



การพัฒนาแผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้นร่วมกับเส้นใยมะพร้าว

Development of sound absorption sheet from concentrated rubber latex with coconut fibers

จักรพันธ์ รักสม

JAKKAPAN RAKSOM

ธงวัช สุนทร

THONGTAWASH SUNTON

ภัทรพร โรจน์ณรงค์

PHATTHRAPHON ROJNARONG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาแผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้นร่วมกับเส้นใยมะพร้าว

Development of sound absorption sheet from concentrated rubber latex with coconut fibers



จักรพันธ์ รักสม

JAKKAPAN RAKSOM

ธงวัช สุนทร

THONGTAWASH SUNTON

ภัทธราพร โรจน์ณรงค์

PHATTHRAPHON ROJNARONG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of sound absorption sheet from concentrated rubber
latex with coconut fibers



A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF ENGINEERING IN ENERGY ENGINEERING
DEPARTMENT OF BACHELOR ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS, CHUMPHON PROVINCE
2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีระจ่อมเกล้าจอมคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การพัฒนาแผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้น
ร่วมกับเส้นใยมะพร้าว

Project Title Development of sound absorption sheet from
concentrated rubber latex with coconut fibers

ชื่อนักศึกษา นายจักรพันธ์ รักสม รหัสประจำตัว 60514004
นายธงธวัช สุนทร รหัสประจำตัว 60514019
นางสาวภัทราพร โรจน์ณรงค์ รหัสประจำตัว 60514038

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมพลังงาน

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์

ปริญญาานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล	กรรมการสอบ	
ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 เวลา 9:00 – 16:00
สถานที่สอบ สอบออนไลน์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 15 มิถุนายน 2564

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาแผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้น ร่วมกับเส้นใยมะพร้าว		
ชื่อนักศึกษา	นายจักรพันธ์ รักสม	รหัสประจำตัว	60514004
	นายธงธวัช สุนทร	รหัสประจำตัว	60514019
	นางสาวภัทราพร โรจน์ณรงค์	รหัสประจำตัว	60514038
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมพลังงาน		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์		
ปริญญานิพนธ์			

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการพัฒนา และการผลิตแผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเส้นใยมะพร้าวที่ได้จากเปลือกมะพร้าว โดยนำน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับเส้นใยมะพร้าวในอัตราส่วนเท่ากับ 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ทำตัวอย่างชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 และ 100 มิลลิเมตร ความสูง 1 นิ้ว เพื่อใช้ในการทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง และตัวอย่างชิ้นงานขนาด 4X2X1 (กว้างXยาวXสูง) เซนติเมตร เพื่อใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ จากการทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียงพบว่าตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (NRC) เฉลี่ยที่ดีที่สุดเท่ากับ 0.54 จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพคำนวณหาความหนาแน่นของตัวอย่างชิ้นงานเท่ากับ 244.92 314.60 418.56 และ 543.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ จากการทดสอบการดูดซึมน้ำ ค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างชิ้นงานเท่ากับ 71.84 69.07 63.03 และ 53.64 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และจากการทดสอบการพองตัวตามความหนา ค่าการพองตัวตามความหนาของตัวอย่างชิ้นงานเท่ากับ 8.77 8.38 6.81 และ 4.65 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์นั้นเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นแผ่นดูดซับเสียง เนื่องจากเป็นวัสดุดูดซับเสียงผสมระหว่างมีรูพรุน (Porous Sound Absorbers) กับไม่มีรูพรุน (Helmholtz Resonators) ซึ่งจากการทดสอบตัวอย่างชิ้นงานสามารถดูดซับเสียงได้ดีตั้งแต่ความถี่ 500 ถึง 4000 Hz ที่ความถี่ 500 Hz มีค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (NRC) ที่ดีที่สุดเท่ากับ 0.64 ด้านการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์แผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้นร่วมกับเส้นใยมะพร้าว ขนาด 1 ตารางเมตร มีต้นทุนการผลิตแผ่นละ 266 บาท โดยมีราคาต่ำกว่าแผ่นดูดซับเสียงในท้องตลาดทั่วไปเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นดูดซับเสียงที่มีค่า Noise Reduction Coefficient (NRC) ใกล้เคียงกัน มีค่าอยู่ที่ 0.4 - 0.6

คำสำคัญ : น้ำยางพาราเข้มข้น, เส้นใยมะพร้าว, แผ่นดูดซับเสียง, สัมประสิทธิ์การลดเสียง

Thesis	Development of sound absorption sheet from concentrated rubber latex with coconut fibers
Student	Mr.Jakkapan Raksom Student ID : 60514004 Mr.Thongtawash Sunton Student ID : 60514019 Ms.Phattaraphon Rojnarong Student ID : 60514038
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Energy Engineering
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Panya Daungwilailux

ABSTRACT

This research was studied of the development process and the production of sound-absorbing panels from 60 percent concentrated latex together with coconut fibers derived from coconut shells. The 60 percent concentrated latex mixed with coconut fibers in ratios of 0 5 10 and 15 percent. Specimens with diameters of 30 and 100 mm. and height of 1 inch were sampled for testing sound absorption properties and specimens of size 4x2x1 (width X length X height) centimeters to use in physical properties testing. From the sound-absorbing properties test, it found that the samples of concentrated latex mixed with 5 percent coconut fibers had the best average sound reduction coefficient (NRC) of 0.54. From the physical properties test, calculated density of specimens were 244.92 314.60 418.56 and 543.43 kg/m³ respectively. The water absorption values of the specimen were 71.84 69.07 63.03 and 53.64 percent, respectively. And the puffiness values according to sample thickness were 8.77 8.38 6.81 and 4.65 percent, respectively.

The specimen of concentrated latex mixed with 5 percent coconut fibers. Therefore, it was suitable to be used to produce sound-absorbing sheets. Because it was a sound absorbing material mixed between porous (Porous Sound Absorbers) and non-porous (Helmholtz Resonators), which from the test specimens can absorb sound very well from the frequency 500 to 4000 Hz, at the frequency of 500 Hz has the best sound reduction coefficient (NRC) of 0.64. In terms of economic analysis, the sound-absorbing sheet from concentrated rubber latex and coconut fibers, size 1 square meter, has a production cost of 266 baht/sheet, which is lower than other sound-absorbing panels in the market that compared to valuable of sound-absorbing panels at Sound Reduction Coefficient (NRC) was similar 0.4-0.6.

Keyword : Concentrated latex, Coconut fiber, Sound-absorbing sheet and Sound reduction coefficient.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์ ที่คอยให้คำปรึกษา และข้อมูลที่ทำให้ประโยชน์ต่อการทำงาน นอกจากนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณบุคลากร และคณะอาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ และอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับการดำเนินงาน อีกทั้งยังต้องขอขอบพระคุณ บริษัท จีไอเนอช (ไทยแลนด์) จำกัด ที่ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือในการทำการทดลอง และการทดสอบชิ้นงานที่ใช้ในการปริญญานิพนธ์ของข้าพเจ้า

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้คอยให้กำลังใจ พร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาอย่างเต็มที่ อีกทั้งที่สนับสนุนทุนทรัพย์ตลอดมาในการศึกษา และต้องขอขอบพระคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ทุกๆ ท่านที่ให้การช่วยเหลือ และคำปรึกษาตลอดมา ข้าพเจ้าขอระลึกถึงพระคุณอันสูงสุด และขอกราบในพระคุณ ณ ที่นี้

จักรพันธ์ รักสม
ธงวิช สุนทร
ภัทรพร โรจน์ณรงค์
15 มิถุนายน 2564

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญ	
สารบัญตาราง	
สารบัญรูป	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 วิธีการและขั้นตอนในการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 น้ำยางพารา	3
น้ำยางชั้น	4
โครงสร้างทางเคมีและคุณสมบัติของยาง	4
การวัลคาไนซ์	5
ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์	6
คุณสมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ	8
2.2 มะพร้าว	9
ลักษณะของมะพร้าว	9
ประเภทของมะพร้าว	10
เส้นใยมะพร้าว	11
สถานการณ์การส่งออกและนำเข้า	15
การผลิตมะพร้าวแกง	16
พื้นที่ปลูกมะพร้าวแกงที่สำคัญ 5 อันดับแรกของประเทศไทย	16
สถานการณ์การตลาด	17
2.3 เส้นใยธรรมชาติ	18
เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ (Natural Cellulose Fibers)	18
เส้นใยโปรตีนจากธรรมชาติ (Protein Fibers)	19
เส้นใยแร่จากธรรมชาติ (Mineral Fibers)	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)	
เส้นใยโลหะ (Metallic Fibers)	21
เส้นใยยางจากธรรมชาติ (Natural Rubber Fibers)	21
2.4 เสียง	22
คลื่นเสียง	22
การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง	22
ตัวกลาง	22
คุณสมบัติของเสียง	24
หลักการป้องกันเสียง	25
2.5 วัสดุกันเสียง	26
2.6 วัสดุดูดซับเสียง	26
2.7 ฉนวนกันเสียง (Sound Insulation)	26
2.8 แผ่นดูดซับเสียง (Sound Absorption)	26
วัสดุดูดซับเสียงที่โปร่งเบาเป็นฝอยเป็นรูพรุน	27
วัสดุดูดซับเสียงที่มีผิวพรูเป็นรู	27
วัสดุดูดซับเสียงที่เป็นเยื่อแผ่น	27
วัสดุดูดซับเสียงที่มีพื้นที่ผิวมาก	27
2.9 วัสดุดูดซับเสียงที่นิยมใช้ในปัจจุบัน	29
Transmission Loss (TL)	29
Sound Transmission Class (STC)	29
Sound Absorption Coefficient (SAC)	29
Noise Reduction Coefficient (NRC)	29
2.10 การทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง	30
ทฤษฎีของเครื่องทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง	30
อุปกรณ์อิมพีแดนซ์ทิวป์ที่นำมาใช้ในการทดลองคุณสมบัติการดูดซับเสียง (Cbit Lap KU)	31
คุณสมบัติ	32
การประยุกต์การใช้งาน	32
ประโยชน์การใช้งาน	32
การสูญเสียภายในท่อ	33
2.11 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	35
การทดสอบความหนาแน่นของชิ้นงาน	35

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)	
การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ	36
การทดสอบค่าการพองตัวตามความหนา	36
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	37
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	39
3.1 อุปกรณ์และวิธีการ	40
3.2 แผนการดำเนินการวิจัย (Flow Chart)	40
ขั้นตอนการศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำยางพาราเข้มข้นต่อเส้นใยมะพร้าว	41
การเตรียมน้ำยางพาราเข้มข้น สารเคมีต่างๆ และเส้นใยมะพร้าว	43
การเตรียมเส้นใยมะพร้าว	44
การทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง และคุณสมบัติทางกายภาพ	45
3.3 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง	46
น้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์	46
เส้นใยมะพร้าวพันธุ์ชุมพรลูกผสม 60-1	46
อุปกรณ์ตวงสารเคมี	47
สารเคมี K-oleate ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์	47
สารเคมี Sulfer ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์	48
สารเคมี ZDEC ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์	48
สารเคมี ZMBT ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์	49
สารเคมี Wingstay ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์	49
สารเคมี ZnO ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์	50
สารเคมี DPG ความเข้มข้น 33 เปอร์เซ็นต์	50
สารเคมี SSF ความเข้มข้น 12.5 เปอร์เซ็นต์	51
เครื่องตีเส้นใย ยี่ห้อ Velar รุ่น MA104	51
ตู้อบ (Hot air oven) ED/FD ยี่ห้อ Binder รุ่น FD115	52
เครื่องสับย่อย	52
เครื่องคัดแยกขนาด ยี่ห้อ Retsch รุ่น 200 basic	53
เครื่องกวน หรือเครื่องผสม ยี่ห้อ Electrolux	53
เครื่องชั่งน้ำหนัก	54
หม้อนึ่ง	54
บล็อกขึ้นงาน	55
3.4 วิธีการทดลอง	56

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ (ต่อ)	
ขั้นตอนของกระบวนการทำชิ้นงาน	56
ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติ	58
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	61
4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง	62
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	65
การทดสอบการดูดซึมน้ำ	65
การทดสอบการพองตัวตามความหนา	66
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	70
5.1 สรุปผลการทดลอง	70
5.2 ข้อควรระวังและข้อเสนอแนะ	71
เอกสารอ้างอิงและสิ่งอ้างอิง	73
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเสียง	77
ภาคผนวก ข การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์	82
ประวัติผู้จัดทำ	85

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	องค์ประกอบทางพหุภาษาเคมีจากส่วนต่างๆ ของมะพร้าว	11
2.2	การเปรียบเทียบองค์ประกอบของเส้นใยมะพร้าวสีเขียวและสีน้ำตาล	12
2.3	การนำเข้าผลิตภัณฑ์มะพร้าว ปี 2562	15
2.4	การส่งออกผลิตภัณฑ์มะพร้าว ปี 2562	15
2.5	ข้อมูลการผลิตมะพร้าวแกง 5 จังหวัดหลักของประเทศไทย	16
2.6	การส่งออกผลิตภัณฑ์กะทิ ปี 2555 – 2562	17
2.7	การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลางทั้ง 3 สถานะ	25
2.8	การจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียง จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC)	30
3.1	อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ผสมกับน้ำยางพาราเข้มข้น	56
4.1	แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างชิ้นงาน	61
4.2	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงในช่วงความถี่ที่แตกต่างกันของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ	62
4.3	การจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียง จากค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC)	64
4.4	ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้นร่วมกับเส้นใยมะพร้าว	65
4.5	ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนาของแผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้นร่วมกับเส้นใยมะพร้าว	66
ก.1	ผลการทดสอบการดูดซับเสียง	79
ก.2	ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนา	79
ก.3	ผลการทดสอบค่าการดูดซับเสียง	80
ข.1	ราคาต้นทุนของชิ้นงานที่มีการผสมระหว่างน้ำยางพาราเข้มข้นและเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์	83
ข.2	ราคาต่อหน่วยชิ้นงาน	83

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
2.1	นํ้ายางพาราสด	3
2.2	โครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติโดยที่ n มีค่าตั้งแต่ 5,000 – 15,000	5
2.3	การเกิดพันธะเชื่อมโยงโมเลกุลยาง	6
2.4	ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ เมื่อให้ความร้อนแก่ยางคอมเพาวด์	7
2.5	ลักษณะของการวัลคาไนซ์ของยางที่ได้จากเครื่องรีโอมิเตอร์	7
2.6	คุณสมบัติเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของการเชื่อมโยง	7
2.7	โครงสร้างของผลและเมล็ดของมะพร้าว	10
2.8	กระบวนการผลิตเส้นใย	13
2.9	กระบวนการแปรรูปมะพร้าวและผลิตภัณฑ์จากมะพร้าว	14
2.10	เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ	18
2.11	เส้นใยธรรมชาติจากขนสัตว์	20
2.12	เส้นใยแร่จากธรรมชาติ	20
2.13	ผ้าทอจากโลหะ	21
2.14	คลื่นเสียงที่แสดงการส่งคลื่นเกิดการอัดและขยายตัว	23
2.15	ปรากฏการณ์สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุ	24
2.16	ที่ครอบหู (Ear Muff)	25
2.17	ปลั๊กอุดหูที่ทำจากโฟม	25
2.18	ลักษณะการกระจายของเสียงหลังจากตกกระทบบนวัตถุ	27
2.19	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงและความถี่ของวัสดุดูดซับเสียงแต่ละประเภท	28
2.20	การตั้งค่าการทดลอง	31
2.21	Impedance Tube	31
2.22	การใช้ประโยชน์ของหลอดอิมพีแดนซ์แต่ละประเภท	32
2.23	แผนผังของหลอดความต้านทานสำหรับวิธีการถ่ายโอนฟังก์ชันไมโครโฟน 2 ตัว	33
2.24	แผนผังของหลอดความต้านทานสำหรับวิธีการถ่ายโอนฟังก์ชันไมโครโฟน 4 ตัว	34
3.1	แผนผังแสดงขั้นตอนการการศึกษาอัตราส่วนระหว่างนํ้ายางชั้นต่อเส้นใยมะพร้าวที่มีต่อคุณสมบัติการดูดซับเสียง และคุณสมบัติทางกายภาพ	42
3.2	การเตรียมนํ้ายางพาราเข้มข้น สารเคมีต่าง ๆ และเส้นใยมะพร้าว	43
3.3	แผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมเส้นใยมะพร้าว	44
3.4	แผนผังแสดงการทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง และคุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างชิ้นงาน	45
3.5	นํ้ายางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซนต์	46
3.6	เส้นใยมะพร้าวพันธุ์ชุมพรลูกผสม 60-1	46
3.7	อุปกรณ์ตวงสารเคมี	47
3.8	สารเคมี K-oleate ความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 สารเคมี Sulfer ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์	48
3.10 สารเคมี ZDEC ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์	48
3.11 สารเคมี ZMBT ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์	49
3.12 สารเคมี Wingstay ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์	49
3.13 สารเคมี ZnO ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์	50
3.14 สารเคมี DPG 33 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้น 33 เปอร์เซ็นต์	50
3.15 สารเคมี SSF ความเข้มข้น 12.5 เปอร์เซ็นต์	51
3.16 เครื่องตีเส้นใย ยี่ห้อ Velar รุ่น MA104	51
3.17 ตู้อบ (Hot air oven) ED/FD ยี่ห้อ Binder รุ่น FD115	52
3.18 เครื่องสับย่อย	52
3.19 เครื่องคัดแยกขนาด ยี่ห้อ Retsch รุ่น 200 basic	53
3.20 เครื่องกวน หรือเครื่องผสม ยี่ห้อ Electrolux	53
3.21 เครื่องชั่งน้ำหนัก	54
3.22 หม้อนึ่ง	54
3.23 บล็อกขึ้นงาน (ก) เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร (ข) เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร	55
3.24 ตัวอย่างขึ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าว ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร	57
3.25 ตัวอย่างขึ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร	57
3.26 ตัวอย่างขึ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร	57
3.27 ตัวอย่างขึ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร	58
3.28 ตัวอย่างขึ้นงานที่ใช้ในการทดสอบการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนา ของแผ่นดูดซับเสียง	60
3.29 รูปตัดผ่าของตัวอย่างขึ้นงาน เพื่อสังเกตลักษณะความพรุนของตัวอย่างขึ้นงาน	60
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง และความถี่ของตัวอย่างขึ้นงาน	63
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง และความถี่ของวัสดุดูดซับเสียง แต่ละประเภท	63
4.3 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้นร่วมกับเส้นใยมะพร้าว	65
4.4 แสดงค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้นร่วมกับ เส้นใยมะพร้าว	67
4.5 ตัวอย่างขึ้นงานที่ใช้ในการทดสอบการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนาของ แผ่นดูดซับเสียง	67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.6	รูปตัดผ่าของตัวอย่างชิ้นงาน เพื่อสังเกตลักษณะความพรุนของตัวอย่างชิ้นงาน	68
ก.1	เตรียมชิ้นงานที่นำไปทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำและการพองน้ำ	78
ก.2	การทดสอบการดูดซึมน้ำและการพองน้ำของชิ้นงาน	78
ก.3	ตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 และ 100 มิลลิเมตร	79
ก.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของชิ้นงานประเภทต่างๆ	81



บทที่ 1

บทนำ

เส้นใยจากเปลือกมะพร้าวเป็นของเหลือใช้ทางการเกษตร เกษตรกรสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และสามารถนำไปแปรรูปได้ นอกจากนี้ในปัจจุบันน้ำยางพารามีราคาถูกลง เราจึงนำเส้นใยจากเปลือกมะพร้าวและน้ำยางพารามาศึกษาพัฒนา และผลิตเป็นแผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของโครงการ

ยางพาราเป็นผลผลิตจากธรรมชาติที่เกิดจากท่อลำเลียงอาหารของต้นยางพารา ในน้ำยางพารา ดิบที่ได้จากต้นยางพารานั้นประกอบไปด้วยสารที่ช่วยต่อต้านแบคทีเรีย (Antibacterial) และยังมีคุณสมบัติในการต้านโรฝุ่นอีกด้วย ประเทศไทยสามารถผลิตยางพาราได้ร้อยละ 50 ของการผลิตยางพาราทั่วโลก [1] ยางพาราธรรมชาตินั้นเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีคุณสมบัติพิเศษหลายอย่าง คือมีความยืดหยุ่น (Elastic) กันน้ำ เป็นฉนวนกันไฟ เก็บและพองลมได้ และที่สำคัญสามารถรับแรงกระแทกได้ดี [2] ในปัจจุบันนี้ราคาน้ำยางพารามีราคาไม่สูงมาก และแม้ว่าในประเทศไทยจะมีอัตราพื้นที่เพาะปลูกต้นยางพาราสูง แต่ก็ยังมีการแข่งขันด้านคุณภาพ และราคากับต่างประเทศ รวมถึงปัจจัยของเศรษฐกิจนั้นยังมีผลกับราคาของน้ำยางพารามากด้วย ทางคณะผู้จัดทำจึงทำการศึกษา และพัฒนาเป็นแผ่นดูดซับเสียงร่วมกับเส้นใยมะพร้าว เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุ

ปัญหาสำคัญบางประการในอาคารในปัจจุบันเป็นประเด็นที่เกี่ยวกับความสบายทางความร้อนและเสียง มลภาวะทางเสียงสามารถรบกวนสุขภาพของมนุษย์ในทางกายภาพ และทางอารมณ์ ซึ่งกลายเป็นปัญหาสังคมเนื่องจากการพิจารณาที่ไม่เจาะจง และไม่ได้วางแผน การเติบโตของเมืองส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามการปรับสภาพประกอบด้วยการลด หรือกำจัดเสียงสะท้อนในสภาพแวดล้อม รับประกันระดับสูงของความเข้าใจในการพูดผ่านเสียง การดูดซับ หนึ่งในสิ่งที่สำคัญที่สุดของวัสดุดูดซับเสียง คือโครงสร้างของพวกมัน ไม่ว่าจะเป็นเส้นใย หรือมีรูพรุนช่วยให้อากาศไหลผ่าน เพื่อให้คลื่นเสียงแทรกซึม หรือเจาะผ่าน หรือช่องว่างของเส้นใยกระจายพลังงานเสียงเป็นพลังงานความร้อน แต่วัสดุดูดซับเสียงเช่นใยแก้ว เส้นใยแร่ โฟม และวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการควบคุมเสียงนั้นแตกต่างกันเนื่องจากมีประสิทธิภาพที่ต่างกันในการดูดซับเสียง อย่างไรก็ตามวัสดุเหล่านี้ไม่สามารถกำจัดได้โดยตรงในธรรมชาติ เพราะมีเวลาในการสลายตัวนาน หรือไม่มีวันย่อยสลาย นอกจากนี้หากใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาเผาอุตสาหกรรมจะเป็นการสร้างก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม [3]

เส้นใยธรรมชาติสามารถใช้ทดแทนวัสดุเหล่านี้ได้โดยการสร้างเป็นฉนวนกันเสียง หรือการรักษาสภาพแวดล้อมทางเสียง ในหลายกรณีเส้นใยเหล่านี้เป็นของเหลือใช้ทางการเกษตรกรรม หรือมาจากกระบวนการผลิตอื่นๆ และได้มีการวิจัยเพื่อนำมาใช้ในด้านการควบคุมเสียงรบกวน เส้นใยธรรมชาติเป็นทางเลือกที่สำคัญในการทดแทนวัสดุสังเคราะห์ วัสดุประกอบ (composites) ที่ผสมระหว่างวัสดุสังเคราะห์ กับวัสดุชีวภาพ เช่น เส้นใยธรรมชาติจะมีข้อดีกว่าเส้นใยเสริมแรง พวกแก้ว และคาร์บอนในเรื่องราคาถูก ความหนาแน่นต่ำ มีน้ำหนักเบา เป็นฉนวน มีคุณสมบัติดูดซับเสียง นอกจากนี้การ

พัฒนาวัสดุที่ใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นหลักยังเป็นการเพิ่มทางเลือกให้ภาคเกษตรกรรม และลดการพึ่งพาวัสดุที่มาจากปิโตรเลียม วัสดุดูดซับเสียงเป็นวัสดุที่ใช้กรรมวิธี หรือเพดานเพื่อลดการสะท้อนเสียง [4]

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะศึกษาการผลิต และส่วนผสมที่ใช้ในการทำแผ่นดูดซับเสียงจากวัสดุทางเกษตรกรรมเพื่อลดต้นทุนที่ใช้ในการผลิต และสามารถนำมาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการใช้งาน และดูดซับเสียงในความถี่ต่างๆ ได้ นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนา และผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการทำแผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น

1.2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับเสียง การดูดซึมน้ำ และการป้องกันความหนาของแผ่นดูดซับเสียง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ใช้เปลือกมะพร้าวพันธุ์ชุมพรลูกผสม 60-1

1.3.2 ใช้น้ำยางเข้มข้น 60 เปอร์เซนต์

1.3.3 ขนาดความยาวของเส้นใยมะพร้าว 0.25-1 เซนติเมตร

1.3.4 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ การดูดซึมน้ำ และการป้องกันความหนา

1.3.5 ทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง

1.3.6 ขนาดของบล็อกแบบสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 30 และ 100 เซนติเมตร

1.3.7 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบขนาดละ 3 ชิ้น

1.4 วิธีการและขั้นตอนในการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ออกแบบการทดลอง

1.4.3 จำแนกเปลือกมะพร้าว

1.4.4 นำเปลือกมะพร้าวที่เลือกไว้มาเข้าเครื่องตีเส้นใย และคำนวณหาความชื้นในเส้นใย

1.4.5 แปรรูปเปลือกมะพร้าวด้วยเครื่องย่อย และนำมาร่อนเพื่อให้ได้ขนาดเส้นใยที่ต้องการ

1.4.6 ทำชิ้นงานทดสอบ แบบน้ำยางเปล่า และแบบน้ำยางผสมเส้นใยในอัตราส่วนที่กำหนด

1.4.7 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติการดูดซับเสียง

1.4.8 สรุปผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1.5.2 สามารถผลิตแผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางเข้มข้นที่ได้มาตรฐาน

1.5.3 เพื่อให้เข้าใจถึงประสิทธิภาพ และปัญหาที่เกิดขึ้น

1.5.4 สามารถผลิตแผ่นดูดซับเสียงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิทยานิพนธ์บทนี้จะนำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษากระบวนการผลิต และพัฒนาแผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้นร่วมกับเส้นใยมะพร้าว ให้เกิดประโยชน์และเป็นแนวทางการพัฒนาต่อไป ภายใต้เงื่อนไขในการดำเนินงาน เช่น วัสดุดูดซับเสียง คุณสมบัติของยางพารา คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติการดูดซับเสียง เป็นต้น เพื่อเป็นแนวทางก่อนเข้าสู่กระบวนการวิจัย

2.1 น้ำยางพารา

น้ำยางที่กรีตได้จากต้นเรียกว่า น้ำยางสด (Field Latex) น้ำยางที่ได้จากต้นยางมีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเล็กๆ กระจายตัวอยู่ในน้ำ (Emulsion) มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว มีสภาพเป็นคอลลอยด์ มีปริมาณของแข็งประมาณร้อยละ 30 – 40 ค่า pH อยู่ที่ 6.5 – 7 น้ำยางมีความหนาแน่นประมาณ 0.975 – 0.98 กรัมต่อมิลลิลิตร และมีความหนืด 12 – 15 เซนติพอยด์ น้ำยางพาราสดมีส่วนประกอบออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เนื้อยางพารา 35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เป็นน้ำและลูทอยด์รวมกัน 65 เปอร์เซ็นต์ น้ำยางพาราสดนั้นสามารถคงสภาพได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง เนื่องจากแบคทีเรียเจริญเติบโตทำให้เกิดปฏิกิริยาเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเติมสารป้องกันการจับตัว เพื่อให้ น้ำยางพาราไม่เกิดการเสียสภาพ เช่น โซเดียมซัลไฟด์ และแอมโมเนีย เป็นต้น [5]



รูปที่ 2.1 น้ำยางพาราสด ที่มา : <https://www.thairath.co.th/news/politic/1614115>

น้ำยางเข้มข้น (Concentrated Latex) คือน้ำยางสด (Field Latex) ที่ผ่านกระบวนการแยกส่วนที่ไม่ใช่ยาง และส่วนที่เป็นน้ำยางบางส่วนออกไป เนื่องจากน้ำยางสดที่กรีตได้จากต้นมีปริมาณน้ำค่อนข้างมากจึงไม่เหมาะสมต่อการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์และยังสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ดังนั้นจึงต้องมีการนำยางสดที่ผ่านการเติมสารรักษาสภาพ เช่น แอมโมเนีย หรือแอมโมเนียร่วมกับสารป้องกันการบูดเน่าของน้ำยาง มาผ่านกรรมวิธีเพื่อเพิ่มปริมาณเนื้อยาง ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในทางปฏิบัติมีอยู่ด้วยกัน 4 วิธี ดังนี้ คือ

1. วิธีการระเหยน้ำ (Evaporation) เป็นวิธีการระเหยน้ำออกจากน้ำยางสด โดยน้ำยางสดที่ผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติคุณภาพและรักษาสภาพน้ำยางแล้ว มาเข้าสู่กระบวนการระเหยน้ำภายใต้สภาวะที่มีความดันต่ำและอุณหภูมิสูง น้ำยางข้นจากกระบวนการระเหยน้ำมีความเสถียรสูง และเหมาะที่จะนำไปใช้งานที่ต้องการความเหนียวติด

2. วิธีการทำให้เกิดครีม (Creaming) เป็นกระบวนการที่ทำให้น้ำยางเกิดเป็นครีม โดยการเติมสารที่ทำให้เกิดครีมลงในน้ำยางสดที่ผ่านการรักษาสภาพด้วยการเติมแอมโมเนีย อนุภาคของยางจะเกิดเป็นครีมแยกตัวอยู่ด้านบน และทำการแยกส่วนล่าง ซึ่งเป็นส่วนเจือจางของน้ำยางหรือเรียกว่า ยางskim (Skim latex หรือ Skim rubber) ออกจากน้ำยาง

3. วิธีการใช้กระบวนการปั่นเหวี่ยง (Centrifugation) เป็นวิธีทำน้ำยางข้นที่เป็นที่นิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรม น้ำยางสดที่ผ่านการเติมแอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพน้ำยางที่ถูกนำมาผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยงแล้ว น้ำยางจะแยกชั้นเป็นส่วนของน้ำยางข้นที่มีปริมาณยางแห้งไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก และส่วนหางของน้ำยางจะถูกนำมาแปรรูปเป็นยางskimบล็อก หรือskimเครา โดยการลดปริมาณลดแอมโมเนียและทำให้ง่ายจับเป็นก้อนด้วยกรด

4. วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (Electrodecantation) เป็นวิธีการแยกน้ำยางข้นโดยอาศัยขั้วทางไฟฟ้า

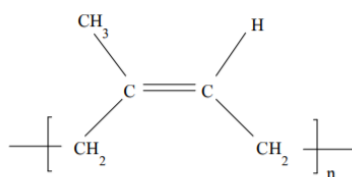
2.1.1 น้ำยางข้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท

2.1.1.1 น้ำยางข้นธรรมดาที่ไม่ผ่านการดัดแปรด้วยสารเคมีหรือวิธีการใดๆ เพื่อให้โมเลกุลของยางเปลี่ยนแปลงไป

2.1.1.2 น้ำยางข้นที่ผ่านกระบวนการดัดแปรด้วยสารเคมี หรือการฉายรังสีให้โมเลกุลของยางเปลี่ยนแปลงเรียกว่า น้ำยางคงรูป หรือ น้ำยางพลิวลคาไนซ์

2.1.2 โครงสร้างทางเคมีและคุณสมบัติ

ยางธรรมชาติเป็นสารพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเฉลี่ยโดยน้ำหนักประมาณ 30,000 ถึง 10,000,000 มีการกระจายของน้ำหนักโมเลกุลกว้าง ยางธรรมชาติมีความถ่วงจำเพาะ 0.934 ที่ 20 องศาเซลเซียส และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อยางถูกยืดหรือเย็นตัวลง มีดรรชนีหักเหของแสงเท่ากับ 1.5215 - 1.5238 ที่ 20 องศาเซลเซียส ยางธรรมชาติมีสูตร โมเลกุลเป็น cis-1,4-polyisoprene



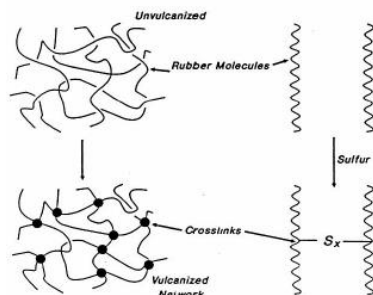
รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติโดยที่ n มีค่าตั้งแต่ 5,000 – 15,000 [6]

2.1.2.1 โครงสร้างที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของยาง

- ประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนล้วน ทำให้ยางธรรมชาติมีสมบัติไม่ทนต่อน้ำมันปิโตรเลียมหรือน้ำมันพืช แต่จะเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี
- พันธะคู่ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา ทำให้สามารถวัลคาไนซ์ได้ด้วยกำมะถัน และทำให้ยางทำปฏิกิริยาได้ง่ายด้วยออกซิเจนและโอโซน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมของยาง ทำให้การออกสูตรยางธรรมชาติจำเป็นต้องมีสารกันเสื่อม (Antioxidant) และสารต้านโอโซน (Antiozonant) ร่วมด้วย
- โขโมเลกุลที่เคลื่อนไหวหยุกไปมาได้ง่ายทำให้ยางธรรมชาติคงสภาพยืดหยุ่นได้ดี อาจจะสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิต่ำมาก ยางธรรมชาติมีค่า T_g เท่ากับ -72 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่ายางสังเคราะห์อื่นๆ ยกเว้นเฉพาะยางบิวทาไดอีน และยางซิลิโคนเท่านั้น
- ความสม่ำเสมอในโครงสร้างโมเลกุล ทำให้ยางธรรมชาติตกผลึกได้เมื่อยืด ทำให้มีความต้านทานแรงดึงสูงมาก และทำให้มีค่า Green Strength สูง และ Tack ดี
- น้ำหนักโมเลกุลสูง ทำให้ยางแข็งเกินไปที่จะนำไปแปรรูปโดยตรง ดังนั้นต้องนำน้ำยางไปบด เพื่อให้ได้โมเลกุลเล็กลงก่อนนำไปใช้ [6]

2.1.3 การวัลคาไนซ์

กระบวนการวัลคาไนซ์ คือกระบวนการเปลี่ยนแปลงยางที่อยู่ในสภาพที่ไม่คงตัวให้เป็นยางที่รักษารูปทรงได้ในลักษณะยืดหยุ่น (Elastic) หรือแข็งตึง (Stiffness) โดยการใช้สารวัลคาไนซ์ (Vulcanizing agent) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงของโมเลกุลตรงจุดที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา สารวัลคาไนซ์ที่สำคัญ คือกำมะถันซึ่งเป็นสารตัวแรกที่ใช้วัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ เมื่อนำกำมะถันใส่เข้าไปในยางธรรมชาติแล้วนำยางนั้นมาให้ความร้อน จะเกิดการวัลคาไนซ์ขึ้นทำให้ยางนั้นมีคุณสมบัติดีขึ้น คือเมื่อร้อนยางจะไม่เหลว เมื่อเย็นยางจะไม่แข็ง ไม่เหนียว และไม่ละลายในตัวทำละลาย เป็นต้น เพราะกำมะถันทำให้โมเลกุลของยางมาเชื่อมต่อกัน ซึ่งการเชื่อมต่อกันระหว่างโมเลกุลนี้เรียกว่า การเกิดพันธะเชื่อมโยง (Crosslink) [6]

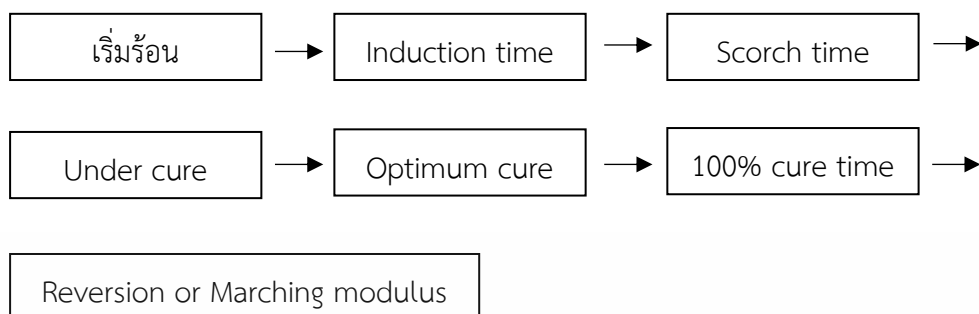


รูปที่ 2.3 การเกิดพันธะเชื่อมโพลิเมอร์ยาง [6]

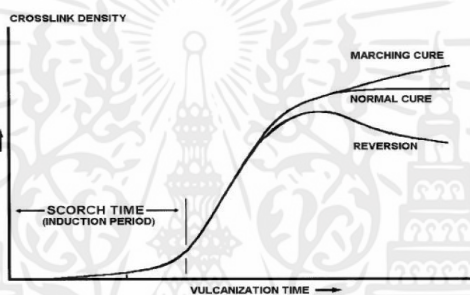
2.1.4 ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์

เมื่อนำยางคอมปาวด์มาทำให้ร้อน สารเคมีที่วัลคาไนซ์ที่อยู่ในยางจะเริ่มต้นเกิดปฏิกิริยา เช่น อาจจะทำปฏิกิริยากันเอง ในตอนที่เริ่มต้นนี้จะใช้ระยะเวลาหนึ่งอาจจะช้า หรือเร็ว ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสารเคมีที่ใช้ โดยทั่วไปถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นระยะเวลาดังกล่าวก็จะสั้นลง ระยะเวลาช่วงนี้เป็นเวลาเริ่มต้นก่อนที่สารเคมีจะเข้าทำปฏิกิริยากับยาง เรียกว่า ช่วงเวลาก่อนยางสุก (Induction period) แล้วในเวลาต่อมาสารเคมีก็จะเข้าทำปฏิกิริยากับยาง ก่อให้เกิดการแข็งตัวจนเห็นได้ชัดเรียกว่า สกอกซ์ไทม์ (Scorch time) เมื่อยางเกิดการสกอกซ์ยางจะแปรรูปได้ยาก ขณะที่เกิดการสกอกซ์นี้เรียกว่า ยางเริ่มสุก

เมื่อสารเคมีทำปฏิกิริยากับยางต่อไปยางจะแข็งขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งสารเคมีกระทำกับยางจนหมด ยางก็จะสุกเต็มที่ (Optimum cure) ระยะเวลาที่ใช้เพื่อให้ยางทำปฏิกิริยากับสารเคมีจนหมดเรียกว่า เวลายางสุกเต็มที่ (100 เปอร์เซ็นต์ cure time) แต่ในการทำปฏิกิริยาจริงนั้น พบว่า เวลายางสุกเต็มที่ใช้เวลาเนิ่นนานเกินไป และอาจจะทำให้สมบัติทางฟิสิกส์ด้านอื่นของยางด้อยลงไปอีกด้วย ดังนั้นระยะเวลายางสุกจึงมักกระทำที่ยางมีโมดูลัสสูงขึ้นเพียง 90 เปอร์เซ็นต์ หรือ 95 เปอร์เซ็นต์ของโมดูลัสที่สูงขึ้นสูงสุด ระยะเวลาดังกล่าวอาจจะถือเป็นเวลายางสุกเต็มที่ก็ได้ ยางใดที่ได้รับความร้อนไม่เพียงพอยางจะไม่สุก (Under cure) จะได้ยางที่มีสมบัติที่ดีไม่เต็มที่ และจะรักษารูปทรงไม่ได้ แต่ถ้าหากปล่อยให้ยางได้รับความร้อนต่อไปอีกหลังจากที่ได้ผ่านระยะเวลายางสุกแล้ว ยางจะสุกเกินไป (Over cure) โมเลกุลของยางจะสลายตัว ยางจะกลับมานิ่มเรียกว่า เกิดการพลิกกลับสู่สภาพเดิม (Reversion) หรือยางอาจจะแข็งขึ้นเรียกว่า เกิดมาร์ชชิงเคียว (Marching cure) แต่ยางใดสามารถรักษาโมดูลัสไม่ให้เกิดได้นาน ถึงแม้ว่าเกินเวลายางสุกเต็มที่ก็จะเรียกว่าเป็น ยางแฟลทเคียว (Flat cure) เมื่อให้ความร้อนแก่ยางคอมปาวด์จะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องผ่านลำดับขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ [6]

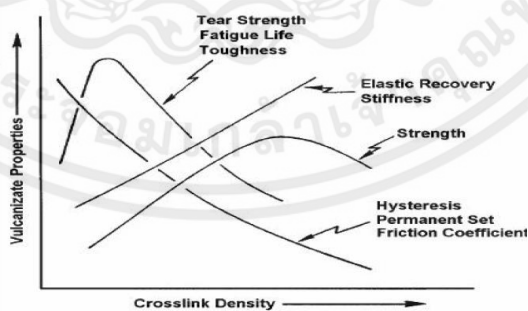


รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ เมื่อให้ความร้อนแก่ยางคอมเพาวด์ [6]



รูปที่ 2.5 ลักษณะของการวัลคาไนซ์ของยางที่ได้จากเครื่องรีโอมิเตอร์ [6]

ความหนาแน่นของการเชื่อมโยง (Crosslink density) จะเป็นตัวกำหนดสมบัติทางกายภาพของยาง ดังแสดงในรูปที่ 2.13 จึงจำเป็นต้องควบคุมกระบวนการวัลคาไนซ์ให้เหมาะสม



รูปที่ 2.6 คุณสมบัติเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของการเชื่อมโยง [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 คุณสมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ

2.1.5.1 ความยืดหยุ่น (Elasticity) น้ำยางพาราธรรมชาติที่ผ่านการวัลคาไนซ์ หรือน้ำยางที่คงรูปแล้ว จะมีความยืดหยุ่นค่อนข้างสูง เมื่อมีแรงมากระทำ ยางจะสามารถคืนรูปอย่างรวดเร็ว

2.1.5.2 ยางธรรมชาติที่คงรูปแล้วหรือผ่านการวัลคาไนซ์แล้ว จะมีสมบัติความยืดหยุ่นสูงเมื่อแรงภายนอกที่มากระทำกับยางหมดไป ยางจะกลับคืนสู่รูปร่างเดิมหรือใกล้เคียงเดิมได้อย่างรวดเร็ว

2.1.5.3 ความเหนียวติดกัน (Tack) ยางธรรมชาติในสภาพที่ยังไม่คงรูปมีสมบัติดีเยี่ยมในด้านความเหนียวติดกันซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น ยางล้อรถยนต์ เป็นต้น

2.1.5.4 ความทนแรงดึงสูงสุด (Tensile Strength) ยางธรรมชาติมีการเรียงตัวของโมเลกุลที่เป็นระเบียบสูงทำให้ยางธรรมชาติมีการตกผลึกได้ง่ายเมื่อถูกยืดดึง ซึ่งทำให้ยางธรรมชาติมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากผลึกที่เกิดขึ้น ดังนั้นยางธรรมชาติจึงมีความทนต่อแรงดึงสูงสุดประมาณ 20 MPa หรือสูงกว่านั้น การเติมสารตัวเติมลงไปยิ่งช่วยทำให้ค่าความทนแรงดึงสูงสุดสูงขึ้น ซึ่งจะแตกต่างจากยางสังเคราะห์ที่มีค่าความทนแรงดึงสูงสุดต่ำ จึงจำเป็นต้องมีการเติมสารตัวเติมเสริมแรงเข้าช่วย เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานในทางวิศวกรรมได้

2.1.5.5 ความทนแรงฉีกขาด (Tear Strength) เนื่องจากยางธรรมชาติสามารถตกผลึกได้เมื่อถูกยืดดึง ดังนั้นยางธรรมชาติจึงมีความทนแรงฉีกขาดสูงมากทั้งที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิสูงการเติมสารตัวเติมเสริมแรงลงไปก็จะช่วยทำให้ค่าความทนแรงฉีกขาดของยางสูงขึ้น

2.1.5.6 สมบัติเชิงพลวัต (Dynamic Properties) ยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงพลวัตที่ดี ยางมีการสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนต่ำในระหว่างการใช้งาน นอกจากนี้ ยางธรรมชาติยังมีความต้านทานต่อการล้าตัว (Fatigue Resistance) ที่สูงมากอีกด้วย เช่นเดียวกับความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion Resistance) ยางธรรมชาติมีความต้านทานต่อการขัดถูสูง แต่อย่างน้อยกว่ายาง SBR (Styrene Butadiene Rubber) เล็กน้อย

2.1.5.7 ความทนต่อของเหลวและสารเคมี (Liquid and Chemical Resistance) เนื่องจากองค์ประกอบของยางธรรมชาติเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นยางดิบจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เฮกเซน และโทลูอีน เป็นต้น ความสามารถในการละลายนี้จะลดลงถ้าเกิดการคงรูปเนื่องจากการเชื่อมโยงทางเคมีของโมเลกุลเกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติในยางที่คงรูปแล้วจะไม่ละลาย แต่จะเกิดการบวมตัวในตัวละลายเหล่านี้เท่านั้น อย่างไรก็ตามการบวมตัวยางดังกล่าวจะทำให้สมบัติเชิงกลของยางด้อยลง ด้วยเหตุนี้ยางธรรมชาติจึงไม่ทนต่อน้ำมันปิโตรเลียมหรือตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วต่างๆ แต่ยางจะทนต่อของเหลวที่มีขั้ว เช่น อะซิโตน หรือ แอลกอฮอล์ นอกจากนี้ยางธรรมชาติยังทนต่อกรดและด่างเจือจางได้ดี แต่ไม่ทนต่อกรดไนตริกและกรดกำมะถันเข้มข้น

2.1.5.8 การเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน โอโซน และแสงแดด (Aging Properties) ยางธรรมชาติมีพันธะคู่อยู่มาก ทำให้ยางว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (Oxidation) โดยมีแสงแดดและความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นยางธรรมชาติจึงถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย นอกจากนี้ยางธรรมชาติยังไม่ทนต่อโอโซนเพราะเมื่อถูกยืดและได้รับโอโซนนานๆ จะเกิดรอยแตกขนาดเล็กๆ จำนวนมากที่บริเวณพื้นผิวในทิศทางตั้งฉากกับการยืดตัวของยาง ด้วยเหตุนี้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างผลิตผลิตภัณฑ์จึงต้องมีการเติมสารเคมีบางชนิด เช่น สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (Antioxidant) และไข (Wax) ลงไปเพื่อยืดอายุการใช้งานของยางธรรมชาติ

2.1.5.9 การหักงอที่อุณหภูมิต่ำ (Low Temperature Flexibility) ยางธรรมชาติยังคงรักษาสมบัติความยืดหยุ่นหรือความสามารถในการหักงอได้แม้ที่อุณหภูมิต่ำมากๆ ซึ่งยางที่มีสมบัติดีกว่ายางธรรมชาติมีเพียง 2 ชนิดคือ ยางบิวตาไดอีน (Butadiene Rubber: BR) และ ยางซิลิโคน (Silicone Rubber : Q)

2.1.5.10 การกลับคืนตัวถาวรหลังได้รับแรงอัด (Compression Set) ยางธรรมชาติมีการกลับคืนตัวถาวรหลังได้รับแรงอัดค่อนข้างต่ำทั้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิปานกลาง และการกลับคืนตัวถาวรหลังได้รับแรงอัดที่อุณหภูมิสูงของยางธรรมชาติจะมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากยางธรรมชาติไม่ทนต่อความร้อน ยางจึงเกิดเสื่อมสภาพซึ่งส่งผลทำให้สมบัติการกลับคืนตัวถาวรหลังได้รับแรงอัดถาวรด้อยลง ในขณะที่ค่าการกลับคืนตัวถาวรหลังได้รับแรงอัดที่อุณหภูมิต่ำของยางธรรมชาติจะสูงขึ้นเนื่องจากเกิดการตกผลึกทำให้ความยืดหยุ่นของยางเริ่มสูญเสียไป

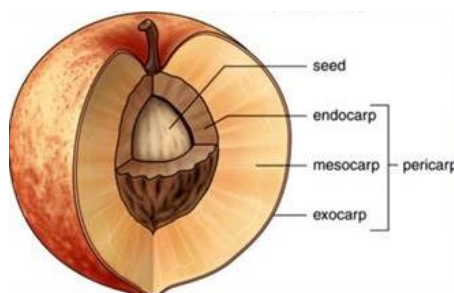
2.1.5.11 การกระด้างกระดอน (Rebound Resilience) ยางธรรมชาติจึงมีความร้อนสะสมต่ำเมื่อถูกใช้งานในเชิงพลวัต เพราะในขณะที่กระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างยางจะสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนน้อย ทำให้มีการกระด้างกระดอนสูงจึงเหมาะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่มีขนาดใหญ่ เช่น การผลิตเป็นล้อของรถบรรทุก

2.1.5.12 อุณหภูมิของใช้งาน (Service Temperature) ยางธรรมชาติสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ -55 องศาเซลเซียส จนถึง 70 องศาเซลเซียส หากเก็บยางไว้ที่อุณหภูมิต่ำนานๆ ยางอาจเกิดการตกผลึกจะทำให้ยางแข็งขึ้นและสูญเสียความยืดหยุ่นไป แต่เมื่ออุณหภูมิการใช้งานสูงเกินไปสมบัติเชิงกลต่างๆ ก็จะด้อยลงเนื่องจากความร้อนจะทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพ ในบางกรณีที่มีการออกสูตรผสมเคมียางได้เหมาะสม โดยมีการเติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพลงไป ยางธรรมชาติอาจสามารถนำไปใช้งานได้อย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิตั้งแต่ 90 องศาเซลเซียส จนถึง 100 องศาเซลเซียส (ในกรณีที่ยางได้รับอุณหภูมิสูงเป็นช่วงๆ เท่านั้น)

2.2 มะพร้าว (Coconut)

2.2.1 ลักษณะของมะพร้าว

โดยทั่วไปมะพร้าวนั้นจะเติบโตได้ดี และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทุกส่วน มะพร้าวนั้นเป็นพืชยืนต้นอยู่ในตระกูลปาล์ม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* L. อยู่ในตระกูล *Palmae* ผลของมะพร้าวนั้นประกอบด้วย *Epicarp* คือเปลือกนอก ซึ่งด้านในเป็น *Mesocarp* หรือใยมะพร้าว ส่วนของ *Endocarp* หรือที่เรียกว่ากะลามะพร้าว นั้นมีรูสีเข้ม 3 รู ใช้ในการงอก ส่วน *Endocarp* เข้าไปจะเป็นส่วนที่เรียกว่าเนื้อมะพร้าว ภายในจะมีน้ำมะพร้าวซึ่งเกิดจากเอนโดสเปิร์ม ซึ่งจะทั้งสถานะเป็นของแข็งและของเหลว คือ ของแข็งจะเป็นส่วนของเนื้อมะพร้าว และของเหลวจะเป็นส่วนของน้ำมะพร้าว [7]



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของผล และเมล็ดของมะพร้าว

ที่มา : <https://sites.google.com/site/chiwwithya5/kar-keid-phl-khxng-meld>

2.2.2 ประเภทของมะพร้าว

มะพร้าวแบ่งเป็น 2 ประเภท คือประเภทต้นเตี้ย และประเภทต้นสูง มะพร้าวประเภทต้นเตี้ย จะมีลำต้นเล็ก สามารถสูงเต็มที่ประมาณ 12 เมตร ลักษณะเด่นของประเภทต้นเตี้ยคือจะมีผลขนาดเล็ก ให้ผลตกและไม่ค่อยกลายเป็นพันธุ์ มะพร้าวประเภทต้นเตี้ยแต่ละพันธุ์มีลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น เปลือกสีเขียวเหลืองนวล (สีงาช้าง) มีสีน้ำตาลแดง หรือสีส้ม น้ำมีรสหวาน มีที่กลิ่นหอม สำหรับมะพร้าวประเภทต้นสูงโดยปกติแล้วจะผสมข้ามพันธุ์ มะพร้าวประเภทต้นสูงสามารถสูงได้เต็มที่ประมาณ 18 เมตร ลักษณะเด่นของมะพร้าวประเภทนี้คือมีผลที่โต และมีเนื้อหนา ส่วนใหญ่นิยมปลูกเพื่อใช้เนื้อจากผลแก่มาทำเป็นกะทิ และนำมาสกัดเป็นน้ำมันที่ใช้ในการประกอบอาหาร และอยู่ในอุตสาหกรรมอื่นๆ [8]

ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร กรมวิชาการเกษตรมีหน้าที่รับผิดชอบด้านวิจัยและพัฒนา มะพร้าวได้ผลิตมะพร้าวพันธุ์ลูกผสม ซึ่งได้ผ่านการรับรองพันธุ์ออกมาแล้ว ดังนี้

มะพร้าวพันธุ์สวีลูกผสม 1 (Sawi Hybrid No.1) เกิดจากการผสมระหว่างมะพร้าวพันธุ์เวสต์แอฟริกันต้นสูง กับมะพร้าวพันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย ซึ่งมีอายุการให้ผลเร็ว และภายใน 5 ปี สามารถเก็บผลผลิตได้ โดยผลผลิตมีน้ำหนักแห้ง 566 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 2,781 ผลต่อไร่ ซึ่งเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าวเพราะเนื้อมะพร้าวแห้งมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันประมาณ 64 เปอร์เซ็นต์ [7]

มะพร้าวพันธุ์ชุมพรลูกผสม 60-1 (Chumphon Hybrid 60-1) เป็นมะพร้าวลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างมะพร้าวพันธุ์ไทยต้นสูง กับมะพร้าวพันธุ์เวสต์แอฟริกันต้นสูง หลังจากปลูกสามารถเก็บผลผลิตได้ในปีที่ 5 ขนาดของลูกมะพร้าวนั้นมีขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ โดยมีผลผลิตคิดเป็นน้ำหนักมะพร้าวแห้ง 628 กิโลกรัมต่อไร่ หรือเฉลี่ยประมาณ 2,257 ผลต่อไร่ ซึ่งสามารถจำหน่ายได้ทั้งแบบของมะพร้าวแห้งและในแบบของมะพร้าวสด เนื้อมะพร้าวแห้งมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันประมาณ 63 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์มะพร้าวกล่าวมาทั้ง 2 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตที่สูงกว่าพันธุ์พื้นเมืองเกือบ 2 เท่า [7]

ลูกผสมกะทิพันธุ์ชุมพร 84-1 ให้ผลผลิตในช่วงของ 3 ปีแรก โดยมีผลผลิตประมาณ 3,378 ผลต่อไร่ ซึ่งจะให้ผลผลิตเป็นมะพร้าวกะทิไม่น้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ต้นมะพร้าวธรรมดาจะไม่ให้ผลเป็นมะพร้าวกะทิ และให้ผลผลิตค่อนข้างเร็วโดยต้นแรกจะออกจันทรวงอายุ 2 ปี 5 เดือน

ลูกผสมกะทิพันธุ์ชุมพร 84-2 มะพร้าวพันธุ์นี้จะให้ผลผลิตรวมช่วง 3 ปีแรกประมาณ 1,917 ผลต่อไร่ มีผลผลิตเป็นมะพร้าวกะทิไม่น้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ และต้นมะพร้าวโดย

เฉลี่ย 55 เปอร์เซ็นต์ ของสวนจะให้ผลผลิตมะพร้าวกะทิที่มีกลิ่นหอม ซึ่งในแต่ละต้นจะให้ผลเป็นมะพร้าวกะทิ 25 เปอร์เซ็นต์ แต่เป็นมะพร้าวกะทิที่มีกลิ่นหอมเพียง 6 เปอร์เซ็นต์ [9]

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางพฤกษเคมีจากส่วนต่างๆ ของมะพร้าว [8]

ส่วนต่างๆ ของมะพร้าว	ส่วนประกอบทางเคมี
น้ำมะพร้าว	คาร์โบไฮเดรต (ซูโครส ซอพิทอล กลูโคส ฟรักโทส กลูโคส ไสโลส และแมนโนส) ไขมัน โปรตีน (อาร์จินีน อะลานีน ซีสทีน เซอรีน) วิตามิน (วิตามินซี วิตามินบี) เกลือแร่ต่างๆ (โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม เหล็ก ทองแดง และคลอไรด์) ฮอร์โมนพืช (ออกซินไซโทไคนิน และจิบเบอเรลลิน) เอนไซม์ต่างๆ โพลีฟีนอลออกซิเดส แอซิดฟอสฟาส เทส คะตะเลส ดีไฮโดรจีเนส ไดแอสเทส (diastase) เปอร์รอกซิเดส อาร์เอ็นเอโพลีเมอเรส (RNA polymerase) และปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโต
เนื้อมะพร้าว	กรดไขมัน (กรดลอริก กรดไมริสติก กรดคาปริลิก กรดคาปริก) วิตามินอี และสารประกอบฟีนอลิก (กรดคาเฟอิก และกรดกาแลกพารา-คูมาริก)
ใยมะพร้าว	แทนนิน ลิวโคแอนโทไซยานินฟลาโวนอยด์ ไตรเทอร์ปีน สเตียรอยด์ อัลคาลอยด์ซาโปนิน คอนเดนส์แทนนินโทโคเฟอร์รอล แอลกอฮอล์พาล์มมิตอล และไซโคลอาร์เทนอนอลเบต้า-ซิโทสเตอรอล
ใบ	ไตรเทอร์ปีน และสเตียรอยด์
ราก	ฟลาโวนอยด์ และซาโปนิน

2.2.3 เส้นใยมะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชตระกูลปาล์ม ซึ่งเส้นใยแข็งที่ได้มาจากกาบมะพร้าวจะเรียกว่า ใยมะพร้าว ด้วยเส้นใยที่มีลักษณะเฉพาะทางธรรมชาติ เป็นเส้นใยที่หยาบเหนียว แข็งแรง ทนทาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่สามารถทำลายได้ง่าย ดังนั้นใยมะพร้าวจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม รวมทั้งเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่ เช่น

- ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในสินค้าประเภทที่นอนเพื่อสุขภาพ และเตียงนอนของโรงพยาบาล เนื่องจากมีคุณสมบัติของการหมุนเวียนของอากาศ
- ใช้เป็นฉนวนในการดูดซับเสียงสำหรับห้องบันทึกเสียงและระบบเสียงในลำโพง
- ใช้ผลิตเป็นวัสดุป้องกันการกระแทก เหมาะสำหรับสินค้าประเภทเฟอร์นิเจอร์ เช่น เป็นวัสดุภายในที่นั่งโดยสารบนเครื่องบินโดยสาร และเบาะนั่งในรถยนต์ชั้นหนึ่ง

- ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ เช่น การใช้เป็นฐานรองเพื่อการยึดเกาะของต้นกล้า และต้นกล้วยไม้ หรือใช้แทนหญ้าและฟางคลุมพื้นดินรอบๆ ต้นไม้เพื่อรักษาความชื้น
- ในต่างประเทศมีมันไยมะพร้าวสามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันการพังทลายของดินริมตลิ่ง หรือเป็นเขื่อนป้องกันการกัดเซาะของคลื่นริมแม่น้ำ
- ใช้ผลิตเชือกเกลียวที่มีความเหนียว แข็งแรง ทนทาน มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเชือกปอ
- ใช้ผลิตแปรง ไม้กวาด และพรมเก็บฝุ่นภายนอกอาคาร ซึ่งพรมไยมะพร้าวจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน
- ใช้ผลิตเป็นแผ่นกรองหยาบ เช่น ฝุ่นเหนียว สีฝุ่น เรซิน กาว ยางมะตอย ฯลฯ
- ใช้ผลิตเป็นส่วนประกอบอิฐมวลเบา
- เศษเหลือจากการผลิตไยมะพร้าวเรียกว่า ชูยมะพร้าว มีลักษณะเป็นเศษไยมะพร้าวเส้นสั้นๆ เศษชูยและเศษผงจากกาบมะพร้าว ซึ่งชูยมะพร้าวนี้นี้สามารถนำไปเป็นส่วนประกอบในการทำปุ๋ย และสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลได้เป็นอย่างดี [10]

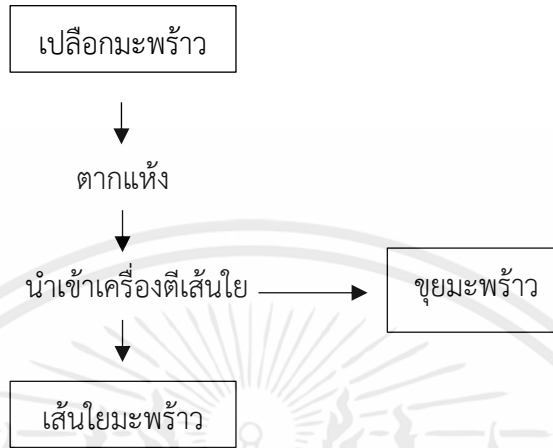
จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นไยมะพร้าว พบว่าเส้นไยมะพร้าวนั้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความยาวของเส้นใยเท่ากับ 76.5 ไมโครเมตร ความยาวของเส้นไยมะพร้าวเฉลี่ยเท่ากับ 7.505 มิลลิเมตร และความหนาแน่นของเส้นไยมะพร้าวแห้งมีค่าอยู่ระหว่าง 244.92 - 536.16 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบขององค์ประกอบของเส้นไยมะพร้าวสีเขียวและสีน้ำตาล [11]

Ash (%)	Cellulose (%)	Lignin (%)	Other (%) b	Fiber	Reference
1.25	29.96 a	35.46	33.33	Green Fiber	Present Study
2.6	35.1	33.6	2.3	Green Fiber	Van Dam <i>et al.</i> (2006)
NA	43.4 – 53	38.3 – 40.77	3.5	Brown Fiber	Wiedman <i>et al.</i> (2000)
2.4	44.2	32.8	6.4	Brown Fiber	Khalli <i>et al.</i> (2006)
1.34	31.83	45.47	2.33	Brown Fiber	Salazar and Leão (2006)
NA	37.11	44.06	NA	Brown Fiber	Khan and Alam (2012)
NA	41.55	45.95	31.10	Brown Fiber	Brigida <i>et al.</i> (2010)
NA	20.50	33.20	NA	Brown Fiber	Ramakrishna and Sundararajan (2005a)
NA	20 – 48	35 – 60	15 - 28	Brown Fiber	Agopyan <i>et al.</i> (2005)
NA	41 – 45	36 – 43	0.15 – 0.25	Brown Fiber	Corradini <i>et al.</i> (2006)
NA	32.1	68.9	16.8	Brown Fiber	Asasutjarit <i>et al.</i> (2007)
0.61	29.23 – 36.51	23.81 – 33.51	15 – 28	Brown Fiber	Reddy (2013)

NA : ไม่ทราบ a: Hollocellulose b: รวมสารสกัดจากน้ำเย็น น้ำร้อน NaOH และเอทานอลโทลูอีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 กระบวนการผลิตเส้นใย [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 สถานการณ์การส่งออกและนำเข้า

การส่งออก ประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์มะพร้าวไปยังประเทศต่างๆ ทั่วโลก ในปี 2562 มีการส่งออกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปมากที่สุด โดยมีมูลค่าการส่งออกถึง 12,766 ล้านบาท (ตารางที่ 1) ประเทศคู่ค้าที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย แคนาดา เนเธอร์แลนด์ และเยอรมนี ผลิตภัณฑ์มะพร้าวอื่นๆ ที่มีมูลค่าการส่งออกรองลงมา ได้แก่ เนื้อมะพร้าวแห้ง และถ่านกัมมันต์ ซึ่งมีมูลค่าการส่งออกมากถึง 1,760 ล้านบาท [9]

การนำเข้าผลผลิตมะพร้าวแคง มีช่วงที่ออกน้อยในช่วงปลายปีต่อเนื่องถึงต้นปี จึงมีการอนุญาตในการนำเข้า ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเมษายน แต่ด้วยปัญหาแมลงศัตรูพืช และการลักลอบนำเข้าผิดกฎหมาย ปัจจุบันจึงอนุญาตให้นำเข้าผ่านแค่ด่านตรวจพืชท่าเรือกรุงเทพฯ และด่านตรวจพืชท่าเรือแหลมฉบัง นอกจากประเทศไทย นำเข้ามะพร้าวผลแก่เพื่อการแปรรูปแล้ว ยังมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์มะพร้าว ดังกล่าวในตารางที่ 2 [9]

ตารางที่ 2.3 การนำเข้าผลิตภัณฑ์มะพร้าว ปี 2562 [9]

ผลิตภัณฑ์มะพร้าว	ปริมาณการนำเข้า (ตัน)	มูลค่าการนำเข้า (บาท)
ผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป	40,098.06	1,428,717,080
เนื้อมะพร้าวแห้ง	0.01	3,756
ถ่านกัมมันต์	9,177.52	718,619,087
น้ำมันมะพร้าว	5,743	147,649,729
มะพร้าวฝอยอบแห้ง	4,918.19	236,000,729
ถ่านกะลามะพร้าว	2,595.22	33,622,389
Copra meal	-	67
ผลิตภัณฑ์จากเส้นใยมะพร้าว*	16,764	2,779,885
มะพร้าวอ่อน	179,706.85	1,665,114,150

*ผลิตภัณฑ์จากเส้นใยมะพร้าวปริมาณการนำเข้าหน่วยเป็น ตารางเมตร

**อัตราแปลง : มะพร้าว 1 ผล = 1.25 กิโลกรัม

ตารางที่ 2.4 การส่งออกผลิตภัณฑ์มะพร้าว ปี 2562 [9]

ผลิตภัณฑ์มะพร้าว	ปริมาณการนำเข้า (ตัน)	มูลค่าการนำเข้า (บาท)
ผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป	263,121	12,766,369,536
เนื้อมะพร้าวแห้ง	97,943	1,874,580,440
ถ่านกัมมันต์	10,249	665,648,271
น้ำมันมะพร้าว	1,350	233,453,390
มะพร้าวฝอยอบแห้ง	1,275	67,546,665

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) การส่งออกผลิตภัณฑ์มะพร้าว ปี 2562 [9]

ผลิตภัณฑ์มะพร้าว	ผลิตภัณฑ์มะพร้าว	มูลค่าการนำเข้า (บาท)
ถ่านกะลามะพร้าว	1,640	32,155,920
Copra meal	104	9,218,892
ผลิตภัณฑ์จากเส้นใยมะพร้าว*	93	448,237
มะพร้าวอ่อน	71,483	1,760,544,964

*ผลิตภัณฑ์จากเส้นใยมะพร้าวปริมาณการส่งออกหน่วยเป็น ตารางเมตร

2.2.5 การผลิตมะพร้าวแกง

เนื่องจากสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงทำให้ผลผลิตลดลง และบางส่วนไม่ได้คุณภาพรวมไปถึงการระบาดของแมลงศัตรูที่สำคัญส่งผลให้ผลผลิตลดลง แต่ในปี 2561 ผลผลิตมะพร้าวมีประมาณ 858,235 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2560 ที่มีจำนวน 761,914 ตัน เนื่องจากการแหล่งปลูกมะพร้าวที่สำคัญ คือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เริ่มฟื้นตัวจากการระบาดของศัตรูพืช ผลผลิตมะพร้าวจึงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ ผลผลิตต่อไร่ ปี 2561 อยู่ที่ 1,133 กิโลกรัม ซึ่งเพิ่มจากปี 2560 ที่ให้ผลผลิต 1,007 กิโลกรัมต่อไร่ แหล่งผลิตมะพร้าวส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ ซึ่งมีเนื้อที่ให้ผลคิดเป็นร้อยละ 52.99 และภาคกลาง ร้อยละ 46.19 ของประเทศ [9]

2.2.6 พื้นที่ปลูกมะพร้าวแกงที่สำคัญ 5 อันดับแรกของประเทศไทย

พื้นที่ปลูกมะพร้าวทั้งประเทศปี 2562 ของไทย มีจำนวน 847,881 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่จังหวัดทางภาคใต้ 5 อันดับแรก ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 352,813 ไร่ จังหวัดชุมพร 97,279 ไร่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 81,111 ไร่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 67,552 ไร่ และจังหวัดปัตตานี 44,463 ไร่ เป็นต้น [9]

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลการผลิตมะพร้าวแกง 5 จังหวัดหลักของประเทศไทย [9]

พื้นที่	จำนวนผู้ปลูก	พื้นที่ปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อพื้นที่ (กก./ไร่)
รวมทั้งประเทศ	161,839	847,881	777,339	806,026	1,037
ประจวบคีรีขันธ์	24,372	352,813	313,081	327,492	1,046
ชุมพร	9,627	97,279	91,990	129,888	1,412
สุราษฎร์ธานี	7,923	81,111	76,508	70,408	920
นครศรีธรรมราช	13,300	67,552	60,910	75,500	1,240
ปัตตานี	11,808	44,463	43,806	26,240	599
พื้นที่รวม 5 จังหวัด	67,030	643,218	586,295	629,528	5,217
ค่าเฉลี่ย	13,406	128,644	117,259	125,906	1,043

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 สถานการณ์การตลาด

2.2.7.1 การตลาดของมะพร้าวแกง

- ความต้องการใช้มะพร้าวผลในประเทศ ของผลผลิตทั้งหมดที่ เป็นความต้องการใช้ เพื่อการบริโภคโดยตรงร้อยละ 35 อีกร้อยละ 65 ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูป เมื่อผลผลิตในประเทศลดลงความต้องการของ ภาคอุตสาหกรรมยังมีอย่างต่อเนื่อง และเพิ่มขึ้น ทำให้ราคาผลผลิตมะพร้าว และราคากะทิสดสูงขึ้นเป็น 2 เท่าในช่วงปลายปี 2562 – ปัจจุบัน (ม.ค. 63)
- การส่งออกในรูปกะทิสสำเร็จรูป การส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากผู้บริโภคในต่างประเทศมีความนิยมบริโภคกะทิสสำเร็จรูป เช่น ใช้ในการปรุงอาหารโดยเฉพาะ ตลาดสหรัฐอเมริกาและตลาดจีน
- ราคาของผลิตภัณฑ์มะพร้าวจากรายงานของ UCAP พบว่าราคาของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin coconut oil) สูงเป็น 4.7 เท่าของราคาขี้มน้ำมันมะพร้าวเป็น 1.1 เท่าของราคากะทิมังเป็น 2.5 เท่าของราคาน้ำกะทิมังเป็น 2 เท่าของมะพร้าวฝอยอบแห้งและเป็น 2.1 เท่าของราคาแป้งมะพร้าว
- ราคาของถ่านกัมมันต์สูงกว่าราคาของถ่านชาโคลซึ่งเป็นวัตถุดิบ 3.6 เท่า และน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวมีราคาเป็น 1.5 เท่าของน้ำมะพร้าวที่เป็นวัตถุดิบ [9]

ตารางที่ 2.6 การส่งออกผลิตภัณฑ์กะทิ ปี 2555 – 2562 [9]

ปี	ปริมาณการส่งออก (ตัน)	ปริมาณที่เพิ่มขึ้น เทียบกับปีที่ผ่านมา (เปอร์เซ็นต์)	มูลค่าการส่งออก (ล้านบาท)	ราคา FBO (US\$/ตัน)
2555	117,884.69	-	5,8960.30	1,611
2556	143,240.32	21.51	6,826.44	1,545
2557	179,297.27	25.17	9,720.92	1,669
2558	182,354.39	1.71	9,701.18	1,553.73
2559	201,497.00	10.50	10,928.00	1,536.81
2560	242,811.83	20.50	13,002.95	1,578.30
2561	262,764.00	8.22	13,932.00	N/A

2.2.7.2 ความต้องการใช้

ในช่วงปี 2550 – 2559 ความต้องการใช้มะพร้าวผลในประเทศ (ผลผลิตบวกนำเข้า) ลดลงร้อยละ 4.46 ต่อปี โดยในช่วงปี 2554 ผลผลิตในประเทศลดลงทำให้ราคามะพร้าวผลสูงขึ้น และทำให้ราคากะทิปรับตัวสูงขึ้น เกิดการสต็อกกะทิจากประเทศผู้นำเข้า ซึ่งส่งผลให้มีการนำเข้ามะพร้าวผลเพิ่มมากขึ้น ต่อมาเมื่อสถานการณ์คลี่คลาย ผู้นำเข้ามีสต็อกมากทำให้การส่งออกลดลง และราคามะพร้าวกลับสู่สภาพปกติ อย่างไรก็ตามผลผลิตในประเทศยังคงลดลง ทำให้ราคามะพร้าวยังคงอยู่ในเกณฑ์สูง และการบริโภคอ่อนตัวลง โดยความต้องการมะพร้าวปี 2559 มีปริมาณ 1.181 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปริมาณ 1.133 ล้านตัน ในปี 2558 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.20 โดยเป็นความต้องการใช้เพื่อการบริโภคโดยตรงร้อยละ 35 ใช้เพื่อการแปรรูปในอุตสาหกรรมกะทิสสำเร็จรูป

ร้อยละ 60 และใช้เพื่อการแปรรูปในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันมะพร้าวร้อยละ 5 ของปริมาณผลผลิตทั้งหมด [13]

2.3 เส้นใยธรรมชาติ

2.3.1 เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ (Natural Cellulose Fibers)

เป็นกลุ่มเส้นใยที่ได้จากพืช เช่น ฝ้าย ลินิน ป่าน ปอ และกระจูด โครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยกลุ่มแอนไฮโดรกลูโคส เกาะเกี่ยวกันเป็นสายโซ่ยาวโมเลกุลใหญ่ สายโมเลกุลนี้รวมกันจำนวนมากจะเกิดเป็นเส้นใยและยังมีความยาวมาก จะมีผลทำให้เซลลูโลสมีความเหนียวมากขึ้น โซ่โมเลกุลจะยาวมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนโมเลกุลกลูโคส กลูโคสแต่ละหน่วยประกอบด้วยคาร์บอน 44.4 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน 1.2 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 49.4 เปอร์เซ็นต์ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสนั้นบางตอนก็ขนานกันเป็นระเบียบเรียกว่า Crystalline บางตอนเรียงกันไม่เป็นระเบียบพันกันสะเปะสะปะไปมาเรียกว่า Amorphous การเรียงตัวไม่เป็นระเบียบของโมเลกุลเซลลูโลสจะทำให้เกิดช่องว่างแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลกันละกัน ทำให้การยึดเกาะกันระหว่างโมเลกุลมีน้อย เส้นใยขาดความแข็งแรง ส่วนโมเลกุลเซลลูโลสที่เรียงตัวกันเป็นระเบียบจะทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง ยึดตัวออกได้น้อย มีแรงยึดเกาะระหว่างโมเลกุลข้างเคียงด้วย Hydrogen bond ความยาวของหน่วยโมเลกุลเซลลูโลสที่ต่อกันขึ้นอยู่กับชนิดและพื้นฐานดั้งเดิมของเซลลูโลส

จากโครงสร้างโมเลกุลกลูโคส ซึ่งยึดเกาะกันเป็นสายโมเลกุลเซลลูโลส จะเห็นว่าโมเลกุลกลูโคสจะมีหมู่ - OH อยู่หลายแห่ง ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับเส้นใยได้ เช่น ปฏิกิริยากับสีย้อมสารตกแต่ง และการดูดความชื้นโดยหมู่ - OH จะยึดจับกับโมเลกุลของน้ำที่ผ่านเข้ามาในเส้นใยได้ดี [14]



รูปที่ 2.10 เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ

ที่มา : <https://www.pinterest.com/pin/718183471811506181/>

2.3.2 เส้นใยโปรตีนจากธรรมชาติ (Protein Fibers)

เส้นใยโปรตีนธรรมชาติ (Natural Protein Fibers) เส้นใยโปรตีนธรรมชาติเป็น เส้นใยที่ได้จากสัตว์ได้แก่ ไยขนสัตว์ และใยไหม เส้นใยขนสัตว์คือใยที่ได้จากขนสัตว์ที่ปกคลุมตัวสัตว์ ได้จากพวกขนแกะ แพะ อูฐ ลามา แอลปากา และวิกินา ขนจากสัตว์เหล่านี้เรียกว่า Hair fiber และยังมีขนสัตว์อีกประเภทหนึ่งที่มีขนาดลำตัวเล็ก เช่น ขนมิงค์ กระต่าย และบีเวอร์ จะให้เส้นใยที่อ่อนนุ่มกว่าขนสัตว์ประเภทแรกจะเรียกว่า Fur fiber

ส่วนเส้นใยไหม เป็นเส้นใยที่ได้จากตัวไหมซึ่งขับสารชนิดหนึ่งออกมาจากต่อมใกล้ปาก เพื่อสร้างรังห่อหุ้มให้กับตัวเองให้สามารถมีชีวิตอยู่ในช่วงวัฏจักรหนึ่งของตัวไหม การนำรังไหมมาใช้นั้นจะต้องนำมาใช้ก่อนที่ตัวหนอนไหมจะเจาะทะลุรังออกมา เพราะจะทำให้เส้นใยไหมขาดเป็นท่อนๆ จะได้เส้นใยไหมที่คุณภาพต่ำ

เส้นใยโปรตีนธรรมชาติ เป็นเส้นใยที่ดูดความชื้นได้ดี ให้ความอบอุ่น มากกว่าเส้นใยเซลลูโลส เป็นตัวนำไฟฟ้าไม่ดี ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตขึ้นได้ ไม่ทนต่อสารต่างละลายได้ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเดือดและไม่ทนต่อการฟอกขาวจากสารประเภทคลอรีน ทนต่อการดัดได้ดี แต่เส้นใยไหมไม่ทนต่อการละลาย กรดโลหะเข้มข้นและไม่ทนต่อแสงแดด เมื่อถูกแสงแดดนานๆ จะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง ความเหนียวจะลดลงเมื่อเส้นใยเปียกชื้น การตีไฟนั้นจะลวกไหมได้ช้าๆ และจะดับไปเองเมื่อเอาออกจากไฟ ชี้อ่อนนุ่มกว่าขนสัตว์ ขี้เถ้าเป็นเม็ดก้อนกลมๆ แข็งเปราะง่าย มีกลิ่นไหม้คล้ายเส้นผม หรือขนของคน หรือเนื้อไหมไฟ

เส้นใยโปรตีนธรรมชาติประกอบด้วยกรดอะมิโนซึ่งจับกันเป็นโซ่ในรูปของโพลีเปปไทด์ (Polypeptide chains) มีน้ำหนักโมเลกุลค่อนข้างสูง ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน เส้นใยขนสัตว์จะมีกำมะถันเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย การเรียงตัวของกรดอัลฟาอะมิโน (Alpha Amino Acid) จะเป็นกากตกอยู่ทั่วไปในระหว่างเส้นใย

โครงสร้างของเส้นใยขนสัตว์ที่ได้จากขนสัตว์จะแตกต่างจากที่ได้จากเส้นผม ถ้าเป็นเส้นใยที่ได้จากขน เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะมีเซลล์ชั้นนอกหุ้มซ้อนกันอยู่เหมือนเกล็ดปลา ถ้าเป็นเส้นใยที่ได้จากผมจะมีลักษณะภายนอกเป็นเส้นตรงเป็นมันลื่น ไม่ค่อยยืดหยุ่น ผิวเรียบสม่ำเสมอ สัตว์ที่ใช้ขนมาทำเป็นผ้าขนสัตว์ ได้แก่ ขนแกะ นอกจากนี้ได้จากขนหรือผมของอูฐ แพะแองกอร์รา แพะแคชเมียร์ ลามา อัลปาก้า และไวกูน่า จัดเป็นขนสัตว์ชนิดพิเศษราคาแพงมากและค่อนข้างหายาก

เส้นใยโปรตีนธรรมชาติ นั้น มีความหนาแน่นน้อยกว่าเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ จึงทำให้มีน้ำหนักเบากว่าใยเซลลูโลสในปริมาณที่เท่าๆ กัน เส้นใยโปรตีนจะคืนตัวและยืดหยุ่นได้ดี ในปัจจุบันเส้นใยโปรตีนธรรมชาติมีปริมาณการใช้ไม่เพิ่มมากนัก เนื่องจากการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ไนลอน โพลีเอสเตอร์ และอะคริลิกเกิดขึ้นมาอย่างมากมาย และยังสามารถสังเคราะห์ตกแต่งใหม่ให้คุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับเส้นใยโปรตีนจากธรรมชาติได้ด้วย อย่างไรก็ตามปริมาณการใช้เส้นใยโปรตีนโดยเฉพาะใยที่ได้จากขนและผมของสัตว์ ยังคงเป็นที่ต้องการในประเทศที่มีอากาศหนาว [14]



รูปที่ 2.11 เส้นใยธรรมชาติจากขนสัตว์

ที่มา : <https://goterrestrial.com/2018/06/18/cloth-from-animals/>

2.3.3 เส้นใยแร่จากธรรมชาติ (Mineral Fibers)

เส้นใยหิน (Asbestos) ใยหินเป็นใยธรรมชาติที่แยกจากหินชนิดหนึ่งที่มีสีเขียวที่เรียกว่า Serpentine หรือ Amphibole rock มีลักษณะเป็นชั้นลื่นเหมือนสบู่ หินชนิดนี้รู้จักกันมาตั้งแต่ในสมัยกรีก และโรมันตอนต้น Asbestos เป็นภาษากรีก

ใยหินที่ได้มานั้นจะถูกนำไปทำความสะอาด แยกประเภทตามความยาวแล้วจึงนำไปส่งต่อไปยังโรงงานสิ่งทอ เส้นใยหินที่จะทำเป็นเส้นใยฝ้านั้นจะต้องผสมกับใยผ้าฝ้าย 5 – 20 เปอร์เซ็นต์ หรือไม้ไผ่เรยอน และขนสัตว์ เพื่อปั่นให้เป็นเส้นด้ายและทอเป็นผ้าต่อไป ผ้าที่ผลิตจากใยหินนั้นมีคุณสมบัติคือทนไฟ สามารถทอเป็นผ้าได้หลากหลายชนิด ใช้ทำผ้ากันไฟ ชุดเสื้อผ้ากันไฟที่ใช้สำหรับพนักงานดับเพลิง ผ้าฉนวนป้องกันไฟฟ้า เป็นต้น

คุณสมบัติของใยหิน : ใยหินมีความเหนียว แข็งแรง ทนความร้อนได้สูงในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ได้ถึง 6,000 องศาฟาเรนไฮต์ ใยหินทนต่อสารเคมีได้ดี

การทำความสะอาดผ้าใยหิน : เวลาซักต้องระมัดระวัง ถ้าไม่สกปรกมากไม่ควรซักทั้งชิ้น ควรทำความสะอาดโดยใช้ฟองน้ำชุบน้ำเช็ดบริเวณที่เปื้อนก็จะสามารถเช็ดออกไปได้อย่างง่ายดาย [14]



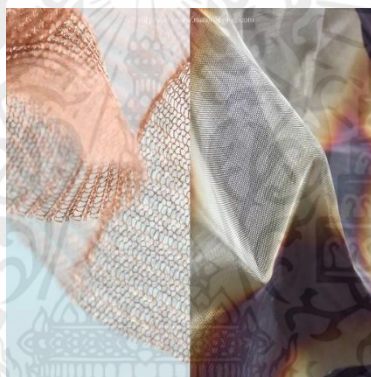
รูปที่ 2.12 เส้นใยแร่จากธรรมชาติ [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 เส้นใยโลหะ (Metallic Fibers)

เป็นเส้นใยที่รู้จักกันมานานับพันปีก่อนที่จะรู้จักใยเรยอน และไนลอน ใยโลหะเป็นใยเดี่ยวอาจเรียกว่า ด้ายโลหะ (Metallic Yarns) ก็ได้ เพราะมีลักษณะเป็นใยยาวเดี่ยว แบบคล้ายริบบิ้น สามารถผลิตใหม่ขนาดตามต้องการ อาจใช้พันสลับกับเส้นด้ายจะมีลักษณะกลม นิยมทำด้วยโลหะแท้ เช่น ทองซึ่งมีราคาแพงมาก เงิน ทองแดง และอลูมิเนียม ส่วนใยโลหะสังเคราะห์ทำจากโลหะอลูมิเนียม หรือโลหะหุ้มพลาสติก สารที่พันหุ้มโลหะ ได้แก่ สารโพลีเอสเตอร์ เช่น Mylar หรือ สารเซลลูโลส อาซิเตท-บิวไทเรท มีหลายสีสดใสแวววาว สวยงาม เช่น สีน้ำเงิน และสีทอง ผลิตขึ้นเพื่อเลียนแบบโลหะแท้ ใยโลหะหุ้มพลาสติกใช้ประโยชน์ได้ดีไม่ดำเมื่อถูกอากาศ ความเค็ม คลอรีน จากน้ำและต่างจากผงซักฟอก

คุณสมบัติของเส้นใยโลหะ : คุณสมบัติของเส้นใยโลหะนั้นไม่ค่อยเหนียว ทำขึ้นเพื่อใช้ในการตกแต่งเสื้อผ้า มากกว่าทอเป็นผืนผ้าทั้งผืน ใยโลหะถ้าหุ้มหรือชุบด้วยโพลีเอสเตอร์ ใยจะเหนียว และทนทานมากขึ้น ถ้าหุ้มด้วยอาซิเตท บิวไทเรท ใช้สำหรับตัดชุดราตรี สีจะไม่ตกไม่ซีดเมื่อถูกแสงแดดหรือเมื่อซักรีด [14]



รูปที่ 2.13 ผ้าทอจากโลหะ ที่มา : <https://www.wazzadu.com/article/2890>

2.3.5 เส้นใยยางธรรมชาติ (Natural Rubber Fiber)

เส้นใยยางยัดนั้นได้จากทั้งยางธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ การนำเส้นใยยางมาใช้ในเสื้อผ้านั้นมักจะใช้เป็นเส้นแถบยางยัด โดยภายในมีเส้นด้ายหรือเส้นใยประเภทอื่นๆ เช่น เส้นใยฝ้าย เรยอน หรือไนลอน มาหุ้มอยู่โดยรอบเพื่อเพิ่มคุณสมบัติที่เหมาะสมกับงานที่ผ้าที่ใช้ และป้องกันไม่ให้ใยยางเสื่อมคุณภาพเร็วเมื่อถูกความร้อนและแสงแดด

คุณสมบัติที่ดีของเส้นใยยางต่อการนำมาใช้ประโยชน์ : สามารถยืดหดได้ดี มีความโค้งงอดี มีความคงรูปปานกลาง เหนียวแข็งแรง ทนต่อน้ำและอากาศได้ดี ตัดหรือฉีกขาดยาก ทนต่อสารเคมีได้หลายชนิด ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ใช้ตัดทำชุดอาบน้ำ ผ้าพันกล้ามเนื้อ ผ้าบุรองในรองเท้า ขอบถุงเท้า ถุงมือ แถบขอบยางยัด เป็นต้น

คุณสมบัติที่ไม่ดีของเส้นใยยางต่อการนำมาใช้ประโยชน์ : น้ำมันหรือเหงื่อโคลจากร่างกายและแสงแดด จะทำให้ยางเสื่อมคุณภาพจะยืดเสียรูปทรง ใยยางนั้นไม่ทนความร้อนสูง ถ้าความร้อนสูงเกิน 93 องศาเซลเซียสจะเริ่มสลายตัว เมื่อเก็บไว้นานๆ ความเหนียวจะลดลง การยืดหยุ่นจะเสียไปตามกาลเวลา และสารซักฟอกบางชนิดทำให้เส้นใยเสื่อมคุณภาพได้ [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เสียง

เสียงเป็นคลื่น (Wave) ชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือนในอากาศและวัตถุอื่นๆ การสั่นสะเทือนนี้ทำให้โมเลกุลของตัวกลางเกิดการสั่นไปด้วย อันเป็นผลให้เสียงแผ่ไปในตัวกลางนั้น ทิศทางการสั่นของโมเลกุลของตัวกลางจะขนานกับทิศทางของการแผ่ของเสียง อันเป็นสมบัติของคลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการแผ่ เมื่อมีการถ่ายทอดคลื่นตัวกลางนี้จะต้องมีการยืดหยุ่น (Elasticity) ของโมเลกุลวัตถุ ซึ่งตัวกลาง (Medium) ที่กล่าวถึงนี้จะ เป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซก็ได้ เพราะในสุญญากาศเสียงจะผ่านไม่ได้เลย คลื่นเสียงจัดเป็นเชิงกล (Mechanical Wave) ชนิดหนึ่ง [15]

ความดังของเสียงมีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB) ความรู้สึกเกี่ยวกับความดังจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับความเข้มเสียง โดยหูของมนุษย์สามารถรับเสียงที่มีความดังน้อยที่สุดคือ 0 dB และมากที่สุดคือ 120 dB เช่น เสียงกระซิบ 30 dB เสียงสนทนา 60 dB เสียงคนเดิน หรือเสียงเครื่องจักรงานระบบ 70 dB เสียงโทรทัศน์ หรือห้องโฮมเธียเตอร์ 80 dB เสียงรถยนต์ และรถบรรทุก 60-90 dB และเสียงเครื่องบิน 120 dB โดยองค์การอนามัยโลกได้กำหนดว่าเสียงที่ดังเกิน 85 dB นั้นมีอันตรายทั้งต่อร่างกายและจิตใจ (โดยภายใต้สเกลลอกกาลีทิมของเดซิเบล ระดับความดังของเสียงลดลง 3 dB หมายถึงพลังงานเสียงจะลดลงจากเดิมถึง 2 เท่า)

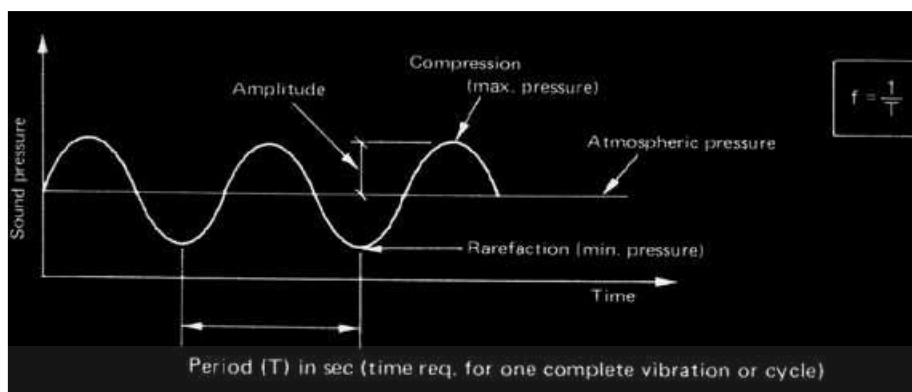
ความถี่ของเสียง มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz) โดยเสียงที่มีความถี่สูง หรือเสียงแหลมสูงจะรบกวนมากกว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำ หรือเสียงทุ้มเสียง และจะรบกวนมากกว่าเสียงที่ประกอบไปด้วยเสียงหลายๆ เสียง โดยเสียงมนุษย์ได้ยินจะอยู่ในช่วง 20-20,000 Hz

2.4.1 คลื่นเสียง สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ทุกสถานะ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ คลื่นเสียงนั้น มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับคลื่นอื่นๆ เช่น แอมพลิจูด (Amplitude) ความเร็ว (Velocity) หรือความถี่ (Frequency)

2.4.2 การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง เมื่อวัตถุเกิดการเคลื่อนที่หรือถูกกระทำด้วยแรงจากภายนอก ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุลภายในวัตถุนั้น ซึ่งส่งผลไปยังอนุภาคของอากาศหรือตัวกลางที่อยู่บริเวณโดยรอบ ก่อให้เกิดการรบกวนหรือการถ่ายโอนพลังงาน ผ่านการสั่นและการกระทบกันเป็นวงกว้างทำให้อนุภาคของอากาศเกิดการบีบอัด (Compression) เมื่อเคลื่อนที่ที่กระทบกันและการยืดขยาย (Rarefaction) เมื่อเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเดิม ดังนั้นคลื่นเสียงจึงเรียกว่า คลื่นความดัน (Pressure Wave) เพราะอาศัยการผลัดกันของโมเลกุลในตัวกลางในการเคลื่อนที่

2.4.3 ตัวกลาง (Medium) จึงกลายเป็นปัจจัยสำคัญต่อการได้ยินเสียง เพราะคลื่นเสียงเคลื่อนที่โดยอาศัยตัวกลางในการถ่ายทอดพลังงานเท่านั้น ส่งผลให้ในภาวะสุญญากาศ ซึ่งเป็นพื้นที่ว่างที่ไม่มีอนุภาคตัวกลางใดๆ คลื่นเสียงจึงไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้

นอกจากนี้ สถานะและอุณหภูมิของตัวกลางยังเป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงอีกด้วย ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เสียงเคลื่อนที่ผ่านวัตถุของแข็งได้ดีกว่าของเหลวและก๊าซ [16]



รูปที่ 2.14 คลื่นเสียงที่แสดงการสั่นคลอนเกิดการอัดและขยายตัว [15]

ตารางที่ 2.7 การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลางทั้ง 3 สถานะ [16]

ตัวกลาง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)
ก๊าซ (Gases)		
อากาศ	0	331
อากาศ	20	343
ฮีเลียม	0	965
ไฮโดรเจน	20	1286
ของเหลว (Liquids)		
ปรอท	25	1450
น้ำ	25	1493
น้ำทะเล	25	1533
ของแข็ง (Solids)		
ยาง	-	60
ทองคำ	-	3240
แก้ว	-	5640
เหล็ก	-	5960
เพชร	-	12000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 คุณสมบัติของเสียง

2.4.4.1 การสะท้อน (Reflection) คือการเคลื่อนที่ของเสียงไปกระทบสิ่งกีดขวาง ส่งผลให้เกิดการสะท้อนกลับของเสียงที่เรียกว่า เสียงสะท้อน (Echo) ซึ่งโดยปกติแล้วเสียงที่ผ่านไปยังสมองจะติดประสาทหูราว 0.1 วินาที ดังนั้นเสียงที่สะท้อนกลับมาช้ากว่า 0.1 วินาที ทำให้หูของเราสามารถแยกเสียงจริงและเสียงสะท้อนออกจากกันได้ นอกจากนี้ หากมุมที่รับเสียงสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบของเสียงจะส่งผลให้เสียงสะท้อนมีระดับความดังสูงที่สุดอีกด้วย

2.4.4.2 การหักเห (Refraction) คือการเคลื่อนที่ของเสียงผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน หรือการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีอุณหภูมิต่างกัน ส่งผลให้อัตราเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของเสียงเปลี่ยนไป

2.4.4.3 การเลี้ยวเบน (Diffraction) คือการเดินทางอ้อมสิ่งกีดขวางหรือเลี้ยวเบนผ่านช่องว่างต่างๆ ของเสียง โดยคลื่นเสียงที่มีความถี่และความยาวคลื่นมาก สามารถเดินทางอ้อมสิ่งกีดขวางได้ดีกว่าคลื่นสั้นที่มีความถี่ต่ำ

2.4.4.4 การแทรกสอด (Interference) เกิดจากการปะทะกันของคลื่นเสียงจากหลายแหล่งกำเนิด ซึ่งอาจทำให้เกิดเสียงที่ดังขึ้นหรือเบาลงกว่าเดิม หากคลื่นเสียงที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อย (ไม่เกิน 7 Hz) เมื่อเกิดการแทรกสอดกันจะทำให้เกิดเสียงบีตส์ (Beats) [16]



รูปที่ 2.15 ปรากฏการณ์สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุ [17]

2.4.5 หลักการป้องกันเสียง

2.4.5.1 ป้องกันที่แหล่งกำเนิด เช่น การเปลี่ยนระบบการทำงานของแหล่งกำเนิด และการใช้วัสดุครอบแหล่งกำเนิด เป็นต้น

2.4.5.2 ป้องกันที่ทางเดินของเสียง เช่น การติดตั้งกำแพงกันเสียง การทำให้ระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิด และผู้รับเสียงเพิ่มขึ้น เป็นต้น

2.4.5.3 ป้องกันที่ผู้รับเสียง โดยการใช้อุปกรณ์ ที่ครอบหู (Ear Muffs) สามารถลดเสียงได้ตั้งแต่ 30 – 40 dB ลดเสียงที่ความถี่สูงกว่า 400 Hz ได้ดี หรือที่อุดหู (Ear Plugs) สามารถลดเสียงได้ตั้งแต่ 15 – 25 dB ลดเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 400 Hz ได้ดี เป็นต้น

การเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น งบประมาณที่มี ลักษณะของสภาพแวดล้อมที่เกิดปัญหา และลักษณะของปัญหาที่เกิดในกรณีของการป้องกันที่ผู้รับเสียง การเลือกอุปกรณ์ป้องกันเสียง เช่น ที่ครอบหู (Ear Muffs) หรือที่อุดหู (Ear plugs) มาใช้ป้องกันเสียง ซึ่งไม่สิ้นเปลืองมาเมื่อเทียบกับวิธีอื่น แต่ควรมีหลักในการเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับสภาวะทางเสียงในขณะนั้น [18]



รูปที่ 2.16 ที่ครอบหู (Ear Muff) [19]



รูปที่ 2.17 ปลั๊กอุดหูที่ทำจากโฟม [20]

2.5 วัสดุกันเสียง

คือวัสดุที่มีคุณสมบัติในการกันเสียง ไม่ให้ทะลุผ่านจากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่ง หรือกันเพื่อไม่ให้เสียงรบกวนจากภายนอกเข้ามายังภายในห้องได้ รวมไปถึงการกันเสียงจากภายในไม่ให้ออกไปภายนอกด้วย ทั้งนี้ วัสดุกันเสียงส่วนใหญ่จะใช้กับผนัง เช่น ฉนวนกันเสียง ที่สามารถใช้ได้กับทั้งผนังแบบก่ออิฐ และผนังโครงเบา โดยการติดตั้งนั้น สามารถทำได้ด้วยการติดตั้งโครงคร่าวบนผนังเก่า ใส่ฉนวนกันเสียงลงไป และปิดด้วยแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ หรือสามารถติดบนฝ้าเพดานก็ได้ [21]

2.6 วัสดุดูดซับเสียง

คือวัสดุที่มีคุณสมบัติในการลดเสียงก้อง และลดเสียงสะท้อน ภายในห้องที่อาจรบกวนการทำงาน กิจกรรมต่างๆ ภายในห้องได้ อาทิ การทำงาน การประชุม การพูดคุย หรือว่าการดูหนังฟังเพลง ฯลฯ วัสดุดูดซับเสียงมีทั้งสำหรับผนัง ฝ้าเพดาน และแบบปูพื้น โดยผนังดูดซับเสียง จะเป็นแผ่นบุที่หุ้มด้วยผ้าชนิดพิเศษเคลือบสารไม่ลามไฟ หรือหุ้มด้วยผ้าใยแก้วพิเศษ ส่วนแผ่นฝ้าดูดซับเสียงนั้นโดยมากจะเป็นแผ่นฝ้ากลาสวูดหรือแผ่นฝ้ายปซัม และสุดท้ายสำหรับพื้นดูดซับเสียงมักนิยมใช้เป็นพรมอัดชนิดลูกฟูก

เมื่อเราทราบถึงคุณสมบัติ และหน้าที่ของวัสดุกันเสียงและวัสดุซับเสียงแล้ว เราก็จะสามารถตีไซน์การควบคุมเสียงในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่าวคือหากเราต้องการให้ห้อง บ้าน หรืออาคารของเราป้องกันเสียงดังรบกวนที่เกิดขึ้นรอบบริเวณใกล้เคียง เราก็จำเป็นต้องเน้นไปที่เรื่องของวัสดุกันเสียงเป็นสำคัญ เพราะมีคุณสมบัติในการกันเสียงจากด้านนอกเข้ามาสู่ด้านใน ซึ่งจะทำให้เราไม่ได้รับเสียงรบกวนจากภายนอก

กลับกันสำหรับห้องประชุม หรือห้องสัมมนาที่ใช้ในการทำงาน เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น คนทำงานสามารถสื่อสารกันได้อย่างราบรื่น ไม่หงุดหงิดใจ การเลือกใช้วัสดุซับเสียง บุผนัง ฝ้า และพื้นก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยลดเสียงก้อง และเสียงสะท้อนลงได้ องค์ประกอบของการควบคุมเสียงเหล่านี้ คือสิ่งที่ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญ เพื่อให้อาคาร หรือบ้านที่สร้างออกมา ปราศจากเสียงรบกวนที่บั่นทอนความสุขในการทำงาน และการใช้ชีวิต ซึ่งควรอย่างยิ่งที่จะวางแผนและขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญเรื่องเสียงโดยตรง ในการสร้างหรือเสริมแต่งปรับปรุง [21]

2.7 ฉนวนกันเสียง (Sound Insulation)

อาศัยหลักในการกันเสียงให้ผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งให้น้อยที่สุด หรือไม่ให้เสียงผ่านเลย ฉนวนกันเสียงเป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นรูพรุน หรือ Open Cell จึงช่วยในการดูดซับเสียงได้อย่างมาก คือขณะที่เสียงวิ่งตกกระทบฉนวน พลังงานเสียงเหล่านั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งเกิดจากการเสียดสีของพลังงานเสียงกับรูพรุนของฉนวน โดยฉนวนจะช่วยลดระดับพลังงานของเสียงในผนัง Double Wall โดยอาศัยหลักการเกี่ยวกับการดูดซับเสียงข้างต้น ยิ่งถ้าเพิ่มความหนาของฉนวนมากเท่าไร ก็ยิ่งช่วยเพิ่มค่า STC ของระบบมากขึ้น [22]

2.8 แผ่นดูดซับเสียง (Sound Absorption)

แผ่นที่ทำจากเส้นใยต่างๆ เช่น ใยแก้ว ฟองน้ำ หรือโฟม อาจหุ้มผ้าหรือปิดผิวด้วยวิธีการอื่นๆ วัสดุที่มีคุณสมบัติในการช่วยลดเสียงก้อง และช่วยดูดซับเสียง เมื่อเสียงมาตกกระทบเพื่อลดเสียงสะท้อนกลับ

ซึ่งเกิดจากอะคูสติคห้อง ส่วนมากจะเจอในห้องทั่วไปที่ออกแบบในแนวขนานระหว่างผนังหรือเพดาน หรือห้องที่มีกระจก เป็นต้น ประเภทของแผ่นดูดซับเสียง สามารถแบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ

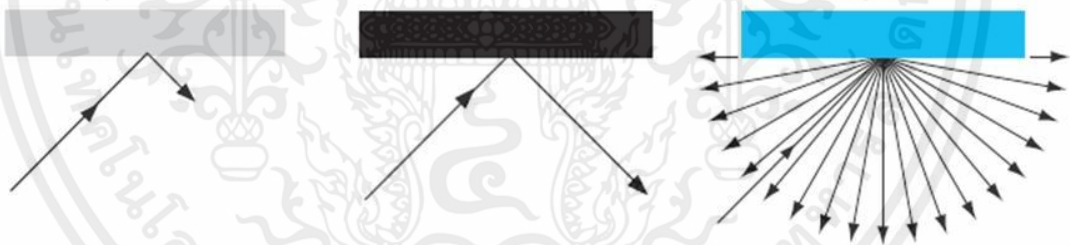
2.8.1 วัสดุดูดซับเสียงที่โปร่งเบาเป็นฝอยเป็นรูพรุน เช่น ฉนวนเซลลูโลส ฉนวนใยหิน ฉนวนใยแก้ว และโฟมประเภทต่างๆ ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันไป ความหนาแน่น ตามความแข็งแรง และ การใช้งาน วัสดุดูดซับเสียงที่โปร่งเบาเป็นฝอยเป็นรูพรุนเหมาะสำหรับดูดซับเสียงที่มีความถี่สูง

2.8.2 วัสดุดูดซับเสียงที่มีผิวพรูเป็นรู เช่น แผ่นขานอ้อย แผ่นไม้คอร์ก แผ่นดูดซับเสียง ยิปซัม บอร์ดที่มีรู เหมาะสำหรับเพิ่มพื้นที่ผิวในการรับเสียง

2.8.3 วัสดุดูดซับเสียงที่เป็นเยื่อแผ่น เช่น กระจกสองชั้น การติดผ้ามาให้กับผนังหรือ ช่องเปิด หรือผนังที่มีหลายชั้น เหมาะสำหรับเสียงที่มีความถี่ต่ำ

2.8.4 วัสดุดูดซับเสียงที่มีพื้นผิวมาก ที่ลดเสียงสะท้อน เช่น ผนังที่เป็นช่องๆ ในรูปแบบ ต่างๆ ซึ่งลักษณะการใช้งานก็แตกต่างกันไปตามการใช้งาน อาจมีหลายลักษณะประกอบกันไปเพื่อ ประสิทธิภาพการควบคุมเสียงที่เหมาะสม อาจจะใช้ฉนวนใยแก้วด้วยแผ่นอลูมิเนียมพอยล์เพื่อ ป้องกันความชื้น หรือจะใช้วัสดุที่มีพื้นผิวมากประกอบกับวัสดุที่เป็นรูพรุน [23]

คลื่นเสียงที่กระทบพื้นผิวโดยพลการจะสะท้อน ส่งผ่าน หรือดูดซับปริมาณพลังงานที่สะท้อน การส่งผ่าน หรือการดูดซับขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเสียงของพื้นผิว เสียงสะท้อนอาจถูกเปลี่ยนเส้นทาง เกือบทั้งหมดโดยพื้นผิวเรียบขนาดใหญ่หรือกระจัดกระจายไปตามพื้นผิวที่กระจัดกระจาย เมื่อเสียง สะท้อนจำนวนมากกระจัดกระจาย สถานะนี้เรียกว่า การสะท้อนแบบกระจาย และพื้นผิวที่เกี่ยวข้อง มักเรียกว่า ตัวกระจายเสียง เสียงที่ดูดซับอาจถูกส่งหรือกระจายออกไปดังแสดงในรูปที่ 2.



รูปที่ 2.18 ลักษณะการกระจายของเสียงหลังจกตกกระทบบนวัตถุ [25]

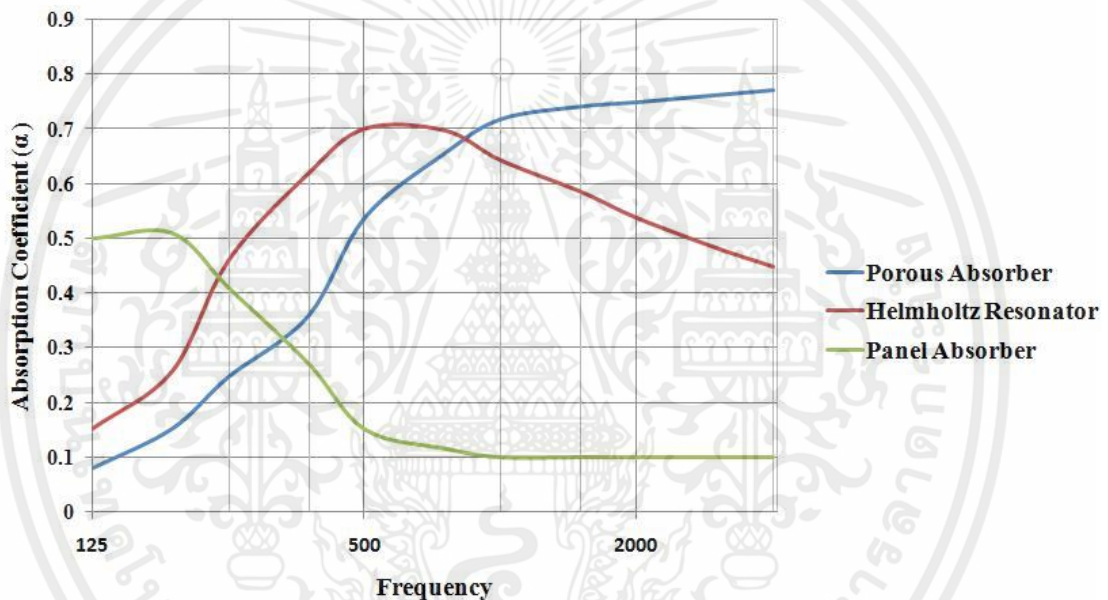
พลังงานเสียงกระจายไปโดยการกระทำพร้อมกันของกลไกหนืดและความร้อน ตัวดูดซับเสียง ใช้เพื่อกระจายพลังงานเสียงและลดการสะท้อนให้เหลือน้อยที่สุด ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเป็น ปริมาณทั่วไปที่ใช้สำหรับวัดการดูดกลืนเสียงของวัสดุ และเป็นที่ยอมรับกันดีว่าเป็นฟังก์ชันของความถี่ ของคลื่นตกกระทบ มันถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนของพลังงานที่วัสดุดูดซับต่อพลังงานที่ตกกระทบ บนพื้นผิว

ค่าสัมประสิทธิ์ของวัสดุดูดซับเชิงพาสซีฟระบุเป็นค่าสัมประสิทธิ์การลดสัญญาณรบกวน (NRC) ซึ่งหมายถึงค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การดูดกลืนที่ 250 Hz 500 Hz 1,000 Hz และ 2,000 Hz ตัวดูดซับเสียงถูกจัดประเภทเป็นตัวดูดซับแบบไม่มีรูพรุนและมีรูพรุน

ตัวดูดซับที่ไม่มีรูพรุนมีสองประเภทที่พบได้ทั่วไปในงาน Panel (membrane) Resonators และ Helmholtz Resonators แผ่นซับเสียงจะเป็นแผ่นหรือ membrane ที่เบาบาง และไม่มีรูพรุน

ซึ่งปรับให้ดูดซับคลื่นเสียงในช่วงความถี่เฉพาะ ตัวดูดซับถูกกำหนดโดยคุณสมบัติทางเรขาคณิตและการสั่นสะเทือนของโครงสร้าง Helmholtz Resonators หรือตัวดูดซับโพรงเป็นโครงสร้างที่มีรูพรุนซึ่งมีรูพรุนขนาดเล็กมาก ตัวอย่างหนึ่งคือแผ่นกันเสียงที่ใช้ภายในโครงเครื่องยนต์ของเครื่องบินเพื่อระงับเสียงรบกวนจากขั้นตอนการบีบอัดและการเผาไหม้ โครงสร้างที่คล้ายกันนี้ใช้กับพัดลมและเครื่องช่วยหายใจที่ใช้ในระบบระบายอากาศและเครื่องปรับอากาศ ขนาดของช่องเปิด ความยาวของคอ และปริมาตรของช่องจะควบคุมความถี่ Resonant ของตัวสะท้อนและประสิทธิภาพการดูดซับ

ตัวดูดซับเสียงที่มีรูพรุนจะสัมพันธ์กับวัสดุที่มีการแพร่กระจายเสียงในเครือข่ายของรูพรุนที่เชื่อมต่อถึงกัน โดยปฏิกิริยาที่หนืดและความร้อนจะทำให้พลังงานเสียงกระจายไปและเปลี่ยนเป็นความร้อน เช่น ขนแร่ โยแก้ว หรือโฟมที่มีความพรุนสูง ช่วยลดเสียงสะท้อน วัสดุดูดซับที่มีรูพรุนนั้นแท้จริงแล้วเป็นวัสดุระบายความร้อน ความต้องการความหนาที่มียุคสำคัญเมื่อเทียบกับความยาวคลื่นเสียงที่ใช้งานทำให้ตัวดูดซับที่มีรูพรุนไม่มีประสิทธิภาพอย่างมากและใช้งานไม่ได้ที่ความถี่ต่ำ [25]



รูปที่ 2.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงและความถี่ของวัสดุดูดซับเสียงแต่ละประเภท [25]

ตารางที่ 2.8 การจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียง จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) [17]

ประสิทธิภาพการดูดซับเสียง	NRC	วัสดุชนิดต่างๆ
มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงสูง	1.0	วัสดุที่ได้รับการออกแบบพิเศษ ให้มี
	0.9	ความสามารถในการดูดซับเสียงสูง
	0.8	
	0.7	
	0.6	ฝ้าเพดานที่มีความพรุนสูง นวมเก้าอี้ใน
	0.5	ห้องประชุม
มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงปานกลาง	0.4	พื้นดินที่เรียบ ผู้ฟังที่นั่งเก้าอี้ไม้ หรือโลหะ
	0.3	พรมหนาบนพื้นคอนกรีต
	0.2	เก้าอี้ไม้ หรือโลหะที่ไม่มีคนนั่ง พรม
สะท้อนเสียง	0.1	น้ำหนักเบา ต้นไม้ ม่านบาง หน้าต่าง
		กระจก ขอบหน้าต่างไม้ ปูนปลาสเตอร์
	0	แผ่นยิปซัมบอร์ด คอนกรีตฉาบเรียบ อิฐ
		เคลือบสี หินอ่อน กระจกเบื้องแก้ว ฝวน้ำ

2.10 การทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง

2.10.1 ทฤษฎีของเครื่องทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง

ทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของแผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าว ร่วมกับน้ำยาพาราแฉ่มชั้น การตั้งค่าการทดลองแสดงดังในรูปที่ 2.18 หลอดอิมพีแดนซ์ที่ใช้สร้างขึ้นโดยสมาคมอเมริกันด้านการทดสอบและวัสดุ ASTM C384-04 ซึ่งทำมาจากท่อโพลีไวนิลคลอไรด์ ขนาด 1 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 114 มิลลิเมตร แผ่นรองหลังหนา 20 มิลลิเมตร ทำมาจากสแตนเลสขัดเงา ความถี่ต่ำสุดที่วัดได้โดยหลอด (เพื่อให้สามารถสังเกตความดันต่ำสุด สองค่าในหลอด ASTM C384-954998) เพื่อหลีกเลี่ยงการข้ามโหมดและการเกิดคลื่นตามขวางในหลอดความถี่สูงสุด จำกัดที่ 2000 Hz ตามมาตรฐาน ASTM C384-95 [2]

การทดลองเริ่มต้นที่ 300 Hz หลังจากนั้นขั้นตอนทดสอบจะเริ่มที่ 250 ถึง 2000 หรือ 4000 Hz โดยตัวอย่างชิ้นงานจะถูกวางไว้ด้านหน้า ดิสก์สแตนเลสสตีลขัดเงาหนา 20 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ตรงข้ามกับลำดง ไมโครโฟน B&K ประเภท 4961 ติดตั้งที่ปลายด้านหนึ่งของท่อโลหะบางๆ ที่ถูกสอดเข้าไปในแกนผ่านท่ออิมพีแดนซ์ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งของท่อถูกยึดเข้ากับเวทีแปล 20 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้การเคลื่อนไหวในแนวนอนกับไมโครโฟนที่มีความละเอียด 1 มิลลิเมตร ต่อกับลำโพงที่ถูกขับเคลื่อนโดยเครื่องกำเนิดฟังก์ชันที่ $1 V_{p-p}$

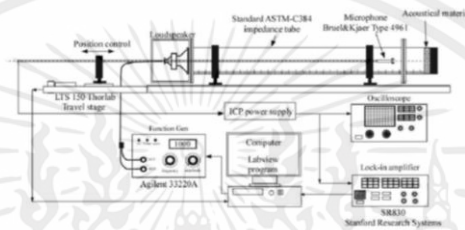
สัญญาณอคูสติกจากไมโครโฟนถูกบันทึกโดยเครื่องขยายสัญญาณแบบบล็อกด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถวัดอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนได้สูง เสียงไมโครโฟนในหลอดวัดได้ในระดับไมโครโวลต์ ภายในช่วงความถี่หลอดอิมพีแดนซ์ในขณะที่สัญญาณอคูสติกที่วัดได้มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่า 100 มิลลิโวลต์ นอกจากนี้ยังพบสัญญาณเสียงไมโครโฟนด้วยออสซิลโลสโคป LabView ถูกใช้เพื่อทำให้การเคลื่อนไหวไมโครโฟนและการรับข้อมูลเป็นไปโดยอัตโนมัติ ในขั้นตอนไมโครโฟนอยู่ห่างจากพื้นผิวตัวอย่าง 50 มิลลิเมตร แล้วตั้งไปยังลำโพงโดยเวทีแปลที่อัตรา 3.3 มิลลิเมตรต่อวินาที การตอบสนองเสียงถูกวัดเป็นแรงดันไมโครโฟนในแง่ของระยะทางเพื่อค้นหาแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V_{max}) และต่ำสุด (V_{min}) ตามที่ต้องการในการคำนวณอัตราส่วนคลื่นนิ่ง ($SWR = V_{max} / V_{min}$) ตามมาตรฐาน ASTM C384-95 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) นั้นสามารถหาได้จาก SWR จากสมการที่ 5

$$\alpha = \left| \frac{SWR-12}{SWR+1} \right| \quad (2)$$



รูปที่ 2.20 การตั้งค่าการทดลอง

2.10.2 อุปกรณ์อิมพีแดนซ์ทิวบ์ที่นำมาใช้ในการทดลองคุณสมบัติการดูดซับเสียง (Cbit Lap KU)

Impedance Tube Kit (50 Hz-6.4 kHz) Type 4206

Impedance Tube Kit (100 Hz-3.2 kHz) Type 4206-A

Transmission Loss Kit (50 Hz-6.4 kHz) Type 4206-T



รูปที่ 2.21 Impedance Tube

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		Type 4206	Type 4206-A	Type 4206-T
Frequency Range	50 Hz – 1.6 kHz	•		•
	100 Hz – 3.2 kHz		•	
	500 Hz – 6.4 kHz	•		•
Parameters	Acoustic impedance	•	•	•
	Acoustic admittance	•	•	•
	Reflection coefficient	•	•	•
	Sound absorption coefficient	•	•	•
	Transmission loss coefficient			•

รูปที่ 2.22 การใช้ประโยชน์ของหลอดอิมพีแดนซ์แต่ละประเภท

2.10.3 คุณสมบัติ

- การวัดตามวิธีการถ่ายโอนสองฟังก์ชันไมโครโฟนตามมาตรฐาน IOS 10534-2 และ ASTM E1050-08 มาตรฐานสากลสำหรับค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง และ ASTM E2611-09 สำหรับการสูญเสียการส่งสัญญาณ
- การติดตั้งวัสดุที่ไวเสียงต่อแวนอน การจำลองการวัดบนเพดานแบบแวนอน
- ตัวยึดผนัง
- ส่วนหนึ่งของระบบการทดสอบวัสดุอคูสติกที่สมบูรณ์ซึ่งมีระบบ PULSE™ ของ Brüel & Kjær
- การหาค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงรบกวน ตามมาตรฐาน ASTM C423-99a จากค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ 250, 500, 1000 และ 2000 Hz (ประเภท 4206-A)

2.10.4 การประยุกต์การใช้งาน

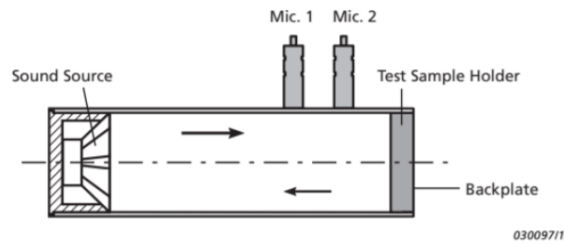
- การประยุกต์การใช้งาน
- การทดสอบลักษณะวัสดุที่ระบุ
- การกำหนดข้อมูลอินพุตสำหรับการสร้างแบบจำลองเสียง
- เพื่อวัตถุประสงค์ในการวิจัย

2.10.5 ประโยชน์การใช้งาน

- กำหนดพารามิเตอร์ปฏิบัติการปกติ
- การวัดที่รวดเร็วและแม่นยำ
- ช่วงความถี่ขนาดใหญ่ที่ทำได้โดยใช้หลอดขนาดต่างๆ และการเว้นระยะไมโครโฟน
- การใช้ตัวอย่างขนาดเล็ก
- ประกอบและถอดแยกชิ้นส่วนได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Two-microphone Transfer-function Method



รูปที่ 2.23 แผนผังของหลอดความต้านทานสำหรับวิธีการถ่ายโอนฟังก์ชันไมโครโฟน 2 ตัว

มีการติดตั้งแหล่งกำเนิด (ลำโพง) ที่ปลายด้านหนึ่งของหลอดอิมพีแดนซ์และวางตัวอย่างวัสดุไว้ที่ปลายอีกด้านหนึ่ง ลำโพงสร้างบรอดแบนด์คลื่นเสียงแบบสุ่มไม่หยุดนิ่งซึ่งแพร่กระจายเป็นคลื่นระนาบในหลอดกวดตัวอย่างและสะท้อนกลับ การแพร่กระจายการติดต่อและการสะท้อนกลับส่งผลให้เกิดรูปแบบการแทรกสอดของคลื่นนิ่งเนื่องจากการซ้อนทับของคลื่นไปข้างหน้าและถอยหลังเคลื่อนที่ภายในท่อ ด้วยการวัดความดันของเสียงในสถานที่คงที่ทั้งสองและคำนวณฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ซับซ้อนโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความถี่ดิจิทัลสองช่องทางจึงเป็นไปได้จะกำหนดค่าการดูดซับเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่ซับซ้อน ช่วงความถี่ที่ใช้งานได้จะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดและระยะห่างระหว่างตำแหน่งไมโครโฟน ชุดหลอดอิมพีแดนซ์ (50 Hz – 6 kHz) ประเภท 4206 ประกอบด้วย :

- ท่อขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร
- ท่อขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 29 มิลลิเมตร
- ตัวอย่างผู้ถือ (29 และ 100 มิลลิเมตร)
- ท่อตาข่าย (29 และ 100 มิลลิเมตร)
- การใช้งานสำหรับ Types 4206 และ 4206-A

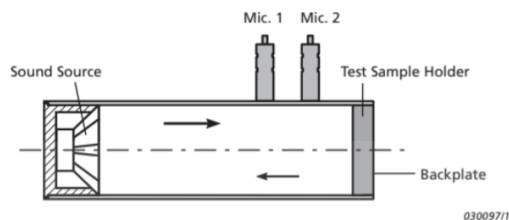
Types 4206 และ 4206-A สามารถใช้ในการวัดคุณสมบัติทางเสียงของตัวอย่างทดสอบขนาดเล็กรวมถึงวัสดุคอมโพสิต (เช่น กระเบื้องเพดาน) และวัสดุที่ผิดปกติ (เช่น กระเบื้องอคูสติคแยก) แยกทรงหลังแบบลูกสูบซึ่งติดตั้งตัวอย่างทดสอบภายในตัวยึดตัวอย่างสามารถถอดได้เพื่อสร้างช่องว่างอากาศด้านหลังตัวอย่างทดสอบ สามารถใช้ในการจำลองการวัดบนเพดานแบบแขวน นอกจากนี้ชุดติดตั้งอิมพีแดนซ์ทั้งสองชุดสามารถติดตั้งในแนวตั้งเพื่อทำการวัดตัวอย่างที่ไวต่อการวางแนวซึ่งจะต้องติดตั้งในแนวนอน (เช่น วัสดุที่เป็นเม็ด เป็นต้น)

2.10.6 การสูญเสียภายในท่อ

มีการติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียง (ลำโพง) ที่ปลายด้านหนึ่งของหลอดอิมพีแดนซ์และวางตัวอย่างวัสดุไว้ในที่ยึด ลำโพงสร้างคลื่นเสียงบรอดแบนด์แบบสุ่มที่คงที่ซึ่งแพร่กระจายเป็นคลื่นระนาบ คลื่นระนาบกระทบตัวอย่างในมรายึดโดยมีส่วนหนึ่งของคลื่นสะท้อนกลับเข้าไปในหลอดตัวทางส่วนที่ดูดซับโดยวัสดุและส่วนที่ผ่านไปยังหลอดรับ ส่วนของคลื่นระนาบที่ผ่านวัดถุนั้นจะพบจุดสิ้นสุดของท่อรับซึ่งมีคลื่นสะท้อนบางส่วนและบางส่วนออกจากหลอด โดยการวัดความดันเสียงที่ตำแหน่งคงที่สี่แห่ง (สองจุดในท่อต้นทางและอีกสองจุดในท่อรับ) และคำนวณฟังก์ชันการถ่ายโอนที่

ซับซ้อนโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความถี่ดิจิตอลสี่ช่องทาง เป็นไปได้ที่จะตรวจสอบการสูญเสียการส่งผ่านของวัสดุ ช่วงความถี่ที่ใช้งานได้จะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดและระยะห่างระหว่างตำแหน่งไมโครโฟน

The Two-microphone Transfer-function Method



รูปที่ 2.24 แผนผังของหลอดสูญเสียการส่งสัญญาณสำหรับวิธีการถ่ายโอนฟังก์ชันไมโครโฟน 4 ตัว

ชุดหลอดสูญเสียการส่ง (50 Hz – 6.4 kHz) Type 4206-T ประกอบด้วย

- ท่อขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร 2 ท่อ
- ท่อขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 29 มิลลิเมตร 2 ท่อ
- ที่เก็บตัวอย่าง (29 และ 100 มิลลิเมตร)
- ท่อขยาย (29 และ 100 มิลลิเมตร)

การประยุกต์ใช้งาน

การวัดการสูญเสียการส่งผ่านของวัสดุเป็นที่สนใจสำหรับการควบคุมเสียงโดยใช้สิ่งกีดขวาง นี่เป็นสิ่งสำคัญที่แหล่งกำเนิดเสียงสามารถแยกออกจากผู้ฟังโดยสิ่งกีดขวางตัวอย่างเช่นในรถยนต์ที่แผงควบคุมทำหน้าที่เป็นกำแพงกั้นระหว่างเครื่องยนต์และช่องผู้โดยสารหรือในอาคารที่ผนังหรือประตูแยกเสียง แหล่งที่มาจากผู้ฟังสิ่งนี้เป็นที่พึงปรารถนาในการวัดโดยตรงการสูญเสียการส่งผ่านของวัสดุส่วนประกอบสำหรับการใช้งานในการเปรียบเทียบของวัสดุที่แตกต่างกันสำหรับการใช้งานที่เฉพาะเจาะจง รูปแบบการวิเคราะห์ที่ใช้ในการออกแบบวัสดุและส่วนประกอบ และการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของวัสดุก่อนที่จะมีการผลิตเป็นส่วนประกอบ

ส่วนประกอบ Types 4206, 4206-A และ 4206-T Frequency Range

- Small Tube ท่อขนาดเล็ก ในช่วง 500 Hz - 6.4 kHz
- Medium Tube ท่อขนาดกลาง ในช่วง 100 Hz - 3.2 kHz
- Large Tube ท่อขนาดใหญ่ ในช่วง 50 Hz - 1.6 kHz

การดูดซึมเป็นศูนย์ (คำนวณในวง 1/3-octave)

- 50 Hz - 4 kHz : < 4 เปอร์เซ็นต์
- 5 kHz - 6.3 kHz : < 10 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดอุปกรณ์เซ็คอัพที่ประกอบ

- ท่อขนาดใหญ่ (ความยาว) 1050 มิลลิเมตร (41.3 นิ้ว)
- ท่อขนาดกลาง (ความยาว) 910 มิลลิเมตร (36 นิ้ว)
- ท่อขนาดเล็ก (ความยาว) 900 มิลลิเมตร (35.4 นิ้ว)
- ท่อ TL ขนาดเล็ก (ความยาว) 1280 มิลลิเมตร (50.4 นิ้ว)
- ท่อ TL ขนาดใหญ่ (ความยาว) 1370 มิลลิเมตร (5.5 นิ้ว)
- ความกว้างทั้งหมด 140 มิลลิเมตร (5.5 นิ้ว)
- ความสูงทั้งหมด 240 มิลลิเมตร (9.5 นิ้ว)

$\frac{1}{4}$ คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน Type 4187

- ความไวแสงแบบปิดวงจร (250 Hz) 4 มิลลิโวลต์/ปาสคาล
- ความจุ (250 Hz) 6.4 พิโกฟารัด
- ลักษณะการตอบสนองความถี่ (ติดตั้งแบบฟลัช) 1 เดซิเบล : 1 Hz - 8 kHz
- แรงดันไฟฟ้าโพลาริซ 200 โวลต์

ลำโพงที่ใช้ทดสอบ

- พลังงานเฉลี่ยสูงสุด 10 วัตต์ที่ 20 องศาเซลเซียส
- พลังคลื่นสูงสุด 50 วัตต์ สำหรับ 2 วินาที (ถูกจำกัดโดยวงจรป้องกัน)
- อิมพีแดนซ์ 4 โอห์ม
- เส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร (3.2 นิ้ว)

น้ำหนัก (พร้อมอุปกรณ์เสริม) 12 กิโลกรัม (26.5 ปอนด์)

2.11 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างชิ้นงาน นั้นเป็นคุณสมบัติที่เกิดขึ้นภายในวัสดุ โดยทำการทดสอบคุณสมบัติการพองตัวตามความหนา และการดูดซึมน้ำ เป็นต้น

2.11.1 การทดสอบความหนาแน่นของชิ้นงาน

ทดสอบหาค่าความหนาแน่นของวัสดุดูดซับเสียง โดยการตัดชิ้นงานให้มีรูปทรงระบอบ จากนั้นนำชิ้นงานมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล และทำการวัดขนาดของชิ้นงานด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ จากนั้นทำการคำนวณหาค่าความหนาแน่นจากสมการที่ 2

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (3)$$

เมื่อ ρ	คือ	ความหนาแน่นของชิ้นงานทดสอบ (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
M	คือ	น้ำหนักของชิ้นงานทดสอบ (กรัม)
V	คือ	ปริมาตรของชิ้นงานทดสอบ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

การทดสอบค่าการการพองตัวตามความหนา สามารถทำได้โดยตัดชิ้นทดสอบทรงกระบอกโดยขนาดความกว้าง 4 เซนติเมตร ความยาว 2 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร โดยมีตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางแบบไม่ผสม และตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จำนวนแบบละ 3 ชิ้น ซึ่งมวลของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบเป็นมวลของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบก่อนแช่น้ำ หลังจากนั้นแช่ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส โดยตั้งตัวอย่างชิ้นงานทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำให้ ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำ ประมาณ 25 มิลลิเมตร แต่ละตัวอย่างชิ้นงานต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่น้ำไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร เมื่อแช่ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบครบ 24 ชั่วโมง แล้วรีบนำตัวอย่างชิ้นงานทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดๆ แล้วปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้าน ใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระดาษ นำตัวอย่างชิ้นงานทดสอบขึ้นมาชั่งเป็นมวลหลังแช่น้ำ โดยสามารถหาค่าการดูดซึมน้ำได้จากสมการที่ 3 เมื่อ m_1 คือ มวลของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบก่อนแช่น้ำ (กรัม) m_2 คือ มวลของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบหลังแช่น้ำ (กรัม)

$$\text{Water Absorption(\%)} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \times 100 \quad (4)$$

2.11.3 การทดสอบค่าการพองตัวตามความหนา

การทดสอบค่าการการพองตัวตามความหนา สามารถทำได้โดยตัดชิ้นทดสอบทรงกระบอกโดยขนาดความกว้าง 4 เซนติเมตร ความยาว 2 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร โดยมีตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางแบบไม่ผสม และตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จำนวนแบบละ 3 ชิ้น ซึ่งมวลของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบเป็นมวลของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบก่อนแช่น้ำ หลังจากนั้นแช่ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำให้อยู่ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำ ประมาณ 25 มิลลิเมตร แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่น้ำไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง แล้วรีบนำตัวอย่างชิ้นงานทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดๆ แล้วปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้าน ใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระดาษ นำตัวอย่างชิ้นงานทดสอบขึ้นมาชั่งเป็นมวลหลังแช่น้ำ โดยสามารถหาค่าการพองตัวตามความหนาได้จากสมการด้านที่ 4 เมื่อ t_1 คือ ความหนาของตัวอย่างชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ (กรัม) t_2 คือ ความหนาของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบหลังแช่น้ำ (กรัม)

$$\text{Thickness Swelling(\%)} = \left(\frac{t_2 - t_1}{t_1} \right) \times 100 \quad (5)$$

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์ วราภรณ์ วรงค์สิโรจน์กุล อภิสรา เรืองกุล อรณลิน ศิริวรรณ. [4] วารสารนี้ทดลองเกี่ยวกับแผ่นดูดซับเสียงจากวัสดุประกอบเส้นใยมะพร้าวผสมโฟมพอลิโอสไตรีน โดยใช้เส้นใยมะพร้าวขนาด 20-35 เมช อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ผสมเส้นใยมะพร้าวกับโฟมพอลิโอสไตรีนในอัตราส่วน 80/20 85/15 90/10 และ 95/5 ใช้กาวฟินอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติดในปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ 7 เปอร์เซ็นต์ 9 เปอร์เซ็นต์ และ 15 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อกาวแห้งเทียบกับน้ำหนักอบแห้งของเส้นใยมะพร้าวและโฟมพอลิโอสไตรีน ทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำ สมบัติการดูดซับเสียง และมอดูลัสยืดหยุ่น จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวต่อโฟมพอลิโอสไตรีนเท่ากับ 80/20 มีค่าการบวมน้ำต่ำ และมีค่าการดูดซับเสียงได้ดี แผ่นวัสดุประกอบดูดซับเสียงที่ใช้กาวฟินอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงสุด และแผ่นวัสดุประกอบดูดซับเสียงที่ใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการดูดซับเสียงสูงสุด

Claudia Cilene Bittencourt da Silva, Fernando Jun Hattori Terashima, Nilson Barbieri, Key Fonseca de Lime. (2019) [3] งานวิจัยนี้เกี่ยวกับการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของเส้นใยธรรมชาติสามชนิด ได้แก่ ป่านศรนารายณ์ เปลือกมะพร้าวและอ้อยด้วยวิธีการเชิงประจักษ์ 2 วิธีและวิธีการทดลอง 1 วิธี ทำการประเมินตัวอย่างของวัสดุแต่ละชนิดที่มีความหนา 20 30 และ 40 มิลลิเมตร ประเมินค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของเส้นใยมะพร้าวเคลือบที่ถักด้วยกาวผ่านแบบจำลอง Delany-Bazley และ Biot-Allard ในงานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินตัวอย่างที่มีความหนาแน่นและความหนาต่างกันคือ 20 30 45 และ 50 มิลลิเมตรผลการวิจัยพบว่าเส้นใยมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเฉลี่ยเท่ากับ 0.8 สำหรับตัวอย่างที่มีความถี่สูงกว่า 1,360 940 และ 578 Hz สำหรับความหนา 20 30 และ 45 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในงานเดียวกันนี้ผลลัพธ์ถูกเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องกับการประเมินผลการทดลองผ่านวิธีการถ่ายโอนฟังก์ชัน จากการประเมินวัสดุเส้นใยธรรมชาติ พบว่าเส้นใยขานอ้อยมีประสิทธิภาพดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของเส้นใยป่านศรนารายณ์ และเส้นใยมะพร้าว โดยที่เส้นใยอ้อยความหนา 40 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเท่ากับ 0.872 เส้นใยป่านศรนารายณ์ความหนา 20 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเท่ากับ 0.713 และเส้นใยมะพร้าวความหนา 30 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเท่ากับ 0.678

ทฤษฎี เสียงเสนาะ คมกฤษ อารังประดิษฐ์ ญัฐรัชต์ เอมกมล ชานนท์ มุลวรรณ. (2561) [24] งานวิจัยนี้เกี่ยวกับการศึกษาสมบัติของวัสดุเชิงประกอบยางพาราผสมซีเมนต์และเส้นใยมะพร้าวใช้การขึ้นรูปแบบบีบอัด การขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบทั้งหมดประกอบด้วย 2 ชุด ชุดที่ 1 มีอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าว 690 กรัม ซีเมนต์ 200 กรัม น้ำ 100 กรัม และยางพารา 10 กรัม ชุดที่ 2 มีอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าว 390 กรัม ซีเมนต์ 400 กรัม น้ำ 200 กรัม และยางพารา 10 กรัม วัสดุเชิงประกอบทั้ง 2 ชุดมีความหนา 16 มิลลิเมตร และ 25 มิลลิเมตร ตามลำดับ การทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบ TYPE 4206-T ตามมาตรฐานของ ISO 10534-2 ในช่วงความถี่ที่ 250 500 1000 และ 2000 Hz ว่าชุดที่ 1 ความหนา 25 มิลลิเมตร นั้นมีค่า NRC เฉลี่ยสูง และมีสมบัติดูดซับเสียงในย่านความถี่ที่ดีที่สุดคือ 900 - 1100 Hz

บุรฉัตร วิริยะ (2544) [17] วิทยานิพนธ์นี้เกี่ยวกับการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพีชแห้งและเส้นใยแก้ว นำมาผลิตเป็นวัสดุดูดซับเสียงขนาด 1 ตารางเมตร วัสดุพีชแห้งที่ใช้ ได้แก่ ขานอ้อย และกาบมะพร้าว โดยมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) 0.5 0.6 0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 0.8 ที่ความหนาแผ่นวัสดุ 5 7.5 และ 10 เซนติเมตร โดยแสดงการทดลองในรูปของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) และค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (TL) โดยใช้แผ่นวัสดุทั้งหมด 36 แผ่น ทำการในห้องที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับมาตรฐาน ASTM C423-90a และ ASTM E90-97 ที่ความถี่ 125 250 500 1000 2000 และ 4000 Hz พบว่าวัสดุซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว และวัสดุกาบมะพร้าวผสมเส้นใยแก้วมีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของระดับเสียงใกล้เคียงกันโดยอยู่ในช่วง 0.4-0.7 แผ่นวัสดุขานอ้อยซีเมนต์มีค่าอยู่ในช่วง 0.03-0.09 เป็นวัสดุสะท้อนเสียง นอกจากนี้ยังสามารถกล่าวได้ว่าการผสมวัสดุผสมเส้นใยแก้วด้วยเครื่องผสมคอนกรีตมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการใช้ Putzmeister concentric spraygun ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการการลดต้นทุนการผลิต

กิตติชาติ โหมาศวีน โสภภาพรรณ แสงศัพพ์ สิงห์ อินทรชูโต [2] การวิจัยนี้เกี่ยวกับการศึกษาการนำใยมะพร้าวมาพัฒนาเป็นฉนวนดูดซับเสียงเพื่อใช้ในอาคาร โดยขึ้นรูปแผ่นใยมะพร้าว ขนาด 0.5X0.5 เมตร จากเส้นใยมะพร้าวความยาว 8 นิ้ว 2 นิ้ว และ 1/2 นิ้ว โดยใช้วัสดุประสานเป็นกาวลาเท็กซ์ กาวผง และน้ำเปล่า ในอัตราส่วน ใยมะพร้าว 15 ส่วน : กาวลาเท็กซ์ 20 ส่วน : กาวผง 7 ส่วน : น้ำเปล่า 6 ส่วน กดทับด้วยน้ำหนัก 70 กิโลกรัม (ใช้หนังสือหนัก 70 กิโลกรัม) เพื่ออัดให้มีความหนาแน่นของใยมะพร้าวเพิ่มมากขึ้น พบว่าเส้นใยมะพร้าวความยาว 1/2 นิ้ว มีคุณสมบัติยึดเกาะขึ้นรูปได้ดี จากนั้นศึกษาการยึดติดของแผ่นใยมะพร้าวกับน้ำยางพารา โดยวิธีการประสานแบบทาด้านหลังและแบบแช่แผ่นใยมะพร้าวลงในน้ำยางพารา โดยทิ้งไว้ให้น้ำยางพาราแห้ง และแข็งตัว พบว่าวิธีการแช่แผ่นใยมะพร้าวลงในน้ำยางพารามีการยึดติดกันได้ดี และมีความหนา และความเรียบสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น จากนั้นทดสอบหาความสามารถในการดูดซับเสียงของแผ่นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราที่ความหนา 2 นิ้ว 3 นิ้ว และ 4 นิ้ว โดยเปรียบเทียบกับวัสดุดูดซับเสียงในห้องตลาดได้แก่ ยิบซัมบอร์ด อคูสติคบอร์ด และฉนวนใยแก้ว โดยใช้โปรแกรม SIA Smart live 5 ในการทดสอบจะติดตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Pink noise) รวมทุกความถี่ เครื่องวัดสัญญาณเสียง และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้าด้วยกัน วางกล่องทดลองซึ่งเป็นกล่องไม้อัด ขนาด 0.5X0.5 เมตร ลึก 2 เมตร เปิดช่องบริเวณปลายกล่องด้านหนึ่ง ด้านภายในกล่องบุด้วยผ้าห่มสำลี (ผ้าผวย) จับจีบเป็นลอนคลื่นทุกด้าน เป็นรูปตัววี หันหน้าเอียงเข้าหากัน ใส่ลำโพงและไมค์บริเวณภายในกึ่งกลางกล่องทดสอบคนละด้าน นำวัสดุที่จะทดลองมาวางกึ่งกลางหน้าปากกล่องทดลอง เปรียบเทียบที่สัมประสิทธิ์การลดเสียง NRC (Noise Reduction Coefficient) ความถี่ 4 ชนิด คือ 256 512 1024 และ 2048 Hz พบว่าแผ่นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราหนา 2 นิ้ว มีค่าเฉลี่ยการดูดซับเสียงที่ใกล้เคียงกับแผ่นฉนวนใยแก้ว แต่ดีกว่าแผ่นยิบซัมบอร์ด และ акуสติคบอร์ด มีค่าเฉลี่ยการดูดซับเสียงดีกว่าแผ่นใยมะพร้าวหนา 2 นิ้ว ที่ไม่ใช้น้ำยางพาราร่วมด้วย

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเสนอเกี่ยวกับอุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการศึกษากระบวนการผลิตแผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้นร่วมกับ โดยใช้เส้นใยจากส่วนเปลือกมะพร้าว ภายใต้กระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการตีเส้นใย กระบวนการผสม กระบวนการขึ้น การอบชิ้นงาน และการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง เป็นต้น

3.1 อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองผลิตแผ่นดูดซับเสียงจากน้ำยางพาราเข้มข้นร่วมกับเส้นใยมะพร้าว ขั้นตอนแรกนั้นจะนำเปลือกมะพร้าวไปตากแห้งและนำไปเข้าเครื่องตีเส้นใย จากนั้นนำเส้นใยที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 42 ชั่วโมง ระหว่างกระบวนการอบแห้งนั้น จะวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยการชั่งน้ำหนักก่อนเข้าเครื่องอบแห้งและหลังออกจากเครื่องอบแห้ง จากนั้นนำน้ำยางพาราเข้มข้นมาผสมสารเคมีตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้โดยไม่ผสมเส้นใย และแบบน้ำยางพาราเข้มข้นผสมกับเส้นใยมะพร้าวตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ แล้วนำไปนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 30-45 นาที จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากอบชิ้นงานเรียบร้อยแล้วจะนำชิ้นงานไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆ

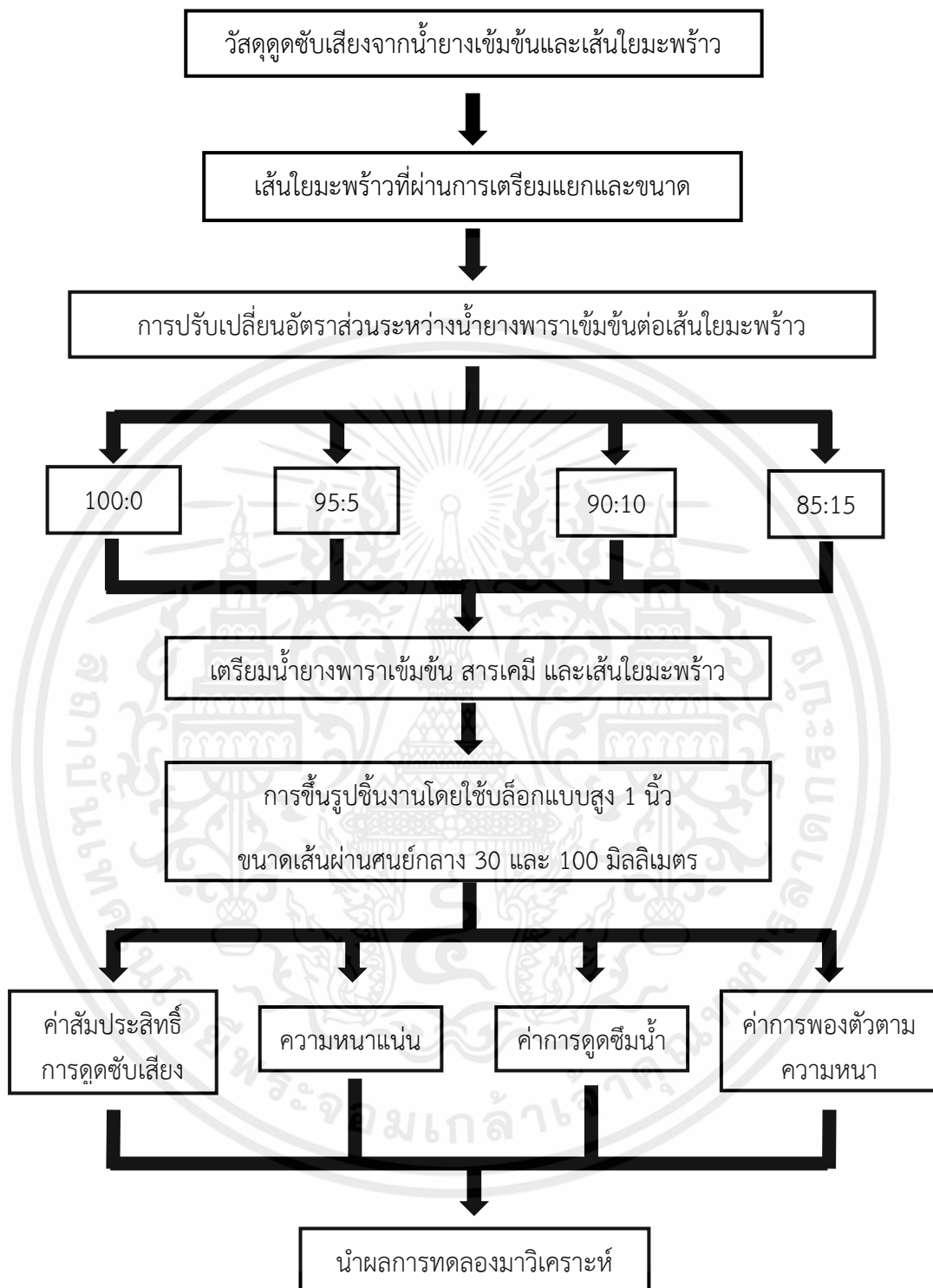
ขณะทำการทดลองผลิตแผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น ได้ทำการวัดความยาวเฉลี่ยของเส้นใยมะพร้าวเท่ากับ 7.505 มิลลิเมตร คำนวณความหนาแน่นของตัวอย่างชิ้นงานโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 244.92 – 536.16 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเส้นใยมะพร้าวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 76.5 ไมโครเมตร

3.2 แผนการดำเนินการวิจัย (Flow Chart)

แผนการดำเนินงานวิจัย แบ่งงานออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำยางพาราเข้มข้นต่อเส้นใยมะพร้าว

ทำการศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำยางเข้มข้นต่อเส้นใยมะพร้าว ที่มีผลต่อคุณสมบัติการดูดซับเสียง และคุณสมบัติทางกายภาพ โดยมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.1

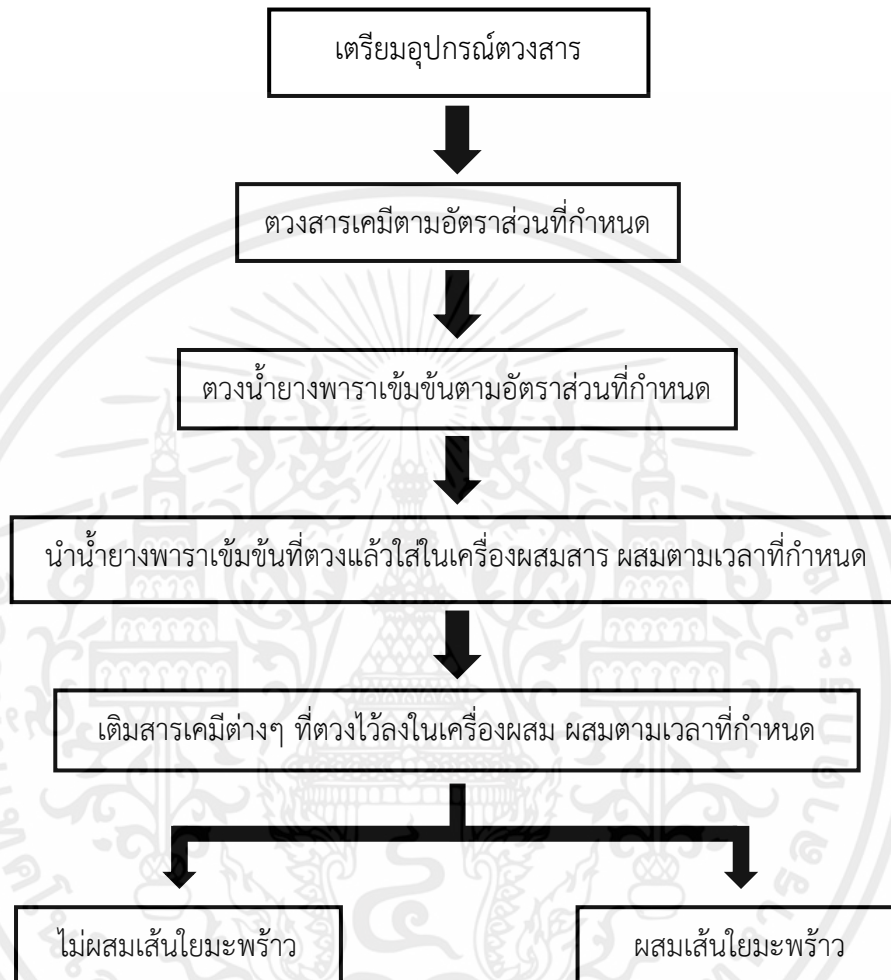


รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการการศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำยางเข้มข้นต่อเส้นใยมะพร้าวที่มีต่อคุณสมบัติการดูดซับเสียง และคุณสมบัติทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเตรียมน้ำยาฆ่าเชื้อ สารเคมีต่างๆ และเส้นใยมะพร้าว

การเตรียมน้ำยาฆ่าเชื้อ ผสมกับสารเคมีต่างๆ นั้นจำเป็นต้องสวมถุงมือยาง และหน้ากากอนามัยเพื่อความปลอดภัย โดยมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การเตรียมน้ำยาฆ่าเชื้อ สารเคมีต่างๆ และเส้นใยมะพร้าว

3.2.3 การเตรียมเส้นใยมะพร้าว

การเตรียมเส้นใยมะพร้าวให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมก่อนนำไปทดลอง โดยมีขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.3

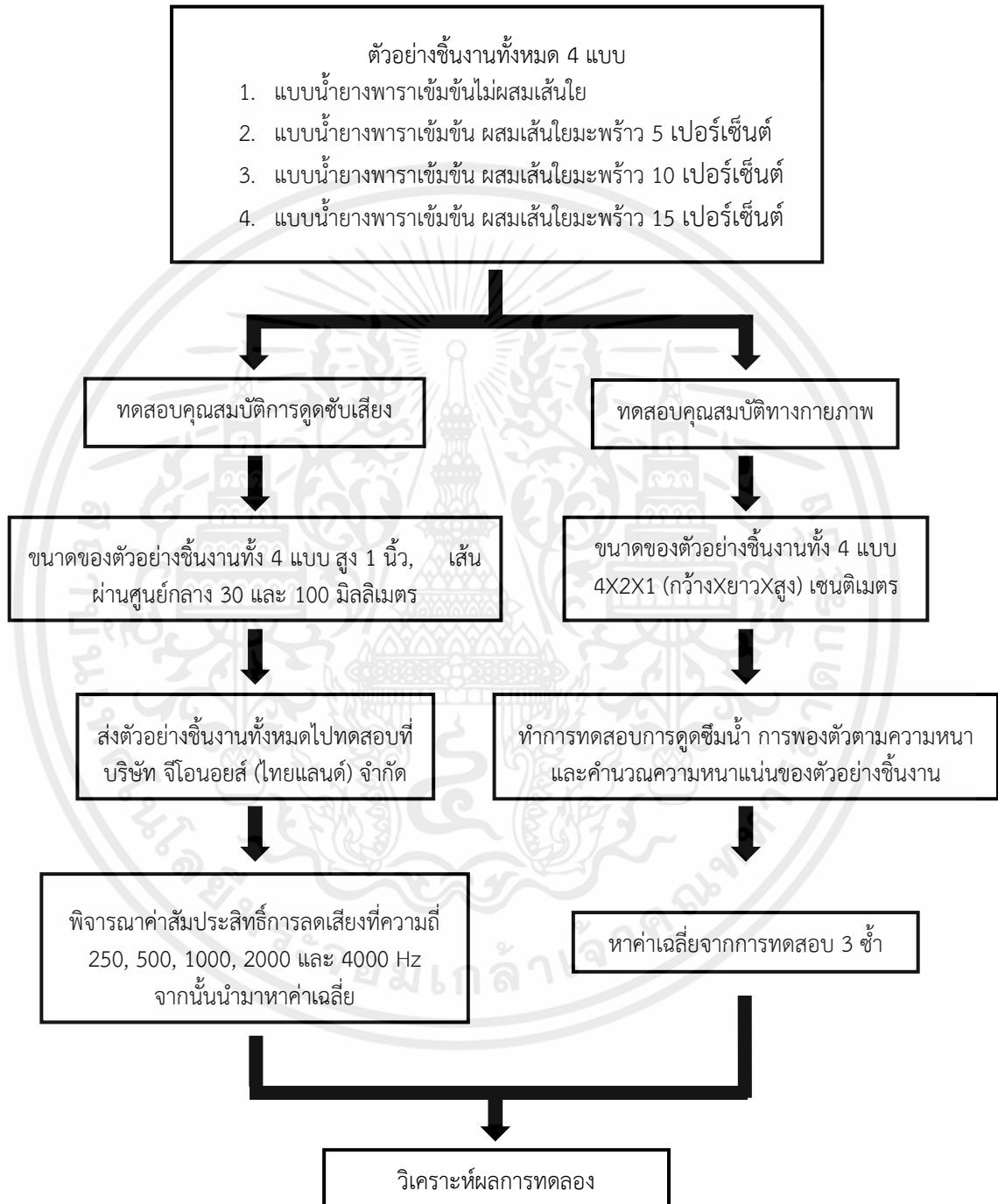


รูปที่ 3.3 แผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมเส้นใยมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง และคุณสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง และคุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างชิ้นงานนั้น จะทำการทดลองตัวอย่างชิ้นงานแบบละ 3 ชิ้น และทดสอบ 3 ซ้ำ โดยจะมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงการทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง และคุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างชิ้นงาน

3.3 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

3.3.1 น้ำยาฟาราเซมซัน 60 เปอร์เซนต์ ใช้เป็นตัวประสาน แสดงดังในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 น้ำยาฟาราเซมซัน 60 เปอร์เซนต์

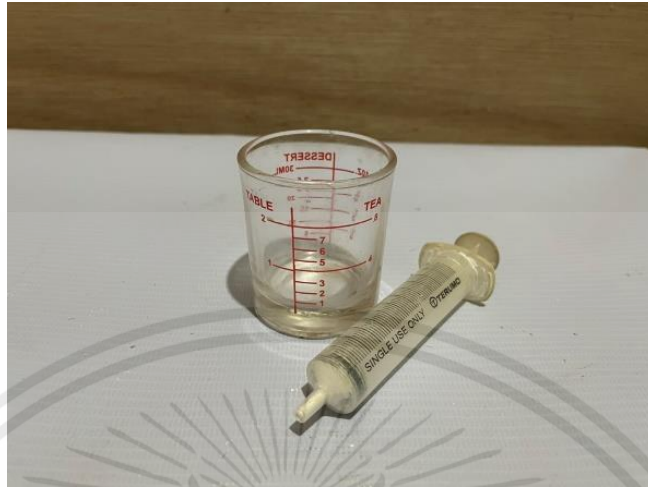
3.3.2 เส้นใยมะพร้าวพันธุ์ชุมพรลูกผสม 60-1 แสดงดังในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เส้นใยมะพร้าวพันธุ์ชุมพรลูกผสม 60-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 อุปกรณ์ตวงสารเคมี ใช้ตวงสารเคมีก่อนนำไปผสมกับน้ำยาล้างพารา แสดงดังในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ตวงสารเคมี

3.3.4 สารเคมี K-oleate ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารที่ทำให้ยางพาราเกิดฟอง แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 สารเคมี K-oleate ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 สารเคมี Sulfer ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารที่ทำให้ยางพาราคงรูป แสดงดังในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 สารเคมี Sulfer ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

3.3.6 สารเคมี ZDEC ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเคมีที่เร่งให้ยางพาราสุก แสดงดังในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 สารเคมี ZDEC ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 สารเคมี ZMBT ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเคมีที่เร่งให้ยางพาราสุก แสดงดังในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 สารเคมี ZMBT ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์

3.3.8 สารเคมี Wingstay ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเคมีที่กันยางเสื่อม แสดงดังในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 สารเคมี Wingstay ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.9 สารเคมี ZnO ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเคมีที่กระตุ้นตัวเร่ง แสดงดัง
 ในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 สารเคมี ZnO ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์

3.3.10 สารเคมี DPG ความเข้มข้น 33 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเคมีที่ช่วยเร่งให้ยางสุก แสดง
 ดังในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 สารเคมี DPG ความเข้มข้น 33 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.11 สารเคมี SSF ความเข้มข้น 12.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเคมีที่ช่วยฟองจับตัว แสดงดัง
 ในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 สารเคมี SSF ความเข้มข้น 12.5 เปอร์เซ็นต์

3.3.12 เครื่องตีเส้นใย เป็นเครื่องตีเส้นใยมะพร้าว จากเปลือกมะพร้าวแห้ง แสดงดังในรูปที่
 3.16



รูปที่ 3.16 เครื่องตีเส้นใย ยี่ห้อ Velar รุ่น MA104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.13 ตู้อบ (Hot air oven) ED/FD ยี่ห้อ Binder รุ่น FD115 เป็นเครื่องที่ใช้สำหรับในการอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นในตัวชิ้นงานที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส แสดงดังในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ตู้อบ (Hot air oven) ED/FD ยี่ห้อ Binder รุ่น FD115

3.3.14 เครื่องสับย่อย ใช้สำหรับการตีเส้นใยมะพร้าวให้มีขนาดที่เหมาะสม แสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 เครื่องสับย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.15 เครื่องคัดแยกขนาด ยี่ห้อ Retsch รุ่น 200 basic เป็นเครื่องที่ใช้สำหรับแยกขนาดของเส้นใยมะพร้าว แสดงดังในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 เครื่องคัดแยกขนาด ยี่ห้อ Retsch รุ่น 200 basic

3.3.16 เครื่องกวน หรือเครื่องผสม ยี่ห้อ Electrolux ใช้ผสมสารเคมีกับน้ำยาฆ่าเชื้อ แสดงดังในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 เครื่องกวน หรือเครื่องผสม ยี่ห้อ Electrolux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.17 เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้ชั่งสารเคมี และน้ำยาฟาราก่อนนำมาผสม แสดงดังในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.3.18 หม้อนึ่ง ใช้นึ่งชิ้นงาน เพื่อให้ น้ำยาฟาราสุก แสดงดังในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 หม้อนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.19 บล็อกชิ้นงาน ใช้ใส่ส่วนผสมทั้งหมด ขนาดสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 และ 100 มิลลิเมตร แสดงดังในรูปที่ 3.23



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.23 บล็อกชิ้นงาน (ก) เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร (ข) เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ขั้นตอนของกระบวนการทำชิ้นงาน

ตอนที่ 1 เลือกเปลือกมะพร้าวที่แห้งจากสวนมะพร้าว นำมาตากแห้งอีกครั้ง จากนั้นนำเปลือกมะพร้าวที่ตากแห้งแล้ว เข้าเครื่องตีเส้นใยดังรูปที่ 3.2 สิ่งที่ได้จากการเข้าเครื่องตีเส้นใยคือเส้นใยมะพร้าว และขุยมะพร้าว นำเส้นใยมะพร้าวที่ได้มาเข้าเครื่องอบแห้งดังรูปที่ 3.4 ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เอาเส้นใยที่อบแล้วเข้าเครื่องสับย่อยดังรูปที่ 3.3 จากนั้นนำเส้นใยไปร่อนกับที่ร่อนดังรูปที่ 3.17 เพื่อให้ได้ขนาดความยาวของเส้นใยที่ต้องการคือ 0.25-1 เซนติเมตร

ตอนที่ 2 เตรียมสารเคมีโดยใช้หลอดดูดสารดังรูปที่ 3.5 โดยมีอัตราส่วนดังตารางที่ 3.1 เมื่อตวงสารแล้วนำมาชั่งบนเครื่องชั่งดังรูปที่ 3.14 ตามปริมาณที่กำหนดไว้ นำมาผสมกับน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ในเครื่องผสมดังรูปที่ 3.4 ตามเวลาที่กำหนด

ตอนที่ 3 ใส่ส่วนผสมที่ผสมแล้วลงในบล็อกรขนาดดังแสดงในรูปที่ 3.16 แล้วนำไปนึ่งในหม้อนึ่งดังรูปที่ 3.15 เมื่อนึ่งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น การดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนาของแผ่นดูดซับเสียง และทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง

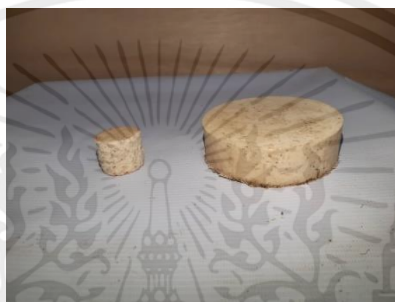
ตอนที่ 4 เตรียมสารเคมีเหมือนขั้นตอนที่ 2 แต่เพิ่มเส้นใยมะพร้าวที่เตรียมในขั้นตอนที่ 1 ในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 15 เปอร์เซ็นต์เมื่อผสมกันแล้วทำต่อในขั้นตอนที่ 3

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ผสมกับน้ำยางพาราเข้มข้น

ชื่อสาร (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ (กรัม)	ระยะเวลาการผสมสาร หลังจากใส่สาร (นาที)
น้ำยางพาราเข้มข้น	167	10
K-oleate	10	2
Sulfer	5	1
ZDEC	2	1
ZMBT	2	1
Wingstay	2	1
ZnO	4	1
DPG	5	1
SSF	2	2



รูปที่ 3.24 ตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยาร่างพาราแฉ่มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าว ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.25 ตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยาร่างพาราแฉ่มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.26 ตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยาร่างพาราแฉ่มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 ตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร

3.4.2 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติ

3.4.2.1 การทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง

นำตัวอย่างชิ้นงานทั้ง 24 แบบ คือตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าว ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร ตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร ตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร และตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร ส่งไปทดสอบที่เครื่องทดสอบการดูดซับเสียงที่ บริษัท จีไอโนยซ์ (ไทยแลนด์) จำกัด แล้วรอผลของการดูดซับเสียงของชิ้นงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่า SAC และ NRC

3.4.2.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง

นำตัวอย่างชิ้นงานทั้ง 24 แบบ คือตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าว ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร ตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร ตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร และตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ ความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรและ 100 มิลลิเมตร ส่งไปทดสอบที่เครื่องทดสอบการดูดซับเสียงที่ บริษัท จีไอโนยซ์ (ไทยแลนด์) จำกัด แล้วรอผลของการดูดซับเสียงของชิ้นงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่า SAC และ NRC

การทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นดูดซับเสียง

ตอนที่ 1 ทำตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าว แบบน้ำยางเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ แบบน้ำยางเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ และแบบน้ำยางเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ ขนาด 4X2X1 (กว้างXยาวXสูง) เซนติเมตร

ตอนที่ 2 วัดขนาดชิ้นงานก่อนทำการแช่ตัวอย่างชิ้นงานในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่น้ำไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง แล้วรึบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดๆ แล้วปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก

ตอนที่ 3 นำตัวอย่างชิ้นงานนำขึ้นทดสอบขึ้นมาชั่งเป็นมวลหลังแช่น้ำ โดยสามารถหาค่าการดูดซึมน้ำได้จากสมการด้านล่าง เมื่อ m_1 คือ มวลของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบก่อนแช่น้ำ (กรัม) m_2 คือ มวลของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบหลังแช่น้ำ (กรัม)

$$\text{Water Absorption}(\%) = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \times 100 \quad (4)$$

การทดสอบการพองตัวตามความหนาของแผ่นดูดซับเสียง

ตอนที่ 1 ทำตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางเปล้า แบบน้ำยางเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ แบบน้ำยางเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ และแบบน้ำยางเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ ขนาด 4X2X1 (กว้างXยาวXสูง) เซนติเมตร

ตอนที่ 2 วัดขนาดชิ้นงานก่อนทำการแช่ตัวอย่างชิ้นงานในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่น้ำไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง แล้วรึบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดๆ แล้วปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก

ตอนที่ 3 นำตัวอย่างชิ้นงานนำขึ้นทดสอบขึ้นมาชั่งเป็นมวลหลังแช่น้ำ โดยสามารถหาค่าการดูดซึมน้ำได้จากสมการด้านล่าง เมื่อ t_1 คือ ความหนาของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบก่อนแช่น้ำ (กรัม) t_2 คือ ความหนาของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบหลังแช่น้ำ (กรัม)

$$\text{Thickness Swelling}(\%) = \left(\frac{t_2 - t_1}{t_1} \right) \times 100 \quad (5)$$



รูปที่ 3.28 ตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนาของแผ่นดูดซับเลี้ยง

หมายเหตุ ตัวอย่างชิ้นงานแบบละ 3 ชิ้น ขนาด 4X2X1 (กว้างXยาวXสูง) เซนติเมตร เริ่มจากด้านซ้ายไปด้านขวา ตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข็มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าวตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข็มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข็มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ และตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข็มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3.29 รูปตัดผ่าของตัวอย่างชิ้นงาน เพื่อสังเกตลักษณะความพรุนของตัวอย่างชิ้นงาน

หมายเหตุ เริ่มจากด้านซ้ายไปด้านขวา ตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข็มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าวตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข็มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข็มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ และตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข็มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล

วิทยานิพนธ์บทนี้จะนำเสนอผลของการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการศึกษากระบวนการพัฒนาผลิตแผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น ได้ทำการทดลองนำเส้นใยมะพร้าวมาผสมกับน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ โดยนำเปลือกมะพร้าวเข้าเครื่องตีเส้นใย แล้วอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 42 ชั่วโมง จากนั้นนำเส้นใยที่ผ่านการอบแล้วตั้งพักไว้ เมื่อเส้นใยเย็นตัวลงนำเข้าเครื่องสับย่อยให้เส้นใยมีขนาดเล็กกลง แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนจนได้ขนาดความยาวของเส้นใยที่ต้องการคือ 0.25-1 เซนติเมตร จากนั้นผสมน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์กับสารเคมีต่างๆ ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้แสดงในตารางที่ 4.1 แล้วนำไปใส่เครื่องผสม โดยผสมตามเวลาที่กำหนดไว้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 จากนั้นนำใส่บล็อกแบบเพื่อนำไปนึ่งในหม้อนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำชิ้นงานที่ผ่านการนึ่งแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเสียงเพื่อวิเคราะห์ผล

ขณะทำการทดลองนั้นได้ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาวเฉลี่ยของเส้นใยมะพร้าว และคำนวณหาค่าความหนาแน่น โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 76.5 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ยของเส้นใยมะพร้าวที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 7.51 มิลลิเมตร และความหนาแน่นของตัวอย่างชิ้นงานมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างชิ้นงาน

ประเภทตัวอย่างชิ้นงานผสมเส้นใยมะพร้าว (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างชิ้นงาน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
0	244.92
5	314.60
10	418.86
15	543.43

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียง

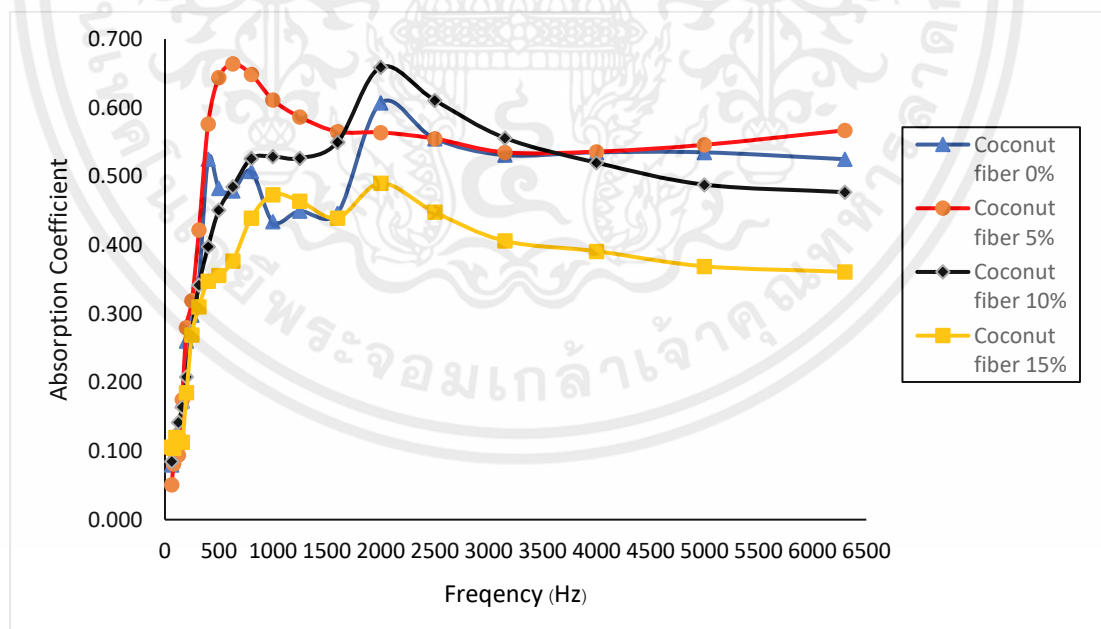
จากการส่งตัวอย่างชิ้นงานทั้งหมดไปทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียงที่ บริษัท จีโอนอยซ์ (ไทยแลนด์) จำกัด เพื่อหาค่า SAC และ NRC ผ่านเครื่องวัดคุณสมบัติการดูดซับเสียงที่ใช้มาตรฐาน ASTM จะได้ค่าตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงในช่วงความถี่ที่แตกต่างกันของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ

ประเภทตัวอย่าง ชิ้นงานผสม เส้นใยมะพร้าว (เปอร์เซ็นต์)	ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC)					AVERAGE NRC
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
	0	0.3	0.48	0.43	0.61	
5	0.32	0.64	0.61	0.56	0.54	0.54
10	0.27	0.45	0.53	0.66	0.52	0.49
15	0.27	0.36	0.47	0.49	0.39	0.4

หมายเหตุ แต่ละตัวอย่างชิ้นงานจะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยตัวอย่างชิ้นงานทดสอบมีทั้งหมด 24 ชิ้น

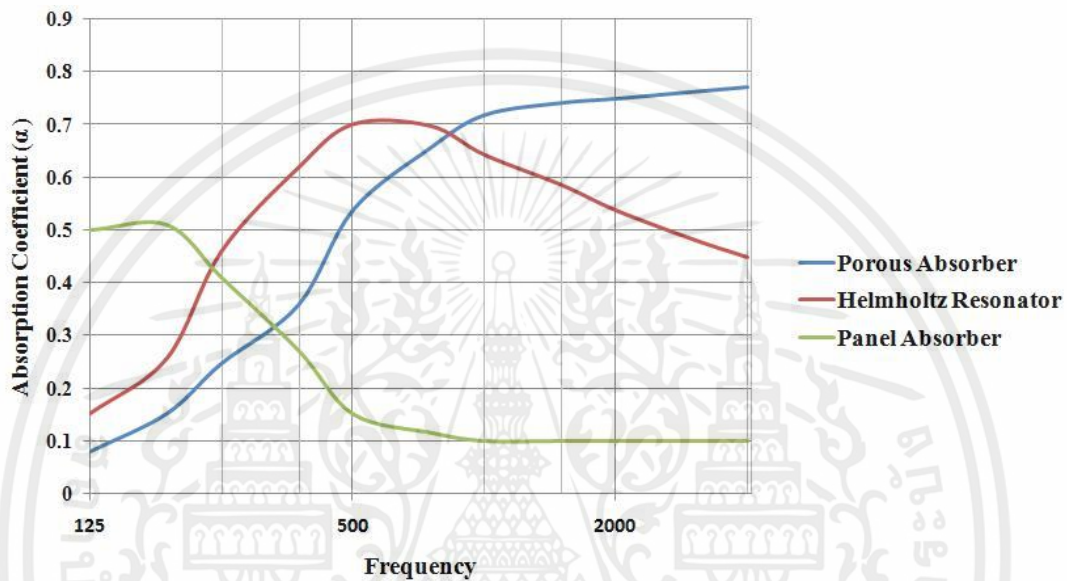
หมายเหตุ ค่า NRC ใช้เป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง กรณีเป็นเศษ ≥ 0.05 จะปัดขึ้น หากน้อยกว่าจะปัดลง



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของชิ้นงานประเภทต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงในช่วงความถี่ที่แตกต่างกันของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ โดยจะพิจารณาที่ 5 คลื่นความถี่ คือ 250 500 1000 2000 และ 4000 เห็นได้ว่าตัวอย่างชิ้นงานสามารถดูดซับเสียงได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงเฉลี่ยเท่ากับ 0.47 0.54 0.49 และ 0.4 เรียงจากตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยารพาราซึมชั้นไม่ผสมใยมะพร้าว แบบน้ำยารพาราซึมชั้นผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ แบบน้ำยารพาราซึมชั้นผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ และแบบน้ำยารพาราซึมชั้นผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง และความถี่ของวัสดุดูดซับเสียงแต่ละประเภท [25]

ตารางที่ 4.3 การจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียง จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) [17]

ประสิทธิภาพการดูดซับเสียง	NRC	วัสดุชนิดต่างๆ
มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงสูง	1.0	วัสดุที่ได้รับการออกแบบพิเศษ ให้มี
	0.9	ความสามารถในการดูดซับเสียงสูง
	0.8	
	0.7	
	0.6	ฝ้าเพดานที่มีความพรุนสูง นวมเก้าอี้ในห้องประชุม
	0.5	ม่านหนา กระจก เบาะหุ้มเก้าอี้
มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงปานกลาง	0.4	พื้นดินที่เรียบ ผู้ฟังที่นั่งเก้าอี้ไม้ หรือโลหะ
	0.3	พรมหนาบนพื้นคอนกรีต
	0.2	เก้าอี้ไม้ หรือโลหะที่ไม่มีคนนั่ง พรม
สะท้อนเสียง	0.1	น้ำหนักเบา ต้นไม้ ม่านบาง หน้าต่าง กระจก ขอบหน้าต่างไม้ ปูนปลาสเตอร์
	0	แผ่นยิปซัมบอร์ด คอนกรีตฉาบเรียบ อิฐ เคลือบสี หินอ่อน กระจกเบื้องแก้ว ผิวน้ำ

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียง จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) เปรียบเทียบกับข้อมูลในตารางที่ 4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงในช่วงความถี่ที่แตกต่างกันของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ พบว่าตัวอย่างชิ้นงานทั้ง 4 แบบนั้นเป็นวัสดุที่มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงปานกลางถึงสูง ตามมาตรฐานการดูดซับเสียง ASTM D143-09

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

4.2.1 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตอนที่ 1 ทำตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าว แบบน้ำยางเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ แบบน้ำยางเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ และแบบน้ำยางเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ ขนาด 4X2X1 (กว้างXยาวXสูง) เซนติเมตร

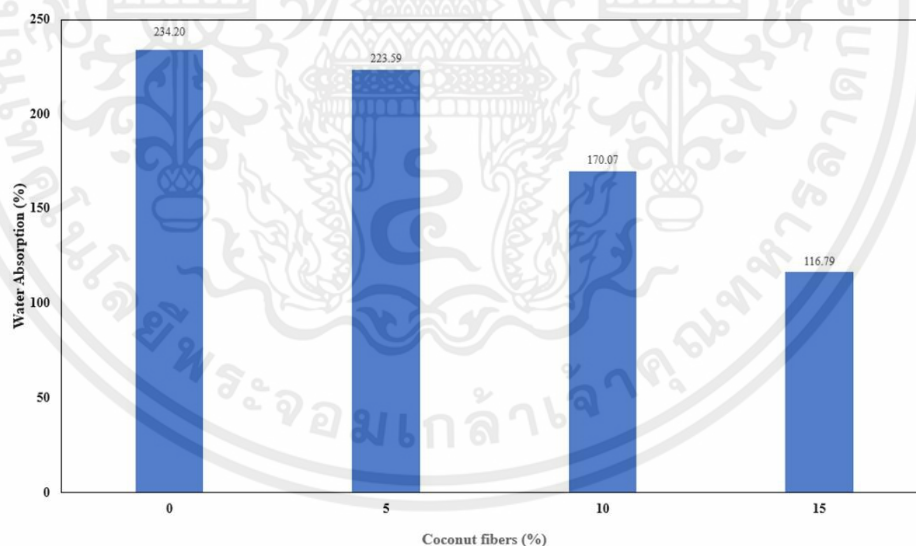
ตอนที่ 2 วัดขนาดชิ้นงานก่อนทำการแช่ตัวอย่างชิ้นงานในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่น้ำไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง แล้วรีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดๆ แล้วปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้าน ไตด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก

ตอนที่ 3 นำตัวอย่างชิ้นงานนำขึ้นทดสอบขึ้นมาซึ่งเป็นมวลหลังแช่น้ำ โดยสามารถหาค่าการดูดซึมน้ำได้จากสมการด้านล่าง เมื่อ m_1 คือ มวลของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบก่อนแช่น้ำ (กรัม) m_2 คือ มวลของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบหลังแช่น้ำ (กรัม)

$$\text{Water Absorption}(\%) = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \times 100 \quad (4)$$

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นดูดซับเสียงเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น

ประเภทตัวอย่างชิ้นงานผสมเส้นใยมะพร้าว (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักของตัวอย่างชิ้นงานก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักของตัวอย่างชิ้นงานหลังแช่น้ำ (กรัม)
0	2.473	8.273
5	2.45	7.92
10	3.003	8.123
15	3.353	7.263



รูปที่ 4.3 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นดูดซับเสียงเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดสอบการพองตัวตามความหนา

ตอนที่ 1 ทำตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางเปล่า แบบนี้ยางเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ แบบนี้ยางเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ และแบบนี้ยางเข้มข้นผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ ขนาด 4X2X1 (กว้างXยาวXสูง) เซนติเมตร

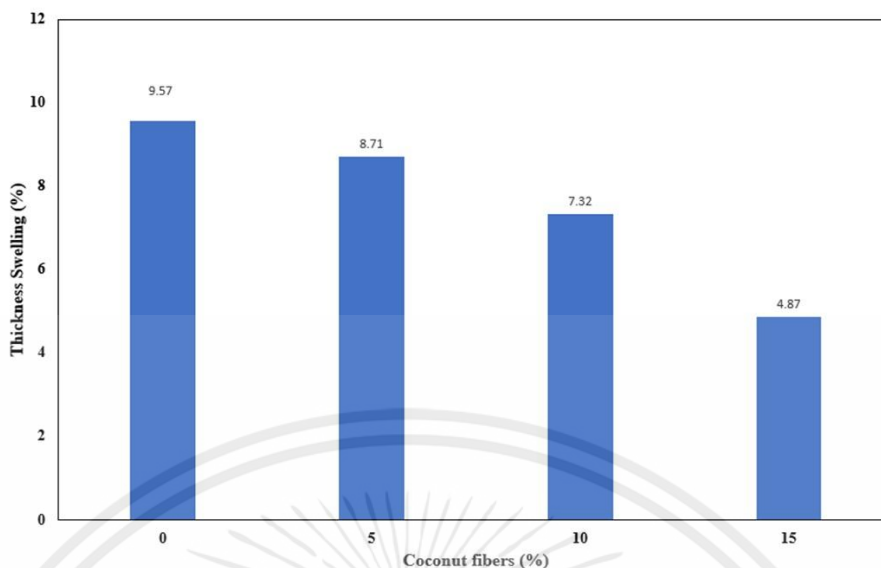
ตอนที่ 2 วัดขนาดชิ้นงานก่อนทำการแช่ตัวอย่างชิ้นงานในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่น้ำไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร เมื่อแช่ขึ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง แล้วรีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาชั่งน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดๆ แล้วปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระดาษ

ตอนที่ 3 นำตัวอย่างชิ้นงานมาชั่งน้ำหนักทดสอบขึ้นมาซึ่งเป็นมวลหลังแช่น้ำ โดยสามารถหาค่าการดูดซึมน้ำได้จากสมการด้านล่าง เมื่อ t_1 คือ ความหนาของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบก่อนแช่น้ำ (กรัม) t_2 คือ ความหนาของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบหลังแช่น้ำ (กรัม)

$$\text{Thickness Swelling(\%)} = \left(\frac{t_2 - t_1}{t_1} \right) \times 100 \quad (5)$$

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนาของแผ่นดูดซับเสียงเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น

ประเภทตัวอย่างชิ้นงานผสมเส้นใยมะพร้าว (เปอร์เซ็นต์)	ขนาดของตัวอย่างชิ้นงานก่อนแช่น้ำ (เซนติเมตร)	ขนาดของตัวอย่างชิ้นงานหลังแช่น้ำ (เซนติเมตร)
0	1.02	1.118
5	0.896	0.978
10	1.026	1.101
15	1.128	1.183



รูปที่ 4.4 แสดงค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นดูดซับเสียงเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพารา
เข้มข้น



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนา
ของแผ่นดูดซับเสียง

หมายเหตุ ตัวอย่างชิ้นงานแบบละ 3 ชิ้น ขนาด 4X2X1 (กว้างXยาวXสูง) เซนติเมตร เริ่มจากด้านซ้าย
ไปด้านขวา ตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว
ตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์
ตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์
และตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 15
เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 รูปตัดผ่าของตัวอย่างชิ้นงาน เพื่อสังเกตลักษณะความพรุนของตัวอย่างชิ้นงาน
หมายเหตุ เริ่มจากด้านซ้ายไปด้านขวา ตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าวตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ และตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คือการทดสอบการดูดซึมน้ำ และการทดสอบการพองตัวตามความหนา สามารถสรุปได้จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นดูดซับเสียงเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนาของแผ่นดูดซับเสียงเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น และรูปที่ 4.3 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นดูดซับเสียงเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น รูปที่ 4.4 แสดงค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นดูดซับเสียงเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าวมีการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนาสูงสุด เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเส้นใยมะพร้าวผสมกับน้ำยางพาราเข้มข้น เห็นได้ว่าค่าการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนามีแนวโน้มลดลงตามลำดับ โดยที่ตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข้มข้นผสมใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ จะมีความแตกต่างกับตัวอย่างชิ้นงานแบบนี้ยางพาราเข้มข้นไม่ผสมเส้นใยมะพร้าวเล็กน้อย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยมะพร้าวเป็น 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์นั้นเกิดความแตกต่างค่อนข้างมากสังเกตได้จากกราฟของทั้ง 2 การทดสอบ

ในด้านของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ แผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น ขนาด 1 ตารางเมตร มีต้นทุนการผลิตแผ่นละ 266 บาท โดยมีราคาต่ำกว่าแผ่นดูดซับเสียงในท้องตลาดทั่วไปเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นซับเสียงที่มีค่า Noise Reduction Coefficient (NRC) ใกล้เคียงกัน มีค่าอยู่ที่ 0.4 - 0.6 ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการได้ผลตอบแทนจากการลงทุนผลิตแผ่นซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้น ซึ่งมีเป้าหมายคือผู้ที่ต้องการวัสดุซับเสียงจากธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับวัสดุสังเคราะห์ ปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองผลิตแผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้นที่อัตราส่วนน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ กับเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ 15 เปอร์เซ็นต์ และแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าว โดยนำเปลือกมะพร้าวหั่นเป็นลูกผสม 60-1 ตากแห้งแล้วเข้าสู่กระบวนการย่อย นำส่วนที่เป็นเส้นใยเอาไปอบเพื่อไล่ความชื้นให้เหลือ 10 ± 2 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานแห้ง จากนั้นนำเส้นใยที่ผ่านการอบแห้งแล้วผสมกับน้ำยางพาราเข้มข้น และสารเคมีตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ นำส่วนผสมทั้งหมดเทใส่บล็อกแบบ โดยมีความสูง 1 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร และ 100 มิลลิเมตร หนึ่งตัวอย่างขึ้นงานที่อุณหภูมิน้ำเดือดเพื่อให้ยางพาราสุก นำขึ้นงานที่ผ่านการนึ่งแล้วไปอบอีกครั้ง จากนั้นนำขึ้นงานไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเสียง โดยเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติต่างๆ ของตัวอย่างขึ้นงานแต่ละแบบ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษากระบวนการผลิตแผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางพาราเข้มข้น โดยทำการทดลองแล้วพบว่าอัตราส่วนของเส้นใยมะพร้าวที่ผสมกับน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ นั้นส่งผลต่อประสิทธิภาพในทางคุณสมบัติทั้ง 2 ด้าน ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ คือการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนา และคุณสมบัติการดูดซับเสียงที่ความถี่ที่แตกต่างกัน ในการทดสอบนี้ค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างขึ้นงาน โดยตัวอย่างขึ้นงานที่มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือ ตัวอย่างขึ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 53.643 เปอร์เซ็นต์ และในการทดสอบนี้ค่าการพองตัวตามความหนาของตัวอย่างขึ้นงาน โดยตัวอย่างขึ้นงานที่มีค่าการพองตัวน้อยที่สุดคือ ตัวอย่างขึ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 4.6492 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างขึ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 0.54 ค่ามาตรฐานของวัสดุทดสอบเสียง ASTM C384-04 ที่กำหนดไว้อยู่ 0.4 ถือว่าเป็นวัสดุทดสอบเสียง ดังนั้นตัวอย่างขึ้นงานทั้ง 4 แบบนั้น ถือว่าเป็นวัสดุทดสอบเสียง โดยตัวอย่างขึ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ นั้นเป็นแผ่นดูดซับเสียงที่มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงที่ดีที่สุดในการทดลองนี้ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงสูงสุดคือ 0.659 ในช่วงความถี่ 2000 Hz ของตัวอย่างขึ้นงานแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองนั้นแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของเส้นใยที่แตกต่างกันจะได้แผ่นดูดซับเสียงที่สามารถนำไปใช้งานในลักษณะที่แตกต่างกันในช่วงความถี่ต่างๆ แผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพาราเข้มข้นแบบน้ำยางพาราเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 0 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 15 เปอร์เซ็นต์นั้นสามารถนำไปใช้งานได้ซึ่งความเหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น ผนังดูดซับเสียง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง และความถี่ของตัวอย่างชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยาพาราแฉ่มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าว และตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยาพาราแฉ่มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นวัสดุดูดซับเสียงที่มีรูพรุนมากเรียกว่า Porous Absorber สามารถดูดซับเสียงได้ดีในช่วงความถี่ที่ 2000 Hz ขึ้นไป ส่วนตัวอย่างชิ้นงานแบบน้ำยาพาราแฉ่มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ นั้น เป็นวัสดุดูดซับเสียงกึ่งแบบ Helmholtz Resonator และ Porous Absorber โดยสามารถดูดซับเสียงได้ดีตั้งแต่ 500 Hz ขึ้นไป โดยสังเกตได้จากรูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง และความถี่ของวัสดุดูดซับเสียงแต่ละประเภท

ตัวอย่างชิ้นงานแผ่นดูดซับเสียงแบบน้ำยาพาราแฉ่มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงที่ดีที่สุดอยู่ที่ 0.54 เนื่องจากลักษณะภายในของตัวอย่างชิ้นงาน มีขนาดของรูพรุนในตัวชิ้นงานเล็กกว่าชิ้นงานแบบน้ำยาพาราแฉ่มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าวทำให้มีจำนวนของรูพรุนมากกว่าซึ่งเมื่อพลังงานเสียงเดินทางเข้าไปในรูพรุนของตัวชิ้นงาน พลังงานเสียงจะกลายเป็นพลังงานความร้อนทำให้เสียงลดลง แต่ในกรณีของตัวอย่างชิ้นงานน้ำยาพาราแฉ่มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ และตัวอย่างชิ้นงานน้ำยาพาราแฉ่มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ ตัวชิ้นงานมีขนาดของรูพรุนที่เล็กมาก เนื่องจากปริมาณของเส้นใยมะพร้าวในตัวชิ้นงานที่มากขึ้น คลื่นเสียงจึงเกิดการเดินทางภายในรูพรุนที่น้อยเกินไปจึงเกิดการสะท้อนของคลื่นเสียงน้อยทำให้ค่าการดูดซับเสียงมีค่าน้อยลงไปด้วย

5.2 ข้อควรระวังและข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการผสมน้ำยาพาราแฉ่มชั้น 60 เปอร์เซ็นต์ กับสารเคมีต่างๆ ปริมาณสารเคมีและเวลาในการกวนสารนั้นจะต้องเหมาะสม เนื่องจากหากใส่สารเคมีมากเกินไป หรือเวลาที่ใช้ในการกวนสารเคมีมากเกินไป จะทำให้น้ำยาพาราแฉ่มเกิดการแข็งตัว

5.2.2 ในการผสมน้ำยาพาราแฉ่มชั้น กับเส้นใยมะพร้าว ควรทำให้มีการกระจายตัวของเส้นใยมะพร้าวที่สม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้เส้นใยมะพร้าวจับตัวกันเป็นก้อน

5.2.3 ในการขึ้นรูปตัวอย่างชิ้นงาน ขนาดของบล็อกขึ้นงานต้องมีความเหมาะสมกับการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ

5.2.4 หากนำไปใช้จริงในชีวิตประจำวันเพื่อความปลอดภัย ควรเติมสารหน่วงไฟ เช่น สารหน่วงการติดไฟที่เป็นสารประกอบคลอรีน (Chlorinated Flame Retardants) เพื่อช่วยให้วัสดุนั้นไม่เกิดการลามไฟ เนื่องธรรมชาติของยางนั้นจะติดไฟง่าย และจะเกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็ว เมื่อเติมสารหน่วงไฟแล้ว จำเป็นต้องทดสอบการติดไฟของวัสดุ โดยจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานป้องกันการลามไฟ มาตรฐานที่ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม คือมาตรฐาน UL 94 [26] [27]

5.2.5 หากนำชิ้นงานไปใช้ในชีวิตประจำวัน ลักษณะพื้นผิวของวัสดุตัวอย่างชิ้นงานนั้นเป็นวัสดุธรรมชาติ ทำให้ไม่มีความสวยงามเท่าที่ควร กรณีนำผ้ามาหุ้มชิ้นงานเพื่อให้เกิดความสวยงามเพื่อความปลอดภัยการนำผ้ามาใช้มีข้อจำกัดดังนี้

- ปริมาณเส้นใยฝ้าย 80 – 100 เปอร์เซ็นต์
- สีย้อมผ้าหลังการเคลือบสารหน่วงไฟ ต้องให้สี DISPERSE + VAT เท่านั้น
- น้ำหนักของผ้าต้องมีค่าตั้งแต่ 150 กรัมต่อตารางเมตร ขึ้นไป
- ผ้าต้องซับน้ำได้ดี [28]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิงและสิ่งอ้างอิง

- [1] บริษัท เทพเท็กซ์ (ประเทศไทย) จำกัด. ประโยชน์ของยางพาราธรรมชาติ 100%. สืบค้นเมื่อ วันที่ 4 เมษายน 2564, จากเว็บไซต์ <https://theptex.com/th/theptex/>
- [2] กิตติชาติ โหมาศวิน, โสภภาพรรณ แสงศัพท์, สิงห์ อินทรชูโต. การใช้ใยมะพร้าวร่วมกับน้ำยางพารา เพื่อเป็นฉนวนดูดซับเสียง. ในเรื่องการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 (กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2527, 235-244.
- [3] Claudia Cilene Bittencourt da Silva, Fernando Jun Hattori Terashima, Nilson Barbieri, Key Fonseca de Lime. Sound absorption coefficient assessment of sisal, coconut husk and sugar cane fibers for low frequencies based on three different methods. Applied Acoustics, December 2019, 92-100.
- [4] มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์, วราภรณ์ วงศ์สิโรจน์กุล, อภิสรา เรืองกุล, อรณลิน ศิริวรรณ. แผ่นดูดซับเสียงจากวัสดุประกอบเส้นใยมะพร้าวผสมโพลีเอสเตอร์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปีที่ 15, 2550, 54-55.
- [5] บุญธรรม นิธิอุทัย, ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์และคุณสมบัติ, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2530, 1-3.
- [6] อาชีวัน แกสมาน, ศรัณยู อมรชาติ, เจริญ นาคะสรรค์. โครงการวิจัยศึกษาความเข้ากันได้ของยางธรรมชาติ และยางสังเคราะห์ด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์ชนิดโรซานคาร์ปิลลารี. รายงานวิจัยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์, 2548.
- [7] food and agriculture organization. coconut. สืบค้น เมื่อวันที่ 5 เมษายน 2564. จากเว็บไซต์ <http://www.fao.org/faostat/en/>.
- [8] อากาศ ทรงสุนันต์. องค์ประกอบทางพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของมะพร้าว. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, 14-18.
- [9] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. สถานการณ์การผลิตมะพร้าว. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน จากเว็บไซต์. <https://www.doa.go.th/th/>
- [10] Victory Industrial. ใยมะพร้าว. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2564, จากเว็บไซต์ <http://www.victoryindustrial.co.th/products.html>.
- [11] Lomeli-Ramirez et al. Coconut fibers. Bioresources, 13(1), 2018, 1637-1660.
- [12] ปาริชาติ โรหิตาคณี. การเสริมแรงโพลีเอทีนด้วยเส้นใยจากกาบและก้านมะพร้าว. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2550.
- [13] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2554. ยุทธศาสตร์มะพร้าวเพื่ออุตสาหกรรม พ.ศ.2561-2579. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน จากเว็บไซต์ http://www.agriplan.doae.go.th/home/agri1/agri1.3/strategics_2554/04_coconut%202561-2579.pdf
- [14] ruedee. เส้นใยจากธรรมชาติ. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน จากเว็บไซต์ https://www.ruedee.com/th/fabric/natural_fibers/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [15] อนุชา วัฒนาภา, กัลทิมา เชาวน์ชาญชัยกุล, ฉันททิพ สกุลชมฤทัย. แผ่นดูดซับเสียงจากยางธรรมชาติเติมขุยมะพร้าวที่มีการต้านทานต่อการติดไฟสูง. โครงการวิจัยและพัฒนาภาครัฐร่วมเอกชนในเชิงพาณิชย์ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2559.
- [16] NGThai. คลื่นเสียง(Sound wave) และการได้ยิน. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน จากเว็บไซต์ <https://ngthai.com/science/24180/soundwave/>, 2019.
- [17] บุรฉัตร วิริยะ. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพีชแห้งและเส้นใยแก้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2544.
- [18] UPS Ultimate Plus Supply PPE Products. Knowledge. Retrieved May 16, 2021. <http://www.ultimateplus.co.th/knowledge.php?id=13>.
- [19] บริษัท สุภากรณ์ เซฟตี้ โซลูชั่น จำกัด. ความรู้เกี่ยวกับที่อุดหู. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2564 จากเว็บไซต์ <https://www.supakornsafety.com>
- [20] บริษัท สุภากรณ์ เซฟตี้ โซลูชั่น จำกัด. ความรู้เกี่ยวกับที่อุดหู. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน จากเว็บไซต์ <https://www.supakornsafety.com>
- [21] Acoustic Expert. วัสดุดูดซับเสียง Vs วัสดุกันเสียง ต่างกันอย่างไร. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2556 จากเว็บไซต์ <https://www.acousticexpert.co/acousticknowledge>
- [22] วีทิต วรรณเลิศลักษณ์. ฟิสิกส์รอบตัว ตอน ฉนวนกันเสียง. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2556 จากเว็บไซต์ <https://www.scimath.org/lesson-physics>
- [23] อัครอฟ หลีเยาว์, ญัฐคัลภ์ คำแหง, ปองคุณ พรหมนิม. การศึกษากระบวนการผลิตแผ่นดูดซับเสียงจากเส้นใยลำต้นปาล์มน้ำมันโดยใช้กาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์, 2562.
- [24] หลุขณ์ เสียงเสนาะ, คมกฤษ อารังประดิษฐ์, ญัฐรัชต์ เอมกมล, ชานนท์ มุลวรรณ. การศึกษาสมบัติในการลดระดับเสียงของวัสดุเชิงประกอบยางพาราผสมซีเมนต์และเส้นใยมะพร้าว. การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต, 2561.
- [25] Book: Engineering Acoustics. Engineering Acoustics/Sound Absorption Structures and Materials. Retrieved May 10, 2021. From https://en.wikibooks.org/wiki/Engineering_Acoustics/
- [26] Ptiwissen. การป้องกันการลามไฟ. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2556 จากเว็บไซต์ <https://ptiwissen.com/>
- [27] ดร.ธนาวดี ลีจากภัย. สารหน่วงการติดไฟ Flame Retardant. บทความศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ, 2546. 30-33.
- [28] TTP. Flame Retardant. Retrieved May 5, 2021. From <http://www.ttp.co.th/Flame%20Retardant.html>



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 เตรียมชิ้นงานที่นำไปทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำและการพองน้ำ



รูปที่ ก.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำและการพองน้ำของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ประเภทตัวอย่างชิ้นงานผสม เส้นใยมะพร้าว (เปอร์เซ็นต์)	ครั้งที่1 (กรัม)	ครั้งที่2 (กรัม)	ครั้งที่3 (กรัม)	เฉลี่ย (กรัม)
0	8.2	9.24	7.38	8.273
5	8.39	8.21	7.16	7.92
10	7.17	8.83	8.37	8.123
15	7.22	7.21	7.36	7.263

ตาราง ก.2 ผลการทดสอบการพองน้ำ

ประเภทตัวอย่างชิ้นงานผสม เส้นใยมะพร้าว (เปอร์เซ็นต์)	ครั้งที่1 (เซนติเมตร)	ครั้งที่2 (เซนติเมตร)	ครั้งที่3 (เซนติเมตร)	เฉลี่ย (เซนติเมตร)
0	1.04	1.05	1.26	1.118
5	1.13	1.05	0.74	0.978
10	1.07	1.1	1.13	1.101
15	1.17	1.18	1.2	1.183



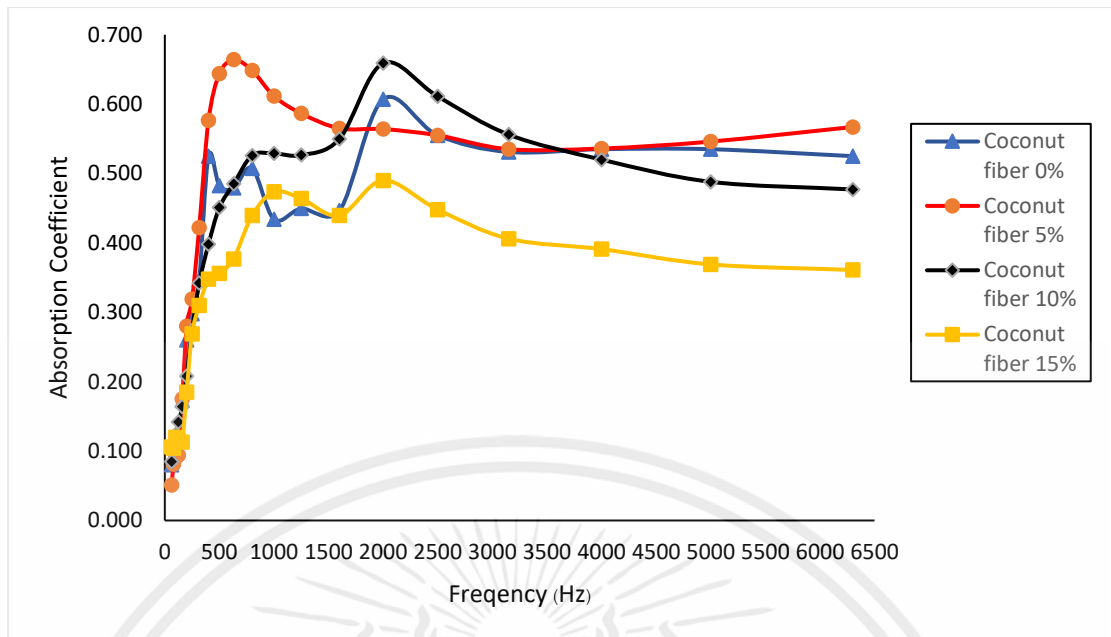
รูปที่ ก.3 ตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียงขนาด 30 และ 100 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 ผลการทดสอบค่าการดูดซับเสียง

ความถี่	ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC)			
	นํายางพาราผสม เส้นใยมะพร้าว 0 เปอร์เซ็นต์	นํายางพาราผสม เส้นใยมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์	นํายางพาราผสม เส้นใยมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์	นํายางพาราผสม เส้นใยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์
63	0.080	0.051	0.085	0.106
80	0.093	0.081	0.102	0.104
100	0.097	0.093	0.124	0.120
125	0.103	0.094	0.142	0.115
160	0.173	0.175	0.164	0.113
200	0.260	0.280	0.208	0.185
250	0.298	0.319	0.274	0.269
315	0.347	0.422	0.342	0.310
400	0.525	0.577	0.398	0.348
500	0.483	0.644	0.451	0.356
630	0.479	0.664	0.485	0.377
800	0.508	0.649	0.526	0.440
1000	0.434	0.612	0.529	0.474
1250	0.450	0.587	0.527	0.464
1600	0.447	0.565	0.550	0.440
2000	0.607	0.564	0.659	0.490
2500	0.555	0.555	0.611	0.448
3150	0.531	0.535	0.556	0.406
4000	0.535	0.536	0.520	0.391
5000	0.535	0.546	0.488	0.369
6300	0.525	0.567	0.477	0.361
เฉลี่ย	0.384	0.434	0.391	0.318

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของชิ้นงานประเภทต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข
การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.1 ราคาต้นทุนของชิ้นงานที่มีการผสมระหว่างน้ำยางเข้มข้นและเส้นใยมะพร้าว 5%

ลำดับที่	ชื่อสาร	จำนวน(กิโลกรัม)	ราคาต่อหน่วย(บาท)
1	น้ำยางพาราเข้มข้น	1	70
2	โพแทสเซียมโอเลเอต	1	50
3	กำมะถัน	1	135
4	แซดดีอีซี	1	200
5	แซดเอ็มบีที	1	320
6	ริงสเตอร์แอล	1	200
7	ซิงค์ออกไซด์	1	70
8	ดีพีจี	1	200
9	เอสเอสเอฟ	1	120
10	เส้นใยมะพร้าว	1	12

ตาราง ข.2 ราคาต่อหน่วยชิ้นงาน

ลำดับที่	ชื่อสาร	จำนวน(กรัม)	ราคาต่อหน่วย(บาท)
1	น้ำยางพาราเข้มข้น	167	11.69
2	โพแทสเซียมโอเลเอต	10	0.5
3	กำมะถัน	5	0.68
4	แซดดีอีซี	2	0.4
5	แซดเอ็มบีที	2	0.64
6	ริงสเตอร์แอล	2	0.4
7	ซิงค์ออกไซด์	2	0.14
8	ดีพีจี	4	0.8
9	เอสเอสเอฟ	5	0.6
10	เส้นใยมะพร้าว	8.87	0.11
รวม		207.87	15.95 ≈ 16

หมายเหตุ การผสมสารเคมีที่ใช้ในตาราง ข.2 หนึ่งครั้งสามารถทำชิ้นงานขนาด 100×100×2.54 มิลลิเมตร ได้จำนวน 2 ชิ้น ดังนั้น ราคาชิ้นงานต่อหนึ่งชิ้นจะเท่ากับชิ้นละ 8 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตรการหาพื้นที่ของปริซึมทรงสี่เหลี่ยม} &= \text{พื้นที่ผิวข้าง} + 2 (\text{พื้นที่ฐาน}) \\
 \text{จะได้ พื้นที่ผิวข้าง} &= \text{ความยาวรอบฐาน} \times \text{ความสูง} \\
 &= (100+100+100+100) \times 25.4 \\
 &= 400 \times 25.4 \\
 &= 10,160 \text{ ตารางมิลลิเมตร} \\
 2 (\text{พื้นที่ฐาน}) &= 2(100 \times 100) \\
 &= 20,000 \text{ ตารางมิลลิเมตร} \\
 \text{ดังนั้นพื้นที่ผิวของปริซึมทรงสี่เหลี่ยม} &= 10160 + 20000 \\
 &= 30160 \text{ ตารางมิลลิเมตร} \\
 \text{เปลี่ยนเป็นตารางเมตร จะได้} &= 0.03 \text{ ตารางเมตร} \\
 \text{ราคาของชิ้นงานต่อตารางเมตร} &= \frac{8}{0.03} \text{ บาทต่อตารางเมตร} \\
 &= 265.25 \text{ บาทต่อตารางเมตร} \\
 &\approx 266 \text{ บาทต่อตารางเมตร}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายจักรพันธ์ รักสม
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 4 สิงหาคม 2541
 ภูมิลำเนา จังหวัดตรัง
 ที่อยู่ 37 หมู่10 ตำบลทุ่งค่าย อำเภอย่านตา
 ขาว จังหวัดตรัง
 รหัสนักศึกษา 60514004

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนวิเชียรมาตุ จังหวัดตรัง
 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 วศ.บ. (วิศวกรรมพลังงาน) ปีการศึกษา 2564 จากสถาบันเทคโนโลยีพระ
 จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายธงวัช สุนทร
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 27 มกราคม 2541
 ภูมิลำเนา จังหวัดตรัง
 ที่อยู่ 88/1 หมู่7 ตำบลทุ่งค่าย อำเภอย่านตา
 ขาว จังหวัดตรัง
 รหัสนักศึกษา 60514019

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนวิเชียรมาตุ จังหวัดตรัง
 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 วศ.บ. (วิศวกรรมพลังงาน) ปีการศึกษา 2564 จากสถาบันเทคโนโลยีพระ
 จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวภัทรพร โรจน์ณรงค์
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2542
 ภูมิลำเนา จังหวัดลำปาง
 ที่อยู่ 9/817 ซอย21/8 ตำบลเสาธงหิน
 อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี
 รหัสนักศึกษา 60514038

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนวัดเขมาภิตาราม จังหวัดนนทบุรี
 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาไฟฟ้า และ
 อิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาอังกฤษ โรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ ไทย-
 เยอรมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 กรุงเทพมหานคร
 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 วศ.บ. (วิศวกรรมพลังงาน) ปีการศึกษา 2564 จากสถาบันเทคโนโลยีพระ
 จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้