

แนวทางการผลิตแผ่นดูดซับเสียงจากใยกล้วยง
ด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมในชุมชน*
MANUFACTURING GUIDELINE OF AN ACOUSTIC ABSORBER
FROM HEMP FIBER WITH APPROPRIATED TECHNOLOGY
IN COMMUNITY

ศิริเดช สุธีร

Siradech Surit

กัณติทัต ทับสุวรรณ

Kantitut Tubsuwan

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kasetsart University, Thailand

E-mail: kantitut.t@ku.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนผสมเส้นใยกล้วยงและวัสดุประสานเพื่อใช้ในการผลิตและเพื่อการออกแบบเชิงพารามิเตอร์ของแผ่นดูดซับเสียงในอาคารโดยมุ่งเน้นในการผลิตด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมในระดับชุมชนอันเป็นการสร้างห่วงโซ่อุปทานในการใช้ประโยชน์กล้วยงในอุตสาหกรรมก่อสร้าง วัสดุดูดซับเสียงเป็นส่วนประกอบทางวิศวกรรมอาคารซึ่งสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์วัสดุประกอบกล้วยงได้เป็นอย่างดี ถึงแม้ว่าการออกแบบส่วนผสมของวัสดุดูดซับเสียงส่วนต้องอาศัยเครื่องมือวัดที่มีเทคโนโลยีสูงแต่กระบวนการผลิตสามารถใช้เทคโนโลยีระดับชุมชนได้ การวิจัยนี้จึงประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ 1) การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุประสาน 3 ชนิดคือ ยางพารา ปูนปลาสเตอร์ และลาเท็กซ์ จำนวน 60 ส่วนผสมโดยศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (NRC) การศึกษากระทำในช่วงความถี่เสียง 150 Hz ถึง 5 kHz จากนั้น 2) ศึกษาการออกแบบเชิงพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้รูปทรงที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการใช้งานเป็นวัสดุดูดซับเสียงในอาคารรวมถึงเหมาะสมกับกระบวนการผลิตแบบแรงดัน-ความร้อนต่ำเพื่อนำเสนอกระบวนการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการผลิตภาคชุมชน ผลการวิจัยพบว่าวัสดุประกอบกล้วยงซึ่งใช้ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุประสานที่ความหนาแน่น 0.40 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรมีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงดีที่สุดโดย NRC มีค่าเท่ากับ

* Received 9 June 2022; Revised 23 June 2022; Accepted 26 June 2022



0.43 ที่และส่วนผสมที่ได้สามารถนำมาผลิตชิ้นงานจริงโดยใช้แม่พิมพ์วัสดุ ABS ที่ผลิตจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ทำให้สามารถปรับรูปแบบชิ้นงานให้เข้ากับความต้องการและเอกลักษณ์ของชุมชนเพื่อพัฒนาต่อยอดห่วงโซ่อุปทานในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ: ไยกัญชง, แผ่นกันเสียง, การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์, เทคโนโลยีที่เหมาะสม

Abstract

The objectives of this research article were to study the mix ratio of hemp fibers and binders use in the production and for the parametric design of the sound-absorbing panels in the building, focusing on the production with appropriate technology at the community level. This creates a supply chain for utilizing hemp in the construction industry. Sound-absorbing materials are building engineering components that can add value to composite hemp products. Although the design of most sound-absorbing composites requires high-tech measuring instruments, the production process can use community-based technology. This research therefore consists of two steps: 1) a study of the appropriate composition of 3 types of binders, Natural rubber (Para-Rubber), Plaster (Lime), and Latex, a total of 60 samples. The relationship between density and Noise Reduction Coefficient (NRC) was investigated. The study was performed in the acoustic frequency range of 150 Hz to 5 kHz. Then, 2) the product parameterization design was studied to obtain an efficient shape and suitable for use as a sound-absorbing material in buildings and suitable for a low-pressure-heat process to present the production process by Using technology suitable for a community production. Research has shown that a plaster-based hemp composite with 0.40 gram per cubic centimeter density has the best sound-absorbing properties. The NRC is 0.43, and the resulting mixture can be used to produce a fully-functional prototype using ABS molded materials made from a 3D printer, enabling the model to be adapted to the needs and identity of the community further to develop the supply chain at the industrial level.

Keywords: Hemp Fiber, Sound Absorber, Computer Simulation, Appropriate Technology



บทนำ

กัญชง (Cannabis Sativa หรือ Hemp) เป็นพืชที่ใช้ประโยชน์ด้านเส้นใย โดยทั่วไปมีสารเสพติด Tetrahydrocannabinol (THC) ต่ำกว่าร้อยละ 0.3 ซึ่งกฎหมายสากลไม่ถือว่าเป็นสารเสพติด นโยบายส่งเสริมการปลูกกัญชงเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศเริ่มในปี พ.ศ. 2563 (กฎกระทรวงสาธารณสุข, 2563) โดยใช้กัญชงในอุตสาหกรรมอื่นนอกจากการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ ซึ่งเส้นใยกัญชงมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นสิ่งทอและใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ (Oldham, D. J. et al., 2011) อุตสาหกรรมวัสดุประกอบทางวิศวกรรม (Engineering Composite) เช่น การนำเส้นใยไปผสมกับโพลีโพรพิลีน หรือโพลีเอสเตอร์เพื่อปียัดขึ้นรูปในอุตสาหกรรมยานยนต์ (Manaila, E. et al., 2015) และในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น Hemp Crete ซึ่งนำกัญชงมาผลิตเป็นวัสดุประกอบสำหรับใช้ในการก่อสร้างผนังอาคารซึ่งมีสมบัติในการระบายความร้อนที่ดี มีน้ำหนักเบา และรับแรงดึงได้สูง (Elfordy, S. et al., 2008); (Sassoni, E. et al., 2014); (Kinnane, O. et al., 2016)

ในปี ค.ศ. 2004 Karus, M. & Dominik, V. ได้ทำการศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์จากเส้นใยของกัญชงพบว่าในอุตสาหกรรมก่อสร้างมีการใช้วัสดุที่มีส่วนประกอบของกัญชงร้อยละ 5 (Karus, M. & Dominik, V., 2004) โดยในปี ค.ศ. 2003 บริษัท HempFlax ซึ่งเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนซึ่งมีส่วนประกอบของกัญชงให้กับผู้ผลิตรายอื่นหลายบริษัทด้วยกัน อาทิเช่น Mercedes, BMW, Jaguar, Bentley และ Bugatti นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 2016 บริษัท HempFlax ได้เริ่มนำกัญชงมาใช้ในการผลิตเป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น ชิ้นส่วน หลังคา ผนัง และพื้น เนื่องจากกัญชงแสดงสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนและฉนวนดูดซับเสียงที่ดี (HempFlax, 2021) และในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน ปี ค.ศ. 2015 บริษัท Form Us With Love ได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์วัสดุประกอบเส้นใยกัญชงเพื่อใช้ประโยชน์ในการดูดซับเสียงในอาคารเช่นกัน (Form Us with Love, 2021)

ตามที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการพัฒนาวัสดุประกอบจากเส้นใยกัญชงเพื่อใช้ในงานวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมมีอย่างหลากหลาย อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการแปรรูปและการขึ้นรูปเป็นวัสดุประกอบเพื่อใช้ในการสร้างเป็นแผ่นดูดซับเสียงในอาคารยังต้องอาศัยกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีระดับเทคโนโลยีการตรวจวัดและการผลิตที่สูง เพื่อลดความซับซ้อนในการออกแบบส่วนผสม ในงานวิจัยนี้จึงได้เสนอผลการทดสอบการออกแบบส่วนผสมซึ่งสามารถใช้วัสดุประสาน 3 ชนิด คือ ยางพารา กาวลาเท็กซ์ และปูนปลาสเตอร์ จากนั้นจึงกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ต้องการเพื่อกำหนดค่าความหนาแน่นเป้าหมายในการผลิตส่วนผสม นอกจากนี้ในรายงานการศึกษานี้ยังได้นำเสนอกระบวนการผลิตชิ้นงานด้วยแม่พิมพ์ซึ่งออกแบบด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยแนวทางการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับชุมชน (Appropriate Technology) ในการขึ้นรูปชิ้นงานที่อุณหภูมิห้องและแรงดันต่ำทำให้เอื้อต่อการผลิตชิ้นงานในระดับชุมชน ทำให้สามารถพัฒนา



ห่วงโซ่อุปทานต่อ ยอดเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเสริมสร้างความยั่งยืนทางเศรษฐกิจให้กับชุมชนในลำดับต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสัดส่วนการผสมของเส้นใยกันยูงและวัสดุประสานที่มีความเหมาะสมโดยใช้การขึ้นรูปในลักษณะความดันต่ำที่อุณหภูมิห้อง
2. เพื่อออกแบบเชิงพารามิเตอร์สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นดูดซับเสียงโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตในชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้แบ่งกระบวนการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของวัสดุในแต่ละส่วนผสมและค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงรบกวน (Noise Reduction Coefficient, NRC) ซึ่งได้จากการทดลองตามมาตรฐาน ASTM C423 โดยกระบวนการทดลองแสดงในตารางที่ 1 ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาการออกแบบเชิงพารามิเตอร์เพื่อการผลิตขึ้นงานร่วมกับการจำลองสถานการณ์ใช้งานเพื่อพิสูจน์การออกแบบ (วิศรุตม์ ธนสุกาญจน์ และคณะ, 2562)

ตารางที่ 1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของวัสดุในแต่ละส่วนผสม

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ผลลัพธ์
ความหนาแน่นของวัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงรบกวน	สัดส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการทำวัสดุดูดซับเสียง
ปัจจัยประกอบ	ปัจจัยประกอบ	ข้อมูลพื้นฐานทางกระบวนการ
1. ขนาดของเส้นใย	กราฟความสัมพันธ์ของ สัมประสิทธิ์	ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ และ สมบัติ
2. ชนิดของวัสดุประสาน	การดูดซับเสียงในช่วงความถี่ 0 - 6	ทางวัสดุสำหรับการนำไป
3. ยางพารา	kHz	จำลองสถานการณ์ใน
4. ปูนพลาสเตอร์		คอมพิวเตอร์
5. กาวลาเท็กซ์ LS 22-S		
6. สัดส่วนผสมของ (1) และ (2)		

กระบวนการผลิตตัวอย่างเพื่อใช้ในการวัดการดูดซับเสียง

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างลำต้นกันยูงจากสถานีไบยาท่าพล จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งได้เก็บพักตัวอย่างจากแหล่งปลูก กันยูงที่ใช้ในการวิจัยนี้ มีอายุ 4 เดือน ความสูงประมาณ 3 เมตร เส้นรอบวงที่ความสูงตัด 12 เซนติเมตร มีค่า 3.5 - 4.0 เซนติเมตร ผ่านกระบวนการตากแห้ง จากนั้นจึงนำมาตัดให้มีความยาว 50 เซนติเมตรดังแสดงในภาพที่ 1 จากนั้นลำต้นกันยูงที่ได้ถูกนำมาแปรรูปที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีขั้นตอนคือ ทำความสะอาดลำต้นและลอกผิว จากนั้นจึงหั่นเป็นชิ้นความยาวประมาณ



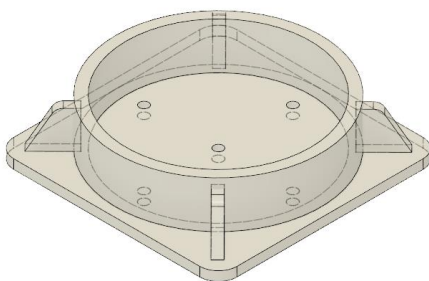
15 เซนติเมตร และนำไปบดเพื่อย่อยกัญชงเป็นชิ้นขนาดละเอียด แล้วใช้ตะแกรงร่อนหยาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0, 0.8, 0.6, 0.2 และ 0.1 เซนติเมตร เพื่อทำการคัดขนาดในการออกแบบส่วนผสม



ภาพที่ 1 การเก็บตัวอย่างจากแหล่งปลูก

กระบวนการเตรียมตัวอย่างและทดสอบ

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์เพื่อขึ้นรูปวัสดุต้นแบบโดยใช้โปรแกรม Autodesk Fusion 360 จากนั้นจึงผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องพิมพ์สามมิติที่ห้องปฏิบัติการต้นแบบดิจิทัล คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 2 กระบวนการเตรียมตัวอย่างและการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้



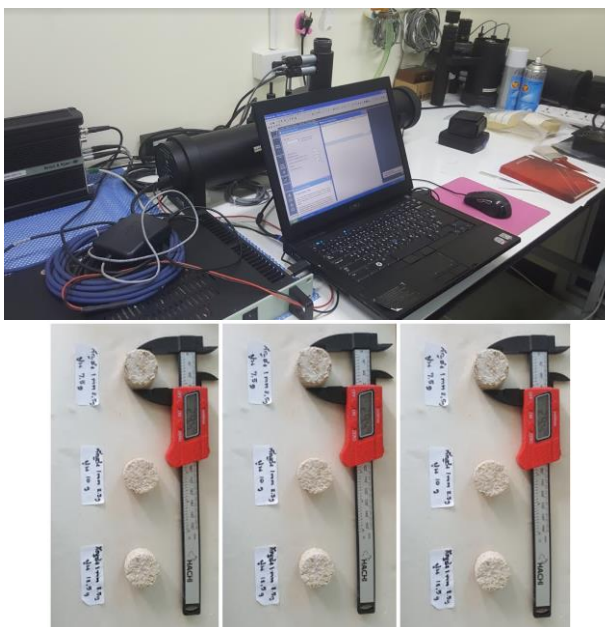
ภาพที่ 2 แม่พิมพ์สำหรับการผลิตขึ้นตัวอย่างเพื่อการทดสอบการดูดซับเสียง



1. การออกแบบส่วนผสมมีตัวแปรออกแบบคือกลุ่มขนาดเส้นใย 4 กลุ่ม ได้แก่ 0.00 - 1.18 มิลลิเมตร 1.18 - 2.00 มิลลิเมตร 2.00 - 4.75 มิลลิเมตร 4.75 - 6.30 มิลลิเมตร วัสดุประสาน 3 ชนิด ได้แก่ ยางพารา กาวลาเท็กซ์และปูนปลาสเตอร์ สัดส่วนกัญชงต่อวัสดุประสานโดยน้ำหนัก 5 สัดส่วน ได้แก่ 1:1 1:2 1:3 1:4 และ 1:5 รวมการออกแบบส่วนผสมเป็น 60 ส่วนผสม

2. เตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ จำนวน 5 ชุดตัวอย่างต่อส่วนผสมแต่ละชุดตัวอย่างมี 2 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 9.98 เซนติเมตร เพื่อการทดสอบการดูดซับเสียง ความถี่ไม่เกิน 1600 Hz และเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2.98 เซนติเมตร การทดสอบการดูดซับเสียงความถี่ไม่เกิน 6400 Hz

3. นำตัวอย่างเข้าเครื่องทดสอบการดูดซับและสะท้อนเสียงตามมาตรฐาน ASTM C423 ตามภาพที่ 3



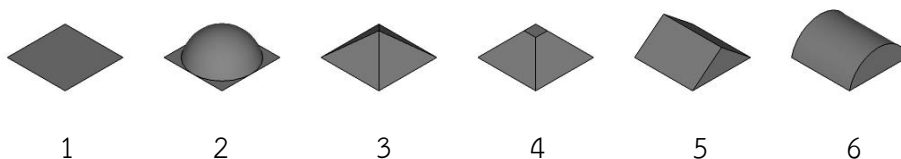
ภาพที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติด้านการดูดซับและสะท้อนเสียง

การออกแบบเชิงพารามิเตอร์และการพิจารณารูปแบบของแผ่นดูดซับเสียง

การวิเคราะห์และออกแบบรูปทรงของแผ่นดูดซับเสียงในอาคารมีการเปรียบเทียบปริมาณของพื้นที่ผิว ปริมาตรของวัสดุ อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของวัสดุ และข้อจำกัดการผลิต

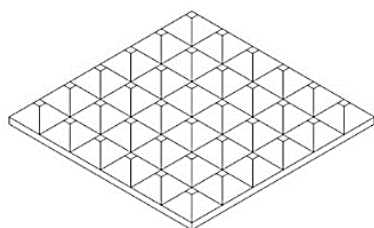


1. การคำนวณหาพื้นที่ของวัสดุแต่ละรูปแบบ จำกัดขนาดพื้นที่ของฐานที่ใช้ในการคำนวณ คือ 25 ตารางเซนติเมตร เพื่อหาพื้นที่ที่เพิ่มมากที่สุดตามรูปแบบที่กำหนดไว้ โดยมีขนาดความสูงของรูปแบบไม่เกิน 2.0 เซนติเมตร โดยใช้รูปทรงเรขาคณิตพื้นฐานตามภาพที่ 4 โดยคำนึงถึงกระบวนการผลิตโดยการอัดขึ้นรูปแบบไม่ใช้ความร้อนและใช้แรงดันต่ำ รูปทรงพื้นผิวจึงมีลักษณะนูนต่ำเพื่อให้สามารถทำการถอดแบบออกจากชิ้นงานได้โดยตรง

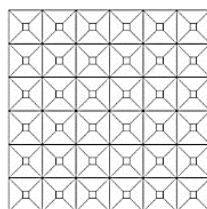


ภาพที่ 4 ตัวอย่างรูปแบบที่ใช้ในการทดสอบ

2. คำนวณหาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวหน้าต่อปริมาตรวัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน
3. สรุปรูปแบบที่เหมาะสมกับการผลิตเพื่อใช้ในการจำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์
4. ดำเนินการการสร้างชิ้นงานจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจากผลการศึกษารูปแบบของวัตถุพบว่ารูปแบบที่ 4 เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบแผ่นซับเสียง โดยหน่วยของแผ่นจำลองในคอมพิวเตอร์มีขนาด 25x25 เซนติเมตรหนา 2.0 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 5



(ก) ภาพสามมิติ



(ข) รูปด้านบน



(ค) รูปด้านข้าง

ภาพที่ 5 แบบจำลองแผ่นดูดซับเสียง

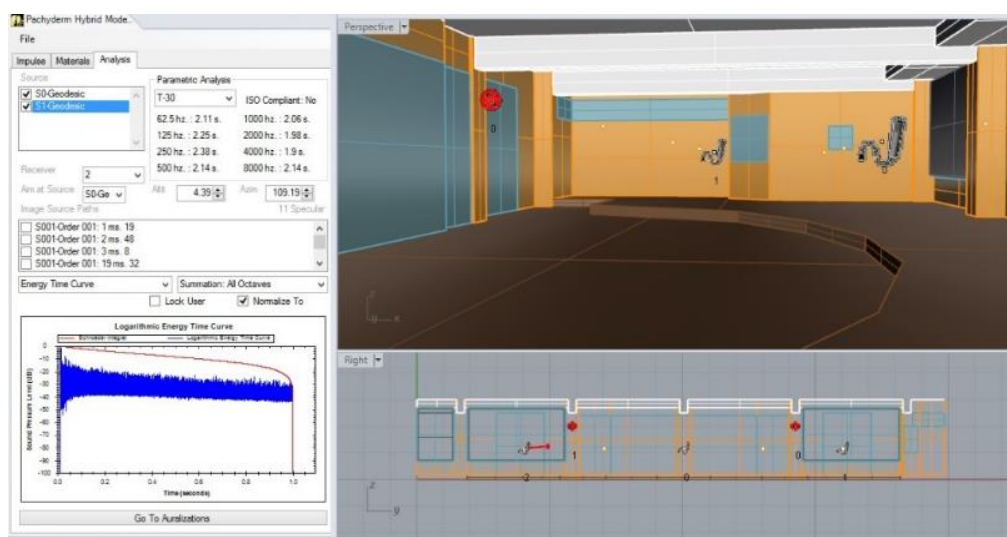
5. ทดสอบพิสูจน์การออกแบบจากกรณีศึกษาการโดยการจำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Pachyderm Acoustical Simulation (Dario, P. S. et al., 2017); (Thomas, M. R., 2017) โดยคณะผู้วิจัยพัฒนาแบบจำลองห้องประชุมทองพันธุ์ พูนสุวรรณ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขนาดความยาว 19.85 เมตร กว้าง 8.60 เมตร สูง 3.00 เมตร พื้นที่ผิว 529.94 ตารางเมตร และปริมาตร 491.1 ลูกบาศก์



เมตร โดยมีกรณีศึกษาของแบบจำลองที่ใช้ 7 กรณี ตามตารางที่ 2 โดยภาพที่ 6 แสดงแบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษานี้

ตารางที่ 2 รูปแบบของแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

กรณีแบบจำลอง	คำอธิบายรูปแบบของแบบจำลอง
1	ไม่มีการใส่วัสดุดูดซับเสียงในอาคาร
2	ติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงในอาคารที่ผนังด้านหลังห้อง
3	ติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงในอาคารที่ผนังด้านหลังห้องและครึ่งหนึ่งของพื้นที่ผนังด้านข้าง
4	ติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงในอาคารที่ผนังด้านหลังห้องและผนังด้านข้าง
5	ติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงในอาคารที่พื้นผิวผนังรอบด้าน
6	ติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงในอาคารที่พื้นผิวรอบด้านและมีเพอร์นิเจอร์
7	ติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงในอาคารที่พื้นผิวรอบด้านและมีเพอร์นิเจอร์พร้อมทั้งผู้ใช้งาน



ภาพที่ 6 แบบจำลองห้องประชุมทองพันธุ์ พูนสุวรรณ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

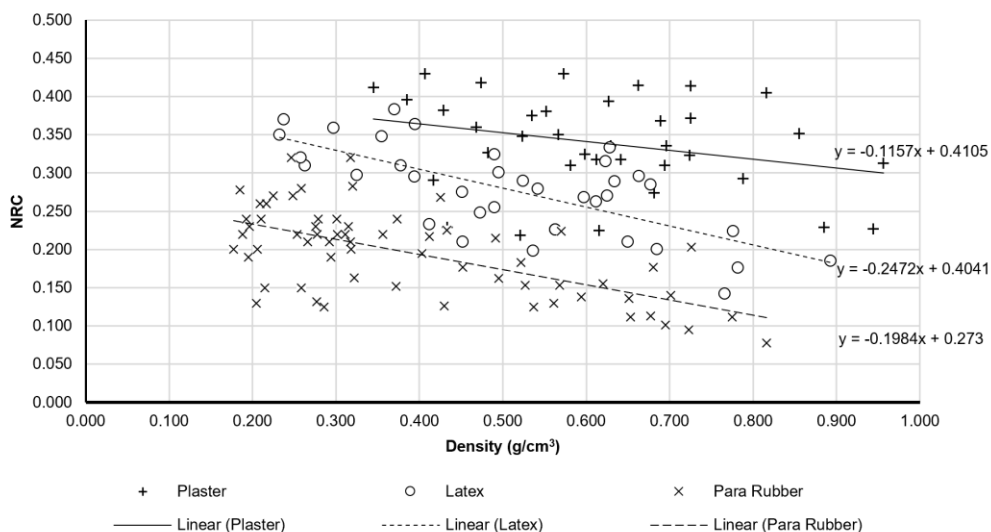
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาสัดส่วนการผสมของเส้นใยแก้วและวัสดุประสาน

ผลการศึกษาในส่วนแรกเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง การวัสดุประสาน ความหนาแน่นและผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (NRC) ตามมาตรฐาน ASTM

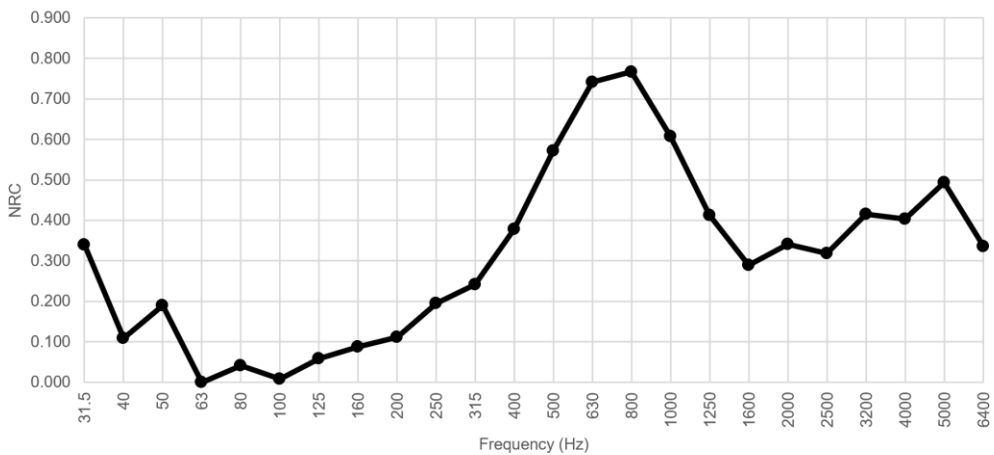


C423 มีผลการทดสอบและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนผสม ความหนาแน่น และ NRC

จากผลการทดสอบการดูดซับเสียงของเส้นใยกัญชงและวัสดุประสาน 3 ชนิด พบว่า เมื่อความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงโดยรวมจะมีค่าลดลง เนื่องจากวัสดุมีช่องว่างอากาศลดลงทำให้วัสดุสามารถดูดซับเสียงในย่านความถี่สูงในลักษณะของวัสดุดูดซับเสียงที่เป็นรูพรุน (Porous Absorber) กล่าวคือ ความสามารถในการดูดซับเสียงในย่านความถี่สูงมีค่าน้อยลงเมื่อเพิ่มความหนาแน่นของวัสดุ ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงโดยเฉลี่ยมีค่าลดลงและเมื่อเปรียบเทียบการใช้วัสดุประสานที่ใช้กับเส้นใยกัญชง พบว่า การใช้ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุประสานจะทำให้มี NRC มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุประสานชนิดอื่น ๆ ในความหนาแน่นเดียวกัน คือ ที่ความหนาแน่นของวัสดุประมาณ 0.40 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปูนปลาสเตอร์มีค่า NRC เท่ากับ 0.43 ลาเท็กซ์มีค่า NRC เท่ากับ 0.36 และยางพารามีค่า NRC เท่ากับ 0.22 ดังนั้น การทดลองนี้จึงเห็นสมควรในการเลือกใช้วัสดุประสานจากปูนปลาสเตอร์มาทำการศึกษาสมบัติทางการดูดซับเสียงแบบละเอียดอีกครั้ง



ภาพที่ 8 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงในความถี่ต่าง ๆ ของเส้นใยแก้วและปูนปลาสเตอร์ ที่ความหนาแน่น 0.40 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

จากภาพที่ 8 พบว่าตัวอย่างทดสอบของเส้นใยแก้วและปูนปลาสเตอร์ที่ความหนาแน่น 0.40 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรสามารถดูดซับเสียงในความถี่ย่านกลาง (500 Hz - 2000 Hz) ได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความถี่ 630 และ 800 Hz ที่วัสดุสามารถดูดซับเสียงได้ถึงร้อยละ 74 - 76 ตามลำดับ แต่ในย่านความถี่ต่ำลักษณะเฉพาะทางทฤษฎีของวัสดุประสานปูนปลาสเตอร์เมื่อนำไปผลิตเป็นแผ่นดูดซับเสียงคุณสมบัติในการดูดซับเสียงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการดูดซับเสียงในย่านความถี่ต่ำไม่สามารถทดสอบในการทดลองนี้เนื่องจากข้อจำกัดทางเครื่องมือที่มีในห้องปฏิบัติการ

ผลการออกแบบเชิงพารามิเตอร์และการพิจารณารูปแบบของแผ่นดูดซับเสียง

จากการศึกษาการออกแบบเชิงพารามิเตอร์ของแผ่นดูดซับเสียงรูปแบบต่าง ๆ กันตามภาพที่ 4 อัตราส่วนของพื้นที่ผิวหน้าต่อปริมาตรของวัสดุที่ใช้ในการผลิตแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รูปแบบทางเรขาคณิตและค่าอัตราส่วนพื้นที่ผิวหน้าต่อปริมาตรที่ได้จากการคำนวณ

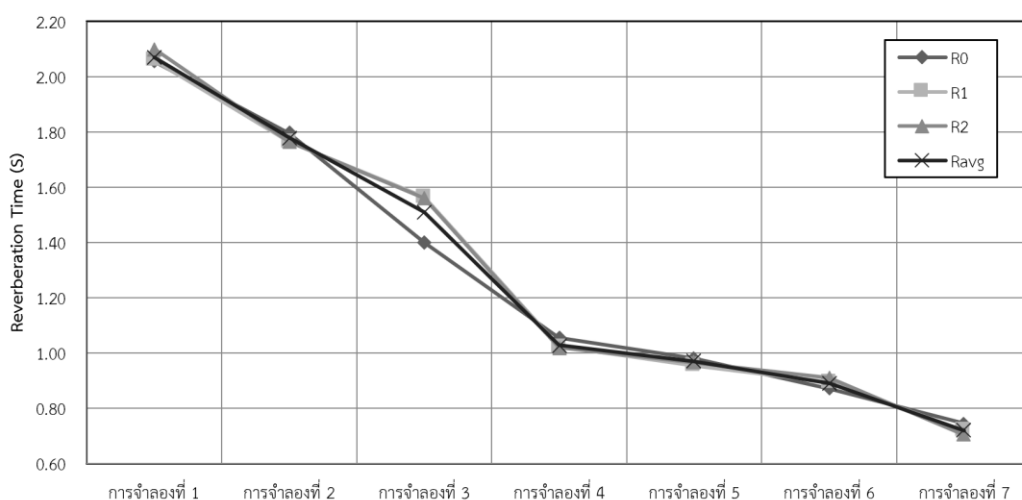
รูปแบบที่	พื้นที่ผิวหน้าของวัตถุ (ตร.ซม.)	ปริมาตรของวัตถุ (ลบ.ซม.)	อัตราส่วนพื้นที่ผิวหน้า ต่อปริมาตร (1/ซม.)
1	25.000	ไม่มี	ไม่มี
2	37.389	23.824	1.57
3	32.016	16.667	1.92
4	34.941	20.667	1.69
5	42.016	25.000	1.68
6	49.269	37.275	1.32



การวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกรูปแบบชิ้นงานที่มีความเหมาะสมกับการผลิตโดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. เมื่อพิจารณาพื้นที่ผิวหน้าของวัตถุเป็นเกณฑ์ จะพบว่ารูปแบบที่ 4 มีพื้นที่ผิวมากที่สุด
2. เมื่อพิจารณาความสิ้นเปลืองของวัสดุเป็นเกณฑ์พบว่ารูปแบบที่ 3 และ 4 มีความสิ้นเปลืองน้อยที่สุด
3. เมื่อพิจารณาอัตราส่วนพื้นที่ผิวหน้าของวัตถุต่อความสิ้นเปลืองของวัสดุเป็นเกณฑ์พบว่ารูปแบบที่ 3 และ 4 มีอัตราส่วนเหมาะสมที่สุด
4. เมื่อพิจารณารูปร่างของแม่แบบสำหรับการสร้างผลิตภัณฑ์พบว่ารูปแบบที่ 3 มีความเสี่ยงที่จะเกิดการแตกหักได้ง่ายกว่ารูปแบบที่ 4 เนื่องจากชิ้นงานมีมุมแหลม
5. เมื่อนำหลักเกณฑ์ทั้งหมดมาพิจารณารวมกันจึงได้ข้อสรุปว่ารูปแบบที่ 4 เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

จากนั้นจึงทำการจำลองสถานการณ์ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบในคอมพิวเตอร์โดยกรณีศึกษาแสดงตามตารางที่ 2 เพื่อศึกษาระยะเวลาเสียงก้อง (Reverberation time) จากเงื่อนไขการศึกษาแบบต่าง ๆ



ภาพที่ 9 ผลลัพธ์จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเสียงก้อง

ผลของการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ดังภาพที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเสียงก้องโดยวัดจากตำแหน่งกำเนิดเสียง R0 R1 R2 ของห้องซึ่งใช้เป็นกรณีศึกษาตามภาพที่ 6 จากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ย R_{avg} ผลการศึกษาพบว่า ในการจำลองที่ 1 สภาพห้องก่อนการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงมีค่าระยะเวลาเสียงก้อง 2.07 วินาที ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานสำหรับ



ห้องที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนหรือการพุดคุยปกติที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ ช่วง 0.60 - 0.80 วินาที หรือห้องสำหรับแสดงดนตรีมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ ช่วง 1.00 - 1.20 วินาที (พิจารณาจากปริมาตรห้องประมาณ 500 ลูกบาศก์เมตร) ดังนั้นห้องตัวอย่างนี้จำเป็นต้องใช้วัสดุดูดซับเสียงประกอบ ในกรณีทดลองที่ 2 และ 3 คือ เมื่อติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงในอาคารที่ผนังด้านหลังห้องและใส่วัสดุดูดซับเสียงในอาคารที่ผนังด้านหลังห้องและครึ่งหนึ่งของพื้นที่ผนังด้านข้างตามลำดับ ทำให้ระยะเวลาเสียงก้องลดลงแต่ยังไม่เหมาะสมกับการทำกิจกรรมข้างต้น สำหรับกรณีทดลองที่ 4 และ 5 คือ ใส่วัสดุดูดซับเสียงในอาคารที่ผนังด้านหลังห้องและผนังด้านข้าง และใส่วัสดุดูดซับเสียงในอาคารที่พื้นผิวผนังรอบด้าน ระยะเวลาเสียงก้องมีค่าลดลงอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการใช้เป็นห้องสำหรับการแสดงดนตรี คือ ระยะเวลาเสียงก้องน้อยกว่า 1 วินาที และยังสามารถลดโอกาสเกิดปรากฏการณ์ echo และ flutter echo จากรูปทรงของกำแพงที่ขนานในห้อง อย่างไรก็ตามหากต้องการใช้ห้องตัวอย่างนี้สำหรับการเรียนการสอนหรือการประชุมจำเป็นต้องเพิ่มวัสดุดูดซับเสียงเพิ่มเติมหรือพิจารณาการดูดซับเสียงของมนุษย์และเฟอร์นิเจอร์เพิ่มเติมดังเช่นกรณีทดลองที่ 6 และ 7 ซึ่งมีค่าระยะเวลาเสียงก้องที่ 0.89 และ 0.72 วินาทีตามลำดับ จากการปรับใช้งานวัสดุดูดซับเสียงจากใยแก้วในอาคารจำลองเป็นการพิสูจน์ให้เห็นว่าแผ่นดูดซับเสียงในอาคารจากเส้นใยแก้วสามารถใช้งานเพื่อลดเสียงสะท้อนในห้อง และทำให้สภาพเสียงเหมาะสมกับกิจกรรมต่าง ๆ ได้

การผลิตโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในชุมชน

จากการศึกษาการออกแบบส่วนผสม พบว่า ขั้นตอนการนำวัตถุดิบจากใยแก้วมาพัฒนาเป็นแผ่นดูดซับเสียงมีปัจจัยหลักที่ใช้ในการออกแบบคือการกำหนดความหนาแน่นของวัสดุตามความหนาแน่นเป้าหมายตามที่ได้จากการทดลองในภาพที่ 7 การขึ้นรูปโดยไม่ใช้แรงอัด กระบวนการเตรียมวัสดุก็ใช้ขั้นตอนเดียวกับกระบวนการผลิตตัวอย่างเพื่อใช้ในการวัดการดูดซับเสียง จากนั้นเพื่อให้ได้สมบัติการดูดซับเสียงที่ดีที่สุด ผู้ผลิตสามารถใช้ส่วนผสมตามตารางที่ 4 เพื่อเป็นแนวทางในการผลิต

ตารางที่ 4 ส่วนผสมที่แนะนำเพื่อการผลิตแผ่นผนังดูดซับเสียง

วัสดุประสาน	ขนาดเส้นใย (มิลลิเมตร)	ปริมาณกัญชง โดยน้ำหนัก* (กรัม)	ปริมาณวัสดุ ประสานโดย น้ำหนัก** (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ซม ³)	NRC ที่ คาดหวัง
ยางพารา	2.00 - 4.75	25	75	0.20 - 0.30	0.25 - 0.32
กาวลาเท็กซ์	1.18 - 2.00	25	100	0.25 - 0.40	0.35 - 0.38
ปูนปลาสเตอร์	1.18 - 2.00	25	75***	0.35 - 0.60	0.40 - 0.43

*, ** นับเป็นน้ำหนักต่อหนึ่งส่วนผสม ในกรณีใช้ปริมาณแตกต่างกันสามารถเทียบสัดส่วนได้

*** ผสมน้ำ 700 cc ในส่วนผสมและสามารถปรับสัดส่วนผสมได้



จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ใส่ในแม่พิมพ์ บรรจุลงแม่พิมพ์และปาดเรียบโดยไม่อัดแน่น วัสดุที่แห้งแล้วจะมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับค่าแนะนำข้างต้นทำให้ค่า NRC มีค่าเป็นไปตามความต้องการที่ออกแบบไว้ ในส่วนของระยะเวลาในการถอดแบบได้ของวัสดุประสานแต่ละชนิดมีข้อแนะนำตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระยะเวลาในการผลิต

วัสดุประสาน	ระยะเวลาถอดแบบ (ชั่วโมง)	ระยะเวลาแห้งสนิทแบบลมเป่า (ชั่วโมง)
ปูนพลาสติก	1 - 2	24 - 48
ยางพารา	4 - 6	48
กาวลาเท็กซ์	12 - 20	48



ภาพที่ 10 กระบวนการพัฒนาผนังดูดซับเสียง

อภิปรายผล

กัญชงเป็นพืชเศรษฐกิจใหม่ซึ่งมีศักยภาพในการสร้างการพัฒนาอย่างยั่งยืนและมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจและให้กับชุมชน ซึ่งมีการคาดการณ์ว่าสิ้นปี พ.ศ. 2568 การเติบโตทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับกัญชงจะสูงถึง 15,770 ล้านบาท หรือเติบโตเฉลี่ยถึง 126% ต่อปี (สมประวิณ มันประเสริฐ, 2564) โดยแบ่งอยู่ 5 กลุ่มอุตสาหกรรม คือ 1) เครื่องดื่ม 2) อาหาร 3) ยาและอาหารเสริม 4) เครื่องแต่งกายและรองเท้า และ 5) ผลิตภัณฑ์ดูแลส่วนบุคคล ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการเพิ่มช่องทางพัฒนาผลิตภัณฑ์กัญชงไปสู่กลุ่มอุตสาหกรรมก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเมื่อเทียบห่วงโซ่มูลค่าแล้ววัสดุประกอบ (Composite Material) เช่น วัสดุดูดซับเสียงจัดเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งซึ่งสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้เช่นกัน (Crini, G. et al., 2020)

จากการศึกษาค่า NRC ในงานวิจัยนี้ พบว่า วัสดุประสานปูนพลาสติกและกัญชงให้ค่า NRC ในช่วง 0.40 - 0.43 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Oldham, D. J. et al. พบว่า ตัวอย่างแผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยกัญชงขนาด 5 เซนติเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเท่ากับ 0.40 ที่ความถี่เสียง 500 Hz 0.75 ที่ความถี่เสียง 1000 Hz และ 0.95 ที่ความถี่เสียง 2000 Hz (Oldham, D. J. et al., 2011) ซึ่งแตกต่างจากค่าที่วัดได้จากแผ่นดูดซับเสียง



ในงานวิจัยนี้ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเท่ากับ 0.57, 0.60, 0.34 ที่ความถี่ 500 Hz, 1000 Hz และ 2000 Hz ตามลำดับ โดยแนวโน้มของการดูดซับเสียงในงานวิจัยนี้มีค่าลดลงในย่านความถี่กลางสูงเนื่องจากการเสียคุณสมบัติของวัสดุที่เป็นรูพรุน (Porous material) จากวัสดุประสานที่อุดช่องว่างของอากาศระหว่างเส้นใยกันยุง

แต่หากเปรียบเทียบกับการศึกษาวัสดุดูดซับเสียงที่มีเส้นใยกันยุงเป็นส่วนประกอบกับวัสดุประสานอื่น ๆ เช่น การศึกษาของ Kinnane, O. et al. ซึ่งศึกษาคุณสมบัติการดูดซับเสียงของวัสดุประกอบกันยุงและปูน (Hemp-Lime) พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเท่ากับ 0.42 ที่ความถี่เสียง 500 Hz 0.37 ที่ความถี่เสียง 1000 Hz และ 0.41 ที่ความถี่เสียง 2000 Hz (Kinnane, O. et al., 2016) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษา โดยมีค่า NRC เท่ากันที่ 0.40 โดยการวิจัยนี้พบว่า กันยุงและปูนที่ไม่ทำผิวเรียบมีค่า NRC เท่ากับ 0.40 แต่เมื่อทำผิวเรียบค่า NRC เฉลี่ยลดลงเหลืออยู่ที่ 0.20 ซึ่งแสดงว่าผิวของผลิตภัณฑ์ที่ขรุขระและเป็นร่องหลุมขนาดเล็กทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงดีกว่าผลิตภัณฑ์ผิวเรียบซึ่งทำให้เอื้อต่อการผลิตโดยไม่ใช้เครื่องจักร

การประยุกต์ใช้งานกันยุงเพื่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจในอีกรูปแบบหนึ่งคือการใช้ในลักษณะผง (Powder) ร่วมกับ Polylactide (PLA) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (Xiao, X. et al., 2019) อย่างไรก็ตามกระบวนการต้องอาศัยการแปรรูปกันยุงให้เป็นผงละเอียดโดยใช้กระบวนการแบบอุตสาหกรรม และวัสดุประกอบมีความหนาแน่นในช่วง 1.04 - 1.16 กรัม/ลบ.ซม. ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียงโดยตรงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนต่อหน่วยการผลิตการใช้เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติเพื่อพัฒนารูปแบบแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้จึงอาจเป็นทางเลือกรูปแบบการผลิตที่เหมาะสม นอกจากนี้การใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ยังสามารถสร้างรูปแบบผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้ผลิตได้โดยมีต้นทุนที่ถูกกว่าการสร้างแบบหล่อทางอุตสาหกรรมอย่างมีนัยสำคัญตามแนวคิดการผลิตแบบ Mass Customization (Hu, S. J., 2013) ซึ่งเป็นช่องทางเสริมศักยภาพในการแข่งขันแก่ผู้ผลิตรายย่อย และเป็นแนวโน้มของธุรกิจที่ตอบสนองความต้องการเฉพาะของผู้บริโภคในอนาคต

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบวัสดุดูดซับเสียงจากการวิจัยนี้มีค่า NRC น้อยกว่าวัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากกระบวนการอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ซึ่งมีค่า 0.65 ขึ้นไป การพัฒนาส่วนผสมให้มีค่าหนาแน่นน้อยกว่า 0.40 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรมีแนวโน้มที่จะทำให้ค่า NRC เพิ่มขึ้นและสามารถลดต้นทุนจากการลดวัสดุประสานได้ อย่างไรก็ตามการใช้วัสดุธรรมชาติในการก่อสร้างอาคารเป็นหมวดหนึ่งของการประเมินอาคารเขียวตามเกณฑ์ของ LEED และ TREES ซึ่งอาจทำให้ดึงดูดให้ผู้ออกแบบอาคารสนใจนำผลิตภัณฑ์แผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยกันยุงมาใช้ประกอบการออกแบบอาคารในอนาคต



สรุป/ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและทดลองในงานวิจัยนี้พบว่าสัดส่วนผสมของเส้นใยกล้วยและตัวประสานที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบส่วนผสมโดยมีพารามิเตอร์ออกแบบประกอบด้วย ขนาดของเส้นใยกล้วย ปริมาณวัสดุประสาน ผลลัพธ์จากการศึกษาพบว่าการใช้ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุประสานมีแนวโน้มที่จะให้ค่า NRC มากที่สุดคือ 0.43 การลดความหนาแน่นของวัสดุสามารถเพิ่มค่า NRC ได้ ในด้านการพัฒนากระบวนการผลิตชิ้นงานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จากลักษณะของวัสดุประสานมีความคงตัวและสามารถขึ้นรูปลักษณะต่าง ๆ ได้โดยกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน ทำให้อยู่ในวิสัยที่สามารถผลิตโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม นอกจากนี้การแปรรูปวัตถุดิบและการผลิตในชุมชนช่วยลดพลังงานสะสมรวม (Embodied Energy) ของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้เกิดมูลค่าเพิ่ม นอกจากนี้รูปแบบของแบบหล่อที่แนะนำเป็นรูปทรงที่มีลักษณะนูนต่ำซึ่งสามารถผลิตโดยใช้เทคโนโลยีการควบคุมเชิงตัวเลข (Computer Numerical Control, CNC) ได้เช่นกัน โดยรูปแบบพิมพ์ชิ้นงานและแม่พิมพ์สำหรับการผลิตตัวอย่างเพื่อทดสอบความหนาแน่นของวัสดุสามารถดาวน์โหลดได้ที่เว็บไซต์ <https://pirun.ku.ac.th/~archsds/hemp/> การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกล้วยซึ่งได้รับการส่งเสริมเป็นพืชเศรษฐกิจใหม่ซึ่งให้ผลผลิตเส้นใยคุณภาพสูงการปลูกเพื่อผลิตเส้นใยสามารถคาดเดาผลผลิตได้แม่นยำกว่าการนำไปใช้งานทางเวชภัณฑ์ และในกรณีของการประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมสิ่งทอ มีความต้องการแรงงานฝีมือและการออกแบบการพัฒนากัญชงเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มวัสดุก่อสร้างเป็นกลุ่มตลาดใหม่ การสร้างความร่วมมือระหว่างห้องปฏิบัติการวิจัยชุมชนสามารถสร้างห่วงโซ่อุปทานระหว่างเครือข่ายอุตสาหกรรมก่อสร้างและผู้พัฒนาผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี พ.ศ. 2561

เอกสารอ้างอิง

- กฎกระทรวงสาธารณสุข. (2563). เรื่อง การขออนุญาตและการอนุญาตผลิต นำเข้า ส่งออก จำหน่าย หรือมีไว้ในครอบครองซึ่งยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 เฉพาะกัญชง (Hemp). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนที่ 107 ก (10 ธันวาคม 2563).
- วิศรุตม์ ธนสุกาญจน์ และคณะ. (2562). การตรวจสอบรูปทรงและประสิทธิภาพของแผ่นสวนศาสตร์ชีวภาพจากกัญชงคอมโพสิตเพื่อการใช้งานสำหรับห้องประชุม. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.



- สมประวิณ มันประเสริฐ. (2564). กัญชากับศักยภาพการเป็นพืชเศรษฐกิจใหม่. เรียกใช้เมื่อ 5 มกราคม 2564 จาก <https://www.bangkokbiznews.com/business/956430>
- Crini, G. et al. (2020). Traditional and new applications of hemp. *Sustainable Agriculture Reviews*, 42(2020). 37-87.
- Dario, P. S. et al. (2017). Parametric Room Acoustic Workflows: Review and future perspectives. In Aalborg University. Lund University.
- Elfordy, S. et al. (2008). Mechanical and Thermal Properties of Lime and Hemp Concrete (“hempcrete”) Manufactured by a Projection Process. *Construction and Building Materials*, 22(10), 2116-2123.
- Form Us with Love. (2021). Form Us with Love. Retrieved May 4, 2011, from <https://www.formuswithlove.se/>
- HempFlax. (2021). HempFlax. Retrieved May 4, 2021, from <https://www.hempflax.com/en/>
- Hu, S. J. (2013). Evolving paradigms of manufacturing: From mass production to mass customization and personalization. *Procedia Cirp*, 7(2013), 3-8.
- Karus, M. & Dominik, V. (2004). European Hemp Industry: Cultivation, Processing and Product Lines. *Euphytica*, 140(1-2), 7-12.
- Kinnane, O. et al. (2016). Acoustic Absorption of Hemp-lime Construction. *Construction and Building Materials*, 122(2016), 674-682.
- Manaila, E. et al. (2015). Polymeric Composites Based on Natural Rubber and Hemp Fibers. *Iran Polym J Iranian Polymer Journal*, 24(2), 135-148.
- Oldham, D. J. et al. (2011). Sustainable acoustic absorbers from the biomass. *Applied Acoustics*, 72(6), 350-363.
- Sassoni, E. et al. (2014). Novel Sustainable Hemp-based Composites for Application in the Building Industry: Physical, Thermal and Mechanical Characterization. *Energy and Buildings*, 77(2014), 219-226.
- Thomas, M. R. (2017). Wayverb: A Graphical Tool for Hybrid Room Acoustics Simulation. In Master Thesis in Computer Science. University of Huddersfield.
- Xiao, X. et al. (2019). Polylactide/hemp hurd biocomposites as sustainable 3D printing feedstock. *Composites Science and Technology*, 184(2019), 1-8.