

การผสมกาวยูเรียฟอร์มาดิไฮด์ในการคงรูปของกากกาแฟเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ The Mixing of Urea-Formaldehyde Adhesive for Shape Retention of Coffee Grounds for Product Design

สุริยา สงค์อินทร์^{1*}, ปัทรา คุ่มเขต², และ กฤษณา คงเลิศยศ²
Suriya Song-inn^{1*}, Pattrra Kumkhet², and Krishna Konglertyot³

^{1*} สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องเรือนและการออกแบบ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

² สาขาวิชาการออกแบบแฟชั่น คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

^{1*}Department of Furniture Technology and Design . Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology
Krungthep, Bangkok Thailand

² Department of Fashion Design Program. Home Economic Technology, Rajamangala University of Technology
Krungthep, Bangkok Thailand

* Corresponding Author. E-mail: suriya.s@mail.rmuk.ac.th

Received: 07-08-2025 Revised: 27-09-2025 Accepted: 28-09-2025

บทคัดย่อ

วิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาหาสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับความคงรูปทรงของกากกาแฟผสมกับกาวยูเรียฟอร์มาดิไฮด์ด้วยการขึ้นรูปขึ้นงานในแม่พิมพ์ตามรูปแบบการออกแบบของผลิตภัณฑ์ โดยประยุกต์ใช้การเสริมความคงรูปทรงของกากกาแฟ เพื่อการแก้ปัญหาการจัดการขยะและพัฒนาสร้างสรรค์วัสดุทางเลือกสำหรับงานออกแบบผลิตภัณฑ์ วิธีการทดลองส่วนแรก หาอัตราส่วนที่เหมาะสมจากการทดสอบเบื้องต้นที่ความคงรูปทรงของกากกาแฟผสมกับกาวยูเรียฟอร์มาดิไฮด์ด้วยน้ำที่ อัตราส่วนผสมของน้ำ 46 % ซึ่งปริมาณน้ำต่ำกว่านี้กากกาแฟจะไม่คงรูป โดยแบ่งทดสอบจำนวน 4 ตัวอย่าง วิธีแบบอัดเย็นในแบบแม่พิมพ์โดยควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 27–37 องศาเซลเซียส คืออัตราส่วนที่ 37:17:46, 32:22:46, 27:27:46 และ 22:32:46 ตามลำดับ พบว่าอัตราส่วนที่ 3 กากกาแฟ 27% กาวผงยูเรียฟอร์มาดิไฮด์ 27% และน้ำ 46 % มีความคงรูปทรงดีที่สุดของรูปทรงผลิตภัณฑ์ ใช้เวลาในการขึ้นรูป 2 วัน 2 ชั่วโมง เมื่อนำอัตราส่วนผสมที่ 3 ทดสอบการทดสอบแรงดัดงอ โดยการเสริมแรงด้วยไม้ขนาดหนา 2 มิลลิเมตร 6 ความหนาของวัสดุแผ่นเรียบ คือ 6,8,10 ,12,14,16 มิลลิเมตร พบว่าความหนา 6 มิลลิเมตรมีค่าการทดสอบที่ดีที่สุดคือ 1.35 MPa และการหลอมตัวของวัสดุผสมของการคงรูปที่ดีที่สุดคือความหนา 6 มิลลิเมตร จากอัตราส่วนผสมสำหรับความคงรูปทรงของกากกาแฟของการวิจัยนี้ เป็นการต่อยอดผลิตภัณฑ์ที่ช่วยในการทดแทนวัสดุประเภทไม้ของชิ้นส่วนงานตกแต่งผิวเฟอร์นิเจอร์และผลิตภัณฑ์ได้และช่วยส่งเสริมงานออกแบบของร้านกาแฟ

คำสำคัญ กากกาแฟ, คงรูปของกากกาแฟ, การออกแบบผลิตภัณฑ์

ABSTRACT

This research aims to study and find the appropriate mixing formula for shape stability of coffee grounds mixed with urea-formaldehyde adhesive through molding workpieces in molds according to product design patterns. The adhesive is applied to enhance the shape stability of coffee grounds in order to solve waste management problems and develop alternative materials for product design work. The first experimental method involved finding the appropriate ratio from preliminary testing of shape stability of coffee grounds mixed with urea-formaldehyde adhesive with water at a mixing ratio of 46% water, below which the coffee grounds would not maintain their shape. Four samples were tested using cold pressing in molds while controlling room temperature at 27-37 degrees Celsius. The ratios were 37:17:46, 32:22:46, 27:27:46, and 22:32:46 respectively. It was found that ratio 3 - coffee grounds 27%, urea-formaldehyde powder adhesive 27%, and water 46% - had the best shape stability for the product form, requiring 2 days and 2 hours for molding. When ratio 3 was tested for bending strength with wooden reinforcement of 2 millimeters thickness, testing 6 different thicknesses of flat sheet material: 6, 8, 10, 12, 14, 16 millimeters, it was found that 6 millimeters thickness had the best test value of 1.35 MPa, and the material fusion of the mixed material with the best shape stability was at 6 millimeters thickness. From the mixing ratio for coffee ground shape stability in this

research, this represents a product extension that helps substitute wood-type materials for furniture surface decoration components and products, and helps promote design work for coffee shops

Keyword: Coffee grounds, Shape retention of coffee grounds, Product design.

1. บทนำ

ปัญหาขยะจากกากกาแฟมีแนวโน้มทั่วโลกมีการผลิตกากกาแฟเป็นของเสียอย่างน้อย 6-8 ล้านตันต่อปี ซึ่งในปัจจุบันได้มีวิธีที่สร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาการจัดการขยะและการอนุรักษ์ทรัพยากร การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ที่มีศักยภาพของการนำกากกาแฟมาใช้ประโยชน์งานด้าน ศิลปหัตถกรรม [1,2] กากกาแฟมีอิทธิพลอย่างมากต่อพฤติกรรมการณ์แนบตัว คุณสมบัติทางเทคโนโลยี และโครงสร้างจุลภาคหลังการเผา นอกจากนี้ยังพบว่าขึ้นอยู่กับปริมาณกากกาแฟที่ใช้ [3] การพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบอัดแท่งจากเศษวัสดุธรรมชาติ ใช้วิธีการอัดที่ยังไม่ได้รับการพัฒนา ออกแบบผลิตภัณฑ์[4] กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ปริมาณกาฟที่เท่ากัน การผลิตวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติในการผลิตแผ่นใยไม้อัด ต้องกำหนดอัตราส่วนที่เหมาะสม กับวัสดุประสานในการผลิตแผ่นใยไม้อัด โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นวัสดุประสาน การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล [5] ซึ่งในปัจจุบันการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงอนุรักษ์ได้ออกแบบรูปทรงทั้งการผลิตแบบอัดเย็นและแบบอัดร้อน เพื่อใช้สำหรับการใช้งานในอาคารที่เป็นนวัตกรรมใหม่การก่อสร้างและช่วยประหยัดพลังงาน เป็นการส่งเสริมการออกแบบสถาปัตยกรรมแบบบูรณาการกับการออกแบบชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ในการนำขยะมาผลิตเพื่อขึ้นรูปทรงให้มีการคงรูปทรงของกากกาแฟได้ทั้งการอัดแน่นและการปั่นเป็นรูปทรงต่าง ๆ โดยพิจารณาเหมาะสมสำหรับการสร้างผลิตภัณฑ์จากคุณสมบัติทางกายภาพ ปริมาณอัตราส่วนผสม การคงรูป ระหว่างวัสดุหลักและวัสดุผสม ด้วยกาฟ หรือวัสดุประสานที่มีพัฒนาการด้านเทคโนโลยีที่ทันสมัยของส่วนผสม ทั้งของเหลวหรือวัสดุแข็งของเหลวที่สามารถเชื่อมติด หรือประสานวัสดุสองชิ้นเข้าด้วยกัน ซึ่งกาฟมีอยู่หลากหลายรูปแบบทั้งมาจากธรรมชาติและสารเคมีสังเคราะห์ ในการใช้งานมักจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำมาติดกัน [6] การประยุกต์ใช้วัตรกรรมสำหรับกากกาแฟเพื่อผลิตสีต่อรูปทรงกระเบื้องปูพื้น กากกาแฟเป็นวัสดุสร้างรูปทรง การผลิตกระเบื้องสองชั้นประกอบด้วยการเตรียมผงโดยกระบวนการกดแท่งและเผา ทำการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล พบว่าการดูดซึมน้ำ ขึ้นอยู่กับปริมาณกากกาแฟโดยทั่วไปในการผลิตงานเครื่องเรือนนิยมเป็นกาฟที่เหมาะสมต่อการใช้งานเพียงพอนทนต่อความชื้นแต่ไม่ด้านทานน้ำ โดยใช้กาฟผสมกับซีเมนต์เพื่ออุดตาหนีของชิ้นงานหรือข้อต่องานไม้ กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นกาฟที่ใช้งานโดยทั่วไปช่างมักจะนำมาผสมกับน้ำและสีโป๊วงานเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งกาฟสามารถเซตตัวได้ดีที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นการขึ้นรูปของกากกาแฟกับกาฟโดยใช้หลักการของการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากผงส่วนใหญ่ใช้การอัดผงถ่านด้วยเครื่องอัด โดยพิจารณาจากอัตราส่วนผสมที่มีความ

เหมาะสม เพื่อหาประสิทธิภาพการใช้งานจากความแห้งของชิ้นงานและความแข็งตัวของวัสดุชิ้นงาน [4] ในการดำเนินการออกแบบงานสร้างสรรค์นั้น จากวัสดุผสม (Composites) ระหว่างวัสดุหลัก (Matrix) กับวัสดุเสริมแรง (Reinforcement) โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางด้านกายภาพของแผ่นวัสดุผสม [6] ทั้งนี้การนำเอากากกาแฟมีน้ำหนักเบาและมีช่องว่างระหว่างเม็ดเยื่อจึงต้องหาวัสดุกาฟเป็นวัสดุผสมที่นำมาเป็นตัวยึดเกาะให้กากกาแฟจับตัวคงรูปในแบบบอกลักแม่พิมพ์ยางซิลิโคน[7] ดังนั้นการคงรูปของกากกาแฟสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ จากลักษณะการหดตัวเมื่อแห้ง

การเสริมความแข็งแรง การศึกษาคุณสมบัติที่ต้องการสำหรับการพัฒนาแผ่นไม้สำหรับวัสดุทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยั่งยืน ด้วยของเสียทางการเกษตร เพื่อผลิตวัสดุประกอบที่เป็นมิตรต่อเศรษฐกิจและเทคโนโลยี ซึ่งการประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพกากกาแฟ ที่เดิมสารช่วยผสม ในการนำไปสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ช่วยลดรูปทรง กากกาแฟ จากปริมาณกากกาแฟ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขช่องว่างทางความรู้และข้อมูลในหัวข้อนี้ในหัวข้อวัสดุกากกาแฟถือเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพสำหรับวัสดุที่สร้างสีทางธรรมชาติในงานก่อสร้าง โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของกากกาแฟเป็นวัสดุที่ยั่งยืน หมุนเวียนได้ และราคาไม่แพง อีกทั้งมีอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้การใช้ขยะจากกากกาแฟจะช่วยให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์และเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม [8,9,10]

แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาตัวเชื่อมประสานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับกากกาแฟสำหรับงานผลิตงานเฟอร์นิเจอร์และงานผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้กาฟเป็นส่วนผสมในการผลิตไม้ยังขาดผู้ศึกษาวิจัยจึงสนใจในการใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยการขึ้นรูปชิ้นงานในแม่พิมพ์ตามรูปแบบการออกแบบของผลิตภัณฑ์ โดยประยุกต์ใช้กาฟในการเสริมความคงรูปทรงของกากกาแฟกรณีนำไปออกแบบและผลิต

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ อุปกรณ์

- กระบะใส่กากกาแฟ เพื่อตากแสงแดดหรือภายในอาคารครวมีลักษณะที่กว้างและมีระนาบแบนเพื่อลดการอัซขึ้น
- กากกาแฟ เป็นวัสดุหลัก โดยการนำมาพองอากาศในบรรยากาศอุณหภูมิห้องหรือตากแสงแดดเวลาประมาณ 2 สัปดาห์จึงนำมาใช้ผสมเนื่องจากกากกาแฟมีความชื้น
- ผงกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ สำหรับเป็นวัสดุตัวประสานที่สามารถหาซื้อได้ตามร้านวัสดุทั่วไป
- ขอนกาแฟ สำหรับตัดกากกาแฟและวัสดุประสานและคนส่วนผสมควรมีขนาดเล็กเพื่อสะดวกต่อการตักใส่แบบแม่พิมพ์

- ปีกเกอร์สำหรับวัดตวงปริมาตรหน่วยวัดเป็นแบบ มิลลิลิตร
- เครื่องชั่ง Digital สำหรับชั่งตวงน้ำหนักหน่วยวัดเป็นหน่วยกรัม
- ภาชนะสำหรับผสม สามารถใช้วัสดุกล่องที่ทิ้งจากการใช้งาน
- แบบแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ประดิษฐ์ขึ้นเองหรือซื้อแบบสำเร็จรูป

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 ลักษณะทางกายภาพการคงรูป

กำหนดอัตราส่วนผสม [5,7] ลักษณะทางกายภาพการคงรูประหว่างวัสดุหลักกากกาแฟกับวัสดุผสมผงยูเรียฟอสเฟตไฮโดรเจน และน้ำ โดยขึ้นรูปขึ้นงานวัสดุผสมโดยการผลิตด้วย วิธีแบบอัดเย็นด้วยบอกลีแม่พิมพ์ยางซิลิโคนและขึ้นงานแห้งให้แข็งตัวตามสภาพอากาศของอุณหภูมิห้องที่ 27 – 37 องศาเซลเซียส

จากการทดลองเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองโดยแบ่งอัตราส่วนผสม กากกาแฟกับกาบ ส่วนน้ำควบคุมที่ 46 % เนื่องจากการทดลองที่ปริมาณน้ำต่ำกว่าจะทำให้ความคงรูป แตก ไม่เรียบผิว ขรุขระ ปริมาณน้ำที่มากจะทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งช้าทำให้ถอดแบบได้ช้า แต่ถ้าน้ำเกิน 50% จะทำให้ผลิตภัณฑ์แตกร้าว ผู้วิจัยจึงกำหนดการทดลองโดยแบ่งเป็น 4 วิธีการทดลอง เนื่องจากการทดลองผู้วิจัยได้ทดสอบเบื้องต้นกำหนดการทดลองเป็นแบบ ร้อยละเพื่อการวัดตวงที่มีตัวชี้วัด

วิธีที่ 1 กากกาแฟ 37% ต่อ กาบ 17% น้ำ ต่อ 46%

วิธีที่ 2 กากกาแฟ 32% ต่อ กาบ 22% น้ำ ต่อ 46%

วิธีที่ 3 กากกาแฟ 27% ต่อ กาบ 27% น้ำ ต่อ 46%

วิธีที่ 4 กากกาแฟ 22% ต่อ กาบ 32% น้ำ ต่อ 46%

ขั้นตอนการทดลอง

1.วัดตวงกากกาแฟ กาบ และน้ำ โดยวัดตวง ได้น้ำหนักต่อผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้นเท่า 36 กรัม

2.นำกากกาแฟผสมกับกาบ แบ่งการทดสอบโดยแบ่งอัตราส่วนผสม



ภาพที่ 1 แสดงการวัดตวงกากกาแฟ กาบ และน้ำ



ภาพที่ 2 แสดงการผสมระหว่าง กากกาแฟกับกาบ

3.นำกากกาแฟผสมกับกาบ ผสมกับ น้ำ



ภาพที่ 3 แสดงการผสมระหว่าง กากกาแฟกับกาบ และน้ำ

4.นำไปอัดเป็นผลิตภัณฑ์ด้วยแบบแม่พิมพ์ โดยจะทำการทดสอบพิจารณา



ภาพที่ 4 แสดงการอัดเป็นผลิตภัณฑ์ด้วยแบบแม่พิมพ์

5.ถอดแบบเพื่อพียงอากาศอุณหภูมิห้อง พิจารณาการแห้งตัวของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 5 แสดงผลิตภัณฑ์

2.2.2 ทดสอบความแข็งแรงดัดงอ

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดราบ มอก. 876-2547 ด้วยเครื่อง Electromechanical Universal Testing Machine: WDW-S Series

2.2.3 การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ Leica รุ่น DM2500 และ DM2500 LED เพื่อดูการหลอมตัวของกากกาแฟและกาบ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การวิจัยโดยศึกษาความเป็นไปได้ในการเลือกใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร แบ่งเป็น 2 ส่วน คือการพิจารณา คุณสมบัติทางกายภาพ และความแข็งแรง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดลองการผลิตวัสดุผสมระหว่างวัสดุหลัก คือ การกาแฟ กับ วัสดุเสริมแรง คือ เศษแผ่นไม้ เพื่อการผลิตไม้จากกากกาแฟ [6]

3.1 อัตราส่วนผสมวัสดุประสาน การคงรูป

ผลการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุประสานจากสารธรรมชาติ ความหนืด ระหว่างวัสดุหลักกากกาแฟกับวัสดุผสม คือ กาวผงยูเรียฟอร์มาดีไฮด์ และน้ำ โดยการขึ้นรูปขึ้นงานวัสดุผสมด้วยวิธีแบบอัดเย็นด้วยบอลลักแม่พิมพ์ยางซิลิโคน โดยเทวัสดุผสมลงในแม่พิมพ์ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลสูตรของ [7] ร้อยละของการหดตัวเมื่อแห้ง = $\frac{\text{เปียก}-\text{แห้ง}}{\text{เปียก}} \times 100$ ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 สัดส่วนอัตราส่วนผสมของ กากกาแฟ กาว และน้ำ

อัตราส่วนผสม กากกาแฟ + กาว + น้ำ(ร้อยละ 100 %)				
สัดส่วน (ร้อยละ)	37/17/46	32/22/46	27/27/46	22/32/46
น้ำหนัก รวม 36 (กรัม)	13.32+6.12+16.56	11.52+7.92+16.56	9.72+9.72+16.56	7.97+11.52+16.56
เวลาการแข็งตัว(วัน)	3.5	3	2.5	2
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปได้	ขึ้นรูปได้	ขึ้นรูปได้	ขึ้นรูปได้
ลักษณะพื้นผิว	แตกร้าว / ขรุขระ	แตกร้าว / ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ
สีของพื้นผิว	กาแฟเข้ม	กาแฟอ่อน	กาแฟอ่อน	กาแฟเกือบขาว

จากการตารางที่ 1 ทดลองหาอัตราส่วนของกากกาแฟและวัสดุประสานกาวและน้ำที่เหมาะสมพบว่าอัตราส่วน 27 : 27 : 46 เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมแต่ขึ้นงาน ผลการทดลองผลิตภัณฑ์มีลักษณะของเป็นสีกาแฟอ่อน พื้นผิวเรียบไม่แตกร้าว ใช้เวลาในการคงรูป 2.5 วัน ซึ่งแตกต่างจากการใช้เวลาในการคงรูป 2 วัน ขึ้นงานมีสีกาแฟออกขาวไม่คงสีกาแฟ

ตารางที่ 2 วิธีการทดลอง ที่ 1 กากกาแฟ 37% ต่อ กาว 17% น้ำ ต่อ 46%

น้ำหนักต่อผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้นเท่า 36 กรัม	ร้อยละ 100 %	36 กรัม
กากกาแฟ	37%	13.32
กาว	17%	6.12
น้ำ	46%	16.56
ระยะเวลาแข็งตัว	3.5 วัน	
ลักษณะทางกายภาพ และสีของผลิตภัณฑ์	- ขึ้นงานมีสีกาแฟเข้ม - ผิวลักษณะแตกร้าว ขรุขระ - เสียรูทรงจากการหดตัวเมื่อแห้ง	
รูปผลิตภัณฑ์ เมื่อแห้งสนิทน้ำหนักเหลือ 19.44 กรัม		

จากการตารางที่ 2 ทดลองหาอัตราส่วนของกากกาแฟและวัสดุประสานกาวและน้ำที่เหมาะสมพบว่าอัตราส่วน 37 : 17 : 46 ผลการทดลองผลิตภัณฑ์มีลักษณะของเป็นสีกาแฟเข้ม พื้นผิวเรียบแตกร้าว ใช้เวลาในการคงรูป 3.5 วัน

ตารางที่ 3 วิธีการทดลอง ที่ 2 กากกาแฟ 32% ต่อ กาว 22% น้ำ ต่อ 46%

น้ำหนักต่อผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้นเท่า 36 กรัม	ร้อยละ 100 %	36 กรัม
กากกาแฟ	32%	11.52
กาว	22%	7.92
น้ำ	46%	16.56
ระยะเวลาแข็งตัว	3 วัน	
ลักษณะทางกายภาพ และสีของผลิตภัณฑ์	- ขึ้นงานมีสีกาแฟอ่อน - ผิวลักษณะแตกร้าว ผิวเรียบ - เสียรูทรงจากการหดตัวเมื่อแห้ง	
รูปผลิตภัณฑ์ เมื่อแห้งสนิทน้ำหนักเหลือ 19.44 กรัม		

จากการตารางที่ 3 ทดลองหาอัตราส่วนของกากกาแฟและวัสดุประสานกาวและน้ำที่เหมาะสมพบว่าอัตราส่วน 32 : 22 : 46 ผลการทดลองผลิตภัณฑ์มีลักษณะของเป็นสีกาแฟอ่อน พื้นผิวเรียบแตกร้าว ใช้เวลาในการคงรูป 3 วัน

ตารางที่ 4 วิธีการทดลอง ที่ 3 กากกาแฟ 27% ต่อ กาว 27% น้ำ ต่อ 46%

น้ำหนักต่อผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้นเท่า 36 กรัม	ร้อยละ 100 %	36 กรัม
กากกาแฟ	27%	9.72
กาว	27%	9.72
น้ำ	46%	16.56
ระยะเวลาแข็งตัว	2.5 วัน	
ลักษณะทางกายภาพ และสีของผลิตภัณฑ์	- ขึ้นงานมีสีกาแฟอ่อน - ผิวลักษณะไม่แตกร้าว ผิวเรียบเงาสวย - รูปร่างคงรูปแบบ เมื่อแห้ง	
รูปผลิตภัณฑ์ เมื่อแห้งสนิทน้ำหนักเหลือ 19.44 กรัม		

จากการตารางที่ 4 ทดลองหาอัตราส่วนของกากกาแฟและวัสดุประสานกาวและน้ำที่เหมาะสมพบว่าอัตราส่วน 27 : 27 : 46 ผลการทดลองผลิตภัณฑ์มีลักษณะของเป็นสีกาแฟอ่อน พื้นผิวเรียบไม่แตกร้าว ใช้เวลาในการคงรูป 2.5 วัน

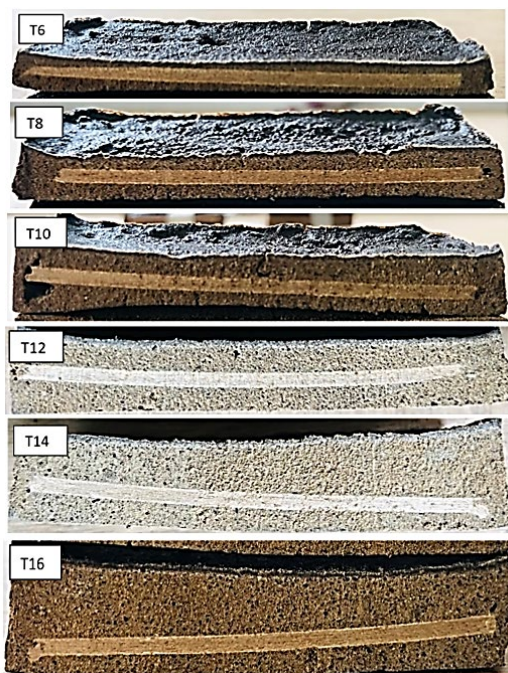
ตารางที่ 5 วิธีการทดลอง ที่ 4 22% ต่อ กาว 32% น้ำ ต่อ 46%

น้ำหนักต่อผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้นเท่า 36 กรัม	ร้อยละ 100 %	36 กรัม
22%	7.97	22%
32%	11.52	32%
46%	16.56	46%
ระยะเวลาแข็งตัว	2 วัน	
ลักษณะทางกายภาพ และ สีของผลิตภัณฑ์	- ชิ้นงานมีสี กาแฟออกขาว - ผิวมีลักษณะไม่แตกร้าว ผิวเรียบ - รูปทรงคงรูปแบบ เมื่อแห้ง	
รูปผลิตภัณฑ์ เมื่อแห้งสนิท น้ำหนักเหลือ 19.44 กรัม		

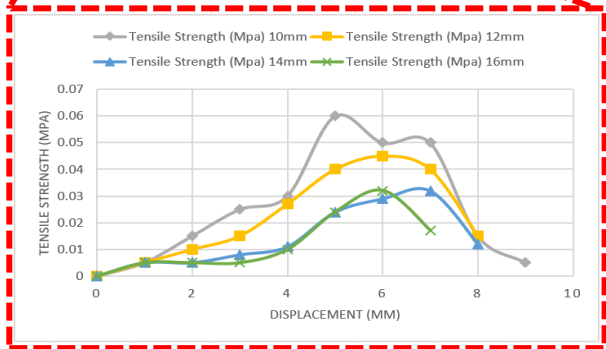
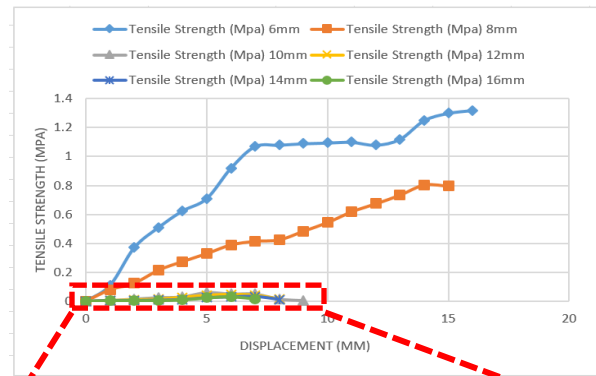
จากการตารางที่ 5 ทดลองหาอัตราส่วนของกากกาแฟและวัสดุประสานกาวและน้ำที่เหมาะสมพบว่าอัตราส่วน 22 : 32 : 46 ผลการทดลองผลิตภัณฑ์มีลักษณะของเป็นสีกาแฟออกขาว พื้นผิวเรียบไม่แตกร้าว ใช้เวลาในการคงรูป 2 วัน

3.2 ผลการทดสอบแรงดัด

ผลการศึกษาสมบัติเชิงกายภาพของแผ่นไม้อัดสลับชั้นจากกากกาแฟ เป็นการทดสอบหาค่าความหนาแน่น ทดสอบแรงดัดงอ โดยทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ มอก. 876 – 2547 จากกากกาแฟและ ด้วยวัสดุผสม ระหว่างวัสดุหลักกากกาแฟกับวัสดุผสม คือ กาวผงยูเรียฟอร์มาดีไฮด์ น้ำ และแผ่นไม้บางเป็นแผ่นสลับชั้น โดยการผลิตด้วยวิธีแบบอัดเย็น ด้วยบอลลี่แม่พิมพ์ยางซิลิโคนเป็นกรรมวิธีขึ้นรูปชิ้นงานโดยเทวัสดุผสมลงในแม่พิมพ์ ขนาด ความกว้าง 15 x 15 เซนติเมตร ความหนาแบ่งเป็น 6 ความหนา(ตามความหนาของวัสดุแผ่นเรียบ) คือ 6,8,10 ,12,14,16 มิลลิเมตรดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 ดังนี้



ภาพที่ 6 ภาพตัดของชิ้นงานทดสอบ ที่ความหนาการผลิต 6, 8, 10, 12, 14 และ 16 มิลลิเมตร (เมื่อ T เท่ากับ ความหนา)



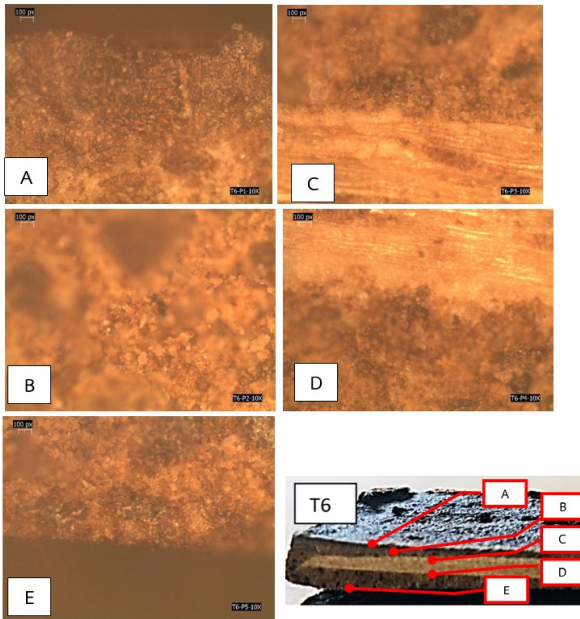
ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง แรงกด และระยะที่เปลี่ยนแปลง ของชิ้นงานทดสอบที่ความหนาการผลิต 6, 8, 10, 12, 14 และ 16 มิลลิเมตร กราฟเปรียบเทียบเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง แรงกด และระยะที่เปลี่ยนแปลง ของชิ้นงานทดสอบที่ความหนาการผลิต 10, 12, 14 และ 16 มิลลิเมตร

ตารางที่ 6 ตารางเปรียบเทียบสมบัติเชิงกายภาพตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 876 – 2547

แรงกด และระยะที่เปลี่ยนแปลง ของชิ้นงานทดสอบที่ความหนา			
ความหนา	ค่าการทดสอบ Mpa	เกณฑ์มาตรฐาน Mpa	ผ่าน – ไม่ผ่านเกณฑ์
6 มิลลิเมตร	1.35	14	×
8 มิลลิเมตร	0.8	14	×
10 มิลลิเมตร	0.6	14	×
12 มิลลิเมตร	0.45	14	×
14 มิลลิเมตร	0.35	13	×
16 มิลลิเมตร	0.35	13	×

3.3 การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ การหลอมตัวของกากกาแฟและกาว

ภาพที่ 8 ภาพกำลังขยายที่ 100 เท่า ของพื้นผิวแนวขวางของชิ้นงานทดสอบที่ความหนาการผลิต โดยแสดงตำแหน่งขยายจำนวน 5 ตำแหน่ง พบว่าการหลอมตัวของกาวและกากกาแฟที่ความหนา 6 มิลลิเมตร มีโพรงน้อยกว่า และสีกากกาแฟมีความเข้มกว่า ความหนา 8, 10, 12, 14 และ 16 มิลลิเมตร



ภาพที่ 8 ตัวอย่างชิ้น ภาพกำลังขยายที่ 100 เท่า ของพื้นผิวแนวขวาง ของชิ้นงานทดสอบที่ความหนาการผลิต 6 มิลลิเมตร โดยแสดงตำแหน่งขยาย จำนวน 5 ตำแหน่ง

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 สรุปผลการทดลองหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน

ลักษณะทางกายภาพ การคงรูป ชิ้นงานโดยการผลิตด้วยวิธีแบบอัดเย็นด้วยบอลลักแม่พิมพ์ยางซิลิโคนและชิ้นงานแห้งให้แข็งตัวตามสภาพอากาศของอุณหภูมิห้องที่ 27 – 37 องศาเซลเซียสระหว่างวัสดุหลักกากกาแฟกับ กาวผงยูเรียฟอร์มาดีไฮด์ และน้ำ ลักษณะการหดตัวเมื่อแห้งของผลิตภัณฑ์ พบว่าการทดลองชิ้นงานผลิตภัณฑ์จากกากกาแฟ 27% ต่อ กาว 27% น้ำ 46% ลักษณะความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์มีลักษณะ สีของผลิตภัณฑ์เป็นสีกาแฟอ่อนยังคงเอกลักษณ์ของสีกาแฟ พื้นผิวเรียบไม่แตกร้าวใช้เวลาในการขึ้นรูป 2.5 วัน โดยผลที่แตกต่างกันของ 4 วิธีการทดลองนั้น จากวิธีแบบอัดเย็นด้วยบอลลักแม่พิมพ์ยางซิลิโคนเป็นกรรมวิธีโดยอ้างอิงจาก การวิเคราะห์ข้อมูลสูตรของ (วิมล ทองดอนกลิ้ง 2561) ร้อยละของการหดตัวเมื่อแห้ง = $\frac{\text{เปียก-แห้ง}}{\text{เปียก}} \times 100$ สีผลิตภัณฑ์แตกต่างกันมากหรือน้อยนั้นมาจากการผสมน้ำมากหรือน้อย [7] ทั้งนี้สีของกากกาแฟในแม่พิมพ์เกิดการลอยตัวทำให้เกิดการแยกตัวของสี ซึ่งอัตราส่วน 22:32:46 ใช้เวลาในการขึ้นรูปเพียง 2 วัน แต่สีของผลิตภัณฑ์จากกากกาแฟเป็นสีขาวทำให้ขาดเอกลักษณ์ของกากกาแฟ จากปัจจัยทางสภาพอากาศอุณหภูมิห้องเป็นแบบปิดแต่อุณหภูมิ 27 – 37 องศาเซลเซียสแต่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงทั้งวันอาจส่งผลต่อสีผิวและการหดตัวของชิ้นงานเมื่อแห้งสนิท ตามที่ศึกษาอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสม เพื่อหาประสิทธิภาพการใช้งานจากความแห้งของชิ้นงานและความแข็งตัวของวัสดุชิ้นงานในรูปแบบการอัดร้อนเป็นแนวทางศึกษาต่อไป

4.2 สรุปผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงกด และระยะที่เปลี่ยนแปลง ของชิ้นงานทดสอบที่ความหนาการผลิต 6, 8, 10,

12, 14 และ 16 มิลลิเมตร พบว่าความหนาที่ 6, 8, 10, 12, 14 และ 16 มิลลิเมตร ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เมื่อผลการเปรียบเทียบสมบัติของแผ่นที่ผ่านมาตรฐานตามสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ มอก. 876 – 2547 เนื่องจากขนาดความหนาของแผ่นยังมีความหนาคุณลักษณะแผ่น ยังมีความนุ่มทำให้แรงต้านการดัดน้อยลง การทดสอบแรงดัดจึงไม่ผ่านเกณฑ์สมบัติเชิงกายภาพตามมาตรฐานอุตสาหกรรม เป็นเพราะกากกาแฟไม่มีเส้นใยและความหนาแน่นน้อยเนื่องจากเป็นการเทแบบ เป็นการอัดเย็นที่ไม่ควบคุมความหนาแน่น

4.3 การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ การหลอมตัวของกากกาแฟและกาว

ภาพกำลังขยายที่ 100 เท่า ของพื้นผิวแนวขวาง ของชิ้นงานทดสอบที่ความหนาการผลิต โดยแสดงตำแหน่งขยายจำนวน 5 ตำแหน่ง พบว่าการหลอมตัวของกาวและกากกาแฟ ที่ความหนา 6 มิลลิเมตร มีโพรงน้อยกว่า และสีกากกาแฟมีความเข้มกว่า ความหนา 8, 10, 12, 14 และ 16 มิลลิเมตร เป็นเพราะความหนาแน่นน้อยเนื่องจากเป็นการเทแบบ เป็นการอัดเย็นที่ไม่ควบคุมความหนาแน่น ทำให้กาวลอยตัว ควรใช้วิธีที่ระดับความหนา 6 มิลลิเมตรดีที่สุด

พบว่าวัสดุทดลองที่มีคุณสมบัติเหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนดคือความหนา 6 มิลลิเมตร โดยมีคุณสมบัติเชิงกายภาพตามเกณฑ์ที่มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 876 – 2547 ดีที่สุด

4.3 แนวทางเพื่อการผลิตภัณฑ์

ชิ้นงานสร้างสรรค์ด้านการออกแบบพวงกุญแจและผลิตชิ้นส่วนของเฟอร์นิเจอร์ การนำแผ่นที่มีความหนา 6 มิลลิเมตรมาออกแบบปิดทับผิวหน้าพื้นบนของพื้นเก้าอี้



ภาพที่ 9 ภาพแสดงชิ้นงานสร้างสรรค์ด้านการออกแบบ

5. อภิปรายผล

จากวิธีแบบอัดเย็น ด้วยบอลลักแม่พิมพ์ยางซิลิโคนเป็นกรรมวิธีโดยอ้างอิงจาก การวิเคราะห์ข้อมูลสูตร ร้อยละของการหดตัวเมื่อแห้ง = $\frac{\text{เปียก-แห้ง}}{\text{เปียก}} \times 100$ สีผลิตภัณฑ์แตกต่างกันมากหรือน้อยนั้นมาจากการผสมน้ำมากหรือน้อย [7] ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆ กันทำให้ส่งผลดีต่อธุรกิจ ชุมชน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน [1] การเสริมแรงด้วยเศษไม้ที่มีความหนา 2 มิลลิเมตรอยู่ตรงกลางระหว่าง

กากกาแฟและทดสอบแรงดัดงอ ด้วยเครื่องทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ มอก. 876-2547 แบ่งเป็น 6 ความหนาของวัสดุแผ่นเรียบ คือ 6,8,10 ,12,14,16 มิลลิเมตร เพื่อหาผลการเปรียบเทียบสมบัติของแผ่นที่ผ่านมาตรฐานตามสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกลว่าผ่านเกณฑ์หรือไม่ [8,9,10] พบว่าความหนาที่ดีที่สุด คือ 6 มิลลิเมตร เนื่องจากการหดตัวมีน้อยกว่าความหนาอื่นๆ การหลอมตัวผสมกันระหว่างกากกาแฟและกาวจากการอัดเย็นที่ไม่ควบคุมความหนาแน่น ทำให้กาวลอยตัวแยกชั้นและทำให้การแข็งตัวจึงขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอก จึงทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุหลักที่นำมาทดลอง เป็นที่สังเกตว่าการทดลองอัดขึ้นรูปวิธีนี้อาจเหมาะกับการอัดขึ้นรูปที่มีขนาดเล็กเพื่อลดเวลาในการแข็งตัวของวัสดุทดลองและตัวประสาน ซึ่งจากการทดลองทั้ง 3 ลำดับนั้น การผสมกาวยูเรียฟอรัมาดีไฮต์ในการคงรูปของกากกาแฟ สามารถนำไปออกแบบชิ้นส่วนงานตกแต่งผิวเฟอร์นิเจอร์และผลิตภัณฑ์ที่ได้แบบต้นทุนต่ำได้

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพที่ให้สถานที่ในการทดลองและสนับสนุนทุนวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ingrao C, Platnieks O, Siracusa V, Gaidukova G, Paiano A, Gaidukovs S. Spent-coffee grounds as a zero-burden material blended with bio-based poly(butylene succinate) for production of bio-composites: Findings from a Life Cycle Assessment application experience. *Environmental Impact Assessment Review*. 2022;97:106919.
- [2] P. F. Busch and J. N. França Holanda, "Potential use of coffee grounds waste to produce dense/porous bi-layered red floor tiles," *Open Ceramics*, vol. 9, p. 100204, 2022.
- [3] Dari DN, da Silva LF, Júnior AMBL, Freitas IS, da Silva Aires FI, dos Santos JCS. Spent coffee grounds: Insights and future prospects for bioenergy and

- circular economy applications. *Green Technologies and Sustainability*. 2025;3(4):100213.
- [4] Busch PF, França Holanda JN. Potential use of coffee grounds waste to produce dense/porous bi-layered red floor tiles. *Open Ceramics*. 2022;9:100204.
- [5] ธนวิรัตน์ ยอดดำเนิน และเสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์ . การพัฒนาผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งจากใบอ้อยและขานอ้อยสู่วิสาหกิจชุมชน. วารสารวิชาการเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2563:12-24.
- [6] ตระกูลพันธ์ พัทธเมธา. การศึกษาและทดลองวัสดุผสมซีเมนต์ไม้อย่างพาราเพื่อใช้ในแกะสลักทดแทนไม้. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 8 ฉบับที่ 15 มกราคม - มิถุนายน 2559:6-7.
- [7] วิมล ทองดอนกลิ้ง. การพัฒนาสูตรเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ จากดินบ้านปลักแรด อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก วารสารวิชาการ ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2561:118 -136.
- [8] Lyu Q, Wang B, Zhao Z, Guo Z. Damage and failure analysis of hybrid laminates with different ply-stacking sequences under low-velocity impact and post-impact compression. *Thin-Walled Structures*. 2022;180.
- [9] Tang K, Jiang Y, Chen L, Li X, Qi J, Chen Q, et al. Fabrication of laminated bamboo composites from small diameter bamboo (*Neosinocalamus affinis*) by sand blasting surface modification. *Industrial Crops and Products*. 2022;187.
- [10] Zhuang W, Chen S, Yang X, Liu Y. Meso/ macroscale study on the shear failure of CFRP laminates considering fibre rotation. *Thin-Walled Structures*. 2022;181.