JPAGS
Journal of Physics & General Science

การพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงจากฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากโดยวิธีวัลคาไนซ์ด้วยไอน้ำร้อน

The Development of Sound-Absorbers Made of Nipa Palm-Latex Sponge Composites Utilizing Vulcanization Method with Steam

ศุภวุฒิ เบ็ญจกุล[1] วณิชฌา จันทร์เสถียร[1] พาทิศ สุขลิ้ม[1] สรศักดิ์ ด่านวรพงศ์[2] และฤทัยวรรณ บุญครองชีพ[3*]

Supphawut Benjakul[1], Wanicha Chansathien[1], Pathit Suklim[1], Sorasak Danworaphong[2] and Ruthaiwan Bunkrongcheap[3*]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช

[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

[3]วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จังหวัดสงขลา

[1]Program in Physics, Faculty of Education, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat

[2]School of Science, Walailak University, Nakhon Si Thammarat

[3]College of Innovation and Management, Songkhla Rajabhat University, Songkhla

*Corresponding author e-mail: ruthaiwan.b@gmail.com

(Received: October 12, 2022, Revised: October 28, 2022, Accepted: December 7, 2022)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากด้วยวิธีการวัลคาไนด้วยไอน้ำร้อน จากการควบคุมปริมาณพอนจากและสารประกอบน้ำยางลาเท็กซ์ที่อัตราส่วน 0 - 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (%WT) พบว่า ปริมาณพอนจากที่เติมเข้าไปไม่ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพด้าน ความหนาแน่น และสภาพความเป็นรูพรุน โดยฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่อัตราส่วนผสม 0 – 0.6 %WT มีคุณสมบัติในการเป็นวัสดุซับเสียงที่ดีคือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงมากกว่า 0.89 ในช่วงความถี่ 1,500 – 2,300 Hz และเมื่อผสมพอนจากในวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ที่สูงกว่าอัตราส่วน 0.8 %WT วัสดุมีแนวโน้มในการดูดซับเสียงได้ดีขึ้นที่ย่านความถี่ต่ำลง โดยวัสดุฟองน้ำผสมพอนจากสามารถนำไปใช้ได้กับห้องทั่วไปหรือห้องดนตรี เช่น ห้องประชุม ห้องนั่งเล่น ห้องซ้อมร้องเพลง ห้องอัดเสียง ห้องจัดรายการวิทยุ ห้องชมภาพยนตร์ เป็นต้น

คำสำคัญ: พอนจาก, ฟองน้ำลาเท็กซ์, วัลคาไน, วัสดุดูดซับเสียง

ABSTRACT

This research is to develop and investigate the physical properties of sound-absorbing materials made from latex sponge mixed with nipa palm utilizing the process of steam-forming latex sponge material mixed with nipa palm. By regulating the amount of nipa palm and latex compound at a ratio of 0-1 %WT, it was determined that the amount of nipa palm added had no effect on the physical properties, density, or porosity. The latex sponge blended with 0 to 0.6 weight percent of nipa palm is an excellent sound-absorbing material, the sound absorption coefficient is greater than 0.89 in the frequency range of 1500 – 2300 Hz, and when mixed in a latex sponge material at a concentration greater than 0.8% WT, the material absorbs sound more efficiently at lower frequencies. The latex sponge - nipa palm composites can be utilized in general speech-focused spaces, such as conference rooms, living rooms, singing practice rooms, recording rooms, and radio broadcasting rooms, among others.

Keywords: Mingle nipa palm, latex sponge, vulcanization method**,** sound-absorbing materials

บทนำ

จากสถานการณ์ราคายางพาราปรับตัวลดลงอย่างมากและต่อเนื่อง ได้รับปัจจัยกดดันจากเศรษฐกิจโลกมีแนวโน้มชะลอตัวลงมากกว่าเดิม ในภาคการผลิตทั้งในสหรัฐฯ ยูโรโซน อังกฤษ จีน และญี่ปุ่น ต่างปรับตัวลดลง โดยดัชนี PMI ด้านผลผลิตและยอดสั่งซื้อใหม่ลดลง ขณะที่ด้านต้นทุนเป็นผลจากปัจจัยกลับเพิ่มสูงขึ้น [1] ทำให้เห็นถึงความสำคัญจำเป็นต่อการกระตุ้นเศรษฐกิจ โดยการนำน้ำยางข้นมาใช้ประโยชน์ เช่น วัสดุเรืองแสงเคลือบผิวถนน โฟมยางกันกระแทก [2] ยางพาราสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย ทั้งด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ ด้านอุปโภค บริโภค ผลิตภัณฑ์ ด้านอุปกรณ์ทางการแพทย์ และนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

ความน่าสนใจด้านหนึ่ง คือ การแก้ปัญหาเสียงก้อง ซึ่งเป็นเสียงสะท้อนภายในห้อง อาทิเช่น ห้องซ้อมดนตรี ห้องประชุม ห้องสอบที่จะต้องใช้เสียงในการสื่อสาร ปัจจุบันมีการผลิตแผ่นดูดซับเสียงออกมาจำนวนมาก จากวัสดุต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เช่น แผ่นซับเสียงจากฟองน้ำ แผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยเปลือกทุเรียน [3] แผ่นดูดซับเสียงจากผักตบชวา แผ่นดูดซับเสียงจากต้นกล้วย ซึ่งประสิทธิภาพของแผ่นซับเสียงเหล่านี้สามารถดูดซับเสียงได้ดีในความถี่ต่ำที่ 125 Hz และย่านความถี่สูงที่ 4,000 Hz และความเข้มเสียงในระดับต่าง ๆ [3]

ต้นจาก *Nypa fruticans* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทย จัดเป็นพืชตระกูลปาล์ม แตกกอจากลำต้นใต้ดินหรือลำต้นที่เลื้อยไปบนดิน โดยโผล่ก้านใบและตัวใบขึ้นมาอยู่เหนือดิน ลำต้นแตกแขนงอยู่ใต้ดินทำให้ขึ้นเป็นกอ ต้นจากมีความสูงประมาณ 3 เมตร เจริญเติบโตได้ดีในดินเหนียวและมีน้ำท่วมขัง ซึ่งพอนจากเป็นส่วนหนึ่งของต้นจาก เป็นส่วนของโคนกาบที่ใหญ่อ้วน ภายในมีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อที่มีโพรงอากาศกระจายตัว ลอยน้ำได้ดี [3]

จากการทบทวนผลการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตได้ว่า การนำน้ำยางข้นผสมกับพอนจาก ซึ่งพอนจากมีลักษณะของเนื้อเยื่อที่เป็นรูพรุน (porous) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีในการดูดซับเสียง [3] ซึ่งการนำพอนจากมาใช้ในการผสมกับน้ำยางนั้น เพื่อเป็นการลดการใช้ปริมาณน้ำยางข้นในการขึ้นรูปโดยใช้ปฏิกิริยาวัลคาไน อย่างไรก็ตาม การเป็นฉนวนความร้อนที่ดีของพอนจาก ยังไม่สามารถรับรองได้ว่าดูดซับเสียงได้ดี ซึ่งยังมีวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อนที่เลวบางประเภทที่มีสมบัติการดูดซับเสียงที่ดี [9-10] แต่ถ้าพิจารณาถึงพลังงานเสียงที่เกิดจากการสั่นของอนุภาคในตัวกลาง แล้วทำให้เกิดความร้อนจากการสั่นเมื่อยางที่ขึ้นรูปแล้วทำให้มีความสามารถในการเป็นฉนวนกันความร้อนได้ และมีความสามารถดูดซับพลังงานเสียงได้ดีระดับหนึ่ง [4, 5]

ได้ศึกษาการนำน้ำยางข้นมาตีเป็นโฟมยางผสมกับพอนจาก โดยในการขึ้นรูปแผ่นวัสดุ 6 อัตราส่วนนั้น ได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของแผ่นวัสดุยางผสมพอนจาก พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่บ่งบอกได้ถึงความเป็นไปได้ของการนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียง จากการศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องพบว่าวัสดุธรรมชาติหลายชนิด เช่น เส้นใยปอแก้วธรรมชาติ เส้นใยใบสับปะรด เส้นใยมะพร้าว และเส้นใยพืชอีกหลายชนิด มีคุณลักษณะทางกายภาพที่ดีและสามารถนำมาผสมกับวัสดุยางลาเท็กซ์ แล้วพัฒนาให้มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงที่ดีขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำพอนจากซึ่งเป็นวัสดุที่มีลักษณะที่มีความเป็นไปได้สูงที่จะพัฒนาให้เกิดการดูดซับเสียงมากขึ้น โดยการขึ้นรูปผสมกับน้ำยางพารา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงจากวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจาก
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติทางเสียงของวัสดุของวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจาก

การดำเนินงานวิจัย

1. การเตรียมวัสดุ

คัดเลือกพอนจากสดจากป่าชายเลนในเขตอำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยเลือกขนาดพอนจากที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 20 เซนติเมตร ตัดกาบใบด้านบนออก ผ่าพอนจากเอาเปลือกด้านนอกที่แข็งออกและนำเนื้อด้านในสีขาวมาตัดเป็นชิ้น จากนั้น นำชิ้นพอนจากที่ตัดแล้วมาบดให้ละเอียด และอบในตู้อบเพื่อไล่ความชื้น จนกระทั่งมวลของตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลง

2. การผลิตฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจาก

2.1 การเตรียมฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจาก

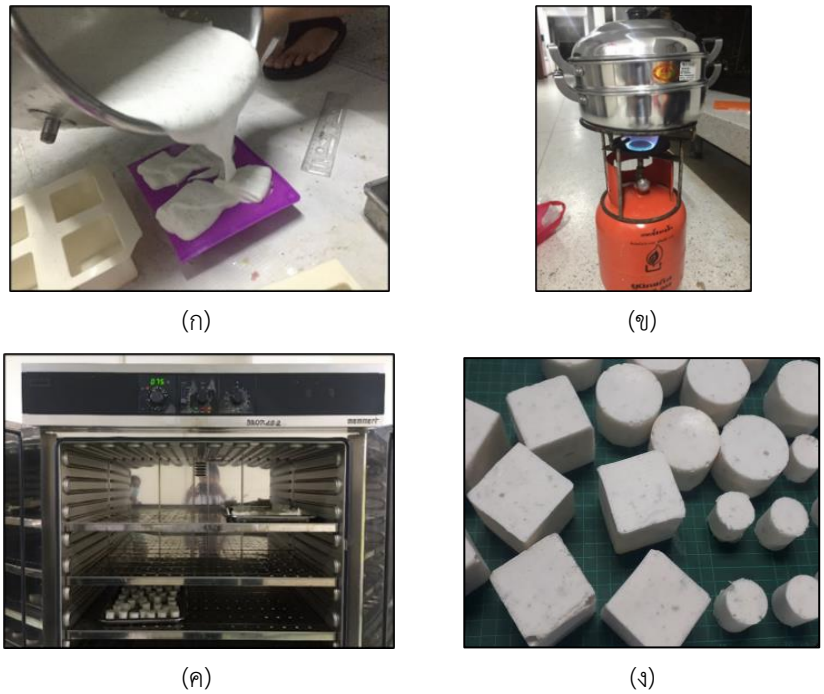
สำหรับการเตรียมวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากต้องใช้น้ำยางข้น 60% ชนิด Latex Grade : HA grade และมีค่า MST:1178-2000 เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการเกิดฟองเท่ากัน ผู้วิจัยจึงควบคุมอัตราส่วนปริมาณส่วนประกอบน้ำยางสดและสารประกอบที่เหมาะสมในการขึ้นรูปวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจาก ด้วยวิธีควบคุมปริมาณน้ำยาง 500 กรัม และสารเคมีในปริมาณเท่ากันทุกตัวอย่าง (ดังแสดงในตารางที่ 1) โดยปรับเปลี่ยนปริมาณพอนจากในแต่ละตัวอย่าง 0 กรัม, 1 กรัม, 2 กรัม, 3 กรัม, 4 กรัม และ 5 กรัม ตามลำดับ

2.2 การขึ้นรูปวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจาก

เตรียมส่วนผสมฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจาก ด้วยอัตราส่วนผสมตามตารางที่ 1 ซึ่งทำการเตรียมสารด้วยถังปั่นผสมสแตนเลสทรงกระบอกขนาดความจุ 20 ลิตร ชนิดใบพัดปั่นกวน เติมส่วนผสมทั้ง 5 ชนิดตามอัตราส่วน โดยเริ่มจากผสมน้ำยางข้น 60% และสารโพแทสเซียมโอลิเอต และปั่นเพื่อไล่แอมโมเนีย 90 วินาที ให้ขึ้นเป็นโฟม จากนั้น ใส่กำมะถัน (sulfur) เพื่อให้ยางมีสภาพคงตัว สารเร่งปฏิกิริยา ZDEC และสาร ZnO [3] ปั่นให้เข้ากันอีก 30 วินาที ต่อด้วยการเติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพ Wingstay L ปั่นอีก 10 วินาที จากนั้น เติมสาร SSF ปั่น 10 วินาที สารนี้ช่วยให้เนื้อโฟมแข็งตัว คงรูปและไม่ยุบตัว นำส่วนผสมโฟมยางพาราเทใส่แม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ ปาดน้ำยางทิ้งไว้ให้ยางแข็งตัว 20 - 30 นาที นำวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่เตรียมไว้เข้าหม้อนึ่งทั้งแม่พิมพ์ ที่อุณหภูมิ 92 - 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 - 20 นาที เพื่อให้ชิ้นงานคงรูป นำวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่วางพักไว้ในอุณหภูมิห้องออกจากแม่พิมพ์ ล้างด้วยน้ำสะอาด 3 - 4 ครั้ง จากนั้น อบไล่ความชื้นของชิ้นงานด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 75 - 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และเก็บชิ้นงานมาใส่ในถุงซิปเพื่อป้องกันความชื้น

ตารางที่ 1 อัตราส่วนสารเคมีเพื่อเตรียมฟองน้ำลาเท็กซ์

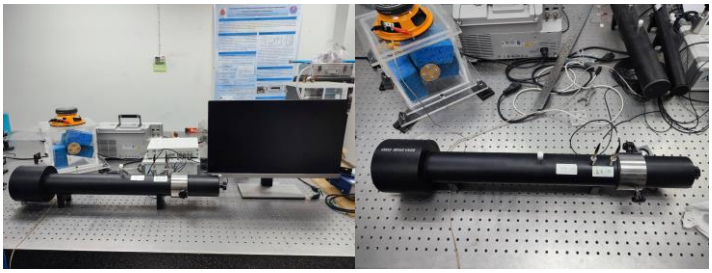
สารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)
1.น้ำยางข้น	500
2.โพแทสเซียมโอลิเอต	15
3.สารเร่งปฏิกิริยา (ZDEC, ZMBT) C	25
4.สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (ZnO, DPG, Wingstay L) D_1+D_2	23
5.สารคงรูป (กำมะถัน, SSF) ผสมน้ำ 5 กรัม	10



(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 1 (ก) โฟมยางที่ปั่นแล้วเทลงในแม่พิมพ์ (ข) การนึ่งชิ้นงาน (ค) การอบชิ้นงาน (ง) ฟองน้ำลาเท็กซ์หลังการอบ



ภาพที่ 2 หลอดอิมพิแดนซ์ (Impedance Tube)

3. การทดสอบคุณภาพของวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจาก

ทดสอบหาค่าความหนาแน่นของวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ทรงลูกบาศก์ ขนาด 125 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้สมการ (1)

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1}$$

เมื่อ ρ, m และ V คือ ความหนาแน่น มวล และปริมาตรของวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ ตามลำดับ หลังจากนั้น จึงทดสอบแรงที่ใช้ในการกดให้ปริมาตรของชิ้นงานลดลง 50 % ด้วยเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine Model NRIT 3500-50 โดยความเร็วที่ใช้ในการกด คือ 10 มิลลิเมตร/นาที เพื่อศึกษาค่ามอดุลัสของความแกร่ง

ทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง โดยนำชิ้นงานทดสอบใน Impedance Tube ดังภาพที่ 2 ซึ่งใช้ Program VI Lab ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามมาตรฐาน ISO 10534 – 2 [6]

ทดสอบหาความเป็นรูพรุนในชิ้นงาน โดยการนำชิ้นงานไปแช่น้ำและใช้หลักการของอาร์คิมิดิสในการคำนวณ ดังนี้

$$V_{air} = V_{water} = \frac{m_{(gram)}}{\rho} \tag{2}$$

$$V_{air} = \frac{m_{(gram)}}{1.0\ g/cm^3}$$

โดยเห็นได้ว่า ปริมาตรของอากาศ (หน่วย cm^3) คือ มวลของน้ำที่ชั่งได้ หน่วย กรัม โดยหาปริมาตรของชิ้นงาน (sample) เป็นรูปทรงกระบอก จาก

$$V_{sample} = \pi r^2 h \tag{3}$$

โดย h, r คือ ความสูงและรัศมีที่ฐานของชิ้นงาน หน่วย cm ตามลำดับ ดังนั้น ปริมาตรของชิ้นงาน คือ 17.67 cm^3 โดยสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (sound absorption coefficients, α) หาได้จากสมการ (4), (5) และ (6)

$$R = \frac{H_{12} - e^{-jkx}}{e^{jkx} - H_{12}} \times e^{2jkx_1} \tag{4}$$

โดยที่

$$k = \frac{2\pi f}{c}$$

เมื่อ R คือ สัมประสิทธิ์การสะท้อนของเสียง (sound reflection coefficient)
H_{12} คือ ฟังก์ชันถ่ายโอน (transfer function) ระหว่างไมโครโฟนตัวที่ 1 และตัวที่ 2
x คือ ระยะห่างระหว่างไมโครโฟน
x_1 คือ ระยะห่างระหว่างผิวชิ้นงานและไมโครโฟนตัวที่ 1
k คือ เลขคลื่น (wave number)
f คือ ความถี่ของคลื่นต้นกำเนิด
c คือ ความเร็วของเสียง

และ

$$z = \frac{Z_{EA}}{\rho_{air} c} = \frac{1 + R}{1 - R} \tag{5}$$

เมื่อ z คือ ความต้านทานเชิงซ้อนจำเพาะของเสียง (specific acoustic impedance)
ρ_{air} คือ ความหนาแน่นของอากาศ

และ

$$\alpha = 1 - |R^2| = 1 - \left|\frac{(Z_{EA} - \rho_{air} c)}{(Z_{EA} + \rho_{air} c)}\right|^2 \tag{6}$$

เมื่อ Z_{EA} คือ ความต้านทานเชิงซ้อนของเสียง (Acoustic Impedance)

ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาค่าความหนาแน่น แสดงถึงความสอดคล้องความเป็นรูพรุนของวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจาก คือ ปริมาณพอนจากที่เปลี่ยนไปในช่วง 0.2 – 1 %WT ไม่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่นและความเป็นรูพรุนของวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยตัวอย่าง Sol 4 (0.8 %WT) มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด 118.40 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณช่องว่างอากาศของวัสดุ 82.5 % โดยตัวอย่าง Sol 2 (0.4 %WT) มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด 105.60 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณช่องว่างอากาศของวัสดุ 87.0 % กล่าวได้ว่า อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงพอนจาก (%WT) ไม่ส่งผลต่อความหนาแน่นและความเป็นรูพรุนของวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากในแต่ละอัตราส่วนปริมาณพอนจากที่ผสมมีปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับสารประกอบฟองน้ำลาเท็กซ์

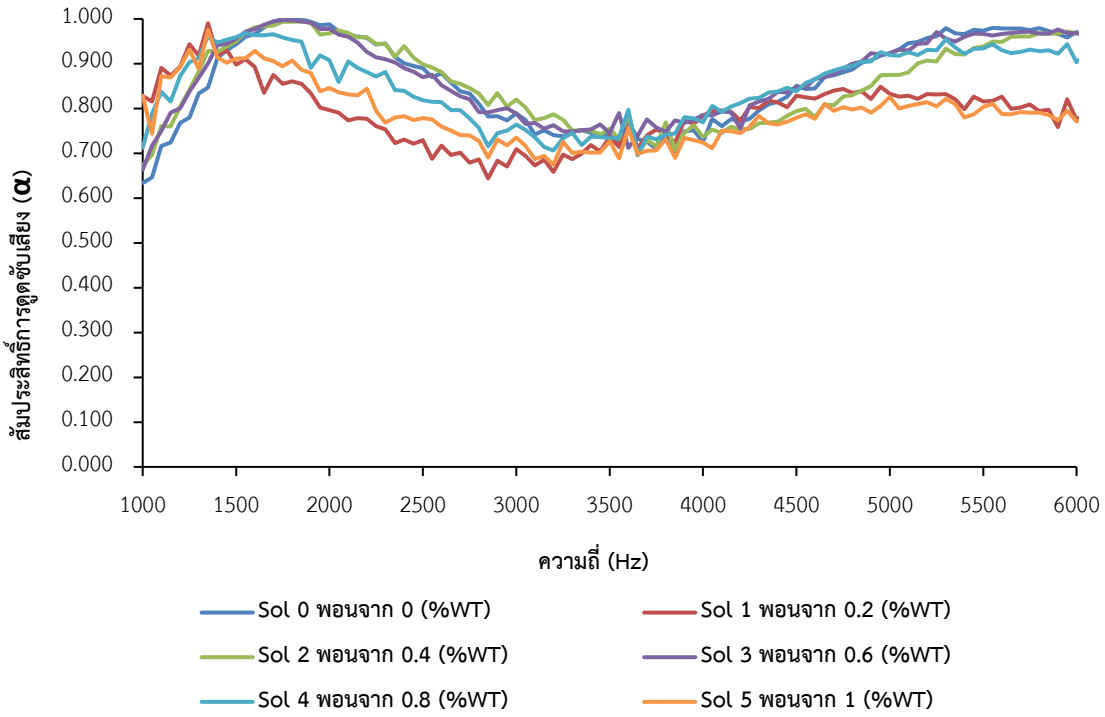
การทดสอบแรงมอดุลัสของความแกร่ง โดยการกดให้ชิ้นงานมีปริมาตรลดลง 50 % พบว่า ตัวอย่าง Sol 1 (0.2 %WT) ใช้แรงกดชิ้นงานมากที่สุด อยู่ที่ 31.51 นิวตันต่อตารางเมตร รองลงมา คือ Sol 2 (0.4 %WT) ใช้แรงกดชิ้นงาน 26.58 นิวตันต่อตารางเมตร และ Sol 5 (1.0 %WT) ใช้แรงกดชิ้นงานน้อยที่สุด 24.52 นิวตันต่อตารางเมตร จากการทดสอบมอดุลัสของความแกร่งนั้น บ่งบอกได้ถึงความแข็งของชิ้นงาน [7] พบว่า วัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่อัตราส่วน 0.2 %WT มีค่ามอดุลัสของความแกร่งมากที่สุด หรือสูงขึ้น 1.3 เท่าของวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ที่ไม่มีส่วนผสมของพอนจาก และเมื่อเพิ่มอัตราการผสมพอนจาก ความแข็งแรงทางโครงสร้างของวัสดุมีแนวโน้มลดลง และสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้โฟมยางพาราที่ผสมด้วยผงถ่านจากซังข้าวโพด [7] อย่างไรก็ดี จากผลการตรวจวัด แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการลดลงของความแข็งแกร่งของวัสดุโฟมลาเท็กซ์ผสมพอนจาก เมื่ออัตราส่วนผสมของพอนจากเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจาก

ตัวอย่าง	ปริมาณพอนจาก (%WT)	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	สภาพความเป็นรูพรุน ปริมาณช่องว่างอากาศ (%)	มอดุลัสของความแกร่ง (นิวตันต่อตารางเมตร)
Sol 0	0	101.87 $\pm$ 3.20	88.5 $\pm$ 1.48	24.29 $\pm$ 2.17
Sol 1	0.2	115.20 $\pm$ 2.67	81.7 $\pm$ 1.51	31.51 $\pm$ 1.10
Sol 2	0.4	105.60 $\pm$ 2.13	87.0 $\pm$ 1.21	26.58 $\pm$ 1.04
Sol 3	0.6	114.66 $\pm$ 5.33	89.0 $\pm$ 1.86	25.39 $\pm$ 3.58
Sol 4	0.8	118.40 $\pm$ 1.60	82.5 $\pm$ 1.48	24.82 $\pm$ 1.34
Sol 5	1.0	112.00 $\pm$ 1.60	81.2 $\pm$ 1.50	24.52 $\pm$ 2.02

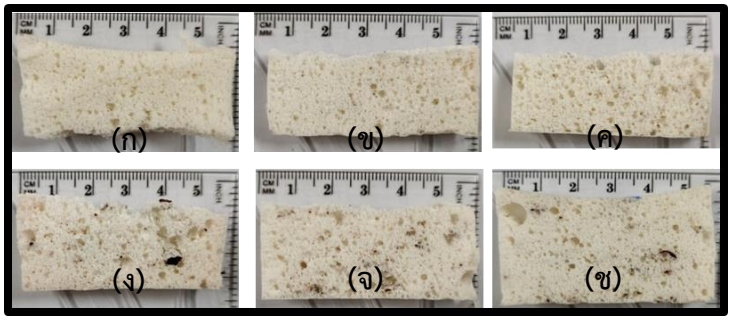
พิจารณาผลการดูดซับเสียงของวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจาก ดังภาพที่ 3 พบว่า ที่ช่วงความถี่ 1,500 – 2,300 Hz และความถี่ 5,500 – 6,000 Hz วัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่มีอัตราส่วนในการเติมพอนจาก 0 – 0.6 %WT มีการดูดซับเสียงมากที่สุดที่ 0.89 - 0.99 โดยในช่วงความถี่ 3,600 – 4,000 Hz มีการดูดซับเสียงที่ลดลง และมีสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ 0.69 – 0.77 และวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่มีอัตราส่วนในการเติมพอนจาก 0.8 – 1.0 %WT มีสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงสูงที่สุดที่ 0.89 – 0.97 ในช่วงความถี่ 1,200 – 2,100 Hz และมีการดูดซับเสียงที่ลดลง โดยมีสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ 0.68 – 0.77 ในช่วงความถี่ 3,600 – 4,000 Hz จากข้อมูลสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ตรวจวัดโดยเครื่องทดสอบแบบหลอดอิมพิแดนซ์ ตามมาตรฐาน ISO 10534 – 2:1998 ด้วยการวิเคราะห์ผลจาก Program VI Lab ตลอดช่วงความถี่ 1,000 – 6,100 Hz พบว่า วัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่มีอัตราส่วนในการเติมพอนจาก 0 – 0.6

%WT มีความเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียงในช่วงความถี่ 1,500 - 2,300 Hz และ ความถี่ 5,500 – 6,000 Hz ทั้งนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ดีต้องมีค่าใกล้เคียง 1 [8] ขณะที่ปริมาณการเติมวัสดุพอนจาก 0.8 – 1.0 %WT หรือเพิ่มมากขึ้น มีแนวโน้มการดูดซับเสียงในย่านความถี่เสียงลดลง ดังแสดงในภาพที่ 3

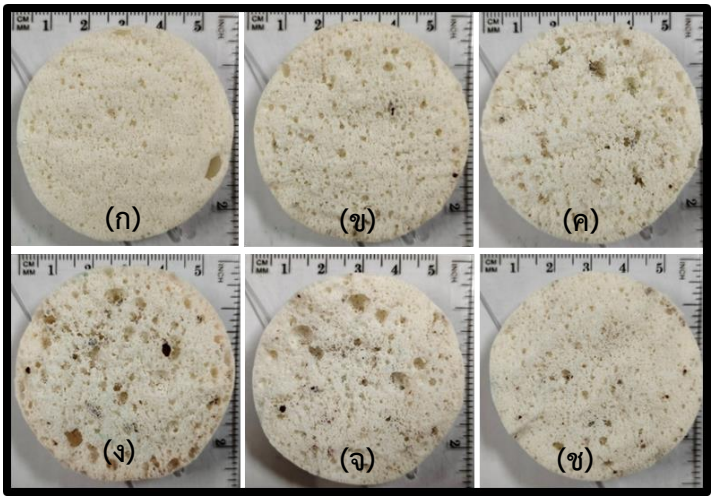


ภาพที่ 3 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากในแต่ละอัตราส่วน ที่ความหนา 2.5 ซ.ม.

เนื่องจากการทดสอบหาปริมาณช่องว่างอากาศ โดยวิธีการตามหลักการของอาร์คิมิดีส สามารถยืนยันและอธิบายผลของความหนาแน่นของวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากต่อปริมาณของพอนจากที่ส่งผลต่อการดูดซับเสียง ดังนั้น จึงทำการหาขนาดของรูพรุนภายในชิ้นงาน เพื่อสนับสนุนความเป็นไปได้เพิ่มเติม จึงทำการถ่ายภาพภาคตัดขวาง section ทั้ง X section และ Y section โดยถ่ายภาพด้วยกล้อง รุ่น Vivo v 20 Pro เพื่อยืนยันลักษณะทางกายภาพได้ ดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5



ภาพที่ 4 Y section ที่อัตราส่วนผสมพอนจาก 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 %WT



ภาพที่ 5 X section ที่อัตราส่วนผสมพอนจาก 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 %WT

วัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่มีอัตราส่วน 0 %WT ภาพที่ 4 (ก) และภาพที่ 5 (ก) มีโครงสร้างเป็นรูพรุนมีขนาดใกล้เคียงกันทั้งชิ้นงาน โดยมีขนาดประมาณ 1 – 2 มิลลิเมตร มีการกระจายของรูพรุนขนาดเล็กทั่วทั้งชิ้นงาน โดยส่วนใหญ่มีขนาดของรูพรุนเท่ากัน

วัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่มีอัตราส่วน 0.2 %WT ภาพที่ 4 (ข) และภาพที่ 5 (ข) มีโครงสร้างเป็นรูพรุนมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ประมาณ 1 - 3 มิลลิเมตร มีการกระจายของรูพรุนขนาดเล็กทั่วทั้งชิ้น และมีการกระจายตัวของรูพรุนขนาดใหญ่ประมาณ 25 % ของพื้นที่

วัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่มีอัตราส่วน 0.4 %WT ภาพที่ 4 (ค) และภาพที่ 5 (ค) มีโครงสร้างเป็นรูพรุนมีขนาดไม่เท่ากันทั้งชิ้นงาน ประมาณ 1 – 4 มิลลิเมตร มีการกระจายของรูพรุนขนาดเล็กทั่วทั้งชิ้นงาน และมีการกระจายตัวของรูพรุนขนาดใหญ่ประมาณ 40 % ของพื้นที่

วัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่มีอัตราส่วน 0.6 %WT ภาพที่ 4 (ง) และภาพที่ 5 (ง) มีโครงสร้างเป็นรูพรุนมีขนาดไม่เท่ากันทั้งชิ้นงาน ประมาณ 1 – 4 มิลลิเมตร มีการกระจายของรูพรุนขนาดเล็กทั่วทั้งชิ้นงาน และมีการกระจายตัวของรูพรุนขนาดใหญ่ประมาณ 50 % ของพื้นที่

วัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่มีอัตราส่วน 0.8 %WT ภาพที่ 4 (จ) และภาพที่ 5 (จ) มีโครงสร้างเป็นรูพรุนมีขนาดประมาณ 3 – 4 มิลลิเมตร โดยมีการกระจายของรูพรุนขนาดเล็กทั่วทั้งชิ้นงาน โดยการกระจายตัวของรูพรุนขนาดใหญ่ประมาณ 40 % และมีการกระจุกตัวเฉพาะบางพื้นที่ของชิ้นงาน

วัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่มีอัตราส่วน 1.0 %WT ภาพที่ 4 (ช) และภาพที่ 5 (ช) มีโครงสร้างเป็นรูพรุนมีขนาดไม่เท่ากันทั้งชิ้นงาน ประมาณ 1 - 3 มิลลิเมตร มีการกระจายของรูพรุนขนาดเล็กและใหญ่อย่างไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงาน โดยแสดงให้เห็นถึงการกระจุกตัวของการเกิดรูพรุน ซึ่งลักษณะโครงสร้างการกระจายรูพรุนภายในชิ้นงานมีความสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นที่ตรวจวัด คือ ชิ้นงานมีการกระจุกของพอนจากจนส่งผลให้สารประกอบโฟมยางลาเท็กซ์ไม่สามารถฟอร์มตัวจนเกิดการกระจายของรูพรุนได้อย่างสม่ำเสมอ จนเกิดเป็นรูพรุนที่มีขนาดใหญ่ ดังแสดงในตารางที่ 2 สำหรับการทดลองวัดการดูดซับเสียง ผลที่ได้ คือ วัสดุคอมโพสิตนี้มีการดูดซับเสียงที่ดี เพราะส่วนใหญ่ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงมากกว่า 0.7 ในเกือบทุกสูตร อย่างไรก็ตาม การเพิ่มปริมาณของพอนจาก ไม่ได้สร้างความเปลี่ยนแปลงต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงอย่างมีนัยสำคัญ โดยสังเกตได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง สภาพความเป็นรูพรุนของชิ้นงานนั้น พบว่า ชิ้นงานที่มีรูพรุนสูง (Sol 0, Sol-

2, Sol 3) มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงสูง ในขณะที่ชิ้นงานที่มีรูพรุนต่ำ (Sol 2, Sol 4, Sol 5) มีสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ต่ำกว่า เพราะรูพรุน (porosity) เป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่มีผลโดยตรงต่อค่าความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ

สรุปผลการวิจัย

วัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากตามอัตราส่วน 0 - 1.0 %WT พบว่า ปริมาณพอนจากที่ผสมในตัวอย่างฟองน้ำลาเท็กซ์ไม่ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพด้านความหนาแน่น และสภาพความเป็นรูพรุน (ปริมาณช่องว่างอากาศภายในวัสดุ) เนื่องจากปริมาณการเติมพอนจากไม่ส่งผลต่อการเกิดรูพรุนของวัสดุยางลาเท็กซ์ อีกทั้งวัสดุพอนจากมีลักษณะเป็นวัสดุคอมโพสิทที่มีความเปราะ มีความพรุนสูง และวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์มีลักษณะทางกายที่มีความยืดหยุ่น [4] เมื่อผสมรวมกันที่อัตราส่วน 0.2 %WT ส่งผลให้ชิ้นงานมีการยึดเกาะที่ดีขึ้นจนสภาพความแข็งแกร่งมีค่าสูงขึ้น เมื่อเทียบกับวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ที่ไม่ผสมพอนจาก 1.6 เท่า และเมื่อเพิ่มอัตราการผสมพอนจาก ทำให้ความแข็งแรงทางโครงสร้างของวัสดุมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ ฟองน้ำลาเท็กซ์ผสมพอนจากที่อัตราส่วนผสม 0 – 0.6 %WT มีคุณสมบัติในการเป็นวัสดุซับเสียงที่ดี กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงมากกว่า 0.89 ในช่วงความถี่ 1,500 – 2,300 Hz โดยช่วงความถี่ดังกล่าวเป็นช่วงความถี่ที่หูของมนุษย์สามารถได้ยิน ทั้งนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ดีควรมีค่าใกล้เคียง 1.0 และเมื่อผสมพอนจากในวัสดุฟองน้ำลาเท็กซ์ที่สูงกว่าอัตราส่วน 0.8 %WT วัสดุมีแนวโน้มในการดูดซับเสียงได้ดีขึ้นในช่วงความถี่ที่ต่ำลง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มการทดสอบค่าความยืดหยุ่นและการทนความร้อนของวัสดุ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กองวิจัยเศรษฐกิจยาง ฝ่ายวิจัยและพัฒนาเศรษฐกิจยาง การยางแห่งประเทศไทย, (2562, 22 กันยายน), รายงานสถานการณ์รายปี, [ออนไลน์]. จาก: http://rubber.oie.go.th/ArticleCategory.aspx?acid=8

[2] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน), (2564, 15 มิถุนายน), การนำไปใช้ประโยชน์, [ออนไลน์]. จาก: https://www.arda.or.th/kasetinfo/south/para/used/01-03.php

[3] หาญพารณ สามัคคีธรรม, “การพัฒนาวัสดุกันเสียงและดูดซับเสียงจากเส้นใยเปลือกทุเรียน,” วิทยานิพนธ์ ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2554.

[4] R. Brown, *Handbook of Polymer Testing*. United Kingdom: Rapra Technology Limited, 2002.

[5] G. M. Ballou, *Handbook for Sound Engineers,* 4nd ed. Oxford: Elsevier Inc., 2008.

[6] Determination of Sound Absorption Coefficient and Impedance in Impedance Tubes: Part 2: Transfer-Function Method, ISO-10534, 1998.

[7] นุชจิรา ดีแจ้ง และศรารัตน์ มหาศรานนท์, “การพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงแบบรูพรุนของโฟมยางพาราที่เติมผงถ่านจากซังข้าวโพด,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรัตนโกสินทร์*, ปีที่ 1, ฉ. 2, น. 27-36, 2562.

[8] พงษ์ พันธุนุกุล และคณิต อินจันทร์ณรงค์, *เสียง*. กรุงเทพมหานคร: สุทัศน์ เทวอักษร, 2516

[9] A. J. Otaru, "Review on the acoustical properties and characterisation methods of sound absorbing porous structures: A focus on microcellular structures made by a replication casting method," *Metals and Materials International,* vol. 26, pp. 915-932, 2020.

[10] Z. Xi, J. Zhu, H. Tang, Q. Ao, H. Zhi, J. Wang and C. Li, "Progress of application researches of porous fiber metals," *Materials,* vol. 4, no. 4, pp. 816-824, 2011.