



## การศึกษาการผลิตจานรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้ง

เปมิกา แซ่เตียว<sup>1\*</sup> วัศสา รวยรวย<sup>1</sup> ภิญโญ แยมยีนยงค์<sup>2</sup> และ สิทธิโชค รัตนรัตน์<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการผลิตจานรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้งภายในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มมูลค่าและลดปริมาณขยะ การออกแบบและวางแผนการดำเนินการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว โดยใช้โปรแกรม Solidworks 2014 ในการออกแบบและเขียนแบบแม่พิมพ์ สร้างแม่พิมพ์โลหะจากแบบที่เขียนขึ้นและประกอบเข้ากับเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป และ 2) กระบวนการผลิตจานรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้ง โดยกำหนดอัตราส่วนของส่วนผสมระหว่างกระดาษและกาวลาเท็กซ์ 4 ระดับ ได้แก่ 40 : 60, 50 : 50, 60 : 40 และ 70 : 30 และแรงอัด 3 ระดับ ได้แก่ 700, 800 และ 900 kg/N แต่ละระดับมีตัวอย่าง 9 ซ้ำ พบว่า อัตราส่วนของส่วนผสมระหว่างกระดาษและกาวลาเท็กซ์ที่ดีที่สุดคือ 50 : 50 และแรงอัดที่เหมาะสมคือ 800 kg/N ลักษณะทางกายภาพของส่วนผสมดังกล่าว สามารถยึดเกาะตัวกันได้ดีที่สุด บันทึกรูปเป็นก้อนได้ง่าย ไม่เหนียวหรือร่วนจนเกินไป แรงอัดที่เหมาะสมจะได้ผลิตภัณฑ์ที่อัดขึ้นรูปได้ง่าย ไม่มีกาวหรือส่วนผสมไหลล้นออกนอกแม่พิมพ์ขณะกำลังอัดขึ้นรูป ผิวสัมผัสของจานรองแก้วที่ได้เรียบเนียนดี และไม่มีรอยแตกร้าว มีรูปร่างและลวดลายที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว สามารถนำไปใช้งานได้จริง และสร้างมูลค่าเพิ่มได้ ผลการประเมินความพึงพอใจของบุคลากรและผู้สนใจในตัวผลิตภัณฑ์จานรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้ง จำนวน 16 คน มีผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.89

**คำสำคัญ** กระดาษเหลือทิ้ง / จานรองแก้วกระดาษ / การนำกระดาษกลับมาใช้ใหม่

<sup>1</sup> อาจารย์ หลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

<sup>2</sup> นักศึกษา หลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

\* ติดต่อผู้พิมพ์ โทร.086-280-5514 อีเมล paemika\_sae@nstru.ac.th



## The Study on Production of Paper Coasters from Waste Paper

Paemika Saetiaw<sup>1\*</sup> Wassa Ruayruay<sup>1</sup> Sitthichok Rattanarat<sup>2</sup> and Pinyo Yaemyueng<sup>2</sup>

### Abstract

This research aimed to study the most effective production methods of waste paper coasters from hydraulic pressure system in Faculty of Industry of Industrial Technology. The implication of the study was to generate the value-added for waste paper coasters and to reduce waste paper in the office. This design and experimental study comprised two parts : 1) Designing a unique prototype mold with SolidWorks 2014 program 2) Producing waste paper coasters. Different experiments were conducted to find the optimum pressure of the hydraulic system as well as the ratio of waste paper and latex. The experimental ratio of waste paper and latex were 40 : 60, 50 : 50, 60 : 40 and 70 : 30. Different types of pressure including 700, 800 and 900 kg/N. The research found that the best ratio of paper and latex was at 50 : 50, and the hydraulic pressure was at 800 kg/N. This best ratio generated the most perfect waste paper coasters which were not too sticky or crumbly, the texture of the waste coasters were smooth and easily molded into a desired form. In addition there were not any excessive glue or components overflowed from the mold while pressing the hydraulic pressure. In addition the satisfaction level of 16 faculty members and staff who used the waste paper coasters from this project was at 3.89 from 5 Point Likert Scale.

**Keywords:** Waste Paper / Paper Coaster / Paper Recycling

---

<sup>1</sup> Lecturer, Industrial Production Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

<sup>2</sup> Student, Industrial Production Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

\* Corresponding Author: Tel. 086-280-5514; Email: paemika\_sae@nstru.ac.th



## 1. บทนำ

ปัจจุบันคนไทยมีการใช้กระดาษเฉลี่ยปีละ 3.9 ล้านตัน และเพื่อตอบสนองความต้องการต่อการใช้กระดาษของคนไทยจะต้องตัดต้นไม้ถึง 66.3 ล้านต้นต่อปี ส่งผลให้ปริมาณขยะจากกระดาษเหล่านี้มีมากขึ้นทุกวัน หน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนจึงหันมาให้ความสำคัญในใช้ประโยชน์จากกระดาษให้คุ้มค่าที่สุด [4] ในเมื่อทั้งภาครัฐและเอกชนไม่สามารถปฏิเสธการใช้กระดาษในงานเอกสารต่าง ๆ ได้เลย เมื่อกระดาษเอกสารเหล่านี้หมดประโยชน์ลงก็จะกลายเป็นเพียงขยะ หรืออาจจะขายให้แก่พ่อค้ารับซื้อของเก่าในราคาที่ถูกลง หรือหากทำลายโดยการเผา ก็จะส่งผลให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ มีฝุ่นละอองกระจายในอากาศ ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกได้อีกด้วย สถานการณ์ในปัจจุบันได้มีการนำกระดาษใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ได้หลายรูปแบบ เช่น ถุงใส่สินค้า โคมไฟ กระดาษต้นไม้ และอิฐมวลเบา เป็นต้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงการเพิ่มมูลค่าให้แก่กระดาษเหลือทิ้ง และการลดปริมาณขยะภายในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมลง จึงได้การวิจัยและทำการทดลองนำกระดาษเหลือทิ้งมาแปรสภาพเป็นจานรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้ง ซึ่งทีมผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะขึ้น และศึกษากระบวนการผลิตจานรองแก้วกระดาษทำการทดลองหาอัตราส่วนผสมและแรงอัดที่เหมาะสมต่อการอัดขึ้นรูปจานรองแก้วกระดาษด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิกส์ รวมถึงการประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์โดยใช้แบบสอบถามอีกด้วย

วชิระ แสงรัมย์ (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาบล็อกประสานน้ำหนักเบาชนิดใหม่ที่มีค่าการนำความร้อนต่ำเพื่อใช้ในการก่อสร้าง และการตกแต่งภายนอกอาคารเป็นวัตถุประสงค์หลักในการศึกษานี้ งานวิจัยนี้แบ่งอัตราส่วนผสมของวัสดุออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นการปรับปรุงส่วนผสมเดิมโดยการเพิ่มเยื่อกระดาษเหลือทิ้งในปูนซีเมนต์ ดินลูกรัง กลุ่มที่สองเป็นการพัฒนา อัตราส่วนผสมและวัตถุดิบใหม่เป็นส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ ทราย ผงสี และเยื่อกระดาษเหลือทิ้งเพื่อทำการศึกษาค่าความ เป็นไปได้ในการใช้เยื่อกระดาษเหลือทิ้งในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อลดความ

หนาแน่นของวัสดุ และลดค่าการนำความร้อน โดยคุณสมบัติทางกายภาพ ทางกล และการนำความร้อนของบล็อกประสานถูกทดสอบหลังจากการบ่มที่ 28 วัน จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนในเยื่อกระดาษเหลือทิ้งจากโรงงานกระดาษลูกฟูกต่ำกว่าข้อกำหนดฉลากเขียวสำหรับแผ่นอัดสำหรับงานอาคาร ตกแต่งและอุตสาหกรรมเครื่องเรือน การเพิ่มส่วนผสมของเยื่อกระดาษเหลือทิ้งช่วยลดน้ำหนักและลดความหนาแน่นของวัสดุได้ดี อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกใหม่ คือ 1 : 5 : 0.02 : 0.3 (ปูนซีเมนต์ : ทราย : ผงสี : เยื่อกระดาษ) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 1.0424 วัตต์/เมตรเคลวิน น้ำหนักเท่ากับ 4.37 กิโลกรัมต่อหน่วย ความหนาแน่นเท่ากับ 1482.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าการรับแรงอัดเท่ากับ 68.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร บล็อกชนิดใหม่มีค่าการนำความร้อนลดลงร้อยละ 34 น้ำหนักลดลงร้อยละ 22.5 และมีสีแดงที่เข้มกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกประสานดินลูกรังผสมซีเมนต์ในท้องตลาด

มัญญา ชยา ชูวงศ์เลิศ และภัทรนันท์ ทักขนนท์ (2556) ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาแผ่นวัสดุดูดซับเสียงจากกระดาษเหลือใช้ในสำนักงาน โดยการนำกระดาษที่ผ่านการย่อยจากเครื่องย่อยเอกสารขึ้นรูปด้วยการอัดความร้อนเป็นแผ่นดูดซับเสียงด้วยความหนา 10, 15 และ 25 มิลลิเมตร โดยใช้กาวผงเป็นวัสดุประสาน แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุด A ปริมาณกาว 5%, ชุด B ปริมาณกาว 7.5%, และชุด C ปริมาณกาว 10% ของน้ำหนักกระดาษ อัดด้วยเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส พบว่าการขึ้นรูปวัสดุดูดซับเสียงจากกระดาษเหลือใช้ที่ความหนาแผ่น 15 มิลลิเมตร ชุดการทดลอง A และ B เป็นชุดการทดลองที่มีผลดีที่สุด ชุดการทดลอง A สามารถดูดซับเสียงได้มากกว่า 50% ที่ความถี่ 2400 – 4700 Hz สามารถดูดซับเสียงได้ดีที่สุด 54% ที่ความถี่ 3000 Hz ส่วนชุดการทดลอง B สามารถดูดซับเสียงได้มากกว่า 50% ที่ความถี่ 1300 – 1900 Hz สามารถดูดซับเสียงได้ดีที่สุด 72% ที่ความถี่ 1600 Hz มีแนวโน้มที่จะพัฒนาต่อเพื่อสามารถเทียบเท่ากับวัสดุในท้องตลาดได้ ซึ่งจะส่งผลให้แผ่นดูดซับเสียงจากกระดาษเหลือใช้ใน

สำนักงานสามารถใช้เป็นวัสดุทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่ขยะเหลือใช้ประเภทกระดาษในสำนักงานได้เป็นอย่างดี

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่จากกระดาษเหลือทิ้ง

## 3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการนำกระดาษเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ และกระบวนการผลิตจานรองแก้วจากกระดาษเหลือทิ้ง

3.2 การทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม

3.3 การทดลองหาแรงอัดที่เหมาะสมจากการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องไฮดรอลิกส์

## 4. วิธีการวิจัย

### 4.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบและเขียนแบบแม่พิมพ์ด้วยโปรแกรม Solidworks 2014 และสร้างแม่พิมพ์โลหะจานรองแก้วตามแบบ และศึกษากระบวนการผลิตจานรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้ง การนำกระดาษที่ใช้งานแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ การอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากกระดาษ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวประสาน และสารเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

### 4.2 ขั้นตอนการผลิตจานรองแก้วจากกระดาษเหลือทิ้ง มีดังนี้

1) เก็บรวบรวมกระดาษเหลือทิ้งภายในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ชั่งน้ำหนักและจดบันทึก จากนั้นนำกระดาษเหลือทิ้งที่ได้มาลดขนาดด้วยวิธีการฉีกหรือตัดกระดาษเป็นชิ้นเล็ก ๆ แฉกทิ้งไว้ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 15 นาที และบั่นย่อยกระดาษให้ละเอียดด้วยเครื่องบั่น

2) นำกระดาษที่บั่นละเอียดแล้วไปกรองเพื่อคัดแยกเก็บเฉพาะเยื่อกระดาษเท่านั้น โดยใช้กระชอนและบีบเอาน้ำออก แยกใส่ภาชนะที่เตรียมไว้ เกลี่ยเป็นแผ่นบาง ๆ และนำไปตากแดดจนแห้งสนิท

3) เตรียมส่วนผสมระหว่างเยื่อกระดาษและกาวลาเท็กซ์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมและแรงอัดที่เหมาะสมต่อการอัดขึ้นรูปจานรองแก้วจากกระดาษเหลือทิ้ง ซึ่งกำหนดอัตราส่วนของส่วนผสมระหว่างกระดาษและกาวลาเท็กซ์ออกเป็น 4 ระดับ คือ A = 40 : 60, B = 50 : 50, C = 60 : 40 และ C = 70 : 30 โดยน้ำหนัก และค่าแรงอัดเป็น 3 ระดับ คือ 700, 800 และ 900 Kg/N ตวงส่วนผสมตามสูตร คลุกเคล้าให้เข้ากันและวางพักไว้เป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้กาวซึมลงในเยื่อกระดาษได้ดียิ่งขึ้น ทำการทดลองและเก็บผลการทดลองตัวอย่างละ 9 ชิ้น

4) ชั่งน้ำหนักเยื่อกระดาษก้อนละ 50 กรัม จากนั้นนำแผ่นพลาสติกใสวางบนแม่พิมพ์โลหะและชโลมน้ำมันหล่อลื่นบาง ๆ ก่อนวางเยื่อกระดาษที่เตรียมไว้ลงไปปิดด้วยแผ่นพลาสติกใสด้านบนอีกแผ่น เพื่อป้องกันวัตถุดิบติดในแม่พิมพ์และสะดวกในการนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์โลหะ

5) เตรียมประกอบชิ้นส่วนของแม่พิมพ์โลหะเข้ากับเครื่องอัดไฮดรอลิกส์และอัดขึ้นรูปตามแรงอัด (Kg/N) ที่กำหนดไว้ (ดังภาพที่ 4.1) เมื่ออัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เสร็จแล้ว ก้านกระทุ้งของเครื่องอัดไฮดรอลิกส์จะดันจานรองแก้วออกจากแม่พิมพ์โลหะ นำผลิตภัณฑ์จานรองแก้วที่ได้ไปตากแดดจนแห้งสนิท



ภาพที่ 4.1 ประกอบแม่พิมพ์โลหะเข้ากับเครื่องอัดไฮดรอลิกส์

6) วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของจานรองแก้วกระดาษที่ได้ คัดเลือกสูตรหรืออัตราส่วนที่เหมาะสม และหาแรงอัดที่ดีที่สุดสำหรับการอัดขึ้นรูป

7) นำผลิตภัณฑ์จานรองแก้วกระดาษที่แห้งสนิทแล้วมาตัดตกแต่งขอบของชิ้นงานให้สวยงาม

8) เคลือบผิวของผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำยาเคลือบผิวโพลียูรีเทน (Polyurethane Gloss) เพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำ โดยทำให้ทั่วผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ด้าน นำไปตากให้แห้งและทำซ้ำอีกครั้ง

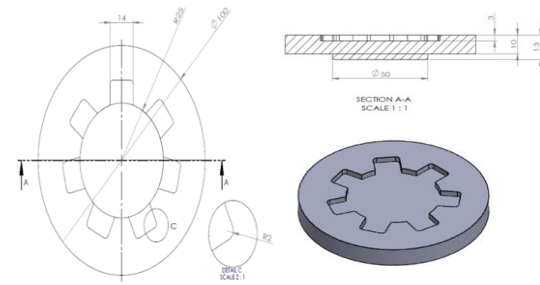
9) ประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์จานรองแก้วกระดาษโดยวิธีการใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ

## 5. ผลการวิจัย

### 5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

ผลจากการสำรวจปริมาณการใช้กระดาษสำหรับงานเอกสารต่าง ๆ บริเวณภายในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น พบว่ามีปริมาณการใช้กระดาษเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและยังไม่พบว่ามีผู้นำกระดาษเหลือทิ้งเหล่านั้นไปสร้างมูลค่าเพิ่มหรือนำมาใช้ประโยชน์อื่นเพิ่มเติม ทางผู้วิจัยจึงคิดค้นและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จานรองแก้วจากกระดาษเหลือทิ้ง เป็นการลดขยะและยังสามารถสร้างรายได้ในอนาคตอีกด้วย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการออกแบบ เขียนแบบแม่พิมพ์โลหะและสร้างแม่พิมพ์ พบว่าเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel) มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับงานทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน รวมถึงรูปลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะและความพึงพอใจของผู้ใช้ ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบและเขียนแบบจานรองแก้วกระดาษด้วยโปรแกรม Solidworks 2014 ดังภาพที่ 5.1 เพื่อนำไปสร้างแม่พิมพ์โลหะจานรองแก้วกระดาษตามต้องการ แสดงดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.1 ออกแบบและเขียนแบบแม่พิมพ์โลหะด้วยโปรแกรม Solidworks 2014



ภาพที่ 5.2 ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของแม่พิมพ์โลหะ

2) กระบวนการนำกระดาษเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ ผลจากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการนำกระดาษเอกสารที่ใช้แล้วทั้ง 2 หน้า มาสร้างมูลค่าเพิ่มนั้น ด้วยการใช้ความคิดสร้างสรรค์ควบคู่ไปกับการใช้กระบวนการอัดขึ้นรูป การออกแบบแม่พิมพ์ และหาอัตราส่วนผสมที่ลงตัว ร่วมกับการทดลองด้วยแรงอัดที่เหมาะสม พบว่าสามารถผลิตจานรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้งและใช้งานได้จริง

### 5.2 กระบวนการผลิตจานรองแก้วกระดาษ

1) ผลการศึกษาและทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเยื่อกระดาษและกาวลาเท็กซ์ พร้อมทั้งทดลองหาแรงอัด (Kg/N) ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอัดขึ้นรูปจานรองแก้วจากกระดาษเหลือทิ้ง ซึ่งกำหนดค่าแรงอัดเป็น 3 ระดับ คือ 700, 800 และ 900 Kg/N และออกแบบการทดลองเป็น 4 ระดับ ซึ่งมีอัตราส่วนผสมระหว่างกระดาษและกาวลาเท็กซ์ (โดยน้ำหนัก) ดังนี้ ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 5.1

### ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกระดาษและกาวลาเท็กซ์แต่ละสูตร

สูตร	อัตราส่วนผสม		ลักษณะทางกายภาพ
	กระดาษ (กรัม)	กาว (กรัม)	
A	40	60	กระดาษมีกาวเปียกและเหนียว การอัดขึ้นรูปมีกาวเยิ้มออกมา สภาพไม่เป็นรูปทรง
B	50	50	กระดาษและกาวผสมกันได้ดีทำให้ขึ้นรูปได้ง่าย และเป็นรูปทรงดีมีลักษณะเหนียวพอดีอัดขึ้นรูปง่าย ไม่แตก ไม่มีกาวเยิ้มออกมา
C	60	40	กระดาษและกาวมีการขึ้นรูปและรูปทรงสามารถทำได้ยาก มีลักษณะเหนียวเล็กน้อยมีรอยแตก
D	70	30	ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความแฉะมาก จนไม่สามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้

จากตารางที่ 5.1 เมื่อทำการทดลองในอัตราส่วนผสมตามสูตรข้างต้น พบว่าสูตร B ที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างกระดาษน้ำหนัก 50 กรัม และกาวลาเท็กซ์ 50 กรัม เหมาะสมที่สุด พิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของสูตร B เมื่อผสมส่วนผสมจนเข้ากันดีแล้ว ความขึ้นมีความเหมาะสม อัตราการคงตัวของเนื้อส่วนผสมดีที่สุดและเมื่อนำไปเข้าเครื่องอัดไฮดรอลิกส์สามารถอัดขึ้นได้ดีและง่ายที่สุด ผิวสัมผัสเรียบเนียน ไม่แตกกร้าว และไม่มีกาวเยิ้มออกมาขณะอัดขึ้นรูป

2) ผลการทดลองหาแรงอัดที่เหมาะสมสำหรับการอัดขึ้นรูปจานรองแก้วกระดาษ จากการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสม สรุปได้ว่า สูตร B ซึ่งมีส่วนผสมของกระดาษและกาวลาเท็กซ์ในอัตราส่วนที่เท่ากัน คือ 50:50 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด ผู้วิจัยจึงเลือกสูตร B มาทำการทดลองหาแรงอัดที่เหมาะสม ซึ่งกำหนดไว้ 3 ค่า คือ 700, 800 และ 900 Kg/N ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.2

### ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองหาแรงอัดที่เหมาะสมกับสูตร B (กระดาษ 50 กรัม ต่อกาว 50 กรัม)

แรงอัด (Kg/N)	ลักษณะทางกายภาพ
700	ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นและความแข็งแรงไม่มากพอ ผิวสัมผัสไม่เรียบเนียนและขรุขระ เมื่อถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์แล้วเกิดรอยแตก หักง่าย รูปทรงไม่ค่อยมีสวยงาม ขอบของชิ้นงานและลายรูปเฟืองด้านในไม่คมชัด

แรงอัด (Kg/N)	ลักษณะทางกายภาพ
800	ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นและความแข็งแรงมากขึ้น ผิวสัมผัสมีความเรียบเนียนมากขึ้น เมื่อถอดออกจากแม่พิมพ์แล้ว ชิ้นงานยังคงสภาพเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่มีรอยแตกกร้าว หรือหักง่าย รูปทรงสวยงามดี ขอบของชิ้นงานและลายรูปเฟืองด้านในมีความคมชัดมากขึ้น
900	ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นมากเกินไป ทำให้เนื้อกระดาษและกาวลาเท็กซ์ล้นทะลักออกมาจากแม่พิมพ์ขณะอัดขึ้นรูปเนื่องจากแรงอัดที่มากเกินไปทำให้ส่วนผสมล้นออกมาจากแม่พิมพ์ ชิ้นงานจึงมีความหนาแน่นหรือชิ้นงานบาง และขาดความแข็งแรง ผิวสัมผัสเรียบเนียนเทียบเท่ากับการใช้แรงอัดที่ 800 kg/N และเมื่อถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์แล้วชิ้นงานเกิดการบิดเบี้ยวและผิดรูป ไม่คงสภาพเดิม ทำให้รูปทรงไม่สวยงาม ขอบของชิ้นงานและลายรูปเฟืองด้านในบางจนเกินไป มีชิ้นส่วนเกินบริเวณขอบเยาะ

จากตารางที่ 5.2 พบว่า แรงอัดที่เหมาะสมกับการอัดขึ้นรูปในสูตร B คือ แรงอัดที่ 800 kg/N แล้วจึงนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบลักษณะทางกายภาพ 3 วิธี คือ 1) การทดสอบการรับน้ำหนัก 2) การทดสอบการดูดซับน้ำ และ 3) การทดสอบการระเหยน้ำ มีผลการทดสอบมีดังนี้

#### 5.3 วิธีการทดสอบทางกายภาพ

1) การทดสอบการรับน้ำหนัก ทดสอบโดยใช้เครื่องวัดความแข็งยาง (Shore D Durometer) Shore D แบบ 2 เข็ม (Analog) ยี่ห้อ SHAHE รุ่น LX-D-2 ซึ่งเป็นเครื่องวัดค่าความแข็งยาง Shore D (ดังภาพที่ 5.3) เหมาะสำหรับวัดยางที่แข็งมาก พลาสติก แก้ว แผ่นพิมพ์ และอื่น ๆ รวมถึงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของจานรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้งด้วย

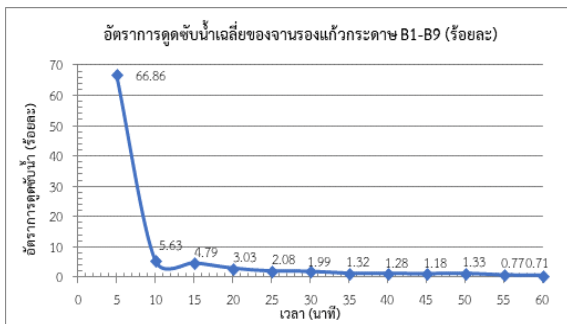


ภาพที่ 5.3 เครื่องมือวัดค่าความแข็งของยาง Shore D

ผลการทดสอบค่าความแข็งของจานรองแก้วกระดาษ โดยใช้เครื่องวัดความแข็งกดลงบนชิ้นงานจำนวน 3 จุดต่อชิ้น พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมของ 9 ตัวอย่างคือ B1-B9 มีค่าเท่ากับ 83.74 kgf ซึ่งมีค่าน้อยกว่า

90 kgf เมื่อเปรียบเทียบกับตารางมาตรฐาน ASTM D2240 ค่าความแข็งที่วัดได้ของจานรองแก้วกระดาษ มีความแข็งมากกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ และ ABS ซึ่งจากมาตรฐานกล่าวไว้ว่า ค่าความแข็งที่ต่ำกว่า 10 หน่วย (kgf) และสูงกว่า 90 หน่วย (kgf) จะไม่ได้รับการพิจารณาความน่าเชื่อถือและควรจะยกเลิก ดังนั้นค่าเฉลี่ยที่อ่านได้จากตัวอย่างทั้งหมด อยู่ระหว่าง 10-90 kgf จึงเป็นไปตามมาตรฐาน

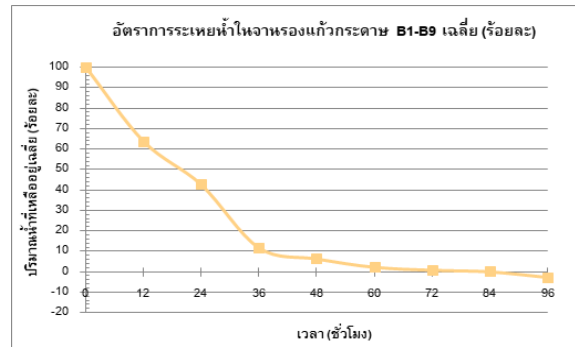
2) การทดสอบการดูดซับน้ำ ทดสอบโดยแช่จานรองแก้วกระดาษในน้ำเป็นเวลา 60 นาที ซึ่งน้ำหนักก่อนและหลังการดูดซับน้ำ คำนวณหาอัตราการดูดซับน้ำ ซึ่งผลการทดสอบแต่ละตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.4 อัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ยของจานรองแก้วจากกระดาษเหลือทิ้ง B1-B9

จากภาพที่ 5.4 แสดงอัตราการดูดซับน้ำของจานรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้ง (B1-B9) ระยะเวลาตั้งแต่ 0-60 นาที พบว่ามีอัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดที่เวลา 5 นาที ค่าเฉลี่ยร้อยละ 39.78 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 2.61 รองลงมา คือ ที่เวลา 10 นาที ค่าเฉลี่ยร้อยละ 6.27 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.64 ซึ่งมีการดูดซับน้ำลดลงอย่างเห็นได้ชัด และอัตราการดูดซับน้ำจะลดลงเรื่อย ๆ ที่เวลาเพิ่มขึ้น

3) การทดสอบการระเหยน้ำ ทดสอบโดยการนำจานรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้งที่ผ่านการแช่น้ำให้อิ่มตัวจากการทดสอบการดูดซับน้ำแล้ว นำมาระเหยน้ำออกด้วยวิธีการตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาทั้งหมด 96 ชั่วโมง โดยบันทึกน้ำหนักทุก ๆ 12 ชั่วโมง ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 5.5



ภาพที่ 5.5 อัตราการระเหยน้ำเฉลี่ยของจานรองแก้วจากกระดาษเหลือทิ้ง B1-B9

จากภาพที่ 5.5 อธิบายผลการทดสอบได้ว่า เมื่อนำจานรองแก้วกระดาษที่ผ่านการแช่น้ำให้อิ่มตัวเต็มที่แล้วมาตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าปริมาณน้ำระเหยไปจากจานรองแก้วกระดาษตัวอย่าง B1-B9 เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 36.15 คิดเป็นปริมาณน้ำคงเหลืออยู่เฉลี่ย ร้อยละ 63.85 และเมื่อวางทิ้งไว้จนครบเวลา 24 ชั่วโมง ปริมาณน้ำระเหยไปจากจานรองแก้วกระดาษตัวอย่าง B1-B9 เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 57.31 คิดเป็นปริมาณน้ำคงเหลืออยู่เฉลี่ย ร้อยละ 42.69 และวางทิ้งไว้จนครบเวลา 24 ชั่วโมง ปริมาณน้ำระเหยไปจากจานรองแก้วกระดาษตัวอย่าง B1-B9 เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 57.31 คิดเป็นปริมาณน้ำคงเหลืออยู่เฉลี่ย ร้อยละ 42.69

และตั้งแต่เริ่มตั้งทิ้งไว้จนครบ 36 ชั่วโมง จะมีอัตราการระเหยน้ำเฉลี่ยในปริมาณสูงถึงร้อยละ 88.10 หรือเทียบได้ว่าปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในจานรองแก้วกระดาษมีเพียง ร้อยละ 11.90 และจะมีอัตราการระเหยของน้ำลดลงจนกระทั่งครบเวลา 96 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าอัตราการระเหยน้ำมากกว่าร้อยละ 100 แสดงว่า น้ำมีการระเหยจนหมดและน้ำหนักของจานรองแก้วกระดาษเกิดการสูญหายไปบางส่วนจากการชั่งน้ำหนักเนื่องมาจากจานรองแก้วมีส่วนประกอบของกระดาษเมื่อแช่น้ำจนเลยจุดอิ่มตัว อาจทำให้เศษกระดาษบางส่วนหายไปในขณะที่แช่น้ำ



#### 5.4 ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้สนใจ

ผู้สนใจทั่วไป ได้แก่ นักศึกษาและบุคลากร ภายในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ผลการประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์จากรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้ง จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 16 คน โดยใช้แบบสอบถามจำนวน 7 ข้อ พบว่า ระดับความพึงพอใจด้านความประหยัดและคุ้มค่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 ด้านความคิดสร้างสรรค์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ด้านคุณภาพการใช้งานได้จริง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.94 ด้านความเป็นไปได้ในการต่อยอดในเชิงพาณิชย์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 ด้านรูปแบบมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.75 และด้านความปราณีของผลงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.56 โดยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ประเมินโดยภาพรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.89

#### 5. อภิปรายผลและสรุปผลการทดลอง

การวิจัยเรื่องการผลิตจากรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้ง มีวัตถุประสงค์เพื่อการเพิ่มมูลค่าและลดปริมาณขยะจากกระดาษเหลือทิ้งภายในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งการผลิตจากรองแก้วกระดาษด้วยกระดาษเหลือทิ้งนี้มีการสร้างความเป็นเอกลักษณ์ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมลงไป ด้วยการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์โลหะประกอบเข้ากับเครื่องอัดไฮดรอลิกส์และอัดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้ง จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ทราบถึงคุณสมบัติต่าง ๆ และวิธีการนำกระดาษไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นได้ตามความเหมาะสม

จากการวิจัยการออกแบบและวางแผนการดำเนินการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว โดยใช้โปรแกรม Solidworks 2014 ในการเขียนแบบแม่พิมพ์สร้างแม่พิมพ์โลหะที่แสดงถึงความเป็นเอกลักษณ์ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และนำชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นไปประกอบเข้ากับเครื่องอัดระบบไฮดรอลิกส์ที่

ใช้ในการอัดขึ้นรูป และการทดลองหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดระหว่างกระดาษและกาวลาเท็กซ์จากการทดลอง 4 ระดับ และหาแรงอัดที่ดีที่สุดจาก 3 ระดับ พบว่าอัตราส่วนของส่วนผสมระหว่างกระดาษและกาวลาเท็กซ์ที่ดีที่สุด คือ 50 : 50 ที่แรงอัด 800 kg/N ทำการทดลองตัวอย่าง 9 ชิ้น การวิจัยนี้ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จากรองแก้วกระดาษจากกระดาษเหลือทิ้งที่มีเอกลักษณ์เฉพาะ มีคุณค่าในตัวผลิตภัณฑ์มากกว่าการทิ้งให้เป็นเพียงเศษขยะสำนักงาน สามารถนำไปใช้งานได้จริง มีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 83.74 kgf (ตามมาตรฐาน ASTM D2240) มากกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ และ ABS และยังสามารถพัฒนารูปแบบและจำหน่ายในอนาคตได้

#### 6. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

จากการใช้งานจริงของผลิตภัณฑ์จากรองแก้วกระดาษเหลือทิ้ง มีจุดที่ควรมีการปรับปรุงและพัฒนาเพิ่มเติม คือ รูปร่าง ลักษณะ และขนาด ควรปรับเปลี่ยนให้เป็นไปตามมาตรฐาน มีการตกแต่งสีสนให้สวยงาม และควรใช้สารเคลือบผิวป้องกันการซึมของน้ำเข้าสู่ผลิตภัณฑ์

#### 7. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้เนื่องด้วยได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลือจากบุคคลสำคัญต่าง ๆ รวมทั้งบุคลากร คณาจารย์และนักศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากรองแก้วที่ผลิตจากกระดาษเอกสารเหลือทิ้งภายในคณะและสาขาวิชาเอก

#### 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] มัญญา ชยา ชูวงศ์เลิศ และภัทรนันท์ ทักชนนท์, “แผ่นดูดซับเสียงจากกระดาษใช้แล้วในสำนักงาน,” คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556.
- [2] วชิระ แสงมณี, “การพัฒนาบล็อกประสานน้ำหนักเบาจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง,” เอกสารประกอบการประชุมวิชาการประจำปี





- 2555 ครั้งที่ 3 เรื่องสภาพแวดล้อมสรรค์สร้าง  
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์กรมส่งเสริม  
อุตสาหกรรม, 2555.
- [3] วชิระ แสงรัศมี, **“วัสดุตกแต่งและ  
เฟอร์นิเจอร์จากเยื่อกระดาษเหลือใช้  
ทางเลือกใหม่,”** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 2555. สืบค้น  
เมื่อ [25 มีนาคม 2560.]
- [4] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริม  
สุขภาพ. 2556. โครงการกระดาษเพื่อต้นไม้  
โดยมูลนิธิศูนย์สื่อเพื่อการพัฒนา. [ออนไลน์].  
<http://www.thaihealth.or.th/Content/20091>  
สืบค้นเมื่อ [7 มีนาคม 2560.]