Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste

การพัฒนาเครื่องบดโฟมกึ่งอัตโนมัติพร้อมขึ้นรูปแผ่นปูพื้นทนน้ำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

Laddawan Champa[1,*], Monreadee Opamawuthikul[2], and Natthaphong Thongpan[3]
ลัดดาวัลย์ จำปา[1,*], มลฤดี โอปมาวุฒิกุล[2], และ นัฐพงษ์ ทองปาน[3]

Received: 10 September 2025;
Revised: 13 October 2025;
Accepted: 19 October 2025;
Published: 31 October 2025;

Abstract

This research aimed to 1) design and develop a semi-automation foam grinding machine integrated with molding for waterproof floor sheets from agricultural waste, and 2) test the mechanical properties of the produced tiles. The study was conducted in the form of developmental research, focusing on repurposing household foam waste, such as food containers, through engineering processes that support the principles of a circular economy. The results revealed that the developed prototype consisted of a foam grinding unit, a mixing chamber, and a molding system, all operated semi-automatically via an LCD control panel. The machine was compact, user-friendly, and suitable for household or community use. The produced floor tiles demonstrated favorable mechanical properties. They exhibited a low water absorption rate of 2.35%, a high compressive strength of 178.6 kilonewtons per square meter (kN/m²), and a Shore D surface hardness of 72, indicating their suitability for outdoor use in areas such as gardens, walkways, and community spaces. Furthermore, the production cost per unit was low, with a projected payback period of approximately one year under continuous production. The findings suggest that recycling waste materials can be transformed into high-quality, functional products that contribute to sustainable waste management. Further enhancement of the prototype to reach higher technology readiness levels, along with technology transfer to community occupational groups, is encouraged to foster local income generation and long-term sustainability.

Keywords: Foam Grinder, Agricultural Waste, Semi-Automation Technology

[1,*] Assistant Professor, Program in Automation and Robotic Technologies, Faculty of Industrial, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190, Thailand; ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอัตโนมัติและหุ่นยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71190 ประเทศไทย; Email: laddawan.ch@kru.ac.th

[2] Lecturer, Dr., Program in Science Education, Faculty of Education, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190, Thailand; อาจารย์ ดร. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71190 ประเทศไทย; Email: mopama@kru.ac.th

[3] Lecturer, Program in Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190, Thailand; อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71190 ประเทศไทย; Email: natthaphong.t@kru.ac.th

*Corresponding authors: Laddawan Champa (laddawan.ch@kru.ac.th)

Citation: Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาเครื่องบดละเอียดโฟมกึ่งอัตโนมัติพร้อมขึ้นรูปแผ่นปูพื้นทนน้ำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และ 2) ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นปูพื้นที่ผลิตได้ โดยดำเนินการวิจัยในรูปแบบของการพัฒนาเครื่องมือ โดยมุ่งเน้นการนำวัสดุเหลือใช้ในครัวเรือน เช่น โฟมบรรจุอาหาร มาใช้ประโยชน์ใหม่ผ่านกระบวนการทางวิศวกรรม เพื่อสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน ผลการวิจัยพบว่า เครื่องบดโฟมต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย ระบบบดละเอียด ถังกวนผสม และแม่พิมพ์ขึ้นรูปแผ่นปูพื้น โดยใช้งานผ่านระบบควบคุมที่มีจอแสดงผล LCD และปุ่มตั้งค่าที่ใช้งานง่าย ตัวเครื่องมีขนาดกะทัดรัด เหมาะสมกับการใช้งานในระดับชุมชนหรือครัวเรือนทั่วไป แผ่นปูพื้นที่ผลิตได้ผ่านการทดสอบเชิงกล โดยมีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำเฉลี่ย 2.35% ความสามารถในการรับแรงกดอัดเฉลี่ย 178.6 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร (kN/m²) และค่าความแข็งผิวในระดับ Shore D เท่ากับ 72 ซึ่งเหมาะสมต่อการใช้งานภายนอก เช่น ทางเดิน สวน และพื้นที่สาธารณะ นอกจากนี้ยังมีต้นทุนต่อหน่วยต่ำ และสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณหนึ่งปี หากมีการผลิตต่อเนื่อง ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการรีไซเคิลวัสดุเหลือใช้สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ก่อสร้างที่มีคุณภาพใช้งานได้จริง และช่วยลดปัญหาขยะได้อย่างยั่งยืน ทั้งนี้ควรพัฒนาเครื่องต้นแบบให้มีระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีสูงขึ้น และถ่ายทอดเทคโนโลยีไปยังกลุ่มอาชีพในชุมชน เพื่อสร้างรายได้เสริมในอนาคต

คำสำคัญ: เครื่องบดโฟม, วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร, เทคโนโลยีกึ่งอัตโนมัติ

1. บทนำ (Introduction)

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ส่งผลให้รูปแบบการดำเนินชีวิตของประชาชนเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะพฤติกรรมการบริโภคอาหารนอกบ้านลดลง และการสั่งอาหารกลับมารับประทานที่บ้านเพิ่มขึ้นอย่างมาก ส่งผลให้การใช้ภาชนะบรรจุอาหารแบบใช้ครั้งเดียว โดยเฉพาะ กล่องโฟม เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากมีความสะดวกและราคาถูก อย่างไรก็ตามการนำภาชนะ “โฟม” มาบรรจุอาหารร้อนจำเป็นต้องระมัดระวัง เนื่องจากการสัมผัสกับอาหารร้อนจัดเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้ภาชนะเสียรูปและอาจหลอมละลายจนมีสาร “สไตรีน” (Department of Health, 2021) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งออกมาปนเปื้อนกับอาหารที่บรรจุอยู่ได้โดยปริมาณการละลายออกมาของสไตรีนจะมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 อย่าง คือไขมันในอาหาร ระยะเวลา และอุณหภูมิระหว่างการสัมผัสของอาหารกับภาชนะ ซึ่งอาหารที่มีไขมันสูงจะทำให้มีการละลายออกมาของสไตรีนมากกว่าอาหารที่ไม่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ

จากสภาพปัญหาดังกล่าว กล่องโฟมกลายเป็นขยะอันดับต้น ๆ ที่เกิดขึ้นหลังช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโคโรนา 2019 ที่ต้องรอการกำจัด เนื่องจากระยะเวลาในการย่อยสลายบรรจุภัณฑ์ประเภทโฟมนั้นจะไม่ย่อยสลายไป ประเทศไทยสร้างขยะมูลฝอยกว่า 28.70 ล้านตัน มีขยะที่กำจัดอย่างถูกวิธีเพียง 36% ขยะที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ 44% ส่วนอีก 20% คือ ขยะที่ถูกกำจัดอย่างผิดวิธี ถือเป็นขยะกว่า 5.8 ล้านตัน ซึ่งขยะเหล่านี้บางส่วนไหลลงสู่ทะเล ทำให้สัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ กินเข้าไป นอกจากนั้นยังมีขยะไมโครพลาสติก ซึ่งแตกตัวเป็นนาโนพลาสติกปนเปื้อนอยู่ในสิ่งมีชีวิตใต้ทะเล เมื่อทานสัตว์น้ำเหล่านั้น ก็จะได้รับพลาสติกปนเปื้อนด้วยเช่นกัน ในแต่ละปีประเทศไทยมีต้นทุนในการกำจัดขยะมหาศาล แต่มีเพียงกว่า 30% เท่านั้น ที่ถูกกำจัดอย่างถูกต้อง นอกจากนั้นยังเน้นย้ำเรื่องการลดไมโครพลาสติก ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ ใช้ภาชนะใช้ซ้ำ และเลือกใช้วัสดุทดแทน ซึ่งราคาจะลดลง หากมีการส่งเสริมให้ใช้กันอย่างแพร่หลาย การย่อยสลายของบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ มีระยะเวลาในการการย่อยสลายแตกต่างกัน ถุงและขวดพลาสติกใช้ระยะเวลาย่อยสลายนานถึง 450 ปี แต่สำหรับโฟมและขวดแก้วนั้นไม่ย่อยสลาย ในขณะที่บรรจุภัณฑ์จากวัสดุทางธรรมชาติใช้ระยะเวลาย่อยสลายเพียง 45 วันเท่านั้น (Thaishopadmin, n.d.)

Citation: Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.

การที่จะทำให้ขยะพวกพลาสติกที่เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่อาหาร หรือเครื่องดื่มนั้นระยะเวลาในการย่อยสลายค่อนข้างยาวนาน ซึ่งกระบวนการที่จะช่วยลดขนาดของขยะประเภทนี้ลง คือการทำการบด การสับ โดยในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องบด เครื่องย่อยพลาสติกขึ้นมาเป็นจำนวนมาก เพื่อหวังว่าจะช่วยลงปริมาณขยะที่มาจากบรรจุภัณฑ์อาหารลง เมื่อได้ขนาดที่ต้องการหรือเล็กลงแล้วกระบวนการต่อไปคือการถูกนำไปทิ้ง หรือการนำไปทำเม็ดพลาสติกเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมใหญ่ ๆ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดช่วยแก้ปัญหาขยะประเภทกล่องโฟมที่ไม่ย่อยสลายโดยการพัฒนาเครื่องบดโฟมละเอียดพร้อมขึ้นรูปแบบกึ่งอัตโนมัติอาศัยกระบวนการผสมสารละลายทางเคมีเพื่อให้โฟมละลาย และนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาเป็นส่วนผสมเพื่อนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นปูพื้นกันน้ำซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกทาง

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องบดละเอียดโฟมกึ่งอัตโนมัติพร้อมขึ้นรูปแผ่นปูพื้นทนน้ำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นปูพื้นทนน้ำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

3.1 แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการรีไซเคิลวัสดุ

เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy: CE) เป็นแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยคำนึงถึงการลดของเสียตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ และการนำวัสดุกลับมาใช้ซ้ำ หรือรีไซเคิลเพื่อให้ทรัพยากรหมุนเวียนอยู่ในระบบให้นานที่สุด (Kirchherr et al., 2023; European Commission, 2020) การรีไซเคิลโฟม และพลาสติกซึ่งเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ยากถือเป็นมาตรการสำคัญที่ช่วยลดภาระต่อสิ่งแวดล้อม และสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (United Nations Environment Programme, 2020)

3.2 เทคโนโลยีการบด และย่อยพลาสติก

การบด หรือย่อยพลาสติกและโฟมเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้ได้วัตถุดิบที่มีขนาดเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในขั้นตอนการผลิตต่อไป การควบคุมพารามิเตอร์ เช่น ความเร็วรอบ ระยะห่างระหว่างใบมีด และลักษณะใบมีด ส่งผลต่อผลผลิตและขนาดชิ้นที่ได้ (Kioko et al., 2023) งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องบดพลาสติกขนาดเล็กสามารถออกแบบให้เหมาะกับการใช้งานระดับครัวเรือนและชุมชน โดยคำนึงถึงต้นทุนที่ต่ำ ความทนทาน และความสะดวกในการใช้งาน (Paopongpaiboon et al., 2019)

3.3 วัสดุก่อสร้างจากวัสดุเหลือใช้และคุณสมบัติเชิงกล

วัสดุเหลือใช้ เช่น โฟม ขี้เถ้าแกลบ หรือเส้นใยพืช ได้รับความสนใจอย่างมากในการนำมาพัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้างใหม่ เช่น คอนกรีตผสมเบา แผ่นปูพื้น และบอร์ดไฟเบอร์ งานวิจัยของ Paopongpaiboon et al. (2019) พบว่าการใช้เศษโฟมรีไซเคิลสามารถเพิ่มคุณสมบัติเชิงกล เช่น ความทนแรงอัด และความต้านทานแรงดัด เมื่อผสมกับวัสดุยึดเกาะในอัตราส่วนที่เหมาะสม ในขณะที่การเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ เช่น เซลลูโลสจากอ้อย หรือเส้นใยแก้ว สามารถเพิ่มความเหนียวและความทนทานของวัสดุได้ (Sutakhote, 2019) คุณสมบัติหลักที่ต้องพิจารณา ได้แก่ ค่าการดูดซึมน้ำต่ำ ความแข็งผิวสูง และความทนทานต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นตัวชี้วัดว่าวัสดุสามารถใช้งานจริงได้

3.4 ทฤษฎีการขึ้นรูปและระบบกึ่งอัตโนมัติ

การขึ้นรูปวัสดุด้วยแม่พิมพ์ (Forming & Molding) เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนวัสดุจากสภาวะกึ่งของแข็งหรือสารผสมให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสม ความดัน และเวลาในการขึ้นรูป (Callister & Rethwisch, 2018) ในปัจจุบัน เทคโนโลยีการควบคุมกระบวนการผลิตได้รับการพัฒนาให้มีความแม่นยำและเสถียรมากขึ้น โดยมีการนำระบบควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติที่อาศัยเซนเซอร์ตรวจจับและไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในกระบวนการขึ้นรูปวัสดุ เพื่อช่วยลดความผิดพลาด เพิ่มประสิทธิภาพ และสร้างความสม่ำเสมอให้กับชิ้นงาน (Ruhiat et al., 2024) การควบคุมผ่านจอ LCD และระบบเซนเซอร์จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการผลิตวัสดุในระดับชุมชนซึ่งต้องการความง่ายและปลอดภัย

Citation:
Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.

3.5 การจัดการขยะและผลกระทบสิ่งแวดล้อม

โฟมและพลาสติกเป็นปัญหาสำคัญด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากใช้เวลาย่อยสลายนาน และเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมมักแปรสภาพเป็นไมโครพลาสติกซึ่งปนเปื้อนในน้ำ ดิน และสิ่งมีชีวิต (Kozak, 2021; Geyer et al., 2017) ในประเทศไทยการจัดการขยะมูลฝอยยังเป็นความท้าทาย โดยเฉพาะพลาสติกที่มีการนำกลับมาใช้ใหม่ไม่ถึงครึ่งหนึ่งของปริมาณทั้งหมด ซึ่งก่อให้เกิดการรั่วไหลของพลาสติกสู่แหล่งน้ำและทะเล (Kamsook et al., 2023) การนำวัสดุเหลือใช้อย่างพลาสติกและโฟมมารีไซเคิลเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น วัสดุก่อสร้าง แผ่นปูพื้น หรือวัสดุอุตสาหกรรม เป็นแนวทางที่ช่วยลดปัญหาขยะและเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจในเวลาเดียวกัน (Xia et al., 2023)

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยด้านการรีไซเคิลพลาสติกและโฟมในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ได้พัฒนาอย่างต่อเนื่องจากแนวทางเชิงเทคนิคสู่แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ที่มุ่งสร้างคุณค่าทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมพร้อมกัน โดยมีงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่ให้ข้อมูลสนับสนุนหลากหลายมิติ ตั้งแต่การออกแบบเครื่องจักรรีไซเคิลขนาดเล็ก การพัฒนาวัสดุก่อสร้างจากของเสีย ไปจนถึงการจัดการขยะเชิงระบบ

1. เทคโนโลยีรีไซเคิลและการออกแบบเครื่องจักรขนาดเล็ก

งานของ Le et al. (2019) และ Chaari et al. (2023) เป็นตัวอย่างสำคัญของการพัฒนาเครื่องรีไซเคิลพลาสติกขนาดเล็กและกึ่งอัตโนมัติที่เหมาะกับชุมชน โดยผสานกระบวนการบด หลอม และอัดขึ้นรูปในระบบเดียวกัน เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานจริง ขณะที่ Krantz et al. (2025) ได้พัฒนาเครื่องบดพลาสติกที่ปรับความเร็วรอบได้และใช้พลังงานต่ำ เพื่อให้ได้เกล็ดพลาสติกที่มีขนาดสม่ำเสมอ เหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใหม่ งานเหล่านี้สะท้อนถึงแนวโน้มการออกแบบระบบรีไซเคิล “ระดับชุมชน” ที่มุ่งเน้นความยืดหยุ่น ความปลอดภัย และความยั่งยืน

2. วัสดุก่อสร้างจากพลาสติกและโฟมรีไซเคิล

ในส่วนของการพัฒนา “วัสดุก่อสร้างจากของเสียพลาสติก” มีการศึกษาหลากหลายที่มุ่งวิเคราะห์สมบัติทางกลและความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง เช่น Paopongpaiboon et al. (2019) และ Sutakhote (2019) ที่ใช้โฟมรีไซเคิลในการผลิตแผ่นปูพื้นและไฟเบอร์บอร์ด พบว่าสามารถลดน้ำหนักวัสดุและเพิ่มความแข็งแรงได้

3. การจัดการขยะพลาสติกเชิงระบบและแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน

ในระดับนโยบายและระบบจัดการขยะ United Nations Environment Programme (2022) และ Pollution Control Department (2023) รายงานถึงการเติบโตของนโยบาย Circular Economy ในการจัดการขยะพลาสติก โดยเน้นการส่งเสริมการรีไซเคิลในระดับท้องถิ่น และการพัฒนาเทคโนโลยีรีไซเคิลต้นทุนต่ำที่สามารถขยายผลในชุมชน ทั้งนี้ Tayeh et al. (2021) ได้วิเคราะห์ว่าความสำเร็จของเศรษฐกิจหมุนเวียนในประเทศกำลังพัฒนา ต้องอาศัย “การเชื่อมโยงเทคโนโลยีขนาดเล็กกับระบบการจัดการของชุมชน” เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนวัสดุอย่างแท้จริง

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัย พบว่าแนวโน้มร่วมกันของงานวิจัย คือการลดขนาดเทคโนโลยีรีไซเคิลให้เหมาะสมกับระดับครัวเรือนและชุมชน (Appropriate-Scale Technology) การพัฒนาวัสดุก่อสร้างจากพลาสติกรีไซเคิลที่มีคุณสมบัติเชิงกลดีขึ้นและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติและเทคโนโลยีอัจฉริยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการผลิต การขับเคลื่อนเชิงนโยบายที่ส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียนในภาคชุมชน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังขาดการบูรณาการ “เทคโนโลยีเครื่องจักรขนาดเล็กกึ่งอัตโนมัติ” เข้ากับ “การผลิตวัสดุก่อสร้างจากโฟมรีไซเคิล” ที่เน้นการใช้งานจริงในบริบทของชุมชนท้องถิ่นไทย งานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งพัฒนาระบบรีไซเคิลกึ่งอัตโนมัติที่ออกแบบเฉพาะเพื่อแปรรูปโฟมเหลือใช้ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง โดยมีเป้าหมายทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมในแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียนอย่างยั่งยืน

4. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

การวิจัยนี้มีกรอบแนวคิดการการวิจัย ดัง Figure 1.

Citation: Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.

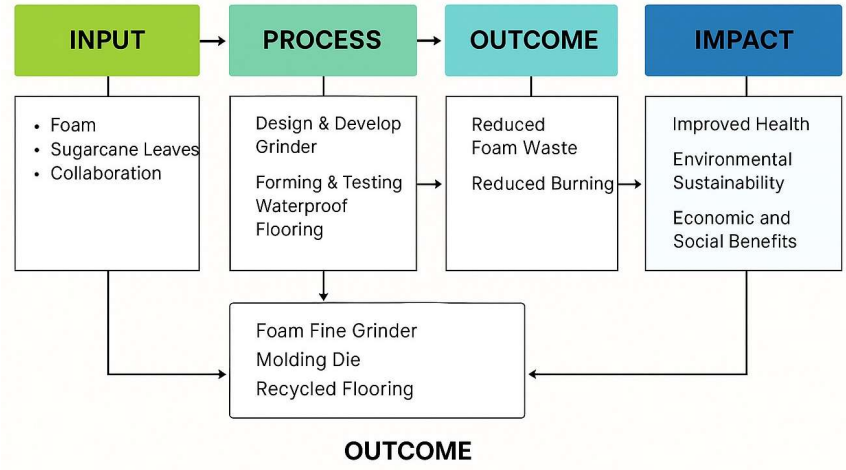

Figure 1. Conceptual Framework.

5. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

5.1 รูปแบบการวิจัยและขอบเขต

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยมีเป้าหมายในการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องบดโฟมกึ่งอัตโนมัติ และประเมินสมรรถนะของแผ่นปูพื้นทนน้ำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยร่วมพัฒนากับชุมชนตำบลบ้านเก่า อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ในการทดลองใช้เครื่องต้นแบบ และวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ต้นแบบเครื่องบดละเอียดโฟมกึ่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ปรับรอบได้ (0 - 2,800 รอบ/นาที) สำหรับควบคุมการบด

2) ใบบดสแตนเลส ชนิด 3 ชั้น ทำมุมเฉียง 30 องศา เพื่อเพิ่มแรงเฉือน และการหมุนวนของโฟมในถังบด

3) ถังบดและถังกวนสแตนเลสทรงกระบอกขนาด 20 ลิตร พร้อมฝาครอบป้องกันการกระเด็น

4) กล่องควบคุมกึ่งอัตโนมัติ พร้อมจอ LCD แสดงสถานะรอบหมุน เวลา และปริมาณโฟมที่ป้อน

5) ระบบเซนเซอร์วัดน้ำหนัก (Load Cell) และปริมาณส่วนผสม เพื่อความแม่นยำในการผลิต

ใบบดออกแบบโดยใช้หลักการไหลหมุนวน (Turbulent Flow) เพื่อให้โฟมถูกเฉือนและแตกตัวอย่างทั่วถึง มีลักษณะเป็นใบมีด 3 แฉก มุมเอียงรับกับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยคำนวณความเร็วปลายใบ (Tip Speed) ให้อยู่ในช่วง 15–20 m/s เพื่อให้ได้อนุภาคโฟมขนาดเฉลี่ยไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปผสมกับวัสดุเหลือทิ้งและสารยึดประสานในการขึ้นรูป

2. แม่พิมพ์ขึ้นรูปแผ่นปูพื้นกันน้ำ

แม่พิมพ์ออกแบบตามลักษณะการใช้งานภายนอก โดยเน้นความแข็งแรง ทนน้ำ และถอดชิ้นงานง่าย ประกอบด้วย

1) วัสดุแม่พิมพ์ใช้เหล็กกล้าผสมเคลือบสารกันติด (PTFE Coating)

2) ขนาดแผ่นปูพื้นเท่ากับ 30 × 30 × 2.5 เซนติเมตร

3) ระบบเปิด–ปิดแม่พิมพ์แบบบานพับ (Hinge Lock) เพื่อเพิ่มความสะดวกในการถอดแผ่น

4) มีช่องระบายอากาศขนาดเล็กเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศภายในเนื้อวัสดุ

หลักการทำงานของแม่พิมพ์ โดยส่วนผสมที่ผ่านการบดและกวนจะถูกเทลงแม่พิมพ์ จากนั้นใช้แรงกดไฮดรอลิกส์ขนาด 50 kN อัดให้แน่นตามรูปแบบลวดลายของแม่พิมพ์ เมื่อวัสดุเซตตัวจะได้แผ่นปูพื้นที่มีความหนาแน่นและผิวเรียบสม่ำเสมอ ลดการซึมน้ำและเพิ่มความทนทานต่อแรงกด

3. เครื่องมือวัดและทดสอบวัสดุ ประกอบด้วย

1) เครื่องทดสอบแรงกด (Compressive Strength Tester)

Citation: Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.

2) เครื่องทดสอบการดูดซึมน้ำ

3) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล

5.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการพัฒนาเครื่องบดละเอียดโฟมพร้อมขึ้นรูปแผ่นปูพื้นทนน้ำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลเครื่องบดโฟมที่มีอยู่

รวบรวมข้อมูลจากบทความวิชาการ เอกสารสิทธิบัตร และเครื่องบดเชิงพาณิชย์ เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะ กลไก และข้อจำกัด เพื่อเป็นแนวทางออกแบบเครื่องต้นแบบให้เหมาะสมกับชุมชน

2. ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบระบบเครื่องต้นแบบ

ออกแบบวงจรระบบไฟฟ้า กลไกการบดและกวน โดยวางผังการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ ใช้เซนเซอร์วัดน้ำหนัก และระบบแสดงผล LCD

3. ขั้นตอนที่ 3 สร้างและทดสอบเครื่องต้นแบบ

ประกอบเครื่องต้นแบบ ทดสอบระบบบดและกวนเพื่อประเมินความละเอียดของโฟม และทดสอบระบบควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานโดยเปรียบเทียบอัตราการบดโฟมต่อเวลา

4. ขั้นตอนที่ 4 การขึ้นรูปและทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปูพื้น ดังนี้

1) การเตรียมส่วนผสม โดยนำโฟมบดละเอียดผสมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (แกลบ ฟาง กะลามะพร้าวบด) และสารยึดประสาน

2) การขึ้นรูป โดยเทส่วนผสมลงแม่พิมพ์ที่ออกแบบไว้ อัดด้วยแรงกดตามกำหนด ปล่อยให้เซตตัวและบ่มในอุณหภูมิควบคุม

3) การทดสอบคุณสมบัติ โดยทำการตรวจสอบการดูดซึมน้ำ (%) ความทนแรงกดอัด (kN/m^2) ความแข็งผิว และความทนต่อการใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมเปียก

5. ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ต้นทุน

เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตเครื่องกับมูลค่าแผ่นปูพื้นที่ผลิตได้ และระยะเวลาคืนทุนในระดับครัวเรือนหรือชุมชน

5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซึมน้ำ และค่าความแข็งแรงของแผ่นปูพื้นที่ผลิตได้จากวัสดุแต่ละชุด

6. ผลการวิจัย (Results)

การพัฒนาเครื่องบดละเอียดโฟมกึ่งอัตโนมัติพร้อมขึ้นรูปแผ่นปูพื้นทนน้ำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ผลการวิจัยดังนี้

6.1 ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องบดละเอียดโฟมกึ่งอัตโนมัติพร้อมขึ้นรูปแผ่นปูพื้นทนน้ำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

จากการศึกษาองค์ความรู้ด้านเครื่องบดโฟม เครื่องผสมสาร และการขึ้นรูปวัสดุกึ่งของแข็ง พบว่าเครื่องต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในระดับครัวเรือนหรือชุมชนควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. ระบบควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ ปุ่มตั้งค่าการทำงาน และการแจ้งเตือน

ผลการวิจัย พบว่า ระบบนี้ทำงานในรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatic Control System) ผู้ใช้สามารถตั้งค่าการทำงานผ่านปุ่มหมุนเพื่อกำหนดระดับความเร็วและสวิตช์ควบคุมการเริ่มหรือหยุดการทำงาน เมื่อระบบเริ่มทำงาน วงจรควบคุมจะปรับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับค่าที่ตั้งไว้ พร้อมตรวจวัดและรักษาความเร็วให้คงที่ด้วยกลไกป้อนกลับ (Feedback Control) เพื่อให้การทำงานมีความแม่นยำและสม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังมีระบบแจ้งเตือน เช่น ไฟแสดงสถานะหรือสัญญาณเตือน เมื่อเกิดความผิดปกติ เช่น ความร้อนสูงหรือแรงดันไฟผิดพลาด ผลการพัฒนาระบบควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ ปุ่มตั้งค่าการทำงาน และการแจ้งเตือนวิจัย ดัง Figure 2.

Citation: Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.

Figure 2. Prototype of a Semi-Automatic Control System

2. ชุดบดโฟมละเอียด ใช้มอเตอร์ AC ปรับความเร็วได้ พร้อมโครงสร้างเหล็กกล้า/สแตนเลสที่มีความทนทาน ผลการวิจัย ดัง Figure 3.

Figure 3. Prototype of a Foam Grinding Machine

3. ชุดปั่นกวนผสม วัสดุที่ได้จากโฟมหลอมรวมกับเส้นใยพืชเพื่อให้ได้เนื้อวัสดุที่เหมาะกับการขึ้นรูป ผลการวิจัย ดัง Figure 4.

Citation: Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.

Figure 4. Prototype of a Mixing and Stirring Set

4. แม่พิมพ์หล่อแผ่นปูพื้น ออกแบบให้สามารถถอดชิ้นงานได้ง่าย และได้ขนาดมาตรฐานภาพรวมเครื่องต้นแบบ เครื่องมีขนาดกะทัดรัด พื้นที่ติดตั้งไม่เกิน 1 ตารางเมตร ใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน มีระบบเซนเซอร์วัดน้ำหนักโฟมก่อนเข้าเครื่อง และเซนเซอร์วัดปริมาณส่วนผสมระหว่างขั้นตอนการกวน ดัง Figure 5.

จากการใช้งานจริงพบว่าเครื่องสามารถบดโฟมได้ละเอียดเฉลี่ยภายใน 3–5 นาทีต่อรอบ และสามารถผสมขึ้นรูปแผ่นปูพื้นขนาด 30x30 ซม. ได้ภายในเวลาไม่เกิน 10 นาทีต่อชิ้น ตัวอย่างดัง Figure 6.

Figure 5. Prototype of a foam grinder with a waterproof flooring sheet molding from agricultural waste.

Citation: Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.

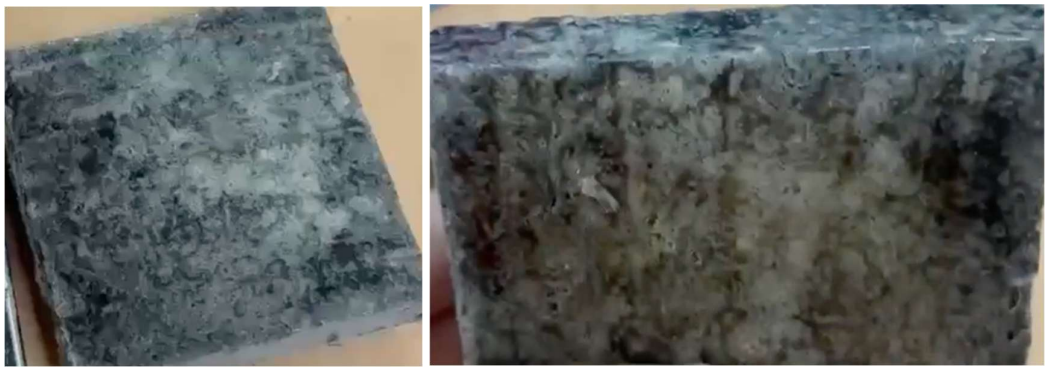

Figure 6. Example of waterproof floor tiles made from materials.

6.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นปูพื้นทนน้ำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

ในการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นปูพื้นทนน้ำ เลือกใช้สูตร L1 ซึ่งเป็นสูตรที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยมีอัตราส่วนของโฟม 6 เซลลูโลสจากใบอ้อย 3 และถ่าน 1 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุแผ่นปูพื้นต้นแบบ ทีมวิจัยได้ทำการทดสอบคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. การดูดซึมน้ำ พบว่า แผ่นปูพื้นจากโฟมและเส้นใยพืชมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยเพียง 2.35% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ “ต่ำ” สำหรับการใช้งานภายนอกที่สัมผัสกับความชื้น

2. ความทนทานต่อแรงกดอัด พบว่า แผ่นปูพื้นสามารถรองรับน้ำหนักแรงกดได้เฉลี่ย 178.6 kN/m² ซึ่งเทียบเท่ากับวัสดุปูพื้นกลุ่มพอลิเมอร์ผสมในระดับอุตสาหกรรม

3. ความแข็งผิวและความต้านแรงกระแทก พบว่า ค่าความแข็งเฉลี่ยอยู่ในระดับ Shore D = 72 โดยยังสามารถทนต่อแรงกระแทกจากวัตถุที่มีน้ำหนักไม่เกิน 10 กิโลกรัมที่ความสูง 1 เมตรได้โดยไม่แตกหัก

4. การใช้งานจริงในสภาพแวดล้อม พบว่า นำแผ่นปูพื้นไปติดตั้งในลานหน้าบ้านของครัวเรือนในพื้นที่ตำบลบ้านเก่า อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าแผ่นปูพื้นไม่เกิดการพองตัว หรือหลุดร่อนจากพื้นดินเมื่อติดตั้งอย่างถูกวิธี

5. ปริมาณโฟมที่ใช้ในการผลิตแผ่นปูพื้นกันน้ำหนึ่งแผ่น พบว่า จากการทดลองผสมวัสดุตามสูตร L1 (โฟม 6 : เซลลูโลสจากใบอ้อย 3 : ถ่าน 1 โดยน้ำหนัก) พบว่าการผลิตแผ่นปูพื้นขนาด 30 × 30 × 2 เซนติเมตร จำเป็นต้องใช้โฟมที่ผ่านการบดละเอียดแล้วเฉลี่ยประมาณ 450–500 กรัมต่อแผ่น ซึ่งเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมในการคงความหนาแน่นและความยืดหยุ่นของเนื้อวัสดุ เมื่อผสมกับเส้นใยพืชและผงถ่านในอัตราส่วนดังกล่าว จะได้มวลรวมของเนื้อวัสดุประมาณ 800 กรัมต่อแผ่น โดยไม่เกิดการแตกร้าวหรือหดตัวระหว่างกระบวนการขึ้นรูปและอบแห้ง นอกจากนี้การคำนวณเชิงเปรียบเทียบพบว่า โฟมที่ใช้ 1 กิโลกรัมสามารถผลิตแผ่นปูพื้นได้ประมาณ 2 แผ่น ซึ่งช่วยลดปริมาณขยะโฟมได้เฉลี่ย 8–10 กิโลกรัมต่อเดือน เมื่อใช้งานเครื่องในกำลังการผลิต 200 แผ่นต่อเดือน ในระดับครัวเรือนหรือชุมชน

6. น้ำหนักและความหนาแน่นของแผ่นปูพื้นต้นแบบ พบว่า จากการชั่งน้ำหนักแผ่นปูพื้นขนาด 30 × 30 × 2 เซนติเมตร ที่ผลิตตามสูตร L1 (โฟม 6 : เซลลูโลสจากใบอ้อย 3 : ถ่าน 1) พบว่าแผ่นปูพื้นมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.78–0.85 กิโลกรัมต่อแผ่น โดยมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ 0.96 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm³) ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์วัสดุประเภทพอลิเมอร์คอมโพสิตน้ำหนักเบา (lightweight composite polymer material) การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบพบว่า แผ่นปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรนี้มีน้ำหนักเบากว่าวัสดุปูพื้นซีเมนต์ทั่วไปประมาณ 35–40% แต่ยังคงมีค่าความทนแรงอัดและความแข็งผิวอยู่ในระดับมาตรฐานสำหรับการใช้งานภายนอกอาคารได้อย่างเหมาะสม คุณสมบัติดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของวัสดุในการ ลดภาระโครงสร้างพื้น (structural load) และ เพิ่มความสะดวกในการขนย้ายและติดตั้ง โดยไม่ลดทอนความทนทานเชิงกล ทำให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในระดับครัวเรือนหรือโครงการพัฒนาชุมชน

ผลการประเมินประสิทธิภาพการบดโฟม ดัง Table 1.

Citation: Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.

Table 1. Results of the foam grinder test.

Aspect to be assessed	Test Results/Percentage
1. Foam grinding efficiency (kg/hr)	15 – 20 kg/hr
2. size of the foam piece obtained (centimeters)	0.5 – 1.5 centimeters
3. ease of use	87 %
4. performance satisfaction	85 %
5. safety in use	83 %
6. benefit of recycling	85 %

จาก Table 1. ผลการประเมินประสิทธิภาพการบดโฟม พบว่าเครื่องสามารถบดโฟมได้เฉลี่ย 15 – 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขนาดของชิ้นโฟมอยู่ในช่วง 0.5 1.5 เซนติเมตร ซึ่งเหมาะต่อการนำไปเป็นส่วนผสมในการทำแผ่นปูพื้นทนน้ำ สำหรับการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ซึ่งประกอบด้วย ครัวเรือน ชุมชน และผู้ประกอบการในตำบลบ้านเก่า อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าร้อยละ 87 เห็นว่าเครื่องมีความสะดวกและใช้งานง่าย ร้อยละ 83 พึงพอใจกับประสิทธิภาพการบดโฟมและความสม่ำเสมอของชิ้นโฟมที่ได้ ร้อยละ 90 เห็นว่าเครื่องมีความปลอดภัยและลดความเสี่ยงในการสัมผัสกับเศษโฟม และร้อยละ 85 เห็นว่าเครื่องมีส่วนช่วยลดปริมาณขยะโฟมและมีประโยชน์ต่อการรีไซเคิลในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ผู้ตอบแบบสอบถามยังเสนอว่าเครื่องบดโฟมสามารถนำเศษโฟมที่บดแล้วไปผสมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งจากไร่อ้อย ซึ่งโดยปกติมักถูกเผาทำลาย และก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ อันเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และสนับสนุนการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับชุมชนได้

6.3 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

ในงานวิจัยนี้ใช้ต้นทุนรวมในการผลิตเครื่องต้นแบบอยู่ที่ 50,000 บาท โดยมีต้นทุนเฉลี่ยในการผลิตแผ่นปูพื้นต่อชิ้นประมาณ 10-12 บาท (รวมแรงงาน) ซึ่งหากนำไปใช้ในระดับชุมชนจะมีคืนทุนภายในระยะเวลา 1 ปี ภายใต้กำลังการผลิต 200 ชิ้นต่อเดือน

7. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาเครื่องบดละเอียดโฟมพร้อมขึ้นรูปแผ่นปูพื้นทนน้ำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และ 2) ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นปูพื้นที่ผลิตได้ โดยการวิจัยดำเนินในลักษณะของการพัฒนาเครื่องมือ (Developmental Research) ที่มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมเชิงประยุกต์เพื่อตอบโจทย์การใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนในระดับชุมชน จากผลการดำเนินงาน พบว่าเครื่องบดละเอียดโฟมต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ในรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ ประกอบด้วยระบบบด กวน และขึ้นรูปแผ่นปูพื้นที่มีประสิทธิภาพ โดยออกแบบให้ใช้พลังงานไฟฟ้าภายในครัวเรือน มีขนาดกะทัดรัด เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานจำกัด และควบคุมการทำงานได้อย่างสะดวก พร้อมระบบตั้งค่าที่ชัดเจนและปลอดภัย สำหรับผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นที่ได้จากกระบวนการผลิตของเครื่องต้นแบบดังกล่าว มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมภายนอก โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความชื้นหรือแฉะเป็นประจำ แผ่นปูพื้นมีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำเพียง 2.35% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างทั่วไป อีกทั้งยังสามารถรับแรงกดได้สูงถึง 178.6 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร (kN/m²) และมีค่าความแข็งผิวเฉลี่ยอยู่ในระดับ Shore D เท่ากับ 72 ซึ่งแสดงถึงความทนทานต่อแรงกระแทกและความแข็งแรงของพื้นผิวอย่างเหมาะสม นอกจากนี้แผ่นปูพื้นที่ผลิตได้ยังมีต้นทุนต่อหน่วยค่อนข้างต่ำ ทำให้สามารถนำไปขยายผลสู่ระดับชุมชนหรือกลุ่มอาชีพเพื่อสร้างรายได้เสริมได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยจากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่า หากมีการผลิตอย่างต่อเนื่อง ก็จะสามารถคืนทุนค่าเครื่องและวัสดุได้ภายในระยะเวลาประมาณหนึ่งปี ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ทั้งในเชิงเศรษฐกิจและการพัฒนาที่ยั่งยืน

8. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเครื่องบดละเอียดโฟมพร้อมระบบขึ้นรูปแผ่นปูพื้นที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ ทั้งในด้านกลไกการบด การกวน และการขึ้นรูปภายในระบบเดียวกัน การออกแบบเครื่องให้มีขนาดกะทัดรัด ใช้พลังงานไฟฟ้าภายในครัวเรือน และควบคุมการทำงานได้สะดวก ทำให้เหมาะสมต่อการใช้งาน

Citation:
Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.

ในระดับชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Le et al. (2019) และ Chaari et al. (2023) ที่พัฒนาเครื่องรีไซเคิลพลาสติกขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยรวมกระบวนการบด หลอม และอัดขึ้นรูปไว้ในเครื่องเดียว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนในการดำเนินงาน การออกแบบเช่นนี้ช่วยให้กระบวนการรีไซเคิลสามารถเกิดขึ้นได้จริงในระดับครัวเรือนหรือชุมชน ซึ่งเป็นหัวใจของแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ที่เน้นการจัดการของเสียในท้องถิ่นเพื่อลดภาระสิ่งแวดล้อม

ในส่วนของระบบบดและกวน เครื่องต้นแบบในงานวิจัยนี้ออกแบบให้สามารถปรับความเร็วรอบได้ ทำให้เศษโฟมถูกบดละเอียดและกระจายตัวได้ดีภายในสารยึดประสาน ผลลัพธ์ที่ได้คือแผ่นปูพื้นที่มีความแน่นเนื้อและมีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำเพียง 2.35% ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของกระบวนการผสมที่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ เครื่องต้นแบบยังมีการออกแบบระบบความปลอดภัยและการใช้งานที่เหมาะสมกับผู้ใช้ทั่วไป โดยติดตั้งสวิตช์ตัดไฟอัตโนมัติและระบบป้องกันความร้อนเกิน ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงในระหว่างการใช้งานและสนับสนุนให้สามารถใช้เครื่องจักรในระดับชุมชนได้อย่างยั่งยืน ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับแนวทางของ Le et al. (2019) ที่เน้นว่าการออกแบบเครื่องจักรขนาดเล็กควรคำนึงถึงความปลอดภัย ความสะดวกในการบำรุงรักษา และการเรียนรู้การใช้งานของผู้ใช้ เพื่อให้เกิดการใช้งานอย่างต่อเนื่องในระยะยาว ในส่วนของคุณสมบัติของวัสดุ ผลการวิจัยพบว่าแผ่นปูพื้นที่ผลิตได้มีค่าความแข็งแรงรับแรงกดสูงถึง 178.6 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และค่าความแข็งผิวเฉลี่ย Shore D เท่ากับ 72 ซึ่งอยู่ในระดับมาตรฐานสำหรับการใช้งานภายนอก ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานของ Paopongpaiboon et al. (2019) และ Sutakhote (2019) ที่ใช้เศษโฟมรีไซเคิลผลิตแผ่นปูพื้นและไฟเบอร์บอร์ด พบว่าวัสดุที่ได้มีความแข็งแรงสูง น้ำหนักเบา และมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่ที่มีความชื้นสูง นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องในด้านของการพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมการผลิต งานของ Jaroenyos et al. (2019) ได้แสดงให้เห็นว่าการผสมวัสดุรีไซเคิลกับเส้นใยแก้วในสัดส่วนที่เหมาะสม (40%) สามารถเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของเครื่องต้นแบบในงานนี้ที่สามารถปรับพารามิเตอร์ของแรงกวนและอุณหภูมิ เพื่อเพิ่มความหนาและความแข็งแรงของวัสดุโดยไม่ต้องพึ่งพาการเติมเส้นใยเสริมแรง

เมื่อพิจารณาในเชิงระบบ การพัฒนาเครื่องบดโฟมพร้อมขึ้นรูปในงานนี้ยังตอบสนองต่อแนวนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยสอดคล้องกับรายงานของ United Nations Environment Programme (2020) และ Pollution Control Department (2023) ที่ชี้ว่าการจัดการขยะอย่างยั่งยืนต้องมุ่งสู่การรีไซเคิลในระดับท้องถิ่นและการสร้างเทคโนโลยีรีไซเคิลต้นทุนต่ำ ขณะเดียวกันก็สอดรับกับข้อเสนอของ Tayeh et al. (2021) ที่ระบุว่าความสำเร็จของเศรษฐกิจหมุนเวียนในประเทศกำลังพัฒนาขึ้นอยู่กับการบูรณาการระหว่างเทคโนโลยีขนาดเล็กและระบบจัดการของชุมชน เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนวัสดุอย่างแท้จริง

อย่างไรก็ตาม เครื่องต้นแบบนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการในด้านการออกแบบ เช่น การควบคุมอุณหภูมิและแรงกดในบางช่วงที่ยังเป็นแบบเปิดวงจร (Open-Loop) ทำให้ความแม่นยำของการผลิตอาจแตกต่างกันในแต่ละรอบการใช้งาน อีกทั้งระบบระบายความร้อนหลังการขึ้นรูปยังเป็นแบบธรรมดา ซึ่งอาจส่งผลต่อเวลาการผลิตและความเค้นตกค้างของวัสดุบางส่วน ดังนั้น แนวทางการพัฒนาในอนาคตควรมุ่งสู่การเพิ่มระบบควบคุมแบบป้อนกลับอัตโนมัติ (Closed-Loop Control) และติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดแรงดัน ความร้อน และแรงบิดแบบเรียลไทม์ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการผลิต รวมถึงการออกแบบแม่พิมพ์แบบโมดูลาร์ที่สามารถเปลี่ยนรูปแบบหรือลวดลายของแผ่นปูพื้นได้หลากหลาย เพื่อให้ตอบโจทย์เชิงพาณิชย์มากขึ้น

9. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

9.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

1. ควรศึกษาอัตราส่วนผสมวัสดุเพิ่มเติม เช่น การใช้เส้นใยพืชชนิดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติต้านเชื้อรา หรือกันลื่น
2. ควรเปรียบเทียบคุณภาพกับวัสดุปูพื้นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดอย่างเป็นระบบ

9.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. สามารถใช้เป็นกรณีศึกษาในรายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมเครื่องกล หรือการจัดการของเสีย
2. ส่งเสริมให้ศูนย์เรียนรู้ชุมชนหรือกลุ่มอาชีพนำต้นแบบไปทดลองใช้และผลิตในเชิงพาณิชย์
3. หน่วยงานท้องถิ่นควรมีบทบาทในการสนับสนุนเครื่องจักรและฝึกอบรมการใช้งานในชุมชนเพื่อสร้างอาชีพใหม่จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

Citation:
Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.

10. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประเภททุน Fundamental Fund ภายใต้การสนับสนุนของมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2567 และงานวิจัยนี้ใช้ Generated AI เป็นแนวทางในการค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

11. เอกสารอ้างอิง (References)

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2020). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (10th ed.). Wiley.

Chaari, M. Z., Abdelfatah, M., Al-Sulaiti, S., Daroge, F., Al-Rahimi, R., & Pereira, G. (2023). Building a Community-Scale Plastic Recycling Station to Make Flower Pots from Bottle Caps. *SN Applied Sciences*, *5*(5), 128. https://doi.org/10.1007/s42452-023-05344-5.

Department of Health. (2021). *The Use of Foam Containers for Food and Safety*. Ministry of Public Health. https://foodsan.anamai.moph.go.th/th/no-foam/204464. (In Thai)

European Commission. (2020). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner and More Competitive Europe*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098.

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made. *Science Advances*, *3*(7), e1700782. https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782.

Jaroenyos, R., Naumtim, J., & Anuntaratanachai, S. (2019, March 27-28). Processing of Recycled Mixed Foam Fiberglass is a Product. *The 11th Walailak Research National Conference*, 1-9. Walailak University. (In Thai)

Kamsook, S., Phongphiphat, A., Towprayoon, S., & Vinitnantharat, S. (2023). Investigation of Plastic Waste Management in Thailand Using Material Flow Analysis. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, *41*(4), 924–935. https://doi.org/10.1177/0734242X221126376.

Kioko, M. M., Odhong, E. V., & Ondieki, C. M. (2023). Optimization of Parameters of Plastic Grinding Machine Using Generalized Reduced Gradient Non-Linear Programming. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *129*, 421-427. https://doi.org/10.1007/s00170-023-12268-2.

Kirchherr, J., Yang, N.-H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, *194*, 107001. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001.

Kozak, E. R., Franco-Gordo, C., Mendoza-Pérez, J., Sánchez-Nuño, N., Martínez-Sánchez, X. A., Melo-Agustín, P., Pelayo-Martínez, G., & Gómez-Gutiérrez, J. (2021). Surface Layer Microplastic Pollution in Four Bays of the Central Mexican Pacific. *Marine Pollution Bulletin*, *169*, 112537. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112537.

Krantz, J., Licata, J., Raju, M. A., Gao, P., Ma, R., & Masato, D. (2025). Machine Learning-Based Process Control for Injection Molding of Recycled Polypropylene. *Polymers*, *17*(7), 940. https://doi.org/10.3390/polym17070940.

Le, A. T. M., Doan, H. D., Ngo, L. P., Huynh, L. T., Huynh, T. N., Phan, H. T., & Tran, T. T. (2019). A Conceptual Design and Numerical Analysis for a Small-Scale and Low-Cost Plastic Recycling Machine. *E3S Web of Conferences*, *93*, 02007. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199302007.

Citation: Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.

Paopongpaiboon, K. Boonserm, K., Horsakulthai, V., & Chindaprasir, P. (2019). The Effect of Organic Solvent Ratios on Mechanical Properties and Thermal Conductivity of Walkway Block from Waste Foam Residue. *Engineering Journal of Research and Development, 30*(4), 121-132. (In Thai)

Pollution Control Department. (2023). *Plastic Waste Management Action Plan on Phase 2 (2023-2027)*. Ministry of Natural Resources and Environment. https://www.pcd.go.th/publication/28745. (In Thai)

Ruhiat, U., Kholiloh, R., Adhima, F., & Suryana, A. (2024). Control System for Plastic Molding Machine Using PLC at CV. Guna Teknik. In Saputri, U. S., & Yudono, M. A. S. (Eds), *Proceedings of the International Conference on Consumer Technology and Engineering Innovation* (233, 34–39). Atlantis Press International BV. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-406-8_8.

Sutakhote, P. (2019). *Paving Stones and Fiberboard Made from Recycled Foam*. https://www.tech2biz.net/index.php/content/1476-แผ่นปูทางเท้าและไฟเบอร์บอร์ดจากโฟมรีไซเคิล. (In Thai)

Tayeh, B. A., Alyousef, R., Alabduljabbar, H., & Alaskar, A. (2021). Recycling of Rice Husk Waste for a Sustainable Concrete: A Critical Review. *Journal of Cleaner Production, 312*, 127734. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127734.

Thaishopadmin. (n.d). *Safe Living EP.5: Decomposition of Different Types of Packaging*. Gracz. https://gracz.co.th/blog/post/กินอยู่ปลอดภัย-ep.5-การย่อยสลายของบรรจุภัณฑ์ประเภทต่างๆ-duplicated. (In Thai)

United Nations Environment Programme. (2020). *Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain: Global Stocktaking*. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/34184.

Xia, H., Han, J., & Milisavljevic-Syed, J. (2023). Predictive Modeling for the Quantity of Recycled End-of-Life Products Using Optimized Ensemble Learners. *Resources, Conservation and Recycling*, *197*, 107073. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107073.

Citation:
Champa, L., Opamawuthikul, M., & Thongpan, N. (2025). Development of a Semi-Automation Foam Grinder with Molding for Waterproof Floor Sheet from Agricultural Waste. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 392-404. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2784.