเคราะห์ผลตอบรวมคุณสมบัติด้านทานแรงอัด และคุณสมบัติด้านทานแรงดัด ดังแสดงในรูปที่ 19 พบว่าได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ทั้ง 2 คือใช้แรงกดอัดขึ้นรูปที่ 30 ตัน อัตราส่วนผสม 92:8 และมีค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดดีที่สุด 402.45 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงดัดดีที่สุด 218.03 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งค่าความพึงพอใจรวมเท่ากับ 0.62



รูปที่ 20 จุดที่เหมาะสมสำหรับคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของฟางข้าว

3.4.3 การวิเคราะห์ผลตอบรวมของเศษวัสดุธรรมชาติ ฟางข้าว

จากรูปที่ 8 และ 15 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ผลตอบค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัดของฟางข้าว สามารถวิเคราะห์ผลตอบรวมคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัด ดังแสดงในรูปที่ 20 พบว่าได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ทั้ง 2 คือใช้แรงกดอัดขึ้นรูปที่ 30 ตัน อัตราส่วนผสม 81:19 มีค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดดีที่สุด 300.29 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงดัดดีที่สุด 187.14 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งค่าความพึงพอใจรวมเท่ากับ 0.72

4. สรุป

การศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับแผ่นอัดจากเศษวัสดุธรรมชาติ การให้ค่าคุณสมบัติด้านทานแรงอัดและคุณสมบัติด้านทานแรงดัด โดยวิเคราะห์ผลใช้โปรแกรมทางสถิติและเทคนิคการออกแบบการทดลอง เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ดังนี้

การวิเคราะห์ผลตอบรวมของเศษวัสดุธรรมชาติของเศษข้าวโพดได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ทั้ง 2 คือใช้แรงกดอัดขึ้นรูปที่ 30 ตัน อัตราส่วนผสม 92:8 มีค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดดีที่สุด 1,204.77 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงดัดดีที่สุด

70.11 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งค่าความพึงพอใจรวมเท่ากับ 0.78

การวิเคราะห์ผลตอบรับของเศษวัสดุธรรมชาติ ชนิดผักตบชวาได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ทั้ง 2 คือใช้แรงกดอัดขึ้นรูปที่ 30 ตัน อัตราส่วนผสม 92:8 มีค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดดีที่สุด 402.45 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงดัดดีที่สุด 218.03 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งค่าความพึงพอใจรวมเท่ากับ 0.62

การวิเคราะห์ผลตอบรับของเศษวัสดุธรรมชาติ ชนิดฟางข้าวได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ทั้ง 2 คือใช้แรงกดอัดขึ้นรูปที่ 30 ตัน อัตราส่วนผสม 81:19 มีค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงอัดดีที่สุด 300.29 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ค่าการพยากรณ์ของคุณสมบัติด้านทานแรงดัดดีที่สุด 187.14 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งค่าความพึงพอใจรวมเท่ากับ 0.72

ดังนั้นผลการหาค่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปแผ่นอัดจากเศษข้าวโพดและแผ่นอัดจากผักตบชวาเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการรับแรงอัด และแรงดัดมากกว่าแผ่นอัดที่ขึ้นรูปจากฟางข้าวที่ให้ค่าผลตอบสนองน้อยที่สุด ทั้งนี้ในการเลือกแผ่นอัดไปใช้งานควรพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมหรือแรงกระทำกับแผ่นอัดที่จะเกิดขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นแนวทางของการขึ้นรูปแผ่นอัดจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติ สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในอนาคตต่อไป

5. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับแผ่นอัดจากเศษวัสดุธรรมชาติ พารามิเตอร์ที่สำคัญที่ควรควบคุม คือแรงกดอัดขึ้นรูปต้องสัมพันธ์กับอัตราส่วนผสม ของเศษวัสดุธรรมชาติแต่ละชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพคุณสมบัติทางกลของแผ่นอัดจากเศษวัสดุธรรมชาติ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณหน่วยงาน สถาบันวิจัยและพัฒนา ภายใต้โครงการยกระดับปริญญานิพนธ์เป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Youssef MA, El-Gendy A, Kamel S. Evaluation of Corn Husk Fibers Reinforced Recycled Low Density Polyethylene Composites. *Materials Chemistry and Physics*. 2015; 152: 26–33.
- [2] Juliana AH, Paridah MT, Anwar UMK. Properties of Three-Layer Particleboards Made from Kenaf (*Hibiscus Cannabinus* L.) and Rubber Wood (*Hevea Brasiliensis*). *Material and Design*. 2012; 40: 59–63.
- [3] Wang D, Sun XS. Low Density Particleboard from Wheat Straw and Corn Pith. *Industrial Crops and Products*. 2002; 15: 43–50.
- [4] Polat S, Uslu M, Ahmet A, Muharrem C. The Effects of the Addition of Corn Husk Fiber, Kaolin and Beeswax on Cross-Linked Corn Starch Foam. *Journal of Food Engineering*. 2013; 116: 267–276.
- [5] Buyuksari U, Ayrimis N, Avci E, Koc E. Evaluation of the Physical, Mechanical Properties and Formaldehyde Emission of Particleboard Manufactured from Waste Stone Pine (*Pinus Pinea* L.) Cones. *Bioresource Technology*. 201; 101: 255–259.
- [6] Theng D, Arbat G, Delgado-Aguilar M, Vilaseca F, Bunthan N, Mutjé P. All-Lignocellulose Fiberboard from Corn Biomass and Cellulose Nano-fibers. *Industrial Crops and Products*. 2015; 76: 166–173.
- [7] Kwon HJ, et al. Tensile Properties of kenaf fiber and Corn Husk Flour Reinforced Poly (Lactic Acid) Hybrid Bio-Composites: Role of Aspect Ratio of Natural Fibers. *Composites: Part B*. 2014; 56: 232–237
- [8] Wu J, Zhang X, Wan J, Ma F, Tang Y, Zhang X. Production of Fiberboard Using Corn Stalk Pretreated with White-Rot Fungus *Trametes Hirsute* by Hot Pressing Without Adhesive.

- Bioresource Technology*. 2011; 102: 11258–11261.
- [9] Silva JC, et al. Extraction, Addition and Characterization of Hemicelluloses from Corn Cobs to Development of Paper Properties. *Procedia Materials Science*. 2015; 8: 793–801
- [10] Saba N, Paridah MT, Jawaid M. Mechanical Properties of Kenaf Fiber Reinforced Polymer Composite: A Review. *Construction and Building Materials*. 2015; 76: 87–96.
- [11] Tabarsa T, Ashori A, Gholamzadeh M. Evaluation of Surface Roughness and Mechanical Properties of Particleboard Panels Made from Bagasse. *Composites: Part B*. 2011; 42: 1330–1335.
- [12] Yalinkilic MK, et al. Biological, Physical and Mechanical Properties of Particleboard Manufactured from Waste Tea Leaves. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 1998; 41(1): 75–84.
- [13] Nourbakhsh AAA. Effect of Press Cycle Time and Resin Content on Physical and Mechanical Properties of Particleboard Panels Made from the Underutilized Low-Quality Raw Materials. *Industrial Crops and Products*. 2008; 28(2): 225–230.
- [14] วิลาวัลย์ เณรมณี. การศึกษาอัตราส่วนผสมแป้งข้าวเหนียว และกาวลาเท็กซ์ เพื่อนำมาใช้ปิดกั้นดอกไม้ประจำชาติ. ใน: *การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ราชภัฏเพชรบุรีวิจัยศิลปวัฒนธรรม ครั้งที่ 3*; 2559.
- [15] Saelee S, Sikkha S. The Development of Insulating Ceiling Boards and Walls from Plants in Thailand. *Art and Architecture Journal Naresuan University*. 2012; 3: 15–24.