



การพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากเส้นใยพอลิเมอร์  
ในหน้ากากอนามัยและน้ำยาฆ่าพารา

โดย

ปานิสรา สุจิตรกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม  
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา 2565

DEVELOPMENT OF SOUND ABSORBING MATERIALS  
MADE FROM POLYMER FIBER IN FACE MASK  
AND PARA RUBBER LATEX

BY

PANISARA SUCHARITKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE  
ARCHITECTURE  
FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING  
THAMMASAT UNIVERSITY  
ACADEMIC YEAR 2022

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
คณบดีสถาบันปัจจัยฯและผู้อำนวยการฝ่ายเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

ปานิสรา สุจิริทกุล

เรื่อง

การพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากเส้นใยโพลิเมอร์  
ในหน้ากากอนามัยและน้ำยาฆ่าเชื้อ

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
สถาบันปัจจัยฯ สาขาวิชาบริหารธุรกิจ

เมื่อ วันที่ 2 สิงหาคม พ.ศ. 2566

ประธานกรรมการสอบบวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ อวิรุทธิ์ ศรีสุราพรรณ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ศาสตราจารย์ ดร. ภูมิสิริ เลิศวัฒนารักษ์)

กรรมการสอบบวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. โศภา วิศิษฐ์ศักดิ์)

คณบดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาสาพันธ์ สุวรรณฤทธิ์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาประสิทธิภาพวัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากเส้นใยโพลีเมอร์ในหน้ากากอนามัยและน้ำยาพารา
ชื่อผู้เขียน	ปานิสรา สุจิตรกุล
ชื่อปริญญา	สถาบัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาบัตยกรรม สถาบัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ศาสตราจารย์ ดร. ภูมิตร เลิศวัฒนารักษ์
ปีการศึกษา	2565

## บทคัดย่อ

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 หรือ COVID-19 ตั้งแต่ปี 2563 ส่งผลให้ประเทศไทยเกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื้อจำนวนมาก หนึ่งในขยะมูลฝอยที่เพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด คือ หน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้ง เนื่องจาก หน้ากากอนามัยกล้ายเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องสวมใส่ทุกวันเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื้อในแต่ละวัน ทำให้เกิดการตั้งข้อสังเกตเกี่ยวกับการนำหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้งไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ นอกจากการกำจัดโดยการเผาที่อุณหภูมิสูงและการฝังกลบ ผลจากการศึกษาคุณสมบัติของหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้งในงานวิจัยนี้ พบว่า หน้ากากอนามัยที่ผลิตโดยการขึ้นรูปของเส้นใยโพลีเมอร์จากพลาสติก Polypropylene มีเส้นใยโพลีเมอร์ซ้อนทับกันอยู่หลายชั้นที่ประกอบไปด้วยรูพรุนขนาดเล็กซ้อนทับกันจำนวนมากเพื่อประสิทธิภาพด้านการกรองอนุภาคขนาดเล็กได้ดี ซึ่งคล้ายคลึงกับสมบัติของวัสดุดูดซับเสียงซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างของเส้นใยที่มีลักษณะเป็นรูพรุนจำนวนมาก และมีช่องว่างอากาศทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการกรองพลังงานเสียง ก่อนที่จะสะท้อนออกมาในลักษณะของคลื่นเสียง ซึ่งส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง งานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากเส้นใยโพลีเมอร์ในหน้ากากอนามัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ป้องกันมลภาวะของเสียงที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียงภายในอาคาร ในขั้นตอนการวิจัย ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของเส้นใยโพลีเมอร์ที่ผลิตจากพลาสติก Polypropylene การทำความสะอาดขยะมูลฝอยติดเชื้อ การขึ้นรูปวัสดุ และวัสดุเสริมประสิทธิภาพการดูดซับเสียงประเภทต่าง ๆ รวมถึงการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และประสิทธิภาพการดูดซับเสียง วัสดุหลักในการผลิตวัสดุดูดซับเสียง

(2)

เสียงในงานวิจัย ประกอบด้วย เส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย และวัสดุเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับเสียง ได้แก่ ไยแก้ว โดยมีการควบคุมปริมาณวัสดุประสานจากธรรมชาติ คือ น้ำยางพารา โดยมีสัดส่วนผสมของวัสดุตัวอย่าง ได้แก่ 1) M10P20 เส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยและน้ำยางพารา ในอัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนัก 2) M8P20G2 เส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยและน้ำยางพาราและไยแก้ว ในอัตราส่วน 0.8:2:0.2 โดยน้ำหนัก 3) M7P20G3 เส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยและน้ำยางพาราและไยแก้ว อัตราส่วน 0.7:2:0.3 โดยน้ำหนัก 4) M6P20G4 เส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยและน้ำยางพาราและไยแก้ว อัตราส่วน 0.6:2:0.4 โดยน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่า วัสดุดูดซับเสียงในสัดส่วนผสมที่ 2 ซึ่งมีเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยและน้ำยางพาราและไยแก้วในอัตราส่วน 0.8:2:0.2 โดยน้ำหนัก มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงดีที่สุด เนื่องจาก มีลักษณะเป็นรูพรุน และมีช่องว่างอากาศภายในเนื้อวัสดุซึ่งส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ในช่วงความถี่ 500 – 4,000 Hz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่ทุมนุษย์สามารถตอบสนองได้ดี และสามารถประยุกต์ใช้ป้องกันมลภาวะของเสียงที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียงภายในอาคารโดยวิธีการติดตั้งร่วมกับโครงคร่าวะประเทศต่าง ๆ

**คำสำคัญ:** วัสดุดูดซับเสียง, หน้ากากอนามัย, เส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย, น้ำยางพารา, ไยแก้ว

Thesis Title	DEVELOPMENT OF SOUND ABSORBING MATERIALS MADE FROM POLYMER FIBER IN FACE MASK AND PARA RUBBER LATEX
Author	Panisara Sucharitkul
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Professor Pusit Lertwattanaruk, Ph.D.
Academic Year	2022

## ABSTRACT

Since the outbreak of the SARS-CoV-2 virus or COVID-19 in the year 2020, Thailand has experienced a significant increase in the amount of infectious waste, particularly in the form of used face masks. Face masks have become essential for daily use to prevent the spread of the virus. However, Thailand faces limitations in efficiently disposing of the infected waste generated daily. This has led to the consideration of alternative uses for used face masks apart from high-temperature incineration and landfilling. In this research, the characteristics of used face masks made from polypropylene plastic fibers were studied. It was found that these masks consisted of multiple layers of overlapping polymer fibers with numerous small pores, which enhanced their efficiency in filtering small particles. This structure resembled that of sound-absorbing materials composed of open-cell fibers with a high number of interconnected pores and air gaps acting as a medium for energy absorption before reflecting sound waves. Based on these findings, the research focused on studying and developing sound-absorbing materials made from polymer fibers in face masks. The objective was to mitigate indoor noise pollution. The research involved studying the sound absorption performance of polypropylene polymer fibers, cleaning infected waste, material forming, and various types of sound-absorbing additives. Physical

properties, mechanical properties, and sound absorption performance were tested. The main materials used in the production of sound-absorbing materials include polypropylene polymer fiber in face masks, glass fiber as an additive to enhance sound absorption, combined with natural rubber latex as a binder. The following four mixture proportions were investigated: 1) M10P20, consisting of polymer fibers in face masks and para rubber latex in a ratio of 1:2 by weight, 2) M8P20G2, consisting of polymer fibers in face masks, para rubber latex, and glass fiber in a ratio of 0.8:2:0.2 by weight, 3) M7P20G3, consisting of polymer fibers in face masks, para rubber latex, and glass fibers in a ratio of 0.7:2:0.3 by weight, and 4) M6P20G4, consisting of polymer fibers in face masks, natural latex, and glass fiber in a ratio of 0.6:2:0.4 by weight. The study found that the sound-absorbing material with the best performance is M8P20G2 containing polymer fibers in face masks, para rubber latex, and glass fiber in a ratio of 0.8:2:0.2 by weight. This material demonstrated excellent sound absorption capabilities due to its open-cell structure and the presence of air gaps inside the material, leading to optimal sound absorption coefficients in the frequency range of 500 to 4,000 Hz, which corresponds to the human auditory response range. It can be applied to prevent sound pollution originating from within buildings by being installed in combination with various types of framework structures.

**Keywords:** Sound-absorbing material, Disposable Face Masks, Polymer Fiber in Face Mask, Natural Rubber Latex, Glass Fiber

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาของ ศาสตราจารย์ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำด้านการดำเนินงานในการให้ข้อมูลระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงอย่างราบรื่น ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ บริษัท NOE Asia Pacific จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุน การใช้เครื่องมือประจำห้องปฏิบัติการทดลอง ในการทดสอบคุณสมบัติทางเสียงของวัสดุดูดซับเสียง รวมถึงขอขอบพระคุณ คุณศุภกฤต เอี่ยมทวี ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในคุณสมบัติด้านเสียงต่าง ๆ ใน การนำมาซึ่งข้อมูลประกอบการทำวิทยานิพนธ์อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฐร์ มากุล มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และภาควิชาววนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ให้ความ อนุเคราะห์ช่วยเหลือสนับสนุนการใช้เครื่องมือประจำห้องปฏิบัติการทดลอง ในการทดสอบคุณสมบัติ เชิงกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุดูดซับเสียงในการนำมาซึ่งข้อมูลประกอบการทำวิทยานิพนธ์ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้แก่ รองศาสตราจารย์ อวิรุทธิ์ ศรีสุราพรณ ร่วมด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. โสภาคิญญาศักดิ์ ที่ได้ชี้แนะข้อมูลและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณบุคลากรคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์ ทุกท่านที่เคยอำนวยความสะดวกตลอดการดำเนินการวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่เคยให้การสนับสนุนข้าพเจ้าในทุกด้าน รวมถึงเพื่อนนักศึกษาทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบุคคลเบื้องหลังที่ไม่ได้ถูกกล่าวถึงทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงอย่างราบรื่น และ ผู้วิจัยมีความหวังอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านทุกท่าน

ปานิสรา สุจิตรกุล

(6)

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย

(1)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

(2)

กิตติกรรมประกาศ

(3)

สารบัญตาราง

(12)

สารบัญภาพ

(14)

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

(17)

บทที่ 1 บทนำ

1

    1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

    1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 4

    1.3 ขอบเขตของการศึกษา 4

    1.4 สมมติฐานของการศึกษา 4

    1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

    1.6 ระเบียบการศึกษา 5

    1.7 นิยามศัพท์ 6

    1.8 กรอบแนวคิดในการศึกษา 6

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8

    2.1 เสน่ห์โภลเมอร์ในหน้ากากอนามัย 9

        2.1.1 ส่วนประกอบของหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้ง 9

2.1.2 คุณสมบัติของเส้นไยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย	10
2.1.3 คุณสมบัติการดูดซับเสียงของเส้นไยพอลิเมอร์ ในหน้ากากอนามัย	12
2.1.4 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของ เส้นไยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย	15
<b>2.2 วัสดุดูดซับเสียง</b>	<b>19</b>
2.2.1 คุณสมบัติของวัสดุดูดซับเสียง	20
2.2.2 ลักษณะการทำงานของวัสดุดูดซับเสียง	20
2.2.3 วัสดุดูดซับเสียงในท้องตลาด	21
2.2.4 วัสดุเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับเสียง	22
<b>2.3 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง</b>	<b>26</b>
2.3.1 นิยามเสียง	26
2.3.2 ระดับความตั้ง	27
2.3.3 ออกเทปแบนด์ (Octave Band)	27
2.3.4 การดูดซับเสียง	28
<b>2.4 การทดสอบคุณสมบัติดูดซับเสียง</b>	<b>28</b>
2.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	28
2.4.2 ขั้นตอนการทดสอบ	30
<b>2.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ</b>	<b>31</b>
2.5.1 ความหนาแน่น	31
2.5.2 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	31
2.5.3 ความสามารถในการดูดซึมน้ำ	32
2.5.4 ปริมาณความชื้น	32
2.5.5 อัตราการละลาย	32
<b>2.6 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล</b>	<b>33</b>
2.6.1 ค่าแรงดึงตัวจากกับผิวน้ำ	33
<b>2.7 การทำความสะอาดด้วยมูลฝอยติดเชื้อ</b>	<b>34</b>
2.7.1 การทำความสะอาดโดยใช้สารเคมี	34
2.7.2 การทำความสะอาดโดยใช้เครื่องมือ	35
<b>2.8 การขึ้นรูปวัสดุ</b>	<b>37</b>

2.8.1 การขึ้นรูปวัสดุโดยใช้เครื่องมือทางอุตสาหกรรม	37
2.8.2 การขึ้นรูปวัสดุโดยวัสดุประสานจากธรรมชาติ	42
 บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 ประเภทของวิธีศึกษา	47
3.2 การกำหนดตัวแปร	48
3.2.1 ตัวแปรต้น	48
3.2.2 ตัวแปรตาม	49
3.2.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	49
3.2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพ	49
3.2.2.3 คุณสมบัติเชิงกล	49
3.2.3 ตัวแปรควบคุม	49
3.2.3.1 การขึ้นรูปวัสดุดูดซับเสียง	49
3.2.3.2 มาตรฐานการทดสอบ	49
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	50
3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ	50
ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	
3.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	51
3.3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติเชิงกล	52
3.3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปวัสดุทดสอบ	53
3.4 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุพสม	54
3.4.1 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยพอลิเมอร์	55
3.4.2 ขั้นตอนการเตรียมน้ำยาางพารา	56
3.4.3 ขั้นตอนการเตรียมไยแก้ว	56
3.5 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานวัสดุ	57
3.5.1 ชิ้นงานวัสดุสำหรับการทดสอบคุณสมบัติ	57
ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	
3.5.2 ชิ้นงานวัสดุสำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	58
และคุณสมบัติเชิงกล	

3.6 ขั้นตอนการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	59
3.7 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล	60
3.7.1 การทดสอบความหนาแน่น	61
3.7.2 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	61
3.7.3 การทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ	61
3.7.4 การทดสอบปริมาณความชื้น	61
3.7.5 การทดสอบอัตราการ lame ไฟ	62
3.7.6 การทดสอบค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำ	62
3.8 การเก็บข้อมูล	62
3.9 การวิเคราะห์ข้อมูล	63
3.10 การประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม	63
 บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	64
 4.1 คุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	65
4.1.1 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	65
4.1.1.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	66
4.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	68
4.2.1 ผลการทดสอบความหนาแน่น	68
4.2.1.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบความหนาแน่น	69
4.2.2 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	70
4.2.2.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	71
4.2.3 ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ	73
4.2.3.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบ ความสามารถในการดูดซึมน้ำ	74
4.2.4 ผลการทดสอบปริมาณความชื้น	75
4.2.4.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบปริมาณความชื้น	76
4.2.5 ผลการทดสอบอัตราการ lame ไฟ	77

4.2.5.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบอัตราการ lame ไฟ	78
<b>4.3 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล</b>	<b>80</b>
4.3.1 ผลการทดสอบค่าแรงดึงตึงฉากกับผิวหน้า	80
4.3.1.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบ ค่าแรงดึงตึงฉากกับผิวหน้า	81
4.4 การเปรียบเทียบวัสดุดูดซับเสียงกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป	82
4.4.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	83
4.4.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล	85
4.5 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของวัสดุดูดซับเสียง	86
4.5.1 ต้นทุนการผลิตของวัสดุดูดซับเสียง	86
4.5.2 การเปรียบเทียบกับราคาภายนอกวัสดุดูดซับเสียงทั่วไป	88
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	<b>89</b>
<b>5.1 ผลสรุปจากการศึกษา</b>	<b>89</b>
5.1.1 กรรมวิธีการผลิต	89
5.1.2 คุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	90
5.1.3 คุณสมบัติทางกายภาพ	90
5.1.3.1 ความหนาแน่น	90
5.1.3.2 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	90
5.1.3.3 ความสามารถในการดูดซึมน้ำ	91
5.1.3.4 ความปริมาณความชื้น	91
5.1.3.5 อัตราการ lame ไฟ	91
5.1.4 คุณสมบัติเชิงกล	91
5.1.4.1 ค่าแรงดึงตึงฉากกับผิวหน้า	91
5.1.5 การประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม	92
5.1.6 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย	94
5.1.7 ข้อจำกัดในงานวิจัย	95

## ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ผลการทดสอบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	100
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	102
ภาคผนวกก ค ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล	106
ประวัติผู้เขียน	107

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ประเภทของวัสดุดูดซับเสียงตามท้องตลาด	22
2.2 วัสดุดูดซับเสียงตามท้องตลาด	23
2.3 ผลการเปลี่ยนแปลงระดับความดังเสียง	26
2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ Impedance Tube Method	29
2.5 สารฆ่าเชื้อและความเข้มข้นที่สามารถฆ่าเชื้อไวรัส COVID-19 ได้	34
2.6 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้เครื่องอบฆ่าเชื้อด้วยแสง UV	36
2.7 ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้การขึ้นรูปโดยเครื่องมือ	38
2.8 ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้วัสดุปราบสารจากธรรมชาติ	42
2.9 สัดส่วนผสมที่ใช้หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยาางพาราในการขึ้นรูปวัสดุ	45
2.10 ผลลัพธ์การทดลองขึ้นรูปวัสดุ	46
3.1 สัดส่วนผสมที่ใช้ในการขึ้นรูปวัสดุ	48
3.2 ขนาดของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติต้านต่าง ๆ	53
4.1 รายการคุณสมบัติที่ทดสอบ	64
4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4	65
4.3 ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4	67
4.4 ผลการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4	68
4.5 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4	69
4.6 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสัดส่วนผสมทั้ง 4	71
4.7 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4	72
4.8 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4	73
4.9 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4	74
4.10 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของสัดส่วนผสมทั้ง 4	75
4.11 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4	76
4.12 ผลการทดสอบอัตราการลำไฟ ของสัดส่วนผสมทั้ง 4	78
4.13 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบอัตราการลำไฟของสัดส่วนผสมทั้ง 4	79
4.14 ผลการทดสอบค่าแรงดึงตึงตั้งฉากกับผิวน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4	80
4.15 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบค่าแรงดึงตึงตั้งฉากกับผิวน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4	81

4.16 การเปรียบเทียบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับ วัสดุประกอบอาคารทั่วไป	83
4.17 การเปรียบเทียบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับ วัสดุประกอบอาคารทั่วไป	85
4.18 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4	87
4.19 การเปรียบเทียบราคาวัสดุดูดซับเสียงกับวัสดุดูดซับเสียงทั่วไป	88

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กราฟแสดงปริมาณขยะมูลฝอยติดเชือปี 2562-2564	1
1.2 ขั้นตอนการกำจัดขยะติดเชือในประเทศไทย	2
1.3 พลาสติกที่ผ่านกระบวนการด้วยสาร Biodegradable Plastic	3
1.4 Micro Plastic ที่ปนเปื้อนในห่วงโซ่ออาหาร	3
1.5 ครอบแนวคิดในการศึกษา	7
2.1 ส่วนประกอบของหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้ง.	10
2.2 การเปรียบเทียบโครงสร้างผ้าทอและผ้าไม่ถักไม่ทอ	11
2.3 การกรองอนุภาคของหน้ากากอนามัยในแต่ละชั้น	11
2.4 วัสดุมวลรวมหยาบ	12
2.5 ภาพแสดงการทดสอบประสิทธิภาพเส้นใยโพลิไพรพิลิน	13
2.6 ผ้า Non-Woven ที่ทำการทดสอบ	14
2.7 ผ้า Non-Woven และ Microperforated	15
2.8 การทดสอบ Asphalt ผสมเส้นใยหน้ากากอนามัย	16
2.9 การทดสอบประสิทธิภาพของคอนกรีตผสมเส้นใยหน้ากากอนามัย	17
2.10 การรีไซเคิลหน้ากากอนามัยสู่ผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรม	18
2.11 ภาพขยายโครงสร้างวัสดุรีไซเคิล	19
2.12 การทำงานของวัสดุดูดซับเสียง	19
2.13 ลักษณะการทำงานของวัสดุอคุสติก	21
2.14 ลักษณะของวัสดุดูดซับเสียงตามท้องตลาด	24
2.14 Polyurethane Foam	25
2.15 ไยแก้ว	25
2.16 โครงสร้างไยแก้ว	25
2.17 ตัวอย่างวัสดุดูดซับเสียงจากไยแก้วที่ถูกติดตั้งร่วมกับโครงคร่าว	25
2.18 ความสัมพันธ์ของหน่วยวัดความดังของเสียง (Phon)	27
ต่อระดับความดังของเสียง (dB)	
2.19 การแบ่ง Octave Band ตามช่วงความถี่	28
2.20 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ Impedance Tube Method	31

2.21 ภาพจำลองการทดสอบอัตราการ lame' ไฟฟ้า	32
2.22 Tensile Testing Machine	33
2.23 ชุด PPE	35
2.24 ตู้อบฆ่าเชื้อโรค ยี่ห้อ Philips	37
2.25 วิธีการอัดพลาสติก	40
2.26 วิธีการฉีดพลาสติก	41
2.27 น้ำยาฆ่าเชื้อโรค หรือ น้ำยาฆ่าพารา	44
2.28 โถปั่นและน้ำยาฆ่าพารา	45
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ Impedance Tube Method	50
3.2 เครื่องชั้งน้ำหนักทศนิยม 2, Thickness Gate และ Vernier Caliper สำหรับวัดความหนา	51
3.3 เครื่องทดสอบการนำความร้อนและเครื่องทดสอบการดูดซึมน้ำ	51
3.4 เครื่องมือทดสอบปริมาณความชื้นและเครื่องทดสอบอัตราการ lame' ไฟฟ้า	52
3.5 เครื่องมือ Tensile Testing	52
3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปวัสดุ	54
3.7 ชิ้นส่วนของหน้ากากอนามัย	54
3.8 การย่อยขนาดหน้ากากอนามัยและนำมาซึ่งเส้นใยพอลิเมอร์	55
3.9 ตัวอย่างเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบความชื้น	55
3.10 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำยาฆ่าพารา	56
3.11 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมไยแก้ว	56
3.12 การขึ้นรูปวัสดุทรงกระบอก	57
3.13 การขึ้นรูปวัสดุทรงแท่งสี่เหลี่ยม	58
3.14 ตัวอย่างวัสดุที่ได้หลังการขึ้นรูป	59
3.15 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ Impedance Tube Method	60
3.16 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล	60
4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซึบเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4	66
4.2 ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การดูดซึบเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4	67
4.3 ผลการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4	69
4.4 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4	70

4.5 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป	71
4.6 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4	72
4.7 ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำร้อนของสัดส่วนผสมทั้ง 4	73
4.8 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4	74
4.9 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของสัดส่วนผสมทั้ง 4	76
4.10 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบปริมาณความชื้นของสัดส่วนผสมทั้ง 4	77
4.11 ผลการทดสอบอัตราการ lame ไฟของสัดส่วนผสมทั้ง 4	78
4.12 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบอัตราการ lame ไฟของสัดส่วนผสมทั้ง 4	79
4.13 ผลการทดสอบค่าแรงดึงตัวจากกับผิวน้ำ ของสัดส่วนผสมทั้ง 4	81
4.14 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบค่าแรงดึงตัวจากกับผิวน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4	82
4.15 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4	84
5.1 ภาพจำลองการประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม	93
5.2 ภาพจำลองการติดตั้งรั้สวัสดุดูดซับเสียงร่วมกับโครงสร้าง	93
5.3 ภาพขยายวัสดุดูดซับเสียงติดตั้งร่วมกับโครงสร้าง	94

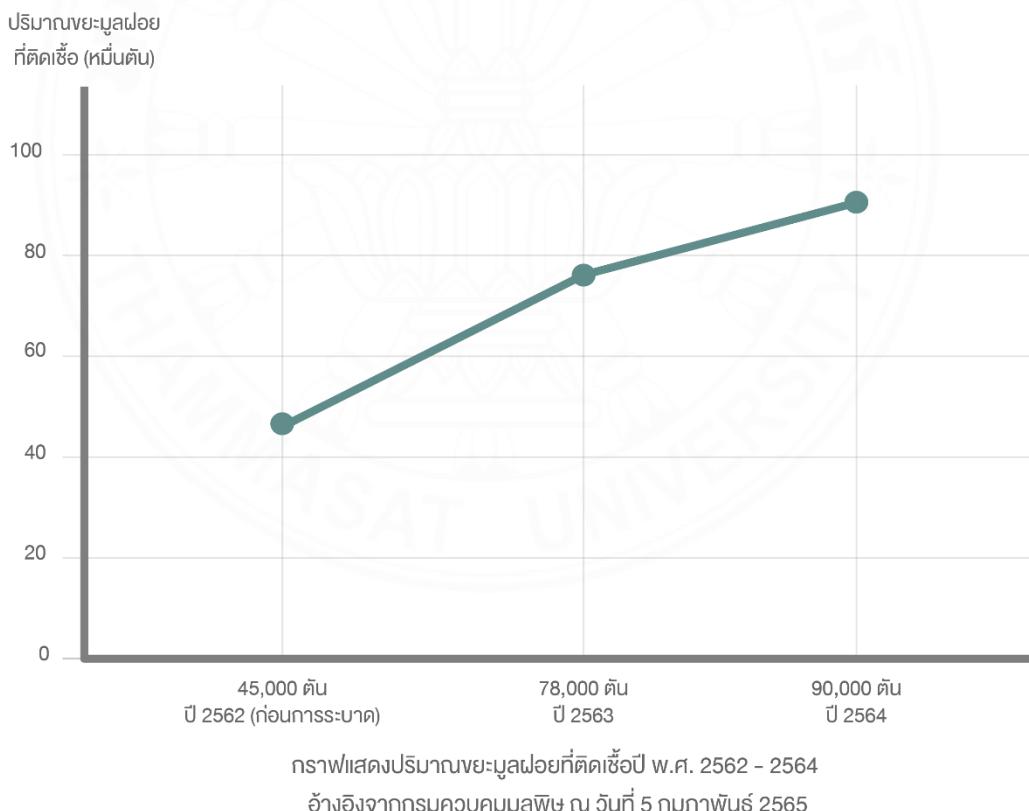
## รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำเต็ม/คำจำกัดความ
สัดส่วนผสม M10P20	สัดส่วนผสมที่ประกอบด้วยเส้นไยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยและน้ำยาฆ่าพาราอัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนัก
สัดส่วนผสม M8P20G2	สัดส่วนผสมที่ประกอบด้วยเส้นไยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยและน้ำยาฆ่าพาราและไยแก้วอัตราส่วน 0.8:2:0.2 โดยน้ำหนัก
สัดส่วนผสม M7P20G3	สัดส่วนผสมที่ประกอบด้วยเส้นไยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยและน้ำยาฆ่าพาราและไยแก้วอัตราส่วน 0.7:2:0.3 โดยน้ำหนัก
สัดส่วนผสม M6P20G4	สัดส่วนผสมที่ประกอบด้วยเส้นไยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยและน้ำยาฆ่าพาราและไยแก้วอัตราส่วน 0.6:2:0.4 โดยน้ำหนัก
เส้นไยพอลิเมอร์	เส้นใยที่เป็นส่วนประกอบของชั้นกรองของหน้ากากอนามัย
วัสดุดูดซับเสียง	วัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากเส้นไยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย
Hz	Hertz / หน่วยความถี่เสียง
$\alpha$	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง
SAC	Sound Absorption Coefficient
dB	Decibel / ค่าความดังเสียง
IB	Internal Bonding / การทดสอบแรงดึงตั้งฉาก
ASTM	American Society For Testing And Materials / มาตรฐานการทดสอบ
ISO	International Standardization And Organization / องค์การระหว่างประเทศฯ ด้วยมาตรฐานวัดคุณภาพ

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

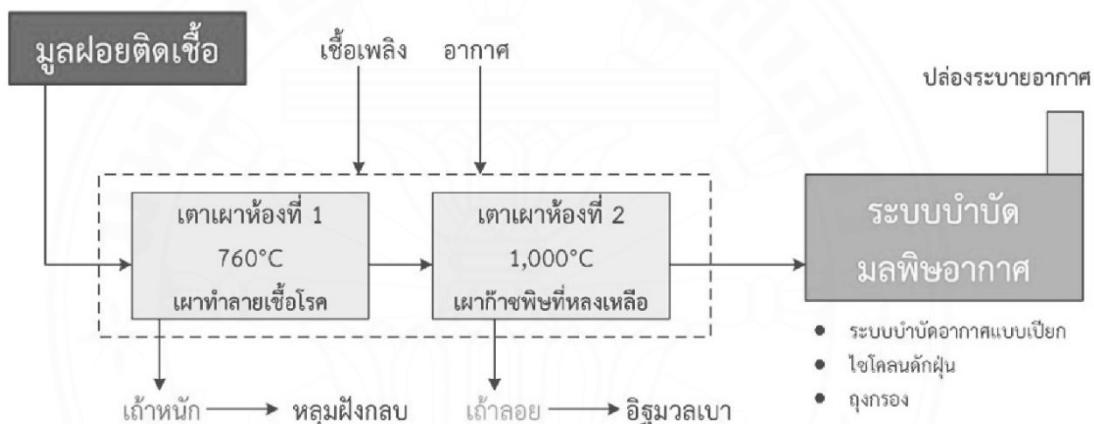
จากสถานการณ์แพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 หรือ SARS-CoV-2 ตั้งแต่ปี 2563 ส่งผลให้ประเทศไทยเกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื้อจำนวนมาก จากข้อมูลพบว่า มีขยะมูลฝอยติดเชื้อเมื่อปี 2564 ปริมาณ 90,009 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2563 ถึง 87% ส่วนใหญ่มาจาก การรวบรวมขยะติดเชื้อทั้งในโรงพยาบาลรัฐและเอกชน คลินิก โรงพยาบาลสนาม สถานกักกันที่ ราชการกำหนด ศูนย์แยกกักในชุมชน การแยกกักตัวที่บ้าน และสถานที่อื่น โดยคาดว่าจะมีการ เพิ่มขึ้นของขยะมูลฝอยติดเชื้อย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 1.1 กราฟแสดงปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื้อปี 2562-2564. จาก กรมควบคุมมลพิษ,  
ปริมาณขยะติดเชื้อในประเทศไทย, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

สืบค้นจาก <https://news.thaipbs.or.th>.

ในปัจจุบันจังหวัดกรุงเทพมหานคร มีระบบกำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้อโดยการเผาที่อุณหภูมิสูง 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเริ่มที่การเผาที่อุณหภูมิอย่างน้อย 760 องศาเซลเซียส เพื่อฆ่าเชื้อโรค ขั้นตอนที่สองเพาที่อุณหภูมิสูงถึง 1,000 องศาเซลเซียส เพื่อเผาก๊าซพิษที่หลงเหลืออยู่และสุดท้ายอากาศที่หลงเหลือภายในเตาเผาจะต้องถูกบำบัดมลพิษให้กลایเป็นอากาศสะอาดก่อนที่จะถูกปล่อยออกมายัง空域นอก และในช่วงสถานการณ์ปกติกรุงเทพมหานครมีขยะมูลฝอยติดเชื้อออยู่ที่วันละ 43 ตันต่อวัน แต่ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสทำให้มีขยะติดมูลฝอยติดเชื้อเกิดขึ้นเฉลี่ยวันละ 63 ตันต่อวัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดข้อจำกัดในประสิทธิภาพการทำลายขยะ มูลฝอยติดเชื้อที่มีอยู่ในปัจจุบันเพียง 70 ตันต่อวันเท่านั้น



ภาพที่ 1.2 ขั้นตอนการกำจัดขยะติดเชื้อในประเทศไทย. จาก การกำจัดขยะติดเชื้อที่ต้องจัดการให้ถูกวิธี. สืบค้นจาก <https://www.chula.ac.th>.

หนึ่งในขยะมูลฝอยที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น คือ หน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้ง จึงมีความสนใจในการศึกษาถึงคุณสมบัติของหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้งในการนำไปใช้ประโยชน์ จากการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมพบว่า ส่วนประกอบของหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้งถูกผลิตมาจากผ้า Non-Woven หรือผ้าไม้ถักไม่ทอ เป็นผ้าที่เกิดจากการอัดขึ้นรูปของเส้นใยพอลิเมอร์จากพลาสติก Polypropylene ซึ่งเป็นพลาสติกประเภทย่อยสลายยากแม้ถูกกระตุนด้วยสาร Biodegradable Plastic หรือสารเร่งการย่อยสลายของพลาสติก นอกจากนี้ พลาสติก Polypropylene ยังสามารถถ่ายเทได้ในระยะเวลา



ภาพที่ 1.3 พลาสติกที่ผ่านกระบวนการด้วยสาร Biodegradable Plastic. จาก *Biodegradable Plastics*. สืบค้นจาก <https://solenvn.com>.



ภาพที่ 1.4 Micro Plastic ที่ปนเปื้อนในห่วงโซ่ออาหาร. จาก *From Fish To Humans, A Microplastic Invasion May Be Taking A Toll*. สืบค้นจาก <https://www.scientificamerican.com>.

ทำให้ผู้วิจัยเกิดการตั้งข้อสังเกตในคุณสมบัติของหน้ากากอนามัยประเททใช้แล้วทิ้งว่า notable การกำจัดด้วยการเผาที่อุณหภูมิสูงที่เป็นการใช้พลังงานและทรัพยากรในปริมาณมากแล้วนั้น หน้ากากอนามัยประเททใช้แล้วทิ้งมีคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีอีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาประสิทธิภาพและคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยเพื่อพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับเสียง
2. ศึกษาสัดส่วนผสมในการขึ้นรูปวัสดุดูดซับเสียง ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพที่ดีในด้านของคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล
3. ศึกษาและเบรี่ยบเทียบวัสดุดูดซับเสียงกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป ทั้งคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล
4. นำเสนอเป็นวัสดุทางเลือกในงานสถาปัตยกรรมโดยการประยุกต์ใช้ป้องกันมลภาวะของเสียงที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียงภายในอาคาร
5. เป็นแนวทางการกำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้อนอกเหนือจากการการเผาที่อุณหภูมิสูง โดยทำการการ Upcycle วัสดุผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อสร้างวัสดุใหม่ให้กลับเข้าสู่วงจรการใช้อีกครั้ง

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้ง
2. ศึกษาวิธีการทำความสะอาดหน้ากากอนามัยที่ผ่านการใช้งานแล้ว
3. ศึกษาวิธีการขึ้นรูปวัสดุ อัตราส่วนผสม และอัตราส่วนวัสดุประสาน ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพที่ดีในคุณสมบัติต่าง ๆ
4. ศึกษาคุณสมบัติในการดูดซับเสียงหรือการทำให้ค่าระดับความดังเสียงลดลงของวัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยเมื่อถูกผสมด้วยน้ำยาพาราและไยแก้ว

## 1.4 สมมติฐานของการศึกษา

เส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยสามารถพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับเสียงได้ และการเพิ่มสัดส่วนผสมของไยแก้วในแต่ละสัดส่วนผสม ไยแก้วจะช่วยส่งผลค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง เสริมคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยสามารถพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับเสียงได้ และมีประสิทธิภาพด้านค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงดีกว่าหรือเทียบเท่าวัสดุประกอบอาคารทั่วไป เช่น แผ่นไนป์บอร์ด ไม้อัด และแผ่นซับเสียงประเภทฟองน้ำ
2. เป็นแนวทางการกำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้อที่ลดการใช้พลังงานและทรัพยากร เป็นแนวทางวิธีแปรรูปทำให้ขยะมูลฝอยติดเชื้อสามารถนำกลับมาใช้งานได้อีกรัง
3. ทำให้เกิดวัสดุทางเลือกในการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรม

### 1.6 ระเบียบการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาร่วมกับการทดลองโดยทำการวิเคราะห์และประเมินผล เพื่อศึกษาประสิทธิภาพคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล ของเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย แล้วจึงนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ด้านต่าง ๆ ร่วมกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป ซึ่งผลการศึกษาจะนำไปสู่การพัฒนาเป็นวัสดุทางเลือก ในการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียงในการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีรายละเอียดดังนี้

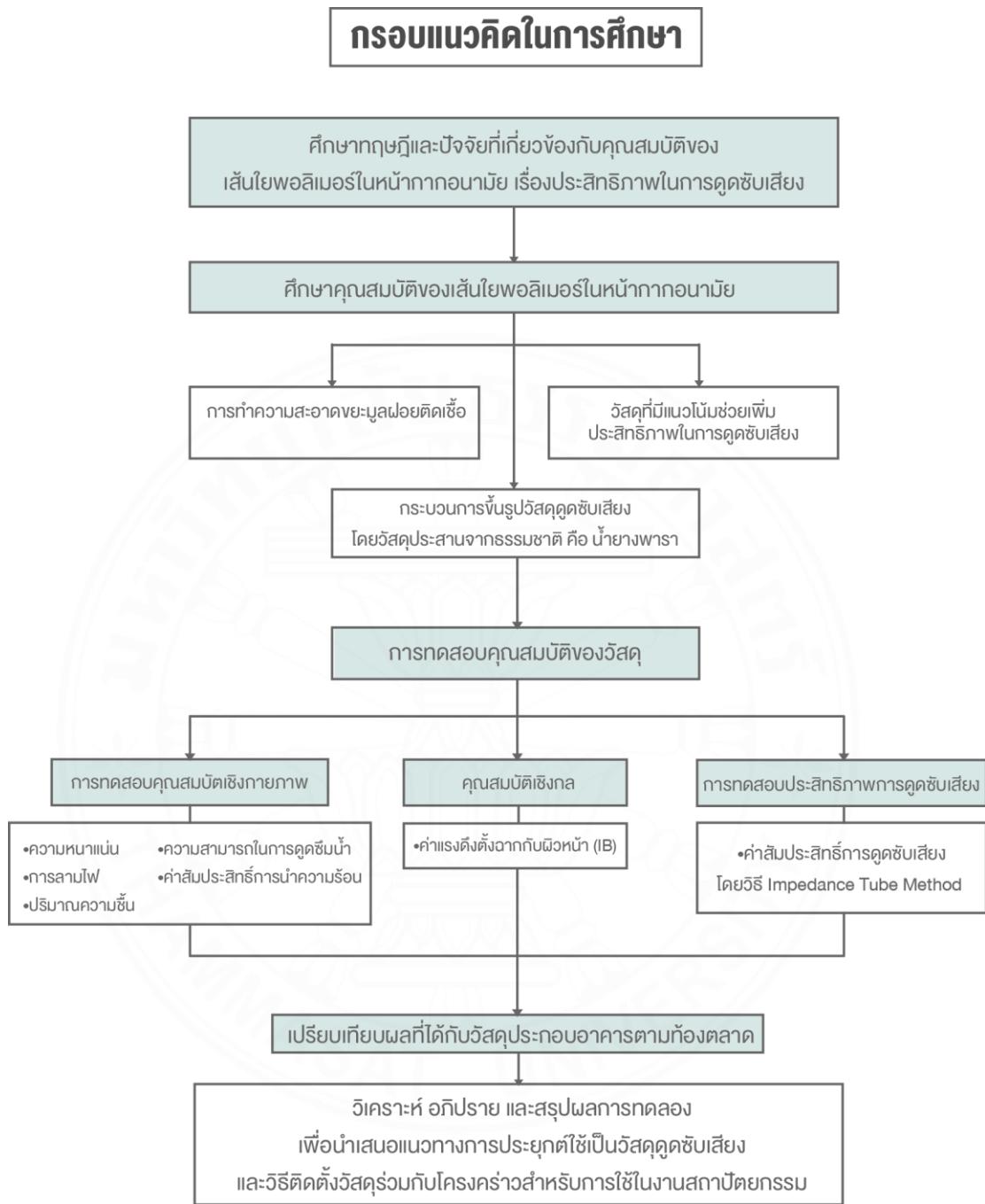
1. ศึกษาจากงานวิจัยและกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย
3. ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุดูดซับเสียง
4. ศึกษาทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง การทำความสะท้อนของเสียง และการขับเสียง ตลอดจนการขับเสียงโดยวัสดุ
5. การทดสอบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุ
6. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุดูดซับเสียงในงานวิจัย
7. การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุดูดซับเสียงในงานวิจัย

## 1.7 นิยามศัพท์

1. วัสดุดูดซับเสียง หมายถึง วัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากเส้นใยโพลีเมอร์ในหน้ากากอนามัย โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการกรองพลังงานเสียงระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและมนุษย์ โดยเมื่อมีเสียงมาตกระทบจะมีการดูดซับพลังงานเสียงบางส่วน ก่อนที่จะสะท้อนออกมายังลักษณะของคลื่นเสียงที่ลดลง ทำให้มีเกิดเสียงสะท้อนกลับใช้แก้ปัญหาเสียงก้องและเสียงสะท้อนภายในอาคาร
2. การดูดซับเสียง หมายถึง การทำให้ค่าความดังของเสียงที่มีอยู่ลดลง
3. เส้นใยโพลีเมอร์ หมายถึง เส้นใยที่เป็นส่วนประกอบของชั้นกรองของหน้ากากอนามัย ที่เกิดจากการอัดขึ้นรูปของเส้นใยโพลีเมอร์จากพลาสติก Polypropylene
4. น้ำยาางพารา หมายถึง น้ำยาางสตที่ได้จากการกริดตันยาง ทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานมีประสิทธิภาพเพิ่มการยึดเกาะระหว่างวัตถุ
5. ไยแก้ว หมายถึง วัสดุ Composite มีลักษณะเป็นเส้นใยขนาดเล็ก ผลิตจากการหลอมละลายและแข็งตัวของ Silica ซึ่งเป็นวัตถุที่เกิดจากแร่แก้ว มีคุณสมบัติช่วยในการดูดซับเสียง และมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี

## 1.8 กรอบแนวคิดในการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้มีแนวคิดในการนำหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้งที่ผ่านการใช้งานแล้ว มาประруปเป็นวัสดุดูดซับเสียงที่มีประสิทธิภาพเพื่อเป็นวัสดุทางเลือกในการใช้งาน สถาปัตยกรรมที่มีการคำนึงถึงคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีขั้นตอนการศึกษาข้อมูลประกอบด้วย แนวคิด ทฤษฎี กรณีศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการทดสอบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล เพื่อทำให้ผลการศึกษาที่มีจุดประสงค์ในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรมใหม่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่ออภิปรายผลศึกษาตามวัตถุประสงค์



ภาพที่ 1.5 กรอบแนวคิดในการศึกษา. โดยผู้วิจัย, 2566.

## บทที่ 2

### วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในครั้งนี้ได้มีการรวบรวมทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านข้อมูล เกี่ยวกับเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย วัสดุดูดซับเสียง ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง การทดสอบ คุณสมบัติวัสดุด้านค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล รวมถึง การทำความสะอาดของมูลฝอยติดเชื้อ และการขันรูปวัสดุ โดยมีรายละเอียดความสัมพันธ์ของเนื้อหา ทั้งหมดดังนี้

#### 2.1 เส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย

2.1.1 ส่วนประกอบของหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้ง

2.1.2 คุณสมบัติของเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย

2.1.3 คุณสมบัติการดูดซับเสียงของเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย

2.1.4 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของเส้นใยพอลิเมอร์  
ในหน้ากากอนามัย

#### 2.2 วัสดุดูดซับเสียง

2.2.1 คุณสมบัติของวัสดุดูดซับเสียง

2.2.2 ลักษณะการทำงานของวัสดุดูดซับเสียง

2.2.3 วัสดุดูดซับเสียงในห้องตลาด

2.2.4 วัสดุเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับเสียง

#### 2.3 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง

2.3.1 นิยามเสียง

2.3.2 ระดับความดัง

2.3.3 ออคเทปแบนด์ (Octave Band)

2.3.4 การดูดซับเสียง

#### 2.4 การทดสอบคุณสมบัติสัมค่าประสิทธิ์การดูดซับเสียง

2.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

2.4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

## 2.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

### 2.5.1 ความหนาแน่น

### 2.5.2 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

### 2.5.3 ความสามารถในการดูดซึมน้ำ

### 2.5.4 ปริมาณความชื้น

### 2.5.5 อัตราการละลายไฟ

## 2.6 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

### 2.6.1 ค่าแรงดึงดักจากกับผิวน้ำ

## 2.7 การทำความสะอาดขยะมูลฝอยติดเชื้อ

### 2.7.1 การทำความสะอาดโดยใช้สารเคมี

### 2.7.2 การทำความสะอาดโดยใช้เครื่องมือ

## 2.8 การขึ้นรูปวัสดุ

### 2.8.1 การขึ้นรูปวัสดุโดยใช้เครื่องมือทางอุตสาหกรรม

### 2.8.2 การขึ้นรูปวัสดุวัสดุปราสนานจากธรรมชาติ

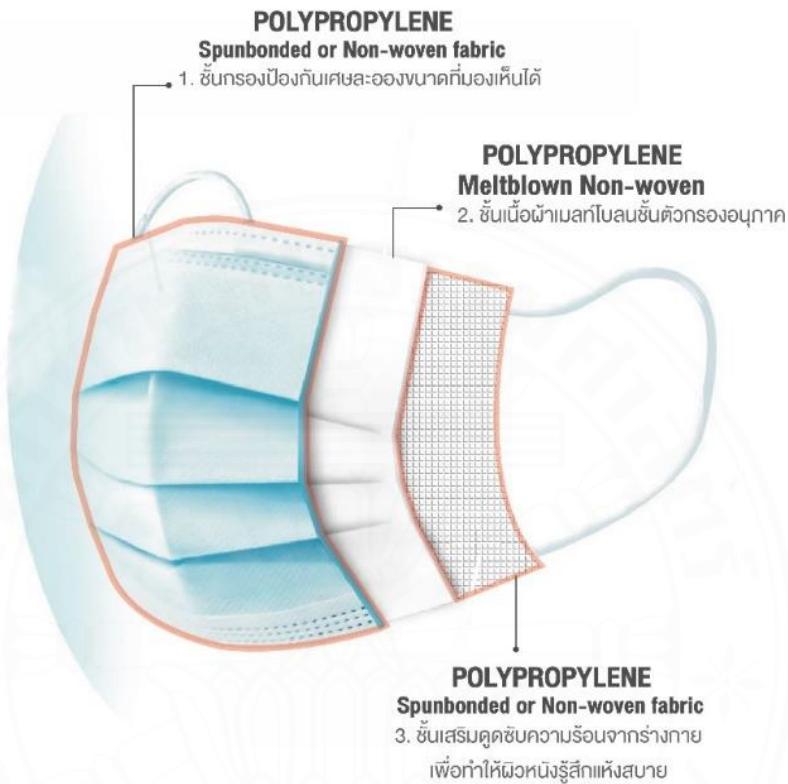
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ศึกษามาจากคำสำคัญของงานวิจัยนี้ ได้แก่ วัสดุ ดูดซับเลี้ยง หน้ากากอนามัย เส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาฆ่าเชื้อ และไนโตรเจน และการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ จะอธิบายถึงความหมายและความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยมีรายละเอียดของเนื้อหาที่ส่งผลต่อการศึกษาพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยดังนี้

## 2.1 เส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย

### 2.1.1 ส่วนประกอบของหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้ง

หน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้งมีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ชั้นที่ 1 ชั้นกรองป้องกันเศษละอองขนาดที่มองเห็นได้ ชั้นที่ 2 ชั้นเนื้อผ้า Meltblown ชั้นตัวกรองอนุภาคขนาดเล็ก และชั้นที่ 3 ชั้นเสริมดูดซับความร้อนจากร่างกายเพื่อทำให้ผิวนางรู้สึกแห้งสบาย ทั้ง 3 ส่วนล้วนถูกผลิตจากผ้า Spunbonded หรือ ผ้า Non-Woven มีชื่อเรียกภาษาไทยว่าผ้าไม่ถักไม่ทอ กระบวนการผลิตของผ้าไม่ถักไม่ทอเกิดจากการอัดขึ้นรูปของเส้นใยโพลิเมอร์จากพลาสติก

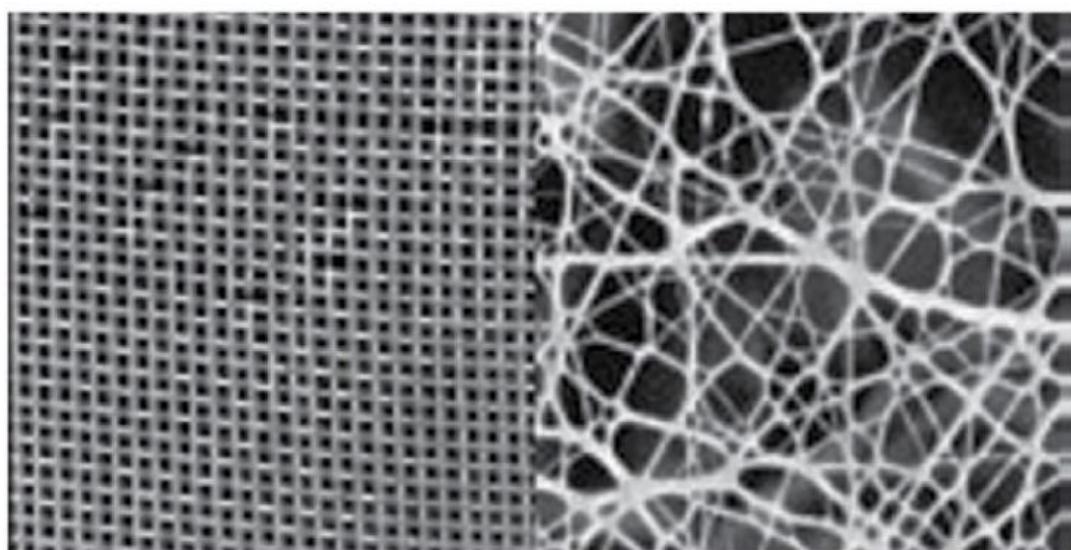
Polypropylene ส่วนของ漉ดตามจูกถูกผลิตมาจากการ漉ดสังกะสีชุบ Galvanized ที่ผ่านการอบความร้อนทำให้เส้น漉ดนิ่มและเนียนยาเคลือบด้วยพลาสติกป้องกันความคม



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้ง. จาก *Disposable Face Mask With Elastic Earloop Random Color Blue Or White.*  
สืบค้นจาก <https://yiyuemachinery.en.made-inchina.com>.

### 2.1.2 คุณสมบัติของเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย

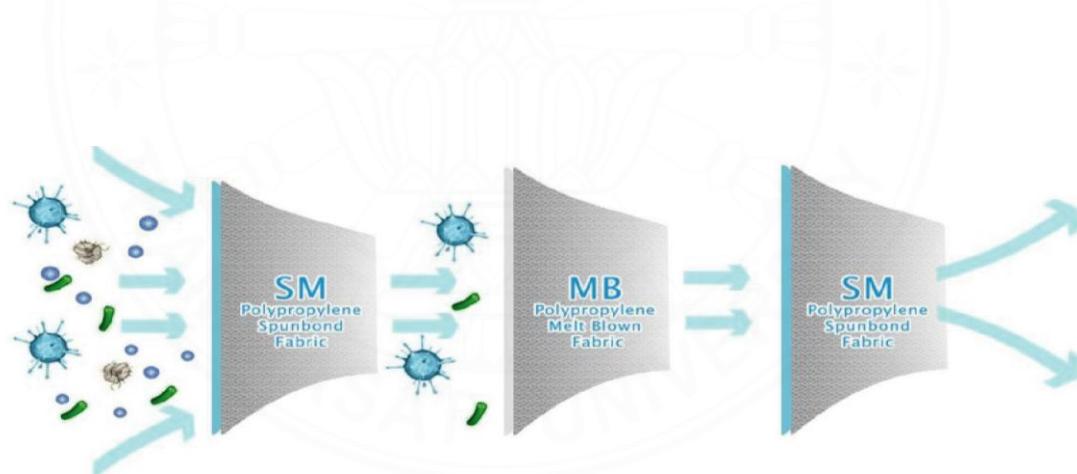
เส้นใยโพลิเมอร์ที่ประกอบอยู่ในหน้ากากอนามัยมีลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างกับผ้าทั่วไป โครงสร้างของเส้นใยโพลิเมอร์มีลักษณะซ้อนทับกันหลายชั้นและมีรูพรุนภายในขนาดเล็กระดับ Nano-Micrometer เพื่อช่วยในการกรองอนุภาคขนาดเล็กระดับ 0.1 - 0.3 Micron และมีคุณสมบัติยอมให้อากาศผ่านเข้าออก ไม่ดูดซึมน้ำ เชื้อราและแบคทีเรียจึงไม่สามารถเจริญเติบโตได้ คุณสมบัติที่สำคัญเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยคือ การมีคุณสมบัติที่สามารถดูดซับเสียงและมีคุณสมบัติเชิงกลที่สามารถทนต่อแรงดึง แรงกระแทก มีความยืดหยุ่น และสามารถยึดหดได้ดี



โครงสร้างผ้าทอ

โครงสร้างผ้าไม่ถักไม่ทอ

ภาพที่ 2.2 การเปรียบเทียบโครงสร้างผ้าทอและผ้าไม่ถักไม่ทอ. จาก สปันบอนด์ : การผลิต การนำไปใช้ และการจัดการ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565. สืบค้นจาก <https://www.petromat.org>.



ภาพที่ 2.3 การกรองอนุภาคของหน้ากากอนามัยในแต่ละชั้น. จาก Reusable Face Mask Filter. สืบค้นจาก <https://www.cheekywipes.com>.

### 2.1.3 คุณสมบัติการดูดซับเสียงของเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย

การศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกใช้คุณสมบัติที่คล้ายคลึงกันของเส้นใยโพลิเมอร์และวัสดุดูดซับเสียง นั่นคือลักษณะโครงสร้างของวัสดุและหลักการทำงานที่คล้ายกัน โครงสร้างของเส้นใยโพลิเมอร์ มีลักษณะเป็น Open Cell หรือการมีรูพรุนภายในเส้นใย ทำให้เกิดช่องว่างอากาศหน้ากากอนามัยจึงสามารถกรองอนุภาคขนาดเล็กได้ดี คล้ายคลึงกับการทำงานของวัสดุดูดซับเสียงที่มักถูกผลิตจากวัสดุที่มีลักษณะโครงสร้างที่มีรูพรุน เช่น กัน ซึ่งว่างอากาศภายในวัสดุดูดซับเสียงจึงทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการกรองพลังงานเสียง ในขั้นตอนการศึกษาจึงได้ทำคันคัวเพิ่มเติมถึงคุณสมบัติการดูดซับเสียงของเส้นใยโพลิเมอร์จากพลาสติก Polypropylene โดยมีรายละเอียดของเนื้อหาดังนี้

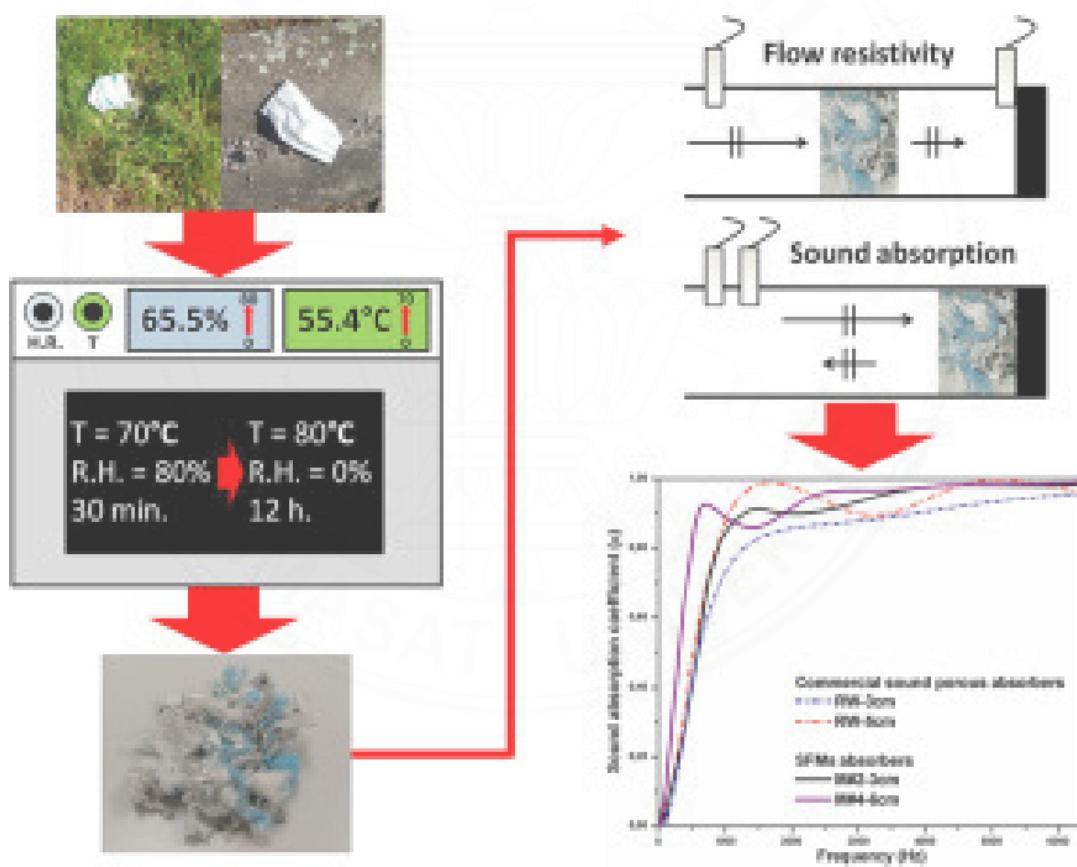
1. บทความวิจัยเรื่องการประเมินอิทธิพลของมวลรวมหยาบต้านหินร่วมกับเส้นใย Polypropylene ที่มีต่อประสิทธิภาพทางความร้อนและประสิทธิภาพด้านเสียงของคอนกรีต มีรายละเอียดข้อมูลดังนี้ ขั้นตอนศึกษามีการประเมินคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีต เช่น ความหนาแน่นรวม ความพรุน การนำความร้อน ความต้านทานความร้อน และการดูดซับเสียง ผลการศึกษาพบว่าเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย ให้ผลที่ช่วยปรับปรุงพฤติกรรมด้านการกันเสียง และการลดเสียงรบกวนของคอนกรีตได้ดีและสามารถดูดซับความถี่ที่ 2,000 Hz ได้ถึง 30% เมื่อมวลรวมหยาบถูกแทนที่ด้วยเส้นใย Polypropylene (Karimipour et al., 2021)



ภาพที่ 2.4 วัสดุมวลรวมหยาบ. จาก *Influence Of Polypropylene Fibres On The Thermal And Acoustic Behaviour Of Untreated Coal Coarse Aggregates Concrete.*

สืบค้นจาก <https://www.sciencedirect.com>.

2. บทความวิจัยเรื่องการประเมินผลทดสอบประสิทธิภาพของเส้นใย Polypropylene ที่กล่าวถึงการใช้ศักยภาพของวัสดุที่มีรูพรุน มีรายละเอียดข้อมูลดังนี้ หน้ากากอนามัยส่วนใหญ่ถูกผลิตจากเส้นใย Polypropylene ซึ่งมีคุณสมบัติด้านการดูดซับเสียงที่ดีเนื่องจากมีโครงสร้างที่มีรูพรุน โดยได้ศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ความหนาแน่นรวม เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใย ความพรุน สภาพการต้านทานไฟฟ้า และความบิดเบี้ยวของวัสดุ ใน การทดสอบคุณสมบัติด้านเสียงมีการทดสอบโดยวิธี Impedance Tube ตามมาตรฐาน ISO 10534-2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการสเปกตรัมการดูดกลืนเสียงได้ค่าสัมประสิทธิ์การลดสัญญาณรบกวนและค่าเฉลี่ยการดูดซับเสียงแสดงให้เห็นค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงในช่วงความถี่ที่น่าสนใจ คือ ระหว่าง 4,000 - 6,300 Hz (Maderuelo-Sanz et al., 2021)



ภาพที่ 2.5 ภาพแสดงการทดสอบประสิทธิภาพเส้นใยโพลิโพรพิลีน. จาก *The Recycling Of Surgical Face Masks As Sound Porous Absorbers: Preliminary Evaluation.*  
สืบคันจาก <https://www.sciencedirect.com>.

3. บทความวิจัยเรื่องประสิทธิภาพของผ้า Non-Woven ในการกันเสียงและกันความร้อนสำหรับฉนวนในอาคาร มีรายละเอียดข้อมูลดังนี้ ผ้า Non-Woven ผลิตมาจากเส้นใยโพลิเมอร์ของพลาสติก Polypropylene ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างสำหรับงานสถาปัตยกรรม เช่น วัสดุฉนวนกันความร้อนและวัสดุดูดซับเสียงที่เป็นที่นิยมในลักษณะของอาคารสมัยใหม่ที่เน้นการประหยัดพลังงาน ในการประเมินด้านการดูดซับเสียงและประสิทธิภาพของฉนวนกันความร้อน โดยใช้วิธีทดสอบ Impedance Tube และเทคนิคแผ่ความร้อน ผลการศึกษาพบว่าผ้าที่ทำจากเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยให้การดูดซับเสียงและประสิทธิภาพการกันความร้อนที่ดีเนื่องจากพลังงานเสียงที่ผ่านวัสดุดูดซับเสียงจะขึ้นอยู่กับความพรุนของวัสดุ (Karimi et al., 2021)



ภาพที่ 2.6 ผ้า Non-Woven ที่ทำการทดสอบ. จาก *Acoustic And Thermal Performance Of Polypropylene Nonwoven Fabrics For Insulation In Buildings.*

สืบค้นจาก <https://www.sciencedirect.com>.

4. บทความวิจัยเรื่องการศึกษาทดลองคุณสมบัติการดูดซับเสียงของผ้า Non-Woven ที่มีโครงสร้างคล้ายแผ่นเจาะรูขนาดเล็ก มีรายละเอียดข้อมูลดังนี้ ผลการศึกษาผ้าไม้ถักไม่ทอ หรือ Non-Woven มีต้นทุนต่ำ ความยึดหยุ่นสูง ขึ้นรูปง่าย และมีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงที่ดี มีทดสอบโดยวิธี Impedance Tube การทดสอบการดูดกลืนคลื่นเสียงตกระทบแนวๆ ของวัสดุ นำมาใช้เพื่อศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติการดูดซับเสียงของผ้าไม้ถักไม่ทอ มีความคล้ายคลึงกับคุณสมบัติในการดูดซับเสียงของแผง Microperforated หรือไม้แผ่นคอมโพสิตดูดซับเสียง (Gai et al., 2019)



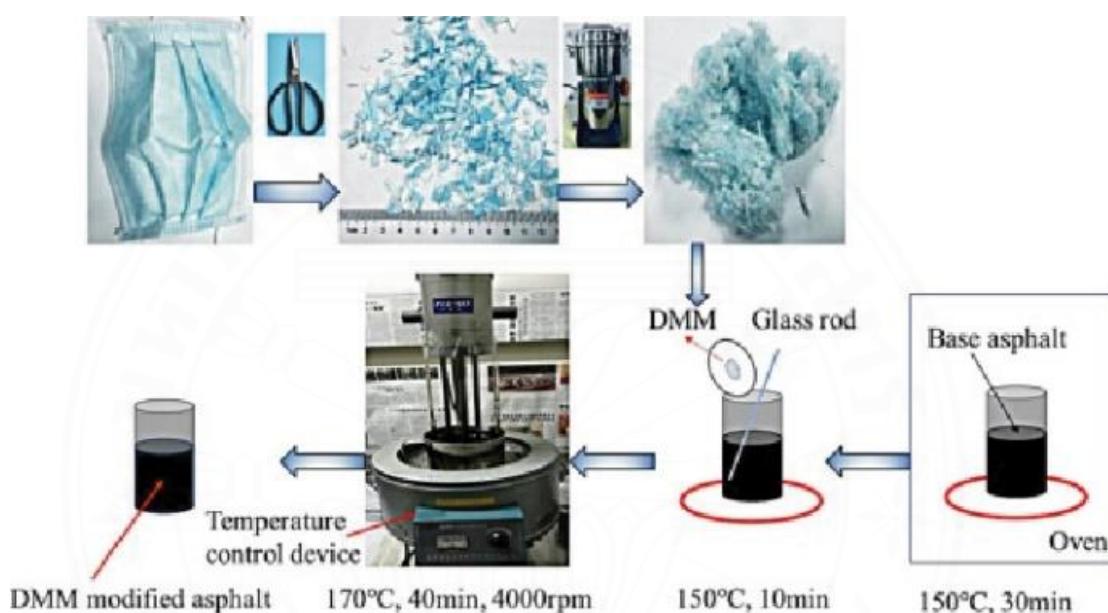
ภาพที่ 2.7 ผ้า Non-Woven และ Microperforated. จาก Experimental Study On Sound Absorbing Property Of Spatial Absorber Of Non-Woven Fabric With Micro-Perforated Plate-Like Structure. สืบค้นจาก <https://www.sciencedirect.com>.

#### 2.1.4 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย

นอกจากเส้นใยพอลิเมอร์จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงได้ดีแล้วเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย ยังมีผลลัพธ์ในด้านของคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลที่ดีเช่นกัน ในขั้นตอนการศึกษาจึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงคุณสมบัติดังกล่าวของเส้นใยพอลิเมอร์จากพลาสติก Polypropylene โดยมีรายละเอียดของเนื้อหา ดังนี้

1. บทความวิจัยเรื่องการทดสอบประสิทธิภาพของ Asphalt และ Asphalt ผสมเส้นใยหน้ากากอนามัย มีรายละเอียดข้อมูลดังนี้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้หน้ากากอนามัยเป็นวัสดุผสมกับ Asphalt เพื่อคุณสมบัติที่ทนทาน และทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

พฤติกรรมการไหล และความต้านทานการแตกร้าวที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ กลไกการดัดแปลงความคงตัวทางความร้อนและสัณฐานวิทยาของยางมะตอยพบว่า การสั่นไยพอลิเมอร์ช่วยเพิ่มโมดูลัสเชิงซ้อน ความหนืดในการหมุน การยึดตัวของแรงดึง และลดมุมเฟสของ Asphalt ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานที่อุณหภูมิสูงและต่ำดีขึ้น ลดความไวต่อความชื้น ความต้านทานร่อง และช่วยด้านความต้านทานการแตกร้าว เนื่องจากหน้ากากอนามัยมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี (Zhao et al., 2022)



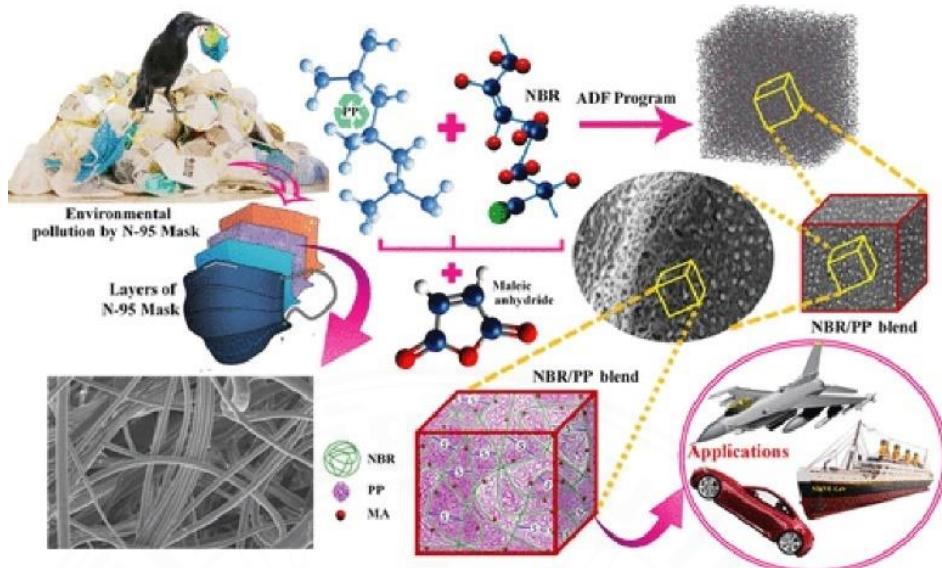
ภาพที่ 2.8 การทดสอบ Asphalt ผสมสั่นไยหน้ากากอนามัย. จาก *Recycling Waste Disposable Medical Masks In Improving The Performance Of Asphalt And Asphalt Mixtures*. สืบค้นจาก <https://www.sciencedirect.com>.

2. บทความวิจัยเรื่องการพัฒนาประสิทธิภาพของถนนคอนกรีตจากหน้ากากอนามัย มีรายละเอียดข้อมูลดังนี้ การทดสอบปรับเปลี่ยนอิฐพลาสติกมวลรวมทรายร่วมกับสี Polypropylene ที่มีต่อประสิทธิภาพทางความร้อน แรงอัด และแรงดัดของคอนกรีต นอกจากนี้ได้ทำการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต เช่น ความหนาแน่นรวมความพรุน การนำความร้อน และความต้านทานความร้อน โดยผลการทดลองผสมหน้ากากอนามัยลงในส่วนผสม ผลทดสอบพบว่า สามารถเพิ่มแรงอัดและช่วยปรับปรุงความยึดหยุ่นของคอนกรีตได้ส่งผลให้มีค่ากำลังอัดที่ไม่จำกัดสูงสุด 216 kPa และโมดูลัสยึดหยุ่นสูงสุด 314.35 MPa (Saberian et al., 2022)



ภาพที่ 2.9 การทดสอบประสิทธิภาพของคอนกรีตผสมเส้นใยหน้ากากอนามัย. จาก *Repurposing Of COVID-19 Single Use Face Masks For Pavements Base/Subbase.*  
สืบค้นจาก <https://www.sciencedirect.com>.

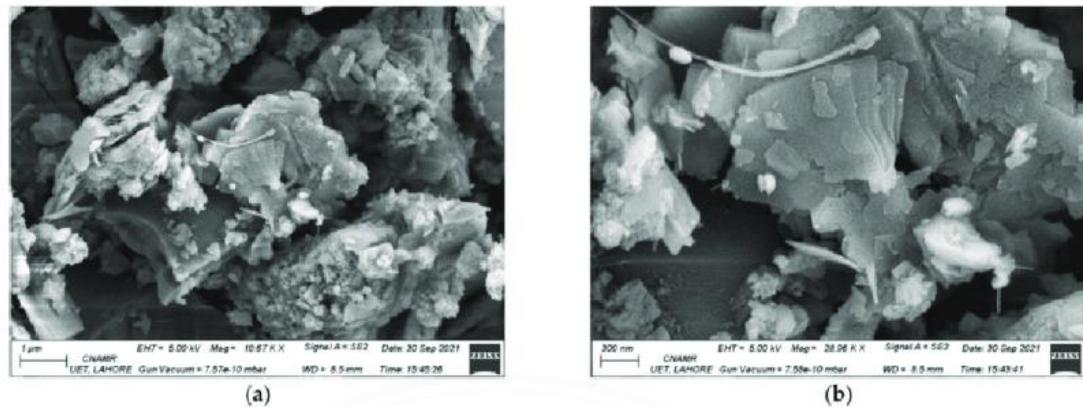
3. บทความวิจัยเรื่องการศึกษาเชิงทดลองและการจำลอง: การวิเคราะห์ผลหน้ากากอนามัยสู่ผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรม มีรายละเอียดข้อมูลดังนี้ การนำเส้นใย Polypropylene (PP) ออกจากหน้ากากอนามัยหลังจากการใช้แล้วและใช้ยาง Acrylonitrile Butadiene (NBR) และไขมัน Oleic Acid เป็นตัวประสานจากนั้นขึ้นรูปเป็นแผ่นคอนกรีตด้วยวิธีใช้เครื่องกด Hydraulic ที่ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าส่วนผสม PP-NBR ถูกบันทึกด้วย FE-SEM ความละเอียดสูง (Carl Zeiss Supra 40 VP) ที่แรงดันไฟฟ้าเร่ง 5 kV ผลลัพธ์พบว่า มีประสิทธิภาพในการเพิ่มแรงอัดความแข็งแรงและคุณสมบัติทางความร้อนเนื่องจากคุณสมบัติเชิงกลภายใต้หน้ากากอนามัยที่มีวัสดุผสมอยู่จากเส้นใยโพลิไพรอฟิลีน (Karuth, 2022)



ภาพที่ 2.10 การรีไซเคิลหน้ากากอนามัยสู่ผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรม. จาก Experimental And Simulation Studies On Nonwoven Polypropylene–Nitrile Rubber Blend: Recycling Of Medical Face Masks To An Engineering Product.

สืบค้นจาก <https://www.sciencedirect.com>.

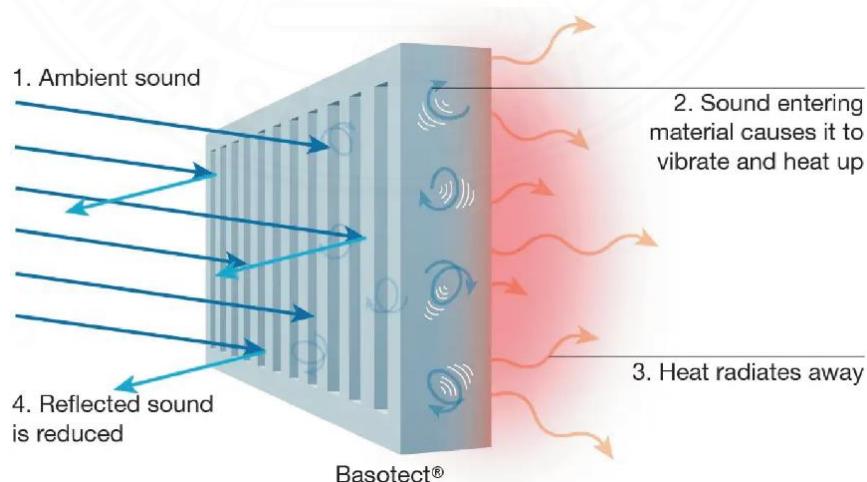
4. บทความวิจัยเรื่องการศึกษาและทดลองการรีไซเคิลหน้ากากอนามัยสู่โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมแบบบึ้งยืน มีรายละเอียดดังนี้ การทดลองโดยใช้หน้ากากอนามัยแบบบึ้ง แล้วทิ้งในรูปแบบการนำเส้นไปจากหน้ากากอนามัยแบบบึ้งหรือบด ใช้เป็นวัสดุผสมเพื่อผลิตคอนกรีต สีเขียวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยทดสอบการกำหนดกำลังรับแรงอัด ความต้านทานแรงดึง การทดสอบของระบบออกสูบแบบแยกส่วน และการทดสอบการแทรกซึมของคลอร์อีดอย่างรวดเร็ว (RCPT) และความต้านทานการละลายน้ำในคอนกรีต ผลการทดสอบพบว่า การผสม 1% ของเส้นใยในหน้ากากอนามัยเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มกำลังรับแรงอัดและแรงดึง ช่วยลดการซึมผ่านของคลอร์อีด และเพิ่มความต้านทานการละลายน้ำในคอนกรีต (Idrees et al., 2022)



ภาพที่ 2.11 ภาพขยายโครงสร้างวัสดุรีไซเคิล. จาก *Recycling Of Waste Facial Masks As A Construction Material, A Step Towards Sustainability.*  
สืบคันจาก <https://www.researchgate.net>.

## 2.2 วัสดุดูดซับเสียง

วัสดุดูดซับเสียงมีลักษณะของโครงสร้างของเล็บไข่เป็นแบบ Open Cell หรือการมีรูพรุนภายในร่องรอย วัสดุดูดซับเสียงมีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยรูพรุนทำให้เกิดช่องว่างอากาศ โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการกรองพลังงานเสียงระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและมนุษย์ โดยเมื่อมีเสียงมาตกลงระบบจะมีการดูดซับพลังงานเสียงบางส่วน ก่อนที่จะสะท้อนออกมายังลักษณะของคลื่นเสียงที่ลดลงซึ่งส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง



ภาพที่ 2.12 การทำงานของวัสดุดูดซับเสียง. จาก *Towards The Sound Of Silence.*  
สืบคันจาก <https://www.newscientist.com>.

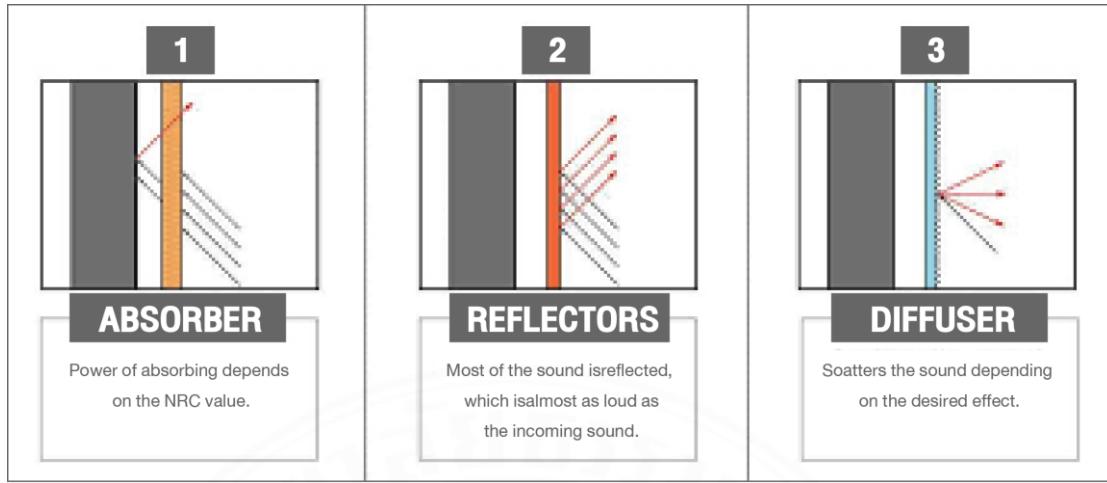
### 2.2.1 คุณสมบัติของวัสดุดูดซับเสียง

วัสดุดูดซับเสียง คือวัสดุที่มีหลักการทำงานในการกรองเสียงให้ผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งให้น้อยที่สุดหรือไม่ให้เสียงผ่านเลย ซึ่งวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการกรองเสียงที่ดีคือวัสดุที่มีลักษณะเป็นรูพรุน หรือ Open Cell ที่มีเกิดช่องว่างอากาศภายในเนื้อวัสดุทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการกรองพลังงานเสียง

### 2.2.2 ลักษณะการทำงานของวัสดุดูดซับเสียง

วัสดุทุกชนิดสามารถดูดซับเสียงได้ในระดับที่แตกต่างกันไป เมื่อคลื่นเสียงวิ่งออกไปกระทบวัสดุบางส่วนของพลังงานเสียงจะถูกดูดซับและส่วนที่เหลือจะถูกสะท้อนออกไป เสียงที่สะท้อนออกไปจะมีพลังงานน้อยกว่าแหล่งกำเนิดเสียงเสมอ จำนวนพลังงานที่ถูกดูดซับเข้าไปจะถูกแสดงในรูปของสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง หรือ Sound Absorption Coefficient (SAC;  $\alpha$ ) คือค่าที่แสดงความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ วัสดุดูดซับเสียงมีลักษณะการทำงานด้วยกัน 3 ลักษณะ ประกอบไปด้วย

1. Absorber หรือ ลักษณะการทำงานแบบดูดซับเสียง คือการทำงานแบบดูดซับ พลังงานเสียงเพียงบางส่วนและพลังงานเสียงส่วนที่เหลือจะถูกสะท้อนออกไป
2. Reflectors หรือ ลักษณะการทำงานแบบกันเสียง คือการทำงานแบบสะท้อนเสียงออกไปทั้งหมดเป็นการควบคุมไม่ให้เสียงออกไปทะลุออกไป
3. Diffuser หรือ ลักษณะการทำงานแบบกึ่งซับกึ่งสะท้อน คือการควบคุมเสียงให้มีความเป็นกลางของเสียง มักถูกใช้ในอุตสาหกรรมดนตรี



การดูดซับเสียงจะมากขึ้นเมื่อค่า NRC ที่ระบุได้ถูกความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุโดย NRC หรือ Noise Reduction Coefficient

เสียงที่สะท้อนออกมายังพื้นที่กับเสียงที่เดิมที่เดินทางมา

ส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะเสียงที่บักคัดเครื่องต้องการให้เกิดขึ้นคือเมื่อความเป็นกลางของเสียงโดยมีการควบคุมเสียงแบบ กึ่งซับเสียง กึ่งสะท้อนเสียง

ภาพที่ 2.13 ลักษณะการทำงานของวัสดุอคูสติก. จาก พลิกส์รอบตัว ตอน ขนาดกันเสียง. ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565. สืบค้นจาก <https://www.scimath.org>.

### 2.2.3 วัสดุดูดซับเสียงในห้องตลาด

ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับเสียง เกิดจากการทำงานร่วมกันของรูปรุณภัยในเนื้อวัสดุ โดยทั่วไปวัสดุดูดซับเสียงในห้องตลาดมี 4 ประเภท ได้แก่

1. Porous Materials หรือ วัสดุที่มีรูพรุน คือ วัสดุดูดซับเสียงที่มีเนื้อวัสดุที่มีโครงสร้างความพรุน มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงดีในช่วงความถี่สูงและกลาง

2. Vibrating Panel หรือ แผ่นสะท้อนเสียง คือ แผ่นวัสดุที่สามารถสั่นได้โดยการเงินช่องว่างระหว่างหลังแผ่นสะท้อนกับพื้นผิวนั้นผิวนั้นมาเป็นตัวช่วยดูดซับเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง

3. Volume Resonator หรือ วัสดุที่มีช่องว่างภายใน คือ วัสดุที่มีรูพรุนในวัสดุเป็นตัวช่วยดูดซับเสียง อาศัยหลักการเดียวกับการใช้วัสดุแผ่นสะท้อนเสียง

4. Perforated Facing หรือ วัสดุที่มีแผ่นรับเสียงเป็นรู คือ วัสดุที่มีพื้นผิวสำหรับรับเสียงรูแบบฉลุ เพื่อให้แต่ละรูเป็นเหมือนแหล่งกำเนิดเสียงใหม่มากใช้งานควบคู่กับวัสดุที่มีรูพรุน

### ตารางที่ 2.1

ประเภทของวัสดุดูดซับเสียงตามท้องตลาด

ลักษณะของวัสดุดูดซับเสียงตามท้องตลาด				
ภาพตัวอย่าง วัสดุ				
ลักษณะวัสดุ	ໂປ່ງເບາ	ມີພື້ນຜົວເປັນງູ	ປະເກາທເຢືອແຜ່ນ	ມີກາຣຈຸດຂອງ ພື້ນຜົວ
ວັສດຸທີໃຫ້ຜລິຕ	ຈນວນໄຍທິນ ຈນວນໄຍແກ້ວ ໂຟມປະເກທຕ່າງໆ	ແຜ່ນໄນ້ກອົກ	ວັສດຸຖຸກທອເຫັນຝ້າ	ວັສດຸປະກອບທີ່ ມີກາຣອອກແບບ ເປັນຊ່ອງຮີ້ອ້ອລຸ
ກາຣໃຊ້ຈານ	ດູດໜັບເສີຍງ່າງ ຄວາມຄືສູງ	ເພີ່ມພື້ນທີ່ຜົວໃນກາຣ ຮັບເສີຍ	ດູດໜັບເສີຍງ່າງ ຄວາມຄືຕໍ່າ	ລດເສີຍສະຫອນ

หมายเหตູ. จาก ພຶສຶກສ໌ຮອບຕ້ວ ຕອນ ຈນາກັນເສີຍງ, ປັບປຸງໂດຍຜູ້ວິຈິຍ, 2565.

ສຶບຕົ້ນຈາກ <https://www.scimath.org>.

#### 2.2.4 ວັສດຸເພີ່ມປະສີທີ່ກາພກາຮຽດໜັບເສີຍງ

ເນື່ອງຈາກວັດຖຸປະສົງຄົງຂອງການຮັບຮັດກຳນົດກຳນົດໜັບເສີຍງກັບ  
ວັສດຸປະກອບອາຄາຣທີ່ໄປໃນດ້ານຄຸນສົມປັດສົມປະສີທີ່ກາຮຽດໜັບເສີຍງ ສິ່ງໄດ້ຄັນຄວ້າຂໍ້ມູນເກື່ອງກຳວັສດຸ  
ດູດໜັບເສີຍງໃນທົ່ວໂລກເພື່ອທາບສິງວັສດຸທີ່ຜລິຕ ຈຶ່ງນອກຈາກວັສດຸປະເກາທທີ່ມີຮູ່ພຽງຈະຖຸກນຳມາພື້ນນາ  
ເປັນວັສດຸດູດໜັບເສີຍງແລ້ວ ວັສດຸດູດໜັບເສີຍງຕາມທົ່ວໂລກມີກາຣໃຊ້ຈນວນທີ່ມີຄຸນສົມປັດດ້ານກາຮຽດໜັບ  
ເສີຍງຕ່າງໆ ໃນກາຣຜລິຕຮ່ວມດ້ວຍເພີ່ມປະສີທີ່ກາພກາໃນກາຣປັ້ງກັນເສີຍງ

## ตารางที่ 2.2

### วัสดุดูดซับเสียงตามท้องตลาด

วัสดุดูดซับเสียงตามท้องตลาด				
ยี่ห้อ	SCG รุ่น Cylence Zandera	SCG รุ่น Cylence Zoundblock	Carnegie	TNC Acoustic
ภาพตัวอย่างวัสดุ				
วัสดุประสาน	ไยแก้วและเรซิ่น	ไยแก้วและเรซิ่น	เส้นใย Trvira CS	Polyurethane Foam
ขนาด/ความหนา	60x60x25 ซม	60x60x12 ซม.	60x60x3 ซม	60x60x3 ซม
วัสดุปิดผิว	บุรอบด้วยผ้า	เคลือบด้วยวัสดุกันชื้น	ถุงนำไปบุด้วยฟอร์นิเจอร์	ไม่มีวัสดุปิดผิว
ประสิทธิภาพ	NRC = 0.75	NRC = 0.70	NRC = 0.5-0.6	NRC = 0.47

หมายเหตุ. จาก วัสดุอะครุสติก SCG, ดูดซับ เก็บ ละท้อน... หลากวัสดุเพื่อ การควบคุมเสียงภายในอาคาร, ความต่างของ แผ่นซับเสียง กับ แผ่นกันเสียง ที่คุณควรรู้ก่อนออกแบบ, ปรับปรุงโดยผู้ริจิล, 2565. สืบค้นจาก <https://www.scgbuildingmaterials.com>, <http://spalco-owa.com>, <https://avl.co.th>.

จากการศึกษา พบว่า Polyurethane Foam และไยแก้วมักถูกเลือกเป็นวัสดุผลิตวัสดุดูดซับเสียงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง จึงได้ทำการค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุทั้ง 2 ชนิด โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 1. Polyurethane Foam

นิยมใช้เป็นวัสดุป้องกันเสียงภายในอาคาร ป้องกันเสียงรบกวนจากรายนอกและป้องกันเสียงภายในไม่ให้ออกไปรบกวนภายนอกอาคาร มักนิยมใช้ในห้องอัดหรือโรงภาพยนตร์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงหรือ NRC อยู่ที่ 0.47 มีความยืดหยุ่นสูง มีข้อควรระวังจากเนื้อวัสดุที่เป็นโฟม จึงมือตราชาราการสามารถไฟฟ้าเสียงต่อเกิดความเสียหายทางอัคคีภัย



ภาพที่ 2.14 Polyurethane Foam. จาก *Shiv Power Acoustic PU Foams*.

สืบต้นจาก <https://www.indiamart.com>.

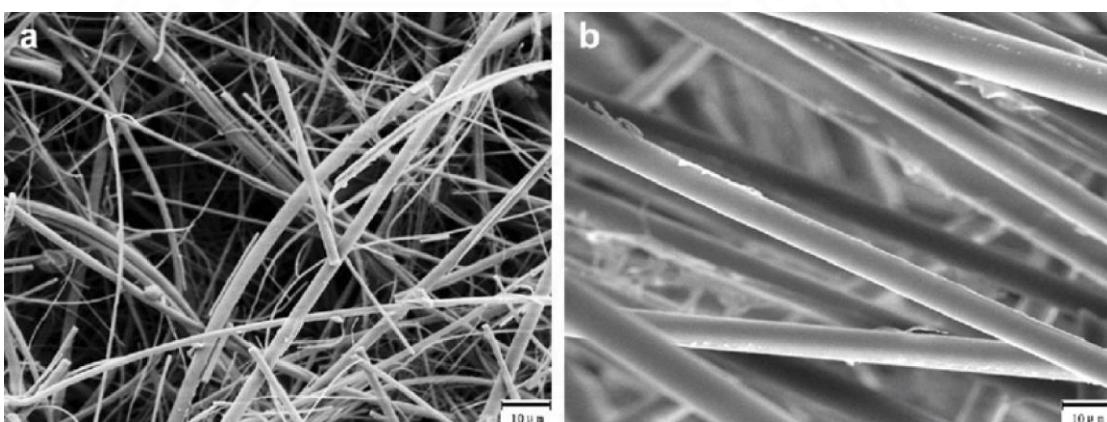
## 2. ไยแก้ว

ไยแก้ว หรือ Glass Wool, Fiber Glass มีคุณสมบัติการนำความร้อน (k-value) ที่ต่ำ ไม่สามารถดูดไฟ ในคุณสมบัติการป้องกันเสียง ฉนวนไยแก้วที่ความหนาแน่น 24 kg/m<sup>3</sup> สามารถป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารได้ไม่แตกต่างกับฉนวนไยหินที่มีความหนาแน่น 40 kg/m<sup>3</sup> ฉนวนไยแก้วเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นน้อยและมีน้ำหนักเบา อีกทั้งยังมีโครงสร้างของเส้นใยที่ยาว และไม่เยิดหยุ่นจึงทนทานต่อการบีบอัดและสามารถคงตัวได้ ฉนวนไยแก้วจึงเป็นวัสดุทางเลือกที่มักถูกใช้ในการนำมาเป็นวัสดุในการผลิตวัสดุดูดซับเสียง (Wazzadu, 2021)

จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง Polyurethane Foam และไยแก้ว ในการใช้ผลิตร่วมเป็นวัสดุเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับเสียง พบร่วม ไยแก้วเป็นวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปวัสดุดูดซับเสียงในชิ้นงานลักษณะรูปแบบแผ่น ทั้งในเรื่องของคุณสมบัติความหนาแน่น อัตราการลดไฟที่ต่ำ มีคุณสมบัติที่ทนทานต่อแรงบีบอัด และคุณสมบัติการป้องกันเสียงแล้ว ไยแก้วเป็นวัสดุที่มีต้นทุนต่ำ และหาซื้อได้ทั่วไปตามห้องตลาด



ภาพที่ 2.15 ไยแก้ว. จาก *Glass Fiber: Types, Properties, Manufacturing Process And Uses*. สืบค้นจาก <https://textilelearner.net>.



ภาพที่ 2.16 โครงสร้างไยแก้ว. จาก *Glass Fibers Core Materials*. สืบค้นจาก <https://www.researchgate.net>.



ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างวัสดุดูดซับเสียงจากไยแก้วที่ถูกติดตั้งร่วมกับโครงคร่าว. จาก *How To Soundproof A Room*. สืบค้นจาก <https://www.familyhandyman.com>.

## 2.3 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง

### 2.3.1 นิยามเสียง

เสียง หมายถึง พลังงานกลรูปหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุสั่นสะเทือนจะทำให้เกิดการอัดตัวและขยายตัวของคลื่นเสียง เสียงสามารถเดินทางผ่านสารในสถานะก๊าซ ของเหลว และของแข็งได้ แต่ไม่สามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ หากมีการสั่นสะเทือนมาถึงหูหรือวัยรุ่นรับการได้ยินของมนุษย์ พลังงานเสียงจะถูกแปลงเป็นพลังประสาทที่จะถูกส่งไปยังสมองทำให้เกิดการรับรู้และจำแนกเสียง

### 2.3.2 ระดับความดัง

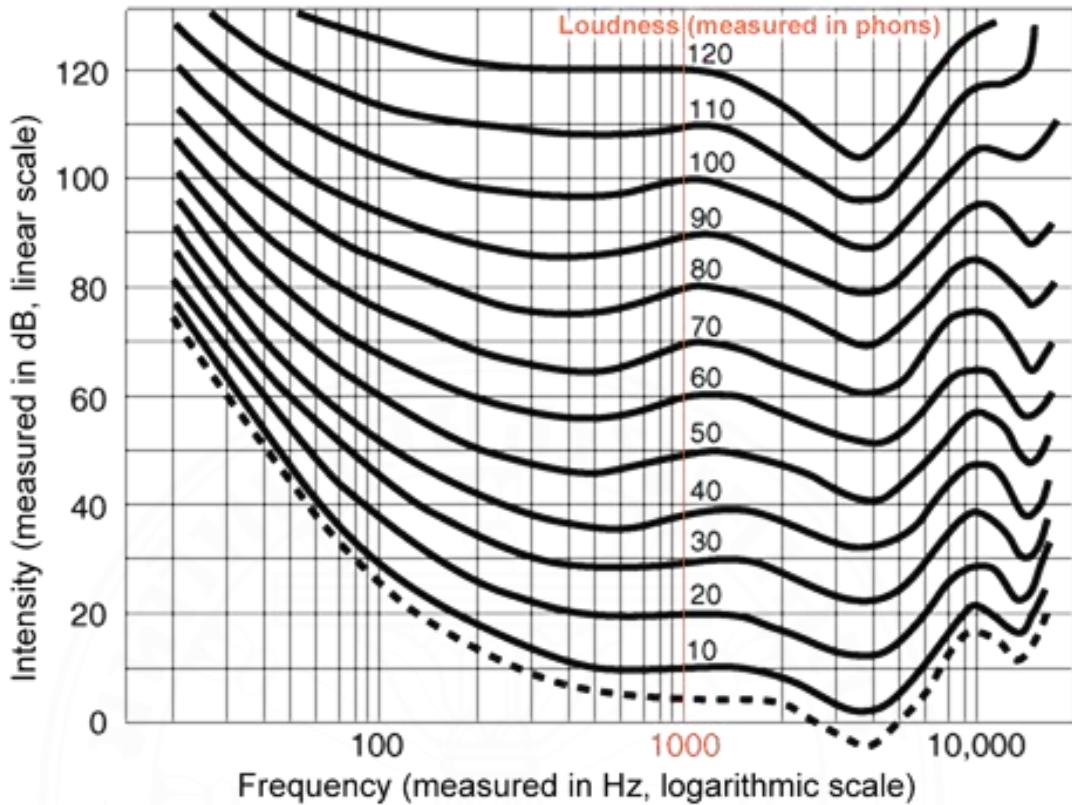
โดยปกติมนุษย์จะได้ยินเสียงที่มีช่วงความถี่ (Frequency) อยู่ในช่วงความถี่ระหว่าง 20 - 20,000 เฮิรตซ์ (Hertz; Hz) หรือที่เรียกว่าช่วงการได้ยิน (Audible Range) ซึ่งเป็นความถี่ในช่วงที่กว้างมาก ระดับความดังของเสียงจึงไม่นิยมใช้มาตราวัดเชิงเลขคณิตแต่ใช้การบอกปริมาณเสียงเป็นยัตราร่วมเชิง Logarithm โดยใช้หน่วยเดซิเบล (Decibel; dB) แทน ในระดับความดังที่ 0 dB คือ ระดับความดังที่ค่อนข้างสุดที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ (Threshold Of Hearing) ในระดับความดังที่ 0 dB ไม่ได้หมายถึงการที่เสียงมีพลังงานเท่ากับ 0 แต่หมายถึงพลังงานเสียงยังคงหลงเหลืออยู่ เพียงแต่มนุษย์ไม่สามารถรับรู้ได้ ส่วนความดังเสียงที่มนุษย์ทนฟังได้และอาจเป็นอันตรายต่อหูมีค่าเท่า กับ 130 dB (Threshold Of Pain) และในสภาพแวดล้อมจริงความดังของเสียงอาจถูกวัดได้มากกว่า 130 dB เพียงแต่มนุษย์ไม่สามารถรับรู้ได้

ตารางที่ 2.3

ผลการเปลี่ยนแปลงระดับความดังเสียง

ผลการเปลี่ยนแปลงระดับความดังเสียงต่อการได้ยินของมนุษย์	
การเปลี่ยนแปลงระดับความดังเสียง (Decibel; dB)	ผลต่อการได้ยินของมนุษย์
1	แทบจะสังเกตได้
3	เริ่มสังเกตได้
5	สังเกตได้แน่นอน
10	ดังมากหรือดังมากเป็น 2 เท่า
20	ดังมากหรือเงียบมากเป็น 4 เท่า

หมายเหตุ. จาก Egan, 1972.



ภาพที่ 2.18 ความสัมพันธ์ของหน่วยวัดความดังของเสียง (Phon) ต่อระดับความดังของเสียง (dB).

จาก มาตรฐาน ISO 226:2003.

ระดับความดังเสียงที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ สามารถวัดได้ด้วยระดับความดังเสียง หรือการคำนวณจากระดับความดังเสียง (Sound pressure level :SPL)

$$SPL = 20 \log [P/P_0]$$

เมื่อ SPL คือ ระดับความดังเสียง (dB)

P คือ ระดับความดังเสียงที่ต้องการวัด

$P_0$  คือ ระดับความดังเสียงอ้างอิง

### 2.3.3 ออคเทปแบนด์ (Octave Band)

ช่วงการได้ยินหรือช่วงความถี่ของเสียงที่มนุษย์จะได้ยิน คือ ระหว่าง 20 - 20,000 Hz การทดสอบประสิทธิภาพทุกช่วงความถี่จึงเป็นเรื่องยาก ดังนั้น โดยส่วนมากนิยมทำการทดสอบช่วงความถี่ที่มีลักษณะเป็นสองเท่าตัวของความถี่เดิม เช่น 250 Hz กับ 500 Hz โดยช่วงความถี่ดังกล่าวเรียกว่า “ออคเทปแบนด์” (Octave Band) ดังนั้น 1/3 Octave Band จึงหมายถึง การแบ่งช่วงย่อยใน 1 Octave Band ออกเป็น 3 ส่วน เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่มีประสิทธิภาพ

Laboratory testing range for TL and Sound Absorption											
25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
31.5	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
40	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
50	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
63	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
80	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
100	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
125	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
160	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
200	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
250	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
315	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
400	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
500	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
600	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
800	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1000	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1250	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1600	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
2000	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
2500	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
3150	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
4000	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
6000	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
7300	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
8000	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
10000	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
12500	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
16000	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150
20000	63	125	250	500	1000	1000	1250	1600	2000	2500	3150

ภาพที่ 2.19 การแบ่ง Octave Band ตามช่วงความถี่ โดย Cavanaugh et al.

### 2.3.4 การดูดซับเสียง

การดูดซับเสียง หรือ Sound Absorption คือ การเปลี่ยนแปลงผลรวมของ พลังงานเสียงที่ลดลงเมื่อเสียงตกรอบหัวผ่านตัวกลางได ๆ โดยวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับเสียงได้ดีจะเป็นวัสดุจำพวกเส้นใย (Fibrous) และวัสดุที่มีรูพรุน (Porous) เมื่อเกิดการเดินทางของคลื่นเสียงที่มากระทบ พลังงานดังกล่าวจะถูกลดทอนลงเนื่องจากวัสดุประเภทเส้นใยและวัสดุที่มีรูพรุนมีความสามารถที่ยืดหยุ่นต่อการสั่นสะเทือนได้ในภายหลังความถี่ของเสียงทำให้พลังงานเสียงสูญเสียไปกับการทำให้วัสดุสั่นสะเทือนและกล้ายเป็นพลังงานความร้อนตามลำดับ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง หรือที่เรียกว่า Noise Reduction Coefficient (NRC;  $\alpha$ )

## 2.4 การทดสอบคุณสมบัติดูดซับเสียง

ในการทดสอบการดูดซับเสียงหรือการดูดคลื่นคลื่นเสียงของวัสดุ สามารถทำได้โดยวิธีทดสอบจากท่อระบบปิด หรือ Impedance Tube Method อ้างอิงมาตรฐาน ISO 10534-2, ASTM E1050-90 และ ASTM E2611-09

### 2.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

วิธีการทดสอบจากท่อระบบปิด หรือ Impedance Tube Method อ้างอิง มาตรฐาน ISO 10534-2, ASTM E1050-90 และ ASTM E2611-09 มีรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

### ตารางที่ 2.4

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ *Impedance Tube Method*

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	ภาพอุปกรณ์
อุปกรณ์ Impedance Tube	
เครื่อง Multi-ch. Analyzer	
เครื่อง Power Amplifier	
เครื่อง Sound Calibrator	
ไมโครโฟนยึดหัว Brüel & Kjaer	

## ตารางที่ 2.4

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ Impedance Tube Method (ต่อ)

เครื่องวัดความดันอากาศ ความชื้น และอุณหภูมิห้อง	
--	--

หมายเหตุ. จาก IMPEDANCE TUBE, B&K / Sound And Vibration Measurement, Vaisala PTU300 เครื่องวัดความดัน ความชื้น และอุณหภูมิแบบ Transmitter, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2566.  
สืบค้นจาก <https://avcm.my/impedance-tube>, <https://www.bksv.com>,  
<http://www.measuretronix.com>.

### 2.4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบคุณสมบัติทางเสียงโดยวิธีทดสอบท่อรับปิด หรือ Impedance Tube Method อ้างอิงมาตรฐาน ISO 10534-2, ASTM E1050-90 และ ASTM E2611-09 ใช้อุปกรณ์ดังปรากฏในตารางที่ 2.4 โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. เตรียมตัวอย่างทดสอบที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มม. หนา 20 มม. ซึ่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และวัดขนาดด้วย Vernier Caliper
2. กรอกข้อมูลน้ำหนัก ขนาด และอุณหภูมิห้อง ลงคอมพิวเตอร์ที่มี Software สำหรับการแปลงผลข้อมูลด้านเสียง
3. นำชิ้นงานบรรจุลง Impedance Tube และ Transmission Loss Tube
4. ขั้นตอนการทดสอบจะถูกบันทึกผ่านทางไมโครโฟนภายในเครื่องทดสอบ โดยสัญญาณที่ได้จากไมโครโฟนจะถูกส่งต่อไปที่เครื่อง Multi-ch. Analyzer ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์
5. Software จะคอมพิวเตอร์ทำการแปลงข้อมูลและประมวลผลออกมาเป็น ข้อมูล Sound Absorption Coefficient ในช่วงคลื่นความถี่ 100-6,300 Hz



ภาพที่ 2.20 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ Impedance Tube Method ที่บริษัท NOE Asia Pacific จำกัด. โดยผู้วิจัย, 2566.

## 2.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุดูดซับเสียง อ้าอิงมาตฐาน ASTM D2395-07, ISO D570 และ ISO 11928 โดยมีรายละเอียดสมการที่ใช้คำนวณดังนี้

### 2.5.1 ความหนาแน่น

การหาค่าความหนาแน่นของวัสดุดูดซับเสียง

$$\text{Density (Kg/m}^3\text{)} = (\text{W} \times 106) / \text{V}$$

เมื่อ W คือน้ำหนักของแผ่นทดสอบ (g)

V คือ ปริมาตรของแผ่นประกอบ ( $\text{kg/m}^3$ ) หาได้จาก W-S

S คือ น้ำหนักแผ่นทดสอบ (g)

### 2.5.2 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

การหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของดูดซับเสียง

$$q = kA(\Delta T / X)$$

เมื่อ q คือ อัตราการนำความร้อน (W)

K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ( $\text{w/mK}$ )

A คือ พื้นที่หน้าตัดวัสดุ (sq.m)

X คือ ความหนาวัสดุ (m)

$\Delta T$  คือ ผลต่างของอุณหภูมิผิวทั้งสองด้านของวัสดุ (K)

### 2.5.3 ความสามารถในการดูดซึมน้ำ

การหาค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำของวัสดุดูดซับเสียง

$$A(\%) = [(W-D) / D] \times 100$$

เมื่อ A คือ ค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำ (%)

W คือ น้ำหนักของแผ่นประกอบโดยหมาย เมื่อแขวน้ำไว้ 1 ชั่วโมง (g)

D คือ น้ำหนักแห่งทดสอบ (g)

### 2.5.4 ปริมาณความชื้น

การหาค่าปริมาณความชื้นของดูดซับเสียง

$$M(\%) = 100 [(w-F)/F]$$

เมื่อ M คือ ค่าปริมาณความชื้น

W คือ น้ำหนักของแผ่นทดสอบ (g)

F คือ น้ำหนักของแผ่นทดสอบที่ปล่อยให้เย็น (g)

### 2.5.5 อัตราการ lame ไฟ

การหาอัตราการ lame ไฟของดูดซับเสียง

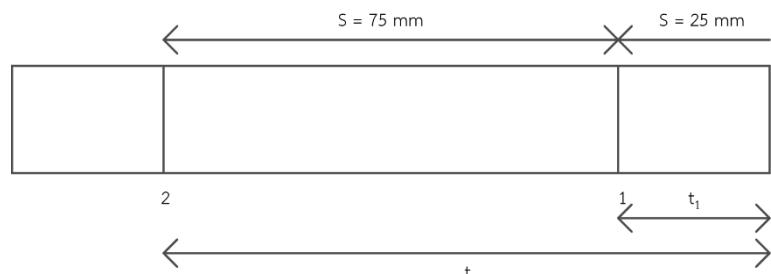
$$\text{อัตราการ lame ไฟ} (\text{mm/min}) = S/(t-t_1)$$

เมื่อ S คือ ความยาวของแผ่นทดสอบที่อยู่ในช่วงการทดสอบ = 75 mm

T คือ เวลาที่ใช้ในการ lame ไฟแผ่นทดสอบจากจุดเครื่องหมายที่ 1 ถึงจุดที่ 2

$t_1$  คือ เวลาที่ใช้ในการ lame ไฟแผ่นทดสอบจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุด

เครื่องหมายที่ 1



ภาพที่ 2.21 ภาพจำลองการทดสอบอัตราการ lame ไฟ. โดยผู้วิจัย, 2565.

## 2.6 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

### 2.6.1 ค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำ

ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ได้ทดสอบหากค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำ หรือ Internal Bonding; IB อ้างอิงมาตรฐาน ASTM D4541 โดยมีรายละเอียดเครื่องมือดังนี้

- ใช้อุปกรณ์ Tensile Strength หรือเครื่องทดสอบแรงดึงแรงกดวัสดุ ในกราฟทดสอบหากค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำ ภายใต้อุณหภูมิของห้องทดสอบ



ภาพที่ 2.22 Tensile Testing Machine. จาก *Tensile Strength Tester*.

สืบค้นจาก <https://www.astroinstrument.com>.

## 2.7 การทำความสะอาดขยะมูลฝอยติดเชื้อ

การใช้ขยะมูลฝอยติดเชื้อเป็นวัสดุหลักในการผลิตวัสดุดูดซับเสียง จะต้องคำนึงถึงเรื่องสุขอนามัยตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตก่อนจะส่งต่อผลิตภัณฑ์สู่ผู้ใช้งาน จึงมีการคันควาวิธีการฆ่าเชื้อโรคที่เกิดจากหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้งที่ผ่านการใช้งานแล้ว โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 2.7.1 การทำความสะอาดโดยใช้สารเคมี

การทำความสะอาดโดยใช้วิธีฉีดพ่นจากเชือ เป็นวิธีตามคำแนะนำขององค์กรการอนามัยโลก (WHO) คือ การใช้สารฆ่าเชื้อด้วยสารเคมีที่มีฤทธิ์กำจัดไวรัส COVID-19 สารเคมีที่แนะนำประกอบไปด้วย สารเคมี Ethyl Alcohol 70% และ Sodium Hypochlorite 0.5% โดยปริมาตร (v/v) ซึ่งสามารถทำลายเชื้อไวรัสได้ภายในระยะเวลา 1 นาที ซึ่งถือเป็นการกำจัดไวรัสอย่างง่าย ตันทุนต่อ และใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการทำความสะอาดจำนวนน้อยชิ้น แต่ควรมีการระมัดระวังระหว่างขั้นตอนการทำงาน เช่น การป้องกันตนเองอีกด้วยชุด PPE หรือ Personal Protective Equipment

ตารางที่ 2.5

สารฆ่าเชื้อและความเข้มข้นที่สามารถฆ่าเชื้อไวรัส COVID-19 ได้

น้ำยาฆ่าเชื้อ	ความเข้มข้น
Accelerated Hydrogen Peroxide	0.5%
Benzalkonium Chloride	0.05%
Chloroxylenol	0.12%
Ethyl Alcohol ★	70%
Iodine In Iodophor	50 ppm
Isopropanol	50%
Povidone-Iodine	1% Iodine
Sodium Hypochlorite ★	0.05%
Sodium Chlorite	0.23%

หมายเหตุ. จาก น้ำยาฆ่าเชื้อ กับ โควิด-19 โควิด-19

สืบค้นจาก <https://pharmacy.mahidol.ac.th>.



ภาพที่ 2.23 ชุด PPE. จาก ชุดป้องกันเชื้อโรคและสารเคมี PPE.  
สืบค้นจาก <https://thaismegp.com>.

### 2.7.2 การทำความสะอาดโดยใช้เครื่องมือ

นอกจากวิธีการทำความสะอาดโดยวิธีดูดฝุ่นแล้ว วิธีที่เป็นที่นิยมทางอุตสาหกรรมการรีไซเคิลขยะ คือ การอบฆ่าเชื้อด้วยแสง UV หรือแสงอัลตราไวโอเลต (UV Sterilizer) ซึ่งเป็นวัตถุกรรมการฆ่าเชื้อขั้นสูงที่มีมาตรฐานใกล้เคียงกับการฆ่าเชื้อในวงการแพทย์ โดยสามารถใช้ฆ่าเชื้อโรคปนเปื้อน และลดความเสี่ยงต่อการสัมผัสไวรัส COVID-19 บนผลิตภัณฑ์หรือวัสดุ ต่าง ๆ โดยรังสี UV ที่ความยาวคลื่น 254 Nanometer ระยะห่าง 3 ซม. ความเข้มแสง  $\mu$ 4016 W/cm<sup>2</sup> สามารถกำจัดเชื้อไวรัสได้ภายในระยะเวลา 15 นาที

### ตารางที่ 2.6

#### ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้เครื่องอบฆ่าเชื้อด้วยแสง UV

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้เครื่องอบฆ่าเชื้อด้วยแสง UV		
The Veil Stool เก้าอี้จากหน้ากากอนามัย 4,000 ชิ้น	PLAXTIL เส้นใยพลาสติกจากหน้ากากอนามัย	TRI•O Greenwishes ชิ้นส่วนพลาสติกจากหน้ากากอนามัย
Designer จากประเทศ อังกฤษริเริ่มจากการนำ หน้ากากอนามัยที่ได้ อบฆ่าเชื้อ จากนั้นนำเส้นใยไปป่นและนำ เส้นใยไปทำเป็นเบาะรองนั่ง ส่วนขาตั้งใช้ความร้อนหลอม ละลายให้พลาสติกแข็งตัว	โรงงานรีไซเคิลผ้าใน ประเทศฝรั่งเศส มีกระบวนการ ผลิตเริ่มที่ การแยกหน้ากาก อนามัยไว้ เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นนำเข้าเครื่องบดให้เป็น ชิ้นเล็ก และอบฆ่าเชื้อด้วยแสง UV จากนั้นจะนำเข้าสู่ กระบวนการรีไซเคิล ได้ผลผลิต เป็นเส้นใยพลาสติกที่สามารถ นำมาใช้ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ สิ่งทอต่าง ๆ เรียกว่า Plaxtil	บริษัททำธุรกิจรีไซเคิล ของฝรั่งเศษ พนักงานจะสวม ชุดป้องกัน PPE ทำงานที่แยก ขยายและทำความสะอาดโดย แสง UV และพักไว้หนึ่ง สัปดาห์ก่อนนำไปจัดการใน ขั้นตอนต่อไปในโรงงาน ผ่าน กระบวนการทำให้กล้ายเป็น เมล็ดพลาสติก ก่อนจะผลิต เป็นพร้อมปูพื้นหรือเป็นชิ้นส่วน พลาสติกอื่น ๆ

หมายเหตุ. จาก The Veil Stool, PLAXTIL, TRI•O Greenwishes, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

สืบค้นจาก <https://designwanted.com.>, <https://intrend.trueid.net.>,

<https://recyclinginternational.com.>



ภาพที่ 2.24 ตู้อบฆ่าเชื้อโรค ยี่ห้อ Philips. จาก Philips UV-C Chamber Small ตู้อบฆ่าเชื้อโรค ขนาดเล็ก. สืบค้นจาก <https://www.cps.co.th>.

## 2.8 การขึ้นรูปวัสดุ

เมื่อได้คัดเลือกวัสดุตั้งต้นเป็นเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย และมีวัสดุเสริม ประสีทิธิภพอย่างไยแก้วแล้ว จึงได้ศึกษาต่อถึงวิธีการขึ้นรูปวัสดุให้กล้ายเป็นวัสดุดูดซับเสียงในลักษณะแ芬 โดยมีรายละเอียดวิธีการดังนี้

### 2.8.1 การขึ้นรูปวัสดุโดยใช้เครื่องมือทางอุตสาหกรรม

ขั้นตอนการขึ้นรูปวัสดุพลาสติกที่เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติก คือ การขึ้นรูปโดยใช้ความร้อนโดยเครื่องมือ ซึ่งมีวิธีที่หลากหลาย เช่น การเป่าพลาสติก (Blow Molding) การอัดพลาสติก (Compression Molding) การรีดพลาสติก (Extrusion Molding) และ การฉีดพลาสติก (Injection Molding) เป็นต้น ในขั้นตอนการศึกษาได้ยกตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้การขึ้นรูปพลาสติกโดยเครื่องมือ และทำการยกตัวอย่างวิธีการขึ้นรูปโดยเครื่องมือที่สามารถใช้ในการผลิตวัสดุในลักษณะรูปแบบแ芬จากพลาสติก Polypropylene ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.7

งานวิจัยที่ใช้การขึ้นรูปโดยเครื่องมือ

งานวิจัยที่ใช้การขึ้นรูปโดยเครื่องมือ				
งานวิจัย	กระบวนการขึ้นรูป	วัสดุปราศจาก	คุณสมบัติ	ประสิทธิภาพ
ผลกระทบของสารช่วย分散ที่มีต่อสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพ ของคอมโพสิต PP ผสมกาแฟ	Compression Molding กระบวนการขึ้นรูปอัดร้อน 200 องศาเซลเซียส	Maleic anhydride grafted Polypropylene	สารช่วยเพิ่มการประสาน เพื่อเพิ่มการยึดติด	เพิ่มประสิทธิภาพ ความต้านทานแรงกระแทก และค่าความแข็งในการส่งผ่านความเดิน
การศึกษาการใช้วัสดุผสมของโพลิพรอพิลีน และไม่พร้าวเป็นวัสดุทดแทนไม้	Compression Molding กระบวนการขึ้นรูปอัดร้อน 220 องศาเซลเซียส	Maleic anhydride grafted Polypropylene	สารช่วยเพิ่มการประสาน เพื่อเพิ่มการยึดติด	มีผลทำให้ค่าความแข็งแรงและสมบัติทางกลของไม้เพิ่มขึ้น
การศึกษาสมบัติเชิงกลของไม้พลาสติก จากโพลิพรอพิลีน และเศษไม้จากปาล์มน้ำมัน เสนนไย ทະลายปาล์มเปลา และเสนไยทางใบ	Compression Molding กระบวนการขึ้นรูปอัดร้อน 190 องศาเซลเซียส	Maleic anhydride grafted Polypropylene	สารช่วยเพิ่มการประสาน เพื่อเพิ่มการยึดติด	หากเป็นส่วนของปาล์มที่มีเส้นใยชรุขระ สารช่วยผสมจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติเชิงกลสูงกว่าส่วนอื่นๆ

### ตารางที่ 2.7

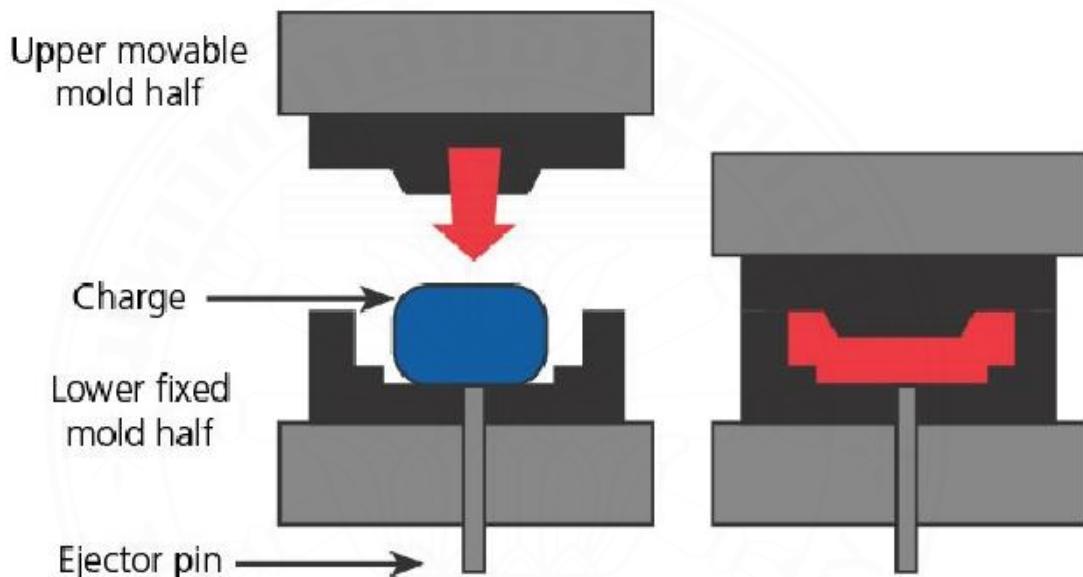
#### งานวิจัยที่ใช้การขึ้นรูปโดยเครื่องมือ (ต่อ)

การพัฒนาบล็อกปืนที่ทำจากยางธรรมชาติและ EPDM เหลือทิ้ง	Compression Molding กระบวนการขึ้นรูปอัดร้อน 100 องศาเซลเซียส	EPDM หรือ Ethylene-Propylene-DieneCopolymer	มีความหนาแน่นต่ำ ทนแรงดึง มีความยืดหยุ่น มักใช้ปิดผนึกเชื่อมประสาน	EPDM ช่วยต้านความชื้นขาดและความกระเด้งกรัดตอน
คุณสมบัติเชิงกลและปัจจัยการฉีดขึ้นรูปสำหรับโพลิเมอร์ผสม	Injection Molding การฉีดขึ้นรูปพลาสติก 225-245 องศาเซลเซียส	EPDM หรือ Ethylene-Propylene-DieneCopolymer	มีความหนาแน่นต่ำ ทนแรงดึง มีความยืดหยุ่น มักใช้ปิดผนึกเชื่อมประสาน	ทำให้เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นและความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น
การใช้หุญ่าแฟกเป็นสารตัวเติมใน PP : การปรับปรุงความทนทานต่อแรงกระแทก	Injection Molding การฉีดขึ้นรูปพลาสติก 225-245 องศาเซลเซียส	EPDM หรือ Ethylene-Propylene-DieneCopolymer	มีความหนาแน่นต่ำ ทนแรงดึง มีความยืดหยุ่น มักใช้ปิดผนึกเชื่อมประสาน	ค่าความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหัก และค่าความต้านทานแรงกระแทกดลง

หมายเหตุ. จาก ผลกระทบของสารช่วยผ่านที่มีต่อลมบัดติทางกลและลมบัดติทางกายภาพของคอมโพลิต PP ผสมกากกาแฟ, โดย อนุชิต คงฤทธิ์ และ จิตติวัฒน์นิธิกัญจนาร, 2561, วิทยานิพนธ์การศึกษาการใช้วัสดุผสมของโพลิพรอพิลีนและไยมาร์วเป็นวัสดุทดแทน โดย สันสนีย์ เหมามุม และ โชคชัย แจ่มอ่อน, 2563, วิทยานิพนธ์การศึกษาสมบัติเชิงกลของไม้พลาสติกจากโพลิพรอพิลีนและเศษไม้จากปาล์มน้ำมัน เสนอ伊始ละลายปาล์มเปลา และเสนอ伊始ทางใบ โดย จินตนาสุขสวัสดิ์, วรรรรุ่ม อุนจิตติชัย และ อิทธิพล แจงชัด, วิทยานิพนธ์การพัฒนาบล็อกปืนที่ทำจากยางธรรมชาติและ EPDM เหลือทิ้ง โดย รเนศ รัตนวิไล และ ศุภชัยแก้วจัง, 2552, วิทยานิพนธ์คุณสมบัติเชิงกลและปัจจัยการฉีดขึ้นรูปสำหรับโพลิเมอร์ ผสมระหว่างโพลิพรอพิลีน และโพลิเอโอมีด-6 ที่มีเอทิลีน-โพลิพรอพิลีน-ไดอิน โคโพลิเมอร์เป็นตัวช่วยผสม โดย ศรีสัจจา วิทยศักดิ์, 2542, วิทยานิพนธ์การใช้หุญ่าแฟกเป็นสารตัวเติมในโพลิพรอพิลีน ระยะที่ 2 : การปรับปรุงความทนทานต่อแรงกระแทกเพื่อใช้เป็นชิ้นส่วนรถยนต์ โดย ผศ. ดร. ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์, 2552, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

### 1. วิธีการอัดพลาสติก (Compression Molding)

มีขั้นตอนการผลิตโดยการนำพลาสติกอัดใส่พิมพ์ เมื่อควบคุมอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสมพลาสติกจะกระจายตัวไปตามช่องของพิมพ์จากนั้นรอให้ชิ้นงานเย็นตัว ข้อดีของการผลิตแบบอัดพลาสติก คือ ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าการผลิตโลหะ แก้ว หรือไม้ ข้อเสียของการผลิตแบบอัดพลาสติก คือ สามารถผลิตชิ้นงานได้จำนวนน้อยในแต่ละครั้งการผลิต และใช้เวลาในวงจรการผลิตค่อนข้างนานรวมถึงอาจใส่รายละเอียดไม่ได้มากในชิ้นงาน

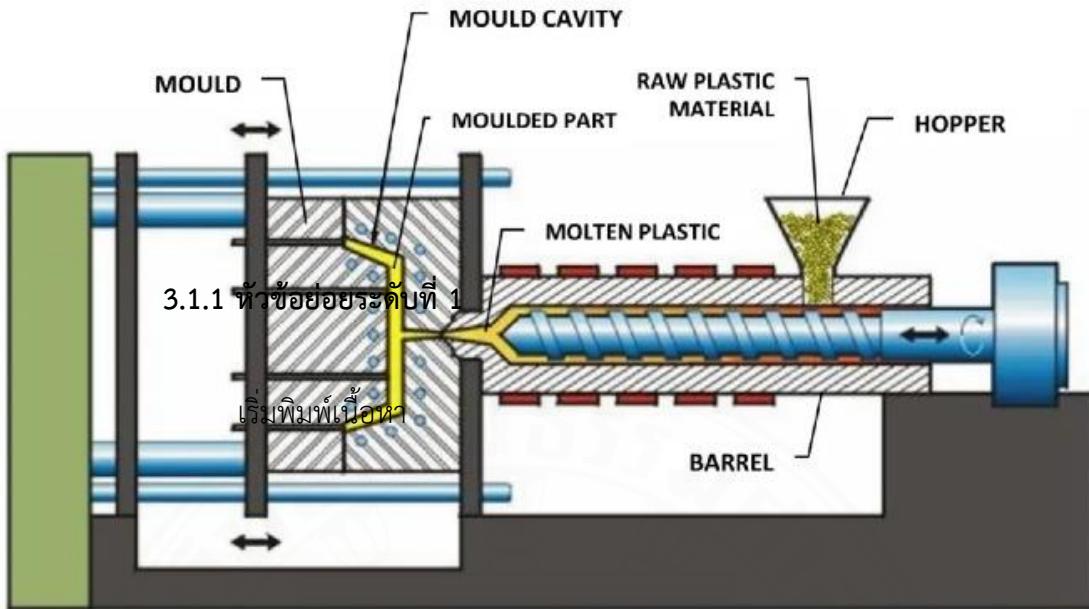


ภาพที่ 2.25 วิธีการอัดพลาสติก. จาก วิธีขึ้นรูปพลาสติก ไอเดียแบบนี้ผลิตแบบไหนดี?

สืบค้นจาก <https://maitreeplastic.com>.

### 2. วิธีการฉีดพลาสติก (Injection Molding)

มีขั้นตอนการผลิตโดยการนำพลาสติกเข้าไปในเครื่องฉีด จากนั้นพลาสติกจะผ่านความร้อนจนหลอมละลายเป็นของเหลว จากนั้นเครื่องจะทำการฉีดพลาสติกเหลวเข้าสู่พิมพ์เมื่อวัสดุแข็งตัวชิ้นงานจะถูกปลดออกจากแม่พิมพ์ตามแบบ ซึ่งวิธีการผลิตนี้มีความยืดหยุ่นสูงและเหมาะสมกับการผลิตปริมาณมากแบบ Mass Production



ภาพที่ 2.26 วิธีการฉีดพลาสติก. จาก วิธีขึ้นรูปพลาสติก ไอเดียแบบนี้ผลิตแบบไหนดี?.

สืบค้นจาก <https://maitreeplastic.com>.

ขั้นตอนการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องมือแบบวิธีฉีดพลาสติก (Injection Molding) เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการผลิตวัสดุดูดซับเสียงในลักษณะแผ่นจากพลาสติก Polypropylene โดยเป็นวิธีที่ยังคงความเป็นรูปรุนของเส้นໄไปได้ ส่วนวิธีการขึ้นรูปโดยการอัดพลาสติก (Compression Molding) เป็นวิธีที่ใช้ความร้อนในอุณหภูมิที่มีผลทำให้พลาสติกละลายกลายเป็นของแข็ง ซึ่งทำให้โครงสร้างความเป็นรูปรุนที่เป็นคุณสมบัติสำคัญของวัสดุหายไป

จากการศึกษาพบว่า วิธีฉีดพลาสติก (Injection Molding) เป็นวิธีผลิตที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพความแข็งแรงของวัสดุและคงความเป็นรูปรุนของเส้นໄ แต่เป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนการผลิตที่สูงเนื่องจากต้องอาศัยเครื่องมือทางอุตสาหกรรมในการผลิตและเป็นเครื่องมือที่มีขนาดใหญ่ ราคาสูง ต้องผลิตในจำนวนที่มีปริมาณมากต่อรอบจึงจะคุ้มค่า

### 2.8.2 การขึ้นรูปวัสดุโดยวัสดุประสานจากธรรมชาติ

การขึ้นรูปโดยวัสดุประสานจากธรรมชาติเป็นวิธีที่ง่ายและใช้ต้นทุนต่ำเป็นวัสดุที่นิยมใช้เพื่อประสานหรือผนึกวัสดุเข้าด้วยกัน จึงได้ทำการยกตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้วัสดุประสานจากธรรมชาติ เพื่อศึกษาประเภทของวัสดุที่เป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.8

งานวิจัยที่ใช้การขึ้นรูปโดยวัสดุประสานจากธรรมชาติ

งานวิจัยที่ใช้การขึ้นรูปโดยวัสดุประสานจากธรรมชาติ				
งานวิจัย	กระบวนการขึ้นรูป	วัสดุประสาน	คุณสมบัติ	ประสิทธิภาพ
วัสดุดุดชับเสียงจากน้ำยาางธรรมชาติผสมไข่มะพร้าว	เทส่วนผสมลงแบบพิมพ์และนำไปตากแดดให้แห้ง	น้ำยาางธรรมชาติ	คงสภาพอยู่ได้ดีจนกว่าสภาวะแวดล้อมจะเปลี่ยน	คำสัมประสิทธิการดูดซับเสียงสูงขึ้นตามความหนาและปริมาณไข่มะพร้าว
วัสดุดุดชับเสียงผนังภายในอาคารจากเส้นใยกัญชงและวัสดุประสานจากธรรมชาติ	เทส่วนผสมลงแบบพิมพ์และนำไปตากแดดให้แห้ง ประมาณ 24 ชม.	ผงยางบง	ช่วยให้เกิดการเกาะตัวยึดเหนี่ยวดียิ่งขึ้น	มีการดูดซับเสียงที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับแผ่นยิปซัมและแผ่นไม้อัด
การผลิตวัสดุดุดชับเสียงจากวัสดุผสมยางโพมธรรมชาติและเส้นใยธรรมชาติ	ไม่ระบุ	น้ำยาางธรรมชาติ	คงสภาพอยู่ได้ดีจนกว่าสภาวะแวดล้อมจะเปลี่ยน	มีส่วนช่วยเสริมการยึดเกาะระหว่างยางธรรมชาติและเส้นใยช่วยในการดูดซับเสียง

### ตารางที่ 2.8

#### งานวิจัยที่ใช้การขึ้นรูปโดยวัสดุประسانจากธรรมชาติ (ต่อ)

การพัฒนาวัสดุกันเสียงจากเส้นใยจากเปลือกหุเรียน	เทส่วนผสมลงแบบพิมพ์และนำไปปักแตดให้แห้ง ประมาณ 24 ชม.	Plastic Resin Glue หรือ กาวพง	การยึดเกาะของความมีความทนทานและแข็งแกร่ง แห้งเร็ว	มีค่าการสะท้อนกลับของเสียงมากกว่าวัสดุกันเสียงทั่วไปเล็กน้อย
การพัฒนาแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์โดยใช้เส้นใยธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกันเสียง	ไม่มีระบุ	ผงผุนหินปูน / ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	เพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะ ทนทานและแข็งแกร่ง	เส้นใยธรรมชาติที่มีรูปรุนแรงมาก ไปในส่วนประกอบอาจมีผลต่ออัตราการซึมมัน้ำและตามมาด้วยความชื้น
การดูดซับเสียงของยางธรรมชาติ ผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล	เทส่วนผสมลงแบบพิมพ์และนำไปปักแตดให้แห้ง	น้ำยางธรรมชาติ	คงสภาพอยู่ได้ดีจนกว่าสภาวะแวดล้อมจะเปลี่ยน	มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียง แปรผันตามความหนาของวัสดุที่ทำการขึ้นรูป

หมายเหตุ. จาก วิทยานิพนธ์วัสดุดูดซับเสียงจากน้ำยางธรรมชาติผสมไยมะพร้าว โดย ดาริกาจาอาง และ อารีดีน ตะแซะสามา, 2554, วิทยานิพนธ์วัสดุดูดซับเสียงผนังภายในอาคารจากเส้นใยกัญชงและวัสดุประسانจากธรรมชาติ โดย กอบร permotทัย, 2561, วิทยานิพนธ์การผลิตวัสดุดูดซับเสียงจากวัสดุผสมยางโพเมตธรรมชาติและเส้นใยธรรมชาติ โดย ดร.กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล และ ดร.วัลลภ หาญณรงค์ชัย, 2558, วิทยานิพนธ์การพัฒนาวัสดุกันเสียงและดูดซับเสียงจากเส้นใยเปลือกหุเรียน โดย หาญพารณ สามัคคีธรรม, 2558, วิทยานิพนธ์การพัฒนาแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์โดยใช้เส้นใยธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกันเสียง โดย กนกวรรณ มะสุวรรณ, 2558, วิทยานิพนธ์การดูดซับเสียงของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล โดย นูรีดา กะลูแป, 2562, ปรับปรุงโดย ผู้จัด, 2565.

จากการศึกษาเปรียบเทียบขั้นตอนการขึ้นรูปวัสดุระหว่างโดยเครื่องมือทางอุตสาหกรรมและวิธีขึ้นรูปโดยวัสดุประสานจากธรรมชาติ พบว่า วิธีที่เหมาะสมในการขึ้นรูปวัสดุดูดซับเสียงในการผลิตชิ้นงานลักษณะรูปแบบแผ่นในงานวิจัยนี้ คือวิธีการขึ้นรูปโดยใช้วัสดุประสานจากธรรมชาติด้วยน้ำยางพารา เนื่องจากเป็นการขึ้นรูปตัวอย่างในจำนวนที่น้อยชิ้นจึงเป็นการประหยัดทรัพยากรในการผลิตมากกว่าการขึ้นรูปด้วยวิธีการใช้เครื่องมือ โดยทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงคุณสมบัติของวัสดุประสานจากธรรมชาติ หรือ น้ำยางพารา และวิธีการขึ้นรูป โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 1. คุณสมบัติของน้ำยางธรรมชาติ หรือ น้ำยางพารา

น้ำยางพารา เป็นส่วนของ ไซโตพลาซึม (Cytoplasm) ในท่อน้ำยางของต้นยางที่เหลืออกมาจากท่อน้ำยางโดยวิธีกรีดหรือเจาะบริเวณลำต้นตามหน้าตัดขวา สมบัติทั่วไปของน้ำยางสด คือ มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนม มีสภาพเป็นคอลลอยด์ หรือ สารแขวนลอย มีความหนาแน่นที่ 0.975 - 0.980 กรัม/มล. มีค่า pH ประมาณ 6.5 - 7.0 และมีความหนืดประมาณ 12 - 15 centipoises ในด้านคุณสมบัติการเสริมประสิทธิภาพการยึดเกาะ โครงสร้างไม้เล็กๆของยางพาราสามารถตกลงกันได้เมื่อถูกทำให้แห้ง ยางจะคงรูปการประสานและมีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลทันต่อแรงดึง มีความต้านทานต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อการขัดถู



ภาพที่ 2.27 น้ำยางธรรมชาติ หรือ น้ำยางพารา. จาก น้ำยาง กรุงเทพธุรกิจ.

สืบค้นจาก <https://www.bangkokbiznews.com>.

## 2. ขั้นตอนการขึ้นรูปโดยน้ำยาางพารา

ในขั้นตอนการทดลองหาสัดส่วนผสมของวัสดุประสาน เริ่มโดยการเตรียมนำ้ำยาางพาราไปปั่นโดยโกลปั่นยีห้อ OTTO รุ่น BE-127A กำลังไฟ 1,200 วัตต์ ใช้กำลังมอเตอร์ 300 วัตต์ ปั่นนาน 10 วินาที วิธีนี้เรียกว่าวิธีอัดอากาศทำให้น้ำยาางเกิดฟองอากาศภายใน จึงทำให้วัสดุที่ถูกประสานยังคงความเป็นรูพรุน



ภาพที่ 2.28 โกลปั่นและน้ำยาางพารา. โดยผู้วิจัย, 2566.

การทดลองหาอัตราส่วนของน้ำยาางพาราในการขึ้นรูปวัสดุดูดซับเสียง ได้ทดลองนำเส้นใยโพลิเมอร์และน้ำยาางพาราที่ได้จากการปั่นอัดอากาศผสมกันเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปวัสดุ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.9

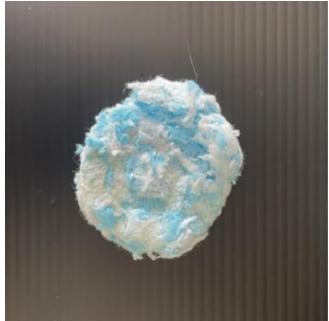
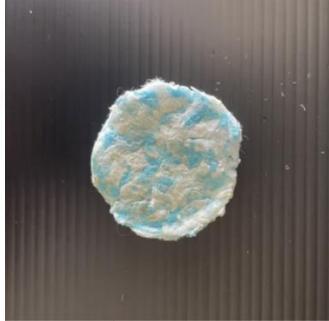
สัดส่วนผสมที่ใช้หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยาางพาราในการขึ้นรูปวัสดุ

การทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำยาางพาราในการขึ้นรูปวัสดุ (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)		
สัดส่วนผสม	เส้นใยโพลิเมอร์; M	น้ำยาางพารา; P
M10P10	1	1
M10P15	1	1.5
M10P20	1	2

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.

ตารางที่ 2.10

## ผลลัพธ์การทดลองขึ้นรูปวัสดุ

สัดส่วนผสม	ผลลัพธ์การทดลองขึ้นรูปวัสดุ
M10P10 	อัตราส่วนผสม เส้นใยโพลิเมอร์ : น้ำยาพารา อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ผลลัพธ์ : หลังการขึ้นรูปวัสดุสามารถเกาะตัวเป็นรูปทรงตามพิมพ์ได้ในที่แรก แต่เมื่อแห้งกลับคืนสภาพเป็นชุบ
M10P15 	อัตราส่วนผสม เส้นใยโพลิเมอร์ : น้ำยาพารา อัตราส่วน 1:1.5 โดยน้ำหนัก ผลลัพธ์ : หลังการขึ้นรูปวัสดุสามารถเกาะตัวเป็นรูปทรงตามพิมพ์ได้ แต่เมื่อแห้งบางส่วนกลับคืนสภาพเป็นชุบ
M10P20 	อัตราส่วนผสม เส้นใยโพลิเมอร์ : น้ำยาพารา อัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนัก ผลลัพธ์ : หลังการขึ้นรูปวัสดุสามารถเกาะตัวเป็นรูปทรงตามพิมพ์ได้ดี และเมื่อแห้งไม่มีส่วนคืนสภาพเป็นชุบ

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.

หลังการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนของน้ำยาพาราที่เหมาะสมในการขึ้นรูปวัสดุ พบร่วงการใช้อัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนัก ของเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย: น้ำยาพารา เป็นอัตราส่วนที่น้ำยาพารามีประสิทธิภาพในการยึดเกาะเส้นใยโพลิเมอร์ได้ดีที่สุด

## บทที่ 3

### วิธีการวิจัย

#### 3.1 ประเภทของวิธีศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตวัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย โดยได้มีการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวกับงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วย คุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย ทฤษฎีเกี่ยวกับเสียง การทำความสะอาดของมูลฝอยติดเชื้อและการขึ้นรูปรวัสดุ และในการศึกษาได้มุ่งเน้นไปที่การศึกษา คุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง อ้างอิงมาตรฐาน ISO 10534-2, ASTM E1050-90 และ ASTM E2611-09 ร่วมกับการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ประกอบไปด้วย ความหนาแน่น อ้างอิง มาตรฐาน ASTM D2395-07 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความสามารถในการดูดซึมน้ำ ปริมาณความชื้น อ้างอิงมาตรฐาน ISO D570 และอัตราการลามไฟ อ้างอิงมาตรฐาน ISO 11928 รวมถึงการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ประกอบไปด้วย ค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำ อ้างอิงมาตรฐาน ASTM D4541 โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาคือสัดส่วนผสมของวัสดุผสมที่แตกต่างกัน ได้แก่ เส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาฆ่าพารา และไข่แก้ว จากนั้นจะนำผลการทดสอบทั้งหมดมาเปรียบเทียบ เพื่อทราบถึงสัดส่วนผสมที่มีประสิทธิภาพด้านคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ดีที่สุดร่วมกับการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป พร้อมทั้งนำเสนอรูปแบบการจำลองการใช้งานในการติดตั้งเพื่อเป็นวัสดุทางเลือกในงานสถาปัตยกรรมเพื่อป้องกันมลภาวะของเสียงที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียงภายในอาคาร

### 3.2 การกำหนดตัวแปร

การทดสอบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาคือ อัตราส่วนวัสดุในแต่ละสัดส่วนผสมที่แตกต่างกัน เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของคุณสมบัติทั้ง 3 ด้านของวัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย โดยมีรายละเอียดการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

#### 3.2.1 ตัวแปรต้น

ประกอบด้วย อัตราส่วนวัสดุผสมในแต่ละสัดส่วนผสมที่แตกต่างกัน ได้แก่

1. สัดส่วนผสมที่ 1 หรือ M10P20 เส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย และน้ำยาพารา อัตราส่วน 1:2 ของน้ำหนัก
2. สัดส่วนผสมที่ 2 หรือ M8P20G2 เส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาพารา และไยแก้ว อัตราส่วน 0.8:2:0.2 ของน้ำหนัก
3. สัดส่วนผสมที่ 3 หรือ M7P20G3 เส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาพารา และไยแก้ว อัตราส่วน 0.7:20:0.3 ของน้ำหนัก
4. สัดส่วนผสมที่ 4 หรือ M6P20G4 เส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาพารา และไยแก้ว อัตราส่วน 0.6:2:0.4 ของน้ำหนัก

ตารางที่ 3.1

สัดส่วนผสมที่ใช้ในการขึ้นรูปวัสดุ

สัดส่วนผสมที่ใช้ในการขึ้นรูปวัสดุ (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)			
สัดส่วนผสม	เส้นใยโพลิเมอร์; M	น้ำยาพารา; P	ไยแก้ว; G
M10P20	1	2	-
M8P20G2	0.8	2	0.2
M7P20G3	0.7	2	0.3
M6P20G4	0.6	2	0.4

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.

### 3.2.2 ตัวแปรตาม

#### 3.2.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

- 1) เปรียบเทียบสัดส่วนผสานทั้ง 4 ที่มีแนวโน้มประสิทธิภาพการดูดซับเสียงที่ดีที่สุด
- 2) เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ของสัดส่วนผสานที่มีแนวโน้มการดูดซับที่ดีที่สุดกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป

#### 3.2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพ

- 1) เปรียบเทียบสัดส่วนผสานทั้ง 4 ของสัดส่วนผสานที่มีแนวโน้มประสิทธิภาพของคุณสมบัติทางกายภาพดีที่สุด
- 2) เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป

#### 3.2.2.3 คุณสมบัติเชิงกล

- 1) เปรียบเทียบสัดส่วนผสานทั้ง 4 ของสัดส่วนผสานที่มีแนวโน้มประสิทธิภาพของคุณสมบัติทางเชิงกลดีที่สุด
- 2) เปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป

### 3.2.3 ตัวแปรควบคุม

#### 3.2.3.1 การขึ้นรูปวัสดุดูดซับเสียง

- 1) ปริมาตรของวัสดุประสานหรือน้ำยาางพารา
- 2) ขนาดและความหนาของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

#### 3.2.3.2 มาตรฐานการทดสอบ

- 1) การทดสอบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ด้วยวิธี Impedance Tube อ้างอิงมาตรฐาน ISO 10534-2, ASTM E1050-90 และ ASTM E2611-09
- 2) การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ อ้างอิงมาตรฐาน ASTM D2395-07, ISO D570 และ ISO 11928
- 3) การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล อ้างอิงมาตรฐาน ASTM D4541

### 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

#### 3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบค่าสัมประสิทธิการดูดซับเสียง

การทดสอบการดูดซับเสียงหรือการดูดกลืนคืนเสียงของวัสดุ เลือกใช้วิธีทดสอบจากท่อระบบปิด หรือที่เรียกว่า Impedance Tube Method ข้างต้นมาตรฐาน ISO 10534-2, ASTM E1050-90 และ ASTM E2611-09 โดยมีรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

1. อุปกรณ์ Impedance Tube
2. เครื่อง Multi-ch. Analyzer
3. เครื่อง Power Amplifier
4. เครื่อง Sound Calibrator
5. ไมโครโฟนยึด Brüel & Kjaer
6. คอมพิวเตอร์ที่มี Software ประมวลผลด้านเสียง
7. เครื่องวัดความตันอากาศ ความชื้น และอุณหภูมิห้อง
8. อุปกรณ์ Digital Vernier Caliper



ภาพที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ Impedance Tube Method ที่บริษัท NOE Asia Pacific จำกัด. โดยผู้วิจัย, 2566.

### 3.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบตามคุณสมบัติเชิงกายภาพ ประกอบไปด้วย การทดสอบความหนาแน่น อ้างอิงมาตรฐาน ASTM D2395-07 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความสามารถในการดูดซึมน้ำ ปริมาณความชื้นตาม อ้างอิงมาตรฐาน ISO D570 และอัตราการลำไ파 อ้างอิงอ้างอิง มาตรฐาน ISO 11928 โดยมีรายละเอียดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบดังนี้



ภาพที่ 3.2 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2, Thickness gate และ Vernier Caliper สำหรับวัดความหนาที่คณานศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 3.3 เครื่องทดสอบการนำความร้อนและเครื่องทดสอบการดูดซึมน้ำ ที่คณานศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 3.4 เครื่องมือทดสอบปริมาณความชื้นและเครื่องทดสอบอัตราการ lameไฟ ที่คณวนาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. โดยผู้วิจัย, 2566.

### 3.3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

การทดสอบตามคุณสมบัติเชิงกล ประกอบไปด้วย การทดสอบค่าแรงดึงตึงจาก หรือ Internal Bonding อ้างอิงมาตรฐาน ISO 11928 โดยมีรายละเอียดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบดังนี้



ภาพที่ 3.5 เครื่องมือ Tensile testing ที่คณวนาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. โดยผู้วิจัย, 2566.

### 3.3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปวัสดุทดสอบ

ในขั้นตอนการทดสอบวัสดุประกอบไปด้วยการทดสอบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์ การดูดซับเสียง การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ซึ่งมีการใช้เครื่องมือในการทดสอบที่แตกต่างกันส่งผลต่อขนาดของวัสดุที่นำไปทดสอบ เมื่อทราบถึงขนาดของวัสดุทดสอบ ที่ใช้แต่ละเครื่องมือทดสอบแล้ว จะได้จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปวัสดุโดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.2

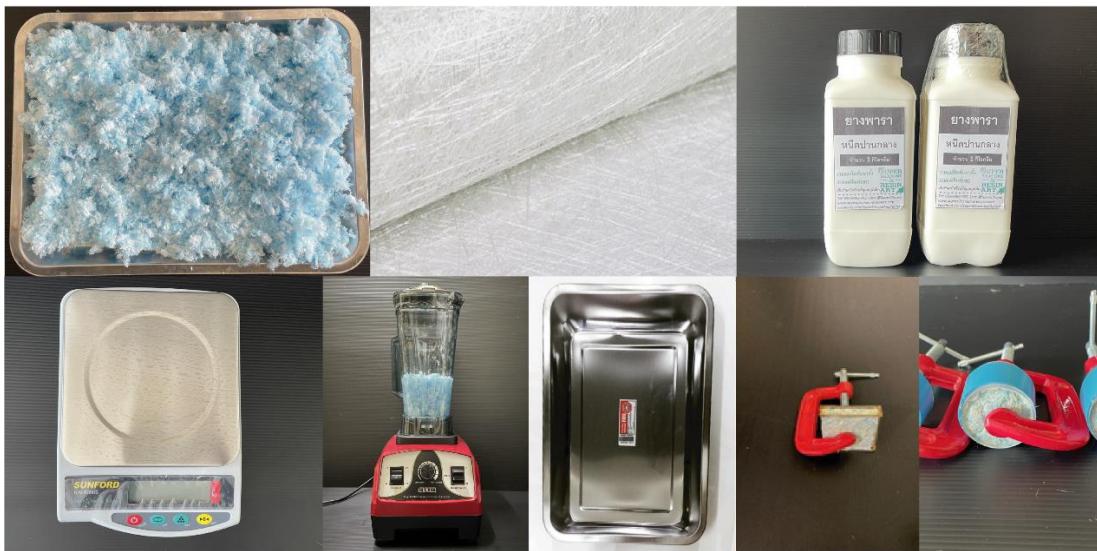
ขนาดของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ

คุณสมบัติในการทดสอบ	รายการทดสอบ	ขนาดวัสดุ
คุณสมบัติต้านค่าสัมประสิทธิ์ การดูดซับเสียง	คุณสมบัติการดูดซับเสียง	ทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มม. หนา 20 มม.
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความหนาแน่น	แบบแผ่น 5x5x1 ซม.
	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	แบบแผ่น 20x20x1 ซม.
	ความสามารถในการดูดซึมน้ำ	แบบแผ่น 5x5x1 ซม.
	ปริมาณความชื้น	แบบแผ่น 5x5x1 ซม.
	อัตราการลามไฟ	แบบแผ่น 1.2x10x1 ซม.
คุณสมบัติเชิงกล	ค่าแรงดึงตัวจากกับผิวน้ำ	20x20x1 ซม.

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.

อุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปวัสดุ มีรายละเอียดดังนี้

1. เส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาพารา และไยแก้ว
2. เครื่องซังน้ำหนักเทคนิค 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ SUNFORD รุ่น KAH500S
3. เครื่องปั่นยีห้อ OTTO รุ่น BE-127A กำลังไฟ 1,200 วัตต์
4. ตาดร่องอุปกรณ์สำหรับผสม
5. อุปกรณ์ขึ้นรูปทรงกระบอก ได้แก่ ห่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มม. หนา 20 มม., อะคริลิกสำหรับประกอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มม.
6. อุปกรณ์ขึ้นรูปทรงแผ่น ได้แก่ แผ่นอะคริลิกขนาด 5x5x1 ซม., ขนาด 20x20x1 ซม. และแผ่นอะคริลิกสำหรับประกอบชิ้นงานขนาด 5x5 และ 20x20 ซม.
7. ตัวหนีบ C-Clamp สำหรับหนีบจับชิ้นงาน



ภาพที่ 3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปวัสดุ. โดยผู้วิจัย, 2566.

### 3.4 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุผสม

การพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย มีวัตถุประสงค์เพื่อ Upcycle วัสดุที่ใช้งานแล้วผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อให้ได้วัสดุใหม่กลับเข้าสู่วงจรการใช้อีกรัง และเนื่องจากสถานการการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ในปัจจุบัน การทดลองเบื้องต้นมีจุดประสงค์การผลิตเพื่อเป็นต้นแบบการศึกษา จึงเลือกใช้หน้ากากอนามัยที่ยังไม่ผ่านการใช้งานเป็นวัสดุผสมหลักในการผลิตเพื่อลดความเสี่ยงด้านสุขอนามัย

#### 3.4.1 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยพอลิเมอร์

##### 1. ขั้นตอนการแยกชิ้นส่วนหน้ากากอนามัย

แยกชิ้นส่วนหน้ากากอนามัยนำลวดตามจมูกและสายเกี่ยวหูออก



ภาพที่ 3.7 ชิ้นส่วนของหน้ากากอนามัย. โดยผู้วิจัย, 2566.

## 2. ขั้นตอนการนำม้าชีงเส้นไยพอลิเมอร์

ตัดแบ่งชิ้นส่วนหน้ากากอนามัยให้มีขนาดเล็กลงประมาณ 1 - 2 ซม. จากนั้นนำชิ้น ส่วนที่ตัดแบ่งแล้วป่นรวมกับน้ำสะอาด โดยใช้เครื่องป่นเยื่อห้อ OTTO รุ่น BE-127A ใช้อัตราส่วนน้ำสะอาดและชิ้นส่วนของหน้ากากอนามัย 1:1 ของน้ำหนัก ป่นด้วยกำลังมอเตอร์ 300 วัตต์ นาน 20 วินาที จนชิ้นส่วนมีลักษณะเป็นไบและมีขนาดเท่า ๆ กัน จากนั้นนำไปเข้าเครื่องอบไก่ความชื้นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 48 ชม. เพื่อให้เส้นไยพอลิเมอร์แห้งสนิท



ภาพที่ 3.8 การย่อยขนาดหน้ากากอนามัยและนำม้าชีงเส้นไยพอลิเมอร์. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 3.9 ตัวอย่างเครื่องมืออบไก่ความชื้น ที่คณฑ์เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ  
พระนคร. โดยผู้วิจัย, 2566.

### 3.4.2 ขั้นตอนการเตรียมน้ำยาพารา

ขั้นตอนการทำน้ำยาพาราอัดอากาศให้เกิดฟอง โดยนำน้ำยาพาราไปปั่นโดยโกลปั่นยีห้อ OTTO รุ่น BE-127A กำลังไฟ 1,200 วัตต์ ด้วยใช้กำลังมอเตอร์ 300 วัตต์ ปั่นนาน 5 วินาที



ภาพที่ 3.10 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำยาพารา. โดยผู้วิจัย, 2566.

### 3.4.3 ขั้นตอนการเตรียมไยแก้ว

ไยแก้วที่มีข่ายตามท้องตลาดมีลักษณะเป็นแผ่นยาว ในขั้นตอนการขึ้นรูปวัสดุจึงต้องย่อขนาดไยแก้วให้มีขนาดเล็กลงไม่เกิด 3-5 มม. โดยวิธีการตัดจากแผ่นให้มีขนาดเล็กลงและปั่นโดยโกลปั่นยีห้อ OTTO รุ่น BE-127A กำลังไฟฟ้า 1,200 วัตต์ ด้วยใช้กำลังมอเตอร์ 100 วัตต์ ปั่นนาน 3 วินาที



ภาพที่ 3.11 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมไยแก้ว, ภาพโกลปั่น. โดยผู้วิจัย, 2566. ภาพไยแก้ว. จาก Glass Fiber: Types, Properties, Manufacturing Process And Uses.

สืบค้นจาก <https://textilelearner.net>.

### 3.5 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานวัสดุ

#### 3.5.1 ชิ้นงานวัสดุสำหรับการทดสอบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

การทดสอบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง โดยวิธี Impedance Tube การเตรียมตัวอย่างชิ้นงานทดสอบได้อ้างอิงจากขนาดและความหนาที่เหมาะสมของอุปกรณ์ Impedance Tube โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การขึ้นรูปทรงกรอบอก ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มม. หนา 20 มม. เป็นแม่แบบ ทั้งหมด 4 ชิ้น จำนวน 3 ชุด
2. ผสมเส้นใยพอลิเมอร์ น้ำยาางพารา และไข่แก้วที่ได้เตรียมไว้ ตามอัตราส่วนที่ปรากฏดังตารางที่ 3.1
3. คลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดและนำไปพิมพ์ทรงกรอบอกที่เตรียมไว้
4. ทำซ้ำจำนวน 3 ชุด ต่อสัดส่วนผสม



ภาพที่ 3.12 การขึ้นรูปวัสดุทรงกรอบอก. โดยผู้วิจัย, 2566.

### 3.5.2 ชิ้นงานวัสดุสำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล มีการเตรียมตัวอย่างชิ้นงานทดสอบอ้างอิงจากขนาดและความหนาที่เหมาะสมของเครื่องทดสอบ ที่ปรากฏดังตารางที่ 3.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การขึ้นรูปทรงแผ่น ขนาด  $5 \times 5$  ซม. ใช้แผ่นอะคริลิกขนาด  $5 \times 5 \times 1$  ซม. เป็นแม่แบบ ทั้งหมด 3 ชิ้น จำนวน 3 ชุด
2. การขึ้นรูปทรงแผ่นขนาด  $20 \times 20$  ซม. ใช้แผ่นอะคริลิกขนาด  $20 \times 20 \times 1$  ซม. เป็นแม่แบบ ทั้งหมด 3 ชิ้น จำนวน 3 ชุด
3. ผสานเส้นใยพอลิเมอร์ น้ำยาางพารา และไข่แก้วที่ได้เตรียมไว้ ตามอัตราส่วนที่ปรากฏดังตารางที่ 3.1
4. คลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดและนำไปพิมพ์ที่เตรียมไว้
5. ทำข้ามจำนวน 3 ชุด ต่อสัดส่วนผสม



ภาพที่ 3.13 การขึ้นรูปวัสดุทรงแผ่นสีเหลือง. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 3.14 ตัวอย่างวัสดุที่ได้หลังการขึ้นรูป. โดยผู้วิจัย, 2566.

### 3.6 ขั้นตอนการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงโดยวิธีทดสอบจากท่อระบบปิด หรือ Impedance Tube Method อ้างอิงมาตรฐาน ISO 10534-2, ASTM E1050-90 และ ASTM E2611-09 ได้ทำการทดสอบที่บริษัท NOE Asia Pacific จำกัด ซึ่งเป็นองค์กรเอกชนที่มีบริการการทดสอบทาง Acoustic ครบวงจร ห้องปฏิบัติการทดสอบตั้งอยู่ที่ 3803 ซอยรูทเบีย ถ.พระรามที่ 4 แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110

ขั้นตอนการทดสอบใช้อุปกรณ์ดังปรากฏในตารางที่ 2.4 และใช้วัสดุทดสอบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มม. หนา 20 มม. การทดสอบวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงโดยวิธี Impedance Tube ครอบคลุมที่ช่วงความถี่ของเสียงที่ 200-6,000 Hz โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังปรากฏในหัวข้อที่ 2.4.2 ทำการทดสอบซ้ำทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชิ้นงาน เพื่อหาค่าเฉลี่ยที่มีความแม่นยำของผลการทดสอบ



ภาพที่ 3.15 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ Impedance Tube Method ที่บริษัท NOE Asia Pacific จำกัด. โดยผู้วิจัย, 2566.

### 3.7 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพ ประกอบไปด้วย การทดสอบความหนาแน่น อ้างอิง มาตรฐาน ASTM D2395-07 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความสามารถในการดูดซึมน้ำ ปริมาณความชื้น อ้างอิงมาตรฐาน ISO D570 และอัตราการ lame ไฟ อ้างอิงมาตรฐาน ISO 11928 ส่วนการทดสอบเชิงกล ประกอบไปด้วย การทดสอบค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำ หรือ Internal Bonding อ้างอิงมาตรฐาน ASTM D4541 การทดสอบหั้งหมดได้ทำการทดสอบที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ห้องปฏิบัติการทดสอบตั้งอยู่ที่ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ



ภาพที่ 3.16 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. โดยผู้วิจัย, 2566.

ขั้นตอนการทดสอบใช้อุปกรณ์ดังปรากฏในหัวข้อที่ 3.3.2 และใช้วัสดุทดสอบรูปทรงแผ่น ขนาดของวัสดุคุณภาพซับเสียงที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดตามที่ปรากฏดังตารางที่ 3.2 โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการทดสอบดังนี้

### 3.7.1 การทดสอบความหนาแน่น

การทดสอบความหนาแน่น อ้างอิงมาตรฐาน ASTM D2395-07 สามารถทดสอบได้โดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และใช้ Thickness Gate, Vernier Caliper สำหรับวัดความหนาจากนั้นหาผลลัพธ์โดยใช้สมการการคำนวณดังปรากฏในหัวข้อที่ 2.5.1 ใน การทดสอบความหนาแน่นใช้วัสดุวัสดุคุณภาพซับเสียงขนาด  $5 \times 5 \times 1$  ซม. ทำการทดสอบซ้ำทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยที่มีความแม่นยำของผลการทดสอบ

### 3.7.2 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน อ้างอิงมาตรฐาน ISO D570 สามารถทดสอบได้โดยใช้เครื่องมือดังปรากฏในภาพที่ 3.3 โดยวิธีการวางแผ่นทดสอบลงในกล่องทดสอบ และให้ความร้อนที่ผิวด้านหนึ่งของแผ่นทดสอบด้วยหลอดไฟจนกว่าอุณหภูมิผิวของแผ่นทดสอบทั้งสองด้านคงที่ เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงนำไปสู่การหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ในการทดสอบใช้วัสดุวัสดุคุณภาพซับเสียงขนาด  $20 \times 20 \times 1$  ซม. ทำการทดสอบซ้ำทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยที่มีความแม่นยำของผลการทดสอบ

### 3.7.3 การทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ

การทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ อ้างอิงมาตรฐาน ISO D570 สามารถทดสอบได้โดยใช้เครื่องมือดังปรากฏในภาพที่ 3.3 โดยวิธีการนำวัสดุคุณภาพซับเสียงแขวนนาน 24 ชั่วโมง และซึ่งน้ำหนักแผ่นทดสอบ จากนั้นซึ่งน้ำหนักวัสดุคุณภาพซับเสียงแบบหมวดอีกรัง เพื่อหาค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำ ในการทดสอบใช้วัสดุวัสดุคุณภาพซับเสียง ขนาด  $5 \times 5 \times 1$  ซม. ทำการทดสอบซ้ำทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยที่มีความแม่นยำของผลการทดสอบ

### 3.7.4 การทดสอบปริมาณความชื้น

การทดสอบปริมาณความชื้น อ้างอิงมาตรฐาน ISO D570 สามารถทดสอบได้โดยใช้เครื่องมือดังปรากฏในภาพที่ 3.4 โดยวิธีการนำวัสดุคุณภาพซับเสียงเข้าเครื่องอบนาน 24 ชั่วโมง จากนั้นเครื่องทดสอบจะแสดงปริมาณความชื้น ในการทดสอบใช้วัสดุวัสดุคุณภาพซับเสียงขนาด  $5 \times 5 \times 1$  ซม. ทำการทดสอบซ้ำทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยที่มีความแม่นยำของผลการทดสอบ

### 3.7.5 การทดสอบอัตราการ lame ไฟ

การทดสอบอัตราการ lame ไฟ อ้างอิงมาตรฐาน ISO 11928 สามารถทดสอบได้โดยใช้เครื่องมือดังปรากฏในภาพที่ 3.4 โดยวิธีการนำวัสดุคุณภาพซึ่งมีความหนา 0.8 mm. ติดต่อโดยการเอียงวัสดุคุณภาพซึ่งมีความยาว 45 องศา ในการทดสอบใช้วัสดุคุณภาพซึ่งมีความกว้าง 1.2x10x1 ซม. ทำการทดสอบซ้ำทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยที่มีความแม่นยำของผลการทดสอบ

### 3.7.6 การทดสอบค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำ

การทดสอบค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำ หรือ Internal Bonding อ้างอิงมาตรฐาน ASTM D4541 สามารถทดสอบได้โดยใช้เครื่องมือดังปรากฏในภาพที่ 3.5 โดยวิธีการนำวัสดุคุณภาพซึ่งมีความกว้าง 5x5 mm. ติดต่อโดยการเอียงวัสดุคุณภาพซึ่งมีความยาว 5x5x1 ซม. ทำการทดสอบซ้ำทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยที่มีความแม่นยำของผลการทดสอบ

## 3.8 การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซึบเสียงของวัสดุคุณภาพซึ่งมีความหนา 0.8 mm. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มม. หนา 20 มม. โดยแต่ละสัดส่วนผสม ได้ทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ชุด เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย ก่อนนำไปใช้ในการแปลงผลข้อมูล

การเก็บข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล ทำการผลิตวัสดุ วัสดุคุณภาพซึ่งมีความกว้าง 5x5x1 ซม. ขนาด 20x20x1 ซม. และขนาด 1.2x10x1 ซม. โดยแต่ละขนาดใช้ในการทดสอบกับเครื่องมือตามที่ระบุในหัวข้อที่ 3.3.2 โดยแต่ละสัดส่วนผสม ได้ทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ชุด เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยก่อนนำไปใช้ในการแปลงผลข้อมูล

### 3.9 การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย ประกอบด้วย การศึกษาคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง คุณสมบัติทางกายภาพ ประกอบด้วย ความหนาแน่น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความสามารถในการดูดซึมน้ำ ปริมาณความชื้น อัตราการ lame ไฟ และคุณสมบัติเชิงกล ประกอบด้วย ค่าแรงดึงตัวที่ต่างกันกับผิวน้ำ โดยทำการวิเคราะห์เปรียบผลของคุณสมบัติทั้ง 3 ด้าน ร่วมกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไปในการพิจารณาผลที่ได้สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียงภายในอาคาร

### 3.10 การประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาและพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล ของเส้นใยในหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้ง ในการหาแนวทางในการใช้ประโยชน์ของวัสดุที่ผ่านการใช้งานแล้วหรือขยะมูลฝอยติดเชื้อ แทนที่การกำจัดโดยการเผาที่อุณหภูมิสูงเพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานและทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดอย่างสิ้นเปลือง ผลการศึกษาจะนำไปสู่การพัฒนาเป็นวัสดุทางเลือกในงานสถาปัตยกรรมที่มีคุณ ค่าด้านสิ่งแวดล้อมในการประยุกต์ใช้ป้องกันมลภาวะของเสียงที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียงภายในอาคารโดยวิธีการติดตั้งร่วมกับโครงคร่าว

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาวัสดุคุณภาพซึ่งมาจากเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ด้าน คือ คุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล โดยพิจารณาจากสัดส่วนผสมที่แตกต่างกันของวัสดุผสม ได้แก่ เส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาางพารา และไยแก้ว ผลลัพธ์จากการทดสอบคุณสมบัติทั้ง 3 ด้าน นำไปสู่การวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพร่วมกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุทางเลือกในการดูดซับเสียงในงานสถาปัตยกรรม โดยมีรายละเอียดผลการทดสอบดังนี้

#### ตารางที่ 4.1

#### รายการคุณสมบัติที่ทดสอบ

สัดส่วนผสม	คุณสมบัติที่ทดสอบ
	<u>คุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง</u> 1. คุณสมบัติการดูดซับเสียง
1) M10P20 2) M8P20G2 3) M7P20G3 4) M6P20G4	<u>คุณสมบัติทางกายภาพ</u> 1. ความหนาแน่น 2. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 3. ความสามารถในการดูดซึมน้ำ 4. ปริมาณความชื้น 5. อัตราการลดไฟ
	<u>คุณสมบัติเชิงกล</u> 1. ค่าแรงตึงตัวจากกับผิวน้ำ

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.

## 4.1 คุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีทดสอบจากห้องระบบปิด หรือ Impedance Tube Method คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง หรือ Sound Absorption Coefficient (SAC;  $\alpha$ ) ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ เป็นข้อมูลที่แจกแจงรายละเอียดในแต่ละช่วงความถี่ของคลื่นเสียง โดยทำการทดสอบในช่วงความถี่ 200 - 5,000 Hz จึงได้รูปแบบชุดข้อมูลทั้งหมด 15 ชุดข้อมูล ต่อหนึ่งตัวอย่างชิ้นงาน ซึ่งอยู่ในรูปแบบของชุดข้อมูลต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงานที่ต้องคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดเสียง

### 4.1.1 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

ทำการทดสอบหาคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ในช่วงความถี่ 200 - 5,000 Hz จากนั้นนำข้อมูลทดสอบของชิ้นงานทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 15 ชุดข้อมูล มาเปรียบเทียบเพื่อหาสัดส่วนผสมที่มีประสิทธิภาพด้านการดูดซับเสียงที่ดีที่สุด

ตารางที่ 4.2

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4

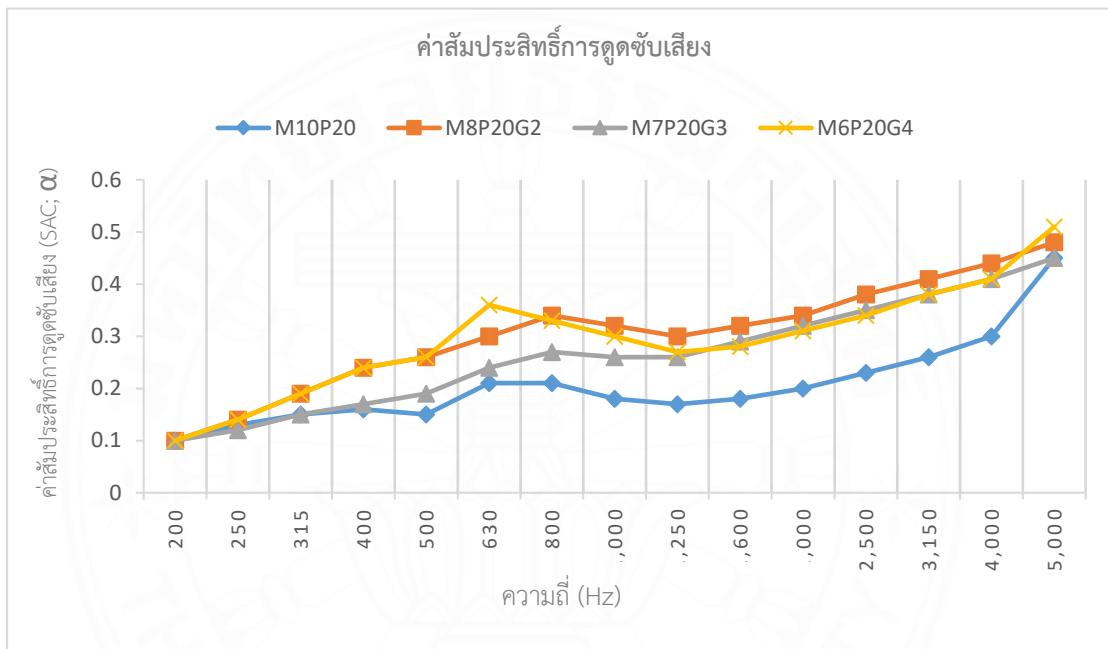
ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (SAC; $\alpha$ )				
Freq. (Hz)	M10P20	M8P20G2	M7P20G3	M6P20G4
200	0.10	0.10	0.10	0.10
250	0.13	0.14	0.12	0.14
315	0.15	0.19	0.15	0.19
400	0.16	0.24	0.17	0.24
500	0.15	0.26	0.19	0.26
630	0.21	0.30	0.24	0.36
800	0.21	0.34	0.27	0.33
1,000	0.18	0.32	0.26	0.30
1,250	0.17	0.30	0.26	0.27
1,600	0.18	0.32	0.29	0.28
2,000	0.20	0.34	0.32	0.31
2,500	0.23	0.38	0.35	0.34
3,150	0.26	0.41	0.38	0.38

ตารางที่ 4.2

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4 (ต่อ)

4,000	0.30	0.44	0.41	0.41
5,000	0.45	0.48	0.45	0.51

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4. โดยผู้วิจัย, 2566.

#### 4.1.1.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

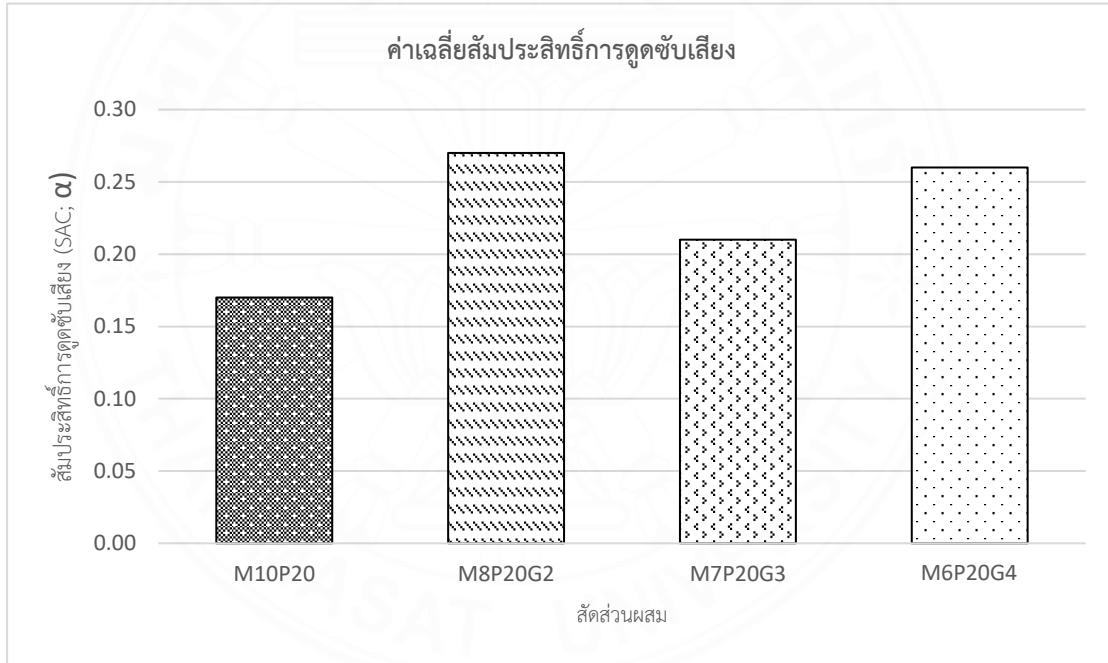
ผลลัพธ์ที่ได้เกิดจากการแปลงผลข้อมูล จากการหาค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ของชั้นงานทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 15 ชุดข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.3

ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ( $SAC; \alpha$ )	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	0.17
M8P20G2	0.27
M7P20G3	0.21
M6P20G4	0.26

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4.

โดยผู้วิจัย, 2566.

การทดสอบค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบว่า สัดส่วนผสม M10P20 เป็นสัดส่วนผสมที่ความสามารถในการดูดซับเสียงต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.17 ส่วนสัดส่วนผสม M8P20G2, M7P20G3 และ M6P20G4 มีความสามารถในการดูดซับเสียงที่ช่วงความถี่ 1,250 - 5,000 Hz ใกล้เคียงกัน และสัดส่วนผสม M7P20G2 เป็นสัดส่วนผสมที่มีแนวโน้มความสามารถในการลดค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (SAC;  $\alpha$ ) สูงที่สุดอยู่ที่ 0.27 ตั้งแต่ช่วงความถี่ 500 - 5,000 Hz

#### 4.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ประกอบด้วย การทดสอบความหนาแน่น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความสามารถในการดูดซึมน้ำ ปริมาณความชื้น และอัตราการลำไ파 โดยมีรายละเอียดผลการทดสอบดังนี้

##### 4.2.1 ผลการทดสอบความหนาแน่น

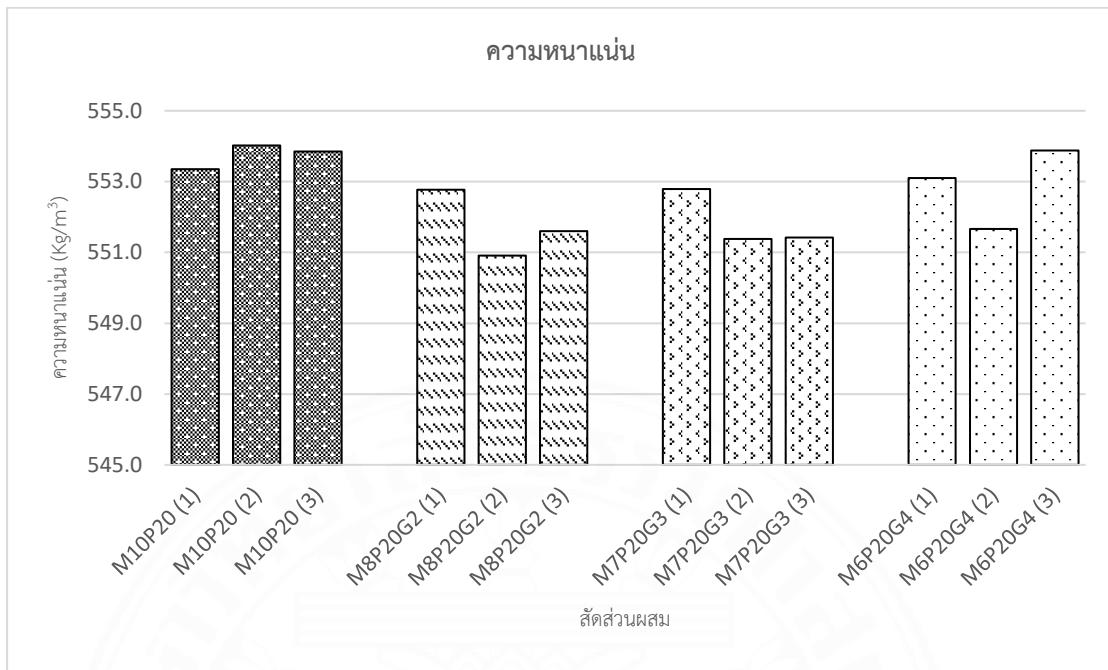
ทำการทดสอบความหนาแน่น โดยทำการทดสอบบัวสุดดูดซับเสียง ข้อ 3 ชุดต่อ 1 สัดส่วนผสม จากนั้นนำข้อมูลทดสอบบัวสุดดูดซับเสียง ทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุดข้อมูล มาเปรียบเทียบเพื่อหาสัดส่วนผสมที่มีประสิทธิภาพความหนาแน่นจากสูงที่สุดไปต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.4

ผลการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบความหนาแน่น ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )			
สัดส่วนผสม	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 1	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 2	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 3
M10P20	553.35	554.02	553.85
M8P20G2	552.77	550.91	551.60
M7P20G3	552.79	551.38	551.42
M6P20G4	553.10	551.66	553.88

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.3 ผลการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4. โดยผู้วิจัย, 2566.

#### 4.2.1.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบความหนาแน่น

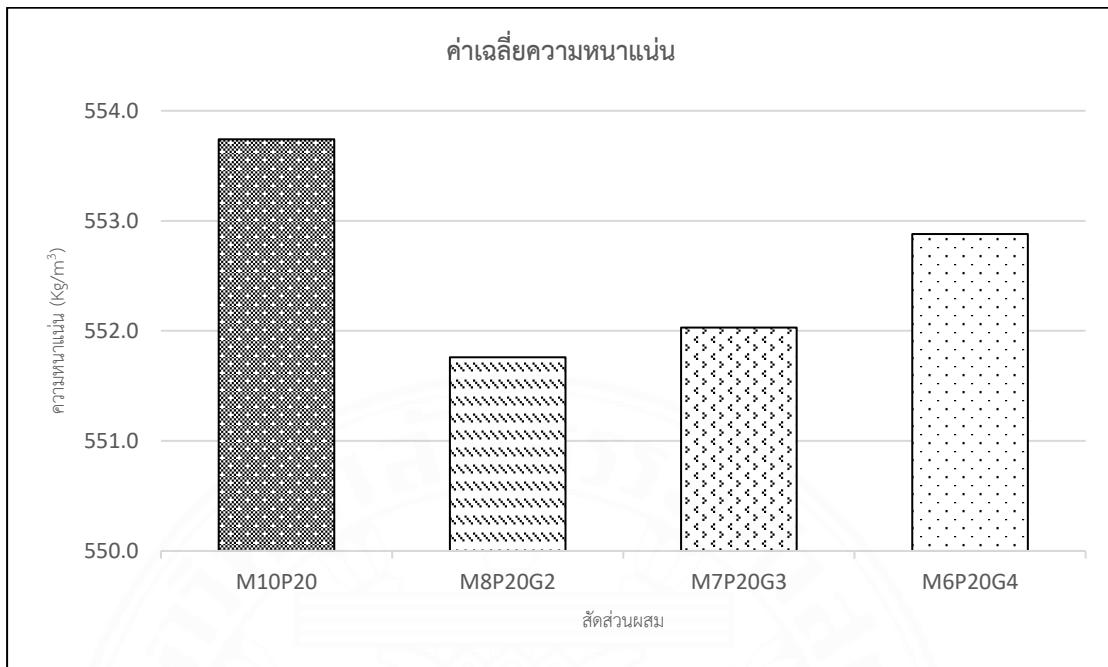
ผลลัพธ์ที่ได้เกิดจากการแปลงผลข้อมูล จากการหาค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบความหนาแน่น ของชิ้นงานทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุดข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.5

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบความหนาแน่น (kg/m³)	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	553.74
M8P20G2	551.76
M7P20G3	552.03
M6P20G4	552.88

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4. โดยผู้วิจัย, 2566.

การทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบร้า สัดส่วนผสม M10P20 มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุดอยู่ที่  $553.74 \text{ kg}/\text{m}^3$  หรือประมาณ  $554 \text{ kg}/\text{m}^3$  สัดส่วนผสม M8P20G2, M7P20G3 และ M7P20G4 มีความหนาแน่นใกล้เคียงกันอยู่ที่ประมาณ  $552 \text{ kg}/\text{m}^3$

#### 4.2.2 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

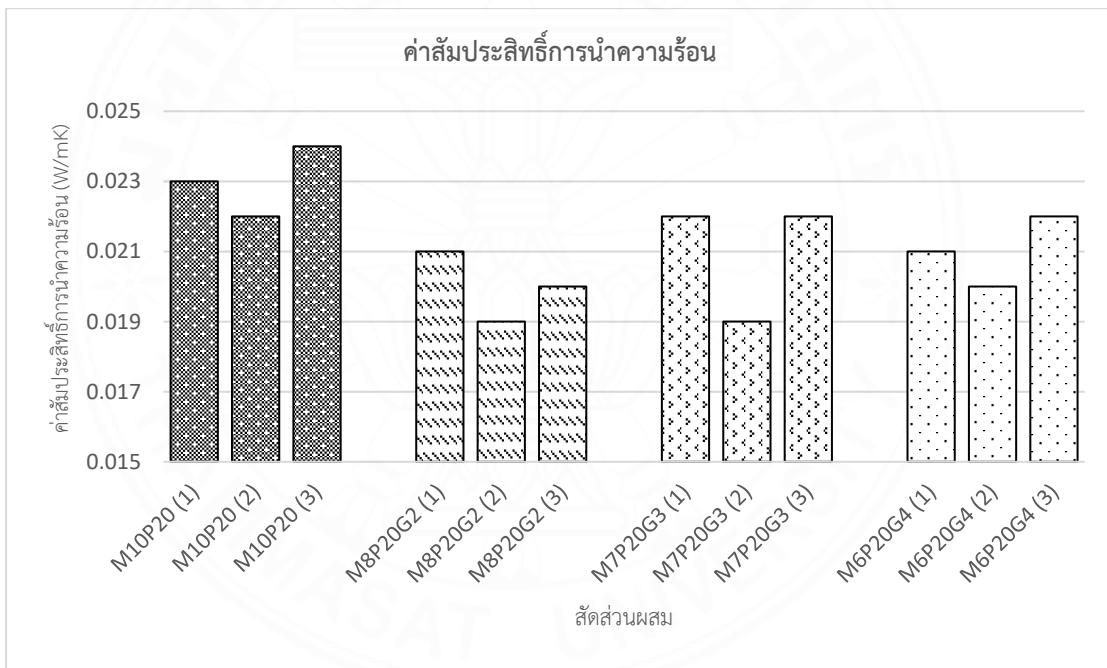
ทำการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน โดยทำการทดสอบวัสดุดูดซับเสียง ช้ำ 3 ชุด ต่อ 1 สัดส่วนผสม จากนั้นนำข้อมูลทดสอบวัสดุดูดซับเสียง ทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุดข้อมูล มาเปรียบเทียบเพื่อหาสัดส่วนผสมที่มีประสิทธิภาพค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนจากสูงที่สุดไปต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.6

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/mK)			
สัดส่วนผสม	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 1	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 2	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 3
M10P20	0.023	0.022	0.024
M8P20G2	0.021	0.019	0.020
M7P20G3	0.022	0.019	0.022
M6P20G4	0.021	0.020	0.022

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.5 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสัดส่วนผสมทั้ง 4. โดยผู้วิจัย, 2566.

#### 4.2.2.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

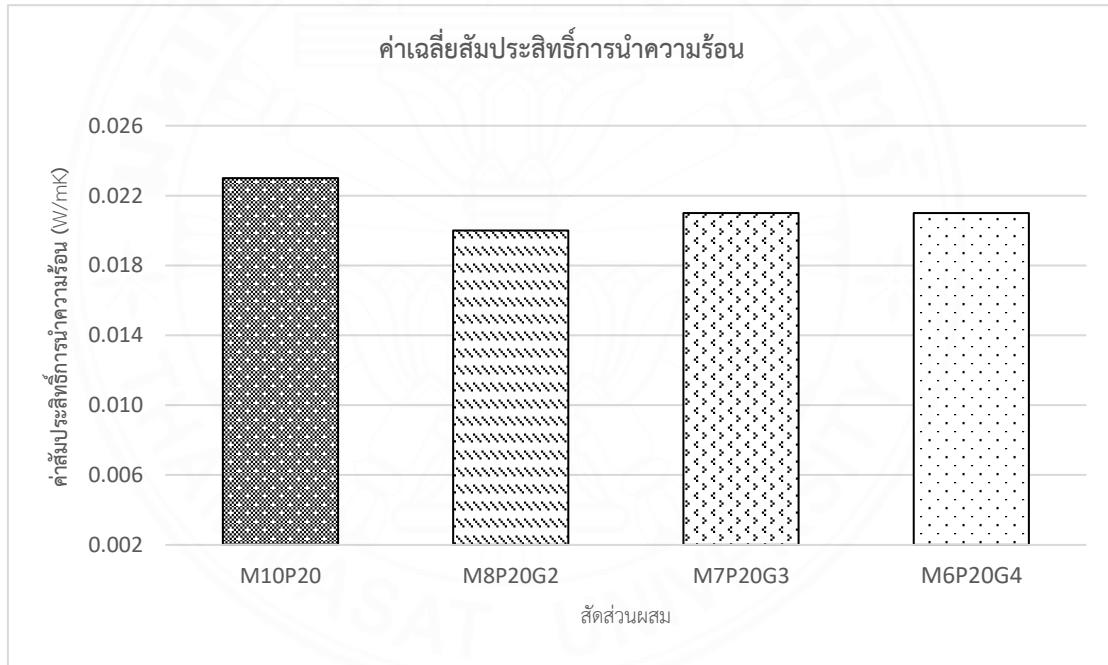
ผลลัพธ์ที่ได้เกิดจากการแปลงผลข้อมูล จากการหาค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของชิ้นงานทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุดข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.7

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/mK)	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	0.023
M8P20G2	0.020
M7P20G3	0.021
M6P20G4	0.021

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสัดส่วนผสมทั้ง 4.

โดยผู้วิจัย, 2566.

การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบร่วมกัน สัดส่วนผสม M10P20 เป็นสัดส่วนผสมที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุดอยู่ที่ 0.023 W/mK ส่วนสัดส่วนผสม M8P20G2, M7P20G3 และ M7P20G4 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนใกล้เคียงกันอยู่ที่ 20 - 21 W/mK

#### 4.2.3 ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ

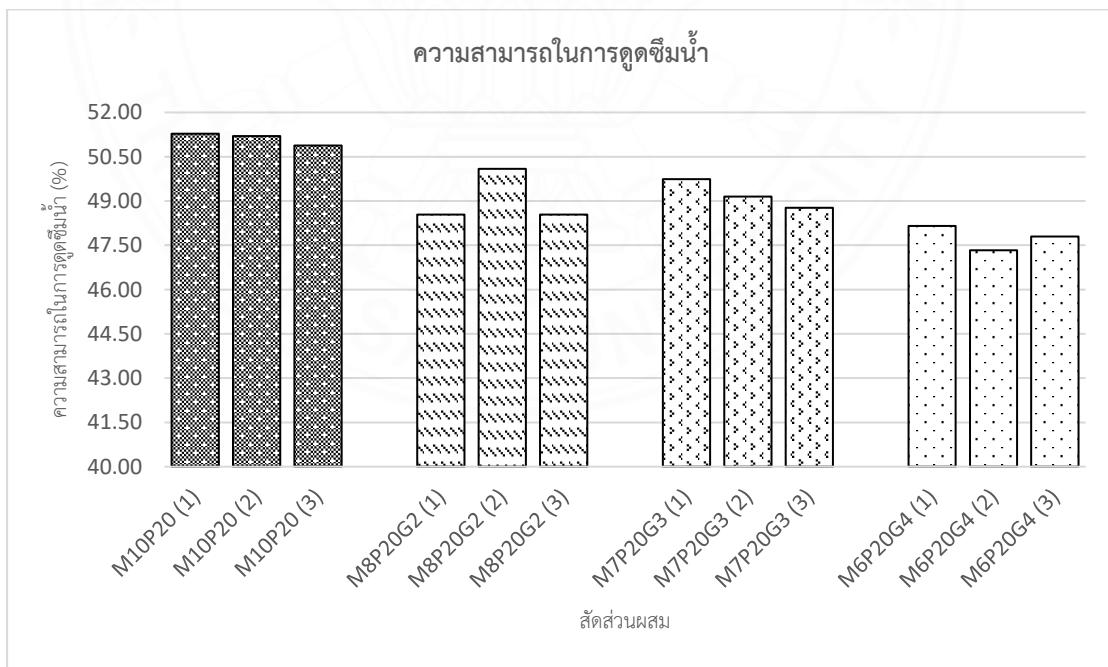
ทำการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ จากทำการทดสอบวัสดุดูดซับเสียง ชั้น 3 ชุด ต่อ 1 สัดส่วนผสม จากนั้นนำข้อมูลทดสอบวัสดุดูดซับเสียง ทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสม ละ 3 ชุดข้อมูล มาเปรียบเทียบเพื่อหาสัดส่วนผสมที่มีประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำจากสูงที่สุดไปต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.8

ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ (%)			
สัดส่วนผสม	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 1	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 2	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 3
M10P20	51.28	51.20	50.88
M8P20G2	48.54	50.09	49.18
M7P20G3	49.74	49.15	48.77
M6P20G4	48.15	47.33	47.80

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.7 ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4. โดยผู้วิจัย, 2566.

#### 4.2.3.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ

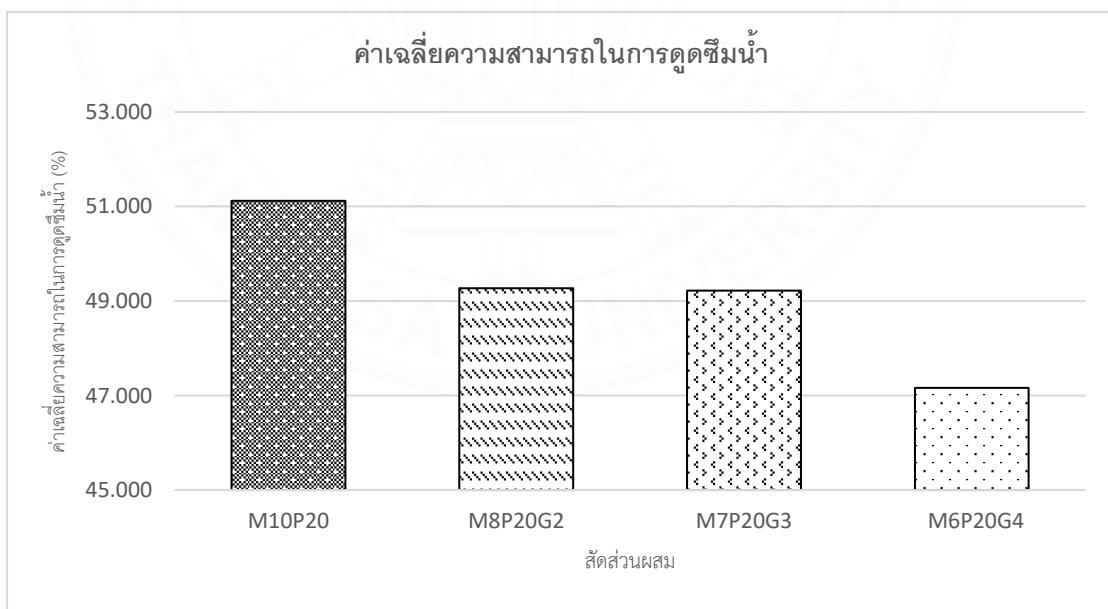
ผลลัพธ์ที่ได้เกิดจากการแปลงผลข้อมูล จากการหาค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ ของชิ้นงานทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุดข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.9

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ (%)	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	51.12
M8P20G2	49.27
M7P20G3	49.22
M6P20G4	47.76

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4.

โดยผู้วิจัย, 2566.

การทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบร่วมกับสัดส่วนผสม M10P20 มีความสามารถในการดูดซึมน้ำสูงที่สุดอยู่ที่ 51.12% สัดส่วนผสม M8P20G2, M7P20G3 มีความสามารถในการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกันอยู่ที่ประมาณ 49% และสัดส่วนผสม M6P20G4 มีความสามารถในการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดอยู่ที่ 47.76%

#### 4.2.4 ผลการทดสอบปริมาณความชื้น

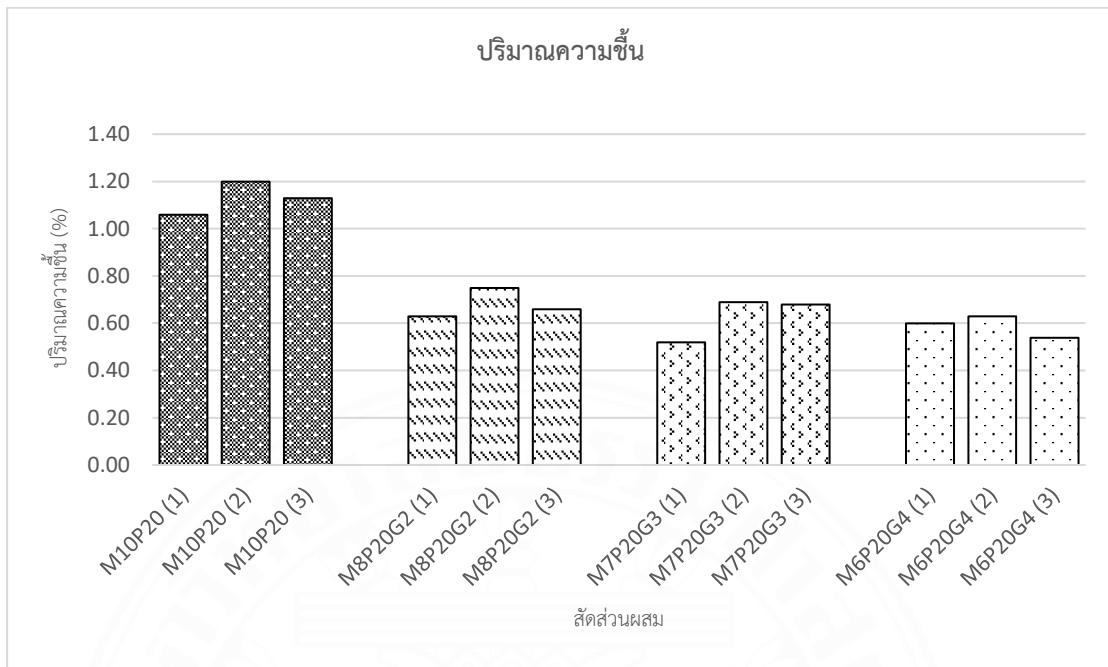
ทำการทดสอบปริมาณความชื้น โดยทำการทดสอบวัสดุดูดซับเสียง ชั้น 3 ชุดต่อ 1 สัดส่วนผสม จากนั้นนำข้อมูลทดสอบวัสดุดูดซับเสียง ทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุดข้อมูล มาเปรียบเทียบเพื่อหาสัดส่วนผสมที่มีประสิทธิภาพปริมาณความชื้นจากสูงที่สุดไปถ้วนที่สุด

ตารางที่ 4.10

ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (%)			
สัดส่วนผสม	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 1	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 2	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 3
M10P20	1.06	1.20	1.13
M8P20G2	0.63	0.75	0.66
M7P20G3	0.52	0.69	0.68
M6P20G4	0.60	0.63	0.54

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.9 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของสัดส่วนผสมทั้ง 4. โดยผู้วิจัย, 2566.

#### 4.2.4.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบปริมาณความชื้น

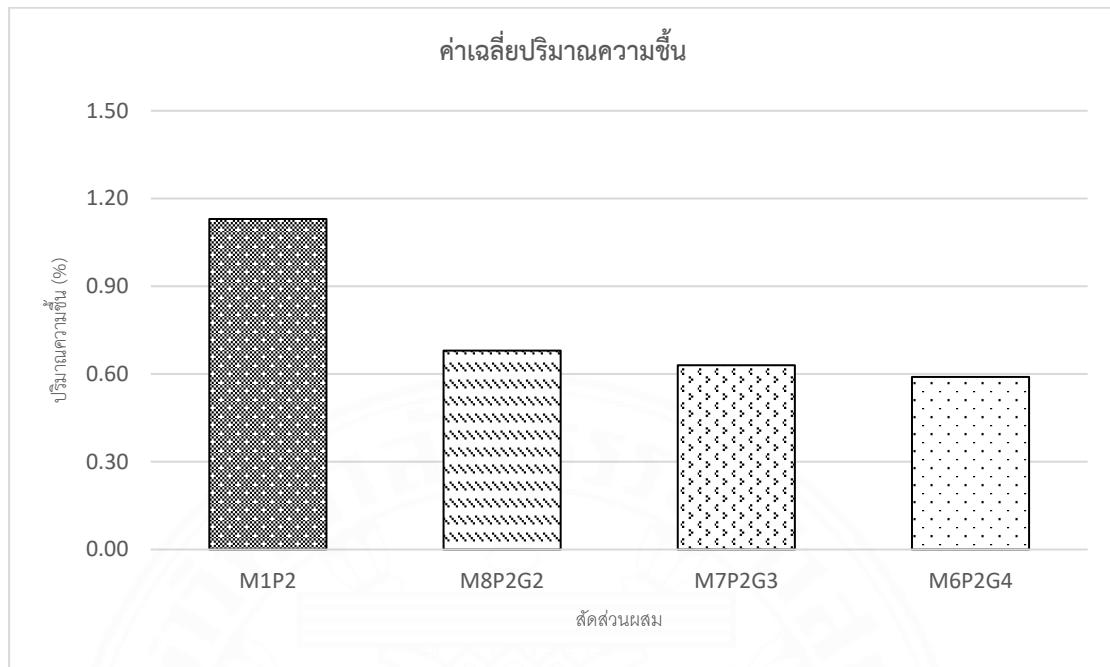
ผลลัพธ์ที่ได้เกิดจากการแปลงผลข้อมูล จากการหาค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบปริมาณความชื้น ของชิ้นงานทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.11

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (%)	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	1.13
M8P20G2	0.68
M7P20G3	0.63
M7P20G4	0.59

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบปริมาณความชื้นของสัดส่วนผสมทั้ง 4 โดยผู้วิจัย, 2566.

การทดสอบปริมาณความชื้นของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบว่า สัดส่วนผสม M10P20 มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดอยู่ที่ 1.13% สัดส่วนผสม M8P20G2 มีปริมาณความชื้นอยู่ที่ 0.68% และสัดส่วนผสม M7P20G2 M6P20G4 มีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันอยู่ที่ประมาณ 0.60%

#### 4.2.5 ผลการทดสอบอัตราการ lame ไฟ

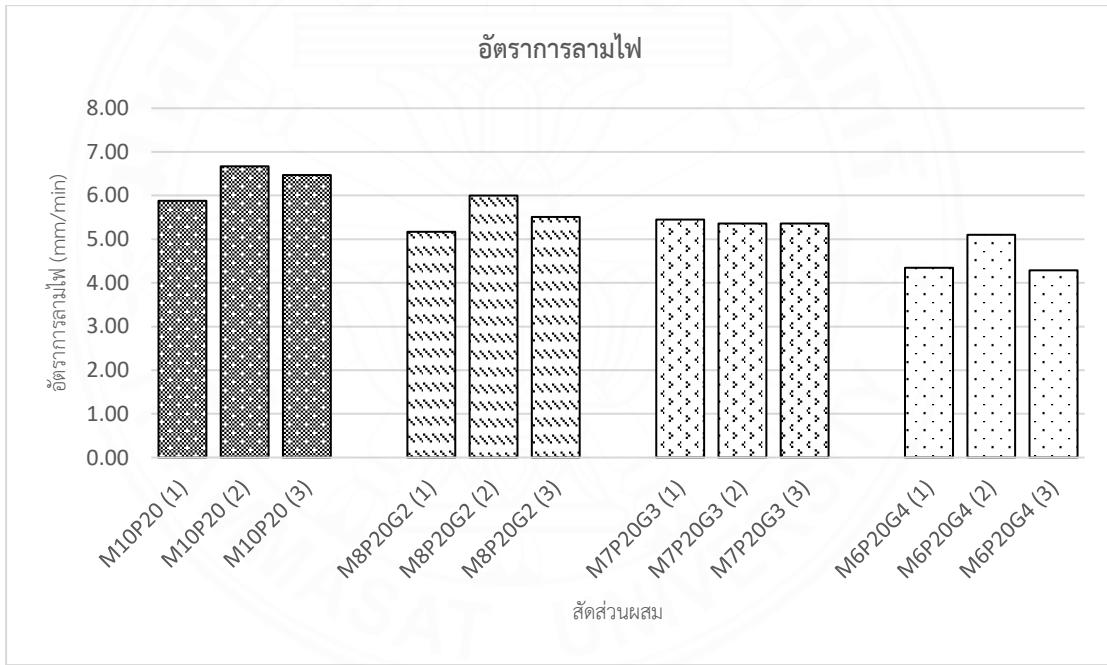
ทำการทดสอบอัตราการ lame ไฟ โดยทำการทดสอบวัสดุดูดซับเสียง ชั้น 3 ชุด ต่อ 1 สัดส่วนผสม จากนั้นนำข้อมูลทดสอบวัสดุวัสดุดูดซับเสียง ทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุดเข้ามูล มาเปรียบเทียบเพื่อหาสัดส่วนผสมที่มีประสิทธิภาพการ lame ไฟจากสูงที่สุดไปต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.12

ผลการทดสอบอัตราการ lameไฟ ของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบอัตราการ lameไฟ (mm/min)			
สัดส่วนผสม	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 1	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 2	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 3
M10P20	5.88	6.67	6.47
M8P20G2	5.17	6.00	5.51
M7P20G3	5.45	5.36	5.36
M6P20G4	4.35	5.10	4.29

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.11 ผลการทดสอบอัตราการ lameไฟของสัดส่วนผสมทั้ง 4. โดยผู้วิจัย, 2566.

#### 4.2.5.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบอัตราการ lameไฟ

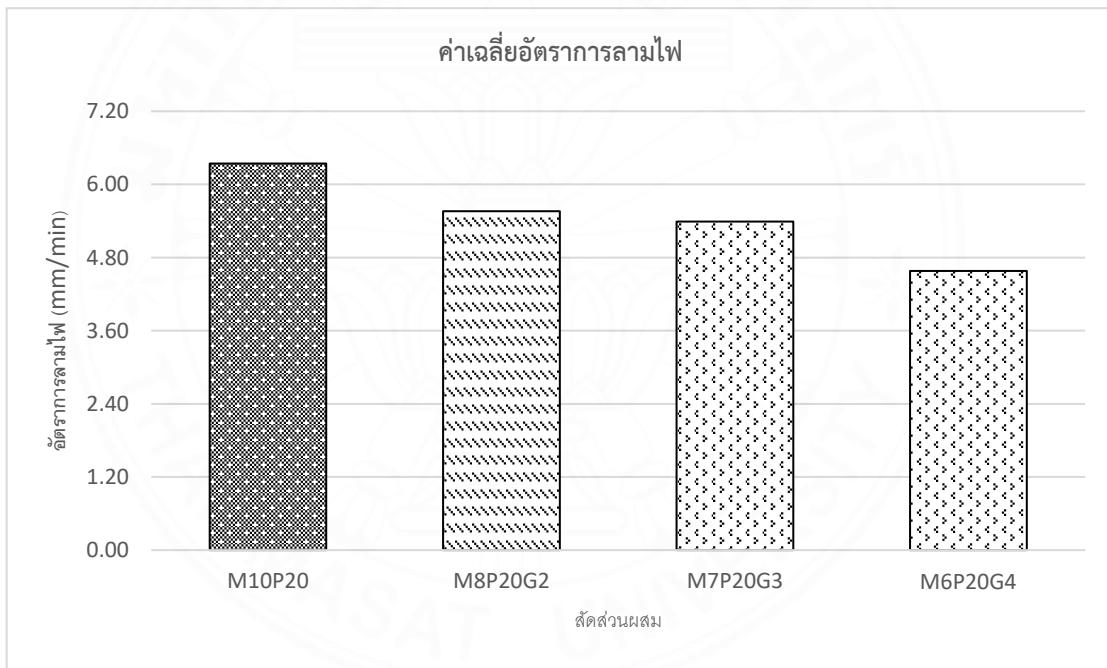
ผลลัพธ์ที่ได้เกิดจากการแปลงผลข้อมูล จากการหาค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบอัตราการ lameไฟ ของชิ้นงานทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุดข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.13

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบอัตราการ lame ไฟของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบอัตราการ lame ไฟ (mm/min)	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	6.34
M8P20G2	5.56
M7P20G3	5.39
M6P20G4	4.58

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบอัตราการ lame ไฟของสัดส่วนผสมทั้ง 4. โดยผู้วิจัย, 2566.

การทดสอบอัตราการ lame ไฟของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบว่า สัดส่วนผสม M10P20 มีอัตราการ lame ไฟสูงที่สุดอยู่ที่ 6.34 mm/min สัดส่วนผสม M8P20G2, M7P20G3 มีอัตราการ lame ไฟใกล้เคียงกันอยู่ที่ 5.39-5.56 mm/min และสัดส่วนผสมที่มีอัตราการ lame ไฟต่ำที่สุดคือ สัดส่วนผสม M6P20G4 อยู่ที่ 4.58 mm/min ซึ่งใช้เวลาในการเผาไหม้นานกว่าสัดส่วนผสมอื่น ๆ

### 4.3 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ประกอบด้วย การทดสอบค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำ โดยมีรายละเอียดผลการทดสอบดังนี้

#### 4.3.1 ผลการทดสอบค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำ

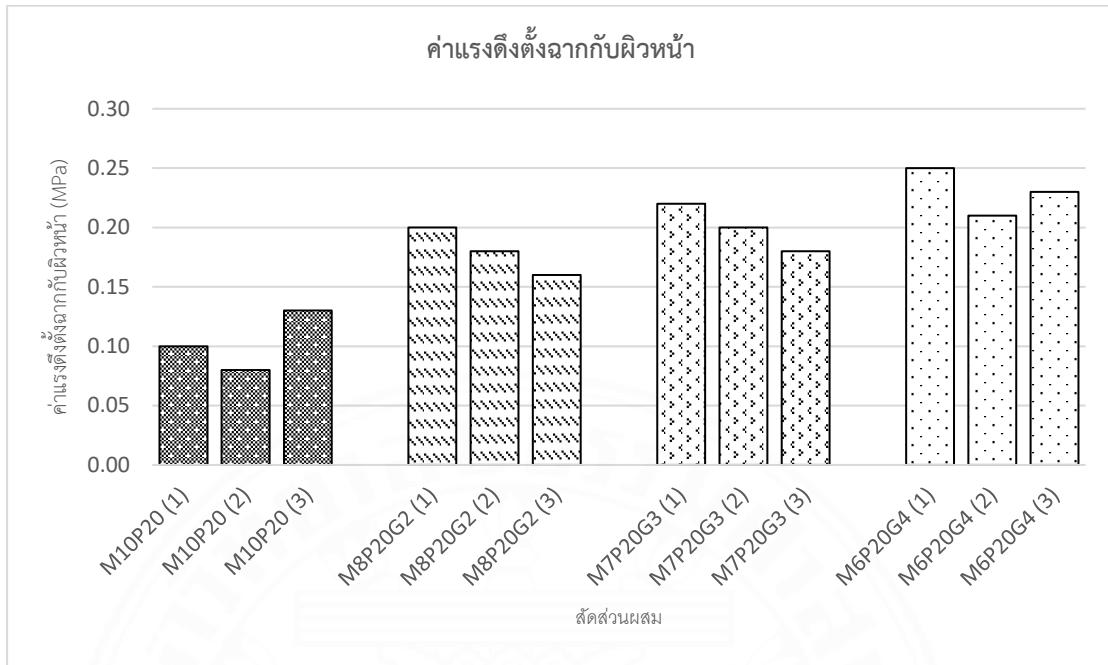
ทำการทดสอบค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำ โดยทำการทดสอบวัสดุดูดซับเสียง ชั้น 3 ชุด ต่อ 1 สัดส่วนผสม จากนั้นนำข้อมูลทดสอบวัสดุดูดซับเสียง ทั้ง 4 สัดส่วนผสม ผสมละ 3 ชุดข้อมูล มาเบรี่ยบเทียบเพื่อหาสัดส่วนผสมที่มีประสิทธิภาพค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำ จากรุ่นที่สุดไปต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.14

ผลการทดสอบค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำ (MPa)			
สัดส่วนผสม	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 1	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 2	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 3
M10P20	0.10	0.08	0.13
M8P20G2	0.20	0.18	0.16
M7P20G3	0.13	0.17	0.15
M6P20G4	0.25	0.21	0.23

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.13 ผลการทดสอบค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4. โดยผู้วิจัย, 2566.

#### 4.3.1.1 การแปลงผลข้อมูลผลการทดสอบค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำ

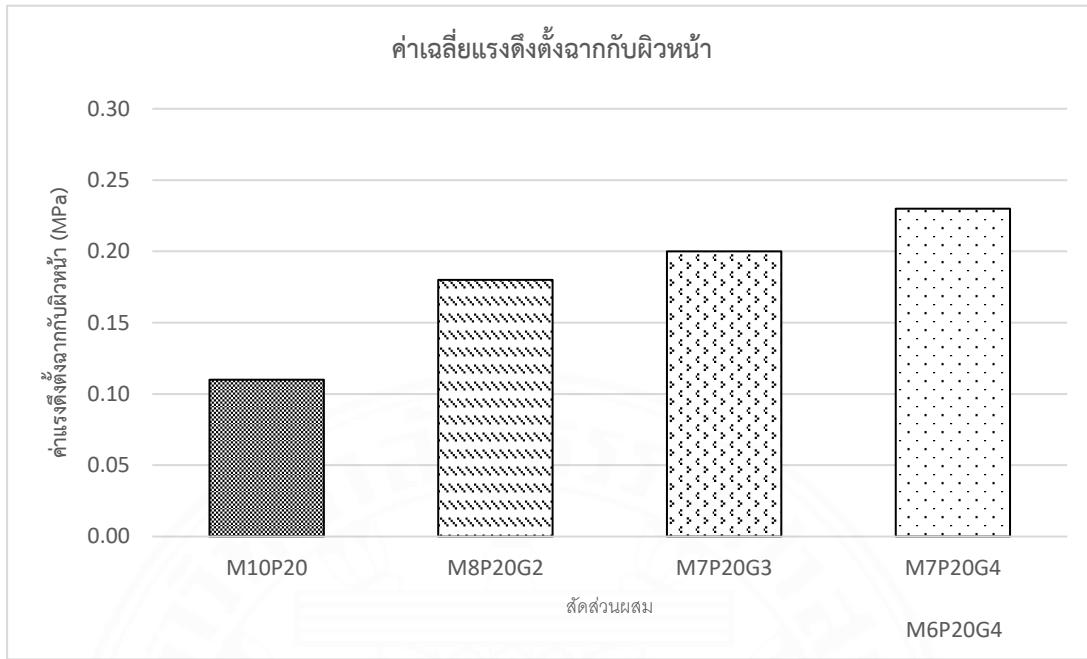
ผลลัพธ์ที่ได้เกิดจากการแปลงผลข้อมูล จากการหาค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำ ของชิ้นงานทั้ง 4 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมละ 3 ชุดข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.15

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำ (MPa)	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	0.11
M8P20G2	0.18
M7P20G3	0.15
M6P20G4	0.23

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4.  
โดยผู้จัย, 2566.

การทดสอบค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบร้า สัดส่วนผสม M6P20G4 มีค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวน้ำสูงที่สุดอยู่ที่ 0.23 MPa สัดส่วนผสม M8P20G2 M7P20G3 มีค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวน้ำใกล้เคียงกันอยู่ที่ 0.15 - 0.18 MPa และสัดส่วนผสมที่มีค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวน้ำต่ำที่สุดคือ สัดส่วนผสม M10P20 อยู่ที่ 0.11 MPa

#### 4.4 การเปรียบเทียบวัสดุดูดซับเสียงกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาและพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยเพื่อการประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม จึงได้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล กับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.4.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

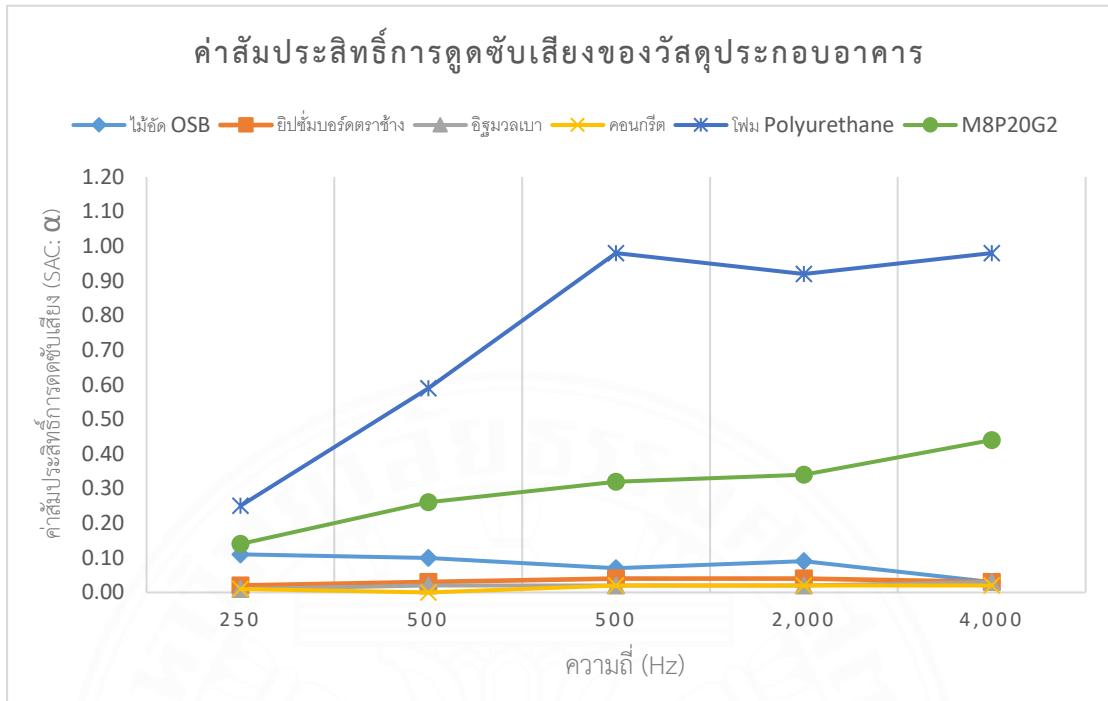
จากการวิเคราะห์สัดส่วนผสมทั้ง 4 พบร่วมกัน แสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ดีที่สุด คือสัดส่วนผสม M8P20G2 จึงได้นำมาใช้ในการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป ที่ช่วงความถี่เสียง 250 Hz, 500 Hz, 500 Hz, 2,000 Hz และ 4,000 Hz โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.16

การเปรียบเทียบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุประกอบอาคาร						
วัสดุ		ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (SAC; $\alpha$ )				
ประเภท	ความหนา	250 Hz	500 Hz	500 Hz	2,000 Hz	4,000 Hz
ไม้อัด OSB	9 มม.	0.11	0.10	0.07	0.09	0.03
ยิปซัมบอร์ดตราช้าง	9 มม.	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03
อิฐมวลเบา	75 มม.	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
คอนกรีต	NA	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Polyurethane Foam	50 มม.	0.25	0.59	0.98	0.92	0.98
M8P20G2	20 มม.	0.14	0.26	0.32	0.34	0.44

หมายเหตุ. จากการพัฒนาวัสดุกันเสียงและดูดซับเสียงจากเลื่อนไบเบลล์อกทุเรียน, โดย หางูพารณ สามัคคีธรรม, 2558, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 4.15 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป.

โดยผู้วิจัย, 2566.

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงระหว่างสัดส่วนผสม M8P20G2 และวัสดุประกอบอาคารทั่วไป พบว่า สัดส่วนผสม M8P20G2 มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ดีกว่าวัสดุประกอบอาคารทั่วไปหลายประเภท เช่น ไม้อัด OSB ยิปซัมบอร์ดตราช้าง อิฐมวลเบา และคอนกรีต แต่เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุประเภทอคุสติก คือ โฟม Polyurethane สัดส่วนผสมสูตร M8P20G2 ยังมีผลการทดสอบที่ด้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องด้วยความหนาระหว่างสัดส่วนผสม M8P20G2 และโฟม Polyurethane มีขนาดที่แตกต่างกันอยู่ที่ 30 มม. การศึกษาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจึงควรเปรียบเทียบจากขนาดวัสดุที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากการเพิ่มความหนาของวัสดุดูดซับเสียง ย่อมเป็นการเพิ่มแรงขึ้นของรูพรุนในเนื้อวัสดุที่ทดสอบ (ชาญชัย เจาะปก, 2561) ทำให้เสียงที่ส่งผ่านอากาศภายในเนื้อวัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงการสั่นสะเทือนและสูญเสียไปเป็นพลังงานกล พลังงานเสียงจึงถูกลดทอนลง

#### 4.4.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล

นำสัดส่วนผสม M8P20G2 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล กับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป เพื่อเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียงทางเลือกในงานสถาปัตยกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.17

การเปรียบเทียบคุณสมบัติค่าล้มเหลวที่การดูดซับเสียงกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป

การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล							
วัสดุ		คุณสมบัติทางกายภาพ					คุณสมบัติเชิงกล
ประเภท	ขนาด (มม.)	ความหนาแน่น (Kg/m <sup>3</sup> )	ค่าสัมประสิทธิ์การนำ ความร้อน (W/mk)	ความสามารถในการ ดูดซึมน้ำ (%)	ปริมาณความชื้น (%)	อัตราการ lame ไฟ (mm/min)	ค่าแรงดึงตั้งฉากกับ ผิวน้ำ (MPa)
ไม้อัด OSB	9	>800	0.08	38	25	5	3.05
ยิปซัมบอร์ดตราชาง	9	600	0.019	5	>0.5	<4	0.28
อิฐมวลเบา Smart Block	75	<500	0.088	32	NA	NA	NA
คอนกรีต	NA	2,400	<2.25	NA	75	NA	>30
Polyurethane Foam	50	215.00	<0.066	NA	NA	89	NA
M8P20G2	20	551.76	0.020	49.27	0.020	5.56	0.18

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล ระหว่าง สัดส่วนผสม M8P20G2 กับวัสดุประกอบอาคารทั่วไป พบว่าสัดส่วนผสม M8P20G2 มี คุณสมบัติทางกายภาพ ดีกว่าวัสดุประกอบอาคารทั่วไปบางประการ เช่น

1. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่มีประสิทธิภาพดีกว่า ไม้อัด OSB อิฐมวลเบา และมีค่าไกล์เดียวคงกับยิปซั่มบอร์ด
2. ปริมาณความชื้นที่มีที่มีประสิทธิภาพดีกว่า ไม้อัด OSB ยิปซั่มบอร์ด และค่อนกรีต
3. อัตราการ lame ไฟที่มีประสิทธิภาพดีกว่า Polyurethane Foam

ส่วนความสามารถในการดูดซึมน้ำและค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวน้ำยังมีประสิทธิภาพด้อยกว่าวัสดุ ประกอบอาคารทั่วไป เนื่องจากการใช้ประโยชน์ของความเป็นรูพรุนของเส้นใยโพลิเมอร์และการใช้ ประโยชน์ด้านประสิทธิภาพการประสานชิ้นงานของน้ำยางพารา ที่ต้องการคงความเป็นรูพรุนของวัสดุ รวมไปถึงความความอ่อนนิ่มของวัสดุดูดซับเสียงที่เกิดจากวัสดุประสาน จึงส่งผลต่อประสิทธิภาพด้าน ความสามารถในการดูดซึมน้ำและค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวน้ำของวัสดุ

#### **4.5 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของวัสดุดูดซับเสียง**

ทำการคำนวณต้นทุนในการผลิตวัสดุดูดซับเสียงในการผลิต และนำไปเปรียบเทียบกับ ราคาวัสดุดูดซับเสียงทั่วไป เพื่อเป็นการวิเคราะห์ความเป็นไปได้เบื้องต้นทางการลงทุน โดยมี รายละเอียดดังนี้

##### **4.5.1 ต้นทุนการผลิตของวัสดุดูดซับเสียง**

ต้นทุนการผลิตวัสดุดูดซับเสียงคำนวณจากรายการค่าวัสดุ ค่าแรงงาน โดยไม่รวม ค่าไฟฟ้า ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต ค่าขนส่ง และค่าติดตั้งวัสดุ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.18

**ค่าสมมติที่การดูดซับเลี้ยงของสัดส่วนผสมทั้ง 4**

<b>ต้นทุนการผลิตของวัสดุดูดซับเสียง</b>		
รายการ	ราคา	หน่วย
<b>ค่าวัสดุ</b>		
1) หน้ากากอนามัย (ใช้แล้ว)	-	บาท/กก.
2) น้ำยาฆ่าพยาธิ	45	บาท/ล.
3) ไยแก้ว	140	บาท/กก.
4) Ethyl Alcohol ยีห้อสิริบัญชา	113	บาท/ล.
<b>ค่าแรงงาน</b>		
1) พนังงานอัตราจ้างรายวัน	350	บาท/คน

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2566.

#### 4.5.1.1 วิธีการคำนวณ

ค่าวัสดุ

- |                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1) หน้ากากอนามัย (ใช้แล้ว); | ปริมาณ (กก.) x ราคา (บาท) |
| 2) น้ำยาฆ่าพยาธิ ;          | ปริมาณ (ล.) x ราคา (บาท)  |
| 3) ไยแก้ว ;                 | ปริมาณ (กก.) x ราคา (บาท) |
| 4) Ethyl Alcohol :          | ปริมาณ (ล.) x ราคา (บาท)  |

ค่าแรงงาน

- |                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| 1) พนังงานอัตราจ้างรายวัน ; | ค่าจ้าง 350/วัน |
|-----------------------------|-----------------|

ราคาต้นทุน

$$(ค่าวัสดุ \times \text{จำนวนวัสดุที่ผลิตได้:พนักงาน 1 คน}) + \text{ค่าแรงงาน:คน}$$

$$\frac{\text{จำนวนวัสดุที่ผลิตได้:พนักงาน 1 คน}}{\text{ตั้งนั้น}}$$

หาก 1 วันสามารถผลิตได้ 20 ชิ้น (ขนาด 60x60 ซม.) : พนักงาน 1 คน

ราคาต้นทุนจะอยู่ที่ แผ่นละประมาณ 22 บาท

ราคาต้นทุนที่ได้เป็นราคาโดยการประมาณในการผลิตวัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย โดยการทดลองเบื้องต้นมีจุดประสงค์การผลิตเพื่อเป็นต้นแบบการศึกษา จึงเลือกใช้หน้ากากอนามัยที่ยังไม่ผ่านการใช้งานเป็นวัสดุผสมในการผลิตเพื่อลดความเสี่ยง ด้านสุขอนามัย ความตั้งใจในขั้นตอนการผลิตจริงไม่สามารถคิดราคาจากหน้ากากอนามัยที่ผ่านการใช้งานแล้วได้ จึงสามารถลดต้นทุนในการผลิตของวัสดุหลักในการผลิตได้ และได้มีการเพิ่ม Ethyl Alcohol ที่ใช้ในการทำความสะอาดหน้ากากอนามัย ส่วนราคาน้ำยาฆ่าพาราและไอล์ก้าเป็นราคาที่ขายตามท้องตลาดทั่วไปและใช้ราคาขั้นต่ำของการจ้างพนักงานรายวันในการใช้คำนวณราคาต้นทุนในการผลิต โดยไม่รวมค่าไฟฟ้า ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต ค่าขนส่ง และค่าติดตั้งวัสดุ

#### 4.5.2 การเปรียบเทียบกับราคากับวัสดุดูดซับเสียงทั่วไป

ตารางที่ 4.19

การเปรียบเทียบราคาวัสดุดูดซับเสียงกับวัสดุดูดซับเสียงทั่วไป

การเปรียบเทียบราคาวัสดุดูดซับเสียง		
วัสดุ	ขนาด (ซม.)	ราคา (บาท/ตร.ม.)
Polyurethane Foam	30x30	120
แผ่นซับเสียง ยี่ห้อ SCG	60x120	370
PU Foam	60x60	500
PE Foam	60x60	500
M8P20G2	60x60	45*

\* เป็นเพียงราคาประมาณต้นทุนการผลิตเท่านั้น

หมายเหตุ. จาก Cylence Zoundblock SCG, 10 อันดับ แผ่นซับเสียงติดผนัง, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2566. สืบค้นจาก <https://www.scghomebuild.com>, <https://th.my-best.com>.

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การสรุปผลจากการศึกษาวัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย และน้ำยาฆ่าพารา นำไปสู่การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตวัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย ที่มีผลต่อกุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล เพื่อนำไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวัสดุประกอบอาคารทั่วไปในการประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม โดยได้มีการศึกษาเบื้องต้นโดยการรวมแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุด้านค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง อ้างอิงมาตรฐาน ISO 10534-2, ASTM E1050-90 และ ASTM E2611-09 คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น อ้างอิงมาตรฐาน ASTM D2395-07 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความสามารถในการดูดซึมน้ำ ปริมาณความชื้น อ้างอิงมาตรฐาน ISO D570 รวมถึงอัตราการลำไ파 อ้างอิงมาตรฐาน ISO 11928 และคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่าแรงดึงตัวจากกับผิวน้ำ อ้างอิงมาตรฐาน ASTM D4541 โดยผลที่ได้จะนำไปสู่การพัฒนาเป็นวัสดุทางเลือกในการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียงในการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อม โดยได้นำเสนอแนวทางการใช้งานเพื่อป้องกันมลภาวะของเสียงที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียงภายในอาคารโดยวิธีการติดตั้งร่วมกับโครงคร่าว

#### 5.1 ผลสรุปจากการศึกษา

##### 5.1.1 กรรมวิธีการผลิต

การศึกษาสัดส่วนผสมในการผลิตซึ่งประกอบไปด้วยเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาฆ่าพารา และไข่แก้ว จากการทดลองขึ้นรูปพบว่า สัดส่วนผสมที่เหมาะสม คือการทำหนดอัตราส่วนน้ำยาฆ่าพาราให้คงที่เป็นตัวแปรควบคุม โดยมีอัตราส่วนเส้นใยพอลิเมอร์:น้ำยาฆ่าพาราเท่ากับ 1:2 โดยน้ำหนัก เพื่อประสิทธิภาพการประสานที่ดีผลลัพธ์เมื่อวัสดุแห้งดีแล้วไม่มีการแตกตัวออกเป็นชุบ และในสัดส่วนผสมที่ใส่ไข่แก้วมีทั้งหมด 3 สัดส่วนผสมได้แก่ 1) M8P20G2 กำหนดอัตราส่วนเส้นใยพอลิเมอร์:น้ำยาฆ่าพารา:ไข่แก้วเท่ากับ 0.8:2:0.2 2) M7P20G3 กำหนดอัตราส่วนเส้นใยพอลิเมอร์:น้ำยาฆ่าพารา:ไข่แก้วเท่ากับ 0.7:2:0.3 และ 3) M6P20G4 กำหนดอัตราส่วนเส้นใยพอลิเมอร์:น้ำยาฆ่าพารา:ไข่แก้วเท่ากับ 0.6:2:0.4 ขึ้นรูป ณ อุณหภูมิห้อง

### 5.1.2 คุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

จากการทดสอบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง พบร้า สัดส่วนผสม M8P20G2 เป็นสัดส่วนผสมที่มีแนวโน้มความสามารถในการลดค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ดีที่สุดอยู่ที่ 0.27 ตั้งแต่ช่วงความถี่ 500 - 5,000 Hz เนื่องจากเป็นสัดส่วนผสมที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุดจากการมีเส้นใยแก้วเป็นสัดส่วนผสมเข้ามาแทนที่ความหนาแน่นของเส้นใยโพลิเมอร์ ส่งผลให้เกิดช่องว่างหรือรูพรุนภายในวัสดุ ทำให้เสียงที่ส่งผ่านอากาศเข้ามายังภายในเนื้อวัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงการสั่นสะเทือนและสูญเสียไปเป็นพลังงานก่อ พลังงานเสียงจึงถูกลดทอนลงก่อนที่จะส่งท้อนออกมานอกไปในลักษณะของคลื่นเสียงที่ทุมนุชย์ได้ยิน (Templeton, 1996) ซึ่งสัดส่วนผสม M8P20G2 ให้ผลคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ดีที่ช่วงความถี่ 500 - 5,000 Hz ซึ่งช่วงความถี่ระหว่าง 1,600 – 4,000 Hz คือช่วงช่วงความถี่ที่สำคัญสำหรับเสียงพูด เสียงร้องเพลง และเป็นช่วงความถี่ของเครื่องดนตรีในประเภท Mid-Range เช่น กีต้าร์ เนื่องจากเป็นช่วงความถี่ที่ทุมนุชย์สามารถตอบสนองต่อพลังงานเสียงได้ดีมาก (Irvine & Richards, 1998)

### 5.1.3 คุณสมบัติทางกายภาพ

#### 5.1.3.1 ความหนาแน่น

จากการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบร้า สัดส่วนผสม M10P20 เป็นสัดส่วนผสมที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดอยู่ที่  $553.74 \text{ Kg/m}^3$  และสัดส่วนผสม M8P20G2 เป็นสัดส่วนผสมที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุดอยู่ที่  $552.03 \text{ Kg/m}^3$  เนื่องจากสัดส่วนผสม M8P20G2 มีส่วนผสมของไยแก้วเข้ามาแทนที่ความหนาแน่นของเส้นใยโพลิเมอร์ส่งผลให้เกิดช่องว่างหรือรูพรุนภายในวัสดุ โดยมีสัดส่วนผสมในการผลิตประกอบด้วยเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาฆ่าพารา และไยแก้ว ในอัตราส่วน 0.8:2:0.2 โดยนำหนัก

#### 5.1.3.2 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

จากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบร้า สัดส่วนผสม M10P20 เป็นสัดส่วนผสมที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุดอยู่ที่ 0.023 W/mK และสัดส่วนผสม M8P20G2 เป็นสัดส่วนผสมที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.020 W/mK เนื่องจากสัดส่วนผสม M8P20G2 เป็นสัดส่วนผสมที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุดจึงเกิดช่องว่างภายในวัสดุมากกว่าสัดส่วนผสมอื่น ๆ ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำ

### 5.1.3.3 ความสามารถในการดูดซึมน้ำ

จากการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบว่า สัดส่วนผสม M10P20 เป็นสัดส่วนผสมที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำสูงสุดอยู่ที่ 51.12% และสัดส่วนผสม M6P20G4 เป็นสัดส่วนผสมที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำต่ำอยู่ที่ 49.22% เนื่องจากสัดส่วนผสม M6P20G4 มีสัดส่วนผสมของไยแก้วที่มีคุณสมบัติไม่ดูดซึมน้ำ (Rathore et al., 2023) เข้ามาแทนที่เส้นใยโพลิเมอร์มากที่สุดจากสัดส่วนผสมทั้ง 4 โดยมีสัดส่วนผสมที่ประกอบด้วย เส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาฆ่าเชื้อ และไยแก้ว อัตราส่วน 0.6:2:0.4 โดยน้ำหนัก

### 5.1.3.4 ปริมาณความชื้น

จากการทดสอบปริมาณความชื้นของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบว่า สัดส่วนผสม M10P20 เป็นสัดส่วนผสมที่มีปริมาณความชื้นสูงสุดอยู่ที่ 1.13% และสัดส่วนผสม M6P20G4 เป็นสัดส่วนผสมที่มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.59% เนื่องจากสัดส่วนผสม M6P20G4 มีสัดส่วนผสมของไยแก้วที่มีคุณสมบัติไม่ดูดซึมน้ำ (Rathore et al., 2023) เข้ามาแทนที่เส้นใยโพลิเมอร์มากที่สุดจากสัดส่วนผสมทั้ง 4 โดยมีสัดส่วนผสมที่ประกอบด้วยเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาฆ่าเชื้อ และไยแก้ว ในอัตราส่วน 0.6:2:0.4 โดยน้ำหนัก

### 5.1.3.5 อัตราการ lame ไฟ

จากการทดสอบอัตราการ lame ไฟของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบว่า สัดส่วนผสม M10P20 เป็นสัดส่วนผสมที่มีอัตราการ lame ไฟสูงที่สุดอยู่ที่ 6.34 mm/min และสัดส่วนผสม M6P20G4 เป็นสัดส่วนผสมที่มีอัตราการ lame ไฟต่ำที่สุดอยู่ที่ 4.58 mm/min เนื่องจากสัดส่วนผสม M6P20G4 มีสัดส่วนผสมของไยแก้วที่มีคุณสมบัติไม่ lame ไฟ (Wazzadu, 2021) เข้ามาแทนที่เส้นใยโพลิเมอร์มากที่สุดจากสัดส่วนผสมทั้ง 4 โดยมีสัดส่วนผสมที่ประกอบด้วยเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาฆ่าเชื้อ และไยแก้ว ในอัตราส่วน 0.7:2:0.4 โดยน้ำหนัก

### 5.1.4 คุณสมบัติเชิงกล

#### 5.1.4.1 ค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำ

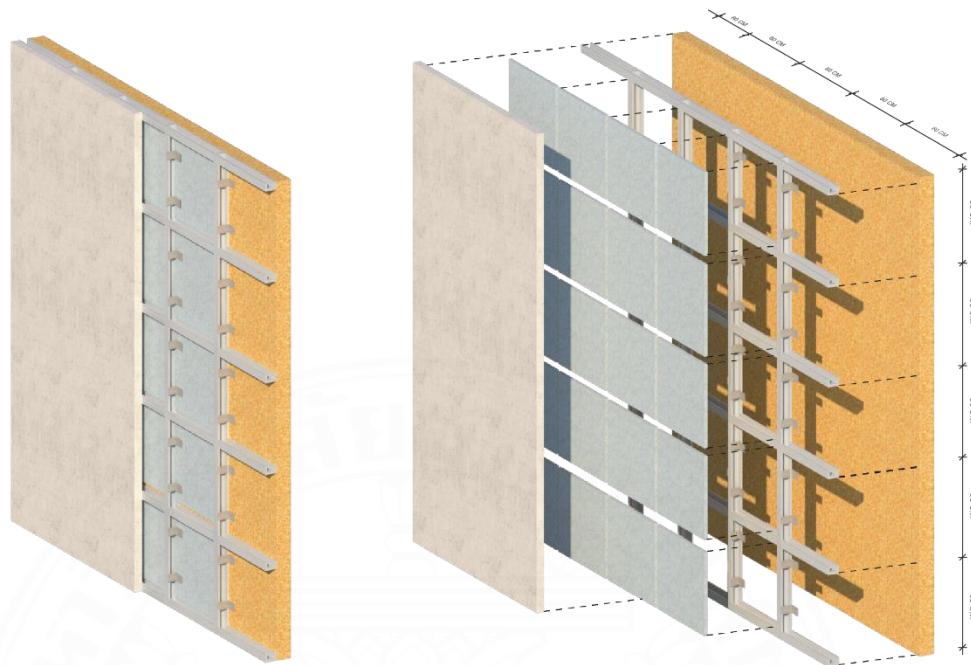
จากการทดสอบค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4 พบว่า สัดส่วนผสม M6P20G4 เป็นสัดส่วนผสมที่มีค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำสูงที่สุดอยู่ที่ 0.23 MPa และ สัดส่วนผสม M10P20 เป็นสัดส่วนผสมที่มีค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.11 MPa เนื่องจากสัดส่วนผสม M6P20G4 มีสัดส่วนผสมของไยแก้วเข้ามาแทนที่เส้นใยโพลิเมอร์มากที่สุดจากสัดส่วนผสมทั้ง 4 โดยมีสัดส่วนผสมที่ประกอบด้วยเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย น้ำยาฆ่าเชื้อ และไยแก้ว ในอัตราส่วน 0.7:2:0.4 โดยน้ำหนัก ซึ่งไยแก้วเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี เนื่องจากมี

โครงสร้างของเส้นใยที่ยาวและไม่มีจุดหยุ่นจึงทนทานต่อการบีบอัดและสามารถคืนตัวได้ (Wazzadu, 2021)

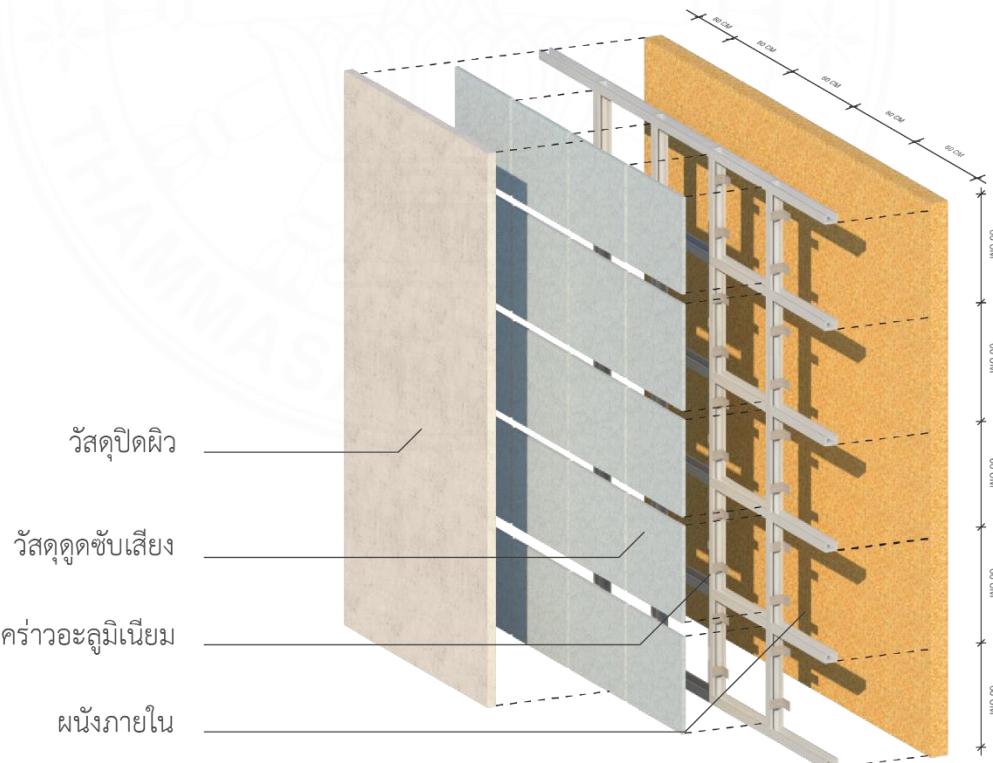
### 5.1.5 การประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยและวัสดุประกอบอาคารทั่วไป เพื่อนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียงทางเลือกในการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากเป็นวัสดุดูดซับเสียงที่มีแนวคิดนำวัสดุที่ผ่านการใช้งานแล้วอย่างหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้ง มาผ่านกระบวนการปรุงเพื่อสร้างใหม่กลایเป็นวัสดุดูดซับเสียงเพื่อกลับเข้าสู่วงจรการใช้งานอีกครั้ง อีกทั้งยังเป็นการลดการใช้วิธีเผาที่อุณหภูมิสูงที่ใช้พลังงานและทรัพยากรในปริมาณมากในการกำจัดหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้ง ทั้งนี้ได้นำเสนอแนวทางการใช้งานเพื่อป้องกันมลภาวะของเสียงที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียงภายในอาคารโดยวิธีการติดตั้งร่วมกับโครงสร้างร่วมด้วย

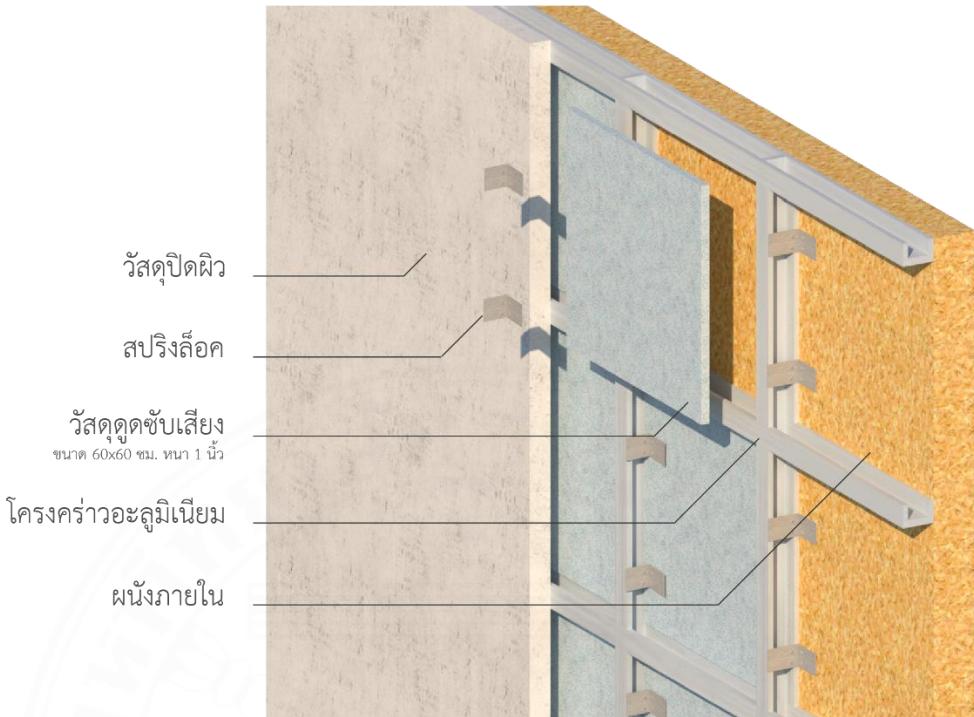
จากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่า วัสดุดูดซับเสียงมีประสิทธิภาพค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ต่ำกว่าวัสดุประกอบอาคารทั่วไป เช่น ไม้อัด OSB ยิปซั่มบอร์ดตราช้าง อิฐมวลเบา และคอนกรีต แต่เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุประเภทอคุสติก คือ โฟม Polyurethane สัดส่วนผสมสูตร M8P20G2 ยังมีผลการทดสอบที่ด้อยกว่า ทั้งนี้เกิดจากขนาดและความหนาของวัสดุทดสอบที่แตกต่างกัน การศึกษาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจึงควรเปรียบเทียบจากขนาดวัสดุที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากการเพิ่มความหนาของวัสดุดูดซับเสียงย่อมเป็นการเพิ่ม trọngของรูปrun ในเนื้อวัสดุที่ทดสอบทำให้เสียงที่ส่งผ่านอากาศภายในเนื้อวัสดุ เกิดการเปลี่ยนแปลงการสั่นสะเทือนและสูญเสียไปเป็นพลังงานกลพลังงานเสียงจึงถูกลดthonลง (Chanchai Ngohpok, 2561) ส่วนการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีประสิทธิภาพดีกว่า ไม้อัด OSB อิฐมวลเบา และมีค่าใกล้เคียงกับยิปซั่มบอร์ด และมีเปอร์เซ็นต์ปริมาณความชื้นที่มีประสิทธิภาพดีกว่า ไม้อัด OSB ยิปซั่มบอร์ด และคอนกรีต ในด้านอัตราการ lame ไฟฟ้า มีประสิทธิภาพดีกว่า Polyurethane Foam ส่วนความสามารถในการดูดซึมน้ำและค่าแรงดึงตั้งจากกับผิวน้ำของวัสดุ



ภาพที่ 5.1 ภาพจำลองการประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 5.2 ภาพจำลองการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงร่วมกับโครงคร่าว. โดยผู้วิจัย, 2566.



ภาพที่ 5.3 ภาพขยายวัสดุดูดซับเสียงติดตั้งร่วมกับโครงคร่าว. โดยผู้จัย, 2566.

ภาพขยายแสดงการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยขนาด 60x60 ซม. หนา 1 น. ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานสำหรับวัสดุดูดซับเสียง ร่วมกับโครงคร่าวอะลูมิเนียม โดยมีสปริงล็อกคีย์ดับบล์ดูดซับเสียงไว้กับโครงคร่าว สามารถติดตั้งใช้งานภายในอาคารได้เนื่องจากมีคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ดีกว่าวัสดุประกอบอาคารทั่วไป เช่น ไม้ ยิปซั่มบอร์ด อิฐมวลเบา ฯลฯ และมีคุณสมบัติทางกายภาพของของเบอร์เข็นความชื้นที่ต่ำจึงมั่นใจได้ว่าจะไม่ก่อให้เกิดเชื้อราที่ผนังอันเป็นบ่อเกิดของความสกปรก วัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัยนี้เหมาะสมสำหรับใช้งานในห้องที่ไม่ต้องการให้มีเสียงรบกวน เช่น ห้องนอน ห้องทำงาน หรือห้องประชุม เป็นต้น

#### 5.1.6 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

1. ในการขึ้นรูปชิ้นงานครุศึกษาและพิจารณาวัสดุประสานที่หลากหลายมากขึ้น เนื่องจากความหนาแน่นของน้ำยาางพาราอาจส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ดังนั้นในการศึกษาต่อไปควรพิจารณาเลือกวัสดุประสานที่มีคุณสมบัติการยึดเกาะที่ดีและมีความหนาแน่นต่ำ
2. ในขั้นตอนการผลิตชิ้นงานเป็นกระบวนการซึ่งต้องและจัดทำชิ้นงานด้วยมือ โดยไม่ได้ใช้ระบบทางอุตสาหกรรมในการผลิต การป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error) จึงควรมีเครื่องมือที่สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้

3. เมื่อทราบถึงสัดส่วนผู้สมทบในภาระเพิ่มขึ้นของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ดีที่สุดแล้ว ควรทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับวัสดุอุดติดตามท้องตลาดที่มีขนาดและความหนาที่ใกล้เคียงกัน

4. ในขั้นตอนการทดสอบสมบัติด้านเสียง สมบัติเชิงกล และสมบัติทางกายภาพได้ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้งต่อสัดส่วนผู้สมทบ หากเพิ่มจำนวนครั้งของการทดสอบในการศึกษาผลลัพธ์ที่ได้จะมีความแม่นยำมากขึ้น

#### **5.1.7 ข้อจำกัดในงานวิจัย**

1. เนื่องด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 และระยะเวลาที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงไม่สามารถนำหน้ากากอนามัยที่ผ่านการใช้งานแล้วมาใช้ในการทดลองต่าง ๆ ตามขั้นตอนของงานวิจัยได้จริง

## รายการอ้างอิง

### บทความวารสาร

- สันสนีย์ เหมาคม และโขคชัย แจ่มอ่ำพร. (2563). การศึกษาการใช้รั้วสุดผสมของโพลิพรอพิลีนและไยมะพร้าวเป็นสุดทุกดแทน. วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า, 18, 58-69.
- จินตนา สุขสวัสดิ์, วรรรرم อุ่นจิตติชัย และอิทธิพล แจ้งชัด. (2554). การศึกษาสมบัติเชิงกลของไม้พลาสติกจากโพลิโพร์พิลีนและเศษไม้จากปาล์มน้ำมัน เส้นใย苧ลายปาล์มเปล่า และเส้นใยทางใบ. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 1578-1585.
- ชาญชัย เงาะปก. (2561). การดูดซับเสียงของคอนกรีตพูนที่ใช้มวลรวมหมายขนาดต่างกัน. *KKU Research Journal (Graduate Studies)*, 19(2), 65-77.

### วิทยานิพนธ์

- กนกวรรณ มะสุวรรณ. (2556). การพัฒนาแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์โดยใช้เส้นใยธรรมชาติเพื่อประดิษฐ์ภาพในการกันเสียง. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง.
- กอปร เพรมฤทธิ์. (2561). วัสดุดูดซับเสียงพนังภายในอาคารจากเส้นใยกัญชงและวัสดุประสานจากธรรมชาติ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.
- กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล และวัลลภา หาญรงค์ชัย. (2558). การผลิตวัสดุดูดซับเสียงจากวัสดุผสมยางพาราธรรมชาติและเส้นใยธรรมชาติ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ดาริกาจากาເອາເ ແລະ ອາບີດິນ ດະແຈສາມາເ. (2554). ວັດທຸດຊັບເລື່ອງຈາກນໍາຍາງຮຽມໝາຕີຜົມໃຢມະພັງ. (ວິທະຍານິພນົດຸ້ງຄົງບັນທຶກ). มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, คณะພິສິກສະແລ້ວວິທະຍາສາສົກ.
- ธเนศ รัตนวีໄລ ແລະ ສຸກໜ້າ ແກ້ວຈັງ. (2552). การพัฒนาບລືກບູພື້ນທີ່ທຳຈາຍາງຮຽມໝາຕີແລ້ວ EPDM ເໜື້ອທິ່ງ. (ປະຫຼາມວິທະຍານິພນົດຸ້ງຄົງບັນທຶກ). มหาวิทยาลัยສົງລານຄຣິນທົ່ງ, คณะວິສະວະກະຮຽມໝາສົກ.

นุรีดา กะลูแป. (2562). การดูดซับเสียงของยางธรรมชาติผสมเล่นี่จากลำต้นมากและเส้นใยลูกตาล. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, คณะวิทยาศาสตร์.

ยุพาพร รักสกุลพิรัตน์, วิมลลักษณ์ สุตะพันธ์ และนิธินาถ ศุภากัญจน์. (2552). การใช้หอยแ法เป็นสารตัวเติมในโพลีพรอพิลีน ระยะที่ 2 : การปรับปรุงความทนทานต่อแรงกระแทกเพื่อใช้เป็นชั้นส่วนรถยนต์. (วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุรนารี, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

ศรีสัจจา วิทยศักดิ์. (2542). คุณสมบัติเชิงกลและปัจจัยการฉีดขึ้นรูปสำหรับโพลีเมอร์ ผสานระหว่างโพลีโพร์พิลีน และโพลีเออมีด-6 ที่มีเอทธิลีน-โพร์พิลีน-ไดอีน โคโพลีเมอร์เป็นตัวช่วยผสม. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

หาญพารณ สามัคคีธรรม. (2558). การพัฒนาวัสดุกันเสียงและดูดซับเสียงจากเด็นไบเปลือกหุ้นเรียน (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.

อนุชิต คงฤทธิ์ และจิตติวัฒน์ นิธิกัญจนาร. (2561). ผลกระทบของสารช่วยผสานที่มีต่อสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพของคอมโพลิต PP ผสมกากกาแฟ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม.

### สื่ออิเล็กทรอนิกส์

Acoustic Expert. (2562). วัสดุดูดซับเสียง Vs วัสดุกันเสียง ต่างกันอย่างไร. สีบคันเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://www.acousticexpert.co>.

AVL Design Community. (2564). ความต่างของ แผ่นซับเสียง กับ แผ่นกันเสียง ที่คุณควรรู้ก่อนออกแบบ. สีบคันเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://avl.co.th>.

Brüel & Kjær. (2008). *B&K / Sound and Vibration Measurement*. สีบคันเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2565, จาก <https://www.bksv.com/media/doc/bu0228.pdf>.

Computer Peripheral and Supplies Ltd. (2563). Philips UV-C Chamber Small ตู้อบฆ่าเชื้อโรคขนาดเล็ก. สีบคันเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://www.cps.co.th>.

Encyclopedia. (2560). Wazzadu Academy :: "ฉันกวนกันเสียง" กับคุณสมบัติที่น่ารักก่อนจะนำเอากลับบ้าน. สีบคันเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://www.wazzadu.com>.

Kieron Marchese. (2021). *The Veil Stool*. สีบคันเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://designwanted.com>.

Kirstin Linnenkoper. (2021). *PLAXTIL*. สีบคันเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://intrend.trueid.net>.

- Microfiber จำนวนกันความร้อนและดูดซับเสียง. (2564). จำนวนไยแกร์ กับจำนวนไยหิน มีคุณสมบัติ ต่างกันอย่างไร. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2566, จาก <https://www.wazzadu.com>.
- Mybest. (2566). 10 อันดับ แผ่นซับเสียงติดผนัง. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2566, จาก <https://th.my-best.com>.
- SCG Building Materials. (2559). วัสดุอะคริสติก SCG. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://www.scgbuildingmaterials.com>
- SCG Building Materials. (2566). Cylence Zoundblock SCG. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2566, จาก <https://www.scghomebuild.com>.
- Thai Grand Bags. (2563). สนับสนอนด์การผลิต การนำไปใช้ และการจัดการ. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://www.petromat.org>.
- Yiyue Machinery. (2021). Surgical Mask Component. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://yyuemachinery.en.made-in-china.com>.
- เสริมไทย. (2562). 4 ช้อตอ่องรู๊ก่อนเลือกใช้พียูโฟม. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2566, จาก <https://www.sermthaisteel.com>.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2565). บริษัทและติดเชื้อในประเทศไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://news.thaipbs.or.th>.
- กฤษิรา รัตนวีไล. (2552). ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยาฆ่าพารา. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/5185/10/ch2.pdf>.
- กฤษณ์ ศิรพันธุ์เมธี. (2563). น้ำยาฆ่าเชื้อกับโควิด-19 โคโรนาไวรัส. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 พฤษภาคม 2565, จาก <https://pharmacy.mahidol.ac.th>.
- การณ์ภัค ลิ่มควรสุวรรณ. (2564). การกำจัดขยะติดเชื้อที่ต้องจัดการให้ถูกวิธี. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://www.chula.ac.th>.
- ชุมพูนุท วีรกิจตติ และปิยวารรณ กลินศรีสุข. (2564). ดูดซับ เก็บ สะท้อน...หลักวัสดุเพื่อ การควบคุม เสียงภายในอาคาร. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <http://spalco-owa.com>.
- บริษัท ไมตรีอุตสาหกรรม จำกัด. (2564). วิธีขึ้นรูปพลาสติก ໄอเดี้ยแบบนี้ลิตแบบไหนดี?. สืบค้นเมื่อ วันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://maitreeplastic.com>.
- วีทิต วรรณเลิศลักษณ์. (2560). พลิกฟื้นร่องรอย ตอน จำนวนกันเสียง. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2565, จาก <https://www.scimath.org>.

## Books

- Cavanaugh, W.J., Tocci, G.C., and Wilkes, J.A. (1998). *Architectural Acoustics: Principles and Practice*. New York: McGraw-Hill.
- Egan, M.D. (1972). *Concept in Architectural Acoustic*. New York: McGraw-Hill.
- Irvine, L., K and Richards, L. (1998). *Acoustic and noise control handbook for Architects and builders*. Florida, USA: Krieger Publishing.
- ASTM. (2006). *ASTM C0423 Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficient by the Reverberation Room Method*. Philadelphia: American Society of Testing and Material (ASTM).
- ASTM. (2006). *ASTM D1037 – 06a Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials*. Philadelphia: American Society of Testing and Material (ASTM). ASTM.
- ASTM. (2006). *C 1363-11 Standard Test Method for Thermal Performance of Building Materials and Envelope Assemblies by Means of a Hot Box Apparatus*. West Conshohocken: ASTM International (ASTM).
- ASTM. (2012). *ASTM D882-12, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*. Philadelphia: American Society of Testing and Material (ASTM).
- ASTM. (2014). *ASTM D635-14, Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position*. Philadelphia: American Society of Testing and Material (ASTM).

## Articles

- Gai, X., Cai, Z., Xing, T., Wang, F., Li, X., Zhang, B. and Guan, X. (2019). Experimental Study On Sound Absorbing Property Of Spatial Absorber Of Non-Woven Fabric With Micro-Perforated Plate-Like Structure. *Applied Acoustics*, 160, 107156.
- Idrees, M., Akbar, A., Mohamed, A., Fathi, D. and Saeed, F. (2022). Recycling Of Waste Facial Masks As A Construction Material, A Step Towards Sustainability. *MPDI Materials* 2022, 15(15), 1810.

- Karimi, F., Soltani, P., Zarrebini, M. and Hassanpour, A. (2021). Acoustic And Thermal Performance Of Polypropylene Nonwoven Fabrics For Insulation In Buildings. *Journal of Building Engineering*, 50, 104125.
- Karimipour, A., Brito, J. and Edalati, M. (2021). Influence Of Polypropylene Fibres On The Thermal And Acoustic Behaviour Of Untreated Coal Coarse Aggregates Concrete. *Journal of Building Engineering*, 36, 102125.
- Maderuelo-Sanz, R., Acedo-Fuentes, P., García-Cobos, F., Sánchez-Delgado, F., Mota-López, M. and Meneses-Rodríguez, J. (2021). The Recycling Of Surgical Face Masks As Sound Porous Absorbers: Preliminary Evaluation. *Science of The Total Environment*, 786, 147461.
- Rathore, G. and Seetharam, R. (2023). Investigation Of Mechanical Properties Of Glass Fibre/SiC- B4 C Reinforced Hybrid Polymer Composite. *Materials Today : Proceedings*, In Press, Corrected Proof.
- Saberian, M., Li, J., Kilmartin-Lynch, S. and Boroujeni, M. (2022). Repurposing Of COVID-19 Single Use Face Masks For Pavements Base/Subbase. *Science of The Total Environment*, 769, 145527.
- Varghese, P.J.G., David, D., Karuth, A., Jafferli, J., Begum, Begum, P.M.S., George, J., Rasulev, B. and Raghavan, P. (2022). Experimental and Simulation Studies on Nonwoven Polypropylene–Nitrile Rubber Blend: Recycling of Medical Face Masks To An Engineering Product. *ACS Omega*, 7, 4719 – 4803.
- Zhao, Z., Wu, S., Liu, Q., Xie, J., Yang, C., Wang, F. and Wan, P. (2022). Recycling Waste Disposable Medical Masks In Improving The Performance Of Asphalt And Asphalt Mixtures. *Construction and Building Materials*, 337, 127621.

ภาควิชานวัตกรรม

**ภาคผนวก ก**  
**ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง**

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากเส้นใย  
พอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย ทั้ง 4 สัดส่วนผสม

ตารางที่ ก-1

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (SAC; $\alpha$ )				
ช่วงความถี่ (Hz)	M10P20	M8P20G2	M7P20G3	M6P20G4
200	0.10	0.10	0.10	0.10
250	0.13	0.14	0.12	0.14
315	0.15	0.19	0.15	0.19
400	0.16	0.24	0.17	0.24
500	0.15	0.26	0.19	0.26
630	0.21	0.30	0.24	0.36
800	0.21	0.34	0.27	0.33
1,000	0.18	0.32	0.26	0.30
1,250	0.17	0.30	0.26	0.27
1,600	0.18	0.32	0.29	0.28
2,000	0.20	0.34	0.32	0.31
2,500	0.23	0.38	0.35	0.34
3,150	0.26	0.41	0.38	0.38
4,000	0.30	0.44	0.41	0.41
5,000	0.45	0.48	0.45	0.51

ตารางที่ ก-2

ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (SAC; $\alpha$ )	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	0.17
M8P20G2	0.27
M7P20G3	0.21
M6P20G4	0.26

**ภาคผนวก ข**  
**ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ**

ผลการทดสอบค่าคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากเส้นใยพอลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย ทั้ง 4 สัดส่วนผสม ประกอบไปด้วย ความหนาแน่น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความสามารถในการซึมน้ำ ปริมาณความชื้น และอัตราการ lame ไฟ

ตารางที่ ข-1

ผลการทดสอบความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบความหนาแน่น ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )			
สัดส่วนผสม	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 1	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 2	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 3
M10P20	553.35	554.02	553.85
M8P20G2	552.77	550.91	551.60
M7P20G3	552.79	551.38	551.42
M6P20G4	553.10	551.66	553.88

ตารางที่ ข-2

ค่าเฉลี่ยผลความหนาแน่นของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบความหนาแน่น ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	553.74
M8P20G2	551.76
M7P20G3	552.03
M6P20G4	552.88

## ตารางที่ ข-3

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/mK)			
สัดส่วนผสม	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 1	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 2	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 3
M10P20	0.023	0.022	0.024
M8P20G2	0.021	0.019	0.020
M7P20G3	0.022	0.019	0.022
M6P20G4	0.021	0.020	0.022

## ตารางที่ ข-4

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/mK)	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	0.023
M8P20G2	0.020
M7P20G3	0.021
M6P20G4	0.021

## ตารางที่ ข-5

ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ (%)			
สัดส่วนผสม	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 1	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 2	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 3
M10P20	51.28	51.20	50.88
M8P20G2	48.54	50.09	49.18
M7P20G3	49.74	49.15	48.77
M6P20G4	48.15	47.33	47.80

## ตารางที่ ข-6

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ (%)	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	51.12
M8P20G2	49.27
M7P20G3	49.22
M6P20G4	47.76

## ตารางที่ ข-7

ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (%)			
สัดส่วนผสม	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 1	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 2	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 3
M10P20	1.06	1.20	1.13
M8P20G2	0.63	0.75	0.66
M7P20G3	0.52	0.69	0.68
M6P20G4	0.60	0.63	0.54

## ตารางที่ ข-8

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบปริมาณความชื้นของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (%)	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	1.13
M8P20G2	0.68
M7P20G3	0.63
M7P20G4	0.59

ตารางที่ ข-9

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบอัตราการ lame ไฟ ของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบอัตราการ lame ไฟ (mm/min)			
สัดส่วนผสม	แฟ่นทดสอบชิ้นที่ 1	แฟ่นทดสอบชิ้นที่ 2	แฟ่นทดสอบชิ้นที่ 3
M10P20	5.88	6.67	6.47
M8P20G2	5.17	6.00	5.51
M7P20G3	5.45	5.36	5.36
M6P20G4	4.35	5.10	4.29

ตารางที่ ข-10

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบอัตราการ lame ไฟของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบอัตราการ lame ไฟ (mm/min)	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	6.34
M8P20G2	5.56
M7P20G3	5.39
M6P20G4	4.58

**ภาคผนวก ค**  
**ผลการทดสอบค่าคุณสมบัติเชิงกล**

การทดสอบค่าคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากเส้นใยโพลิเมอร์ในหน้ากากอนามัย ทั้ง 4 สัดส่วนผสม ประกอบไปด้วย ค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำ

ตารางที่ ค-1

ผลการทดสอบค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำ (MPa)			
สัดส่วนผสม	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 1	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 2	แผ่นทดสอบชิ้นที่ 3
M10P20	0.10	0.08	0.13
M8P20G2	0.20	0.18	0.16
M7P20G3	0.13	0.17	0.15
M6P20G4	0.25	0.21	0.23

ตารางที่ ค-1

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำของสัดส่วนผสมทั้ง 4

ผลการทดสอบค่าแรงดึงตึงจากกับผิวน้ำ (MPa)	
สัดส่วนผสม	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
M10P20	0.11
M8P20G2	0.18
M7P20G3	0.15
M6P20G4	0.23

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ <sup>*</sup> วุฒิการศึกษา	<p>ปานิสรา สุจิตรกุล ปีการศึกษา 2563: วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถาปัตยกรรม) คณบดีสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์</p>
-----------------------------------	---

### ผลงานทางวิชาการ

ปานิสรา สุจิตรกุล และภูษิต เลิศวัฒนารักษ์. (มิถุนายน 2566). การพัฒนาวัสดุคุณภาพเสียงที่ผลิตจากเส้นใยโพลีเมอร์ในหน้ากากอนามัยและน้ำยาฆ่าพารา. งานประชุมวิชาการระดับชาติ Built Environment Research Associates Conference ครั้งที่ 14 (BERAC 2023).  
ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์