

แผ่นดูดซับเสียงจากผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ
และเส้นใยธรรมชาติ

SOUND ABSORPTION PANELS MADE FROM POLYLACTIC ACID
NONWOVEN FABRIC AND NATURAL FIBER

มธุรส มะลิมาตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ

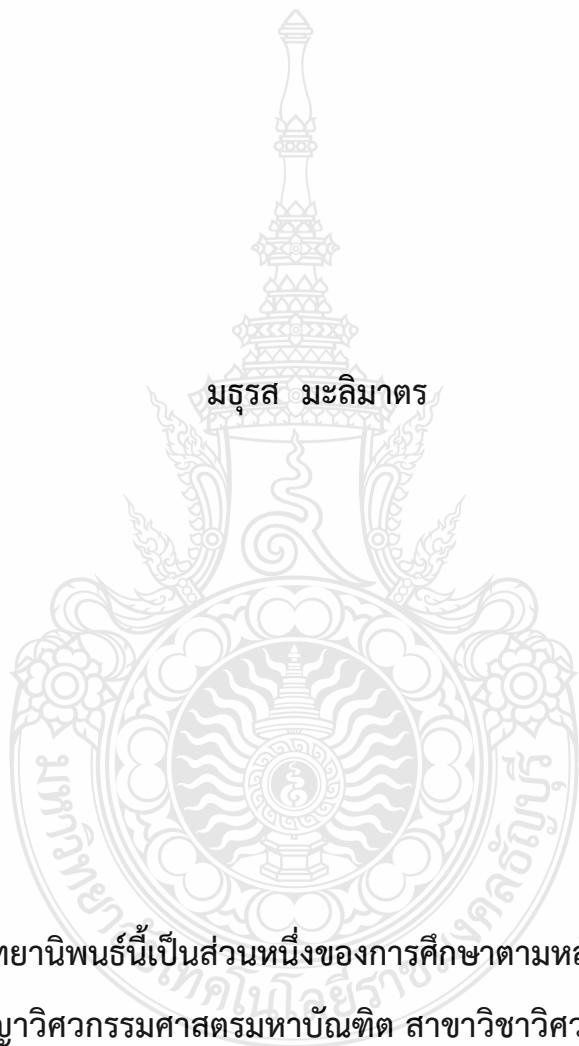
คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แผ่นดูดซับเสียงจากผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ
และเส้นใยธรรมชาติ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี


ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี


หัวข้อวิทยานิพนธ์ แผ่นดูดซับเสียงจากผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและเส้นใยธรรมชาติ
Sound Absorption Panels Made from Polylactic Acid Nonwoven Fabric and Natural Fibers


ชื่อ-นามสกุล นางสาวมธุรส มะลิมาตร
สาขาวิชา วิศวกรรมวัสดุ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์สมหมาย ผิวสอาด, Ph.D.
ปีการศึกษา 2564

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ประกอบ กิจไชยา, Ph.D.)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภาวสุปรีย์, Ph.D.)


..... กรรมการ
(อาจารย์ณรงค์ชัย ไอเจริญ, Ph.D.)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สมหมาย ผิวสอาด, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภาวสุปรีย์, Ph.D.)

วันที่ 4 เดือน เมษายน พ.ศ. 2565

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แผ่นดูดซับเสียงจากผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและเส้นใยธรรมชาติ
ชื่อ-นามสกุล	นางสาวมธุรส มะลิมาต
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์สมหมาย ผิวสอาด, Ph.D.
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

วัสดุดูดซับเสียงทั่วไปผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ประเภทพอลิเอธิลีนเทเรพทาเลทหรือพอลิพรอพิลีนซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์จากปิโตรเลียมและเป็นวัสดุที่ไม่ย่อยสลายทางชีวภาพทำให้เกิดปัญหาในการจัดการและมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม จากปริมาณการใช้วัสดุดูดซับเสียงในปริมาณมาก ทำให้ปริมาณขยะของวัสดุดูดซับเสียงที่หมดอายุการใช้งานมีปริมาณมากและก่อให้เกิดปัญหาในการกำจัด ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการใช้พลาสติกชีวภาพประเภทพอลิแลคติกแอซิด (PLA) และเส้นใยธรรมชาติประเภทเส้นใยกล้วยชงทดแทนพอลิเมอร์ที่ไม่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเพื่อผลิตแผ่นดูดซับเสียง

การศึกษาเริ่มจากการขึ้นรูปผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่นที่อุณหภูมิ 250 และ 260 °C ด้วยความเร็วของสกรู 10 รอบต่อนาที แรงดันลมที่ 0.3 และ 0.5 MPa และระยะเก็บชิ้นงานที่ 30 และ 60 cm เปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอที่ได้ แล้วขึ้นรูปแผ่นดูดซับเสียงโดยนำผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอประกบซ้อนกับแผ่นกัณชงแบบโครงสร้างแซนวิช 3 ชั้น จากนั้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของวัสดุ ได้แก่ ความหนา มวลต่อหน่วยพื้นที่ ความหนาแน่น ลักษณะสัญญาณวิทยา การซึมผ่านของอากาศ และค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

ผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ คือ อุณหภูมิ 260 °C แรงดันลม 0.5 MPa และระยะเก็บชิ้นงานที่ 60 cm ซึ่งส่งผลให้ผ้าไม่ถักไม่ทอมีความหนา มวลต่อหน่วยพื้นที่ และความหนาแน่นสูงขึ้น อีกทั้งมีการซึมผ่านของอากาศน้อยลง และขนาดของเส้นใยเล็กลง ซึ่งผลลัพธ์เหล่านี้เป็นไปตามปัจจัยที่ส่งผลต่อวัสดุดูดซับเสียงที่ดี จากการทดสอบสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง พบว่า มวลต่อหน่วยพื้นที่และความหนาที่มากขึ้นส่งผลให้การดูดซับเสียงมากขึ้น ผลการทดสอบการจัดลำดับชั้นของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอกับแผ่นกัณชงแบบโครงสร้างแซนวิช 3 ชั้น พบว่า เมื่อจำนวนชั้นของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอเพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงมากกว่าแผ่นดูดซับเสียงที่มีจำนวนชั้นของกัณชงมาก โดยค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของแผ่นดูดซับเสียง PLA/PLA/Hemp มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงสูงที่สุด

คำสำคัญ: แผ่นดูดซับเสียง พอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ เส้นใยกล้วย

Thesis Title	Sound Absorption Panels Made from Polylactic Acid Nonwoven Fabric and Natural Fibers
Name-Surname	Miss Mathurot Malimat
Program	Materials Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Sommai Pivsa-Art, Ph.D.
Academic Year	2021

ABSTRACT

The sound absorption panels are commonly synthetic fibers synthesized from polyethylene terephthalate or polypropylene. These polymers are petroleum-based polymers that are non-biodegradable which causes waste disposal problems and other environmental problems. Due to an increase in demand of sound absorbing panels, the amount of the wastes increases and it originates issues with waste disposal. This research aimed to study the use of polylactic acid (PLA) bioplastic and hemp as a replacement for non-biodegradable polymers in producing sound absorption panels.

First, PLA nonwoven fabric was prepared using the melt-blown process carried out at 250 and 260 °C with the screw speed of 10 rpm under the air pressures of 0.3 and 0.5 MPa. The die-to-collector distances were 30 and 60 cm. Then, the nonwoven fabric properties were compared. Later, the sound absorption panels were prepared with a three-layer sandwich construction, comprising of PLA nonwoven fabric and hemp fabric. Finally, the relationships between the material parameters including thickness, mass per unit area, density, morphology, air permeability, layering sequence, and sound absorption coefficient were studied.

The research results showed that the optimal conditions for the melt-blown process of PLA nonwoven fabric were at 260 °C under the air pressure of 0.5 MPa at the die-to-collector distance of 60 cm. The fabric produced under the mentioned conditions was thicker with higher mass per unit area and higher density. Moreover, it had lower air permeability and finer fibers which was considered as a good sound absorbing material. Sound absorbing coefficient measurement revealed that the higher mass per unit area and the higher thickness of the fabric had a positive impact on the sound absorption efficiency. In addition, the study of the layering sequence of PLA nonwoven fabric and hemp fabric in a three-layer sandwich construction pointed out that more layers of PLA nonwoven fabric indicated higher sound absorbing coefficient than more layers of hemp fabric. The PLA/PLA/Hemp sound absorption panel showed the highest sound absorption coefficient.

Keywords: sound absorption panel, biodegradable polymer, nonwoven polylactic acid fabric, hemp fiber

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างสมบูรณ์ ทางผู้จัดทำขอกราบ
ขอบพระคุณอย่างยิ่งต่ออาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สมหมาย ผิวสอาด ที่ได้ประสิทธิ์
ประสาทวิชาความรู้ ให้คำแนะนำในการดำเนินงาน ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีราภรณ์ ผิว
สอาด อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นที ศรีสวัสดิ์ และ
ดร.นรรจพร เรืองไพศาล อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำตลอดทำการวิจัย
ตลอดจนการแก้ไขปัญหาอันเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์นี้

ขอกราบขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ และ
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือ เครื่องใช้ และเครื่องทดสอบ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ควบคุม
ห้องทดสอบ นางวริศชยา รุ่งเรือง แชนงวิชาพอลิเมอร์ และเส้นใย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ และ
เจ้าหน้าที่ควบคุมห้องทดสอบภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ และโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ สำหรับการช่วยเหลือตลอดการ
ทำงาน

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และบุคคลในครอบครัวที่เลี้ยงดูมาเป็นอย่างดี คอย
ช่วยเหลือเป็นกำลังใจ และสนับสนุนจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ หาก
วิทยานิพนธ์นี้ขาดตกบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยขอกราบอภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

มธุรส มะลิมาตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญรูป.....	(9)
บทที่ 1 บทนำ.....	11
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	11
1.2 วัตถุประสงค์.....	12
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	12
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	13
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.1 พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable Plastic)	15
2.2 พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid, PLA).....	16
2.3 เส้นใย (Fiber).....	19
2.4 เส้นใยกัญชง (Hemp Fiber).....	21
2.5 ผ้าไม่ถักไม่ทอ (Nonwoven).....	22
2.6 กระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น (Melt jet spinning).....	27
2.7 วัสดุดูดซับเสียง.....	28
2.8 เครื่องมือและเทคนิคในการวิเคราะห์.....	32
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	35
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	38
3.1 แผนการดำเนินงาน.....	38
3.2 วัสดุและอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	39
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	45
3.4 การทดสอบสมบัติ.....	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล.....	51
4.1 การทดสอบสมบัติของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอที่ขึ้นรูปด้วย กระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น (Melt jet spinning).....	51
4.1.1 ผลการทดสอบดัชนีการไหลของเม็ด PLA.....	51
4.1.2 ผลของความหนาและน้ำหนักของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ	52
4.1.3 ผลของความหนาแน่นของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ.....	54
4.1.4 ลักษณะฐานฐานวิทยาและเส้นผ่านศูนย์กลางของผ้าพอลิแลคติกแอซิด แบบไม่ถักไม่ทอ.....	55
4.1.5 ผลของการซึมผ่านอากาศของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ ทอ.....	58
4.1.6 ผลของ GSM และความหนาต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง.....	59
4.2 การจัดลำดับชั้นของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและเส้นใยกัญชง แบบโครงสร้างแซนวิช 3 ชั้น.....	61
4.2.1 ผลของการจัดลำดับชั้นต่อการซึมผ่านของอากาศ.....	61
4.2.2 ผลของการจัดลำดับชั้นต่อการดูดซับเสียง.....	62
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	64
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	64
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	66
บรรณานุกรม.....	67
ภาคผนวก.....	76
ประวัติผู้เขียน.....	79

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สมบัติทั่วไปของ PLA.....	22
ตารางที่ 2.5 การจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียงจากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง Reduction Coefficient, NRC)	31
ตารางที่ 3.1 สภาวะในการขึ้นรูปผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น.....	47
ตารางที่ 3.2 การจัดลำดับชั้นของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและแผ่นกัญชง.....	47
ตารางที่ 4.1 ผลของความหนาแน่นของผ้าพอลิแลคติกแบบไม่ถักไม่ทอ.....	55
ตารางที่ 4.2 ผลกระทบของ GSM และความหนาต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ (อุณหภูมิหัวฉีด 260 °C, แรงดันอากาศ 0.5 MPa, ระยะเก็บชิ้นงาน 60 cm) และแผ่นกัญชง.....	62
ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงและพารามิเตอร์โครงสร้างที่มีการจัดลำดับชั้นต่างกัน.....	65



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1	กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ..... 16
รูปที่ 2.2	โครงสร้างทางเคมีของ lactic acid stereoisomers 17
รูปที่ 2.3	กลไกการสังเคราะห์ PLA..... 18
รูปที่ 2.4	ที่มาของเส้นใยธรรมชาติ 21
รูปที่ 2.5	ลักษณะของกัญชง..... 22
รูปที่ 2.6	โครงสร้างในผ้าทอ (ซ้าย) และผ้าไม่ถักไม่ทอ (ขวา) 24
รูปที่ 2.7	กระบวนการผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอแบบ Dry-laid..... 25
รูปที่ 2.8	กระบวนการผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอแบบ Wet-laid..... 25
รูปที่ 2.9	กระบวนการผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอแบบ Spun bonded..... 26
รูปที่ 2.10	กระบวนการผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอแบบ Melt-blown..... 26
รูปที่ 2.11	กระบวนการผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอแบบ Needle punched..... 27
รูปที่ 2.12	เครื่อง SR-Runder bambi..... 28
รูปที่ 2.13	กระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น..... 28
รูปที่ 2.14	ปรากฏการณ์สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุ..... 29
รูปที่ 2.15	แสดงกลไกการสลายตัวของพลังงานเสียงเนื่องจากความหนืดและแรงเสียดทาน.. 32
รูปที่ 3.1	เม็ดพอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid, PLA)..... 40
รูปที่ 3.2	แผ่นเส้นใยกัญชง (Hemp)..... 41
รูปที่ 3.3	เครื่องปั่นหลอมแบบพ่น (Melt jet spinning) รุ่น SR-Runer bambi..... 41
รูปที่ 3.4	อุปกรณ์เก็บชิ้นตัวอย่าง..... 42
รูปที่ 3.5	เครื่องทดสอบด้วยความร้อน (Hot air oven)..... 42
รูปที่ 3.6	แผ่น Plate..... 43
รูปที่ 3.7	เครื่องวัดความหนาติจิตอล..... 43
รูปที่ 3.8	เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง..... 44
รูปที่ 3.9	เครื่องทดสอบดัชนีการไหล (Melt flow index, MFI)..... 44
รูปที่ 3.10	กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscope, OM)..... 45
รูปที่ 3.11	เครื่องทดสอบความต้านทานต่อการซึมผ่านของอากาศ (Air Permeability)..... 45
รูปที่ 3.12	เครื่องทดสอบสมบัติทางเสียง (Acoustic Duct)..... 46

สารบัญญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3.13	อบเม็ด PLA.....	46
รูปที่ 3.14	ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	49
รูปที่ 4.1	ผลของดัชนีการไหลของเม็ด PLA.....	52
รูปที่ 4.2	ผลของความหนาและน้ำหนักของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ (อุณหภูมิหัวฉีด = 250 และ 260 °C, แรงดันอากาศ = 0.3 และ 0.5 MPa, ระยะเก็บชิ้นงาน = 30 และ 60 cm) (ก) ความหนา, (ข) น้ำหนัก (GSM).....	54
รูปที่ 4.3	ลักษณะสัณฐานวิทยาจากการทดสอบด้วย OM การกระจายขนาดเส้นใยของภาคตัดขวาง (Cross-section) ของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ ที่สภาวะอุณหภูมิหัวฉีด : 250 °C, (แรงดันอากาศและระยะเก็บชิ้นงาน) : ก) 0.3 MPa, 30 cm, ข) 0.3 MPa, 60 cm, ค) 0.5 MPa, 30 cm และ ง) 0.5 MPa, 60 cm.....	57
รูปที่ 4.4	ลักษณะสัณฐานวิทยาจากการทดสอบด้วย OM การกระจายขนาดเส้นใยของภาคตัดขวาง (Cross-section) ของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ ที่สภาวะอุณหภูมิหัวฉีด : 260 °C, (แรงดันอากาศและระยะเก็บชิ้นงาน) : ก) 0.3 MPa, 30 cm, ข) 0.3 MPa, 60 cm, ค) 0.5 MPa, 30 cm และ ง) 0.5 MPa, 60 cm.....	58
รูปที่ 4.5	ลักษณะสัณฐานวิทยาจากการทดสอบด้วย OM ของภาคตัดขวาง (Cross-section) ของผ้ากัญชงแบบไม่ถักไม่ทอ.....	59
รูปที่ 4.6	ผลการซึมผ่านของอากาศของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ (อุณหภูมิหัวฉีด = 250 และ 260 °C, แรงดันอากาศ = 0.3 และ 0.5 MPa, ระยะเก็บชิ้นงาน = 30 และ 60 cm).....	60
รูปที่ 4.7	ผลการดูดซับเสียงของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ (อุณหภูมิหัวฉีด = 260 °C, แรงดันอากาศ = 0.5 MPa, ระยะเก็บชิ้นงาน = 60 cm) และแผ่นกัญชง.....	61
รูปที่ 4.8	ผลของการจัดลำดับชั้นต่อการซึมผ่านของอากาศ.....	63
รูปที่ 4.9	ผลของการจัดลำดับชั้นต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง.....	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นภาคส่วนการบริโภคพอลิเมอร์ที่สำคัญที่สุดอันดับสามรองจากบรรจุภัณฑ์และการก่อสร้าง พอลิเมอร์ส่วนใหญ่ที่ใช้ประกอบด้วยพอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) พอลิยูรีเทน (Polyurethane, PU) พอลิเอไมด์ (Polyamides, PA or Nylon) พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Poly(ethylene terephthalate), PET) และ พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride, PVC) อย่างไรก็ตาม ผลผลิตหลักหลังการบริโภคไม่สามารถนำไปรีไซเคิลและไม่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ [1] ของเสียเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาในการกำจัด ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์อย่างยิ่ง [2] ดังนั้น การใช้พอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพทดแทนพลาสติกที่ไม่ย่อยสลายจึงเป็นการแก้ปัญหาของขยะพลาสติกที่ไม่ย่อยสลายที่ยั่งยืน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของโลก [3]

วัสดุดูดซับเสียงในรถยนต์ผลิตจากเส้นใยพอลิเมอร์ที่ไม่ย่อยสลายทางชีวภาพ เช่น PP และ Nylon 6 และจากปริมาณการใช้งานจำนวนมาก ทำให้ขยะเส้นใยพอลิเมอร์เหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาต่อการกำจัดเพิ่มขึ้นทุกปี [4] โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ระหว่างห้องเครื่องยนต์กับห้องผู้โดยสาร และหลังการรถยนต์ ตัวดูดซับเสียงแบบเส้นใยที่นิยมใช้กันมากที่สุดสำหรับการควบคุมเสียงรบกวน คือ ผ้าไม่ถักไม่ทอ (Nonwoven) [5] วัสดุดูดซับเสียงจากผ้าไม่ถักไม่ทอที่ติดอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ของรถยนต์ เช่น พรอมปูพื้น แผ่นบุหลังคา แผ่นรอง ชั้นวางพัสดุ แผงประตู ฉนวนห้องเครื่องยนต์ เป็นต้น ผ้าไม่ถักไม่ทอที่ใช้ในการตกแต่งภายในรถยนต์มีคุณสมบัติที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้าย (Textile fabric) รวมถึงการขึ้นรูปที่ประหยัดต้นทุน การขึ้นรูปง่าย การรีไซเคิล และอัตราส่วนต้นทุนต่อประสิทธิภาพที่น่าสนใจ นอกจากนี้ผ้าไม่ถักไม่ทอสามารถออกแบบให้มีคุณสมบัติเฉพาะเจาะจง เช่น ความหนา มวล และปริมาตร โครงสร้างที่มีรูพรุน และพื้นที่ผิวที่สูงทำให้ผ้าไม่ถักไม่ทอน่าสนใจสำหรับการใช้งานด้านสิ่งทอที่ต้องการดูดซับเสียง [6]

ผ้าไม่ถักไม่ทอ (Nonwoven) จัดเป็นเส้นใยดูดซับเสียงที่มีศักยภาพที่สำคัญในการใช้งานลดเสียงรบกวน ซึ่งมีข้อดีเหนือกว่าโฟม เนื่องจากสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และวิธีการผลิตอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าตัวดูดซับเสียงพอลิยูรีเทน (Polyurethane, PU) ทั่วไป [7] อีกทั้งยังสามารถดูดซับเสียงได้ในช่วงความถี่ที่กว้างกว่าเมื่อเทียบกับโฟม [8] ผ้าไม่ถักไม่ทอจากเส้นใยพืช (Plant fiber) ได้ถูกนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์โดยผู้ผลิตรถยนต์รายใหญ่ตั้งแต่ ค.ศ. 1990 ในชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น เบาะรองนั่ง ชั้นวางบรรจุภัณฑ์ แผงประตู [9] การปกป้องสิ่งแวดล้อมทำได้โดยไม่กระทบต่อประสิทธิภาพด้านคุณภาพ สามารถทำได้โดยใช้ส่วนประกอบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถ

แข่งขันกับวัสดุสังเคราะห์ทั่วไป เช่น วัสดุผสมเส้นใยแก้ว (Glass fiber composites) [10] เส้นใยแก้ว (Glass fiber) ใช้กันอย่างแพร่หลายในผ้าไม่ถักไม่ทออะคูสติกสำหรับยานยนต์ มีข้อเสียสำคัญบางประการ เช่น การสัมผัสที่ไม่ปลอดภัย ไม่สามารถรีไซเคิลได้ และก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพเมื่อสูดดม [11-12]

เนื่องจากความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากเส้นใยแก้ว เส้นใยธรรมชาติจึงได้รับความสนใจมากขึ้นในการใช้งานด้านวิศวกรรมที่หลากหลายแทนเส้นใยแก้ว [13-15] ช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาได้เห็นความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างมากสำหรับเส้นใยธรรมชาติที่จะใช้กับวัสดุพอลิเมอร์ วัสดุจากเส้นใยพืชมีข้อดีเหนือกว่าวัสดุทั่วไป ได้แก่ น้ำหนักที่ต่ำกว่า ราคาที่ต่ำกว่า ดูดซับแรงกระแทกได้ดีกว่า คุณสมบัติด้านความร้อน และฉนวนกันเสียงที่ดีกว่า [16] งานวิจัยนี้เลือกใช้วัสดุธรรมชาติ คือ กัญชง (Hemp) ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของโลก กัญชงมีผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมหรือเศรษฐกิจมากมาย ความทนทานและคุณสมบัติความแข็งแรงสูงของเส้นใยสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง เช่น ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ผลิตเป็นเยื่อกระดาษ อัดเป็นสื่อเกราะ ชิ้นส่วนยานยนต์ พัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้าง แผ่นฉนวนกันความร้อน กันเสียง เป็นส่วนผสมของคอนกรีต และผนัง [17-18] ด้วยเหตุนี้จึงใช้เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

งานวิจัยนี้ศึกษาแผ่นดูดซับเสียงจากผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ Poly(lactic acid, PLA) และกัญชง (Hemp) แบบโครงสร้างแซนวิช (Sandwich structure) สามชั้น ศึกษาผลของสภาวะต่อคุณสมบัติของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ และการจัดลำดับของชั้นองค์ประกอบต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่นในการนำไปใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียง

1.2.2 เพื่อศึกษาการขึ้นรูปแผ่นดูดซับเสียงระหว่างผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอกับเส้นใยกัญชง

1.2.3 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติการดูดซับเสียงระหว่างผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอกับเส้นใยกัญชง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 การเตรียมผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น

1) อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปขึ้นงาน ได้แก่ 250 °C และ 260 °C

- 2) แรงดันลมที่ใช้ในการขึ้นรูป ได้แก่ 0.3 และ 0.5 เมกะปาสกาล
- 3) ความเร็วรอบของสกรู 10 รอบต่อนาที
- 4) ระยะเก็บตัวอย่างจากหัวตายถึงอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ได้แก่ 30 และ 60

เซนติเมตร

3.1.2 ทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ ได้แก่

- 1) ผลของสภาวะการขึ้นรูปต่อสัณฐานวิทยาของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscopes, OM)
- 2) วัดความหนาและน้ำหนักมาตรฐาน (Thickness & GSM)
- 3) การไหลผ่านของอากาศ (Air Permeability)
- 4) สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficients)

3.1.3 เตรียมแผ่นดูดซับเสียงโดยผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอวางซ้อนประกบกับแผ่นเส้นใยกัญชงแบบโครงสร้างแซนวิช 3 ชั้น โดยมีการปรับเปลี่ยนลำดับชั้นของแผ่นเส้นใยแต่ละชั้น

3.1.4 ศึกษาการจัดลำดับของชั้นองค์ประกอบจากผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและเส้นใยกัญชงต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง จากการทดสอบ ดังนี้

- 1) วัดความหนาและน้ำหนักมาตรฐาน (Thickness & GSM)
- 2) การไหลผ่านของอากาศ (Air Permeability)
- 3) สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficients)

3.1.5 แผ่นเส้นใยกัญชง ผ่านการรวบรวมจาก บริษัท เอมพีไทย จำกัด (195 หมู่ 8 ต.พพบ พระ อ.พพบพระ จ.ตาก 63160) ผลิตเป็นแผ่นเส้นใยเรียบร้อยแล้ว

1.4 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้สภาวะในการขึ้นรูปผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิแลคติกแอซิดด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น

1.4.2 ได้กรรมวิธีการผลิตวัสดุดูดซับเสียงที่ผลิตจากผ้าไม่ถักไม่ทอระหว่างพลาสติกชีวภาพกับเส้นใยธรรมชาติ และสามารถนำไปพัฒนาในภาคอุตสาหกรรมต่อไปได้

1.4.3 ช่วยเพิ่มมูลค่าของกัญชงด้วยการนำมาผลิตเป็นวัสดุดูดซับเสียง และสามารถลดการปล่อยมลภาวะสู่สิ่งแวดล้อม

1.4.4 ได้ต้นแบบของวัสดุดูดซับเสียงจากวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

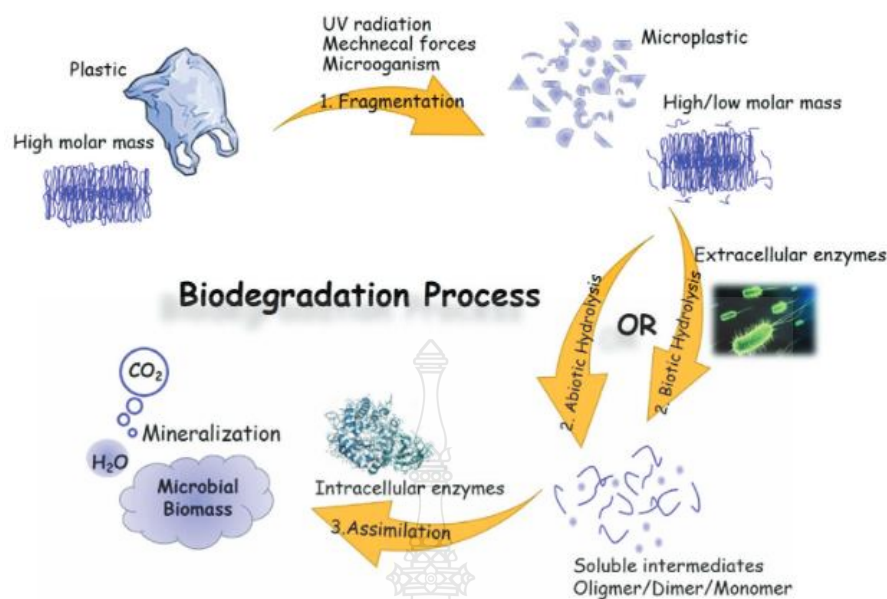
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable Plastic)

พอลิเมอร์และพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเป็นวัสดุที่จุลินทรีย์จะถูกแปลงในเชิงปริมาณเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ หรือเป็นมีเทนและน้ำ ตามลำดับ ภายใต้สภาวะแอโรบิก (Aerobic) หรือไม่ใช้ออกซิเจน” คำจำกัดความของพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพนี้กำหนดโดยคณะกรรมการ ASTM D-20 หรือ Committee on Plastics ได้จัดตั้งคณะกรรมการด้านพลาสติกที่ย่อยสลายได้ D-20.96 [19]

การย่อยสลายทางชีวภาพเป็นกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาโดยสารคัดหลั่งของจุลินทรีย์ ซึ่งมักจะแบ่งออกเป็นสามขั้นตอน [20,21] ได้แก่ การกระจายตัว การไฮโดรไลซิส และการดูดซึม (ดังรูปที่ 2.1) ประการแรก พอลิเมอร์ถูกแยกส่วนออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือไมโครพลาสติก โดยสภาพดินฟ้าอากาศ การฉายรังสียูวี แสงทางกล จุลินทรีย์ และอื่น ๆ จากนั้น ไฮโดรไลซิสจะเกิดขึ้นที่พันธะเอสเทอร์ของพอลิเมอร์ และในที่สุดก็นำไปสู่มวลโมลาร์ที่ลดลงและการก่อตัวของโอลิโกเมอร์ ไดเมอร์ และมอนอเมอร์ที่ละลายได้ สุดท้าย ผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายเหล่านี้ถูกนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานโดยเอนไซม์ภายในเซลล์เพื่อผลิตชีวมวลของเซลล์และผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ซึ่งได้รับการขนานนามว่าเป็นกระบวนการดูดซึมทางชีวภาพและการทำให้เป็นแร่ เพื่อให้ไปถึงกระบวนการสุดท้าย ข้อกำหนดเบื้องต้นสองประการที่จำเป็น ได้แก่ การมีอยู่ของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายพอลิเมอร์บางตัว และพอลิเมอร์ผ่านการไฮโดรไลซิสเพื่อทำให้พอลิเมอร์เชชันเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย (เช่น โอลิโกเมอร์ ไดเมอร์ และมอนอเมอร์) เพื่อเข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์ [22]



รูปที่ 2.1 กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ [23]

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพมีสองประเภทหลัก [24]

1) ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Oxo-Biodegradable Plastic, OBP)

พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (OBP) ทำจากพอลิเมอร์ เช่น พอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) และ พอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) และมีส่วนผสมพิเศษที่ไม่รวมถึงโลหะที่เกินขีดจำกัดที่กำหนด ผลิตภัณฑ์ OBP ได้รับการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D6954 เพื่อพิสูจน์ว่าสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพและไม่เป็นพิษ นอกจากนี้ยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ตลอดอายุการใช้งาน และรายงานอิสระที่พิสูจน์ได้ว่าข้อมูลนี้เปิดเผยต่อสาธารณะบนเว็บไซต์ OPA แบ่งไม่ได้ใช้ใน OBP

2) ย่อยสลายได้ทางน้ำ (Hydro-biodegradable plastic, HBP)

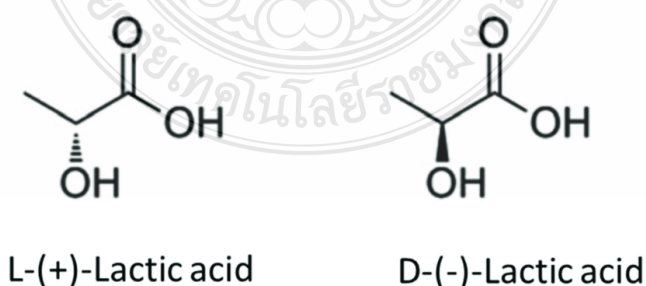
(หรือเรียกง่ายๆ ว่า “Bio-based plastics” หรือ “Bioplastics” หรือ “Compostable plastics”) ประกอบด้วยวัสดุจากพืชในสัดส่วนที่สูง และได้รับการทดสอบตามมาตรฐาน EN 13432 หรือ ASTM D6400 เพื่อย่อยสลายทางชีวภาพในสภาวะพิเศษที่พบในปุ๋ยหมักทางอุตสาหกรรม

2.2 พอลิแลคติกแอซิก (Poly(lactic acid), PLA)

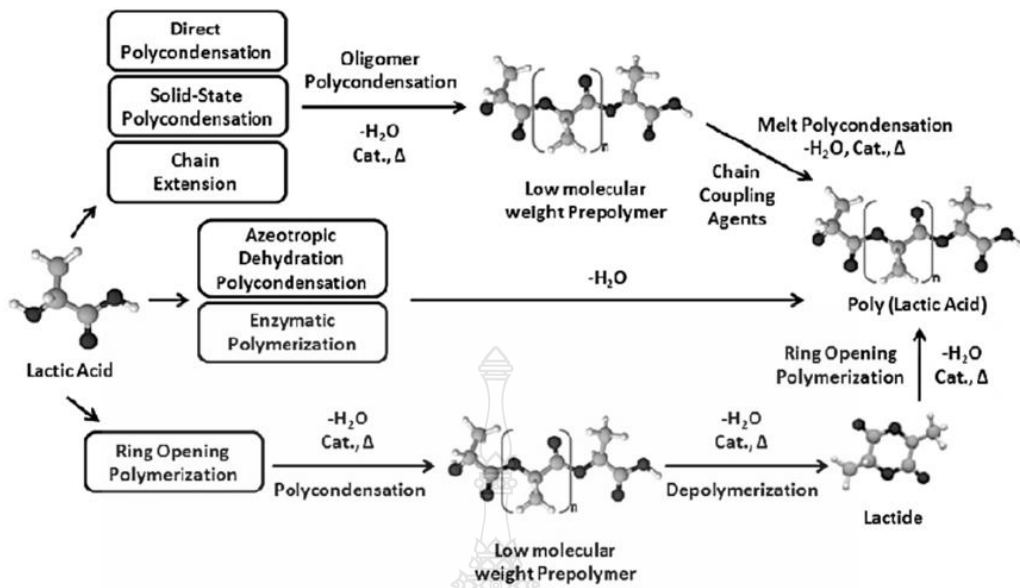
พอลิแลคติกแอซิด (Poly(lactic acid), PLA) เป็นพอลิเอสเทอร์อะลิฟาติก โดยทั่วไปได้มาจากการสังเคราะห์กรดแลคติก ซึ่งสามารถผลิตได้จากทรัพยากรหมุนเวียน เช่น ข้าวโพด แป้ง น้ำตาล หรือชีวมวลอื่น ๆ [25] เป็นพอลิเอสเทอร์เทอร์โมพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีศักยภาพสูงเนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพเฉพาะที่ทำให้มีประโยชน์ในการทำงานที่หลากหลาย รวมถึงการใช้งานด้านศัลยกรรมและการแพทย์ การเคลือบกระดาษ เส้นใย พิล์ม และบรรจุภัณฑ์ [26,27] ในความเป็นจริง PLA ได้รับการจัดประเภทว่าปลอดภัยโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา [28]

2.2.1 การสังเคราะห์ PLA

กรดแลคติก (2-Hydroxypropionic acid, LA) ซึ่งเป็นหน่วยที่เป็นส่วนประกอบของ PLA เนื่องจากเป็นโมเลกุล chiral มีอยู่เป็นสองอิแนนซีโอเมอร์ คือ กรด L- และ D-lactic (รูปที่ 2.2) PLA มีสเตอริโอไอโซเมอร์ (Stereoisomers) เช่น Poly(L-lactide) (PLLA), Poly(D-lactide) (PDLA), and Poly(DL-lactide) (PDLLA) [29] กรดแลคติกสามารถผลิตได้ด้วยการสังเคราะห์ทางเคมี PLA เป็นพอลิเอสเทอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ให้ความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากได้มาจากแหล่งหมุนเวียนและแสดงให้เห็นความสามารถในการย่อยสลายสูง ความแข็งแรงเชิงกล และไม่เป็นพิษ กรดแลคติกที่ผลิตได้ผ่านการหมักของจุลินทรีย์คือกรดแลคติกเท่านั้น ซึ่งสุดท้ายสร้าง PLA ผ่านปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น (Condensation polymerization reaction) ในทางตรงกันข้าม การสังเคราะห์ทางเคมีจะสร้างอัตราส่วนที่แตกต่างกันของกรด L- และ D-lactic กลไกการก่อตัว PLA เกี่ยวข้องกับการประกอบของไซคลิกไดเมอร์ (Cyclic dimer) ระดับกลางที่เมื่อเปิดวงแหวนและการเกิดพอลิเมอไรเซชันที่อยู่ไกลออกไปจะสร้างสายโซ่ Poly macromolecular ขนาดเล็กที่มีมอโนเมอร์ของทั้ง L- และ D-lactic [30] รูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นกลไกการสังเคราะห์ของ PLA ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของ lactic acid stereoisomers: L-(+)-lactic acid รู้จักกันในชื่อ (S)-lactic acid และ D-(-)-Lactic acid หรือที่เรียกว่า (R)-lactic acid [29]



รูปที่ 2.3 กลไกการสังเคราะห์ PLA ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง [30]

2.2.2 คุณสมบัติของ PLA

PLA เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และเข้ากันได้ทางชีวภาพ ซึ่งพิสูจน์แล้วว่าเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับพอลิเมอร์จากปิโตรเลียม ซึ่งมีคุณสมบัติเทียบเท่าพอลิเมอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate, PET) และ พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride, PVC) เป็นต้น เกรดประสิทธิภาพสูงที่ใช้ทดแทนพอลิสไตรีน (Polystyrene, PS), พอลิพรอพิลีน (Polypropylene, PP) และอะครีโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน-สไตรีน (Acrylonitrile-butadiene-styrene, ABS) ได้ตีเี่ยมมในการใช้งานที่มีความต้องการสูง อีกทั้ง PLA เป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีความแข็งแรงสูงและมีมอดูลัสสูง มีลักษณะที่ดี มีความแข็งแรงและความแข็งแรงสูงเทียบได้กับพอลิสไตรีน (Polystyrene, PS) ที่อุณหภูมิห้อง ในการผลิตใช้พลังงานน้อยกว่าเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นๆ และมีกระบวนการทางความร้อนที่ดีกว่า

ผลิตภัณฑ์ L-PLA เซิงพาณิชย์ส่วนใหญ่เป็นพอลิเมอร์กิ่งผลึกที่มีจุดหลอมเหลวสูงโดยประมาณ 180°C และมีอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วอยู่ในช่วง 55 – 60°C เนื่องจาก PLA ควรมีความเป็นผลึกเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป [31] โดยสมบัติทั่วไปของ PLA แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สมบัติทั่วไปของ PLA [32]

Properties	
Clarity	Clear-yello
Density amorphous, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	1250
Density 100% crystalline, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	1490
Glass-transition temperature (T_g), $^{\circ}\text{C}$	55-65
Melting temperature (T_m), $^{\circ}\text{C}$	130-180
Initial decomposition temperature ($T_{d,0}$), $^{\circ}\text{C}$	335
Half decomposition temperature, ($T_{d,1/2}$), $^{\circ}\text{C}$	395
Average energy of activation (E_{act}), $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	205-297
Enthalpy (ΔH_m), 100%, $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$	93
Crystallinity, %	0-40
Heat deflection temperature, $^{\circ}\text{C}$	55-65
Tensile strength at yield, MPa	0.88
Elastic modulus, GPa	8.6
Elongation at break, %	3-30
Flexural strength, MPa	70
Flexural modulus, GPa	3.8
Impact strength	Poor

2.2.3 การใช้งานของ PLA

PLA สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในด้านชีวการแพทย์ รวมถึงการเย็บ วัสดุตรึงกระดูก ไมโครสเฟียร์นำส่งยา และวิศวกรรมเนื้อเยื่อ [33] PLA ถูกใช้เป็นวัสดุทางนิเวศวิทยา เช่นเดียวกับวัสดุฝังในการผ่าตัด และระบบการนำส่งยา และยังใช้เป็นโครงที่มีรูพรุนสำหรับการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อใหม่ [33,34] PLA ได้รับการอนุมัติจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งสหพันธรัฐ (FDA, USA) สำหรับใช้เป็นวัสดุเย็บแผล เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ให้อายุได้เปรียบที่สำคัญ [35,36] การใช้งานทางการแพทย์ของพอลิเมอร์นี้เกิดขึ้นจากความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ได้แก่ ผลกระทบจากการย่อยสลาย กรดแลคติก และไม่มีอันตรายจากการเผาผลาญ ซึ่งเส้นใยอาจถูกประดิษฐ์

ขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ และอาจใช้สำหรับการปลูกถ่ายและงานศัลยกรรมอื่น ๆ เช่น เย็บแผล วิศวกรรมเนื้อเยื่อเป็นโดเมนล่าสุดที่มีการใช้ PLA และพบว่าเป็นหนึ่งในวัสดุเมทริกซ์ที่ดีที่สุด [33]

การใช้ PLA ในการใช้งานเหล่านี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพเพียงอย่างเดียวหรือเนื่องจากทำมาจากทรัพยากรหมุนเวียน มีการใช้ PLA เนื่องจากทำงานได้ดีและมีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมในราคาที่ต่ำ เป็นการยากที่จะได้วัสดุที่มีคุณสมบัติทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับการใช้งาน แต่ความหลากหลายของการใช้ PLA นั้นทำให้พอลิเมอร์เดี่ยวอาจพิสูจน์ได้ว่ามีประโยชน์ในการใช้งานจำนวนมากโดยการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพและเคมีอย่างง่าย ๆ ซึ่งเป็นผลมาจาก Chirality ของกรดแลคติก โมเลกุลที่มีศูนย์สมมาตรสองจุดที่มีอยู่ในรูปแบบที่แตกต่างกันสี่รูปแบบ [37]

2.3 เส้นใย (Fiber)

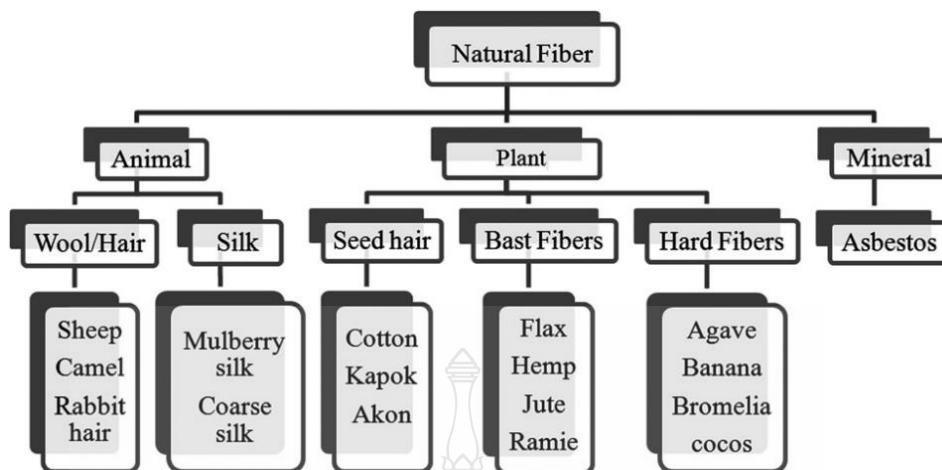
2.3.1 ความหมายของเส้นใย [38]

เส้นใย (Fiber) หมายถึง วัสดุหรือสารใด ๆ ทั้งที่เกิดจากธรรมชาติ และมนุษย์สร้างขึ้น ที่มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 100 สามารถขึ้นรูปเป็นผ้าได้ และจัดเป็นองค์ประกอบที่เล็กที่สุดในโครงสร้างสิ่งทอไม่สามารถแยกย่อยในเชิงกลได้อีก

2.3.2 ประเภทของเส้นใย

2.3.2.1 เส้นใยจากธรรมชาติ [39]

เส้นใยธรรมชาติเป็นเส้นใยแบบต่อเนื่องหรือเป็นเส้นยาวแบบแยกส่วน คล้ายกับเส้นไหมและสามารถปั่นเป็นเส้นใย ด้าย หรือเชือกได้ สามารถใช้เป็นส่วนประกอบของวัสดุผสมได้ และสามารถเคลือบเป็นแผ่นเพื่อทำผลิตภัณฑ์ เช่น กระดาษหรือสีกหลาด เส้นใยที่มาจากธรรมชาติส่วนใหญ่แบ่งออกเป็นสามแหล่งหลัก ได้แก่ สัตว์ ผัก และแร่ธาตุ และจัดเป็นเส้นใยธรรมชาติดังแสดงในรูปที่ 2.4 เส้นใยธรรมชาติบางชนิด เช่น เส้นใยพืช ได้มาจากส่วนต่าง ๆ ของพืชผัก และได้มาจากธรรมชาติในรูปแบบสำเร็จรูป ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยโปรตีน เช่น ขนแกะและไหม เส้นใยเซลลูโลส เช่น ผ้าฝ้าย ลินิน และใยหินแร่



รูปที่ 2.4 ที่มาของเส้นใยธรรมชาติ [39]

2.3.2.2 เส้นใยสังเคราะห์ [40]

เส้นใยสังเคราะห์เป็นเส้นใยที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนประมาณครึ่งหนึ่งของการใช้เส้นใยทั้งหมด ประกอบด้วยโมเลกุลขนาดเล็กที่เกิดจากพอลิเมอร์สังเคราะห์ สารประกอบที่สร้างเส้นใยเหล่านี้ได้มาจากวัตถุดิบ เช่น สารเคมีจากปิโตรเลียมหรือปิโตรเคมี กระบวนการพอลิเมอไรเซชันจะเปลี่ยนวัตถุดิบเหล่านี้เป็นพันธะเคมีที่เชื่อมอะตอมของคาร์บอนสองอะตอมที่อยู่ติดกัน เส้นใยสังเคราะห์ที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากสารประกอบทางเคมีหลายชนิด

เส้นใยสังเคราะห์พบการใช้งานในเทคโนโลยีเส้นใยและสิ่งทอ เส้นใยสังเคราะห์ที่สำคัญ ได้แก่ ไนลอน (Nylon) พอลิเอสเตอร์ (Polyester) อะคริลิก (Acrylic) และพอลิโอเลฟิน (Polyolefin) ซึ่งคิดเป็นประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาณการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ ความรับผิดชอบ 60 เปอร์เซ็นต์ถูกส่งไปยังพอลิเอสเตอร์เพียงอย่างเดียว เส้นใยเหล่านี้ส่วนใหญ่ได้รับการยอมรับว่าเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่มีคุณค่า

2.3.2.3 เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ [40]

เส้นใยกึ่งสังเคราะห์มาจากเส้นใยที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เส้นใยที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจะต้องผ่านกระบวนการทางเคมี ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเก็บเกี่ยว การแยกย่อย และจากนั้นสร้างเส้นใยธรรมชาติขึ้นใหม่โดยใช้เซลลูโลส เซลลูโลสเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่พบมากในพืช ตอนแรกสกัดจากพืช ละลายน้ำ แล้วปั่นเป็นเส้นใยเพื่อทำผ้า

2.4 เส้นใยกัญชง (Hemp Fiber)

กัญชง (Hemp) หรือที่เรียกว่า อุตสาหกรรมกัญชง ซึ่งเป็นพืชในตระกูล Cannabaceae ที่ปลูกเพื่อใช้เส้นใยที่ได้จากลำต้นหรือเมล็ดพืชที่กินได้ ความสับสนเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่าง กัญชง (Hemp), กัญชา (Cannabis) และ กัญชา (Marijuana) ทั้งสามมีที่มาจากสายพันธุ์เดียวกันคือ Cannabis Sativa ส่วนสายพันธุ์ Cannabis Indica นั้นเป็นสายพันธุ์ที่ถูกปลูกที่อินเดีย ทุกวันนี้เกือบทุกสายพันธุ์ของกัญชาที่ใช้ทางการแพทย์เป็นสายพันธุ์ผสมของ Indica และ Sativa ซึ่งทั้งสามเป็นพืชที่อยู่ในตระกูลเดียวกัน ผสมข้ามสายพันธุ์ไปมาได้สายพันธุ์ใหม่ ๆ อีกมากมาย โดย Hemp และ Marijuana เป็นสายพันธุ์ที่เป็นที่นิยมและรู้จักมากที่สุดในพืชตระกูล Cannabis แม้ว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสามจะมี Tetrahydrocannabinol (THC) ซึ่งเป็นสารประกอบที่สร้างผลทางจิตประสาทในมนุษย์ แต่กัญชงมี THC เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกัญชา [41]

2.4.1 ลักษณะของกัญชง

ต้นกัญชงเป็นพืชล้มลุกอายุยืน มีกลิ่นหอม ลำต้นเรียวยาวมีลักษณะกลวง ยกเว้นที่ส่วนปลายและโคน ใบประกอบแบบนิ้วมือ (Palmately compound leaf) และดอกมีขนาดเล็กสีเหลืองแกมเขียว ดังรูปที่ 2.5 ดอกไม้ที่ให้เมล็ดจะสร้างกระจุกที่มีลักษณะแหลมยาวขึ้นบนเกสรเพศเมียหรือพืชเพศเมีย ดอกไม้ที่ผลิตละอองเรณูเป็นกระจุกหลายแขนงตามเรณูหรือพืชเพศผู้



รูปที่ 2.5 ลักษณะของกัญชง [41]

2.4.2 สมบัติของกัญชง [42]

เส้นใยกัญชงมีความยาวกว่า แข็งแรงกว่า ดูดซับได้ดีกว่า ทนต่อโรคราน้ำค้าง และเป็นฉนวนได้ดีกว่าเส้นใยฝ้าย เส้นใยกัญชงมีสามสิบชนิด เป็นไม้ยืนต้นสูงที่มีเส้นใยไม้ธรรมชาติ พันธุ์ทั้งหมดเหล่านี้มีลักษณะและคุณสมบัติทั่วไปคล้ายคลึงกัน แต่เส้นใยที่มีความต้านทานแรงดึงสูง ความไวจิตรและความมันวาวสูงเท่านั้นที่มีมูลค่าทางการค้า ซึ่งคล้ายกับผ้าลินินอย่างใกล้ชิดและเส้นใยจะถูกเข้าใจผิดว่าเป็นผ้าลินิน กัญชงมีความหยวบ แข็ง และไม่สามารถพอกให้ขาวได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อเส้นใย เนื่องจากกัญชงไม่สามารถตัดงอและยืดหยุ่นได้ จึงไม่สามารถทอเป็นผ้าเนื้อดีได้ กัญชงมีความทนทานและใช้ในการผลิตเสื่อและพรม อีกทั้ง กัญชงมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการปิดกั้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เป็นอันตรายของดวงอาทิตย์ ธรรมชาติของเส้นใยกัญชงช่วยให้ดูดซับสีย้อมรีแอกทีฟ สีแฉด และสีย้อมกำมะถัน ประกอบกับความสามารถของกัญชงในการกรองรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดีขึ้น หมายความว่าวัสดุกัญชงมีแนวโน้มที่จะซีดจางน้อยกว่าผ้าฝ้าย

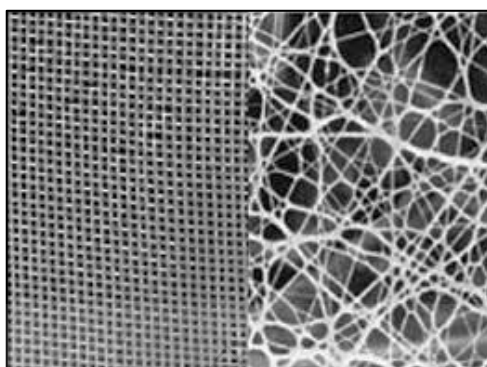
2.4.3 การใช้งานของกัญชง [42]

เส้นใยและเส้นด้ายกัญชงหยวบทอเป็นผ้าลูกฟูก เชือก กระสอบ และผ้าใบกันน้ำ สำหรับงานหนัก ในอิตาลี เส้นใยกัญชงชั้นดีใช้สำหรับการออกแบบภายในและเครื่องแต่งกาย กัญชงใช้ในพรม หมวก ผ้าคลุมไหล่ พรม โปสเตอร์ และผ้าขนหนู

เส้นด้ายย้อมกัญชงจากฮังการีเหมาะสำหรับการทอพรม พรมเช็ดเท้า โครเชต์และงานหัตถกรรมอื่น ๆ พบว่ามีการใช้ผ้า 3 ชั้น 6 ชั้น และ 12 ชั้น ในการทอผ้า ถักนิตติ้ง หรือโครเชต์ กัญชงมีความแข็งแรงกว่าผ้าลินินและเส้นใยปอกระเจา ดังนั้น จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการทำเกสียว เชือก สายเคเบิล พรม ผ้าใบ สายระโยงระยาง ผ้าคลุมเรือ ฯลฯ กัญชงอเมริกากลางส่วนใหญ่ใช้สำหรับสายระโยงระยาง มะนิลา เป็นต้น

2.5 ผ้าไม่ถักไม่ทอ (Nonwoven)

ผ้าไม่ถักไม่ทอ (Nonwoven) เป็นวัสดุคล้ายผ้าที่ทำมาจากเส้นใยสั้น และเส้นใยยาว (ยาวต่อเนื่อง) ประสานเข้าด้วยกันโดยผ่านกรรมวิธีทางเคมี ทางกล ความร้อน หรือตัวทำละลาย ผ้าไม่ถักไม่ทอเป็นคำที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอเพื่อแสดงถึงผ้า เช่น ผ้าสักหลาด ซึ่งไม่ได้ทอ (Woven) หรือถัก (Knitted) [43] โดยโครงสร้างในผ้าทอ (ซ้าย) และผ้าไม่ถักไม่ทอ (ขวา) แสดงดังรูปที่ 2.6



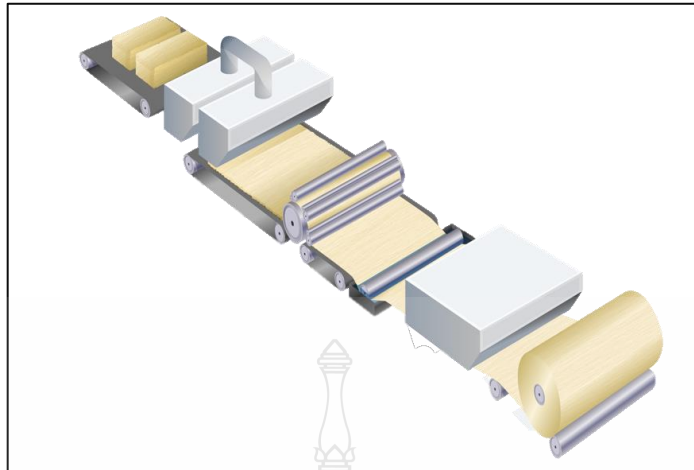
รูปที่ 2.6 โครงสร้างในผ้าทอ (ซ้าย) และผ้าไม่ถักไม่ทอ (ขวา) [43]

ข้อดีของผ้าไม่ถักไม่ทอ คือ ความเร็วในการผลิตผ้าขั้นสุดท้าย ขั้นตอนการเตรียมเส้นด้ายทั้งหมดถูกขจัดออกไป และการผลิตผ้าเองสามารถทำได้เร็วกว่าวิธีการทั่วไป ไม่เพียงแต่อัตราการผลิตจะสูงขึ้น แต่กระบวนการนี้เป็นแบบอัตโนมัติมากขึ้น ซึ่งใช้แรงงานน้อยกว่าระบบการถักหรือการทอที่ทันสมัยส่วนใหญ่ [43]

2.5.1 ขั้นตอนการผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอ

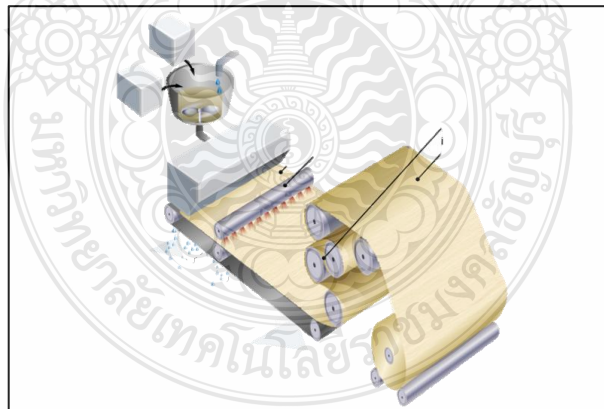
2.5.1.1 การขึ้นรูปแผ่น (Web formation) ถูกสร้างขึ้นโดยมีส่วนประกอบสองมิติหรือสามมิติ การวางแผน มิติ และการจัดโครงสร้างของเส้นใยในวัสดุที่รองรับมีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย การขึ้นรูปเป็นแผ่นแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ Dry laid, Wet laid และ Spun bonded เทคนิค Dry laid นั้นเกี่ยวข้องกับกระบวนการปั่นแบบทั่วไป ในขณะที่ Wet laid นั้นเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการทำกระดาษและ Spun bonded เกี่ยวข้องโดยตรงกับการอัดขึ้นรูปพอลิเมอร์ผ่านสปินเนอร์ [43]

- Dry laid คือ ใช้เทคโนโลยีเดียวกับอุตสาหกรรมสิ่งทอ ในกระบวนการนี้เส้นใย (ซึ่งความยาวสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 10 ถึง 500 μm) จะถูกวางบนสายพานลำเลียงเพื่อสร้างชั้นของเส้นใย ดังรูปที่ 2.7 จากนั้นนำไปทำเป็นเส้นใยโดยการสานเส้นใยให้เรียงตัวเป็นระเบียบที่เรียกว่า Carding Process และการใช้ระบบลม (Air laid) เป็นการผลิตแผ่นเส้นใยโดยใช้กระแสลมเป็นตัวพาเส้นใยลงสู่สายพานลำเลียง เส้นใยที่สร้างในลักษณะนี้มักจะมีลักษณะเป็นก้อน (การทับซ้อนของแผ่นละเอียด) รวมกันโดยการปักด้วยเข็มปัก (Needle punching) การปักด้วยเข็มน้ำ (Hydro entanglement) หรือแม้แต่กระบวนการทางความร้อน (Thermal process) [44]



รูปที่ 2.7 กระบวนการผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอแบบ Dry-laid [45]

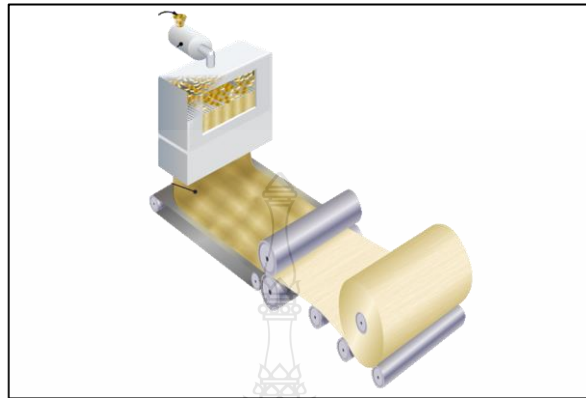
- Wet process คือ หลักการจะคล้ายกับการผลิตกระดาษ ความแตกต่างอยู่ที่ปริมาณเส้นใยสังเคราะห์ที่มีอยู่ในผ้าไม่ถักไม่ทอแบบเปียก สารละลายเจือจางของน้ำและเส้นใยถูกวางบนสายพานลำเลียงที่เคลื่อนที่ ซึ่งน้ำจะถูกระบายออกและเส้นใยก่อตัวเป็นแผ่น แผ่นที่ได้จะถูกแยกน้ำออกเพิ่มเติมโดยการกดระหว่างลูกกลิ้งและทำให้แห้ง การเคลือบด้วยสารยึดเกาะมักจะรวมอยู่ในขั้นตอนหลังของกระบวนการ [45] ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 กระบวนการผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอแบบ Wet-laid [45]

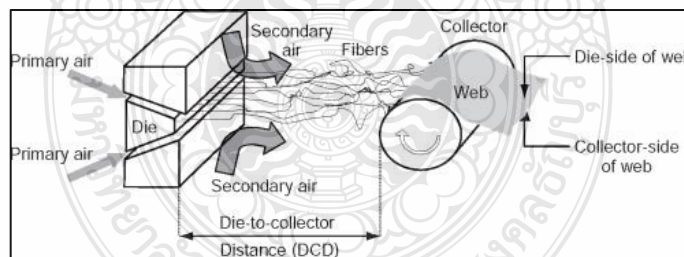
- Spun bonded คือ เม็ดพอลิเมอร์ถูกอัดหลอมเป็นเส้นใยผ่านหัวฉีด เส้นใยยาวต่อเนื่องถูกยึดก่อนที่จะโรยตัวลงบนสายพานลำเลียงเป็นแผ่นผ้าที่สม่ำเสมอ โดยเส้นใยยึด

ติดกันได้ด้วยความร้อน ดังรูปที่ 2.9 กระบวนการนี้ส่งผลให้ได้ผ้าไม่ถักไม่ทอที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการสาว (Carding) เนื่องจากการอ่อนตัวของเส้นใย [45]



รูปที่ 2.9 กระบวนการผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอแบบ Spun bonded [45]

ยังมีอีกวิธีหนึ่งที่คล้ายกับวิธี Spun bonded คือ วิธี Meltblown เริ่มต้นด้วยการอัดรีดพอลิเมอร์ที่มีความหนืดต่ำ เส้นใยเกิดขาดเป็นเส้นใยสั้น ๆ โดยกระแสลมร้อนที่มีความเร็วสูงตกลงบนสายพานลำเลียงเกิดเป็นแผ่นผ้าบาง ๆ ต่อเนื่องกัน ซึ่งมีความต้านทานแรงดึงต่ำและมีความแข็งแรงน้อยกว่าชนิดอื่น [45] ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 กระบวนการผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอแบบ Melt-blown [46]

2.5.1.2 การยึดติดเส้นใยในแผ่น (Bonding process) เป็นขั้นตอนหลังจากการทำให้เป็นแผ่น คือ การยึดตรึงเส้นใยในแผ่นไว้ด้วยกันเพื่อเพิ่มความแข็งแรง (ขึ้นอยู่กับกลไกการยึดติดต่าง ๆ) การเลือกวิธีการตรึงแผ่นผ้านั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการทำงานที่จำเป็นเป็นอย่างยิ่ง เช่นเดียวกับประเภทของเส้นใยที่ใช้ โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

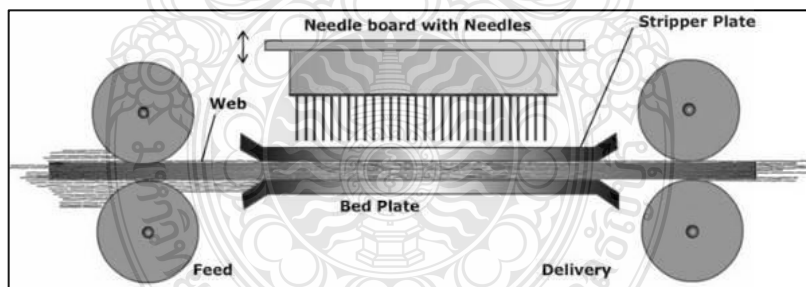
- วิธีการเชื่อมยึดติดด้วยความร้อน (Thermal bonding) วิธีนี้ใช้คุณสมบัติเทอร์โมพลาสติกของเส้นใยสังเคราะห์บางชนิดเพื่อสร้างพันธะภายใต้การควบคุมความร้อน ในบางกรณีเส้นใยแก้วนำแสงเองก็สามารถใช้ได้ แต่บ่อยครั้งที่เส้นใยละลายต่ำหรือเส้นใยสององค์ประกอบถูกนำมาใช้ในขั้นตอนการทำให้เป็นแผ่นเพื่อทำหน้าที่ผูกมัดในภายหลังในกระบวนการ [45]

- วิธีการเชื่อมยึดติดทางเคมี (Chemical bonding) คือ การใช้สารยึดติดที่เป็นของเหลวกับแผ่นผ้า สารยึดเกาะที่ใช้น้ำเป็นส่วนประกอบใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด แต่อาจพบกาวผง โฟม และในบางกรณีอาจพบสารละลายตัวทำละลายอินทรีย์

- วิธีการเชื่อมยึดติดด้วยกระบวนการทางกล (Mechanical bonding) เป็นการเสริมความแข็งแรงของแผ่นผ้าที่เกิดขึ้นจากการเสียดสีระหว่างเส้นใยอันเป็นผลมาจากการพันกันทางกายภาพของเส้นใย วิธีการเชื่อมยึดติดด้วยกระบวนการทางกลมีสองประเภทหลัก ได้แก่

การเจาะด้วยเข็ม (Needle punching) ซึ่งเป็นเข็มที่ออกแบบมาเป็นพิเศษจะถูกผลักและดึงผ่านแผ่นผ้าเพื่อพันเส้นใย การเจาะด้วยเข็มสามารถใช้ได้กับเส้นใยทุกประเภท แต่เนื่องจากลักษณะของกระบวนการจึงไม่สามารถใช้เส้นใยที่ละเอียดมาก ดังรูปที่ 2.11

Spunlace (หรือที่เรียกว่า Hydroentanglement) โดยทั่วไปแล้วจะใช้ Hydroentanglement กับแผ่นผ้าแบบเปียกหรือแบบแห้งที่ทำโดยการสางและใช้หัวฉีดน้ำแรงดันสูงที่ละเอียดเพื่อทำให้เส้นใยประสานกัน ซึ่งแรงดันน้ำที่ฉีดผลโดยตรงต่อความแข็งแรงของแผ่นผ้า [45]

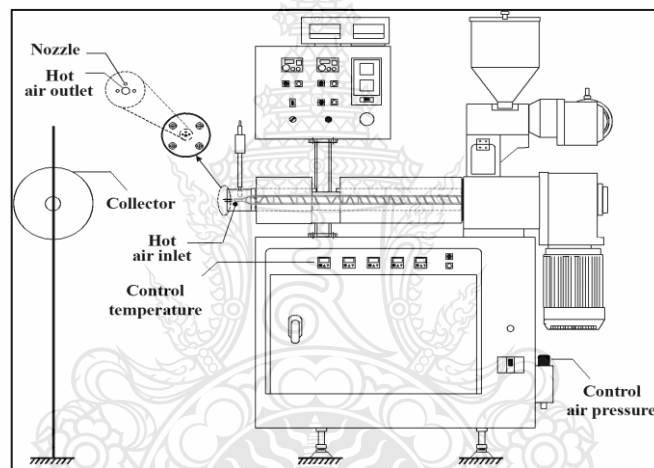


รูปที่ 2.11 กระบวนการผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอนแบบ Needle punched [47]

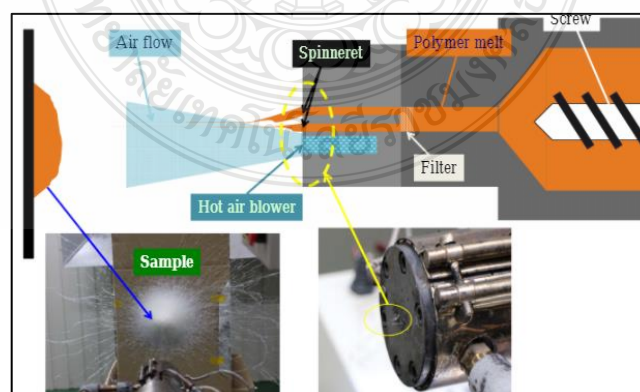
2.5.1.3 การตกแต่ง (Finishing process) เป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยสามารถปรับแต่งหรือปรับให้เข้ากับคุณสมบัติเฉพาะได้ ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งแบบกลไก (การยืด การเจาะรู การทำให้เย็น ฯลฯ) หรือการใช้สารเคมี เพื่อเพิ่มลักษณะและคุณสมบัติพิเศษให้กับผ้า [45]

2.6 กระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น (Melt jet spinning) [48]

วิธีการผลิตเส้นใยนาโน คือ กระบวนการที่เรียกว่ากระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น (Melt jet spinning) โดยเครื่อง SR-Runder bambi (Cotton candy) ดังรูปที่ 2.12 มีลักษณะสัณฐานวิทยาคล้ายกับสำลี กระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น ได้รับการพัฒนาสำหรับการผลิตเส้นใยพอลิเมอร์ในขนาดไมโครเมตรและนาโนเมตร โดยพอลิเมอร์ถูกหลอมละลายผ่านการให้ความร้อนในกระบอกอัดรีดและการหมุนของสกรู จากนั้นพอลิเมอร์หลอมผ่านหัวฉีดขนาดเล็กแล้วสร้างเส้นใยโดยลมร้อนที่ถูกลูกเป่าออกจากหัวฉีดด้วยแรงดันอากาศที่มีความเร็วสูง ซึ่งส่งผลต่อการขึ้นรูปเส้นใยและเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยอย่างมาก โดยไม่ต้องใช้แรงดันไฟฟ้าสูงหรือต้นทุนตัวทำละลายสูง ได้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณสูงมากกว่า 50 กรัมต่อ 10 นาที อีกทั้ง สกรูผลิตจากวัสดุและมีลักษณะพิเศษทำให้การผสมดีกว่าสกรูปกติ



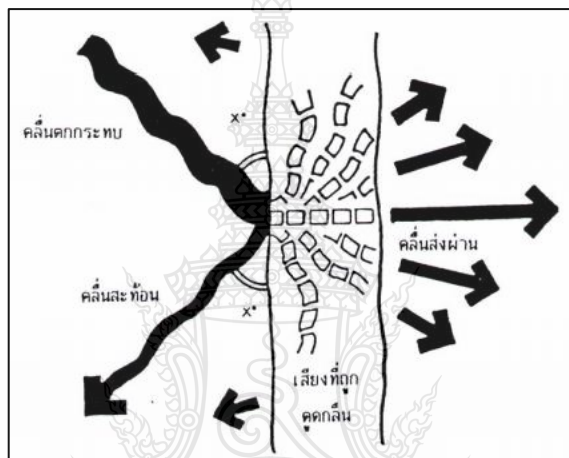
รูปที่ 2.12 เครื่อง SR-Runder bambi [48]



รูปที่ 2.13 กระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น [48]

2.7 วัสดุดูดซับเสียง

การดูดซับเสียง (Sound Absorption) หมายถึง การวัดปริมาณพลังงานที่ถูกขับออกจากคลื่นเสียงเมื่อคลื่นผ่านความหนาของวัสดุที่กำหนด รูปที่ 2.14 แสดงปรากฏการณ์สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุ เมื่อคลื่นเสียงสัมผัสกับพื้นผิวของวัสดุ ส่วนหนึ่งของคลื่นจะสะท้อนกลับ ส่วนหนึ่งจะทะลุผ่านและส่วนที่เหลือถูกดูดซับโดยวัสดุเอง ในการดูดซับเสียงของวัสดุจะเกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนคลื่นเสียงให้เป็นความร้อน การดูดซับเสียงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับฉนวนกันเสียง วัสดุที่มีความต้านทานลักษณะเฉพาะคล้ายกับอากาศถือเป็นวัสดุกันเสียงที่ดีที่สุด [49]



รูปที่ 2.14 ปรากฏการณ์สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุ [50]

เนื่องจากวัสดุอะคูสติก/แผ่นดูดซับเสียงแต่ละชนิดนั้น อาจผลิตจากวัสดุที่แตกต่างกัน และวัสดุแต่ละชนิดก็มีความสามารถในการดูดซับเสียงที่ต่างกัน ดังนั้น การที่จะทราบได้ว่า วัสดุชนิดใดมีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงเพื่อแก้ไขปัญหาเสียงก้องเสียงสะท้อนได้มากที่สุดนั้น มีสิ่งต่างๆ ที่ควรรู้ไว้เพื่อประกอบการพิจารณา ดังต่อไปนี้

- การดูดซับเสียง หมายถึง การที่เมื่อเสียงเดินทางมากระทบกับวัสดุใดวัสดุหนึ่ง แล้วจะมีบางส่วนที่ถูกดูดซับไว้ในวัสดุ และส่วนที่เหลือจะถูกสะท้อนออกไป ซึ่งเสียงที่สะท้อนออกไปจะมีพลังงานหรือดังน้อยกว่าแหล่งกำเนิดเสียงเสมอ ดังนั้น วัสดุดูดซับเสียงที่ดี จึงเป็นวัสดุที่ดูดซับเสียงจากแหล่งกำเนิดเอาไว้กับตัวเองได้มาก และเหลือพลังงานเสียงที่สะท้อนออกไปน้อยที่สุด

- SAC หรือ Sound Absorption Coefficient หมายถึง สัดส่วนของพลังงานเสียงที่ถูกดูดซับไปเมื่อกระทบกับวัสดุดูดซับเสียง เทียบกับพลังงานเสียงจากแหล่งกำเนิด ยกตัวอย่างเช่น หากวัสดุ

ชนิดหนึ่งมีค่า SAC เท่ากับ 0.80 ก็หมายความว่า วัสดุชนิดนั้นจะดูดซับพลังงานเสียงไว้ 80% เมื่อมีเสียงมากระทบ และจะมี 20% ที่เหลือถูกสะท้อนออกไป

- ค่า SAC จะแปรผันไปตามความถี่ของเสียงด้วย จึงทำให้ถูกวัดที่หลายความถี่ ได้แก่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 Hz ดังนั้น ในการเลือกวัสดุดูดซับเสียง ถ้าหากพิจารณาที่ค่า SAC จะต้องพิจารณาจากหลายค่าความถี่ โดยดูที่ค่าความถี่เดียวไม่ได้ เพราะในชีวิตจริง เสียงที่จะมากระทบในห้องนั้น ย่อมมีมากกว่าค่าความถี่เดียว ทั้งนี้ ในการพิจารณาค่า SAC หรือค่าการดูดซับเสียงนั้น ยังมีค่ามากยิ่งขึ้น

- ค่า NRC หรือ Noise Reduction Coefficient หมายถึง ค่าที่บ่งบอกถึงในการดูดซับเสียงของวัสดุ โดย NRC จะเป็นค่าเฉลี่ยของ SAC ซึ่งถูกวัดที่ความถี่เสียงในระดับต่าง ๆ ได้แก่ 250, 500, 1,000, 2,000 Hz และพิเศษให้อยู่ที่ 0.05

- วัสดุที่จะถือได้ว่าเป็นวัสดุดูดซับเสียง ควรจะมีค่า NRC อยู่ที่ 0.40 ขึ้นไป ทั้งนี้ หูของคนเราไม่สามารถแยกความแตกต่างของค่า NRC ที่ต่างกันเพียง 0.05 ได้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเราเลือกใช้วัสดุที่มีค่า NRC 0.70 กับ 0.75 หูของเราจะแยกไม่ออกว่า วัสดุทั้ง 2 นั้นดูดซับเสียงได้ดีต่างกัน โดยตารางที่ 2.2 มีการจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียงจากค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนของเสียง (NRC)

- ในการเลือกวัสดุเพื่อแก้ไขปัญหาเสียงก้อง เสียงสะท้อนนั้น เราสามารถพิจารณาได้ทั้งจากค่า SAC และ NRC แต่ที่ง่ายที่สุด คือ การดูที่ค่า NRC ของวัสดุต่าง ๆ โดยควรเลือกที่ตั้งแต่วัดระดับ 0.40 ขึ้นไป ทั้งนี้ สำหรับสถาปนิกส่วนใหญ่ จะเลือกพิจารณาวัสดุจากค่า NRC เช่นกัน แต่ถ้าหากเป็น Acoustician หรือผู้เชี่ยวชาญด้านศาสตร์เรื่องเสียง จะเลือกพิจารณาวัสดุที่ค่า SAC [51]

ตารางที่ 2.2 การจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียงจากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) [52]

ประสิทธิภาพการดูดกลืนเสียง	NRC	วัสดุชนิดต่าง ๆ
มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงสูง	1.0	วัสดุที่ได้รับการออกแบบพิเศษให้มี ความสามารถในการดูดซับเสียงสูง
	0.9	
	0.8	
	0.7	
	0.6	
	0.5	ฝ้า เพดานที่มีความพรุนสูง นวมหุ้มเก้าอี้ในห้องประชุม ม่านหนา กระจก เบาะหุ้มเก้าอี้
มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงปานกลาง	0.4	พื้นดินที่เรียบ
	0.3	ผู้ฟังที่นั่งเก้าอี้ไม้หรือโลหะ พรมหนาบนพื้นคอนกรีต
สะท้อนเสียง	0.2	เก้าอี้ไม้หรือเหล็กที่ไม่มีคนนั่ง พรมที่มีน้ำหนักเบา
	0.1	ต้นไม้ ม่านบาง
	0	หน้าต่างกระจก ขอบหน้าต่างไม้ ปูนปลาสเตอร์ แผ่นยิปซัมบอร์ด คอนกรีตฉาบเรียบ อิฐเคลือบสี หินอ่อน กระเบื้องแก้ว ผนังน้ำ

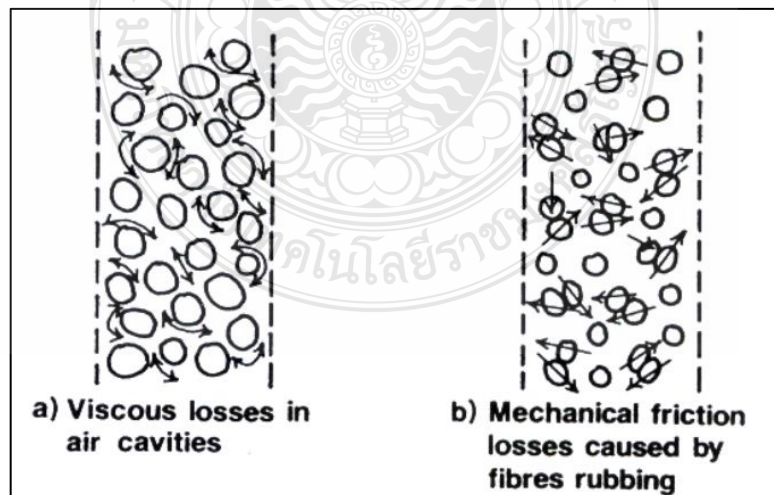
2.7.1 ประเภทของวัสดุดูดซับเสียง

1. วัสดุดูดซับเสียงประเภทเมมเบรน (Membrane Absorber) หรือที่เรียกว่า แผงหรือตัวดูดซับแบบไดอะแฟรม ใช้คุณสมบัติเสียงสะท้อนของเมมเบรนเพื่อดูดซับเสียงในช่วงความถี่แคบ ประกอบด้วยเส้นใยไม้อัดและแผ่นไม้อัดอ่อน รวมทั้งวัสดุแข็งหรือกึ่งแข็ง เช่น พลาสติก เมื่อติดตั้งบนผนังทึบและคั่นด้วยช่องว่างอากาศแคบ แผงจะสั่นสะเทือนและผลิตคลื่นเสียง ในกรณีนี้ เส้นใยจะงอทำ

ให้เสียการเสียดสีไปบ้าง กระบวนการทั้งหมดนี้ส่งผลให้มีการดูดซับพลังงานเสียง ระบบเรโซแนนซ์มีทั้งความยืดหยุ่นของอากาศและมวลของเส้นใย ดังนั้น การดูดซับจึงเกิดขึ้นที่ความถี่เรโซแนนซ์พอดี [53]

2. วัสดุดูดซับเสียงประเภทเป็นโพรง/ ช่อง (Resonator or Cavity Absorber) เป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นช่อง/โพรงที่ขนาดแตกต่างกันในผนัง หรือโครงสร้างของวัตถุ โดยวัสดุประเภทนี้จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 1,000 Hz โดยจะสามารถดูดซับเสียงได้สูงสุดในช่วงความถี่ 100-300 Hz และประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น [54] แต่หากมีการผสมวัสดุดูดซับเสียงชนิดอื่น เช่น ใยแก้ว หรือใยหิน ลงไปในช่องว่างภายใน Soundbox ก็จะทำให้มีความสามารถในการดูดซับเสียงในช่วงความถี่ที่กว้างขึ้น [55]

3. วัสดุดูดซับเสียงประเภทเส้นใย (Fiber) หรือวัสดุที่มีรูพรุน (Porous or Dissipative Absorber) โดยทั่วไป ได้แก่ พรม กระเบื้องอะคูสติค โฟมอะคูสติค (เซลล์เปิด) ฝ้าม่าน หมอนอิง ผ้าฝ้าย และขนแร่ เช่น เส้นใยแก้ว เป็นต้น ซึ่งเป็นวัสดุที่มีการแพร่กระจายของเสียงเกิดขึ้นภายในรูพรุนที่เชื่อมต่อถึงกันในลักษณะที่ผลจากความหนืดและความร้อนทำให้เกิดการสลายตัวของพลังงานเสียง ตัวดูดซับที่มีรูพรุนใช้กันอย่างแพร่หลายในการรักษาปัญหาทางด้านเสียง ในผนังโพรงและสภาพแวดล้อมที่มีเสียงดัง เพื่อลดเสียงรบกวน และในห้องเพื่อลดเสียงก้อง [56] โดยกลไกการเปลี่ยนแปลงพลังงานของวัสดุพรุน คือ เมื่อเสียงตกกระทบบนวัสดุเหล่านี้ โมเลกุลของอากาศจะเกิดการสั่นตัวภายในช่องว่างของวัสดุพรุน โดยมีความถี่ของการสั่นเท่ากับความถี่ของเสียงที่ตกกระทบ การสั่นตัวของโมเลกุลของอากาศนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากการเสียดทาน และความหนืด (Frictional and Viscous Loss) โดยมีลักษณะการสูญเสียพลังงานดังแสดงในภาพที่ 2.15 [57]



รูปที่ 2.15 แสดงกลไกการสลายตัวของพลังงานเสียงเนื่องจากความหนืดและแรงเสียดทาน [57]

2.8 เครื่องมือและเทคนิคในการวิเคราะห์

2.8.1 เครื่องทดสอบค่าดัชนีการไหล (Melt Flow Index, MFI) [58]

การทดสอบอัตราการไหลของเม็ดพลาสติกเป็นการทดสอบคุณสมบัติการไหลตัวของพลาสติกเหลวจำพวก Thermoplastics ตามมาตรฐาน DIN 53735 (MFI, Melt Flow Index) ASTM D1238 และ ISO 1133 (MFR, Melt Flow Rate) การทดสอบนี้จะคล้ายกับการ Extrusion คือ เป็นการหลอมเหลวพลาสติกในกระบอกทดสอบ (Cylinder) ด้วยอุณหภูมิที่กำหนด แล้วใช้น้ำหนักกดตามค่าที่กำหนดเช่นกันกดลงบนแท่งกด (Piston) โดยให้แท่งกดกระทำกับพลาสติกเหลวที่อยู่ในกระบอกทดสอบพลาสติกเหลวก็จะไหลผ่านหัวดายน์ออกมา หลังจากนั้นก็นำพลาสติกที่ไหลออกมาไปชั่งน้ำหนักเทียบกับเวลา 10 นาที เราจะได้ค่าของ MFI ของพลาสติก ซึ่งมีหน่วยเป็น กรัม/10 นาที Melt flow index เป็นคุณสมบัติที่จำเป็นต่อการผลิต ปัจจุบันมีการใช้วัสดุสังเคราะห์ประเภทพลาสติกเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดมีโรงงานผลิต (Produce) แปรรูป (Process) และนำกลับมาใช้ (Recycle) ของผลิตภัณฑ์พลาสติกมากขึ้นเช่นกัน ปริมาณสูญเสียของพลาสติกในการผลิตในแต่ละวันก็มีมากเช่นกัน มูลค่าของการสูญเสีย หรือมากจนเป็นความเสียหายตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงเครื่องจักรในโรงงาน เหตุผลหนึ่งก็มาจากการไม่ทราบคุณสมบัติที่ถูกต้อง หรือความเหมาะสมของคุณสมบัติของพลาสติกที่นำมาผลิตจึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ ถ้าใน 1 วันเราต้องใช้พลาสติกเป็นวัตถุดิบในการผลิตฟิล์มพลาสติกแผ่น ขวด ถ้วย และอื่น ๆ แต่วัตถุดิบซึ่งก็คือ เม็ดพลาสติกมีคุณสมบัติไม่ตรงตามที่เครื่องจักรใช้ผลิตได้ การสูญเสียที่จะเกิดก็คือ เราต้องส่งคืน หรือทิ้งเม็ดพลาสติกเหล่านั้น และอาจตามมาด้วยความเสียหาย คือ ต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อรอเม็ดพลาสติกใหม่หรือถ้าเม็ดพลาสติกที่ใส่เข้าไปในเครื่องจักร หรือ Extruder ทำให้เครื่องจักรเสียหายใช้การไม่ได้ต้องหยุดเครื่องจักร เพื่อซ่อมแซม ขาดรายได้ ต้นทุนการผลิตเพิ่ม ขาดทุน แต่ด้วยเครื่องทดสอบหาดัชนีการหลอมไหล (Melt flow indexer) ความเสี่ยงที่กล่าวมาตั้งแต่ต้นก็จะน้อยลง หรือหมดไป MFI เป็นการทดสอบคุณสมบัติการไหลตัวของพลาสติกเหลวจำพวก Thermoplastics ตามมาตรฐาน DIN 53735 (MFI, Melt flow index) ASTM D1238 และ ISO 1133 (MFR, Melt flow rate) การทดสอบนี้จะคล้ายกับการ Extrusion คือ เป็นการหลอมเหลวพลาสติกในกระบอกทดสอบ (Cylinder) ด้วยอุณหภูมิที่กำหนด แล้วใช้น้ำหนักกดตามค่าที่กำหนดเช่นกันกดลงบนแท่ง กด (Piston) โดยให้แท่งกดกระทำกับพลาสติกเหลวที่อยู่ในกระบอกทดสอบ พลาสติกเหลวก็จะไหลผ่านหัวดายน์ออกมา หลังจากนั้นก็นำพลาสติกที่ไหลออกมาไปชั่งน้ำหนักเทียบกับเวลา 10 นาที เราจะได้ค่าของ MFI ของ พลาสติก ซึ่งมีหน่วยเป็น กรัม /10 นาที เครื่องทดสอบหาอัตราการไหลนอกจากใช้หาค่าอัตราการไหลของพลาสติกแล้วยังใช้เป็นกระบวนการทางอ้อมในการบอกค่าน้ำหนักของโมเลกุลของเม็ดพลาสติก (Molecular weight) ได้ ถ้าเม็ดพลาสติกที่ทดสอบหา Melt flow rate มีค่าสูงก็แสดง

ว่า เม็ดพลาสติก Molecular weight ต่ำ และขณะเดียวกัน Melt flow rate ยังบอกถึงความสามารถในการหลอมไหลของวัสดุภายใต้แรงดันด้วย

2.8.1 การทดสอบลักษณะพื้นฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical microscope , OM) [59]

Optical microscope คือ กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงรูปแบบหนึ่งที่ใช้แสงเป็นตัวช่วยในการทำให้มองเห็นภาพ โดยแสงจะวิ่งผ่านระบบเลนส์ต่าง ๆ และมีการส่องไปที่วัตถุก่อนที่แสงจะส่องผ่านเข้าสู่สายตาเรา ซึ่งแสงที่อยู่ภายในระบบที่สะท้อนกลับเข้าสู่สายตาเราจะทำให้เราเห็นภาพได้โดยการมองผ่านเลนส์ Eyepiece

2.8.1 หลักการทำงาน : เป็นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงรูปแบบหนึ่งที่ใช้แสงเป็นตัวช่วยในการทำให้มองเห็นภาพ โดยแสงจะวิ่งผ่านระบบเลนส์ต่าง ๆ และมีการส่องไปที่วัตถุก่อนที่แสงจะส่องผ่านเข้าสู่สายตาเรา ซึ่งแสงที่อยู่ภายในระบบที่สะท้อนกลับเข้าสู่สายตาเราจะทำให้เราเห็นภาพได้โดยการมองผ่านเลนส์ Eyepiece

2.8.2 การประยุกต์ใช้งาน : ใช้ดูลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานในรูปแบบสองมิติโดยสามารถกำหนดกำลังขยายตามความต้องการได้

2.8.3 ลักษณะตัวอย่างที่ทำการทดสอบ : ชิ้นงานมีขนาดเล็กพอที่จะวางลงบนแท่นวางวัตถุได้ โดยชิ้นงานจะผ่านการเจียรนัย (Grinding), การขัดเงา (Polishing) และการกัดกร่อน (Etching)

2.8.4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของกล้องจุลทรรศน์

1) ฐาน (Base) ทำหน้าที่ รับน้ำหนักทั้งหมดของกล้องจุลทรรศน์มีรูปร่างสี่เหลี่ยมหรือวงกลม ที่ฐานจะมีปุ่มสำหรับปิดเปิดไฟฟ้า

2) แขน (Arm) เป็นส่วนยึดลำกล้อง และฐานไว้ด้วยกันใช้เป็นที่จับเวลาเคลื่อนย้ายกล้องจุลทรรศน์

3) ลำกล้อง (Body tube) เป็นส่วนที่อยู่ต่อจากมือจับ มีลักษณะเป็นท่อกวางปลายด้านบนมีเลนส์ใกล้ตาสวมอยู่ด้านบน อีกด้านหนึ่งมีชุดของเลนส์ใกล้วัตถุ ซึ่งติดอยู่กับจานหมุนที่เรียกว่า Revolving nosepiece

4) แท่นวางวัตถุ (Specimen stage) เป็นแท่นสำหรับวางสไลด์ ตัวอย่างที่ต้องการศึกษา มีลักษณะเป็นแท่นสี่เหลี่ยมตรงกลางมีรูให้ลำแสงจากหลอดไฟส่องผ่านไปยังวัตถุที่ต้องการศึกษา แท่นวางวัตถุนี้สามารถเลื่อนขึ้นเลื่อนลงได้

5) ที่หนีบสไลด์ (Stage clip) อยู่บนแท่นวางวัตถุมี 1 คู่ ใช้สำหรับหนีบสไลด์ให้ติดกับแท่นวางวัตถุ

6) ปุ่มปรับภาพหยาบ (Coarse adjustment) เป็นปุ่มขนาดใหญ่ ใช้ในการปรับหาระยะภาพ

7) ปุ่มปรับภาพละเอียด (Fine adjustment) เป็นปุ่มขนาดเล็ก ทำหน้าที่ในการปรับภาพให้ชัดเจนมากขึ้น

8) เลนส์ใกล้วัตถุ (Objective lens) เป็นเลนส์ขยายภาพที่อยู่ใกล้วัตถุ มีกำลังขยายต่างกัน กล้องแต่ละอันจะมี 3 เลนส์ คือ

- เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำ (Lower power) กำลังขยาย 4X และ 10X
- เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายสูง (High power) 40X
- เลนส์ใกล้วัตถุแบบ Oil Immersion ขนาด 100X ภาพที่เกิดจากเลนส์ใกล้

วัตถุจะเป็นจริงหัวกลับ

9) เลนส์ใกล้ตา (Ocular lens หรือ Eyepiece lens) ทำหน้าที่ขยายภาพที่ได้จากเลนส์ใกล้วัตถุให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ภาพที่ได้จะเป็นภาพเสมือนหัวกลับ

10) จานหมุน (Revolving nosepiece) ใช้หมุน เมื่อต้องการเปลี่ยนกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ

11) เลนส์รวมแสง (Condenser) จะอยู่ด้านใต้ของแท่นวางวัตถุ ทำหน้าที่รวมแสงให้เข้มข้น เพื่อส่งไปยังวัตถุที่ต้องการศึกษา

12) กระจกเงา (Mirror) ทำหน้าที่สะท้อนแสงจากธรรมชาติ หรือจากหลอดไฟภายในห้องให้ส่องผ่านวัตถุ

13) ไอริส ไดอะแฟรม (Iris diaphragm) อยู่ใต้เลนส์รวมแสง ทำหน้าที่ปรับปริมาณแสงให้เข้าสู่เลนส์ในปริมาณที่ต้องการ

2.8.2 การทดสอบการไหลผ่านของอากาศ (Air Permeability) [60]

วิธีการทดสอบนี้ครอบคลุมการไหลผ่านของอากาศ – อัตราการไหลของอากาศในแนวตั้งฉากผ่านบริเวณที่ทราบภายใต้ความแตกต่างของความดันอากาศที่กำหนดระหว่างพื้นผิวทั้งสองของวัสดุ - ของผ้าสิ่งทอ และใช้ได้กับผ้าส่วนใหญ่รวมถึงผ้าทอ , ผ้าถลุงมนิรภัย, ผ้าท่อม, ผ้าจีบ, ผ้าถัก, ผ้าเป็นชั้น และผ้าไฟลล์ ผ้าอาจไม่ผ่านการปรับสภาพ มีขนาดใหญ่่มาก มีการเคลือบ เคลือบด้วยเรซินหรือผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีอื่น โดยทั่วไปจะแสดงเป็นหน่วย SI เป็น $\text{cm}^3 / \text{s}/\text{cm}^2$ และหน่วยนี้วปอนด์ เป็น $\text{ft}^3 / \text{min}/\text{ft}^2$

การไหลผ่านของอากาศเป็นปัจจัยสำคัญในประสิทธิภาพของวัสดุสิ่งทอ เช่น ตัวกรองก๊าซ ผ้าสำหรับถลุงมนิรภัย เสื้อผ้า ตาข่ายกันยุง ร่มชูชีพ ใบเรือ เต็นท์ และเครื่องดูดฝุ่น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เพื่อแสดงการระบายอากาศของผ้าที่ทนต่อสภาพอากาศและกันฝนได้อีกด้วย ปัจจัยด้านการ

ก่อสร้างและเทคนิคการตกแต่งสามารถส่งผลต่อการไหลผ่านของอากาศ โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในความยาวของเส้นทางการไหลของอากาศผ่านผ้า ผ้าที่มีพื้นผิวต่างกันทั้งสองด้านสามารถไหลผ่านของอากาศที่แตกต่างกันได้ขึ้นอยู่กับทิศทางของการไหลของอากาศ สำหรับผ้าทอ การบิดเส้นด้ายก็มีความสำคัญเช่นกัน เมื่อบิดเพิ่มขึ้น เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายและปัจจัยที่ครอบคลุมจะลดลง สิ่งนี้จะเพิ่มการไหลผ่านของอากาศ การบิดตัวของเส้นด้ายที่เพิ่มขึ้นอาจทำให้เส้นด้ายที่มีความหนาแน่นสูงมีลักษณะเป็นวงกลมมากขึ้นสามารถรวมเข้าด้วยกันในโครงสร้างที่ทออย่างแน่นหนาพร้อมการไหลผ่านของอากาศที่ลดลง

หลักการทำงานเริ่มจากวงกลมของผ้าถูกยึดเข้ากับเครื่องทดสอบ และด้วยการใช้เครื่องดูดฝุ่น แรงดันลมจึงเกิดขึ้น ต่างกันที่ด้านหนึ่งของผ้า กระแสลมจะเกิดขึ้นจากด้านข้างที่มีแรงดันลมสูงผ่านผ้าไปทางด้านที่มีแรงดันลมต่ำ จากอัตราการไหลของอากาศนี้จะกำหนดความสามารถในการไหลผ่านของอากาศของผ้า

2.8.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound absorption coefficient) [61]

ความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัสดุดูดกลืนเสียงบอกได้ด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient, α) เป็นค่าที่ขึ้นกับพลังงานเสียงที่ตกกระทบกับพลังงานเสียงที่ถูกดูดกลืนของวัสดุนั้น และค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) เป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ 250 , 500, 1000 และ 2000 Hz การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุชนิดต่าง ๆ จะใช้ค่า NRC ในการเปรียบเทียบ การหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงเพื่อนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของงานวิจัยนี้จะใช้ วิธีสองไมโครโฟน เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงแล้วจึงนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของวัสดุแต่ละชิ้นเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Prathiba Devi [62] ทำการศึกษาผลของพารามิเตอร์ทางกายภาพต่อคุณสมบัติการลดเสียงของผ้าไม่ถักไม่ทอที่ทำจากพอลิเอสเตอร์และเส้นใยพอลิเอสเตอร์แบบกลวงในอัตราส่วนที่ต่างกัน 3 แบบ ที่ 82 GSM และ 52 GSM ผลิตด้วยเทคนิค Spunlace พบว่า ผ้าไม่ถักไม่ทอที่มี GSM สูงกว่า มีความหนามากกว่า ส่งผลให้การไหลผ่านของอากาศน้อยลง และค่าการนำความร้อนที่สูงขึ้น นอกจากนี้ ผ้าไม่ถักไม่ทอที่ผลิตด้วย 52 GSM มีอัตราการไหลผ่านของอากาศที่ดี แต่มีค่าการนำความร้อนน้อยกว่าจากการทดสอบตัวอย่างทั้งหมดที่ระยะเก็บชิ้นงานต่างกัน 3 ระยะ และสูงสุด 6 ชั้น พบว่า เมื่อชั้นของผ้าและระยะห่างเพิ่มขึ้น ตัวอย่างมีการดูดซับเสียงมากขึ้น กล่าวคือ ส่งผลให้การถ่ายเทเสียงภายนอกลดลง โดยอ้างอิงตาม GSM พบว่า ตัวอย่างที่มีสัดส่วนพอลิเอสเตอร์และเส้นใยพอลิเอสเตอร์แบบกลวง

เท่ากัน (50 : 50) มีการดูดซับเสียงสูงสุด และตัวอย่างที่ผลิตด้วยเส้นใยพอลิเอสเตอร์ 100% มีการดูดซับเสียงต่ำสุด นอกจากนี้ยังพบว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างน้ำหนักต่อตารางเมตรกับการลดเสียงในทำนองเดียวกัน ตัวอย่างที่ผลิตด้วยเส้นใยกลางที่มีเปอร์เซ็นต์สูงมีอัตราการดูดซับเสียงได้สูงที่สุด เมื่อเทียบกับเส้นใยพอลิเอสเตอร์ 100%

Tao Yang และคณะ [63] ศึกษาประสิทธิภาพเสียงของผ้าไม่ถักไม่ทอस्टรูโต (Struto nonwovens) และการซึมผ่านของอากาศของผ้า ผลการศึกษาพบว่าผ้าไม่ถักไม่ทอस्टรูโตมีความสามารถในการดูดซับที่ดีในช่วงความถี่ 3000-6400 เฮิร์ตซ์ ในขณะที่ไม่มีประสิทธิภาพที่ความถี่ต่ำกว่า 3000 เฮิร์ตซ์ อีกทั้งผ้าไม่ถักไม่ทอस्टรูโตที่มี GSM และความหนาของผ้าสูงมีประสิทธิภาพด้านเสียงที่ดีขึ้นและการซึมผ่านของอากาศต่ำ เนื่องจากมีเส้นใยสูญเสียความหนืดและพลังงานเสียงจะกระจายไปในรูปแบบของพลังงานความร้อนมากขึ้น สังเกตพบว่าเป็นสัดส่วนผกผันกับการซึมผ่านของอากาศ โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) 0.95 สรุปได้ว่าการซึมผ่านของอากาศสามารถใช้เป็นเกณฑ์พฤติกรรมในการดูดซับเสียงของผ้าไม่ถักไม่ทอस्टรูโต และการซึมผ่านของอากาศที่ต่ำกว่าแสดงให้เห็นประสิทธิภาพการดูดซับเสียงที่ดีขึ้น

Zengxiao Cai และคณะ [64] ศึกษาคุณสมบัติทางเสียงของวัสดุฉนวนที่มีจำหน่ายทั่วไป (Polyester (PET) และ Cotton/Polyester (CEL/PET)) ศึกษาผลของความหนาแน่นของพื้นที่ ความหนา ชนิดของเส้นใย และเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยต่อค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง เพื่อผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอขนสัตว์ (Wool nonwoven materials, WNM) จากเส้นใยเหลือทิ้งและเส้นใยขนสัตว์บริสุทธิ์ โดยใช้วิธีการปักด้วยเข็ม (Needle punching) พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย พื้นผิวของวัสดุไม่ถักไม่ทอ โครงสร้างแบบหลายชั้น ความหนา และความหนาแน่นของพื้นที่มีบทบาทสำคัญในคุณสมบัติการดูดซับเสียง นอกจากนี้ WNM ที่ผลิตขึ้นซึ่งมีความหนาต่างกัน (อยู่ระหว่าง 18 ถึง 29 มม.) และความหนาแน่นของพื้นที่ (ตั้งแต่ 460 ถึง 790 GSM) แสดงให้เห็นปรากฏการณ์การดูดซับเสียงที่ดีเยี่ยมในช่วงความถี่เสียงที่เปลี่ยนแปลงไป

Ching Wen Lou และคณะ [65] ศึกษาผ้าไม่ถักไม่ทอโพรพิลีนและพอลิเอสเตอร์รีไซเคิล เพื่อผลิตเป็นคอมโพสิตดูดซับเสียงที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งในกระบวนการขึ้นรูปขึ้นส่วนผ้าไม่ถักไม่ทอโพรพิลีนถูกหลอมเป็นเมทริกซ์เรซิน และขึ้นส่วนพอลิเอสเตอร์เป็นสารตัวเติมในคอมโพสิต ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง พบว่า วัสดุคอมโพสิตที่มีรูพรุนมีประสิทธิภาพในการดูดซับคลื่นเสียงความถี่สูงได้อย่างดีเยี่ยม โดยเฉพาะที่ความถี่สูงกว่า 2000 เฮิร์ตซ์ เนื่องจากคอมโพสิตประกอบด้วยผงเล็ก เศษชิ้นส่วน และเส้นใยของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ยังไม่ละลาย อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของคอมโพสิตที่ความถี่ปานกลางและความถี่ต่ำสามารถปรับปรุงได้โดยการเพิ่มความหนา แต่จะลดลงในขณะที่ความหนาแน่นของคอมโพสิตเพิ่มขึ้น และผลการเพิ่มขึ้นนี้เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการดูดซับ

เสียงของคอมโพสิตนั้นยังไม่พบผลที่ชัดเจนมากนักในงานวิจัยนี้ ซึ่งจากการใช้ผ้าไมถักไมทอริไซเคิลเพื่อผลิตคอมโพสิตดูดซับเสียงนั้น สามารถลดปัญหาของเสียงจากสิ่งทอและยังช่วยให้นำทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

Zainulabidin, M.H. และคณะ [66] ศึกษาการดูดซับเสียงของวัสดุสังเคราะห์สองประเภท โดยจัดเรียงเป็นชั้น ๆ โดยมีลำดับและจำนวนชั้นต่างกัน วัสดุหนึ่งเป็นตัวดูดซับเสียงที่ค่อนข้างดีในช่วงความถี่ต่ำ และอีกวัสดุหนึ่งเป็นตัวดูดซับเสียงที่ค่อนข้างดีในช่วงความถี่สูง รวมกันเป็นชั้น ๆ เพื่อสร้างตัวดูดซับเสียงที่ดีกว่าสำหรับช่วงความถี่ที่กว้างขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้ถูกเปรียบเทียบในแง่ของลำดับของวัสดุและจำนวนชั้นของวัสดุผสมสำหรับแต่ละตัวอย่าง พบว่า การรวมวัสดุ 2 ชั้นเข้าด้วยกัน โดยวัสดุหนึ่งเป็นตัวดูดซับที่ดีที่ความถี่ต่ำ และอีกวัสดุหนึ่งเป็นตัวดูดซับที่ดีที่ช่วงความถี่สูงทำให้เกิดชิ้นงานทดสอบที่ทำงานได้ดีกว่าวัสดุเพียงอย่างเดียว ตัวอย่างที่รวมกันทำงานได้ดีกว่าในช่วงความถี่ที่กว้างขึ้น ลำดับและจำนวนชุดของวัสดุผสมมีอิทธิพลอย่างมากต่อลักษณะการดูดซับเสียง ลำดับของวัสดุมีผลย้อนกลับต่อค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเมื่อจำนวนชั้นผสมเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเพิ่มจำนวนรวมจะทำให้ชิ้นงานทดสอบทำงานได้ดีขึ้นในช่วงความถี่ที่กว้างขึ้น

Asis Patnaik และคณะ [67] ศึกษาฉนวนกันความร้อนและฉนวนกันเสียงที่พัฒนาจากขนสัตว์เหลือทิ้ง (Waste wool) และเส้นใยพอลิเอสเตอร์รีไซเคิล (RPET) สำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยขึ้นรูปและทดสอบ Nonwoven mats ที่แตกต่างกัน 5 แบบ ได้แก่ Coring wool (CW), Dorper wool (DW), Recycled polyester (RPET), Coring wool product (CWP) และ Dorper wool product (DWP) โดยทำการทดสอบฉนวนกันความร้อน การดูดซับเสียง การดูดซับความชื้น การหน่วงไฟ และพฤติกรรมการย่อยสลายทางชีวภาพเพื่อวิเคราะห์การแปลงคาร์บอนอินทรีย์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์โดยวิธีการหมักเป็นเวลา 50 วัน พบว่า Double layer ของ RPET/Waste wool mats (CWP และ DWP) แสดงถึงความเป็นฉนวนกันความร้อน การดูดซับเสียง การดูดซับความชื้น และคุณสมบัติการติดไฟที่ดีที่สุด สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ 65-70% ในการพักตัวของปุ๋ยหมักเป็นเวลา 50 วัน สามารถดูดซับเสียงที่ตกกระทบได้มากกว่า 70% ในช่วงความถี่ (50-5700 Hz)

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนดำเนินงานเริ่มจากการจัดหาวัตถุดิบ คือ พลาสติกชีวภาพประเภทพอลิแลคติกแอซิด (Poly(lactic acid), PLA) และเส้นใยกล้วย โดยทำการเตรียมผ้าไม่ถักไม่ทอจากพอลิแลคติกแอซิดที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการนำไปประกบกับแผ่นเส้นใยกล้วย โดยมีการสลับเปลี่ยนลำดับของชั้นเป็นแบบโครงสร้างแซนวิช 3 ชั้น จากนั้นทำการทดสอบสมบัติต่างๆ เพื่อนำไปทำเป็นวัสดุดูดซับเสียง

3.1 แผนการดำเนินงาน

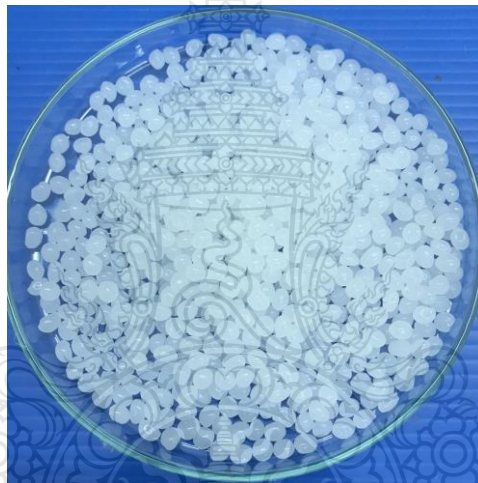
- 3.1.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3.1.2 รวบรวมข้อมูลและวางแผนการดำเนินงาน
- 3.1.3 จัดหาวัตถุดิบและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
- 3.1.4 ทำการเตรียมผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น
 - 1) อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปขึ้นงาน ได้แก่ 250 °C และ 260 °C
 - 2) แรงดันลมที่ใช้ในการขึ้นรูป ได้แก่ 0.3 และ 0.5 เมกะปาสกาล
 - 3) ความเร็วรอบของสกรู 10 รอบต่อนาที
 - 4) ระยะเก็บตัวอย่างจากหัวดายถึงอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ได้แก่ 30 และ 60 เซนติเมตร
- 3.1.5 ทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ ได้แก่
 - 1) วัดความหนาและน้ำหนักมาตรฐาน (Thickness & GSM)
 - 2) ผลของสภาวะการขึ้นรูปต่อสัณฐานวิทยาของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscopes, OM)
 - 3) การไหลผ่านของอากาศ (Air Permeability)
 - 4) สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficients)
- 3.1.6 ทำการวิเคราะห์ความหนาของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่เหมาะสม เพื่อนำมาประกบกับแผ่นเส้นใยกล้วยเป็นแบบโครงสร้างแซนวิช 3 ชั้น โดยมีการปรับเปลี่ยนลำดับชั้นของแผ่นเส้นใยแต่ละชั้น
- 3.1.7 ศึกษาการจัดลำดับของชั้นองค์ประกอบจากผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและแผ่นเส้นใยกล้วยต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง จากการทดสอบดังนี้
 - 1) วัดความหนาและน้ำหนักมาตรฐาน (Thickness & GSM)

- 2) การไหลผ่านของอากาศ (Air Permeability)
 - 3) สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficients)
- 3.1.8 รวบรวมผลทดสอบ จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง
- 3.1.9 สรุปผลการทดลอง และจัดทำรูปเล่ม

3.2 วัสดุและอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัสดุดิบ

- 1) เม็ดพอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid, PLA) เกรด 6100D จากบริษัท Nature Work จำกัด (ประเทศสหรัฐอเมริกา)



รูปที่ 3.1 เม็ดพอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid, PLA)

- 2) แผ่นเส้นใยกัญชง (Hemp) รับมาจาก บริษัท เฮมพ์ไทย จำกัด (195 หมู่ 8 ต.พบ พระ อ.พบพระ จ.ตาก 63160) ผลิตเป็นแผ่นเส้นใยเรียบร้อยแล้ว



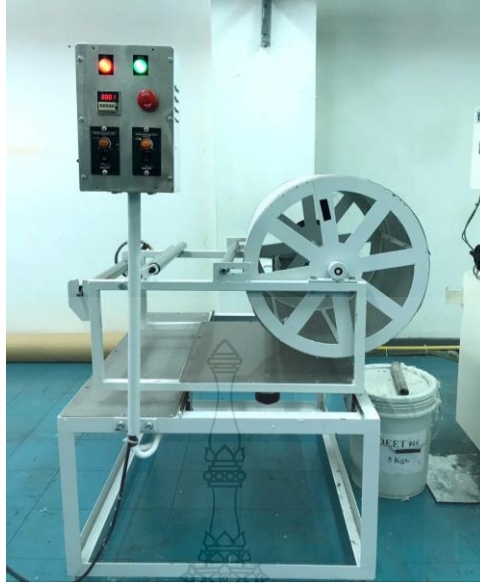
รูปที่ 3.2 แผ่นเส้นใยกัญชง (Hemp)

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องปั่นหลอมแบบพ่น (Melt jet spinning หรือ Cotton candy) รุ่น SR-Runer bambi จากบริษัท Nihon Yuki (ประเทศญี่ปุ่น)



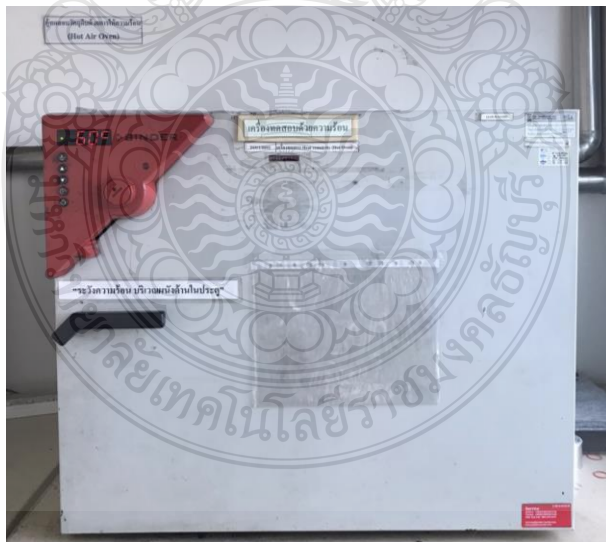
รูปที่ 3.3 เครื่องปั่นหลอมแบบพ่น (Melt jet spinning) รุ่น SR-Runer bambi



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์เก็บชิ้นตัวอย่าง

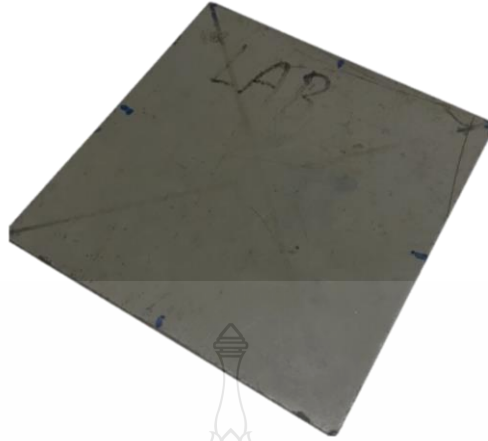
3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) เครื่องทดสอบด้วยความร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Binder รุ่น ED53



รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบด้วยความร้อน (Hot air oven)

- 2) แผ่น Plate ขนาด 100 x 100 mm



รูปที่ 3.6 แผ่น Plate

3) เครื่องวัดความหนาไฮเกจดิจิตอล ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น 192 (Digimatic Height Gauges)



รูปที่ 3.7 เครื่องวัดความหนาดิจิตอล

4) เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METLER KEJIAN รุ่น XP105



รูปที่ 3.8 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

5) เครื่องทดสอบค่าดัชนีการไหล (Melt Flow Index; MFI)



รูปที่ 3.9 เครื่องทดสอบดัชนีการไหล (Melt flow Index; MFI)

6) กล้องจุลทรรศน์แบบที่ใช้แสง (Optical Microscope, OM) ยี่ห้อ Olympus รุ่น GX41



รูปที่ 3.10 กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscope, OM)

7) เครื่องทดสอบความต้านทานต่อการไหลของอากาศ (Air Permeability) ยี่ห้อ SDL Atlas รุ่น M021A มาตรฐาน JIS L 1096-A



รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบความต้านทานต่อการไหลเวียนของอากาศ (Air Permeability)

8) เครื่องทดสอบสมบัติทางเสียง Acoustic Duct System No.9301 (ประเทศเกาหลี) ตามมาตรฐาน ISO10534-1, ASTM E1050, JIS A 1405



รูปที่ 3.12 เครื่องทดสอบสมบัติทางเสียง (Acoustic Duct)

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3.1 การเตรียมผ้าพอลิแลกติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น มีขั้นตอนดังนี้

3.3.1.1 นำเม็ด PLA มาอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง



รูปที่ 3.13 อบเม็ด PLA

3.1.1.2 นำเม็ด PLA มาทดสอบค่าดัชนีการหลอมไหล (Melt Flow Index)

3.1.1.3 ทำการขึ้นรูปด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สภาวะในการขึ้นรูปผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น

รายละเอียด	
หัวตาย	หน้าตัดวงกลมตัน จำนวน 3 รู (Ø 0.4 มิลลิเมตร/รู)
อุณหภูมิ (°C)	250 และ 260
ความเร็วรอบสปู (รอบ/นาที)	10
แรงดันลม (เมกะปาสคาล)	0.3 และ 0.5
ระยะเก็บตัวอย่างจากหัวตายถึงอุปกรณ์ (เซนติเมตร)	30 และ 60
จำนวนรอบที่เก็บ (รอบ)	1

3.1.1.4 ทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ

3.1.1.5 นำผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอมาประกบซ้อนกับแผ่นเส้นใยกล้วยซึ่งเป็นแบบโครงสร้างแซนวิช 3 ชั้น โดยมีการปรับเปลี่ยนลำดับชั้นของแผ่นเส้นใยแต่ละชั้น ดังตาราง 3.2

ตารางที่ 3.2 การจัดลำดับชั้นของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและแผ่นกล้วย

Web number	Web code	Layer 1 (A)	Layer 2 (B)	Layer 3 (C)
1	HHH	Hemp	Hemp	Hemp
2	LLL	PLA	PLA	PLA
3	HLL	Hemp	PLA	PLA
4	LHL	PLA	Hemp	PLA
5	LLH	PLA	PLA	Hemp
6	LHH	PLA	Hemp	Hemp
7	HLH	Hemp	PLA	Hemp
8	HHL	Hemp	Hemp	PLA

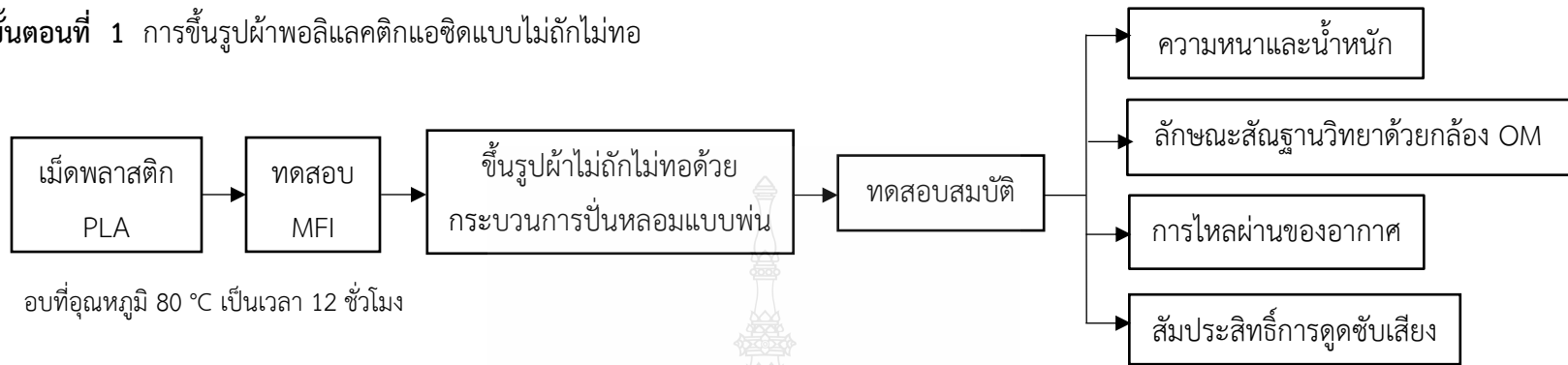
Note : L = PLA

H = Hemp

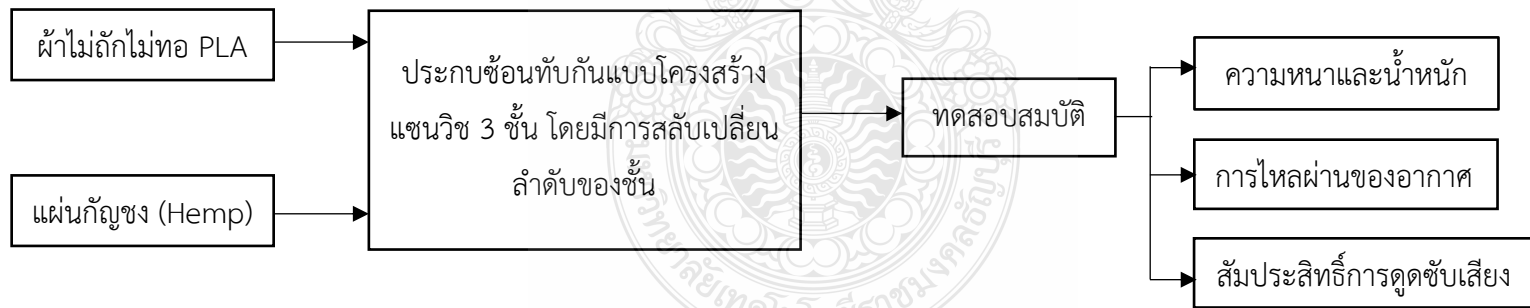
3.1.1.6 ศึกษาการจัดลำดับของชั้นองค์ประกอบจากผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ และแผ่นเส้นใยกัญชง



ขั้นตอนที่ 1 การขึ้นรูปผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ



ขั้นตอนที่ 2 การขึ้นรูปผ้าแผ่นดูดซับเสียงจากผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและเส้นใยกัญชง



รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.4 การทดสอบสมบัติ

3.4.1 ทดสอบค่าดัชนีการไหล (Melt Flow Index; MFI) ของเม็ด PLA 6100D

- ทำการตั้งอุณหภูมิที่ใช้คือ 200, 210, 220, 230, 240, 250 และ 260 °C เวลาที่ทำการตัดคือ 10 วินาที ใช้น้ำหนักกด 2.16 Kg
- นำเม็ดพอลิเมอร์ที่จะทำการทดสอบใส่ลงในเครื่อง แล้วนำแท่งเหล็กกดเม็ดพอลิเมอร์ให้เข้าไปในกระบอกให้แน่น นำโหลดที่ต้องการวางบนแท่ง Piston น้ำหนักของโหลดจะค่อย ๆ กดพอลิเมอร์ให้ให้ออกมาช้า ๆ
- เครื่องจะทำการตัดพอลิเมอร์ที่ไหลออกมาทุก ๆ 10 วินาที นำพอลิเมอร์ที่ได้จากการตัดของเครื่องไปชั่งน้ำหนัก หาค่าเฉลี่ยแล้วจึงนำตัวเลขที่ได้ไปกรอกลงในเครื่องจึงได้ค่าดัชนีการไหลออกมา

3.4.2 การทดสอบการวัดความหนาและน้ำหนักมาตรฐานของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ

นำผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ วัดความหนาและน้ำหนักมาตรฐานโดยการนำผ้าไม่ถักไม่ทอที่เตรียมได้ มาตัดให้ได้ขนาด 1 x 1 cm จากนั้นวัดความหนาด้วยเครื่องวัดความหนาแบบ Dial และทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง โดยทำการวัดความหนาและชั่งน้ำหนักซ้ำ 10 ตัวอย่าง/สูตร จากนั้นคำนวณหาค่าเฉลี่ย

3.4.3 ลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยจุลทรรศน์แบบที่ใช้แสง (Optical Microscope, OM)

ตัดผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอที่เตรียมได้ให้มีลักษณะเหมาะสมแก่การนำมาวางบนสไลด์ จากนั้นนำชิ้นงานมาส่องที่กำลังขยาย คูณ 10X ทำการถ่ายภาพชิ้นงานทั้งหมด วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยจากภาพถ่าย OM โดยใช้โปรแกรม Image j

3.4.4 การทดสอบการไหลผ่านของอากาศ (Air Permeability)

การซึมผ่านของอากาศถูกวัดตามมาตรฐาน ASTM D737 ยี่ห้อ SDL Atlas รุ่น M021A โดยเริ่มเปิด Switch เครื่อง รอให้เครื่องโลลวมจนขึ้นหน้าจอว่า Ready ทำการเลือกหน่วยที่จะวัด Calibration ตั้งค่าความดัน 125 Pa และพื้นที่ทดสอบ 38 cm³ หน่วยที่ใช้ คือ cm³/cm²/s นำชิ้นงานตัวอย่างวางที่เครื่องทดสอบ กดแขนลง Lock จากนั้นชิ้นงานจะถูกจับยึดและปั๊มสุญญากาศจะเริ่มต้นโดยอัตโนมัติ รอค่าที่ขึ้นหน้าจอเป็นสีเขียว แล้วบันทึกค่า กดลงอีกครั้งเพื่อคลาย Lock

3.4.5 ทดสอบการดูดซับเสียง (Sound absorption)

โดยใช้ Sound Impedance Tube ยี่ห้อ Geonose รุ่น SW422+SW477 (ประเทศจีน) ตามมาตรฐาน ISO10534-1, ASTM E1050, JIS A 1405

ตัวอย่างถูกตัดออกเป็น 2 ขนาดที่แตกต่างกัน (30 และ 100 มม.) โดยใช้เครื่องตัดตัวอย่าง ใช้ท่อขนาด 100 มม. เพื่อทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ต่ำในช่วง 125 ถึง 1600 Hz และใช้ท่อขนาด 30 มม. เพื่อทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่สูงในช่วง 500 ถึง 6300 Hz โดยทำการ Calibration ก่อนทดสอบ ชิ้นตัวอย่างถูกยึดเข้ากับท่อสำหรับการทดสอบ ทำการทดสอบตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง/สูตร ทั้งท่อขนาด 30 และ 100 มม. เพื่อให้ครอบคลุมความถี่ทั้งหมดที่มีช่วงระหว่าง 125 ถึง 6300 Hz ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงรบกวน (NRC) ของวัสดุทั้งหมดคำนวณตามสมการ (3.1)

$$NRC = \frac{(\alpha_{250 \text{ Hz}} + \alpha_{500 \text{ Hz}} + \alpha_{1000 \text{ Hz}} + \alpha_{2000 \text{ Hz}})}{4} \quad (3.1)$$

NRC คือ เพอร์เซ็นต์ของเสียงที่วัสดุดูดซับ (เปอร์เซ็นต์ของเสียงที่ไม่สะท้อนเข้าไปในห้อง) เป็นค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) ที่ 4 ความถี่ 250, 500, 1000 และ 2000 Hz

บทที่ 4

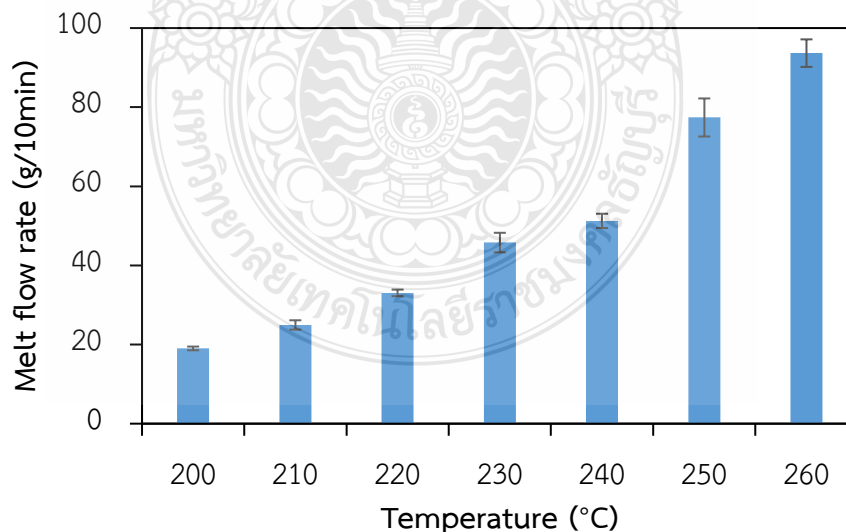
ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

จากการเตรียมผ้าไม่ถักไม่ทอจากพอลิแลคติกแอซิดที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการนำไปประกบกับแผ่นเส้นใยกัญชง โดยมีการสลับเปลี่ยนลำดับของชั้นเป็นแบบโครงสร้างแซนวิช 3 ชั้น จากนั้นทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ เพื่อนำไปทำเป็นวัสดุดูดซับเสียงได้ผลการทดสอบ ดังนี้

4.1 การทดสอบสมบัติของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น (Melt jet spinning)

4.1.1 ผลการทดสอบดัชนีการไหลของเม็ด PLA

ผลการทดสอบดัชนีการไหลของเม็ด PLA แสดงดังรูปที่ 4.1 ที่อุณหภูมิทดสอบ 200-260 °C พบว่า MFR ของ PLA เพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จากการทดลองที่อุณหภูมิมากกว่า 260 °C พบว่า PLA มีความเหลวอย่างมาก และไหลออกมามากล้นน้ำ จึงทำให้เครื่องทดสอบไม่สามารถตัดชิ้นงานมาชั่งน้ำหนักได้ แสดงให้เห็นว่า PLA มีความหนืดต่ำและไหลได้ง่ายที่อุณหภูมิสูงขึ้น

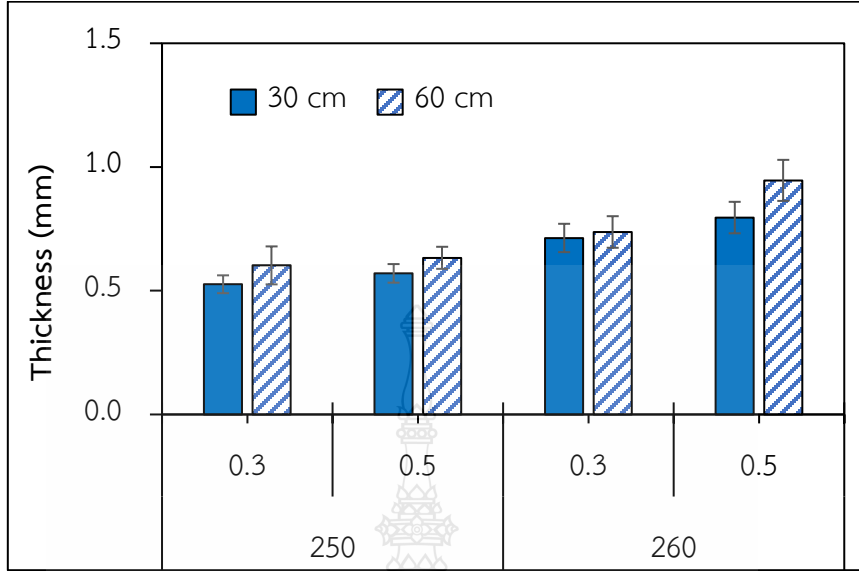


รูปที่ 4.1 ผลของดัชนีการไหลของเม็ด PLA

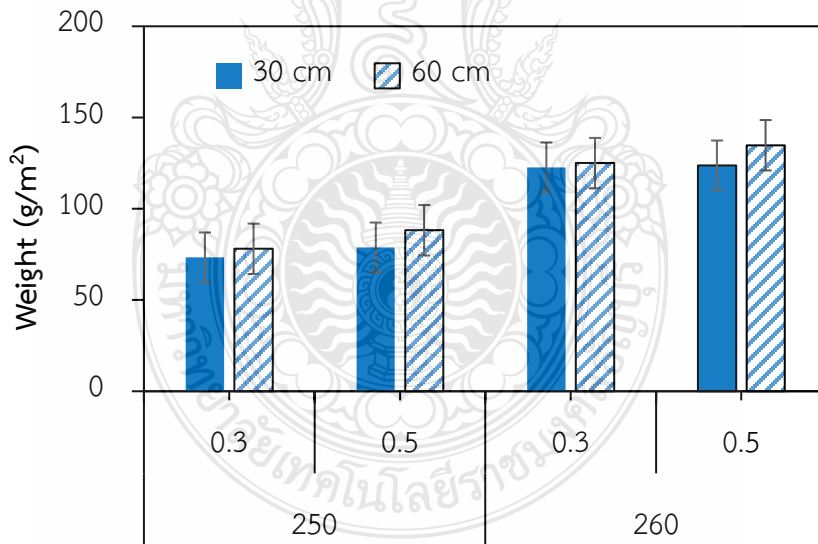
เนื่องจากกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่น (Melt jet spinning) เป็นการขึ้นรูปเส้นใยจากเม็ดพลาสติกโดยตรง พอลิเมอร์หลอมจากเครื่องอัดรีดจะถูกส่งผ่านไปยังหัวฉีด ซึ่งมีลมร้อนอยู่รอบหัวฉีด ทำให้พอลิเมอร์หลอมที่ไหลผ่านหัวฉีดถูกพ่นกระจายด้วยลมร้อนที่มีความเร็วสูง ซึ่งพอลิเมอร์ที่หลอมออกมา นั้นค่อนข้างเหลวอย่างมาก แรงดันของลมจึงจะฉีดพ่นพอลิเมอร์ที่หลอมออกมาได้ จากการทดลองขึ้นรูปผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ พบว่า ที่อุณหภูมิหัวฉีดต่ำกว่า 250 °C เส้นใยมีความหนืดค่อนข้างมากทำให้ลมร้อนที่อยู่รอบหัวฉีดเป่าออกมาเป็นเส้นใยไม่ได้ และที่อุณหภูมิหัวฉีดมากกว่า 260 °C พบว่า เส้นใยมีการไหลออกมาที่ไม่ต่อเนื่อง ดังนั้น อุณหภูมิหัวฉีดที่สามารถขึ้นรูปผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอได้ ได้แก่ อุณหภูมิหัวฉีดที่ 250 และ 260 °C ซึ่งพอลิเมอร์มีความเหลวอย่างมากจึงทำให้สามารถขึ้นรูปได้ ซึ่งอุณหภูมิต่างกันเพียง 10 °C แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

4.1.2 ผลของความหนาและน้ำหนักของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ

ผลของความหนาและน้ำหนัก (GSM) ของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอแสดงไว้ดังรูปที่ 4.2 (ก) และ (ข) ทำการขึ้นรูปผ้าไม่ถักไม่ทอโดยใช้อุณหภูมิหัวฉีดที่ 250 และ 260 °C แรงดันอากาศ 0.3 และ 0.5 MPa และระยะเก็บชิ้นงานที่ 30 และ 60 cm พบว่า เมื่ออุณหภูมิหัวฉีด แรงดันอากาศ และระยะเก็บชิ้นงานที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนา และ GSM ของผ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อุณหภูมิหัวฉีดที่ 260 °C แรงดันอากาศที่ 0.5 MPa และระยะเก็บชิ้นงานที่ 60 cm มีค่า GSM และความหนามากที่สุด การศึกษาจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับเสียงในวัสดุที่มีรูพรุนได้ข้อสรุปว่า การดูดซับเสียงที่ความถี่ต่ำ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนา [68] สังเกตได้ว่าตัวอย่างที่มี GSM สูงกว่าจะมีความหนามากกว่า ซึ่งวัสดุที่มีความหนามากขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซับเสียงดีขึ้น



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.2 ผลของความหนาและน้ำหนักของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ (อุณหภูมิหัวฉีด = 250 และ 260 °C, แรงดันอากาศ = 0.3 และ 0.5 MPa, ระยะเก็บชิ้นงาน = 30 และ 60 cm)
 (ก) ความหนา, (ข) น้ำหนัก (GSM)

4.1.3 ผลของความหนาแน่นของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ

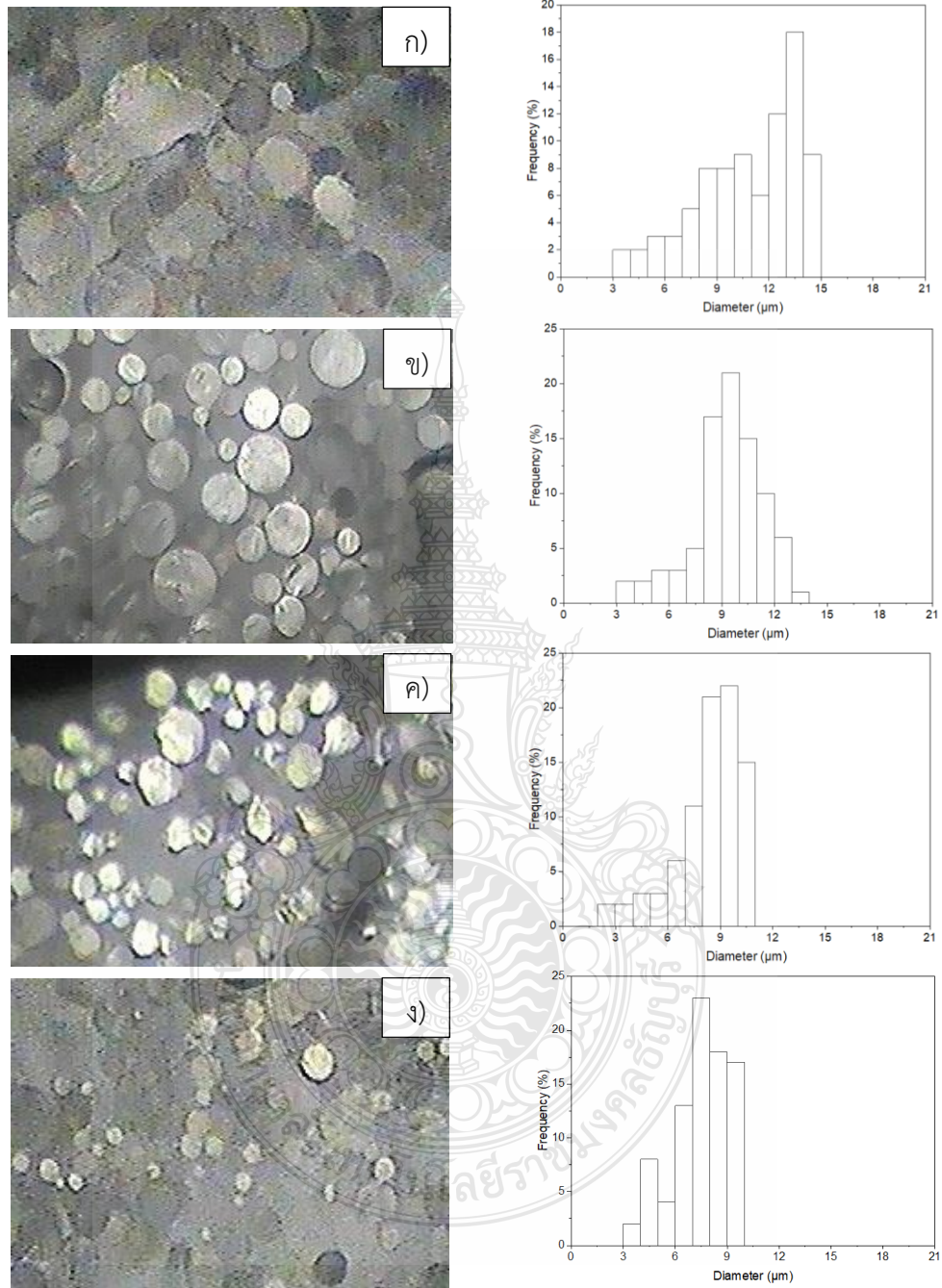
ความหนาแน่นของวัสดุเป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการกำหนดคุณลักษณะของผ้าไม่ถักไม่ทอ และกำหนดเป็นมวลต่อหน่วยปริมาตร (g/cm^3) ความหนาแน่นมีอิทธิพลต่อ Impedance Acoustic เนื่องจากอิมพีแดนซ์กำหนดการสะท้อนของวัสดุ มีรายงานว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงเนื่องจากมวลที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับเสียง [69] อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการดูดซับเสียงที่ความถี่ปานกลางและความถี่ต่ำสามารถปรับปรุงได้โดยการเพิ่มความหนาแน่น แต่จะลดลงในขณะที่ความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มขึ้น [84] ในตารางที่ 4.1 อุณหภูมิของหัวฉีดเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของผ้าไม่ถักไม่ทอเพิ่มขึ้น ซึ่งมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันกับค่า GSM และความหนาแน่นเนื่องจากมีพอลิเมอร์หลอมเหลวสูงขึ้น [70] แต่ที่แรงดันอากาศและระยะเก็บชิ้นงานที่มากขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นของผ้าไม่ถักไม่ทอลดลง เนื่องจากแรงดันอากาศที่ 0.3 MPa ระยะเก็บชิ้นงานที่ 30 cm เส้นใยมีขนาดใหญ่และกระจายตัวได้กว้าง ในขณะที่เส้นใย PLA มีขนาดเล็กและกระจายตัวของเส้นใยแคบลงเมื่อเพิ่มแรงดันอากาศที่ 0.5 MPa ระยะเก็บชิ้นงานที่ 60 cm [71] แสดงให้เห็นว่าแรงดันอากาศที่ 0.5 MPa และระยะเก็บชิ้นงานที่ 60 cm ส่งผลให้ความหนาแน่นของผ้าไม่ถักไม่ทอลดลง จึงนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ได้จากผลการศึกษางานวิจัยข้างต้น

ตารางที่ 4.1 ผลของความหนาแน่นของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ

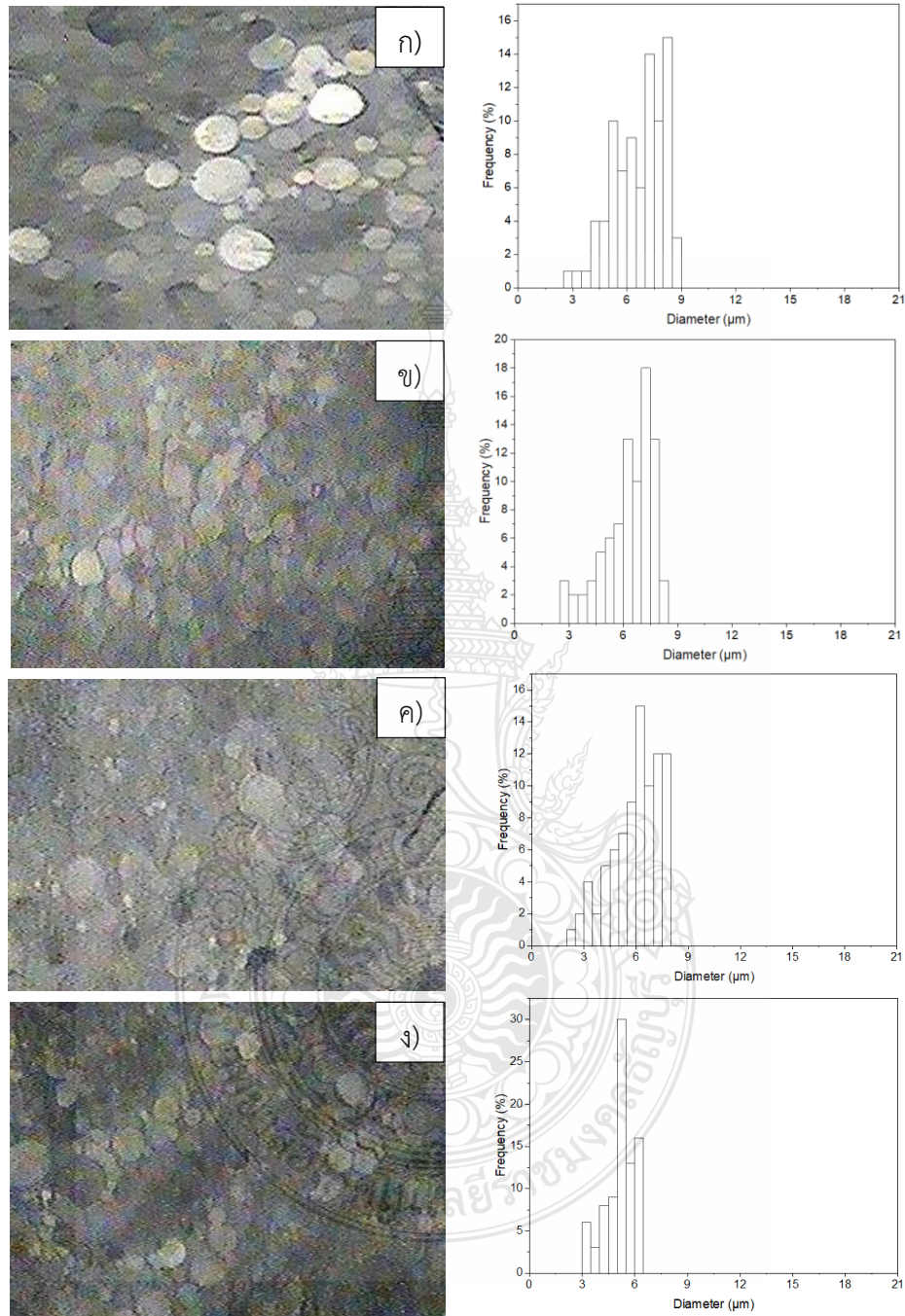
Temperature (°C)	Air pressure (MPa)	Collector distance (Cm)	Density (g/cm^3)
250	0.3	30	0.146 ± 0.01
		60	0.130 ± 0.01
	0.5	30	0.139 ± 0.01
		60	0.140 ± 0.01
260	0.3	30	0.176 ± 0.01
		60	0.169 ± 0.02
	0.5	30	0.155 ± 0.01
		60	0.141 ± 0.01

4.1.4 ลักษณะสัณฐานวิทยาและเส้นผ่านศูนย์กลาง

ผลของสภาวะการขึ้นรูปด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่นต่อสัณฐานวิทยาและเส้นผ่านศูนย์กลางของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ แสดงในภาพ OM และการกระจายขนาดเส้นใยของภาคตัดขวาง (Cross-section) ของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ ในรูปที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มอุณหภูมิหัวฉีด แรงดันอากาศ และระยะห่างของตัวเก็บชิ้นงาน พิจารณาว่า PLA ที่หลอมเหลวแข็งตัวเร็วขึ้น ยึดตรงขึ้น และยึดออกมากขึ้นเมื่อใช้แรงกดที่สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ขนาดเส้นใยลดลง และความเร็วลมที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดเส้นใยที่ละเอียดกว่า [72,73] ดังนั้น การเพิ่มแรงดันอากาศนำไปสู่การลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยในผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอที่หลอมละลาย [74,75,76] นอกจากนี้ยังเกิดจากความหนืดของ PLA ที่หลอมเหลว ซึ่ง PLA ที่หลอมเหลวมีความหนืดสูงนั้นยากที่จะเป่าด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิการแปรรูปต่ำ จึงทำให้ PLA ที่มีความหนืดมากนั้น เส้นใยมีขนาดใหญ่และมีการกระจายตัวในวงกว้าง ดังนั้น PLA ที่มีความหลอมเหลวสูงจึงถูกลมร้อนพัดอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ขนาดเส้นใยและการกระจายเส้นใยลดลง [74,77,78] Ellison และคณะ [74] รายงานว่าพอลิเมอร์ในกระบวนการเมลต์โบลน (Melt blown) การเป่าโดยใช้ลมร้อน พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยลดลงอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากอุณหภูมิในกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น สาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของ Temperature window ที่ใช้งานมีการลดทอนของเส้นใยเมื่ออุณหภูมิที่ขึ้นรูปเพิ่มขึ้น ดังนั้น อุณหภูมิในการขึ้นรูปที่สูงขึ้นทำให้เส้นใยพอลิเมอร์ยังคงอยู่ในสถานะหลอมเหลวเป็นเวลานานกว่าและได้รับการลดทอนเพิ่มเติมก่อนที่พอลิเมอร์จะแข็งตัวผ่านการตกผลึกที่เพียงพอหรือกลายเป็นอสัณฐาน นอกจากนี้ยังมีความหนืดลดลงอย่างมากเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ [74] จากการศึกษาผลงานวิจัย [66] พบว่า ขนาดเส้นใยที่ลดลงจะเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ซึ่งวัสดุที่มีเส้นใยเล็กกว่าจะมีความพรุนมากกว่า จึงทำให้พื้นผิวสัมผัสกับเสียงที่ตกกระทบมากขึ้น พบว่า อุณหภูมิหัวฉีดที่ 260 °C แรงดันอากาศที่ 0.5 MPa และระยะเก็บชิ้นงานที่ 60 cm ส่งผลให้ขนาดของเส้นใยลดลงและมีความพรุนอย่างมาก

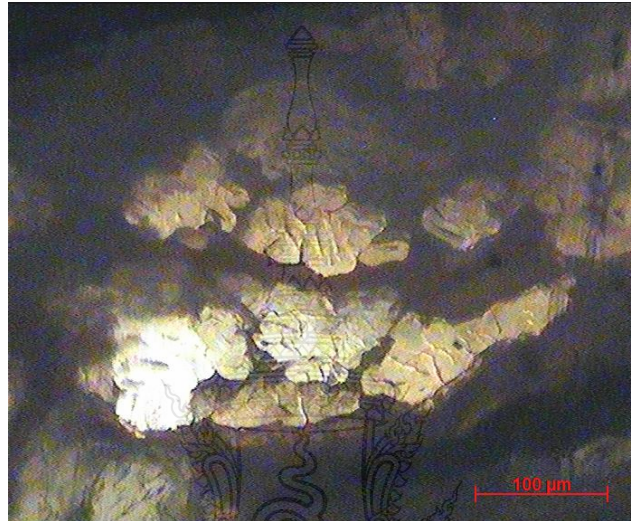


รูปที่ 4.3 ลักษณะสัณฐานวิทยาจากการทดสอบด้วย OM และการกระจายขนาดเส้นใยของภาคตัดขวาง (Cross-section) ของผ้าพอลิเอทิลีนทอแบบไม่ถักไม่ทอ ที่สภาวะอุณหภูมิหัวฉีด : $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, (แรงดันอากาศและระยะเก็บขึ้นงาน) : ก) 0.3 MPa, 30 cm, ข) 0.3 MPa, 60 cm, ค) 0.5 MPa, 30 cm และ ง) 0.5 MPa, 60 cm



รูปที่ 4.4 ลักษณะสัณฐานวิทยาจากการทดสอบด้วย OM การกระจายขนาดเส้นใยของภาคตัดขวาง (Cross-section) ของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ ที่สภาวะอุณหภูมิหัวฉีด : 260 °C, (แรงดันอากาศและระยะเก็บชิ้นงาน) : ก) 0.3 MPa, 30 cm, ข) 0.3 MPa, 60 cm, ค) 0.5 MPa, 30 cm และ ง) 0.5 MPa, 60 cm

ผลของลักษณะสัณฐานวิทยาของผ้ากัญชงแบบไม่ถักไม่ทอ แสดงในภาพลักษณะสัณฐานวิทยาจากการทดสอบด้วย OM ของภาคตัดขวาง (Cross-section) ของผ้ากัญชงแบบไม่ถักไม่ทอจากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่า เส้นใยกัญชงมีขนาดใหญ่และการกระจายขนาดเส้นใยมากกว่าผ้าพอลิแลคติกแอซิดอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้ง เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยมีการแปรผันที่สูงและมีรูปร่างที่ไม่สม่ำเสมอ

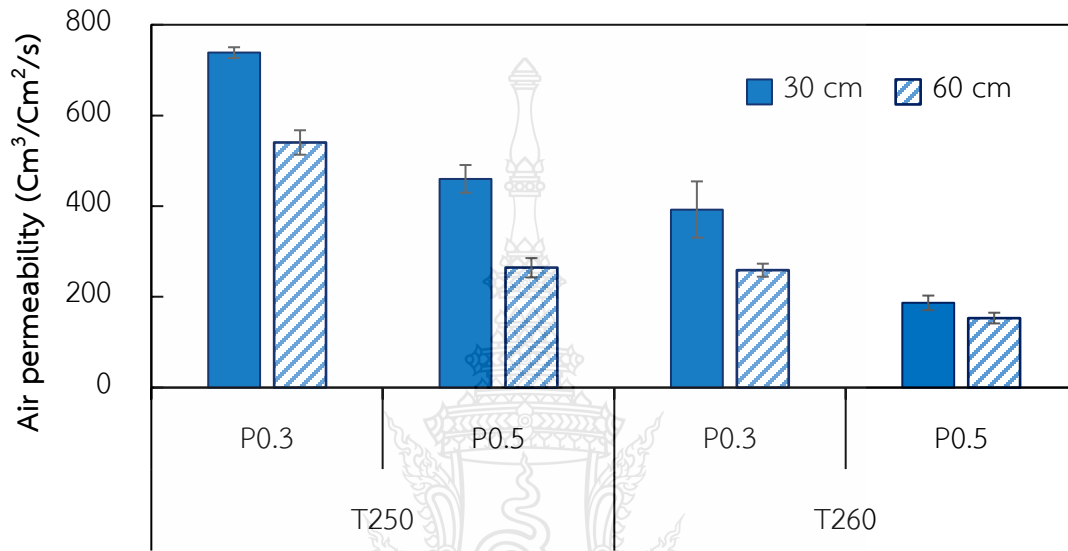


รูปที่ 4.5 ลักษณะสัณฐานวิทยาจากการทดสอบด้วย OM ของภาคตัดขวาง (Cross-section) ของผ้ากัญชงแบบไม่ถักไม่ทอ

4.1.5 ผลของการซึมผ่านอากาศของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ

ผลของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอต่อการซึมผ่านอากาศ แสดงไว้ดังรูปที่ 4.6 เนื่องจากผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอเป็นผ้าที่มีพื้นระหลวม ระยะห่างระหว่างเส้นใยขนาดใหญ่ทำให้อากาศส่วนใหญ่ไหลผ่านช่องว่างเหล่านี้ได้ เห็นได้ชัดว่าในอุณหภูมิหัวฉีด แรงดันอากาศและระยะห่างของตัวเก็บชิ้นงานที่มากแสดงให้เห็นว่ามีการซึมผ่านของอากาศที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการดูดซับเสียง ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของค่า GSM และความหนาของผ้า [63] สำหรับผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอที่มี GSM และความหนาของผ้าสูงกว่า โครงสร้างสิ่งทอจะมีความพรุนและช่องว่างอากาศน้อยกว่าเพื่อให้อากาศผ่านได้ [79] สังเกตได้ว่าการซึมผ่านของอากาศของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอมีแนวโน้มลดลงเมื่อ GSM และความหนาของผ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งคล้ายกับผ้าสิ่งทอทั่วไป สาเหตุหลักมาจากการลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยด้วยแรงดันอากาศที่เพิ่มขึ้นในระหว่าง

การเป่าลอมละลาย เส้นใยที่ละเอียดกว่านำไปสู่การลดขนาดรูพรุน ซึ่งขนาดที่เล็กก็จะบรรจุเส้นใยดังกล่าวได้ดีและมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการซึมผ่านของอากาศผ่านผ้าลดลง [80] ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกับลักษณะฐานฐานวิทยาดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ที่กล่าวข้างต้น



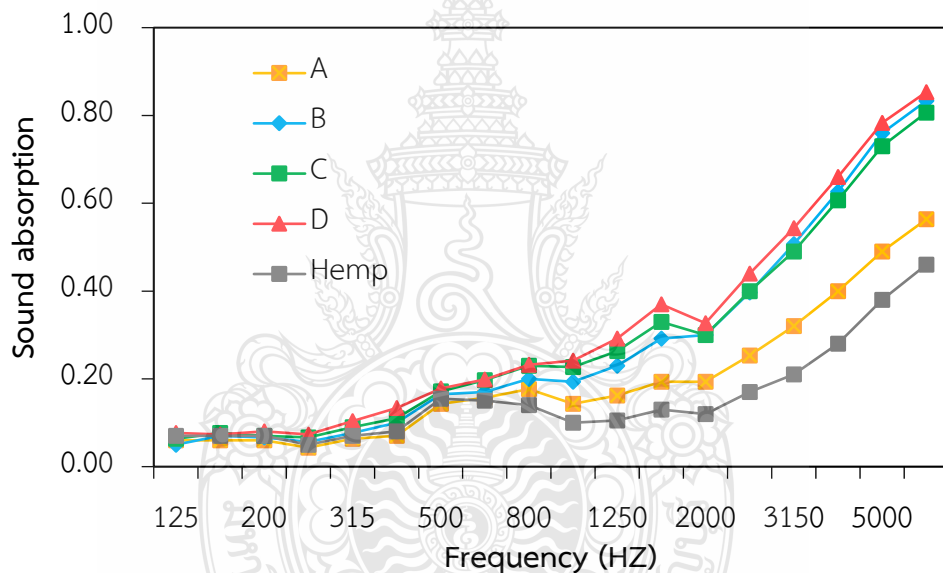
รูปที่ 4.6 ผลการซึมผ่านของอากาศของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ (อุณหภูมิหัวฉีด = 250 และ 260 °C, แรงดันอากาศ = 0.3 และ 0.5 MPa, ระยะเก็บชิ้นงาน = 30 และ 60 cm)

4.1.6 ผลของ GSM และความหนาต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

เพื่อศึกษาผลของ GSM และความหนาต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ โดยศึกษา GSM ที่ 229 ถึง 502 GSM และความหนาตั้งแต่ 6.50 ถึง 14.75 mm โดยขึ้นรูปด้วยกระบวนการปั่นลอมแบบพ่นที่อุณหภูมิ 260 °C แรงดันอากาศ 0.5 MPa และระยะเก็บชิ้นงานที่ 60 cm ดังตารางที่ 4.2 พบว่า ผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอที่มี GSM และความหนาสูงกว่าส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงดีขึ้นเมื่อเทียบกับ GSM และความหนาที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับแผ่นกัญชงที่มีความหนา 10.05 mm มวลต่อหน่วยพื้นที่ 1094 GSM สังเกตเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของแผ่นกัญชงลดลงใน

ขณะที่ GSM เพิ่มขึ้น จากผลการทดสอบอาจกล่าวได้ว่า เสียงไม่สามารถทะลุผ่านรูพรุนหรือช่องว่างของแผ่น กัญชงที่มี GSM สูงได้ ส่งผลให้เสียงสะท้อนมากขึ้น

นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นได้ว่า ผลของความหนาจากผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอที่มี GSM อยู่ในช่วงเดียวกัน พบว่า การดูดซับเสียงของผ้าที่หนา 14.75 มม. มีการดูดซับเสียงได้มากกว่าที่ความ หนา 13.92 มม 10.67 มม และ 6.50 มม ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.7) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าการดูดซับเสียง จะสังเกตได้จากตัวอย่างที่หนากว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่บางกว่า เพื่อให้เสียงกระจายโดยแรงเสียดทาน คลื่นเสียงจะต้องเข้าไปในวัสดุที่มีรูพรุน ซึ่งหมายความว่าควรมีรูพรุนบนพื้นผิวของวัสดุเพียงพอเพื่อให้เสียง ผ่านและดูดซับได้ [81]



รูปที่ 4.7 ผลการดูดซับเสียงของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ (อุณหภูมิหัวฉีด = 260 °C, แรงดัน อากาศ = 0.5 MPa, ระยะเก็บชิ้นงาน = 60 cm) และแผ่นกัญชง

ตารางที่ 4.2 ผลกระทบของ GSM และความหนาต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ (อุณหภูมิหัวฉีด 260 °C, แรงดันอากาศ 0.5 MPa, ระยะเก็บชิ้นงาน 60 cm) และแผ่นกัณูขง

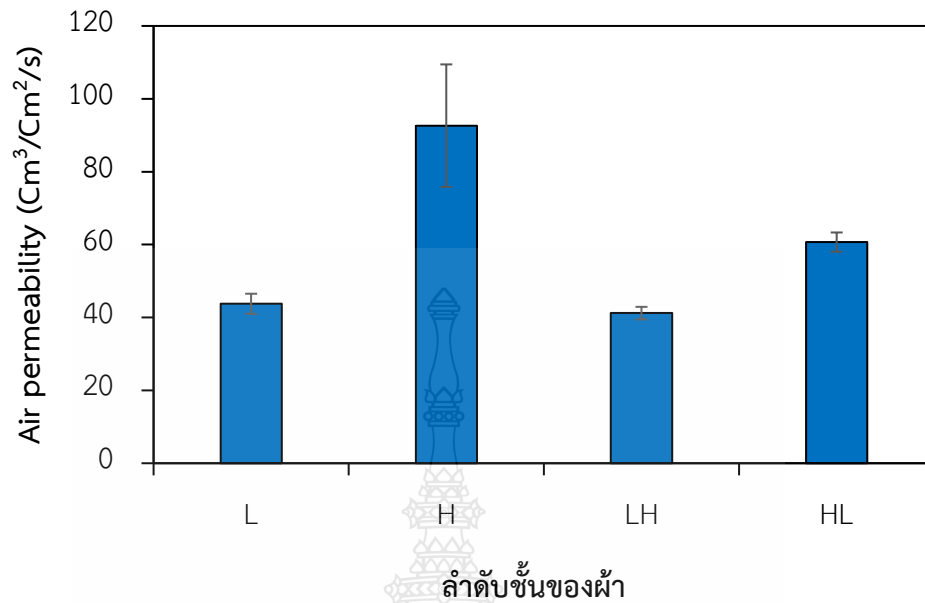
Sample	Thickness (mm)	GSM (g/m ²)	NRC
A	6.50 ± 0.25	229 ± 3.35	0.13 ± 0.06
B	10.67 ± 0.58	384 ± 5.25	0.18 ± 0.09
C	13.92 ± 0.58	492 ± 6.03	0.19 ± 0.02
D	14.75 ± 1.75	502 ± 9.00	0.21 ± 0.01
Hemp	10.05 ± 0.19	1094 ± 24.84	0.11 ± 0.04

* A,B,C and D = PLA

4.2 การจัดลำดับชั้นของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและเส้นใยกัณูขงแบบโครงสร้างแซนวิช 3 ชั้น

4.2.1 ผลของการจัดลำดับชั้นต่อการซึมผ่านของอากาศ

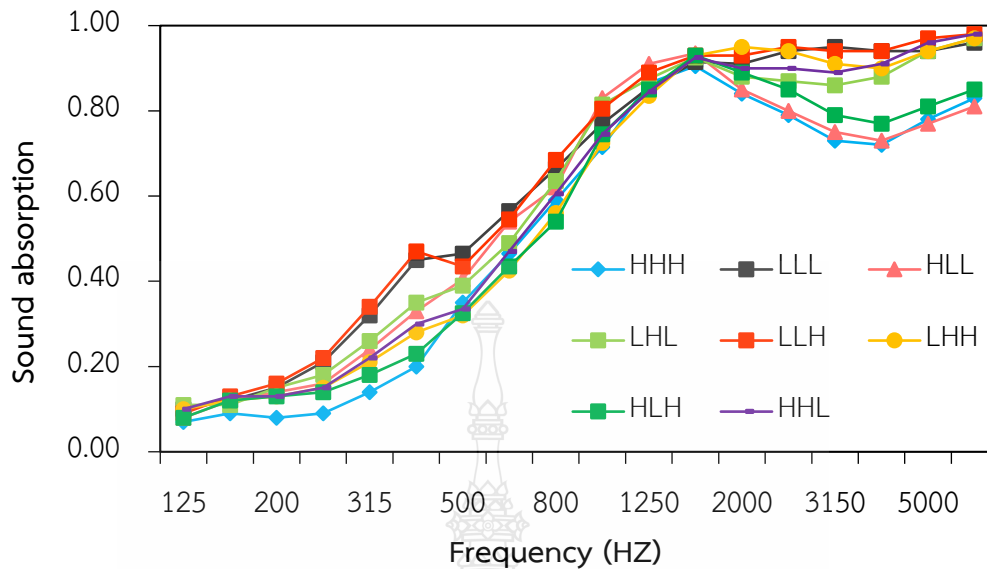
ผลของการจัดลำดับชั้นต่อการซึมผ่านของอากาศวัดด้วยการจัดวางจำนวนชั้นแตกต่างกันที่ 1, 2 และ 3 ชั้น เพื่อศึกษาจำนวนชั้น และการวางตำแหน่งผ้าที่หันหน้าเข้าใกล้แหล่งกำเนิดกระแสลม จากรูปที่ 4.8 ผ้าจำนวน 1 ชั้น พบว่า ผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ ส่งผลต่อการซึมผ่านของอากาศที่น้อยกว่าผ้ากัณูขง ($L < H$) อีกทั้ง ผ้าจำนวน 2 ชั้น พบว่า เมื่อผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทออยู่ใกล้กับกระแสลม (ด้านหน้า) ส่งผลต่อการซึมผ่านของอากาศที่น้อยกว่าผ้ากัณูขงที่อยู่ใกล้กับกระแสลม (ด้านหลัง) ($LH < HL$) แสดงให้เห็นว่า โครงสร้างของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอที่เป็นแบบละเอียด และมีขนาดของเส้นใยที่เล็กหันหน้าเข้าใกล้กระแสลมส่งผลให้การซึมผ่านของอากาศลดลง เนื่องจากวัสดุที่มีเส้นใยเล็กกว่าจะมีความพรุนมากกว่า จึงทำให้พื้นผิวสัมผัสกับกระแสลมที่ตกกระทบมากขึ้น ซึ่งการซึมผ่านของอากาศที่ต่ำกว่าแสดงให้เห็นประสิทธิภาพการดูดซับเสียงที่ดีขึ้น [63]



รูปที่ 4.8 ผลของการจัดลำดับชั้นต่อการซึมผ่านของอากาศ (L: PLA และ H: Hemp)

4.2.2 ผลของการจัดลำดับชั้นต่อการดูดซับเสียง

จากรูปที่ 4.9 วิเคราะห์หาค่าการดูดซับเสียงโดยวัดค่าเปลี่ยนแปลงที่ความถี่ต่างกัน คือ 125 - 6,000 Hz พบว่า ที่ความถี่ต่ำ 125 - 1600 Hz แผ่นดูดซับเสียงของทุกลำดับชั้นมีแนวโน้มของค่าการดูดซับเสียงที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความถี่สูง 1600 - 6300 Hz พบว่า ค่าการดูดซับเสียงลดลงอย่างไม่เป็นนัยสำคัญ เนื่องจากที่ความถี่ต่ำ การดูดซับเสียงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนา และที่ความถี่สูง ความหนาจะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการดูดซับเสียง สิ่งนี้สอดคล้องกับการค้นพบของ Ibrahim และ Melik [82] ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในทางตรงกันข้ามกับความถี่สูงที่ความหนาของวัสดุส่งผลกระทบน้อยต่อคุณสมบัติการดูดซับเสียงของวัสดุที่มีรูพรุน ที่ความถี่ต่ำการดูดซับเสียงจะเพิ่มขึ้นตามความหนาของวัสดุที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.9 ผลของการจัดลำดับชั้นต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

ผลของการจัดลำดับชั้นต่อการดูดซับเสียงวัดด้วยการจัดวางลำดับชั้นแตกต่างกัน 3 ตำแหน่ง ด้วยผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและแผ่นกัณูซิง วางแบบโครงสร้างแซนวิช (Sandwich structure) 3 ชั้น โดยการจัดวางตำแหน่งต่าง ๆ ทั้ง 3 ตำแหน่ง คือ ด้านหน้า (ใกล้กับแหล่งกำเนิดเสียงมากที่สุด) ด้านหลัง (ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงมากที่สุด) และตรงกลาง ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า แผ่นที่มีชั้นกัณูซิงอยู่ใกล้ที่สุด (ด้านหน้า) หรือไกลที่สุด (ด้านหลัง) จากแหล่งการไหลของคลื่นเสียง อันที่จริงเป็นผ้าชนิดเดียวกัน เพียงพลิกอีกด้านหนึ่งเพื่อทดสอบค่าการดูดซับเสียง สามารถสังเกตการจัดลำดับชั้นของผ้าได้ 2 กลุ่ม ในกลุ่มผ้า LLH, LHL และ HLL (มีจำนวนชั้น PLA มากกว่า Hemp) พบว่า ผ้า LLH มีค่า NRC มากกว่า LHL และ HLL ตามลำดับ และในกลุ่มผ้า LHH, HLH และ HHL (มีจำนวนชั้น Hemp มากกว่า PLA) พบว่า ผ้ามีค่า NRC ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าเมื่อจำนวนชั้นของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าการดูดซับเสียงมากกว่ากลุ่มที่มีจำนวนชั้นของกัณูซิงที่มาก อาจเนื่องจากการเพิ่มโครงสร้างของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอที่รวมกัน โดยการเพิ่มชั้นของสิ่งกีดขวางด้านหน้า แหล่งกำเนิดเสียง [81] อีกทั้ง ยังพบว่า ผ้า PLA/PLA/PLA (LLL) มีค่าการดูดซับเสียงมากกว่า Hemp/Hemp/Hemp (HHH) แม้ว่ากัณูซิงจะมี GSM มากกว่า แต่ก็ยังแสดงค่าการดูดซับเสียงต่ำกว่า PLA อย่างมาก อย่างไรก็ตาม PLA มีความหนาแน่นมากกว่า Hemp แม้ว่าจะมีรายงานที่ทั้งความหนาแน่นของพื้นที่ (GSM) และความหนาแน่นมีส่วนทำให้เกิดคุณสมบัติการดูดซับเสียง จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นของวัสดุทั้ง PLA และ

Hemp มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณสมบัติทางเสียง เนื่องจากความแตกต่างในประเภทของเส้นใยทั้งสองจึงทำให้คุณสมบัติทางเสียงแตกต่างกัน [81] และอาจเกิดจากความแปรผันสูงของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยและรูปร่างที่ไม่สม่ำเสมอของเส้นใยก็อาจทำให้เส้นทางที่คลื่นเสียงไปมาผ่านชั้นผ้ามีความถี่สูงขึ้น [66] จึงสรุปได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของกลุ่มผ้า PLA/PLA/Hemp มีค่าการดูดซับเสียงที่ดีที่สุด

จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดระดับความดังของเสียง (NRC) ได้แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ วัสดุที่มีค่า NRC ต่ำกว่า 0.1 เป็นวัสดุดูดซับเสียงต่ำ วัสดุที่มีค่า NRC อยู่ระหว่าง 0.2-0.4 เป็นวัสดุดูดซับเสียงปานกลาง และวัสดุที่มีค่า NRC สูงกว่า 0.4 เป็นวัสดุดูดซับเสียงสูง [82] โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดระดับความดังของเสียงที่ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 Hz ของผ้าไม้สักไม้ทอ ดังตารางที่ 4.3 พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.5-0.6 จัดว่าเป็นวัสดุดูดซับเสียงสูง

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงและพารามิเตอร์โครงสร้างที่มีการจัดลำดับชั้นต่างกัน

Fabric	Thickness (mm)	GSM (g/m ²)	NRC
HHH	29.06 ± 0.50	3292 ± 38.70	0.50 ± 0.02
LLL	42.25 ± 0.71	1483 ± 33.83	0.59 ± 0.03
HLL	35.62 ± 0.82	2121 ± 34.69	0.56 ± 0.02
LHL	34.87 ± 0.62	2112 ± 23.12	0.57 ± 0.04
LLH	35.89 ± 0.64	2083 ± 36.67	0.60 ± 0.03
LHH	32.57 ± 1.57	3107 ± 44.20	0.54 ± 0.07
HLH	32.06 ± 1.50	3114 ± 38.56	0.53 ± 0.07
HHL	32.53 ± 0.94	3120 ± 26.86	0.53 ± 0.05

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการขึ้นรูปผ้าไม่ถักไม่ทอ ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และศึกษาสมบัติการดูดซับเสียงของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและเส้นใยธรรมชาติจากการเตรียมผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอด้วยกระบวนการปั่นหลอมแบบพ่นและแผ่นเส้นใยกัญชง โดยการศึกษาคุณสมบัติของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ เพื่อนำมาประกบกับแผ่นเส้นใยกัญชงแบบโครงสร้างแซนวิช 3 ชั้น จากนั้นทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นดูดซับเสียง ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปวัสดุดูดซับเสียงจากผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอ พบว่า อุณหภูมิ 260 °C แรงดันลม 0.5 MPa และระยะเก็บชิ้นงานที่ 60 cm ส่งผลให้ผ้าไม่ถักไม่ทอมีความหนา GSM และความหนาแน่นสูงขึ้น อีกทั้งมีผลการซึมผ่านของอากาศที่น้อยลง และขนาดของเส้นใยเล็กลง ซึ่งผลลัพธ์เหล่านี้เป็นไปตามปัจจัยที่ส่งผลต่อวัสดุดูดซับเสียงที่ดี จากนั้นทำการขึ้นรูปผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอตั้งสภาวะที่เหมาะสมข้างต้นด้วยความหนาที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษา GSM และความหนาต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง พบว่า GSM และความหนาที่มากส่งผลให้การดูดซับเสียงที่ดีที่สุดคือ GSM ที่ 502 g/m² และความหนา 14.75 mm

ผลการศึกษาการจัดลำดับชั้นต่อการซึมผ่านของอากาศของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอกับแผ่นกัญชง พบว่า ผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอส่งผลต่อการซึมผ่านของอากาศที่น้อยกว่าผ้ากัญชง และเมื่อผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทออยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดกระแสลม (ด้านหน้า) ส่งผลต่อการซึมผ่านของอากาศที่น้อยกว่าผ้ากัญชงที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดกระแสลม (ด้านหน้า) (LH < HL) เนื่องจากวัสดุที่มีขนาดของเส้นใยเล็กกว่าจะมีความพรุนมากกว่า จึงทำให้พื้นผิวสัมผัสกับกระแสลมที่ตกกระทบมากขึ้น และผลการศึกษาการจัดลำดับชั้นต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอกับแผ่นกัญชงแบบโครงสร้างแซนวิช 3 ชั้น พบว่า เมื่อจำนวนชั้นของผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอเพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงมากกว่ากลุ่มที่มีจำนวนชั้นของกัญชงที่มาก และเมื่อผ้าพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทออยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดเสียง (ด้านหน้า) ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงดีขึ้น เนื่องจากความแปรผันสูงของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยและรูปร่างที่ไม่สม่ำเสมอของเส้นใยกัญชง และพบว่า การจัดลำดับชั้นของผ้า PLA/PLA/Hemp มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงสูงที่สุด ซึ่งจัดว่าเป็น

วัสดุดูดซับเสียงสูง โดยสามารถดูดซับเสียงได้ 60 % แสดงให้เห็นว่าสามารถนำมาทำเป็นวัสดุดูดซับเสียงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถเพิ่มมูลค่าได้ และเป็นทางเลือกสำหรับทดแทนวัสดุที่ใช้ปิโตรเลียมจำนวนมากในอนาคตได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาแผ่นดูดซับเสียงจากพอลิแลคติกแอซิดแบบไม่ถักไม่ทอและเส้นใยกัญชง พบว่ามีหัวข้อที่น่าสนใจนำไปทำการทดลองเพิ่มเติม ได้แก่

5.2.1 ทำการทดลองนำไปใช้งานจริง เพื่อสามารถต่อยอด และพัฒนาภาคอุตสาหกรรมต่อไปได้

5.2.2 ศึกษาการเพิ่มนาโนเซลลูโลสในวัสดุดูดซับเสียง เนื่องจากสามารถเพิ่มค่าการดูดซับเสียงของวัสดุในช่วงความถี่กว้าง



บรรณานุกรม

- [1] Thomas, N., โอกาสของพลาสติกชีวภาพในอุตสาหกรรมยานยนต์, (ออนไลน์), ม.ป.ป. เข้าถึงได้จาก : <http://plastic.oie.go.th/ReadArticle.aspx?id=7451>, (30 กรกฎาคม 2564).
- [2] นันทวุฒิ จำปางาม. (2563). ไมโครพลาสติก: ปัญหาในระบบนิเวศแหล่งน้ำ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 14(2), 26.
- [3] รพีพัฒน์ อิงคสิทธิ์. พลาสติกย่อยสลายได้ ช่วยหรือทำร้ายโลกกันแน่. (ออนไลน์), 2562. เข้าถึงได้จาก : <https://themomentum.co/would-degradable-plastic-save-the-world/>. (2 สิงหาคม 2564)
- [4] Jorge, P.A., (2016) “Applications of Acoustic Textiles in Automotive/Transportation”, Acoustic Textiles, pp.143-163.
- [5] Prahsarn,C.; Klinsukhon,W.; Suwannnamek,N.; Wannid,P.; Padee,S. (2020). Sound Absorption Performance of Needle Punched Nonwovens and Their Composites with Perforated Rubber, SN Applied Sciences.
- [6] Palak,H.; Karaguzel Kayaoglu,B. (2020). Analysis of the Effect of Fiber Cross Section and Different Bonding Methods on Sound Absorption Performance of PET Fiber Based Nonwovens Using Taguchi Method, The Journal of the Textile Institute, 111(4), 575-585.
- [7] Ganesan,P.; Karthik,T. (2016). “Development of Acoustic Nonwoven Materials from Kapok and Milkweed Fibres”, Journal of Textile Institute, 107(4), 477-482.
- [8] Gomez,T.S., Navacerrada,M.A., Diaz,C. (2020). Figue Fibres as a Sustainable Material for Thermoacoustic Conditioning, Applied Acoustics, 164, No.UNSP 107240.
- [9] Elliott-Sink, S. Cars Made of Plants, (2005). (online), Available : <https://www.edmunds.com/advice/fueleconomy/articles/105341/article.html>. (2 Aug. 2021)

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [10] Olesen, P. O. and Plackett, D. V. (1999). Natural Fibres Performance Forum, Copenhagen, Denmark.
- [11] Vasile, S. and Langenhove, L. (2004). Automotive Industry, A high potential Market for Nonwoven Sound Insulation, JTATM, 3(4).
- [12] Mohanty, A. K., Misra, M., Drzal, L. T., Selke, S. E., Harte, B. R. and Hinrichsen, H. (2005). Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites: An Introduction, A. K., Misra, M. and Drzal, L. T., eds., Natural Fibers, Biopolymers and Biocomposites, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 1-35.
- [13] Oh, K. W., Kim, D. K. and Kim, S. H. (2009). Ultra-porous Flexible PET/Aerogel Blanket for Sound Absorption and Thermal Insulation, Fiber. Polym., 10, 731, doi: 10.1007/s12221-010-0731-3.
- [14] Korte, S. and Staiger, M. P. (2008). Effect of Processing Route on the Composition and Properties of Hemp Fibre, Fiber. Polym., 9(5), 593-603.
- [15] Nam, S. and Netravali, A. N. (2006). Green composites. I. physical properties of ramie fibers for environment-friendly green composites, Fiber. Polym., 7(4), 372 -379.
- [16] Yilmaz, N. D., Banks-Lee, P. and Powell, N. B. (2008). Biodegradable Nonwoven Composites as Noise Control Elements, INTC 2008 International Nonwovens Technical Conference Proceedings, TX, USA.
- [17] วนรัตน์ กรอิสรานุกูล, นवलวรรณ ทวยเจริญ และสุญรุต โสธร. (2562). การพัฒนาแผ่นไม้ปาร์ติเกิดจากแกนกล้วยเพื่อเป็นผนังตกแต่งภายในอาคาร. วารสารวิชาการพลังงาน และสิ่งแวดล้อมในอาคาร, ปีที่ 2, ฉบับที่ 3, หน้า 78-96.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [18] กอปร เปรมฤทัย, โสภภา วิศิษฐ์ศักดิ์ และปารเมศ กำแหงฤทธิรงค์. (2561). วัสดุดูดซับเสียงผนังภายในอาคารจากเส้นใยกล้วยและวัสดุประสานจากธรรมชาติ. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้และสิ่งประดิษฐ์ ครั้งที่ 2 (น. 160). ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [19] Chiellini, E. and Solaro, R. (1996). Biodegradable polymeric materials, *Advanced Materials*, 8, 305-313.
- [20] Zhang, X., Fevre, M., Jones, G. O. and Waymouth, R. M. (2018). Catalysis as an Enabling Science for Sustainable Polymers. *Chem. Rev.*, 118.
- [21] Laycock, B., Nikolic, M., Colwell, J.M., Gauthier, E., Halley, P., Bottle, S. and George, G. (2017). Lifetime prediction of biodegradable polymers, *Prog. Polym. Sci.* 71,144-189, doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2017.02.004.
- [22] Dilkes-Hoffman, L.S., Lant, P.A., Laycock, B. and Pratt, S. (2019). The rate of biodegradation of PHA bioplastics in the marine environment: a meta-study, *Mar Pollut Bull*, 142,15-24, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.03.020.
- [23] Wang, G.X., Huang, D., Ji, J.H., Volker, C. and Wurm, F.R. (2021). The rate of biodegradation of PHA bioplastics in the marine environment: a meta-study, *Adv. Sci.*, 8(1), doi: 10.1002/advs.202001121.
- [24] Omnexus. (2022). Bioplastics, URL <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/biodegradable>. (2 Aug. 2021).
- [25] Vink, E.T.H., Rabago, K.R., Glassner, D.A. and Gruber, P.R. (2004). The sustainability of Natureworks™ polylactide polymers and Ingeo™ polylactide fibers: an update of the future. *Macromol. Biosci.* 4, 551–564.
- [26] Solarski, S., Ferreira, M. and Devaux, E. (2005). Characterization of the thermal properties of PLA fibers by modulated differential scanning calorimetry. *Polymer* 46, 11187–11192.
- [27] Lim, L.T., Auras, R. and Rubino, M. (2008). Processing technologies for poly(lactic acid). *Prog. Polym. Sci.* 33, 820–852.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [28] Jamshidian, M., Tehrany, E.A., Imran, M., Jacquot, M. and Desobry, S. (2010). Polylactic acid: production, applications, nanocomposites, and release studies. *Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.* 9, 552–571.
- [29] Lopes, M.S., Jardini, A.L., and Filho, R.M. (2012). Poly (Lactic Acid) Production for Tissue. Engineering Applications. *Procedia Engineering*, 42, 1402–1413.
- [30] Averous, L. (2008). Polylactic acid: Synthesis, properties and applications, in: N. Belgacem, and A.Gandini, eds., *Monomers, Oligomers, Polymers and Composites from Renewable Resources*, Elsevier, Amsterdam, 433-450.
- [31] Omnexus, (n.d). Polylactide (PLA): Bio-based & Biodegradable Polymer, (online), Available : <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polylactide-pla-bioplastic>. (10 Aug. 2021)
- [32] Auras, R. (2002). Poly(lactic acid). *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, John Wiley & Sons, Inc.
- [33] Nampoothiri, K. M., Nair, N. R. and John, R. P. (2010). An overview of the recent developments in polylactide (PLA) research. *Bioresource Technology*. 101, 8493–8501.
- [34] Yamane, H. and Sasai, K. (2003). Effect of the addition of poly(D-lactic acid) on the thermal property of poly(Llactic). *Polymer*. 44, 2569–2575.
- [35] Benicewicz, B. C. and Hopper, P. K. (1991). Review: Polymers for absorbable surgical sutures - part II. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*. 1, 64–94.
- [36] Davis, S. S, Illum, L. and Stolnik, S. (1996). Polymers in drug delivery. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 1, 660–666.
- [37] Cheng, Y., Deng, S., Chen, P. and Ruan, R. (2009). Polylactic acid (PLA) synthesis and modifications: a review. *Frontiers of Chemistry in China*. 4, 259–264.
- [38] วีระศักดิ์ อุดมเดชา. (2542). *วิทยาศาสตร์เส้นใย*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [39] Ahmad, F., Choi, H.S. and Park, M.K. (2015). A Review: Natural Fiber Composites Selection in View of Mechanical, Light Weight, and Economic Properties. *Macromolecular Materials and Engineering*, 300, 10-24.
- [40] Geeksforgeeks. (n.d). Synthetic and Natural Fibers, (online), Available : <https://www.geeksforgeeks.org/synthetic-and-natural-fibers/>. (2 Aug. 2021).
- [41] Britannica. (n.d). Hemp, (online), Available : <https://www.britannica.com/plant/hemp>. (2 Aug. 2021).
- [42] TextileToday. (2020). Extraction, processing, properties and use of hemp fiber, (online), Available : <https://www.textiletoday.com.bd/extraction-processing-properties-and-use-of-hemp-fiber/>. (2 Aug. 2021).
- [43] Shaker, K., Umair, M., Ashraf, W. and Nawab, Y. (2016). Fabric manufacturing, *Physical Sciences Reviews*, doi.org/10.1515/9783110413267-006.
- [44] Appert-Collin, J.C. and Thomas, D. (2017). Fibrous Media, in *Aerosol Filtration*, doi.org/10.1016/B978-1-78548-215-1.50002-0.
- [45] Edana, n.d. Mechanical bonding. (online), Available : <https://www.edana.org/nw-related-industry/how-are-nonwovens-made>. (10 Aug. 2021)
- [46] Irwin, M. H. (2007). Processes for Nonwoven Filter Media. *Handbook of Nonwoven Filter Media*. 195-244.
- [47] Chia, Se. (2020). Manufacturing of needle punched nonwoven. (online), Available : <http://ngocminh-nmc.com.vn/0-1-2-207244.html>. (11 Aug. 2021)
- [48] Rutchaneekorn, W., Supaphorn, T., Hiroyuki, I., Masayuki, O. and Hiroyuki, H. (2015). Preparation of Poly(lactic acid) Nanofiber by Cotton Candy Method, *Proceedings of the Asian Workshop on Polymer Processing Annual Conference (AWPP 2015)*, Singapore.
- [49] Shrivastava, A. (2018). Plastic Properties and Testing, in *Introduction to Plastics Engineering*, doi.org/10.1016/B978-0-323-39500-7.00003-4.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [50] Webb, J.D. (1976). Physics of sound. In R.I. Woods MIHVE (ed.). Noise Control in Mechanical Service. New York. John Wiley & Sons.
- [51] David, A. Harris. (1991). Noise Control Manual. New York. Van Nostrand Reinhold.
- [52] Cowan, J.P. (1994). Handbook of Environmental Acoustics. Van Nostrand Reinhold: International Thomson Publishing Company.
- [53] Music Production. (n.d). Membrane Absorbers. (online), Available : <https://musicproductionknowledge.com/hardware/soundproofing/membraneabsorbers>. (11 Aug. 2021)
- [54] Doelle L.L. and Arch.M. (1972). Environmental Acoustic. (n.p.) McGraw-Hill Book Company.
- [55] Yerges LF. (1969). Sound, Noise and vibration control. New York: Van Nostrand Reinhold.
- [56] Sound Bridge. (2019). Porous Absorbers. (online), Available : <https://soundbridge.io/porous-absorbers/>. (11 Aug. 2021)
- [57] Malcolm, J. Crock. And Frederick, M. Kessler. (1982). Noise and Noise Control Volume 2. Florida, CRC Press, Inc.
- [58] วัชร จันฎ. (2556). ผลกระทบของการเติมพอดเตอร์สโตนในพอลิโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติการหน่วงไฟ, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [59] สุนันทา กระจ่างจิตร, กฤติกา ศรีเดช และศิระ แสงถนอม. (2555). การศึกษาสมบัติของเส้นใยพอลิ โพรพิลีนที่มีการผสมถ่านจากขังข้าวโพด, วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [60] ASTM D737-18. (2018). Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics, ASTM International, West Conshohocken, PA,
- [61] ASTM E1050 – 08. (2008). Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using a Tube, Two Microphones and a Digital Frequency Analysis System, West Conshohocken, PA.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [62] Devi, P. (2014). A Study on Acoustic Properties of Polyester and Hollow Polyester Non woven Fabrics, *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, 2(1), 2348-7550.
- [63] Yang, T., Xiong, X., Mishra, R., Novak, J. and Chaloupek, J. (2016). Investigation on acoustic behavior and air permeability of struto nonwovens, *Fiber and Polymers*, 17(12): 2078–2084, DOI: 10.1007/s12221-016-6967-9.
- [64] Cai, Z., Al Faruque, M. A., Kiziltas, A., Mielewski, D. and Naebe, M. (2021). Sustainable Lightweight Insulation Materials from Textile-Based Waste for the Automobile Industry. *Materials*, 14.
- [65] Lou, C., Lin, J., and Su, K. (2005). Polyester and Polypropylene Nonwoven Selvages to Produce Functional Sound Absorption Composites. *Textile Research Journal*, 75(5), 390-394.
- [66] Zainulabidin, M.H., Yusuff, M.H.M., Ismail, A.E., Kasron, M.Z. and Kassim, A.S.M. (2015). Effect of Porous Materials Combination in Layers on Sound Absorption Characteristics. *J. Appl. Math. Mech.*, 773-774:210-215, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.773-774.210.
- [67] Asis, P., Minando, M., & Subhakar, M. (2015). Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies. *Energy and Building*, 92, 161-169.
- [68] Michael, C. and Marek, K. (2002). Acoustic Textiles – Lighter, Thinner and More Absorbent, *Technical-Textiles-International*.
- [69] Wertel, S. J. (2014). Experimental analysis of noise reduction properties of sound absorbing foam, *Univ. Wisconsin-Stout*, 66 .
- [70] Al-Shammari, B., Al-Fariss, T., Al-Sewailm, F., Elleithy, R. (2011). The effect of polymer concentration and temperature on the rheological behavior of metallocene linear low density polyethylene (mLLDPE) solutions, *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, 23, 9–14, doi: 10.1016/j.jksues.2010.07.001.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [71] Wongpajan, R., Thumsorn, S., Inoya, H., Okoshi, M., Hamada, H. (2018). Development of cotton candy method for high productivity polypropylene fibers webs, *Fibers Polym.*, 19, 135–146, doi: 10.1007/s12221-018-7574-0.
- [72] Chen, T., Huang, X. (2003). Modeling polymer air drawing in the melt blowing nonwoven process, *Text. Res. J.* 73, 651-654.
- [73] Chen, T., Wang, X.H., Huang, X.B. (2004) . Modeling the air-jet flow field of a dual slot die in the melt blowing nonwoven process, *Text. Res. J.* 74, 1018-1024.
- [74] Ellison, C.J., Phatak, A., Giles, D.W., Macosko, C.W., Bates, F.S. (2007). Melt blown nanofibers: Fiber diameter distributions and onset of fiber breakup, *Polymer (Guildf.)*, 48, 3306–3316, doi: 10.1016/j.polymer.2007. 04.005.
- [75] Bo, Z. (2012) .Production of polypropylene melt blown nonwoven fabrics: Part ii -effect of process parameters,” *Indian J. Fibre Text. Res.* 37, 326–330.
- [76] Lee, K.H., Ohsawa, O. (2009). Watanabe, K., Kim, I.S., Givens, S.R., Chase, B., Rabolt, J.F., Electrospinning of syndiotactic polypropylene from a polymer solution at ambient temperatures, *Macromolecules* 42, 5215–5218, doi: 10.1021/ma9006472.
- [77] Lee, Y., Wadsworth, L.C. (1990). Structure and filtration properties of melt blown polypropylene webs, *Polym. Eng. Sci.*, 30, 1413–1419, doi: 10.1002/pen.76030 2202.
- [78] Watanabe, K. Kim, B. S., and Kim, I. S. (2011). Development of polypropylene nanofiber production system, *Polym. Rev.*, 51, 288–308, doi: 10.1080/15583724.2011.594 195.
- [79] Yang, T. (2016). Investigation on acoustic behavior and air permeability of struto nonwovens, *Fibers Polym.*, 17, 2078–2084, doi: 10.1007/s12221-016-6967-9.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [80] Broda, J. and Baczek, M. (2020). Acoustic Properties of Multi-Layer Wool Nonwoven Structures, *J. Nat. Fibers*, 17, 1567–1581, doi: 10.1080/15440478. 2019.1584078.
- [81] Anand Nandanwar, M. C. Kiran, K. Ch. (2017). Varadarajulu, Influence of Density on Sound Absorption Coefficient of Fibre Board, *Acoust. J.*, 7, 1–9, doi: 10.4236/oja.2017.71001.
- [82] Albert, T. and Richard, K.M. (1986). *Fundamentals and noise control engineering*, Georgia: Fairmont Press.







ภาคผนวก

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

SSSTJ
VOL.9 NO.1
January 2022
ISSN 2351-0889

SSSTJ



Suan Sunandha Science and Technology Journal
Volume 9, Number 1, January 2022



Sound Absorbing Panels from Poly(lactic acid) Non-woven Fabric and Natural Fibers

Mathurot Malimat¹, Nanjaporn Roungpaisan², Weraporn Pivsa-Art³,
Sommai Pivsa-Art^{1,*}

¹Department of Materials and Metallurgical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, 12110, Thailand

²Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, 12110, Thailand

³Department of Chemical and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, 12110, Thailand

Corresponding author e-mail: *sommai.p@en.rmutt.ac.th

Abstract

This research studied the utilization of biodegradable polymer for nonwoven fabric production and applied to fabricate a sound absorbing panel by incorporate with natural fiber nonwoven fabric. PLA was used as a biodegradable polymer and hemp nonwoven was used as a natural fiber nonwoven fabric. PLA nonwoven fabric was prepared using a melt jet spinning process. The spinning process was carried out at 250 and 260 °C with screw speed of 10 rpm and air blown pressure of 0.3 and 0.5 MPa. The die-to-collector of fabric production was studied at 30 and 60 cm to compare the nonwoven fabric product property. The relationships between the material parameters. It was found that the process temperature, air pressure and die-to-collector distance have significant effect to the nonwoven fabric thickness, GSM, and fabric density. Air permeability decreased with high fabric thickness as well as fine fibers which supported the property of sound absorbing panel. Therefore, the suitable conditions for sound absorbing panel fabrication were process temperature of 260 °C, air pressure 0.5 MPa and die-to-collector distance of 60 cm. Sound absorbing coefficient measurement revealed that GSM fabric thickness showed effect on increasing of sound absorption. The effect of nonwoven sheet order and arrangement of PLA nonwoven and hemp nonwoven of 3 layers sandwich indicated that the layers order of PLA/PLA/Hemp showed high sound absorbing coefficient comparable with PLA/PLA/PLA due to fiber size and arrangement.

Keywords: Sound absorbing panel, poly(lactic acid), nonwoven, hemp fiber

1. Introduction

The environmental concern on pollution from plastic waste has high impact on the utilization of bioplastics to replace the conventional petroleum-based materials. In the automotive industry, the effects of an increase in greenhouse gas emissions and a greater focus on environmental sustainability and vehicle end life management, have all attributed to this trend. Bioplastics are one of the best replacement materials for conventional plastics as well as metals.

Noise is a major cause of industrial fatigue, irritation, and reduced the productivity of industrial processing and cause of occupational accidents. It has been reported that continuous exposure of noise of 90dB or above is dangerous to hearing. Various

kinds of acoustic materials has been used as either sound barriers or sound absorbers to reduce noise or sound in vehicle to a comfort level or silence. Solid and impermeable materials were used as a sound barrier which reflects the incoming sound in order to prevent sound transmission. On the other hand, porous materials, including foams and fibrous materials with internal pores, were effectively used as sound absorber, especially in a high frequency range. Porous sound absorbing materials have been widely used in the construction of aircraft, spacecraft, cars, trucks, and ships.

Nonwovens are fibrous materials assembled directly from fibers having high porous structures and high surface areas. From these properties nonwovens are attractive for being used as sound

absorbers for many technical applications. When the sound wave enters nonwoven, it moves through tortuous passages and contacts with the fiber surface, resulting in energy dissipation into heat loss. Nonwovens offer advantages over foams as they can be recycled, and their manufacturing methods may have less environmental impact than conventional polyurethane sound absorbers. Compared with foams, nonwovens can absorb more sound over a wider range of frequencies.

Glass fibers have been used for sound absorbing material from their sound absorption characteristics and air flow resistivity among fibrous absorbers. However, due to the potential risks posed by glass fibers such as being unsafe to handle, non-recyclable, and posing health risks when inhaled, natural fibers are increasingly gaining attention in diversified engineering end uses in place of glass fibers. The application of natural fibers and biodegradable polymer fibers for sound absorbing panels have been continuously studied. The effect of combination of natural fiber and nonwoven fabric on sound absorption proficiency has not been reported.

In this study, sound absorption of three-layered nonwoven consisting of single and multiple types of fibers were reported. The fiber layers comprise of poly(lactic acid) (PLA) nonwoven panel and hemp fibers. The effect of processing conditions of PLA nonwoven fabric property and sequencing of the constituent layers on sound absorption were investigated.

2. Materials and method

2.1 Materials

Poly(lactic acid) pellets are of Ingeo biopolymer 6100D, with a melt flow index of 24 g/10 min (210 °C) and density of 1.24 g/cm³ (Nature Works LLC). Hemp used in this research was obtained from Hemphai Co. Ltd. (Tak province, Thailand).

2.2 Sample preparation

PLA were dried in the oven at 80 °C for 12 h. PLA nonwoven was fabricated by a melt jet spinning machine outfitted with a die with three 0.4 mm spinnerets and a hot air outlet at the center. PLA pellets were fed into the hopper and molten by the extruder process. The screw speed was set at 10 rpm. The nozzle has three holes of spinnerets with diameter of 0.4 mm that located above the hot air outlet. The nozzle temperatures were varied for 250

and 260 °C. The air pressures were controlled from 0.3 and 0.5 MPa by the air pressure controller. The collector distance between the nozzle and the collector, which is referred as the collector, was varied at 30 and 60 cm. The molten PLA was blown and stretched by the hot air flow. PLA nonwoven were collected on a roller mesh collector at different processing conditions. Three layers of webs from PLA and hemp nonwoven were stacked as given in Table 1 (Figure 1).

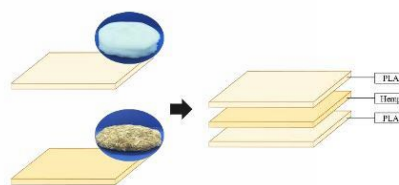


Figure 1. Schematic of multilayer structure of fiber webs.

Table 1. Layering of fiber webs.

Web number	Web code	Layer 1 (A)	Layer 2 (B)	Layer 3 (C)
1	HHH	Hemp	Hemp	Hemp
2	HLL	Hemp	PLA	PLA
3	LHL	PLA	Hemp	PLA
4	LLH	PLA	PLA	Hemp
5	LLL	PLA	PLA	PLA
6	LHH	PLA	Hemp	Hemp
7	HLH	Hemp	PLA	Hemp
8	HHL	Hemp	Hemp	PLA

Note: H = hemp, L = PLA

2.3 Thickness and mass per unit area (grams per square meter, GSM)

Mass per unit area of fabric sample of 1 cm x 10 cm for 10 pieces (g/m²) were cut randomly and weighed in grams. The thickness of the fabric is ten measurements were taken from each sample using a thickness gauge (Telclock Dial thickness gauge SM 112P).

2.4 Morphology and fiber diameter evaluation

Morphology of PLA fiber and hemp fiber was observed by optical microscopy technique (OM) (Olympus Microscope, CX41) beamed at 10

times magnification. Fiber diameters were examined from OM photographs using Image J software.

2.5 Air permeability

The fabric transport property that most sensitive to fabric structure is air permeability, defined as the volume flow rate per unit area of a fabric when there is a specified pressure differential across two faces of the fabric. Air permeability of the samples were measured based on ASTM D737 Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics [14]. The measurements performed at a constant pressure drop of 100 Pa (20 cm² test area).

2.6 Sound absorption coefficients

Sound absorption coefficient was measured according to ASTM E 1050-08 standard test method by using an acoustic duct (SCIEN-9301, Korea) two microphones. Samples were cut into two different sizes (30 and 100 mm). The 30 mm tube was used to test the sound absorption coefficient at a (low) frequency between 125 to 1600 Hz. The sound absorption coefficient at a (high) frequency from 500 to 6300 Hz was tested using the 100 mm tube. The calibration was performed before conducting the test. Samples were mounted into the sample holder, which was clamped onto the tube for testing. For each material, three samples were tested in each tube size to cover the whole frequency ranged between 125 and 6300 Hz. The noise reduction coefficient (NRC) of all the materials were calculated according to Equation (1).

$$NRC = \frac{\alpha_{250Hz} + \alpha_{500Hz} + \alpha_{1000Hz} + \alpha_{2000Hz}}{4} \quad (1)$$

3. Results and discussion

3.1 GSM and thickness of PLA nonwoven fabric

The effect of GSM and thickness on property PLA nonwoven fabric is shown in Figure 2 (a) and (b). The fiber was produced using air pressure of 0.3 and 0.5 MPa and die-to-collector distance of 30 and 60 cm. The die temperature was controlled for 250 and 260 °C. Increasing in die temperature resulted in high melt of polymer, and increasing in air pressure, and collector distance evolved in significantly increased in GSM and fabric thickness. Numerous studies that dealt with sound absorption in porous materials have concluded that low frequency sound absorption has direct relationship with thickness. It is observed that the samples with higher GSM showed higher thickness. It was reported that thicker materials showed better the sound absorption values. From Figure 2, the condition at temperature

260 °C, air pressure 0.5 MPa and die-to-collector distance of 60 cm, the fabric GSM showed highest thickness.

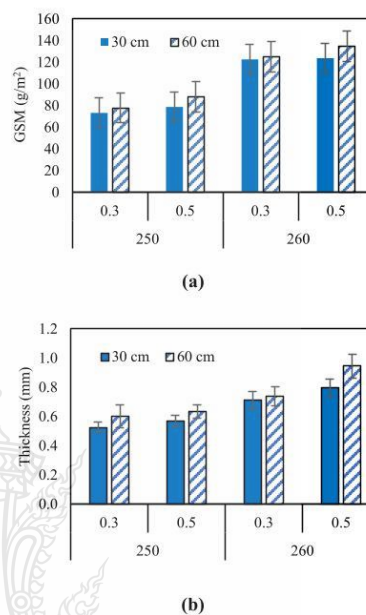


Figure 2. GSM and thickness of PLA nonwoven fabric (Nozzle temperature 250 and 260 °C, air pressure 0.3 and 0.5 MPa, collector distance 30 and 60 cm) (a) GSM, (b) thickness.

3.2 Density of PLA nonwoven fabric

The material density is another factor to characterize the nonwoven fabric and is defined as mass per unit volume (g/cm³). Density influences the acoustic impedance as the impedance determines the reflection of materials. It was reported that noise reduction coefficient increases with decrease in density. In Table 2, increasing in die temperature resulted in increasing of the nonwoven fabric density due to the thickness of material. However, increasing in air pressure and collector distance, the density of the nonwoven fabric decrease. Therefore, the process at 0.5 MPa and die-to-collector distance of 60 cm was the most suitable condition for production of sound absorption panel.

Table 2. Density of PLA nonwoven fiber.

Temperature (°C)	Air pressure (MPa)	Collector distance (Cm)	Density (g/cm ³)
250	0.3	30	0.146 ± 0.007
		60	0.130 ± 0.009
	0.5	30	0.139 ± 0.011
		60	0.140 ± 0.008
260	0.3	30	0.176 ± 0.012
		60	0.169 ± 0.017
	0.5	30	0.155 ± 0.009
		60	0.141 ± 0.010

3.3 Morphology and fiber diameter of PLA nonwoven fabric

Figures 3 and 4 present the OM photograph and the distribution of the PLA fibers at 250 and 260 °C, pressure of 0.3 and 0.5 MPa and collected at 30 and 60 cm. In Figure 3, the PLA fibers at 250 °C are large with near die-to-collector distance while the fiber diameter decreases with long collected distance. The fiber sizes and the distributions were significantly decreased when increasing air pressures and collector distance. In Figure 4 the fibers size and fiber distribution of the nozzle temperatures at 260 °C showed similar tendency with 250 °C. The PLA fibers size distribution at 260 °C with air pressure of 0.5 MPa, 60 cm were smaller than the process at 250 °C.

It could be considered that the molten PLA at 250 °C was faster solidified than at 260 °C which would result in large fiber size. Finer fibers were produced at higher air velocity and collector distance. Consequently, the increasing of the air pressure led to the declination of fiber diameter in PLA melt blown nonwoven fabrics. In addition, it was attributed to viscosity of the molten PLA, which high viscosity of the molten PLA was difficult to blow by hot air at low processing temperature. Therefore, at 250 °C PLA fibers sizes were large and exhibited broad distribution. Thus, at 260 °C the molten PLA was continuing blown by hot air, which resulted in the reduction of the fiber size and the narrow fiber distribution. Ellison *et al.* reported that polymers in their melt blowing process showed a significantly reduction in fiber diameter because of an increasing in processing temperatures. It was attributed to an increment in the active temperature window that provided the fiber attenuation when processing temperatures increased. Thus, the polymer fibers remained in the melt state for longer periods of time at higher processing temperatures and encountered an additional attenuation before the

polymer solidifies via sufficient crystallization or became amorphous. In addition, an increasing the temperature would result in a substantial decrease in viscosity.

The sound absorption coefficient increased with the small fiber size in which smaller fiber has more porosity and more contact surface with the incident sound. Therefore, the suitable conditions for nonwoven PLA fabric fabrications were at the nozzle temperatures at 260 °C, air pressure 0.5 MPa, and die-to-collector distance of 60 cm.

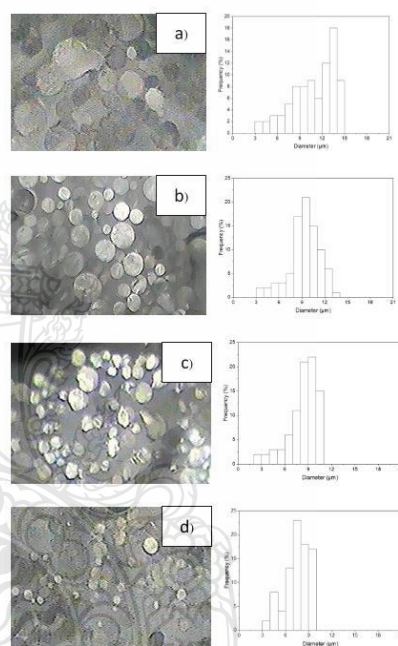


Figure 3. OM and distribution of PLA nonwoven cross section the nozzle temperatures at 250 °C (pressure and collector distance): a) 0.3 MPa, 30 cm, b) 0.3 MPa, 60 cm, c) 0.5 MPa, 30 cm and d) 0.5 MPa, 60 cm.

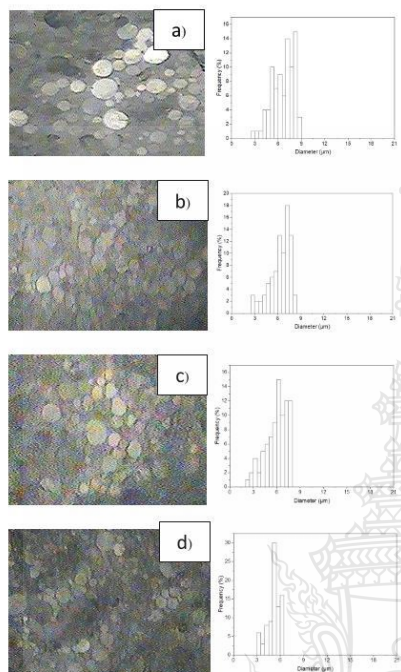


Figure 4. OM and distribution of PLA nonwoven cross section the nozzle temperatures at 260 °C (pressure and collector distance): a) 0.3 MPa, 30 cm, b) 0.3 MPa, 60 cm, c) 0.5 MPa, 30 cm and d) 0.5 MPa, 60 cm.

3.4 Air permeability of PLA nonwoven fabric

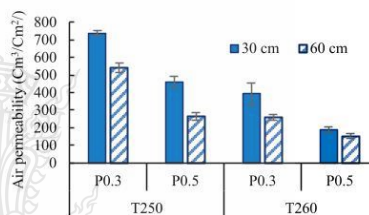
In order to examine the effect of fiber deformation on the measured air permeability of PLA nonwovens fabric, different pressure gradients at 0.3 and 0.5 MPa were chosen to carry out air permeability testing. The measured air permeability is shown in Figure 5. Since the PLA nonwoven fabric is a loosely bonded fabric, the large spacing between fibers enables the majority of air to flow through these gaps. Obviously, in high nozzle temperatures, air pressures and collector distance show much significant lower air permeability. This is also attributed to their difference in GSM and fabric thickness. For PLA nonwovens fabric with higher GSM and fabric thickness, there is less porosity and air space in textile structure to allow air to go through. It is observed that air permeability of PLA nonwoven fabric tends to decrease with the increasing GSM and fabric thickness, which is

similar to conventional textile fabrics. This is mainly due to the reduction in fiber diameter with increasing air pressure used during melt blowing. Finer fibers lead to reduction in pore size better packing of the fibers, resulting in reduction in air flow rate through the webs. Also fibers interlocking in nonwovens are the frictional elements that provide resistance to acoustic wave motion.

Figure 5. Air permeability of PLA nonwoven fabric (Nozzle temperature 250 and 260 °C, Air pressure 0.3 and 0.5 MPa, Collector distance 30 and 60 cm)

3.5 Effect of GSM and thickness on sound absorption

The effect of GSM and thickness on the acoustic properties of PLA nonwoven fabric was investigated by fabricating PLA nonwoven fabric at



processing conditions the nozzle temperatures at 260°C, air pressures at 0.5 MPa and collector distance at 60 cm with different thicknesses ranging from 6.50 to 14.75 mm, which was fabricated by melt jet spinning method with different area densities of 229 and 502 GSM. Table 3 shows the thickness and area density of the fabricated PLA nonwoven fabric and hemp nonwoven fabric. It was found that the sound absorption coefficient of the fabricated PLA nonwoven fabric and hemp nonwoven fabric as shown in Figure 6. The PLA nonwoven fabric with the higher GSM and thickness resulted in better sound absorption coefficient compared with the lower GSM and thickness. It also showed a higher sound absorption coefficient compared to the hemp nonwoven fabric. GSM of nonwoven fabric refers to the number of fibres in a certain area, and higher area density indicates the presence of higher proportion of fibres in a specific area, which induces more resistance to the sound wave and contributes to the higher sound absorption tendency.

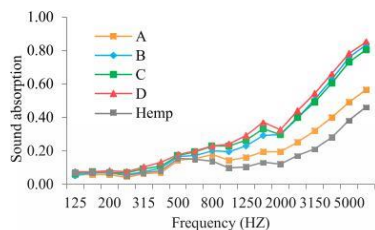


Figure 6. Sound absorption of PLA nonwoven fabric (Nozzle temperature at 260 °C, Air pressure at 0.5 MPa, Collector distance at 60 cm) and hemp nonwoven fabric

Table 3. Effect of GSM and thickness on sound absorption of PLA nonwoven fabric (Nozzle temperature 260 °C, Air pressure 0.5 MPa, Collector distance 60 cm) and hemp nonwoven fabric.

Sample	Thickness (mm)	GSM (g/m ²)	NRC
A	6.50 ± 0.25	229 ± 3.35	0.13 ± 0.06
B	10.67 ± 0.58	384 ± 5.25	0.18 ± 0.09
C	13.92 ± 0.58	492 ± 6.03	0.19 ± 0.02
D	14.75 ± 1.75	502 ± 9.00	0.21 ± 0.01
Hemp	10.05 ± 0.19	1094 ± 24.84	0.11 ± 0.04

* NRC = Noise Reduction Coefficient

3.6 Effect of layering sequencing on sound absorption

The effect of layer sequencing on sound absorption was measured with three different placements of the reinforcement fiber layer, i.e., hemp fiber layer, in the composite ‘‘sandwich’’ structure. These three different positions of the reinforcement layer were front side (closest to the air flow source), back side (furthest away from it), or in the middle, as shown in Table 1. The fabrics where the reinforcement was nearest to (front side) or farthest away (back side) from the air flow source in fact were the same fabrics, just flipped to the other side for sound absorption coefficient testing. The material parameters of the fabrics with different layer sequencing are given in Figure 7 and Table 4. It is seen that the fabrics that had their reinforcement layer 1 layer (sample HLL, LHL, LLH), tended to have higher NRC values. In Table 4, the sequencing of each of the fabrics, in the fabric group HLL, LHL, LLH had distinctively higher NRC values than the fabric group LHH, HLH, HHL. This suggests that the hemp layer had slightly higher resistivity than PLA layers, although the average diameter of hemp was slightly higher than those of PLA. The high variation in fiber diameter and the irregular shape of hemp fibers might have led to higher tortuous path to frequency through the fabric layer. It was found

that the sound absorption PLA/PLA/Hemp layers showed optimum results.

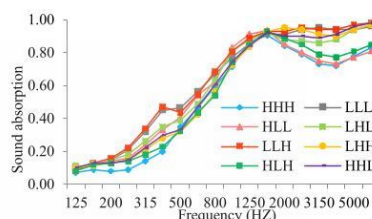


Figure 7. Effect of layering sequencing on sound absorption

Table 4. Sound absorption coefficient and structure parameter Information of webs with different sequencing.

Fabric	Thickness (mm)	GSM (g/m ²)	NRC
HHH	29.06 ± 0.50	3292 ± 38.70	0.50 ± 0.02
LLL	42.25 ± 0.71	1483 ± 33.83	0.59 ± 0.03
HLL	35.62 ± 0.82	2121 ± 34.69	0.56 ± 0.02
LHL	34.87 ± 0.62	2112 ± 23.12	0.57 ± 0.04
LLH	35.89 ± 0.64	2083 ± 36.67	0.60 ± 0.03
LHH	32.57 ± 1.57	3107 ± 44.20	0.54 ± 0.07
HLH	32.06 ± 1.50	3114 ± 38.56	0.53 ± 0.07
HHL	32.53 ± 0.94	3120 ± 26.86	0.53 ± 0.05

4. Conclusion

PLA nonwoven fabric was prepared using a melt jet spinning process. The spinning process was carried out at 250 and 260 °C with screw speed of 10 rpm and air blown pressure of 0.3 and 0.5 MPa. The die-to-collector of fabric production was studied at 30 and 60 cm to compare the nonwoven fabric product property. The process temperature, air pressure and die-to-collector distance have significant effect to the nonwoven fabric thickness, GSM, and fabric density. Air permeability decreased with high fabric thickness as well as fine fibers which supported the property of sound absorbing panel. Therefore, the suitable conditions for sound absorbing panel fabrication were process temperature of 260 °C, air pressure 0.5 MPa and die-to-collector distance of 60 cm. Sound absorbing coefficient measurement revealed that GSM fabric thickness showed effect on increasing of sound

absorption. The effect of nonwoven sheet order and arrangement of PLA nonwoven and hemp nonwoven of 3 layers sandwich indicated that the layers order of PLA/PLA/PLA showed higher sound absorbing coefficient than the Hemp/Hemp/Hemp due to fiber size and arrangement. However, the sheet layer order of PLA/PLA/Hemp showed high sound absorbing coefficient comparable with PLA/PLA/PLA. Therefore, produced from biodegradable polymer and natural fiber can be effectively used for sound absorbing panels.

References

- Modeling polymer air drawing in the melt blowing nonwoven process.pdf. (n.d.).
- Modeling the Air-Jet Flow Field of a Dual Slot Die in the Melt Blowing Nonwoven Process.pdf. (n.d.).
- Al-Shammari, B., Al-Fariss, T., Al-Sewailm, F., & Elleithy, R. (2011). The effect of polymer concentration and temperature on the rheological behavior of metallocene linear low density polyethylene (mLLDPE) solutions. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 23(1), 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2010.07.001>
- ASTM Standard E1050-90. (1998). Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using a Tube. Two Microphones and a Digital Frequency Analysis System Annual Book of ASTM Standards, 904–909.
- Benkreira, H., Khan, A., & Horoshenkov, K. V. (2011). Sustainable acoustic and thermal insulation materials from elastomeric waste residues. *Chemical Engineering Science*, 66(18), 4157–4171. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2011.05.047>
- Benz, K. (2007). The automotive industry and climate change. PricewaterhouseCoopers AG, 2, 1–127. <http://www.pwc.com/th/en/automotive/assets/co2.pdf>
- Bo, Z. (2012). Production of polypropylene melt blown nonwoven fabrics: Part ii -effect of process parameters. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 37(4), 326–330.
- Broda, J., & Bączek, M. (2020). Acoustic Properties of Multi-Layer Wool Nonwoven Structures. *Journal of Natural Fibers*, 17(11), 1567–1581. <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1584078>
- Devi, R. P. (2014). a Study on Acoustic Properties of Polyester and Hollow Polyester Non Woven Fabrics. 02, 446–459.
- Ellison, C. J., Phatak, A., Giles, D. W., Macosko, C. W., & Bates, F. S. (2007). Melt blown nanofibers: Fiber diameter distributions and onset of fiber breakup. *Polymer*, 48(11), 3306–3316. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2007.04.005>
- Ganesan, P., & Karthik, T. (2016). Development of acoustic nonwoven materials from kapok and milkweed fibres. *Journal of the Textile Institute*, 107(4), 477–482. <https://doi.org/10.1080/00405000.2015.1045251>
- Korte, S., & Staiger, M. P. (2008). Effect of Processing Route on the Composition and Properties of Hemp Fibre. *Fibers and Polymers*, 9(5), 593–603. <https://doi.org/10.1007/s12221-008-0095-0>
- Küçük, M., & Korkmaz, Y. (2012). The effect of physical parameters on sound absorption properties of natural fiber mixed nonwoven composites. *Textile Research Journal*, 82(20), 2043–2053. <https://doi.org/10.1177/0040517512441987>
- Lee, K. H., Ohsawa, O., Watanabe, K., Kim, I. S., Givens, S. R., Chase, B., & Rabolt, J. F. (2009). Electrospinning of syndiotactic polypropylene from a polymer solution at ambient temperatures. *Macromolecules*, 42(14), 5215–5218. <https://doi.org/10.1021/ma9006472>
- Lee, Y., & Wadsworth, L. C. (1990). Structure and filtration properties of melt blown polypropylene webs. *Polymer Engineering & Science*, 30(22), 1413–1419. <https://doi.org/10.1002/pen.760302202>
- Mohammad, M., Nik Syukri, N. I. R., & Nuawi, M. Z. (2019). Sound Properties Investigation of Date Palm Fiber. *Journal of Physics: Conference Series*, 1150(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1150/1/012003>
- Prahsarn, C., Klinsukhon, W., Suwannamek, N., Wannid, P., & Padee, S. (2020). Sound absorption performance of needle-punched nonwovens and their composites with perforated rubber. *SN Applied Sciences*, 2(4). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2401-4>
- Putra, A., Khair, F. A., & Nor, M. J. M. (2015). Utilizing Hollow-Structured Bamboo as Natural Sound Absorber. *Archives of*

- Acoustics, 40(4), 601–608. <https://doi.org/10.1515/aoa-2015-0060>
- Qui, H., & Enhui, Y. (2018). Effect of Thickness, Density and Cavity Depth on the Sound Absorption Properties of Wool Boards. *Autex Research Journal*, 18(2), 203–208. <https://doi.org/10.1515/aut-2017-0020>
- Ren, M., & Jacobsen, F. (1993). A method of measuring the dynamic flow resistance and reactance of porous materials. *Applied Acoustics*, 39(4), 265–276. [https://doi.org/10.1016/0003-682X\(93\)90010-4](https://doi.org/10.1016/0003-682X(93)90010-4)
- Sengupta, S. (2010). Sound reduction by needle-punched nonwoven fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 35(3), 237–242.
- Tascan, M., & Vaughn, E. A. (2008). Effects of Total Surface Area and Fabric Density on the Acoustical Behavior of Needle-punched Nonwoven Fabrics. *Textile Research Journal*, 78(4), 289–296. <https://doi.org/10.1177/0040517507084283>
- That, M., Normally, P., & Data, D. (1975). Standard method of test for air permeability of textile fabrics. 14, 1–5.
- Venegas, R., & Umnova, O. (2011). Acoustical properties of double porosity granular materials. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(5), 2765–2776. <https://doi.org/10.1121/1.3644915>
- Watanabe, K., Kim, B. S., & Kim, I. S. (2011). Development of polypropylene nanofiber production system. *Polymer Reviews*, 51(3), 288–308. <https://doi.org/10.1080/15583724.2011.594195>
- Wertel, S. J. (2014). *Experimental Analysis of Noise Reduction Properties of Sound Absorbing Foam*. University of Wisconsin-Stout, 66.
- Wongpajan, R., Thumsorn, S., Inoya, H., Okoshi, M., & Hamada, H. (2018). Development of Cotton Candy Method for High Productivity Polypropylene Fibers Webs. *Fibers and Polymers*, 19(1), 135–146. <https://doi.org/10.1007/s12221-018-7574-0>
- Yang, T., Xiong, X., Mishra, R., Novák, J., Chaloupek, J., Sanetnik, F., & Militký, J. (2016). Investigation on acoustic behavior and air permeability of struto nonwovens. *Fibers and Polymers*, 17(12), 2078–2084. <https://doi.org/10.1007/s12221-016-6967-9>
- Yilmaz, N. D. (2009). Acoustic properties of biodegradable nonwovens. ProQuest Dissertations and Theses, May, 314. <https://manchester.idm.oclc.org>
- Zhu, W., Nandikolla, V., & George, B. (2015). Effect of bulk density on the acoustic performance of thermally bonded nonwovens. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(3), 39–45. <https://doi.org/10.1177/155892501501000316>
- Chavan, A.T., Manik, D.N. (2008). Optimum design of vibro-acoustic systems using SEA. 13, 67–81.
- Yilmaz, N.D., Banks-Lee, P., Powell, N. B., Michielsen, S. (2011). Effects of porosity, fiber size, and layering sequence on sound absorption performance of needle-punched nonwovens. *Journal of Applied Polymer Science*, 121(5), 3056–3069. <https://doi.org/10.1002/app.33312>
- Oh, K.W., Kim, D.K., Kim, S.H. (2009). Ultra-porous flexible PET/acrogel blanket for sound absorption and thermal insulation. *Fibers and Polymers*, 10(5), 731–737. <http://doi.org/10.1007/s12221-010-0731-3>.
- Coates, M., Kierzkowski, M. (2002). *Acoustic Textiles – Lighter, Thinner and More Absorbent*. 11.



ACCEPTANCE LETTER

March 2, 2022

Dear Mathurot Malimat
Email: mathurot_m@mail.rmutt.ac.th

The manuscript entitled "Sound Absorbing Panels from Poly(lactic acid) Non-woven Fabric and Natural Fibers" (ID: EN-22-03) written by Mathurot Malimat, Nanjaporn Roungpaisan, Weraporn Pivsa-Art and Sommai Pivsa-Art is scheduled to be published in the Suan Sunandha Science and Technology Journal (SSSTJ, ISSN: 2351-0889). It will be published in the issue volume 9, number 2, July 2022. Described website:
<http://www.ssstj.sci.ssru.ac.th/>

Editor in Chief,

Assoc. Prof. Dr. Chaisri Tharasawatdipipat

Suan Sunandha Science and Technology Journal (SSSTJ)
Faculty of Science and Technology
Suan Sunandha Rajabhat University
1, Uthong Nok Rd., Dusit,
Bangkok 10300, Thailand
ISSN: 2351-0889



**The 5th Joint International Conference on Applied Physics and Materials Applications
& Applied Magnetism and Ferroelectrics (ICAPMA-JMAG-2021)**

Certificate of Oral Presentation

presented to

Mathurot Malimat

Title: Sound Absorbing Panels from Poly(lactic acid) Non-woven Fabric and Natural Fibers

December 1st – 4th 2021

Rattikorn Yimnirun

(Professor Dr.Rattikorn Yimnirun)

Chairman of Organizing Committee

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวมธุรส มะลิมาตร
วัน เดือน ปีเกิด	21 มิถุนายน 2540
ที่อยู่	28/1 หมู่ 8 ตำบลหนองยาว อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ-พอลิเมอร์ และเส้นใยประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	สหกิจศึกษา ณ บริษัท นารายณ์อินเตอร์เทรด จำกัด (4 เดือน)
เบอร์โทรศัพท์	092-6292550
อีเมล	mathurot.2106@gmail.com

