

การตกแต่งสำเร็จผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการพ่นเคลือบ  
เพื่อสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ

NONWOVEN POLYESTER FABRIC FINISHING USING SPRAY  
COATING PROCESSES FOR ANTIBACTERIAL PROPERTIES,  
UV RESISTANCE AND FLAME RETARDANT PROPERTIES

ทวิพร อังคะตะลาพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ

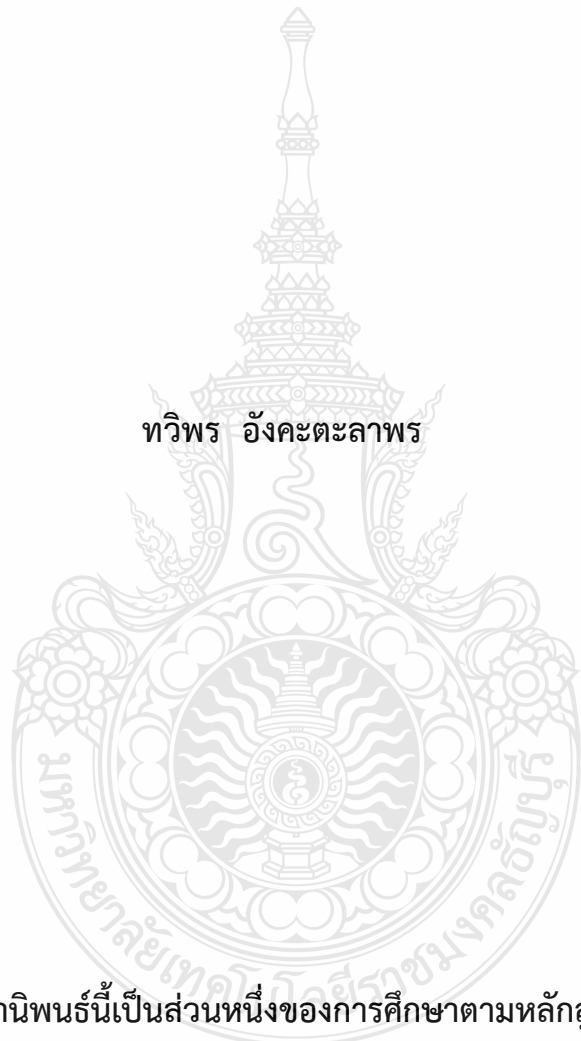
คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การตกแต่งสำเร็จผ้าไม้สักไม้ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการฟั่นเคลือบ  
เพื่อสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ



ทวีพร อังคะตะลาพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การตกแต่งสำเร็จผ้าไม้อัดไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการพ่นเคลือบ เพื่อสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ Nonwoven Polyester Fabric Finishing Using Spray Coating Processes for Antibacterial Properties, UV Resistance and Flame Retardant Properties

ชื่อ - นามสกุล

นางสาวทวิพร อังคะตะลาพร

สาขาวิชา

วิศวกรรมวัสดุ


อาจารย์ที่ปรึกษา


ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉันททิพ สกุลเขมฤทัย, Ph.D.

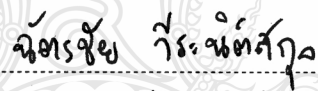
ปีการศึกษา


2564


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภาวสุปรีดิ์, Ph.D.)


  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลทิมา เซาว์ชาญชัยกุล, ปร.ด.)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉัตรชัย วีระนิติสกุล, Ph.D.)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์วิรัชฐา ชอบพัฒนา, Ph.D.)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉันททิพ สกุลเขมฤทัย, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)

วันที่ 20 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตกแต่งสำเร็จผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการฟ้นเคลือบเพื่อสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ
ชื่อ - นามสกุล	นางสาวทวิพร อังคะตะลาพร
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.ฉันททิพ สกุลเขมฤทัย, Ph.D.
ปีการศึกษา	2564

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ โดยกระบวนการฟ้นเคลือบด้วยอุปกรณ์แอร์บรัช ในงานวิจัยนี้ใช้สารเติมแต่งเพื่อคุณสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ และสารสกัดจากเปลือกมังคุดปริมาณ 5 และ 10 %w/w สารเติมแต่งเพื่อคุณสมบัติการต้านทานรังสียูวี ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ปริมาณ 5 และ 10 %w/w สารเติมแต่งเพื่อคุณสมบัติการหน่วงไฟ ได้แก่ อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ และเบนโทไนท์ปริมาณ 5 10 15 และ 20 %w/w โดยใช้สารช่วยยึดติดพอลิอะคริลิกอิมัลชันปริมาณ 4 %w/w

ขั้นตอนในการฟ้นเคลือบสารเติมแต่งแบ่งเป็น 2 กระบวนการ กระบวนการที่ 1 ประกอบด้วยขั้นตอนการฟ้นสารเติมแต่ง ก่อน ขั้นตอนการฟ้นสารช่วยยึดติด และกระบวนการที่ 2 ประกอบด้วยขั้นตอนการฟ้นสารช่วยยึดติด ก่อน ขั้นตอนการฟ้นสารเติมแต่ง โดยการตกแต่งสารเติมแต่งลงบนผ้าไม่ถักไม่ทอต้องไม่กระทบต่อสมบัติการดูดซับเสียงของผ้า จากนั้นนำผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ตกแต่งด้วยสารเติมแต่งมาทดสอบสมบัติการดูดซับเสียงและความทนต่อแรงดึง ทดสอบสมบัติเฉพาะด้านของสารเติมแต่ง ทดสอบสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย โดยใช้เชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ

ผลการทดสอบพบว่า การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอด้วยกระบวนการที่ 2 สามารถต้านเชื้อแบคทีเรียได้มีประสิทธิภาพมากกว่ากระบวนการที่ 1 แต่สารเติมแต่งที่ฟ้นเคลือบจะยึดติดกับผ้าไม่ดีเท่ากับกระบวนการที่ 1 การฟ้นเคลือบสารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w ต้านเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุด และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w ต้านเชื้อ *Escherichia coli* ได้ดีที่สุด ผลการทดสอบการต้านทานรังสียูวีด้วยรังสี UVA และ UVB เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าสีของผ้ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทั้งสองกระบวนการ แสดงว่าผ้ามีประสิทธิภาพในการต้านทานรังสี UV การทดสอบการหน่วงไฟทำการทดสอบการลามไฟแนวตั้ง (V test) สามารถผ่านได้ในระดับ V-2 และการลามไฟแนวนอน (HB test) ผ่านตามมาตรฐาน โดยการฟ้นเคลือบสารเติมแต่งกระบวนการที่ 2 ด้วยเบนโทไนท์ 20 %w/w มีประสิทธิภาพในการลดการลามไฟได้ดีที่สุด

**คำสำคัญ:** ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ การต้านเชื้อแบคทีเรีย การต้านทานรังสียูวี การหน่วงไฟ เทคนิคการฟ้นเคลือบ



**Thesis Title** Nonwoven Polyester Fabric Finishing Using Spray Coating Processes for Antibacterial Properties, UV Resistance and Flame Retardant Properties  
**Name – Surname** Miss Thaviporn Angkatalaporn  
**Program** Materials Engineering  
**Thesis Advisor** Assistant Professor Chuntip Sakulkhaemaruehai, Ph.D.  
**Academic Year** 2021

## ABSTRACT

This research aimed to improve antibacterial properties, UV resistance and flame retardant properties of nonwoven polyester fabric using spray coating processes with a spray gun. Zinc oxide, zinc oxide nanoparticles and mangosteen extracts of 5 and 10% w/w were used as additives for enhancing antibacterial properties. Moreover, zinc oxide, and zinc oxide nanoparticles of 5 and 10% w/w were used for enhancing UV resistance. In addition, aluminium hydroxide and bentonite of 5, 10, 15 and 20% w/w were used for enhancing flame retardant properties. Furthermore, acrylic polymer emulsions of 4 % w/w were used as adhesives.

Two spray coating processes were prepared. In the first process, the additive spray coating was done before the adhesive spray coating. While in the second process, the adhesive spray coating was done before the additive spray coating. The desired condition of the processes was that the additives did not affect the sound absorption properties of the fabrics. Then, sound absorption properties and tensile strengths of the processed nonwoven polyester fabrics were examined. Later, specific additive features including antibacterial properties against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, UV resistance and flame retardant properties were investigated.

The result revealed that the antibacterial properties of the nonwoven fabric finishing from the second process had a higher efficiency than those from the first process, but the additive adhesiveness was lower. The coating with mangosteen extracts of 10% w/w showed the highest antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*, whereas zinc oxide nanoparticles of 10% w/w showed the highest antibacterial activity against *Escherichia coli*. According to UV resistance test, after the fabrics were set under UVA and UVB for 12 hours, the color of the fabrics from both processes had slightly changed. This indicated the UV resistance of the fabrics. In the flame retardant property test, the fabrics had passed both the vertical burning test (V-Test) with the flame retardant level of V-2, and the horizontal burning test standard. It was found that bentonites of 20% w/w had the highest efficiency for enhancing flame retardant properties.

**Keywords:** nonwoven polyester, antibacterial property, UV resistance, flame retardant property, spray coating process

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือ ความเมตตาอนุเคราะห์ อุปการณ คำแนะนำและคำปรึกษาอย่างดียิ่ง จากบุคคล องค์กรและหน่วยงานต่างๆ จึงกราบขอบพระคุณทุกท่านดังรายนามต่อไปนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉันททิพ สกุลเหมฤทัย ที่ให้คำปรึกษา แนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆ และติดตามตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบประกอบด้วยรองศาสตราจารย์ ดร.สรพงษ์ ภาสุปรีย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย วีระนิติสกุล ดร.วริษฐา ชอบพัฒนา และผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลทิมา เขาว์ชาญชัยกุล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) บริษัท ยูนิโปรเมนูแพคเจอร์ริง จำกัด และสถาบันวิจัยนิวเคลียร์แห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ วัสดุที่ใช้ในการทดลอง การใช้เครื่องมือและเครื่องทดสอบ

ขอขอบคุณการสนับสนุนจากบุคลากรและหน่วยงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องวัสดุอุปกรณ์ การใช้เครื่องมือ เครื่องทดสอบและสถานที่

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนอันเป็นที่รักยิ่ง ผู้ที่คอยให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา กำลังใจ กำลังทรัพย์ จนกระทั่งสำเร็จการศึกษา ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ หากวิทยานิพนธ์นี้ขาดตกบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยขอกราบขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ทวีพร อังคะตะลาพร

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญรูป.....	(11)
บทที่ 1 บทนำ.....	15
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	15
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	17
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	17
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	17
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
2.1 เส้นใยพอลิเอสเตอร์.....	18
2.2 ผ้าไม่ถักไม่ทอ.....	20
2.3 การต้านทานแบคทีเรีย.....	25
2.4 การทอวงไฟ.....	27
2.5 การต้านทานรังสียูวี.....	21
2.6 กระบวนการฟั่นเคลือบ.....	32
2.7 สารเติมแต่ง.....	33
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	39

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการงาน.....	49
3.1 วัสดุและสารเคมี.....	49
3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน.....	59
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	60
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล.....	75
4.1 สมบัติสารพ่นเคลือบ.....	76
4.2 ศึกษาสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ ของผ้าไม้สักไม้ทอพอลิเอสเตอร์.....	81
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	135
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	135
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	139
บรรณานุกรม.....	140
ภาคผนวก.....	145
ภาคผนวก ก หาเทคนิคที่เหมาะสมในการตกแต่งผ้าไม้สักไม้ทอพอลิเอสเตอร์.....	146
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย.....	157
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบการต้านทานต่อรังสียูวี.....	165
ภาคผนวก ง น้ำหนักการคำนวณ % Yield ผ้าก่อนพ่นและหลังพ่น.....	171
ภาคผนวก จ การนำเสนอผลงานทางวิชาการ.....	178
ประวัติผู้เขียน.....	195

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทั่วไปของกลุ่มเส้นใยพอลิเอสเตอร์.....	20
ตารางที่ 2.2 ปริมาณการใช้สารตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ.....	31
ตารางที่ 2.3 สรุปรงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	43
ตารางที่ 3.1 การประเมินผลการด้านแบคทีเรีย.....	70
ตารางที่ 3.2 วัฏจักรการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM G154 .....	71
ตารางที่ 4.1 การต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียของสารพ่นเคลือบ.....	76
ตารางที่ 4.2 ความเป็นกรด-ด่างของสารพ่นเคลือบ.....	79
ตารางที่ 4.3 ความหนืดของสารพ่นเคลือบ.....	80
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1.....	82
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2.....	84
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด ด้วยเทคนิคการพ่น กระบวนการที่ 1.....	86
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด ด้วยเทคนิคการพ่น กระบวนการที่ 2.....	88
ตารางที่ 4.8 ผลประเมินการต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>Staphylococcus aureus</i> ( <i>S. aureus</i> ) ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1.....	90
ตารางที่ 4.9 ผลประเมินการต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>Escherichia coli</i> ( <i>E. coli</i> ) ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1.....	90
ตารางที่ 4.10 ผลประเมินการต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>Staphylococcus aureus</i> ( <i>S. aureus</i> ) ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2.....	91
ตารางที่ 4.11 ผลประเมินการต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>Escherichia coli</i> ( <i>E. coli</i> ) ด้วยเทคนิค การพ่นกระบวนการที่ 2.....	91
ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียงด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1.....	106
ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียงด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2.....	107

## สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัลกำลังขยาย 4 เท่า ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 ของสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย.....	108
ตารางที่ 4.15 ผลประเมินการต้านทานรังสียูวี เทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1.....	111
ตารางที่ 4.16 ผลประเมินการต้านทานรังสียูวี เทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2.....	111
ตารางที่ 4.17 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1.....	112
ตารางที่ 4.18 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2.....	114
ตารางที่ 4.19 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1.....	116
ตารางที่ 4.20 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2.....	117
ตารางที่ 4.21 แสดงผลการทดสอบการลามไฟแบบแนวตั้ง ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1.....	119
ตารางที่ 4.22 แสดงผลการทดสอบการลามไฟแบบแนวตั้ง ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2.....	120
ตารางที่ 4.23 แสดงผลการทดสอบการลามไฟแบบแนวนอน ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1.....	122
ตารางที่ 4.24 แสดงผลการทดสอบการลามไฟแบบแนวนอน ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2.....	124
ตารางที่ 4.25 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียงด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1.....	130
ตารางที่ 4.26 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียงด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2.....	131
ตารางที่ 4.27 แสดงผลการทดสอบสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล กำลังขยาย 4 เท่า ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 ของสมบัติการหน่วงไฟ.....	132

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 กระบวนการสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์.....	19
รูปที่ 2.2 โครงสร้างในผ้าทอ (ซ้าย) และผ้าไม่ถักไม่ทอ (ขวา) .....	21
รูปที่ 2.3 ผ้าไม่ถักไม่ทอแบบปักด้วยเข็มปัก.....	23
รูปที่ 2.4 ไส้กรองทำจากผ้าไม่ถักไม่ทอเวนแบบเวีต-เลด.....	24
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากผ้าไม่ถักไม่ทอเวนแบบสปันนอนด์.....	24
รูปที่ 2.6 แผนผังการย่อยสลายโปรตีนของแบคทีเรีย.....	24
รูปที่ 2.7 วงจรการลุกไหม้ของวัสดุสิ่งทอ.....	28
รูปที่ 2.8 (ก) รักษาระยะห่างของปืนพ่นให้ถูกต้องเสมอ (ข) รักษาระยะห่างของปืนพ่นที่ไม่ถูกต้อง.....	32
รูปที่ 2.9 สูตรโครงสร้างของสารแซนโทน.....	35
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุด.....	37
รูปที่ 3.1 ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเทอร์.....	49
รูปที่ 3.2 ซิงค์ออกไซด์.....	49
รูปที่ 3.3 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์.....	50
รูปที่ 3.4 สารสกัดจากเปลือกมังคุดชนิดน้ำและผง.....	50
รูปที่ 3.5 Binder U-84 พอลิอะคริลิกอิมัลชัน.....	51
รูปที่ 3.6 อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ (Aluminium Hydroxide).....	51
รูปที่ 3.7 เบนโทไนท์ (Bentonite).....	52
รูปที่ 3.8 เครื่องกวนสาร (Hotplate Stirrer).....	52
รูปที่ 3.9 ตู้อบลมร้อน (Oven).....	53
รูปที่ 3.10 บี้มลม 2 สูบ (Air compressor 2 HP).....	53
รูปที่ 3.11 แอร์บรัชซ์ (Airbrush).....	54
รูปที่ 3.12 เครื่องชั่งสาร.....	54
รูปที่ 3.13 เครื่องทดสอบความเหนียวแบบ Brook field.....	55

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.14 เครื่องวัดค่า pH.....	55
รูปที่ 3.15 กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical microscope ,OM).....	56
รูปที่ 3.16 เครื่องทดสอบลามไฟ (Flammable tester).....	56
รูปที่ 3.17 เครื่อง Tensile testing machine.....	57
รูปที่ 3.18 เครื่องทดสอบเสียงสำหรับคลื่นความถี่สูง.....	57
รูปที่ 3.19 เครื่องทดสอบเสียงสำหรับความถี่ต่ำ.....	58
รูปที่ 3.20 การเตรียมสารสารช่วยยัดติด.....	61
รูปที่ 3.21 การเตรียมสารละลายและสารแขวนลอยของสารเติมแต่ง.....	61
รูปที่ 3.22 Spindle วัดความหนืด.....	63
รูปที่ 3.23 การวัดระยะโซนใสของบริเวณการยับยั้ง (clear zone inhibition).....	64
รูปที่ 3.24 เครื่องการทดสอบหาความสามารถในการกันเสียงโดยเครื่อง Impedance tube.....	65
รูปที่ 3.25 กราฟแสดงการ Plot จากข้อมูลดิบทั้งหมด.....	65
รูปที่ 3.26 เครื่องตัดชิ้นงาน.....	66
รูปที่ 3.27 แนวทดสอบความทนต่อแรงดึงของผ้าไม่ถักไม่ทอ.....	67
รูปที่ 3.28 การวางชิ้นทดสอบบนอาหารวุ้นเพาะเชื้อ.....	68
รูปที่ 3.29 วิธีการวัดด้วยเวอร์เนียวาลิปเปอร์ของระยะเขตวงรอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย.....	69
รูปที่ 3.30 แสดงระยะการคำนวณระยะเขตวงรอบชิ้นทดสอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย.....	69
รูปที่ 3.31 การทดสอบแบบ Horizontal Burning Test.....	74
รูปที่ 3.32 การทดสอบแบบ Vertical Burning Test.....	73
รูปที่ 4.1 การทดสอบการต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย <i>Escherichia coli</i> .....	77
รูปที่ 4.2 การทดสอบการต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย <i>Staphylococcus aureus</i> .....	78
รูปที่ 4.3 เทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 1.....	81
รูปที่ 4.4 เทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 2.....	82
รูปที่ 4.5 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว MD ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 1.....	83



## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว CD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1.....	83
รูปที่ 4.7 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว MD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 2.....	84
รูปที่ 4.8 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว CD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 2.....	85
รูปที่ 4.9 ทฤษฎีของอัตราส่วนระหว่าง พื้นที่ : ปริมาตร.....	86
รูปที่ 4.10 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยึดตัว ณ จุดขาดแนว MD ด้วยเทคนิคการพัน กระบวนกรที่ 1.....	87
รูปที่ 4.11 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยึดตัว ณ จุดขาดแนว CD ด้วยเทคนิคการพัน กระบวนกรที่ 1.....	87
รูปที่ 4.12 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยึดตัว ณ จุดขาดแนว MD ด้วยเทคนิคการพัน กระบวนกรที่ 2.....	88
รูปที่ 4.13 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยึดตัว ณ จุดขาดแนว CD ด้วยเทคนิคการพัน กระบวนกรที่ 2.....	89
รูปที่ 4.14 ชุดควบคุมการต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>S. aureus</i> .....	92
รูปที่ 4.15 ชุดควบคุมการต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> .....	92
รูปที่ 4.16 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>S. aureus</i> ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 5 %w/w.....	93
รูปที่ 4.17 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>S. aureus</i> ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 10 %w/w.....	93
รูปที่ 4.18 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>S. aureus</i> ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 5 %w/w.....	94
รูปที่ 4.19 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>S. aureus</i> ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 10 %w/w.....	94
รูปที่ 4.20 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 5 %w/w.....	95
รูปที่ 4.21 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 10 %w/w.....	95
รูปที่ 4.22 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 5 %w/w.....	96
รูปที่ 4.23 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 10 %w/w.....	96

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.24 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 5 %w/w.....	97
รูปที่ 4.25 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 10 %w/w.....	97
รูปที่ 4.26 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 5 %w/w.....	98
รูปที่ 4.27 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 10 %w/w.....	98
รูปที่ 4.28 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 5 %w/w.....	99
รูปที่ 4.29 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 10 %w/w.....	99
รูปที่ 4.30 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 5 %w/w.....	100
รูปที่ 4.31 การต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 10 %w/w.....	100
รูปที่ 4.32 ระยะเขตวงรอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย (inhibition Zone) ของการต้านเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> ของซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 10 %w/w ด้วยเทคนิคการปนกระบวนกรที่ 2.....	101
รูปที่ 4.33 กลไกการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของซิงค์ออกไซด์ และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์.....	102
รูปที่ 4.34 กลไกการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุด.....	103
รูปที่ 4.35 กระบวนการที่ 1 เทคนิคการปนเคลือบด้วยสารเติมแต่งก่อนสารช่วยยึดติด.....	103
รูปที่ 4.36 แสดงค่าการดูดซับเสียง ด้วยเทคนิคการปนกระบวนกรที่ 1.....	104
รูปที่ 4.37 แสดงค่าการดูดซับเสียง ด้วยเทคนิคการปนกระบวนกรที่ 2.....	105
รูปที่ 4.38 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว MD ด้วยเทคนิคการปนกระบวนกรที่ 1.....	113
รูปที่ 4.39 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว CD ด้วยเทคนิคการปนกระบวนกรที่ 1.....	113
รูปที่ 4.40 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว MD ด้วยเทคนิคการปนกระบวนกรที่ 2.....	114
รูปที่ 4.41 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว CD ด้วยเทคนิคการปนกระบวนกรที่ 2.....	115
รูปที่ 4.42 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยึดตัว ณ จุดขาดแนว MD ด้วยเทคนิคการปนกระบวนกรที่ 1.....	116

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.43 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดแนว CD ด้วยเทคนิคการพัน กระบวนกรที่ 1.....	117
รูปที่ 4.44 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดแนว MD ด้วยเทคนิคการพัน กระบวนกรที่ 2.....	118
รูปที่ 4.45 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดแนว CD ด้วยเทคนิคการพัน กระบวนกรที่ 2.....	118
รูปที่ 4.46 เวลาการเผาไหม้หลังเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจระดับ (วินาที) ของการลามไฟ แนวตั้งด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1.....	120
รูปที่ 4.47 เวลาการเผาไหม้หลังเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจระดับ (วินาที) ของการลามไฟ แนวตั้งด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 2.....	121
รูปที่ 4.48 เวลาการเผาไหม้หลังเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจระดับ (วินาที) ของการลามไฟแบบ แนวนอน ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1.....	122
รูปที่ 4.49 แสดงค่าความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานที่เหลือจากการเผาไหม้ (ซม.) ของการลามไฟ แบบแนวนอน ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1.....	123
รูปที่ 4.50 เวลาเฉลี่ยไฟดับหลังจากเอาแหล่งกำเนิดไฟออก (วินาที) ของการลามไฟแบบ แนวนอนด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 2.....	124
รูปที่ 4.51 แสดงค่าความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานที่เหลือจากการเผาไหม้ (ซม.) ของการลามไฟ แบบแนวนอน ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 2.....	125
รูปที่ 4.52 กลไกการดับไฟของอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์.....	126
รูปที่ 4.53 กลไกการดับไฟของเบนโทไนท์.....	127
รูปที่ 4.54 แสดงค่าการดูดซับเสียงด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1.....	128
รูปที่ 4.55 แสดงค่าการดูดซับเสียงด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 2.....	129
รูปที่ 5.1 เทคนิคการพันเคลือบกระบวนกรที่ 1.....	136
รูปที่ 5.2 เทคนิคการพันเคลือบกระบวนกรที่ 2.....	137
รูปที่ 5.3 กระบวนกรที่ 1 เทคนิคการพันเคลือบด้วยสารเติมแต่งก่อนสารช่วยยึดติด.....	140

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีการนำเอาสิ่งทอไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ส่งผลให้การตกแต่งสิ่งทอได้รับความนิยมนิยมมากในขณะนี้ เพื่อให้มีคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ทางเทคนิคมากกว่าคุณลักษณะด้านความสวยงามหรือการประดับตกแต่ง เพื่อเน้นการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์และเพิ่มมูลค่าให้กับสิ่งทอ 2-3 เท่า การเริ่มต้นพัฒนาสิ่งทอเฉพาะทางที่มีสมบัติเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน เรียกว่า สิ่งทอเทคนิค (Technical Textiles) เช่น สิ่งทอเทคนิคด้านยานยนต์ (Mobiltech) ผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้กับยานยนต์และอากาศยาน เช่น composite ประตुरถยนต์ ผ้าเบาะรถยนต์ เข็มขัดนิรภัย หรือสิ่งทอเทคนิคด้านการแพทย์ (Medtech) ผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ทางการแพทย์ เช่น ผ้าที่ใช้ประคบแผล ผ้าที่ใช้เชื่อมกระดูก เป็นต้น [1] ซึ่งมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันออกไป

ในอุตสาหกรรมย่อยภายใต้อุตสาหกรรมสิ่งทอที่น่าจับตามองเป็นอย่างมากอย่าง ‘ผ้าไม่ถักไม่ทอ’ (Nonwovens) เป็นวัสดุที่มีลักษณะคล้ายผ้าทำมาจากเส้นใยที่ถูกติดกันไว้ด้วยสารเคมี, เชิงกล, ความร้อน หรือการทำละลาย ซึ่งเป็นคำที่ใช้กันในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เกิดจากผ้าที่ขึ้นรูปจากเส้นใยโดยตรงที่ไม่ได้มีการถักหรือทอ ทำให้ลดระยะเวลากระบวนการผลิตให้สั้นลง สามารถทำการผลิตได้ในปริมาณมากยิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับสิ่งทอทั่วไป ทั้งยังช่วยลดต้นทุนทางการผลิตให้ต่ำลง จึงเหมาะที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วทิ้ง โดยการพัฒนาสิ่งทอเฉพาะทางให้มีคุณสมบัติพิเศษ คือ การต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ ทำให้นิยมใช้ผ้าไม่ถักไม่ทอ [2] ในอุตสาหกรรมยานยนต์ วัสดุสิ่งทอในรถยนต์ได้เข้ามามีบทบาทต่อการผลิตรถยนต์เป็นจำนวนมาก ตลาดสำหรับสิ่งทอยานยนต์เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญ กล่าวคือ เป็นห่วงโซ่การผลิตที่ทำให้อุตสาหกรรมยานยนต์ยังคงลงทุนในบ้านเรา เพราะพื้นที่ในรถยนต์ 42 ตารางเมตร จะต้องนำวัสดุสิ่งทอมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป เช่น บริเวณที่นั่ง พรม ผ้าหุ้มยาง สายเข็มขัดนิรภัย ผ้าที่พันท่อหรือสายไฟ วัสดุสิ่งทอเสริมแรง เป็นต้น โดยทั่วไปแล้ววัสดุสิ่งทอที่นำมาใช้งานในยานยนต์จะมีน้ำหนักประมาณ 20 กิโลกรัมต่อรถยนต์ 1 คัน โดยวัสดุที่ถูกประยุกต์ใช้มีปริมาณสัดส่วนดังนี้ พรม ร้อยละ 33 เบาะ ร้อยละ 18 วัสดุสิ่งทอที่ใช้ตกแต่งภายในรถ ร้อยละ 14 สิ่งทอในยางรถยนต์ร้อยละ 12 เข็มขัดนิรภัย ร้อยละ 8 ถุงลมนิรภัย ร้อยละ 3 และอื่น ๆ ร้อยละ 9 [3]

โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่นิยมใช้เส้นใยพอลิเอสเตอร์ที่เป็นเส้นใยสังเคราะห์ประเภทหนึ่งทดแทนเส้นใยธรรมชาติ เพื่อช่วยลดการตัดไม้ทำลายป่าได้อย่างมาก เนื่องจากพอลิเอสเตอร์มีคุณสมบัติที่โดดเด่นหลายอย่าง คือ ยืดหยุ่นดี ไม่ยับง่าย ดูดซึมความชื้นได้ต่ำ ไรต่อความร้อน ทนต่อการขัดสีได้ดี

มีความเหนียวทนทาน [4] แต่เมื่ออยู่ในรูปของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์มักจะไม่เหมาะสำหรับการใช้งานที่เฉพาะเจาะจงและจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติในด้านต่างๆ โดยใช้วิธีการตกแต่งสิ่งทอ [5] การปรับปรุงสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ ส่วนใหญ่ใช้วิธีการตกแต่งสิ่งทอโดยการเคลือบสารต่างๆ ลงบนผ้า มักกระทำเป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยใช้วิธีการจุ่มเคลือบ การจุ่มอัด และการพ่น ซึ่งขึ้นอยู่กับผ้าที่นำมาตกแต่งว่าควรใช้วิธีไหน [6] การยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ผ้าที่ตกแต่งด้วยวิธีนี้จะมีคุณสมบัติหยุดยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ลดการเกิดกลิ่นจากเหงื่อ หรือสิ่งสกปรกและลดการเสียหายของผ้าเนื่องจากเชื้อราหรือแบคทีเรียที่ทำให้เส้นใยเปื่อยขาดง่าย [7], การใช้สารตกแต่งเพื่อสมบัติการหน่วงไฟทำให้ผ้าไม่ถักไม่ทอมีคุณสมบัติในการทนต่อการเผาไหม้ ชะลอการลุกลามของไฟ และเมื่อแหล่งกำเนิดไฟออก การเผาไหม้ก็จะหยุดไปด้วย ทั้งนี้เพื่อลดความรุนแรงของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากเหตุไฟไหม้ และการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอเพื่อสมบัติการต้านทานรังสียูวีทำให้สิ่งทอสามารถป้องกันและลดการทะลุผ่านของแสง UV ได้ [8]

ทั้งนี้ด้วยคุณสมบัติของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรีย, เชื้อราที่ดีมาก และมีความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งราคาถูกกว่า Nano-Silver ประมาณ 3-5 เท่า [9] ทำให้มีความสนใจที่จะใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เพื่อสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย และการต้านทานรังสียูวี จากงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดพบแทนนิน (Tannin) และแซนโทน (Xanthones) ในปริมาณสูง ซึ่งสาร Alpha-mangostin ในกลุ่มแซนโทนสามารถทำลายเยื่อหุ้มผนังเซลล์แบคทีเรียได้ [10] ทำให้มีความสนใจที่จะใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุดเพื่อสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย ในด้านของการหน่วงไฟ สารเติมแต่งประเภทกลุ่มนาโนเคลย์ นั้นคือเบนโทไนต์ (Bentonite) ทนต่ออุณหภูมิได้สูง ประกอบด้วยชั้นของซิลิเกตเป็นหลัก เมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดเขม่าปกคลุมบริเวณที่เกิดการลุกไหม้ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปได้ [11] และอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ จัดเป็นสารหน่วงไฟอนินทรีย์ชนิดโลหะไฮดรอกไซด์ (metallic hydroxide) มีกลไกการสลายตัวแบบดูดความร้อน แล้วเกิดเป็นอลูมิเนียมออกไซด์กับน้ำ กระบวนการนี้จึงลดพลังงาน เจือจางแก๊สที่ไวต่อการเผาไหม้และทำให้เกิดชั้นปกคลุมของออกไซด์ขัดขวางการเข้าของออกซิเจน [12] จึงทำให้มีความสนใจที่จะใช้เบนโทไนต์และอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ เพื่อสมบัติการหน่วงไฟ

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้สนใจที่จะพัฒนาการตกแต่งสิ่งทอที่ใช้การเคลือบสารต่างๆ ลงบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ เพื่อปรับปรุงสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ บนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ ซึ่งการตกแต่งสารเติมแต่งลงบนผ้าไม่ถักไม่ทอต้องไม่กระทบต่อสมบัติการดูดซับเสียงของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ใช้วัสดุผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ได้รับความอนุเคราะห์ จาก บริษัทยูนิโปรแมนูแฟคเจอร์ จำกัด

1.3.2 ใช้ซิงค์ออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เพื่อสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย และการต้านทานรังสียูวี

1.3.3 ใช้สารสกัดจากธรรมชาติเป็นสารต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ สารสกัดจากเปลือกมังคุดชนิดของเหลว

1.3.4 ใช้เบนโทไนด์ และอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ เป็นสารหน่วงไฟ

1.3.5 ใช้การเคลือบสารต่างๆ ลงบนผ้าด้วยวิธีการพ่นเคลือบด้วยแอร์บรัช (Air Bush)

1.3.6 ใช้สารช่วยยึดติดพอลิอะคริลิกอิมัลชัน (Polymer Acrylic emulsions)

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการตกแต่งพอลิเอสเตอร์ชนิดไม่ถักทอด้วยวิธีการพ่น ที่ช่วยเพิ่มสมบัติการต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานเสื่อมสภาพเนื่องจากรังสี UV และสมบัติต้านทานการติดไฟ

1.4.2 เพื่อพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์

1.4.3 เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสิ่งทอ

1.4.4 ได้รับองค์ความรู้การตกแต่งสิ่งทอ

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 พอลิเอสเตอร์

##### 2.1.1 ประวัติความเป็นมาของเส้นใยพอลิเอสเตอร์

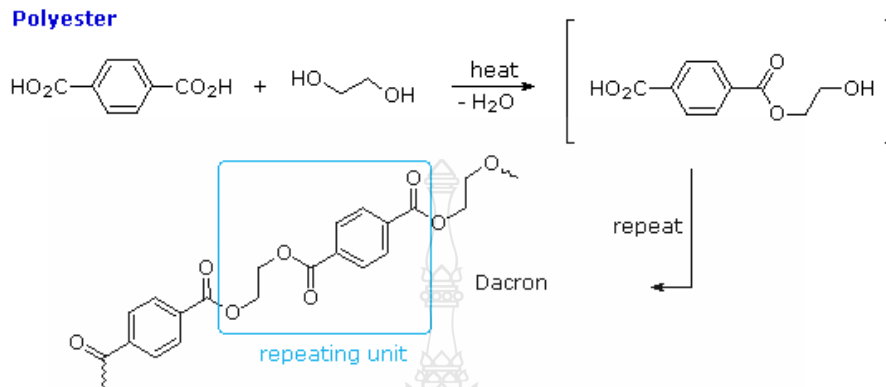
เส้นใยพอลิเอสเตอร์ถูกค้นพบขึ้นโดย Dr. W.H. Carothers ชาวสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 ซึ่งเป็นผู้ค้นพบเส้นใยไนลอน ต่อมานักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษได้ทำการศึกษาค้นคว้าต่อจนผลิตเส้นใยพอลิเอสเตอร์ชนิดแรกได้ โดยใช้ชื่อว่า Terylene ในปี ค.ศ. 1941 ต่อมาในปี ค.ศ. 1946 บริษัทดูปองได้ขอซื้อลิขสิทธิ์มาผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ชื่อว่า Dacron (แดครอน)

ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยพอลิเอสเตอร์นั้นได้รับความนิยมมากที่สุดในบรรดากลุ่มเส้นใยสังเคราะห์อื่นๆ พอลิเอสเตอร์มีชื่อการค้าหลายชื่อขึ้นอยู่กับประเทศและบริษัทผู้ผลิต เช่น Dacron, Avlin, Encron, Kodel, Trevira และ Vycron พอลิเอสเตอร์ที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกาเรียกว่า Terylene ผลิตในประเทศอังกฤษเรียกว่า Teteron ส่วนพอลิเอสเตอร์ที่ผลิตในญี่ปุ่น เรียกว่า Toray (โทเรย์) คุณสมบัติที่ดีของเส้นใยพอลิเอสเตอร์นั้นก็คือการที่ไม่ยับง่าย สวมใส่สบาย ดูแลรักษาง่าย เป็นเส้นใยประเภท Wash and Wear นอกจากนี้จะผลิตเป็นผืนผ้าที่ได้จากเส้นใยพอลิเอสเตอร์อย่างเดียวแล้ว ยังนิยมนำเส้นใยพอลิเอสเตอร์ผสมกับเส้นใยชนิดอื่น เช่น เรยอน, ไหม, ฝ้าย, ลินิน และขนสัตว์ เป็นต้น และมักจะใช้ประมาณไม่ต่ำกว่า 60% เช่น พอลิเอสเตอร์ 65% ฝ้าย 35% การที่นำเส้นใยพอลิเอสเตอร์ผสมกับเส้นใยชนิดอื่นๆ เพื่อให้ผ้าที่ได้จากเส้นใยผสมมีคุณสมบัติดีขึ้น ทั้งในด้านความสวยงาม ความคงทนและความเหมาะสมต่อประโยชน์ในการใช้สอย ผู้ที่ผลิตผืนผ้าจากเส้นใยพอลิเอสเตอร์ และผ้าที่ผลิตจากเส้นใยผสมที่มีเส้นใยพอลิเอสเตอร์อยู่ด้วยนั้น สามารถผลิตได้ทั้งผ้าเนื้อบางเบา จนถึงผ้าเนื้อหนาๆที่ใช้ตัดเสื้อ กระโปรง กางเกง และสูท เป็นต้น

##### 2.1.2 การสังเคราะห์เส้นใยพอลิเอสเตอร์

เส้นใยพอลิเอสเตอร์จึงได้รับความนิยมเป็นอย่างกว้างขวางและรวดเร็วกว่าเส้นใยสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ พอลิเอสเตอร์เป็นเส้นใยที่ผลิตจากปฏิกิริยา Polymerization ของ Dihydric alcohol และ Dicarboxylic acid ดังตัวอย่างปฏิกิริยาที่เกิดจากการใช้ Ethylene glycol และ Terephthalic acid เมื่อรวมสารเคมีดังกล่าวในกระบวนการผลิต (Polymer repeat unit) ประมาณ 80-100 หน่วย จึงจะได้พอลิเอสเตอร์ที่ทำเป็นเส้นใยได้ พอลิเอสเตอร์ที่ได้จากการผลิตในขั้นต้นจะผ่านออกมาเป็นเส้น แล้วถูกตัดเป็นชิ้นเล็กๆ เมื่อต้องการทำเป็นเส้นใยก็ต้องนำไปหลอมเหลว แล้วกดผ่าน

แวน Spinnerette เส้นใยที่กดออกมากระทบอากาศก็จะแข็งตัว จากนั้นก็นำไปดึงยืดเพื่อให้เส้นใยมีความเหนียวแข็งแรง [4]



## รูปที่ 2.1 กระบวนการสังเคราะห์พอลิเอสเตอร์ [11]

### 2.1.3 คุณสมบัติของใยพอลิเอสเตอร์

#### 2.1.3.1 คุณสมบัติของเส้นใยด้านกายภาพ

1) รูปร่าง เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์ ลักษณะตามยาวมีผิวเรียบสม่ำเสมอตลอดเส้น มักเห็นจุดเล็ก ๆ ในเส้นใย อันเนื่องมาจากฟิสิกเมนต์ที่เติมลงไปเพื่อลดความมันของเส้นใย มีภาคตัดขวางกลม แต่มีบางชนิด เช่น Dacron T-62 จะมีลักษณะภาคตัดขวางเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมมน Vycron มีลักษณะเป็นวงรี และ Trevlra มีลักษณะเป็นหยักๆโดยรอบ

2) ความเหนียว มีความเหนียวแตกต่างกันตั้งแต่ 2.5-9.5 กรัมต่อดีเนียร์ เมื่อเปียก ความเหนียวจะลดลง

3) การยืดหยุ่น มีความยืดหยุ่นดี ไม่ยับง่าย และคงขนาดได้ดี

4) การดูดความชื้น ดูดความชื้นได้ต่ำ ประมาณ 0.4-0.6% ที่สภาวะมาตรฐาน ย้อมสีติดยาก ถ้าต้องการให้มีช่องว่างในเนื้อผ้ามาก (Wickability) จะต้องผลิตให้ผ้ามีเส้นด้ายและเนื้อผ้าโปร่งขึ้นเพื่อให้อากาศผ่านเข้าออกได้ดีจะช่วยให้สวมใส่สบายขึ้น

5) การทนความร้อน พอลิเอสเตอร์หลอมละลายที่อุณหภูมิ 230-290 °C ความร้อนไม่ทำให้สีของเส้นใยจางลง เส้นใยที่ผ่านขบวนการทำให้อยู่ตัวด้วยความร้อน (Heat setting) จะไม่ยืดหรือหด ไม่ยับ ถ้ารีดด้วยอุณหภูมิต่ำกว่า Heat setting เส้นใยจะไม่เป็นอันตรายเมื่อไหม้ไฟจะเกิดควัน สีดำหลอมละลาย ถ้าสีเทาดำเป็นเม็ดกลมแข็ง



### 2.1.3.2 คุณสมบัติของเส้นใยด้านเคมี

เส้นใยพอลิเอสเตอร์ไม่ทนต่อต่างแก่และกรดแก่ ทำให้เส้นใยลดความแข็งแรงลง ถ้าสารเคมีมีความเข้มข้น และมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้เส้นใยขาดได้ สารอินทรีย์ที่สามารถทำให้เส้นใยละลายได้ คือ เมตาครีซอลฟีนอล เส้นใยพอลิเอสเตอร์เป็น Oleophilic fiber ดูดซับน้ำมันไว้ได้ดี

### 2.1.3.3 คุณสมบัติของเส้นใยด้านชีวภาพ

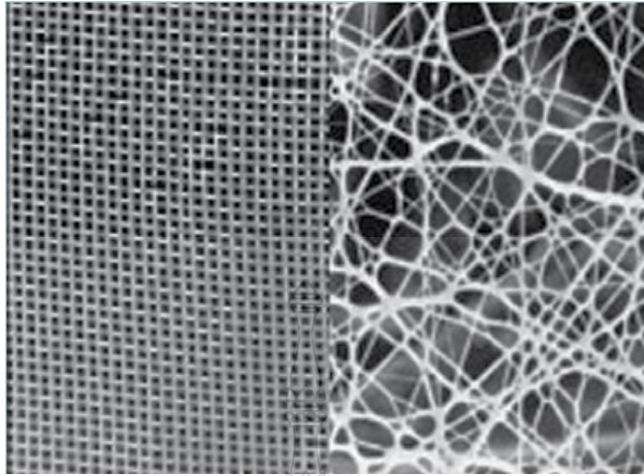
สารฟอกขาว สบู่ ผงซักฟอก ไม่ทำให้เส้นใยเสียหาย ทนต่อแสงแดด เก็บไว้นานมอด แมลง และเชื้อราที่ไม่ทำอันตราย [4]

## ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทั่วไปของกลุ่มเส้นใยพอลิเอสเตอร์ [4]

คุณสมบัติที่ดี	คุณสมบัติที่ไม่ดี
ยืดหยุ่นดี ไม่ยับง่าย	ย่อยสลายยาก ดูดซึมความชื้นได้ต่ำ
คงรูปคงขนาดดี ขณะเป็นของเหลว	ไวต่อความร้อน
ซักได้ทั้งซักเปียกและซักแห้ง	เมื่อเปื้อนไขมันซักออกยาก
ซักง่าย แห้งเร็ว ไม่ต้องรีด	
ทนต่อการขัดสีได้ดี	
มีความเหนียวทนทาน	
ผ้าที่ทอจากใยสั้น เนื้อผ้า คงสภาพรูปร่างได้ดี	

## 2.2 ผ้าไม่ถักไม่ทอ

ผ้าไม่ถักไม่ทอ (nonwovens) หรืออนอวูฟเวน โดยนิยามแล้วคือ ผ้าที่เกิดจากการขึ้นรูปจากเส้นใยโดยตรง ซึ่งแตกต่างจากผ้าทอหรือผ้าถักโดยทั่วไปที่มีการขึ้นรูปเส้นใยให้เป็นเส้นด้ายก่อนแล้วจึงนำไปขึ้นรูปเป็นผ้า ดังนั้นถ้าเรานำเอาแผ่นผ้าไม่ถักไม่ทอมาส่องกล้องขยายดูโครงสร้างกันชัดๆ ก็จะเป็นเส้นใยพาดสานกันไปมาในทุกทิศทาง ผ้าไม่ถักไม่ทอมีข้อเด่นคือสามารถออกแบบให้มีลักษณะและสมบัติที่หลากหลายเพื่อให้เหมาะสม สำหรับการใช้งานที่ต่างกันไป ซึ่งลักษณะและ สมบัติที่หลากหลายของผ้าไม่ถักไม่ทอนี้เกิดจากการ เลือกใช้เส้นใยที่มีอยู่หลากหลายชนิดทั้งเส้นใย ธรรมชาติ และเส้นใยประดิษฐ์ผสมผสานกับกระบวนการขึ้นรูปผ้าไม่ถักไม่ทอที่สามารถทำได้หลายเทคนิค ผ้าไม่ถักไม่ทอมีกระบวนการผลิตรวดเร็ว ผลิตได้ในปริมาณมากและต้นทุนการผลิตต่ำจึงสามารถใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วทิ้ง (disposable) ได้



รูปที่ 2.2 โครงสร้างในผ้าทอ (ซ้าย) และผ้าไม่ถักไม่ทอ (ขวา) [12]

### 2.2.1 ขั้นตอนการผลิตผ้าไม่ถักไม่ทอ

แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ

1) การขึ้นรูปแผ่น (Web formation) เป็น ขั้นตอนการกระจายและโรยเส้นใยลงบนวัสดุรองรับ เพื่อให้เป็นแผ่น (web) โดยเส้นใยที่ใช้อาจอยู่ใน รูปเส้นใยโดยตรง (เทคนิคทราย-เลต (dry-laid) และเว็ตเลต (wet-laid)) หรือทำการขึ้นรูปเส้นใย จากเม็ดพลาสติกแล้วจึงโรยขึ้นรูปเป็นแผ่น (เทคนิค การปั่นหลอม (melt spinning)) เส้นใยที่ใช้สำหรับ เทคนิคทราย-เลต และเว็ต-เลต ส่วนใหญ่ จะเป็น เส้นใยสั้นโดยใช้ลมและน้ำ (ตามลำดับ) เป็นตัวกลาง ในการกระจายเส้นใยลงบนวัสดุเพื่อขึ้นรูป เป็นแผ่นผ้าไม่ถักไม่ทอ ส่วนเทคนิคการปั่นหลอมมีวิธีการคือ ใช้เส้นใยยาวที่ขึ้นรูปจากเม็ดพลาสติกที่ถูก หลอมเหลวและอัดผ่านหัวฉีดจะถูกโรยอย่างต่อเนื่องลงบนสายพานที่เคลื่อนที่เพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นผ้าไม่ ถักไม่ทอ

2) การยึดเส้นใยในแผ่น (Bonding process) เป็นขั้นตอนการยึดตรึงเส้นใยในแผ่นไว้ ด้วยกันเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของแผ่น สามารถทำได้โดยวิธีต่างๆ ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะและความ แข็งแรงของแผ่นผ้าไม่ถักไม่ทอที่ได้

วิธีการเชื่อมยึดความร้อน (Thermal bonding) เช่น ใช้ลูกกลิ้งร้อน (hot calendars) และลมร้อน (hot air) เพื่อให้บางส่วนของเส้นใย (หรือเม็ดพลาสติก) มีการหลอม และยึดติดกัน ภายหลังทำให้เย็นตัวลง การใช้ลูกกลิ้งร้อนจะทำให้แผ่นผ้าไม่ถักไม่ทอที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นแบนที่มีความ แข็งแรงแตกต่างกัน ซึ่งจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับพื้นที่สัมผัสของลูกกลิ้งร้อนบนแผ่นผ้าไม่ถักไม่ทอ

หากลูกกลิ้งที่ใช้เป็นลูกกลิ้งเรียบซึ่งสัมผัสผ้าไม่ถักไม่ทอทั่วทั้งแผ่นก็จะทำให้ได้แผ่นผ้าไม่ถักไม่ทอที่แบนเรียบ มีความแข็งแรงสูง หากใช้ลูกกลิ้งที่มีพื้นที่สัมผัสน้อยลง เช่น เป็นลายนูนก็จะทำให้มีการยึดตรึงเส้นใยเฉพาะตำแหน่ง ผ้าไม่ถักไม่ทอที่ได้ก็จะมีคุณภาพมากขึ้น มีสัมผัส และการโค้งงอที่ดีขึ้น แต่ความแข็งแรงน้อยลง เช่นเดียวกับในกรณีที่ใช้ลมร้อนแทนการใช้ลูกกลิ้งจะทำให้ได้แผ่นผ้าไม่ถักไม่ทอที่มีลักษณะฟูมากขึ้น มีสัมผัสความนิ่มและโค้งงอได้มากขึ้น แต่ความแข็งแรงก็น้อยลงเช่นกัน ดังนั้นเทคนิคที่เลือกใช้จึงขึ้นอยู่กับลักษณะและสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอที่ต้องการ

วิธีการเชื่อมยึดด้วยเคมี (Chemical bonding) เช่น ใช้กาวทั้งในรูปของสารละลาย กาวโพลีเมอร์ หรือสเปรย์กาว ในการเชื่อมยึดเส้นใยผ้าไม่ถักไม่ทอที่ทำการยึดด้วยสารละลายกาวจะมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบแบนและแข็ง ในขณะที่ผ้าไม่ถักไม่ทอที่ใช้โพลีเมอร์หรือสเปรย์กาวจะมีความหนาฟู มีความนุ่ม และคืนตัวได้ดี

วิธีการเชื่อมยึดด้วยกระบวนการทางกล (Mechanical bonding) เช่น การปักด้วยเข็มปัก (needle punching) และการปักด้วยเข็มน้ำ (hydroentanglement) เป็นต้น ผ้าไม่ถักไม่ทอที่ใช้เทคนิคปักด้วยเข็มปักส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแผ่นหนาและแข็ง มีความแข็งแรงสูง ในขณะที่ผ้าไม่ถักไม่ทอที่ใช้เข็มน้ำในการยึดเส้นใยจะมีความนิ่มคล้ายผ้า

เทคนิคที่ใช้ในการยึดเส้นใยในแผ่นส่วนใหญ่เป็นเทคนิคการเชื่อมยึดด้วยความร้อน การเชื่อมยึดด้วยเคมี และการปักด้วยเข็มน้ำ ผ้าไม่ถักไม่ทอในกลุ่มนี้มีลักษณะที่หลากหลายตั้งแต่เบาบางและโค้งงอได้ไปจนถึงแผ่นที่หนาหนักและแข็ง ในกรณีที่ทำกรยึดเส้นใยด้วยเทคนิคการปักด้วยเข็มน้ำ ผ้าไม่ถักไม่ทอที่ได้จะเรียกว่า สเปนเลซ (spunlace) ซึ่งมีลักษณะอ่อนนิ่มและโค้งงอคล้ายผ้ามากที่สุด ตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ผ้าอ้อม อนามัยภัณฑ์และการแพทย์ (ชุดผ่าตัดของแพทย์ หน้ากากอนามัย วัสดุเช็ดทำความสะอาด) และบรรจุภัณฑ์ (ซองบรรจุแผ่นซีดี ซองบรรจุเครื่องมือแพทย์) เป็นต้น

3) การตกแต่งสำเร็จ (Finishing process) เป็นขั้นตอนสุดท้ายเพื่อเพิ่มลักษณะและสมบัติพิเศษอื่นๆ ให้แผ่นผ้าไม่ถักไม่ทอ เช่น การย้อม สี เพิ่มความนุ่ม กลิ่นหอม สัมผัสความนูน สมบัติทนวงไฟ ป้องกันไฟฟ้าสถิต เป็นต้น ซึ่งสามารถทำได้โดยวิธีทางกายภาพและทางเคมี

## 2.2.2 เทคนิคการขึ้นรูปผ้าไม่ถักไม่ทอ

1) ทราย-เลด ผ้าไม่ถักไม่ทอ (Dry-laid nonwovens) เป็นกลุ่มของผ้าไม่ถักไม่ทอที่มีการขึ้นรูปแผ่นจากเส้นใยสั้น (เช่น เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์) โดยทำการกระจายเส้นใยสั้นให้มีความสม่ำเสมอแล้วโรยกระจายลงบนสายพานเพื่อขึ้นรูป เป็นแผ่นผ้าไม่ถักไม่ทอ อาจมีขั้นตอนการวางเส้นใย (carding) เพื่อทำให้เส้นใยมีความสม่ำเสมอและจัด เรียงตัวดีขึ้น แล้วจึงทำการยึดเส้นใยในแผ่น

ด้วย เทคนิคต่างๆ เช่น การยึดเชื่อมด้วยความร้อน การยึดเชื่อมด้วยเคมี การปักด้วยเข็มปัก (needle punch) และการปักด้วยเข็มน้ำ (hydroentanglement) ผ้าไม่ถักไม่ทอแบบปักด้วยเข็มปัก (needle-punched nonwoven) ก็จัดอยู่ในกลุ่มนี้เช่นกัน โดยมีการใช้งานในพรมรองพื้นและฉนวนบุผนังในรถยนต์ สิ่งทอธรณี (geotextiles) ฉนวน และผิวลูกเทนนิส เป็นต้น



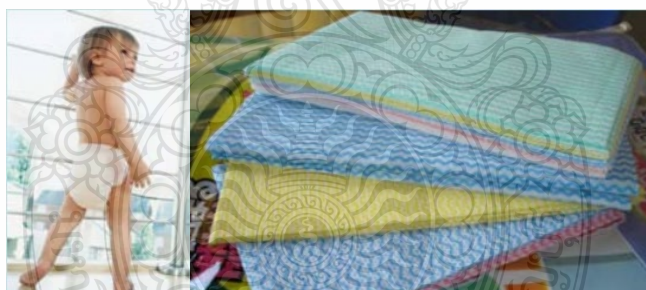
รูปที่ 2.3 ผ้าไม่ถักไม่ทอแบบปักด้วยเข็มปัก [10]

2) เว็ต-เลด ผ้าไม่ถักไม่ทอ (Wet-laid nonwovens) เป็นกลุ่มของผ้าไม่ถักไม่ทอที่มีการขึ้นรูป จากเส้นใยสั้นซึ่งมีขนาดสั้นกว่าที่ใช้ในดราย-เลด ผ้าไม่ถักไม่ทอ เส้นใยที่ใช้ อาจเป็นชนิด อินทรีย์ และ อนินทรีย์ เช่น เส้นใยแก้ว ก็ได้ ในการผลิตจะ ทำการกระจายเส้นใยในน้ำแล้วจึงโรยลงบน สายพาน ตะแกรงเพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นผ้าไม่ถักไม่ทอ ผ้าไม่ถักไม่ทอประเภทนี้ส่วนใหญ่มีลักษณะคล้าย กระดาษ คือมีโครงสร้างที่แน่น (ความหนาแน่นสูง) มีสมบัติเด่น คือ การดูดซับที่ดี การยึดเส้นใยในแผ่น ส่วนใหญ่ใช้ เทคนิคการเชื่อมยึดด้วยเคมี และการเชื่อมยึดด้วยความร้อน ปัจจุบันใช้การปักด้วยเข็มน้ำ ด้วย ตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์สำหรับเช็ด ทำความสะอาด (wipes) กระดาษกรองกาแฟ (coffee filter) ไส้กรอง แผ่นแยกในแบตเตอรี่ (battery separator) เป็นต้น



รูปที่ 2.4 ใส่กรองทำจากผ้าไม่ถักไม่ทอแบบเวีต-เลต [12]

3) สปันบอนด์ผ้าไม่ถักไม่ทอ (Spunbond nonwovens) เป็นกลุ่มผ้าไม่ถักไม่ทอที่มีการขึ้นรูป เส้นใยจากเม็ดพลาสติกโดยตรง โดยการหลอมเม็ด พลาสติกด้วยเครื่องหลอมอัดรีด (extruder) แล้ว ทำการอัดพอลิเมอร์หลอมผ่านหัวฉีดเส้นใยเพื่อให้เป็น เส้นใยยาวต่อเนื่องโรยลงบนสายพานเพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่น ดังนั้นผ้าไม่ถักไม่ทอประเภทนี้จึงทำ จากเส้นใยประดิษฐ์เท่านั้นไม่สามารถใช้เส้นใย ธรรมชาติในการขึ้นรูปได้ พอลิเมอร์ส่วนใหญ่ที่ใช้ ได้แก่ พอลิโพรพิลีน พอลิเอสเตอร์ ไนลอน และ พอลิยูรีเทน



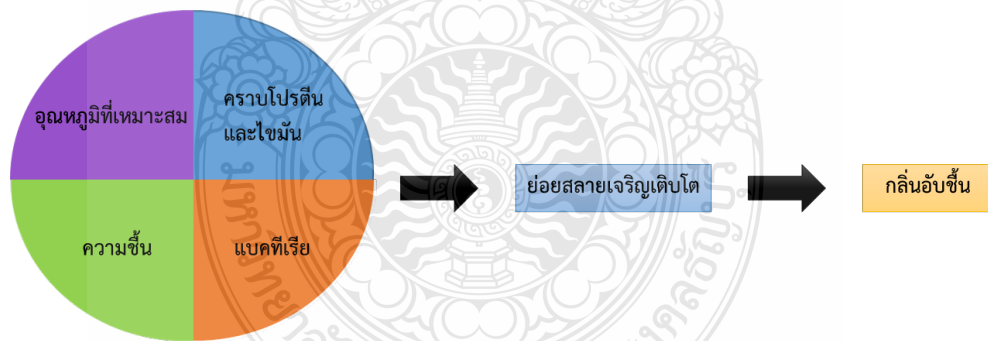
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากผ้าไม่ถักไม่ทอเวอนแบบสปันบอนด์ [12]

4) เมลต์โบลนผ้าไม่ถักไม่ทอ (Meltblown nonwovens) เป็นกลุ่มผ้าไม่ถักไม่ทออีกกลุ่มหนึ่งที่มี การขึ้นรูปเส้นใยจากเม็ดพลาสติกโดยตรงเช่นเดียวกับสปันบอนด์ผ้าไม่ถักไม่ทอ แต่มีความแตกต่างคือเส้นใยจะมีลักษณะเล็กละเอียดในระดับนาโนเมตร ไมโครเมตร แต่ไม่เป็นเส้นยาวต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากพอลิเมอร์หลอมจากเครื่องหลอมอัดรีดจะถูกส่งผ่านไปยังหัวฉีดซึ่งถูกออกแบบให้มีลมร้อนอยู่รอบรูของหัวฉีด ทำให้พอลิเมอร์หลอมที่ไหลผ่านรูของหัวฉีดถูกพ่นกระจายด้วยลมร้อนที่มีความเร็วสูง เส้นใยจึงมีขนาดเล็กละเอียด แต่เนื่องจากเส้นใยไม่มีโอกาสที่จะไหลผ่านรูของหัวฉีดอย่างต่อเนื่อง

และถูกดึงยึดเป็นเส้นใยยาวเหมือนในกรณีของสปริงบอนด์ทำให้เส้นใยของผ้าไม่ถักไม่ทอแบบเมลต์โบลนนี้ไม่มีความแข็งแรง และเส้นไม่ยาวต่อเนื่อง เส้นใยละเอียดจะถูกพันและเย็นตัวบนสายพานเป็นแผ่นผ้าไม่ถักไม่ทอ เทคนิคที่ใช้ในการยึดเส้นใยในแผ่นส่วนใหญ่เป็นเทคนิคการเชื่อมยึดด้วยความร้อน การเชื่อมยึดด้วยเคมี และการปักด้วยเข็มน้ำ แผ่นผ้าไม่ถักไม่ทอแบบเมลต์โบลนนี้มีความแข็งแรงน้อยจึงต้องใช้งานร่วมกับวัสดุหรือผ้าไม่ถักไม่ทอชนิดอื่น และจากสมบัติเส้นใยที่มีขนาดเล็กละเอียดมากจึงมักใช้ในงานกรอง เช่น ใส่กรอง แผ่นกรองในหน้ากากอนามัยผลิตภัณฑ์ด้านการแพทย์ และฉนวน เป็นต้น [12]

### 2.3 การต้านทานแบคทีเรีย

เนื่องจากสภาพแวดล้อมและมลภาวะรอบตัวเรามีเชื้อโรคอยู่เป็นจำนวนมาก ที่ใกล้ตัวที่สุดก็คือแบคทีเรีย ที่มักจะสะสมอยู่ในเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคผิวหนังต่างๆ และเมื่อแบคทีเรียรวมตัวกับความเปียกชื้นจากเหงื่อก็จะทำให้เกิดปัญหากลิ่นอับ ซึ่งเป็นสิ่งไม่พึงประสงค์ กลิ่นอับชั้นเกิดจากเสื้อผ้าเมื่อผ่านการสวมใส่แล้วย่อมจะเกิดคราบสกปรกต่างๆซึ่งก็คือ คราบโปรตีนและไขมัน ภายใต้สภาวะความชื้นและอุณหภูมิที่พอเหมาะจะเกิดขบวนการย่อยสลายโปรตีน และไขมันเหล่านั้นโดยเชื้อแบคทีเรียซึ่งมีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ แล้วเกิดเป็นกลิ่นเหม็นอับชั้น ซึ่งอธิบายได้โดยแผนผัง ดังนี้



รูปที่ 2.6 แผนผังการย่อยสลายโปรตีนของแบคทีเรีย [10]

สารต้านแบคทีเรีย คือ สารที่ทำลายหรือยับยั้งการเติบโตหรือการแพร่พันธุ์ของเชื้อแบคทีเรีย โดยสารต้านแบคทีเรียจะเข้าไปทำลายหรือยับยั้งการทำงานของโปรตีนภายในเซลล์แบคทีเรียทำให้เกิดความเสียหายต่อผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์หรือต่อสารพันธุกรรมที่เรียกว่า DNA (Deoxyribonucleic



Acid) มีผลทำให้แบคทีเรียไม่สามารถแบ่งเซลล์ได้และทำให้เซลล์ตายในที่สุด ดังนั้นเมื่อเราใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่มีสารต้านแบคทีเรียก็จะสามารถลดปัญหากลิ่นอับชื้นในผลิตภัณฑ์หรือจุดต่างด้าบนเส้นใยได้

### 2.3.1 กลไกการทำงานของสารต้านแบคทีเรีย

สารต้านแบคทีเรีย เช่น ผลึกของซิลเวอร์นาโนหรืออนุภาคเงินขนาดจิ๋ว, ผลึกของซิงค์ออกไซด์ ซึ่งเป็นอนุภาคขนาดเล็กมากสามารถเข้าไปสัมผัสกับเชื้อแบคทีเรียได้ อย่างทั่วถึงเป็นผลให้เกิดปฏิกิริยาตอบโต้กับโปรตีน ในเชื้อแบคทีเรียซึ่งจะส่งผลให้ระบบเมทาโบลิซึมในเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียมีการยับยั้งการเจริญเติบโต นอกจากนี้สารต้านแบคทีเรียยังทำลายระบบหายใจ ระบบขนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการเมทาโบลิซึม และระบบขนย้ายซัสเตรทในเยื่อหุ้มเซลล์ ยิ่งไปกว่านั้นสามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวน จึงทำให้วัสดุสิ่งทอที่ได้มีคุณสมบัติในด้านการต้านการติดเชื้อ, ไม่มีกลิ่นเหม็น, ลดอาการคัน และการเกิดแผลที่เกิดจากการติดเชื้อของแบคทีเรีย

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้สิ่งทอมีคุณสมบัติในการกำจัดหรือยับยั้งแบคทีเรีย (Antimicrobial) โดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่ถูกต้องแบคทีเรียนั้นรุกราน สาร Antimicrobial มีอยู่หลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิด จะมีข้อดีข้อเสียและความเหมาะสมกับวัสดุสิ่งทอแตกต่างกัน ตัวอย่างสารต้านแบคทีเรีย ที่นิยมนำมาใช้ได้แก่

1) สารนาโน-ซิลเวอร์ออกไซด์ (Silver : AgO) อนุภาคซิลเวอร์นาโนหรือโลหะเงินมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียได้ ทำให้ในปัจจุบันได้มีการนำมาใช้อุตสาหกรรมต่างๆมากมาย เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า มีการนำซิลเวอร์นาโนมาใช้กับการผลิตตู้เย็น เพราะ สามารถช่วยรักษาความเย็นและอนุภาคซิลเวอร์นาโนยังช่วยยืดอายุของอาหารที่เก็บไว้ในตู้เย็น ผลิตภัณฑ์ทาง การแพทย์ เช่น สำลี ผ้าพันแผลปลอดเชื้อ เป็นต้น

2) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide : TiO<sub>2</sub> ) ไทเทเนียมไดออกไซด์สามารถเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสง เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงที่มีพลังงานที่เหมาะสม (ความยาวคลื่นสั้นกว่า 385 นาโนเมตร) จะทำให้อิเล็กตรอนในไทเทเนียมไดออกไซด์สามารถกำจัดสารอินทรีย์หรือเชื้อโรคที่เกาะอยู่บนอนุภาคได้ อนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีขนาดเล็กนั้น ไม่พบว่ามีความเป็นพิษต่อเซลล์ภายใต้ทั้งสภาวะที่มีแสงหรือไม่มีแสงก็ตาม

3) ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide : ZnO) ซิงค์ออกไซด์เป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในสารละลายกรดและเบส มีลักษณะเป็นผงสีขาว มีสมบัติในการต้านแบคทีเรียและป้องกันรังสียูวี

4) ไคโตซาน (Chitosan) ไคโตซานเป็นสารธรรมชาติกลุ่มเดียวกลูบคาร์โบไฮเดรต ที่ผลิตมาจากวัตถุดิบประเภท เปลือกกุ้ง เปลือกปู แกนปลาหมึก ฯลฯ โดยวัตถุดิบดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นวัตถุดิบที่เหลือจากการใช้แล้วของอุตสาหกรรมผลิตอาหารซึ่งมีปริมาณที่มากในประเทศไทย

5) อื่นๆ เช่น สาร Triclosan สาร Quat Silane และ สาร Polyhexametyhylyene Biguanide (PHMB) เป็นต้น

การตกแต่งเพื่อการต้านทานแบคทีเรีย ผ้าที่ตกแต่งด้วยวิธีนี้จะมีคุณสมบัติหยุดยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และแบคทีเรีย ลดการเกิดกลิ่นจากเหงื่อ หรือสิ่งสกปรกและลดการเสียหายของผ้า เนื่องจากเชื้อราหรือแบคทีเรียที่ทำให้เส้นใยเปื่อยขาดง่าย ผ้าที่ตกแต่งเพื่อวัตถุประสงค์เหล่านี้คือ เสื้อผ้าและเครื่องใช้เด็กอ่อน เป็นต้น สารที่ใช้ตกแต่งมีหลายชนิด แล้วแต่ผู้ผลิตจะเลือกใช้นชนิดใดต้องเลือกให้เหมาะกับเส้นใยแต่ละชนิดด้วย

## 2.4 การหน่วงไฟ

การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอเพื่อการกันไฟ เส้นด้ายหรือผ้าก่อนหรือหลังการผลิตเป็นผืนเพื่อเปลี่ยน ลักษณะที่เห็นและสัมผัสให้ดีขึ้น และเพิ่มสมบัติที่ดีในด้านต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมที่จะใช้ประโยชน์ต่อไปการตกแต่งสิ่งทอหรือเสื้อผ้าให้ทนไฟเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อลดอันตรายที่เกิดจากลุกติดไฟในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ฯลฯ มีกฎหมายกำหนดให้เสื้อผ้า เช่น ชุดนอนเด็กเครื่องใช้ที่ทำจากผ้า เช่น ผ้าปูที่นอน พรม ที่นอน เป็นต้น ต้องผ่านการตกแต่งสำเร็จหน่วงไฟ (Flame retardant finishes)

เส้นใยธรรมชาติที่จัดว่ามีสมบัติกันไฟได้แน่นอน (fire proof) คือ โยหิน (asbestos) แต่เส้นใยชนิดนี้ไม่เหมาะที่จะใช้ทำเสื้อผ้า หรือตกแต่งภายใน ประโยชน์ใช้สอยดังกล่าว ทำจากเส้นใยฝ้าย ขนสัตว์หรือ พอลิเอสเทอร์ ไนลอน ฯลฯ และเส้นใยเหล่านี้จะลุกติดไฟหรือหลอมตัวให้ความร้อนสูง เป็นอันตรายอย่างยิ่งแก่ผู้ใช้ เมื่อเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ขึ้นเสื้อผ้าหรือเครื่องใช้ที่ตกแต่ง เพื่อไม่ให้ผ้าติดไฟสามารถช่วยลดอันตรายดังกล่าวได้ ผ้ามีสมบัติทนไฟต่างกัน 3 ระดับ คือ

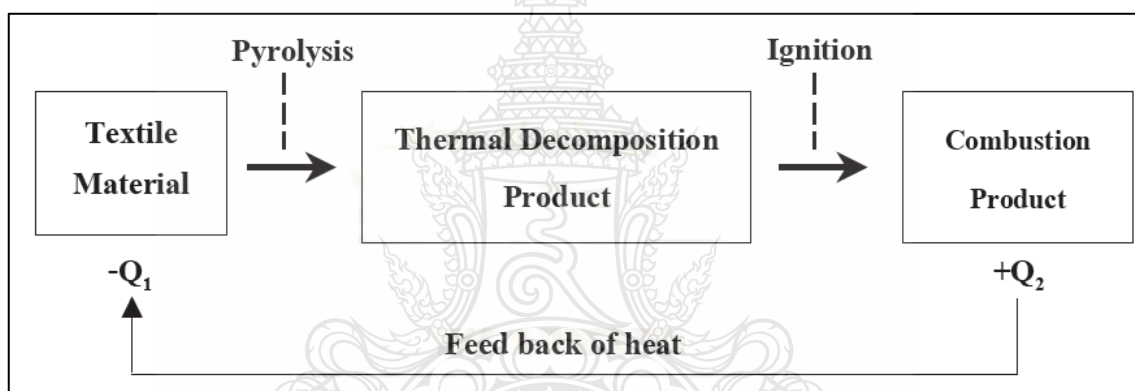
- 1) ผ้าที่ทนไฟหรือกันไฟแบบ fire proof จะไม่ลุกไหม้ไฟ และไม่เสียหาย ซึ่งได้แก่ผ้าโยหิน
- 2) ผ้าที่มีสมบัติทนไฟแบบ flame resistant จะสามารถทนหรือไม่ลุกไหม้ เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงถึง 600 องศาเซลเซียส โดยจะยังคงรูปร่างอยู่ เช่น ผ้าที่ทำจากเส้นใย Nomex, Kynol



- 3) ผ้าที่มีสมบัติต้านการลุกไหม้แบบ flame retardant อาจจะมีการลุกติดไฟได้ แต่ก็เกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่าปกติ และเกิดในระยะสั้น ๆ หรือไหม้แดงโดยไม่มีเปลวไฟในระยะสั้นๆ เมื่อไม่มีการลุกไหม้ที่อุณหภูมิสูงก็จะไม่ทำให้เกิดความร้อนที่จะทำให้เกิดการลุกไหม้หรือสลายตัวต่อไป ผ้าที่มีสมบัติหน่วงไฟก็โดยการตกแต่งผ้า นั้น ๆ ด้วยสารหน่วงไฟ [10]

#### 2.4.1 วงจรการลุกไหม้ของวัสดุสิ่งทอ (Burning Cycle of Textile Materials)

การที่เราจะสามารถหน่วงหรือต้านการติดไฟหรือการลุกไหม้ของวัสดุสิ่งทอได้นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเข้าใจวงจรการลุกไหม้ของวัสดุสิ่งทอเป็นอย่างดี วงจรการลุกไหม้ของวัสดุสิ่งทอแสดงในรูปที่ 2.7 ดังนี้



รูปที่ 2.7 วงจรการลุกไหม้ของวัสดุสิ่งทอ [13]

จากรูปวัสดุสิ่งทอจะเกิดการสลายตัวกลายเป็นไอหรือแก๊สที่ติดไฟได้ง่าย (flammable volatiles or flammable gases) เมื่อได้รับความร้อน เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการ Pyrolysis ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน (endothermic reaction,  $-Q_1$ ) ไอหรือแก๊สที่ติดไฟได้ดังกล่าวจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเกิดการเผาไหม้ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction,  $+Q_2$ ) และความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะถูกนำกลับไปทำให้วัสดุสิ่งทอร้อนและเกิดการสลายตัวให้ไอหรือแก๊สที่ติดไฟได้ง่าย ทำให้การเผาไหม้ดำเนินต่อไปเป็นวงจรเช่นเดิมอีก เส้นใยแต่ละชนิดมีความสามารถในการติดไฟและการลุกไหม้ที่แตกต่างกัน เช่น ฝ้าย จะลุกติดไฟได้ง่าย และเมื่อลุกไหม้จะให้เปลวไฟซึ่งจะเผาไหม้ส่วนที่เหลือต่อไปจนเหลือแต่เถ้าถ่านถึงแม้ว่าจะได้นำแหล่ง

ต้นไฟออกไปแล้ว แต่ถ้าเป็นเส้นใยสังเคราะห์เมื่อเข้าใกล้ไฟจะมีการหดตัว เมื่อติดไฟจะลุกไหม้แต่จะดับไปเองเมื่อแหล่งต้นไฟได้ถูกนำออกไป

#### 2.4.3 กลไกการทำงานของสารหน่วงไฟ (Flame Retardant Mechanisms)

กลไกการทำงานของสารหน่วงไฟ คือการไปรบกวนวงจรการลุกไหม้ของวัสดุสิ่งทอ ไม่ได้ให้ดำเนินไปได้ตามปกติ ซึ่งจะถูกรับควบคุมด้วยทฤษฎีที่แตกต่างกันดังนี้

1) Endothermic theory (thermal theory) ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟที่จะดูดความร้อนบางส่วนจากระบบไปทำให้สารหน่วงไฟเกิดการสลายตัวในรูปของการหลอมเหลวหรือการระเหิด ซึ่งจะทำให้เส้นใยได้รับความร้อนน้อยลงจนไม่สามารถร้อนถึงอุณหภูมิที่สามารถเกิดการเผาไหม้ได้

2) Gas theory ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟที่เมื่อติดไฟแล้วจะสลายให้แก๊สที่ติดไฟยากหรือแก๊สที่ไม่ติดไฟ เช่น แก๊สไนโตรเจน ( $N_2$ ) แก๊สแอมโมเนีย ( $NH_3$ ) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) และไอน้ำ ทำให้เส้นใยไม่สามารถเกิดการเผาไหม้ได้

3) Melt theory ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟที่เมื่อโดนความร้อนแล้วจะหลอมละลายปกคลุมพื้นผิวเส้นใย ทำให้แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ถูกปล่อยออกมายาก และยังทำให้อากาศหรือออกซิเจนไม่สามารถแทรกเข้าไปในเส้นใยได้อีกด้วย เส้นใยจึงไม่เกิดการเผาไหม้

4) Radical capture theory ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟที่เมื่อโดนความร้อนแล้วจะเกิดอนุมูลอิสระที่สามารถจับกับอนุมูลอิสระที่เกิดจากการเผาไหม้ของเส้นใยเซลลูโลส เช่น  $H\cdot$ ,  $OH\cdot$  กลายเป็นแก๊ส ซึ่งทำให้ปฏิกิริยา Free-radical chain propagation สิ้นสุด การลุกไหม้ก็จะสิ้นสุดลง

5) Dehydration theory ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟที่ใช้สำหรับเส้นใยเซลลูโลส โดยสารเหล่านี้จะไปทำให้เส้นทางการสลายตัว (decomposition path) ของเส้นใยเซลลูโลสเปลี่ยนแปลง จากเดิมที่เคยสลายตัวให้อะและแก๊สที่ติดไฟได้ง่าย ส่งผลให้การลุกไหม้ดำเนินต่อไปนั้นเปลี่ยนเป็นการสลายตัวที่เกิดแต่ถ่านคาร์บอน และน้ำ [13]

#### 2.4.3 ประเภทของสารหน่วงไฟ (Classification of Flame Retardants)

การใช้สารหน่วงไฟเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดการเกิดอัคคีภัยได้ โดยจะไปขัดขวางกระบวนการลุกไหม้ให้เกิดได้น้อยลง

#### 2.4.3.1 สารหน่วงไฟที่จำแนกตามความคงทน

1) สารหน่วงไฟประเภทไม่คงทน (Nondurable flame retardants) สารหน่วงไฟประเภทนี้ ได้แก่ กรดอนินทรีย์ เช่น กรดบอริก กรดฟอสฟอริก และซิงค์คลอไรด์ หรือเบส เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โพแทสเซียมคาร์บอเนต

2) สารหน่วงไฟประเภทกึ่งคงทน (Semidurable flame retardants) สารหน่วงไฟประเภทนี้ ได้แก่ เกลือของกรดอนินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ เช่น เกลือฟอสเฟตหรือเกลือโบเรตของโลหะดีบุก สังกะสี อะลูมิเนียม

3) สารหน่วงไฟประเภทมีความคงทนสูง (Durable flame retardant) สารหน่วงไฟประเภทนี้จะมี ฟอสฟอรัส หรือ ฮาโลเจนเป็นองค์ประกอบหรือเป็นสารประกอบประเภท Organophosphorus สารหน่วงไฟประเภทนี้มีความคงทนภายหลังการซัก 50 ครั้ง ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่ จำเป็นต้องผ่านการซักล้างบ่อย เช่น ผลิตภัณฑ์เสื้อผ้า

#### 2.4.3.2 สารหน่วงไฟที่จำแนกจากองค์ประกอบ

1) สารหน่วงไฟประเภทฮาโลเจน (Halogen-based flame retardants) สารหน่วงไฟที่มีฮาโลเจน เป็นองค์ประกอบนี้เป็นสารหน่วงไฟที่มีการใช้มากที่สุด ทั้งในพลาสติก และสิ่งทอเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟที่ดี

2) สารหน่วงไฟประเภทฟอสฟอรัส (Phosphorus-based flame retardants) สารหน่วงไฟประเภทฟอสฟอรัสสามารถหาได้ง่าย จะมีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟเมื่อใช้กับวัสดุที่มีออกซิเจนสูง เช่น เซลลูโลส และอนุพันธ์ของเซลลูโลส

3) สารหน่วงไฟประเภทอนินทรีย์ (Inorganic salt flame retardants) สารหน่วงไฟประเภท อนินทรีย์ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ได้แก่ อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์, แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ และ สารประกอบโบรอนเป็นต้น สารหน่วงไฟประเภทนี้นอกจากจะมีราคาถูก ไม่เป็นพิษ มีสมบัติในการหน่วงไฟแล้วยังมีสมบัติในการลดควันที่เกิดจากการเผาไหม้

4) สารหน่วงไฟประเภทไนโตรเจน (Nitrogen – based flame retardants) ธาตุไนโตรเจนยังมีความเข้าใจในกลไกไม่มากนัก แต่พอสรุปได้ว่าไนโตรเจนจะให้ผลในการต้านการลุกไหม้เมื่อมีฟอสฟอรัสอยู่ ด้วย เช่น ในสาร Pyrovatex CP และ Diammonium Phosphat

[10]

## 2.5 การต้านทานรังสียูวี

การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอเพื่อการต้านทานรังสียูวี แสงยูวีในปัจจุบันมีความเข้มข้นสูงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้การเกิดริ้วรอยและความเหี่ยวย่นของผิวหนังก่อนวัย อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งผิวหนังได้ ส่วนของเสื้อผ้าเอง เมื่อโดนแสงแดดบ่อยครั้งทำให้สีซีดลง การนำสารที่ป้องกันรังสียูวี 2 ชนิด คือ รังสี UVA และ UVB โดยใช้สารตกแต่งซึ่งมีหลายชนิด เช่น นาโนซิงค์ออกไซด์ (Nano-ZnO) และนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO<sub>2</sub>) มาผสมในกระบวนการผลิตสิ่งทอซึ่งสารเหล่านี้ เมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กลงจนถึงระดับนาโนเมตร จะสามารถสะท้อน แสงและรังสียูวีได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากสารในระดับนาโนเมตรเพิ่มพื้นที่ผิวมากขึ้นนั่นเอง อีกทั้งยังโปร่งแสง มีลักษณะใสและสามารถป้องกันได้ทั้ง UVA และ UVB [10]

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการใช้สารตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ [10]

น้ำหนักผ้า (g)	ปริมาณน้ำ (CC)	ผ้าไหมใช้สารตกแต่งสำเร็จ (g)	ผ้าฝ้าย/ด้าย ใช้สารตกแต่งสำเร็จ (g)
100	200	10	8
200	250	20	15
300	300	30	20
400	350	40	30
500	400	50	35
600	450	60	40
700	500	70	50
800	600	80	55
900	700	90	70
1,000 g	800	100	75

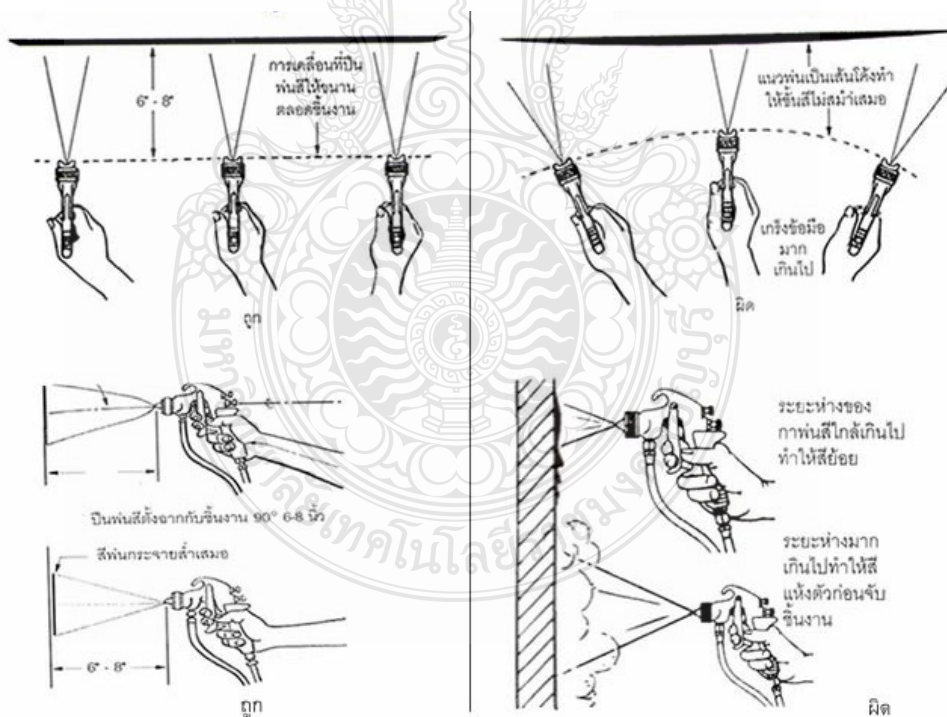
\*\*\*หมายเหตุ 1. ควรใช้น้ำสะอาดเท่านั้น

2. อาจปรับเพิ่ม หรือ ลดได้ตามความพอใจ ซึ่งปริมาณสารที่ใช้ตกแต่งสำเร็จในตารางเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้แล้วว่าเหมาะสม

## 2.6 กระบวนการพ่นเคลือบ

การพ่นสเปรย์สารเคมีเคลือบบนผิวหน้าของผ้าหรือวัสดุ วิธีนี้ใช้การพ่นเคลือบด้วยอุปกรณ์แอร์บรัช ประกอบด้วยสารละลาย และลมอัด ทำให้เกิดละอองของสารเคมีเคลือบบนวัสดุสิ่งทอ โดยมีความยืดหยุ่นมาก การทำงานง่าย ไม่สลับซับซ้อน แต่มีปัญหาเรื่องของการสูญเสียของละอองของสารเคมี จึงจำเป็นต้องควบคุมมุมในการพ่น และหัวพ่นจะต้องไม่ถูกปรับเปลี่ยน เพื่อให้ได้ละอองที่คงที่เสมอ กระบวนการตกแต่งสิ่งทอที่เหมาะสมกับมิติของสิ่งทอเกือบทุกประเภท คือ กระบวนการพ่นสเปรย์เคลือบผิวหน้าสิ่งทอ อย่างไรก็ตามอาจมีปัญหาระหว่างการพ่นสเปรย์อีกทั้งการสูญเสียสารเคมีเนื่องจากละอองกระจายตัวไม่สัมพันธ์กับผิวหน้าสิ่งทอ [14]

ซึ่งกระบวนการพ่นสเปรย์เคลือบผิวหน้าสิ่งทอด้วยแอร์บรัช คือ อุปกรณ์พ่นสีขนาดเล็กที่มีลักษณะคล้ายปากกามีที่บรรจุสีที่เป็นน้ำเพื่อทำการพ่นสีเส้นขนาดเล็กเพื่องานละเอียดที่กาพ่นลมขนาดใหญ่ทำไม่ได้ในเรื่องรายละเอียด [15] แอร์บรัชสามารถพ่นได้ขนาดตั้งแต่ 0.5mm ไปจนถึง 8cm และมีขนาดหัวพ่นตั้งแต่ 0.2 mm ไปจนถึง 0.8 mm [16]



ภาพที่ 2.8 (ก) รักษาระยะห่างของปืนพ่นให้ถูกต้องเสมอ (ข) รักษาระยะห่างของปืนพ่นที่ไม่ถูกต้อง [17]

## 2.7 สารเติมแต่ง

### 2.7.1 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (Nano-ZnO)

#### 2.7.1.1 ที่มาของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (Nano-ZnO)

อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการเปลี่ยนขนาดอนุภาคซิงค์ออกไซด์ให้มีขนาดเล็กลงอยู่ในระดับอนุภาคนาโนเมตร โดยกระบวนการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ( Synthesis of ZnO Nanoparticles ) มี 4 วิธี คือ

- 1) Coprecipitation
- 2) Sol-gel
- 3) Hydrothermal
- 4) Flame spray Pyrolysis [18]

อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เป็นวัสดุในกลุ่มโลหะออกไซด์ มีสารประกอบของสังกะสี และออกซิเจน ที่มีขนาดเล็ก ระดับต่ำกว่า 100 นาโนเมตร ซึ่งสามารถตรวจสอบขนาดได้ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน หรือ Dynamic light scattering technique ซึ่งขนาดของอนุภาคนาโนจะขึ้นอยู่กับขั้นตอนการผลิตซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปในแต่ละที่ แต่โดยมากจะอยู่ในช่วงเล็กกว่า 100 นาโนเมตร Nano-ZnO มีลักษณะเป็นผงอนุภาคละเอียดคล้ายผงแป้ง สีของ Nano-ZnO มีสีขาวถึงขาวอมเหลือง ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อัตราส่วนออกซิเจนต่อสังกะสี หรือขนาดของอนุภาค เป็นต้น

#### 2.7.1.2 คุณสมบัติอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (Nano-ZnO)

Nano-ZnO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของการทำยางและสารเคมีบางชนิด สามารถสะท้อนแสงและป้องกันรังสี UVA และ UVB ลดการอักเสบ ฆ่าและยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (Anti-bacteria) และเชื้อรา โดยไม่มีความเป็นพิษต่อร่างกาย ทนความร้อนและกระแสไฟฟ้าด้วยคุณสมบัติหลากหลายเหล่านี้ จึงทำให้ Nano-ZnO ถูกนำไปใช้ประโยชน์ ในหลากหลายอุตสาหกรรม โดยอุตสาหกรรมหลักที่ใช้ ได้แก่ อุตสาหกรรมโพลีเมอร์และยาง อุตสาหกรรมการผลิตสี อุตสาหกรรมการเกษตร อุตสาหกรรมยา อาหารเสริม อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ อุตสาหกรรมเซรามิก และสิ่งทอ เป็นต้น ทั้งนี้ ในปัจจุบัน มีงานวิจัยด้านคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อ และยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ทำให้มีการนำ Nano-ZnO มาใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ การผลิตยา และการเกษตรอย่างแพร่หลาย [19]

#### 2.7.1.3 บทบาทของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์(Nano-ZnO)

1) ด้านโภชนาการ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เป็นสารที่สามารถเติมในอาหารได้โดยมีความปลอดภัยสูง สามารถใช้ได้ทั้งในอาหารคนและอาหารสัตว์ เนื่องจากธาตุสังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยปกติร่างกายผู้ใหญ่ต้องการสังกะสีวันละ 15 มิลลิกรัม และเพิ่มขึ้น

เป็น 25 มิลลิกรัม ในสตรีที่ให้นมบุตร ซิงค์ออกไซด์เป็นยาสมานแผล ลดการอักเสบ และยับยั้งแบคทีเรียได้ดี โดยนำมาใช้เป็นยาสมานผิว และรักษาโรคติดเชื้อที่ผิวหนังบางชนิด เช่น โรคเรื้อนกวาง โรคผิวหนังเป็นตุ่มพุพองจากเชื้อแบคทีเรีย โรคกลากเกลื้อน ฝี อาการคันตามผิวหนังและผิวง่ายเคือง โดยเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ใช้จะอยู่ประมาณ 10 ถึง 20 นาโนเมตร จากการสังเกตภายใต้กล้องกำลังขยายสูง พบว่ามีลักษณะเป็นผงอนุภาคละเอียด มีความบริสุทธิ์สูง มีสีขาวและไม่เปลี่ยนสี

2) ด้านเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์กันแดด นาโนซิงค์ออกไซด์มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันรังสี UVA และ UVB นอกจากนี้ยังมีอนุภาคเล็กละเอียด มีความบริสุทธิ์สูง และปลอดภัยและเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กันแดดสำหรับผิวเพื่อปกป้องรังสี UV ซิงค์ออกไซด์มีความปลอดภัยและอ่อนโยนต่อร่างกายโดยได้รับการยืนยันจาก Food and Drug Administration (FDA) ว่าเป็น 1 ใน 2 ชนิด ของสารกันแดดที่เป็นส่วนผสมในประเภทผลิตภัณฑ์ดูแลผิวซึ่งสามารถป้องกันได้ทั้ง UVA และ UVB อนุภาคปกติของซิงค์ออกไซด์จะมีสีขาวเมื่อนำมาทาบบนผิว ดังนั้นซิงค์ออกไซด์ จึงไม่นิยมนำมาใช้ในการเป็นครีม หรือผลิตภัณฑ์กันแดดสำหรับผิว อย่างไรก็ตามนาโนซิงค์-ออกไซด์ได้รับการทดสอบโดย Australian commonwealth scientific & Industrial research organization (CSIRO) พบว่านาโนซิงค์ออกไซด์เมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมของครีมหรือโลชั่นกันแดดจะให้สัมผัสนุ่มลื่น โปร่งใส และไม่มีสีหลังจากที่ทาบบนผิวนาโนซิงค์ออกไซด์จึงเหมาะที่จะนำมาผสมเป็นสารกันแดดในเครื่องสำอาง

3) ด้านอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และยา อาหารสัตว์ที่มีนาโนซิงค์ออกไซด์จะให้ผลดีกว่าการเติมไมโครซิงค์ออกไซด์ โดยจะทำให้อัตราการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้สูงกว่า ทำให้ลดปริมาณการเติมซิงค์ออกไซด์ในอาหารได้

4) ด้านอุตสาหกรรมการผลิตยาง นาโนซิงค์ออกไซด์ถูกใช้เป็นส่วนเสริมเติมแรงดึงผิว ช่วยในการยืดอายุการใช้งานของยางและใช้ในการผลิตยางที่สามารถป้องกันรอยขีดข่วน

5) ด้านอุตสาหกรรมเซรามิก ปกติในอุตสาหกรรมเซรามิกจะใช้ซิงค์ออกไซด์ในการให้สีขาวจากการใช้นาโนซิงค์ออกไซด์ พบว่าสามารถช่วยลดอุณหภูมิการเผาเซรามิกให้เหลือเพียง 400 ถึง 600 องศาเซลเซียส โดยหลังการเผาพบว่าผิวของเซรามิกที่ได้มีความมันวาวราวกับกระจก

7) ด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมเคมีอื่นๆ ผลิตภัณฑ์ป้องกันแบคทีเรียและเชื้อราการกำจัดกลิ่นของเสื้อผ้า เสื้อผ้าทำความสะอาดตัวเอง ผลิตเส้นใยและสิ่งทอที่สามารถป้องกันรังสี UV ได้

8) ด้านอุตสาหกรรมสี นาโนซิงค์ออกไซด์เป็นสารป้องกันไฟฟ้าสถิตตัวใหม่ ซึ่งมีความสามารถเป็นสารกึ่งตัวนำ การเติมนาโนซิงค์ออกไซด์ในเรซินจะสามารถนำมาใช้ป้องกันไฟฟ้าสถิตได้ ทั้งยังสามารถผลิตสีป้องกันรังสี UV สีที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้ [10]

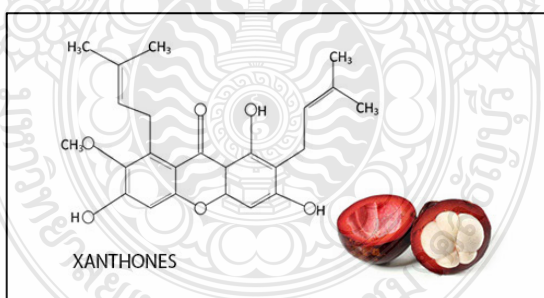
#### 2.7.1.4 ความแตกต่างของนาโนซิงค์ออกไซด์ (Nano-ZnO) กับ ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)

ซิงค์ออกไซด์ เป็นสารที่ใช้ยับยั้งแบคทีเรีย (Antibacterial agent) ตามธรรมชาติและไม่มีความเป็นพิษ นอกจากฆ่าแบคทีเรียแล้วยังช่วยป้องกัน และยับยั้งแบคทีเรียในระยะเริ่มแรกลดโอกาสการเปลี่ยนรูปของแบคทีเรีย เนื่องจากเหตุผลนี้ ซิงค์ออกไซด์จึงเป็นสารที่สำคัญสารหนึ่งในการเป็นยาต้านแบคทีเรีย ยิ่งไปกว่านั้นจากการศึกษาพบว่าเมื่อผ่านกระบวนการที่ทำให้ซิงค์ออกไซด์มีอนุภาคเล็กลงในระดับนาโนเมตร จะทำให้มีประสิทธิภาพในการต้านแบคทีเรียได้อย่างดีเยี่ยมโดยไม่จำเป็น ต้องใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) ในการเร่งปฏิกิริยา [19]

#### 2.7.2 สารสกัดจากเปลือกมังคุด

##### 2.7.2.1 คุณสมบัติของเปลือกมังคุด

แซนโทนเป็นชื่อของสารประกอบที่สามารถพบได้ในธรรมชาติ และมีลักษณะคล้ายวิตามิน แท้ที่จริงแล้วแซนโทนเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ มีส่วนช่วยในการปรับสมดุลการทำงานของเซลล์ในร่างกายมนุษย์ให้ทำงานปกติและเหมาะสม โครงสร้างทางเคมีของแซนโทนมีรูปร่างเหมือนแหวนเพชรสามวงเกี่ยวกันเป็นห่วงคล้ายรังผึ้ง และเราจะเรียกสารประกอบในธรรมชาติที่มีโครงสร้างโมเลกุลแบบเดียวกันนี้ว่า “แซนโทน” ทั้งหมด [20]



รูปที่ 2.9 สูตรโครงสร้างของสารแซนโทน [20]

ปัจจุบันมีผลงานวิจัยเกี่ยวกับ สารกลุ่มแซนโทนที่พบในเปลือก เมล็ด เนื้อมังคุด และยางสีเหลืองที่ผิวเปลือกมังคุด ซึ่งมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางและเป็นที่ยอมรับมากขึ้น โดยงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ระบุว่า สารแซนโทนมีคุณประโยชน์อย่างมากทั้งในด้านเวชกรรม อุตสาหกรรม เครื่องสำอาง และนำไปเป็นส่วนประกอบอาหารที่ให้ประโยชน์อย่างมากทั้งในด้าน



โภชนาการและสมุนไพร นอกจากนี้ยังมีผลวิจัยทางการแพทย์ระบุว่า สารกลุ่มแซนโทน ได้แก่ Alpha- and Beta-Mangostins และ Garcinone B มีผลยับยั้งเชื้อ *Mycobacterium Tuberculosis (TB)* และยังมีคุณสมบัติ การเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนซ์หรือคุณสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระของ สารประกอบกลุ่มแซนโทน ซึ่งในเนื้อมังคุด มีค่า ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) สูง ถึง 17,000-24,000 ต่อออนซ์ ขณะที่ลูกพรุนมีค่า ORAC เพียง 7,000 ต่อออนซ์ สารแซนโทนในมังคุด มีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาหลายประการ อาทิ ด้านเชื้อแบคทีเรีย *S.aureus* ทั้งสายพันธุ์ปกติและสายพันธุ์ที่ดื้อยาเพนนิซิลลิน เทียบเท่ากับยาแผนปัจจุบัน ขณะเดียวกันยังช่วยต้านเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิด อาการท้องร่วง เช่น เชื้อ *E.coli* เชื้อ *Shigella spp.* และสามารถช่วยต้านแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิว โดย มีสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ คือ แมงโกสทิน (Mangostin) จึงนำมาใช้ทำเป็นยาแต้มสิว และเครื่องสำอาง อีกทั้งยังสามารถต้านเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนัง กลากเกลื้อน และช่วยบรรเทาอาการผดผื่นทั้ง ในเด็กและผู้ใหญ่ด้วย นอกจากนี้สารแซนโทนยังช่วยต้านการอักเสบได้ดีกว่าแอสไพริน 3 เท่า สามารถ พัฒนาเป็นครีม ทาแผล เพื่อรักษาอาการติดเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดการอักเสบในแผล เบาหวาน ลดการอักเสบติดเชื้อ สมานผิวและช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน สามารถต้านออกซิเดชัน (Antioxidation) ช่วยป้องกันออกซิเดชันของไขมัน ลดความเสี่ยงต่อการเกิดไขมันอุดตันในเส้นเลือด ทั้ง ยังช่วยบรรเทาอาการแพ้/ภูมิแพ้ โดยสามารถลดอาการแดงเนื่องจากหลอดเลือดขยายตัว บวม และลด อาการหลังน้ำเมือก (Mucus) อีกหลายสรรพคุณที่น่าสนใจ คือ ช่วยยับยั้งเอนไซม์ของเชื้อเอชไอวี (HIV) ที่เป็นสาเหตุของโรคเอดส์ ทั้งยังสามารถต้านสารที่เป็นพิษต่อพันธุกรรม ออกฤทธิ์ต้านมะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งปอด มะเร็งตับ และมะเร็งของระบบทางเดินอาหาร สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยแมงโก สติน 20% สามารถที่จะปกป้องผิวจากแสงแดดได้ เอสพีเอฟ (SPF) 10.4 และสารแซนโทนยังสามารถ ป้องกันการแข็งตัวของหลอดเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรคอัมพาต อัม พฤษ์ หลอดเลือดไปเลี้ยงสมองตีบตัน สามารถช่วยปกป้องกล้ามเนื้อหัวใจ ลดปัญหาหัวใจโต และ กล้ามเนื้อหัวใจโต ขณะเดียวกันยังช่วยลดอาการบวมและภาวะความเจ็บปวดจากการบวม ช่วยยับยั้งอนุมูล อิสระและลดความเจ็บปวดจากการเกิดอนุมูลอิสระในร่างกาย ลดความเสี่ยงจากการเกิดไขมันสะสมที่ ผิวหนังและหลอดเลือด ช่วยป้องกันและแก้อาการท้องร่วง ท้องเสีย ท้องร่วงเรื้อรัง ถ่ายเป็นมูกเลือด ทั้ง ยังสามารถป้องกันการสั่นที่ปลายประสาทจากโรคพาร์กินสัน ลดอาการผิวหนังอักเสบและอาการแพ้ที่ ผิวหนัง มีฤทธิ์กดประสาทส่วนกลางและช่วยเพิ่มความดันเลือด พร้อมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายด้วย [21]

### 2.7.2.2 คุณสมบัติของเปลือกมังคุด

“เปลือกมังคุด” เป็นผลผลิตเหลือทิ้งจากภาคการเกษตร แต่มีสรรพคุณทางการแพทย์สูง งานวิจัยนวัตกรรมสารสกัดจากเปลือกมังคุด เริ่มด้วยการนำเปลือกมังคุดที่เหลือทิ้งจากภาคการเกษตรเข้าสู่กระบวนการสกัดด้วยกรรมวิธีพิเศษ เพื่อให้ได้สารแซนโทนในปริมาณที่สูง และสกัดให้อยู่ในรูปแบบผง สามารถเก็บไว้ได้นาน 3 ปี โดยสารแซนโทนดังกล่าวมีสรรพคุณทางการแพทย์คือ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และสามารถสมานแผล รักษาเซลล์มะเร็งและฆ่าเชื้อก่อโรคทางเดินระบบหายใจร้ายแรง เช่น เชื้อวัณโรคชนิดดื้อยา เชื้อก่อโรคผิวหนังอักเสบ และสิว มีสมบัติในการฆ่าเชื้อไวรัส เช่น HIV H5N1 และอื่นๆ หลังจากที่ได้สารสกัดจากเปลือกมังคุดแล้ว จากนั้นนำสารสกัดดังกล่าวมาทำการปรับปรุงด้วยกระบวนการทางเคมี เพื่อให้มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อก่อโรคร้ายแรงที่เพิ่มขึ้น และทำการตรึงโมเลกุลของสารแซนโทนให้ติดบนผิววัสดุทางการแพทย์หลากหลายชนิด เช่น หน้ากากอนามัย แผ่นกรองอากาศ แผ่นก๊อชซับแผล พลาสเตอร์ยา น้ำยาทาแผล แผ่นปิดสิว และด้วยสมบัติดังกล่าว จึงมีบริษัทเอกชนที่สนใจนำนวัตกรรมนี้ไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ระดับอุตสาหกรรมแล้ว เช่น เครื่องกรองอากาศ ของบริษัท ฮาตารี และหน้ากากอนามัยมายเฮอเบิล มายบาซิน ของบริษัทเกรทเตอร์ฟามม่า เป็นต้น จุดเด่นของผลิตภัณฑ์เคลือบสารสกัดเปลือกมังคุดคือ ราคาถูกแต่มีประสิทธิภาพในการป้องกันและฆ่าเชื้อไวรัส และยับยั้งการติดเชื้อต่างๆ จึงเป็นโอกาสที่คนไทยจะได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพราคาย่อมเยา ผลิตนักวิจัยไทย พัฒนาโดยคนไทย เป็นครั้งแรกในประเทศไทย [22]



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุด [23]

### 2.7.3 อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ (Aluminium hydroxide)

อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เป็นสารเติมแต่งสารอนินทรีย์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นสารหน่วงไฟสามารถยับยั้งการเกิดเพลิงไหม้ และยังป้องกันไม่ให้เกิดควันห้ามผลิตหยุดและไม่ก่อให้เกิดก๊าซพิษ [25] อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เป็นเม็ดผลึกขาวที่มีอะลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบและผลิตด้วยกระบวนการไบเออร์และกระบวนการเฟาฟนิค เมื่ออุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียสมันจะสลายตัวและปล่อยน้ำเสียออก นอกจากนี้ยังสามารถสร้างเกลืออลูมิเนียมเมื่อปฏิกิริยากับกรดที่แข็งแกร่งและ aluminate เมื่อปฏิกิริยากับด่าง ไฮโดรเจนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เป็นกลางมีการใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น ขนาดอนุภาค D50: 90um, 75-90um, 50um, 25um, 20um, 14um, 5um, 3um, 1um

### 2.7.4 เบนโทไนท์ (Bentonite)

เบนโทไนต์เป็นแร่ดิน (Clay Mineral) ที่มีคุณสมบัติการพองตัวสูง ในทางธรณีวิทยาแร่เบนโทไนต์ อยู่ในตระกูลของแร่ดิน มีสัดส่วนจำนวนธาตุองค์ประกอบที่แตกต่างกันไปตามแหล่งที่พบซึ่งทำให้เกิดลักษณะทางกายภาพและทางเคมีที่ไม่ซ้ำกัน ส่วนใหญ่กำเนิดมาจากภูเขาไฟ แร่ดินที่ใช้ประโยชน์ทางการค้าได้ส่วนใหญ่จะเกิดจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ระหว่างน้ำกับหินหรือซีเมนต์ของภูเขาไฟที่สามารถรวมตัวได้ในน้ำ ในทางทรัพยากรธรณี แร่เบนโทไนท์ ประกอบด้วย แร่มอนต์มอริลโลไนท์ (Montmorillonite: ซิลิเกตที่มีลักษณะอ่อน และคล้ายดิน) เป็นหลัก ปะปนอยู่ร่วมกับแร่ธาตุต่างๆเช่น เฟลด์สปาร์ Feldspar, แคลไซต์ Calcite, ซิลิกา Silica, ยิปซัม Gypsum, ฯลฯ แร่มอนต์มอริลโลไนท์ Montmorillonite อยู่ในกลุ่มดินสเมคไทต์ Smectite ซึ่งรวมถึงแร่ที่มีคุณสมบัติการทำงานคล้ายคลึงกันเช่น ไบเดลไลต์ Beidellite, ซาโปไนต์ Saponite, เฮคโตไรต์ Hectorite [26] เบนโทไนท์ที่พบโดยทั่วไปจะเป็นชนิด Dioctahedral โครงสร้างผลึกเป็นแบบสามชั้น T-O-T คือมีชั้น Alumina octahedral sheet แทรกอยู่ระหว่าง Silica tetrahedral 2 ชั้น โครงสร้างทั่วไปคล้ายกับ Mica แต่แทนที่จะมี  $K^+$  ions แทรกอยู่ระหว่าง Layer กลับมีน้ำแทรกอยู่แทน แร่ยี่ดระหว่าง sheet ของโครงสร้างแต่ละชั้นจะมีค่าน้อย ทำให้น้ำหรือของเหลวสามารถแทรกเข้าไปอยู่ระหว่าง sheet ได้ การที่อนุภาคของเบนโทไนท์มีขนาดเล็ก ทำให้มีพื้นที่ผิวมาก ทำให้เบนโทไนท์มีคุณสมบัติพิเศษคือการ swelling, Bending strength สูง, Bleaching (การฟอกสี, กำจัดสี), thixotropy และ ค่าความหนืดของน้ำจะเปลี่ยนไปได้ง่าย

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nassara Keawkhong และคณะ [27] ได้ทำการทดลองสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์โดยวิธีตกตะกอนภายใต้สภาวะต่างๆ ผลการทดลองพบว่า การสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์โดยวิธีตกตะกอนโดยใช้สารทำให้คงตัว โดยให้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มีรูปร่างเป็นทรงกลมและมีขนาด 200-400 นาโนเมตร ขึ้นต่อไปสังเคราะห์อนุภาคนาโนเงินโดยวิธีรีดักชันสองสภาวะคือที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิต่ำ การสังเคราะห์อนุภาคของนาโนเงินที่ควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำ ให้อนุภาคของนาโนเงินที่มีรูปร่างเป็น ทรงกลมและมีขนาดที่เล็กกว่าที่สังเคราะห์ที่อุณหภูมิห้อง สำหรับการสกัดสารอินทรีย์เคอร์คูมินจาก ขมิ้น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ เอทานอล ความเข้มข้น 80 % ปริมาตรต่อปริมาตร และเวลาในการ สกัด 1 ชั่วโมง จากนั้นนำสารสกัดเคอร์คูมินไปเตรียมเป็นแคปซูลด้วยเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชัน ต่อไปนำอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ อนุภาคนาโนเงิน และ ไมโครแคปซูลจากสารสกัดเคอร์คูมิน ไปทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* พบว่าอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้มากที่สุด ผลจากการทดลองพบว่าผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยวิธี pad-dry-cure มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* เท่ากับ 84 % และ 65 % ตามลำดับ และผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ผ่านการซัก 14 ครั้ง ยังคงมีอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์อยู่ บนผ้าฝ้าย และสามารถยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ได้ 29 % และ *Escherichia coli* ได้ 18 %

นุศวดี พจนานุกิจ และคณะ [28] ได้ ทำการศึกษากการทดสอบการยับยั้งเชื้อ *Propionibacterium acnes* และเชื้อ *Staphylococcus aureus* ของสารสกัดจากพืชสมุนไพรร 3 ชนิด ได้แก่ สารสกัดจากเปลือกมังคุด ขมิ้นชันและใบบัวบก พืชทั้ง 3 ชนิดจะถูกนำไปสกัดและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของสารออกฤทธิ์ที่สกัดได้ ด้วยเทคนิค HPLC พบว่าสามารถสกัดสารแซนโทน (Xanthones) จากเปลือกมังคุดได้ 1.1929 mg/g ของเปลือกมังคุด สารเคอร์คูมิน (Curcumin) จากขมิ้นชันได้ 0.8753 mg/g ของขมิ้นชัน และสารเอเชียติโคไซด์ (Asiaticoside) กับกรดเอเชียติก (Asiatic acid) จากใบบัวบกได้ 0.0142 และ 0.0960 mg/g ของใบบัวบก ตามลำดับ จากการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุด ขมิ้นชันและใบบัวบก พบว่าบริเวณยับยั้งเชื้อ (Inhibition zone) ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีค่ามากกว่า สารสกัดจากขมิ้นชันและใบบัวบกที่ความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากัน และการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ (MIC) ของสารสกัดจากเปลือกมังคุด ขมิ้นชันและใบบัวบก สำหรับเชื้อ *Propionibacterium acnes* มีค่าเท่ากับ 12.5, 25 และ 200 mg/ml ตามลำดับและเชื้อ *Staphylococcus aureus* มีค่าเท่ากับ 6.25, 12.5 และ 200 mg/ml ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อ (MBC) ของสารสกัดจากเปลือกมังคุด ขมิ้นชันและใบบัวบก สำหรับเชื้อ *Propionibacterium acnes* มีค่าเท่ากับ 25, 50 และ 200 mg/ml

ตามลำดับและเชื้อ *Staphylococcus aureus* มีค่าเท่ากับ 12.5, 25 และ 200 mg/ml ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อของสารสกัดจากพืชทั้ง 3 ชนิดพบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดใช้ความเข้มข้นน้อยที่สุด (25 mg/ml) ในการยับยั้งเชื้อทั้ง 2 ชนิด

Alessio Becheri และคณะ [29] ศึกษาการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายและผ้าขนสัตว์ด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์ที่เตรียมได้จากซิงค์คลอไรด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ซิงค์ออกไซด์ที่มีขนาด 21 นาโนเมตร (เตรียมได้จากการทำปฏิกิริยาในน้ำ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส) และซิงค์ออกไซด์ขนาด 9 นาโนเมตร (เตรียมได้จากการทำปฏิกิริยาใน 1,2-ethanediol ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส) พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยวิธี pad-dry-cure สามารถป้องกันรังสียูวีได้ดีขึ้น โดยผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยซิงค์ออกไซด์ที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าสามารถป้องกันรังสียูวีได้ดีกว่า และมีความแข็งแรงในแนวด้ายยืนสูงกว่าเดิมแต่มีการยืดตัว elongation) ลดลง สำหรับผ้าขนสัตว์ที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยซิงค์ออกไซด์ทั้งสองชนิดสามารถป้องกันรังสียูวีได้ดีขึ้นใกล้เคียงกัน และมีความแข็งแรงและการยืดตัวดีกว่าเดิม

Yadav และคณะ [30] ศึกษาการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายด้วยสารนาโนซิงค์ออกไซด์ที่เตรียมได้จากซิงค์ไนเตรทและโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยมีแป้งเป็นสารช่วยให้เสถียร ได้ซิงค์ออกไซด์ที่มีขนาด 40 นาโนเมตร ใช้เคลือบบนผ้าฝ้ายด้วยวิธีนึ่งอัด-ทำให้แห้ง-อบผนึกและใช้อะคริลิกเป็นสารช่วยผนึกติด พบว่าผ้าสามารถป้องกันรังสียูวีได้ร้อยละ 75 เมื่อตกแต่งสำเร็จด้วยซิงค์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2 และอากาศสามารถทะลุผ่านได้ดี

ศิริพร นิมสุข [31] งานวิจัยนี้ตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายให้มีสมบัติควบคุมกลิ่นตัว ด้านแบคทีเรียและต้านรังสียูวีไปพร้อมๆ กัน โดยใช้สารตกแต่งสำเร็จปีตา-ไฮโคลเดกซ์ทริน และนาโนซิงค์ออกไซด์ ทั้งแบบใช้เดี่ยว และแบบใช้ร่วมกัน ด้วยเทคนิคการจุ่มอัดและการแช่ แล้วอบผนึกด้วยสารช่วยผนึกติด (พอลิยูรีเทน ผสมอะคริลิก) ตกแต่งสำเร็จบนผ้าฝ้ายทอ 4 ชนิด (ผ้าฟอก ผ้าฟอก/ซุบมัน ผ้าฟอก/ย้อม และผ้า ฟอก/ซุบมันย้อม) และบนผ้าฝ้ายถักย้อมสี แล้วนำไปทดสอบสมบัติด้านการควบคุมกลิ่น การต้านแบคทีเรีย การต้านรังสียูวี และสมบัติพื้นฐานอื่นๆ จากผลการทดลอง การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายทอและผ้าฝ้ายถักให้สามารถดูดกลิ่นตัว พบว่า การตกแต่งสำเร็จบนผ้าถักด้วยปีตา-ไฮโคลเดกซ์ทรินร่วมกับนาโนซิงค์ออกไซด์ให้ผลดีที่สุดโดย สามารถดูดกลิ่นตัวได้ในระดับปานกลางและผ้ายังคงสามารถดูดกลิ่นตัวได้เมื่อผ่านการซัก สำหรับการตกแต่งสำเร็จให้ต้านแบคทีเรียพบว่า ผ้าถักย้อมสีที่ตกแต่งสำเร็จด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์แบบใช้เดี่ยวและใช้ร่วมกับปีตา-ไฮโคลเดกซ์ทริน สามารถต้านแบคทีเรียได้ดีถึงดีมาก (ร้อยละการลดลง ของแบคทีเรียมากกว่า 99) ส่วนการตกแต่งสำเร็จบนผ้าทอพบว่าผ้าทอย้อมสีเหมาะสำหรับการตกแต่งสำเร็จให้ต้านแบคทีเรียมากกว่าการใช้ผ้าทอที่ไม่ย้อม โดยเมื่อผ่านการซักผ้าทอย้อมสีที่ตกแต่งสำเร็จสามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้บ้าง (ร้อยละการลดลงของแบคทีเรียเท่ากับ 74-95) สำหรับการตกแต่งสำเร็จให้ต้านรังสียูวีทั้งการตกแต่งสำเร็จด้วยนาโนซิงค์

ออกไซด์เพียงชนิดเดียวและใช้ร่วมกับบีตา-ไซโคลเดกซ์ทริน พบว่าผ้าถักย้อมสีที่ตกแต่งสำเร็จสามารถต้านรังสียูวีได้ดีกว่าผ้าถักย้อมสีที่ไม่ตกแต่งสำเร็จและผ้าทอที่ตกแต่งสำเร็จ และสามารถต้านรังสียูวีได้ในระดับดีเยี่ยม (ค่า UPF มากกว่า 100) จากการทดลองนี้ยังพบว่าการตกแต่งสำเร็จ โดยใช้เครื่องอัลตราโซนิคช่วยให้อนุภาคของนาโนซิงค์ออกไซด์กระจายตัวได้ดี ป้องกันการเกาะกัน เป็นก้อนที่ผิวผ้า และทำให้การตกแต่งสำเร็จผ้าได้ผลดีขึ้นกว่าการใช้เครื่องย้อมในห้องปฏิบัติการ

ภารุณี เชื้อนพวงศ์ [32] ได้ศึกษาการใช้เบนโทไนด์ ผงขาวไหม และสารประกอบฟอสฟอรัสได้แก่แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจน ฟอสเฟตเป็นสารหน่วงไฟและสารด้านการหลอมหยดสำหรับตกแต่งบนผ้าพอลิเอสเตอร์นอนวูล์ฟ เวนด้วยเทคนิคจุ่มอัด - อบให้แห้ง โดยทำการตกแต่งด้วยเบนโทไนด์และผงขาวไหมในปริมาณต่างๆที่ร้อยละ 0, 1, 3, 5, 7 และ 10 และเกลือ แอมโมเนียมฟอสเฟตร้อยละ 1 และ 3 จากการทดสอบการติดไฟแนว 45 องศา พบว่าเกลือไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้ผ้าพอลิเอสเตอร์นอนวูล์ฟ เวนที่เมื่อติดไฟแล้วเปลวไฟดับเองได้หลังจากน้ำแหล่งต้นไฟออก นอกจากนี้ผ้ายังไม่เกิดการหลอม หยดอีกด้วย ส่วนผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยเบนโทไนด์เพียงอย่างเดียวในปริมาณที่น้อยกว่าร้อยละ 10 ผ้ายังคงมีการลุกไหม้และเกิดการหลอมหยด แต่เมื่อปริมาณเบนโทไนด์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10 พบว่าผ้าไม่เกิดการหลอมหยดแต่ผ้าก็ยังคงลุกไหม้ และหากเพิ่มปริมาณของเบนโทไนด์มากกว่านี้ ก็จะทำให้เตรียมสารแขวนลอยยากและสารแขวนลอยที่เตรียมได้มีความหนืดมากเกินไปจนกระทั่ง ไม่สามารถทำการตกแต่งบนผ้าพอลิเอสเตอร์ได้อย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่ผงขาวไหมเพียงอย่างเดียวไม่สามารถหน่วงไฟและด้านการหลอมหยดผ้าพอลิเอสเตอร์นอนวูล์ฟเวนได้เลยและสิ่งที่หลอม หยดยังทำให้แผ่นสำลีรองรับเกิดการลุกไหม้อย่างรุนแรงอีกด้วย แต่เมื่อนำผงขาวไหมผสมกับเกลือ แอมโมเนียมฟอสเฟตทั้ง 2 พบว่าผ้ายังคงลุกไหม้เช่นเดิมแต่ไม่มีการหลอมหยด ที่น่าสนใจคือเมื่อ ผสมผงขาวไหมกับเบนโทไนด์ในอัตราส่วนของเบนโทไนด์ที่สูงกว่าได้ทำให้ผ้าด้านการหลอมหยด ได้แต่เปลวไฟลุกไหม้รุนแรงและมีชาร์เหลืออยู่ จากการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA พบว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งมีอุณหภูมิการสลายตัวต่ำกว่าผ้าพอลิเอสเตอร์นอนวูล์ฟเวนที่ไม่ ผ่านการตกแต่ง และมีปริมาณชาร์เหลืออยู่มากกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่ง

ปนิษฐา เลิศขจรสุข [33] ได้ปรับปรุงสมบัติหน่วงไฟและการต้านหลอมหยดของผ้าพอลิเอสเตอร์โดยใช้สารแขวนลอยที่ประกอบด้วยเบนโทไนด์ปริมาณร้อยละ 10, 15, 20 และ 25 โดยน้ำหนัก สารละลายไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก และ อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 โดยน้ำหนัก ด้วยเทคนิคจุ่มอัด-อบด้วยความร้อน เนื่องจากสารแขวนลอยเบนโทไนด์ปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 10 ขึ้นไป มีความหนืดสูงมากทำให้ยากต่อกระบวนการตกแต่ง ดังนั้นจึงเติมโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 4 ลงไปในสารแขวนลอยเบนโทไนด์ตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึง 25 ซึ่งทำให้ความหนืด

ลดลงและการตกแต่งห่วงไฟงายขึ้น จากนั้นนำผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านและไม่ผ่านการตกแต่งห่วงไฟ มาทดสอบพฤติกรรมการติดไฟ พบว่าภายหลังการซัก 5 รอบ ผ้าพอลิเอสเตอร์มีสมบัติห่วงไฟที่ดีกว่า ก่อนนำไปซัก กล่าวคือสารตกแต่งห่วงไฟที่ประกอบด้วยไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 3 หรืออะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 เพียงอย่างเดียวยังคงห่วงไฟได้ดีโดยไฟดับเองได้หลังนำแหล่งจุดไฟออกและด้านการหลอมหยดผ้าพอลิเอสเตอร์ได้ (ไม่มีการหลอมหยดเกิดขึ้น) เช่นเดิม และเช่นเดียวกันสารแขวนลอยเบนโทไนต์ร้อยละ 10 ขึ้นไปผสมกับโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 4 และที่นำไปผสมกับไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 3 หรือผสมกับอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 5 และ 10 สามารถห่วงไฟได้ดีโดยไฟดับเองได้หลังนำแหล่งจุดไฟออกและด้านการหลอมหยด ผ้าพอลิเอสเตอร์ได้ทั้งๆที่ก่อนซักผ้าพอลิเอสเตอร์ยังคงติดไฟและลามไฟหลังจากนำแหล่งจุดไฟออกและ มีการหลอมหยดเกิดขึ้น อาจเนื่องจากโซเดียมคลอไรด์ที่ทำให้ความหนืดของสารแขวนลอยเบนโทไนต์ ลดลงและที่ติดไฟงายได้ถูกขจัดออกไปในขั้นตอนการซักนั่นเอง จากภาพถ่าย SEM ก็ได้บ่งชี้ว่าหลังการ ซัก 5 รอบ อนุภาคที่เกาะแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยได้ถูกขจัดออกไปแต่ยังมีชั้นของสารห่วงไฟเคลือบอยู่ บนผิวเส้นใย อีกทั้งผลของ EDX ได้ยืนยันว่ายังคงมีองค์ประกอบเคมีของสารห่วงไฟ (เบนโทไนต์ ได แอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต หรืออะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์) บนผิวเส้นใยดังกล่าว นอกจากนี้สารห่วง ไฟที่ตกแต่งบนผ้าพอลิเอสเตอร์ยังไม่มีผลต่อความขาวของผ้าอีกด้วย

นพรัตน์ เนื่องชมพู [14] ได้ใช้กระบวนการ One Step Spraying Method (สารยึดติดพอลิยู รีเทนความเข้มข้น 10% ผสมกับ สารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% ตามลำดับ) พ่นบนผิวหน้าผ้าทอลาย ชัดผ้า 100% ชั่งน้ำหนักผ้า หลังจากนั้นอบแห้ง 120°C เป็นเวลา 120 วินาที นำผ้าไปเก็บไว้ ณ ห้องทดสอบ มาตรฐาน และกระบวนการ Two Steps Spraying Methods ครั้งแรกเป็นการพ่นเคลือบด้วยสารยึดติดก่อน จากนั้นพ่นครั้งที่สองด้วยสารละลายอนุภาคไม โคร/นาโนซิลค์ ด้วยความเข้มข้นที่เหมือนกับกระบวนการ One Step Spraying Method พ่นผิวหน้า ผ้าทอลายชัดผ้า 100% ชั่งน้ำหนักผ้า หลังจากนั้นอบแห้ง 120°C เป็นเวลา 20 วินาที นำผ้าไปเก็บไว้ ณ ห้องทดสอบมาตรฐาน จากนั้นนำผ้ามาทดสอบความคงทนต่อการขัด ถู (สภาวะแห้ง และเปียก) ทดสอบความคงทนต่อการซักล้าง (20 ครั้ง) ทดสอบเวลาในการซึมน้ำ และ ตรวจสอบขนาดและสัญญาณ ของอนุภาคที่เกาะอยู่บนผิวหน้าผ้าฝ้ายด้วยกล้อง SEM สรุปว่าผลการทดลองความคงทนต่อการขัดถูมี ร้อยละน้ำหนักสูญเสียน้อยในช่วงต่ำสุด -0.114% ถึง สูงสุด -0.510% ทั้งสองกระบวนการ และเวลาใน การซึมน้ำเท่ากันทั้งสองกระบวนการ แต่กระบวนการแบบ Two Steps Spraying Methods พบว่าผ้า มีความคงทนต่อการซักล้างดีกว่ากระบวนการ One Step Spraying Method ซึ่งสอดคล้องกับภาพจาก กล้อง SEM แสดงว่าอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ยังคงหลงเหลืออยู่บนผ้าที่ ตกแต่งทั้งสองกระบวนการ สรุปว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่ง Two Steps Spraying Methods อาจจะถูกละเลือกมาใช้ กับการตกแต่งผ้า

สำหรับงานสปา เนื่องจากสารย้อมติดถูกฟั่นเคลือบบนผืนผ้าก่อนเติมพื้นที่ของผิวหน้าผ้า จึงน่าจะมีการย้อมติดที่ดีกว่า

#### ตารางที่ 2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 1 N. Keawkhong et al., "Synthesis and Characterisation of ZnO Nanoparticles for Production of Antimicrobial Textiles," *Advanced Materials Research*, Vol. 1131, pp. 75-78, 2016 [27]

วัสดุและสารเคมี	อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์, อนุภาคนาโนเงิน, และแคปซูลสารสกัดเคอร์คิวมิน
วิธีการ	สังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์, อนุภาคนาโนเงิน และสารสกัดเคอร์คิวมินเตรียมเป็นแคปซูลด้วยเทคนิคไมโครเอนแคปซูลและเคลือบลงบนผ้าด้วยวิธี Pad-dry-cure
ผลที่ได้	ผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง <i>Staphylococcus aureus</i> และ <i>Escherichia coli</i> เท่ากับ 84 % และ 65 % ตามลำดับ และผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ผ่านการซัก 14 ครั้ง ยังคงมีอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์อยู่บนผ้าฝ้าย และสามารถยับยั้ง <i>Staphylococcus aureus</i> ได้ 29 % และ <i>Escherichia coli</i> ได้ 18 %
สิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เป็นสารต้านทานเชื้อแบคทีเรีย



## ตารางที่ 2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

- 2 POJANAUKIJ, Nusavadee; KAJORNCHAPPUNNGAM, Somjai. **เปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุด ขมิ้นชันและใบบัวบก.**

Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST), [S.l.], v. 18, n. 1, p. 1-9, July 2013. ISSN 2539-553X. [28]

วัสดุและสารเคมี	สารสกัดจากเปลือกมังคุด, ขมิ้นชัน, และใบบัวบก
วิธีการ	สารสกัดจากเปลือกมังคุด ขมิ้นชันและใบบัวบก นำไปสกัดและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของสารออกฤทธิ์ที่สกัดได้ ด้วยเทคนิค HPLC ทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุด ขมิ้นชันและใบบัวบก
ผลที่ได้	การทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุด, ขมิ้นชันและใบบัวบก พบว่าบริเวณยับยั้งเชื้อ (Inhibition zone) ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีค่ามากกว่า สารสกัดจากขมิ้นชันและใบบัวบกที่ความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากัน
สิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	ใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุด และขมิ้นชันเป็นสารต้านทานเชื้อแบคทีเรีย

- 3 **Functional finishing in cotton fabrics using zinc oxide nanoparticles**

Bull. Mater. Sci., Vol. 29, No. 6, November 2006, pp. 641–645 [29]

วัสดุและสารเคมี	นาโนซิงค์ออกไซด์, ผ้าฝ้าย, และผ้าขนสัตว์
วิธีการ	เตรียมนาโนซิงค์ออกไซด์จากซิงค์คลอไรด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ขนาด 9 นาโนเมตรและ 21 นาโนเมตร การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายด้วยวิธี pad-dry-cure
ผลที่ได้	ผ้าขนสัตว์ที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยซิงค์ออกไซด์ทั้งสองชนิดสามารถป้องกันรังสียูวีได้ดีขึ้นใกล้เคียงกัน และมีความแข็งแรงและการยืดตัวดีกว่าเดิม
สิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เพื่อการต้านทานเสื่อมสภาพเนื่องจากรังสี UV

ตารางที่ 2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

4 Synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles: application to textiles as UV-absorbers Journal of Nanoparticle Research 10 (2008): 679-689. [30]

วัสดุและสารเคมี	นาโนซิงค์ออกไซด์และผ้าฝ้าย
วิธีการ	เตรียมนาโนซิงค์ออกไซด์จากซิงค์ในเตรทและโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยมีแบ่งเป็นสารช่วยให้เสถียร ได้ซิงค์ออกไซด์ที่มี ขนาด 40 นาโนเมตร ใช้เคลือบบนผ้าฝ้ายด้วยวิธีนึ่งอัด-ทำให้แห้ง-อบผนึกและใช้อะคริลิกเป็นสารช่วยผนึกติด
ผลที่ได้	ผ้าสามารถป้องกันรังสียูวีได้ร้อยละ 75 เมื่อตากแห้งสำเร็จด้วยซิงค์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2 และอากาศสามารถทะลุผ่านได้ดี
สิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เพื่อการต้านทานเสื่อมสภาพเนื่องจากรังสี UV

5 Cotton fabric finishing for odor control, antibacterial and UV-blocking properties วิทยานิพนธ์ (วท.ม.)—จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [31]

วัสดุและสารเคมี	ผ้าฝ้าย, สารปีตา-ไฮโคลเดกซ์ทริน, และนาโนซิงค์ออกไซด์
วิธีการ	สารปีตา-ไฮโคลเดกซ์ทริน และนาโนซิงค์ออกไซด์ ใช้ทั้งแบบใช้เดี่ยว และแบบใช้ร่วมกัน ด้วยเทคนิคการนึ่งอัดและการแช่ แล้วอบผนึกด้วยสารช่วยผนึกติด (พอลิยูรีเทน ผสมอะคริลิก) ตากแห้งสำเร็จบนผ้าฝ้ายทอ 4 ชนิด (ผ้าฟอก ผ้าฟอก/ซูปมัน ผ้าฟอก/ย้อม และผ้าฟอก/ซูปมันย้อม) และบนผ้าฝ้ายถักย้อมสี
ผลที่ได้	ปีตา-ไฮโคลเดกซ์ทรินร่วมกับนาโนซิงค์ออกไซด์สามารถดูดกลืนตัวได้ในระดับปานกลางและผ้ายังคงสามารถดูดกลืนตัวได้เมื่อผ่านการซัก การต้านแบคทีเรียพบว่านาโนซิงค์ออกไซด์แบบใช้เดี่ยวและใช้ร่วมกับปีตา-ไฮโคลเดกซ์ทริน สามารถต้านแบคทีเรียได้ดีถึงดี สามารถต้านรังสียูวีได้ในระดับดีเยี่ยม (ค่า UPF มากกว่า 100) จากการทดลองนี้ยังพบว่าการตากแห้งสำเร็จโดยใช้เครื่องอัลตราโซนิกช่วยให้อนุภาคของนาโนซิงค์ออกไซด์กระจายตัวได้ดี ป้องกันการเกาะกัน เป็นก้อนที่ผิวผ้า และทำให้การตากแห้งสำเร็จผ้าได้ผลดีขึ้นกว่าการใช้เครื่องย้อมในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

สิ่งที่เกี่ยวข้องกับ งานวิจัย ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เพื่อการต้านทานเสื่อมสภาพเนื่องจากรังสี UV และสารต้านทานเชื้อแบคทีเรีย

6 การใช้เบนโทไนด์ ผงกาวยไหม สารประกอบฟอสฟอรัสเป็นสารหน่วงไฟและต้านการลอมหายดสำหรับผ้าพอลิเอสเตอร์นอนวูฟเวน

วิทยานิพนธ์ (วท.ม.)-จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552 [32]

วัสดุและสารเคมี	เบนโทไนด์, ผงกาวยไหม, สารประกอบฟอสฟอรัสได้แก่ แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจน, และผ้าพอลิเอสเตอร์นอนวูฟเวน
วิธีการ	ใช้เบนโทไนด์ ผงกาวยไหม และสารประกอบฟอสฟอรัสได้แก่แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจน ฟอสเฟตเป็นสารหน่วงไฟและสารต้านการลอมหายดสำหรับตกแต่งบนผ้าพอลิเอสเตอร์นอนวูฟเวน ด้วยเทคนิคจุ่มอัด
ผลที่ได้	ได แอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้ผ้าพอลิเอสเตอร์นอนวูฟ เวนที่เมื่อติดไฟแล้วเปลวไฟดับเองได้หลังจากน้ำแหล่งต้นไฟออก นอกจากนี้ผ้ายังไม่เกิดการลอมหายด เบนโทไนด์เพียงอย่างเดียวในปริมาณที่น้อยกว่าร้อยละ 10 ผ้ายังคงมีการลุกไหม้และเกิดการลอมหายด แต่เมื่อปริมาณเบนโทไนด์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10 พบว่าผ้าไม่เกิดการลอมหายดแต่ผ้าก็ยังคงลุกไหม้ และหากเพิ่มปริมาณของเบนโทไนด์มากกว่านี้ ก็จะทำให้เตรียมสารแขวนลอยยากและสารแขวนลอยที่เตรียมได้มีความหนืดมากเกินไป ผงกาวยไหมเพียงอย่างเดียวไม่สามารถหน่วงไฟและต้านการลอมหายดผ้าพอลิเอสเตอร์นอนวูฟเวนได้และสิ่งที่ลอมหายดยังทำให้แผ่นสำลือรองรับเกิดการลุกไหม้อย่างรุนแรง เมื่อนำผงกาวยไหมผสมกับเกลือแอมโมเนียมฟอสเฟตทั้ง 2 พบว่าผ้ายังคงลุกไหม้เช่นเดิมแต่ไม่มีการลอมหายด ที่น่าสนใจคือเมื่อผสมผงกาวยไหมกับเบนโทไนด์ในอัตราส่วนของเบนโทไนด์ที่สูงกว่าได้ทำให้ผ้าต้านการลอมหายดได้ แต่เปลวไฟลุกไหม้รุนแรง
สิ่งที่เกี่ยวข้องกับ งานวิจัย	เบนโทไนด์เพื่อการต้านทานการติดไฟ

## ตารางที่ 2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

- 7 Flame retardant and antidripping of polyester fabric using diammonium hydrogen phosphate, bentonite and aluminium hydroxide

วิทยานิพนธ์ (วท.ม.)-จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 [33]

วัสดุและสารเคมี	สารแขวนลอยที่เบนโทไนต์ ,สารละลายไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต และอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์
วิธีการ	ใช้สารแขวนลอยที่เบนโทไนต์ สารละลายไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต และอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เป็นสารหน่วงไฟและสารต้านการลอมหายด สำหรับตกแต่งบนผ้าพอลิเอสเตอร์นอนวูฟเวนด้วยเทคนิคพุ่มอัด
ผลที่ได้	ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 3 หรืออะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 เพียงอย่างเดียวยังคงหน่วงไฟได้ดีโดยไฟดับเองได้หลังนำแหล่งจุดไฟออกและต้านการลอมหายดผ้าพอลิเอสเตอร์ได้ (ไม่มีการลอมหายดเกิดขึ้น) สารแขวนลอยเบนโทไนต์ร้อยละ 10 ขึ้นไปผสมกับโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 4 และนำไปผสมกับไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 3 หรือผสมกับอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 5 และ 10 สามารถหน่วงไฟได้ดีโดยไฟดับเองได้หลังนำแหล่งจุดไฟออกและต้านการลอมหายดผ้าพอลิเอสเตอร์
สิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	เบนโทไนต์ และอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ เพื่อการต้านทานการติดไฟ

ตารางที่ 2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

- 8 Finishing Process of a Mixture of Polyurethane Binder and Micro/Nano Silk Particles Coated on Plain 100% Cotton Woven Fabrics Using One and Two Steps Spraying Method Vol 2 (2560): วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 พ.ศ 2560 [34]

วัสดุและสารเคมี	อนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ และ ผ้าทอละลายขัดฝ้าย 100%
วิธีการ	ใช้กระบวนการ One Step Spraying Method (สารยึดติดพอลิยูรีเทน ความเข้มข้น 10% ผสมกับสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% ตามลำดับ) พ่นบนผืนผ้าทอละลายขัดฝ้าย 100% ชั่งน้ำหนักผ้า หลังจากนั้นอบแห้ง 120 °C เป็นเวลา 120 วินาที และกระบวนการ Two Steps Spraying Method ครั้งแรกเป็นการพ่นเคลือบด้วยสารยึดติดก่อน จากนั้นพ่นครั้งที่สองด้วยสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ด้วยความเข้มข้นที่เหมือนกับกระบวนการ One Step Spraying Method พ่นบนผืนผ้าทอละลายขัดฝ้าย 100% ชั่งน้ำหนักผ้า หลังจากนั้นอบแห้ง 120 °C เป็นเวลา 120 วินาที
ผลที่ได้	ความคงทนต่อการขัดถูมีร้อยละน้ำหนักสูญเสียน้อยในช่วงต่ำสุด -0.114% ถึง สูงสุด -0.510% ทั้งสองกระบวนการและเวลาในการซึมน้ำเท่ากันทั้งสองกระบวนการ แต่กระบวนการแบบ Two Steps Spraying Methods พบว่าผ้ามีความคงทนต่อการซักล้างดีกว่ากระบวนการ One Step Spraying Method ซึ่งสอดคล้องกับภาพจากกล้อง SEM แสดงว่าอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ยังคงหลงเหลืออยู่บนผ้าที่ ตกแต่งทั้งสองกระบวนการ
สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	เทคนิคการพ่นบนผืนผ้าสิ่งทอ

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการงาน

#### 3.1 วัสดุและสารเคมี

##### 3.1.1 สารเคมีที่ใช้

1) ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ (Polyester nonwoven) ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัทยูนิโพรแมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด



รูปที่ 3.1 ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ (Polyester nonwoven) ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัทยูนิโพรแมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด

2) ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO)



รูปที่ 3.2 ซิงค์ออกไซด์

3) อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide nanoparticles, Nano-ZnO) เกรดเคมี  
สำอาง บริษัท Nano Materials Technology Co., Ltd. ประเทศไทย



รูปที่ 3.3 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

4) สารสกัดจากเปลือกมังคุดชนิดของเหลว เกรด AK1302 บริษัท Chemipan  
Corporation Co., Ltd. ประเทศไทย



รูปที่ 3.4 สารสกัดจากเปลือกมังคุดชนิดของเหลว

5) สารช่วยยึดติดพอลิอะคริลิกอิมัลชัน (Polymer Acrylic emulsions) เกรด Binder U84 บริษัท GALLOOT CHEMICAL CO.,LTD ประเทศไทย



รูปที่ 3.5 สารช่วยยึดติดพอลิอะคริลิกอิมัลชัน

6) อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ (Aluminium Hydroxide) บริษัท ตลาดเคมี จำกัด ประเทศไทย



รูปที่ 3.6 อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์



7) เบนโทไนท์ (Bentonite) เกรด SAC-1 บริษัท THAI NIPPON CHEMICAL INDUSTRY CO.,LTD ประเทศไทย



รูปที่ 3.7 เบนโทไนท์

### 3.1.2 วัสดุเครื่องมือที่ใช้

1) เครื่องกวนสาร (Hotplate Stirrer) รุ่น HTS-1003 บริษัท LMS ประเทศญี่ปุ่น



รูปที่ 3.8 เครื่องกวนสาร

2) ตู้อบลมร้อน (Oven) รุ่น FD 115 ยี่ห้อ BINDER



รูปที่ 3.9 ตู้อบลมร้อน

3) ปัมลม 2 สูบ (Air compressor 2 HP) รุ่น S371-SGBM9024 ยี่ห้อ SHIMGE



รูปที่ 3.10 ปัมลม 2 สูบ

4) แอร์บรัช (Airbrush) รุ่น SU-9 ยี่ห้อ Tigris บริษัท ศิลป์พี จำกัด ประเทศไทย



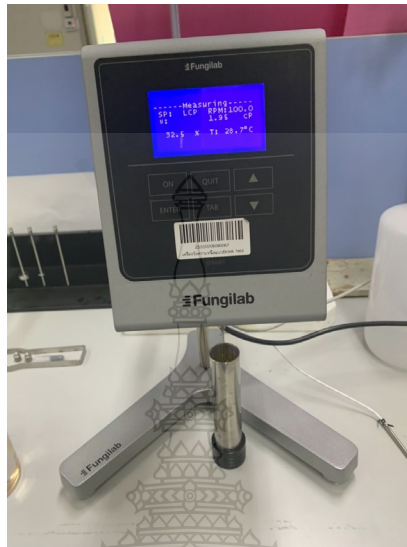
รูปที่ 3.11 แอร์บรัช

5) เครื่องชั่งดิจิตอล รุ่น TGS 100M (1000g/0.02g) พิกัด 1000 กรัม ความละเอียด 0.02 กรัม ยี่ห้อ Sunford



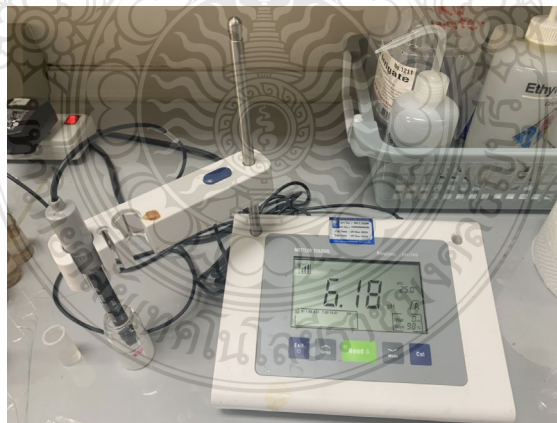
รูปที่ 3.12 เครื่องชั่งดิจิตอล

6) เครื่องทดสอบความหนืด รุ่น Brook field ยี่ห้อ Fungilab



รูปที่ 3.13 เครื่องทดสอบความหนืดแบบ Brook field

7) เครื่องวัดค่า pH รุ่น FiveEasy ยี่ห้อ METROLOGY LAB CO.,LTD.



รูปที่ 3.14 เครื่องวัดค่า pH

8) กล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล (Digital microscope) รุ่น S04-600X



รูปที่ 3.15 กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

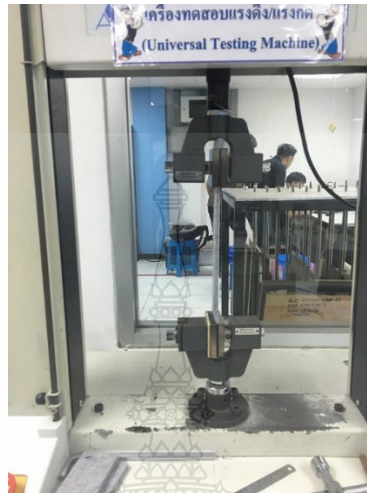
9) เครื่องทดสอบลามไฟ (Flammable tester) ยี่ห้อ CEAST รุ่น G151

SERIAL12385



รูปที่ 3.16 เครื่องทดสอบลามไฟ

10) เครื่อง Tensile testing machine รุ่น autograph ags บริษัท shimadzu  
ประเทศญี่ปุ่น



รูปที่ 3.17 เครื่อง Tensile testing machine

11) เครื่องทดสอบสมบัติทางเสียง มาตรฐาน ASTM E1050



รูปที่ 3.18 เครื่องทดสอบเสียงสำหรับคลื่นความถี่สูง





ภาพที่ 3.19 เครื่องทดสอบเสียงสำหรับความถี่ต่ำ

12) อุปกรณ์เครื่องแก้วทางวิทยาศาสตร์

12.1) ปีกเกอร์ (Beaker)

12.2) แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic Bar)

12.3) แท่งแก้วคนสาร (Stirring Rod)

12.4) กระบอกฉีดยา (Syringe)



### 3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 2 กระบวนการ

กระบวนการที่ 1 ศึกษาสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ โดยขั้นตอนในการพันเคลือบสารเคมีจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการพันเคลือบสารเคมี

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการพันเคลือบสารช่วยยึดติด

สามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 1 พัฒนาสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย
- 2 พัฒนาสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการต้านทานรังสียูวี
- 3 พัฒนาสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการหน่วงไฟ

กระบวนการที่ 2 ศึกษาสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ โดยขั้นตอนในการพันเคลือบสารเคมีจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการพันเคลือบสารช่วยยึดติด

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการพันเคลือบสารเคมี

สามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 1 พัฒนาสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย
- 2 พัฒนาสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการต้านทานรังสียูวี
- 3 พัฒนาสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการหน่วงไฟ



### 3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

จากการทดลองพ่นน้ำเปล่าลงบนผ้าไม้สักและไม้ทอพอลิเอสเตอร์ขนาด A4 (29.7x21 cm.) พบว่าพื้นที่ขนาด A4 ใช้น้ำทั้งหมด 10 กรัม ดังนั้นต้องเตรียมสารละลายซึ่งประกอบด้วยสารเติมแต่งและน้ำทั้งหมด 10 กรัม ในการพ่นลงบนผ้าไม้สักและไม้ทอพอลิเอสเตอร์ขนาด A4 โดยใช้สูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\%w/w = \frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย (สารเติมแต่ง)}}{\text{น้ำหนักสารละลาย (สารละลายทั้งหมด 10 กรัม)}} \times 100$$

#### 3.3.1 การเตรียมผ้าไม้สักไม้ทอพอลิเอสเตอร์และสารเคมี

ตัดผ้าขนาด 210 x 297 mm. (A4) แล้วชั่งน้ำหนักผ้าไม้สักไม้ทอพอลิเอสเตอร์ ขั้นตอนถัดไปคือ เตรียมสารละลาย โดยในน้ำ 10 กรัม ใส่สารเติมแต่งลงในบีกเกอร์ แล้วกวนด้วยแท่งแม่เหล็กกวน 5 นาที เพื่อให้อนุภาคกระจายตัวได้ดี และเตรียมสารช่วยยึดติด โดยในน้ำ 10 กรัม ใส่สารช่วยยึดติด ปริมาณ 4 %w/w ลงในบีกเกอร์ แล้วกวนด้วยแท่งแม่เหล็กกวน 5 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

สูตรสารเติมแต่งที่ใช้มีดังนี้

สารเติมแต่งเพื่อคุณสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่สาร

1 ซิงค์ออกไซด์ปริมาณ 5 และ 10 %w/w

2 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ปริมาณ 5 และ 10 %w/w

3 สารสกัดจากเปลือกมังคุดชนิดของเหลว ปริมาณ 5 และ 10 %w/w

สารเติมแต่งเพื่อคุณสมบัติการต้านทานรังสียูวี ได้แก่สาร

1 ซิงค์ออกไซด์ปริมาณ 5 และ 10 %w/w

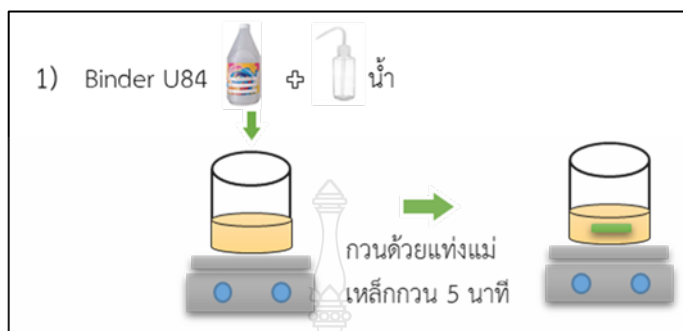
2 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ปริมาณ 5 และ 10 %w/w

สารเติมแต่งเพื่อคุณสมบัติและการหน่วงไฟ ได้แก่สาร

1 อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ปริมาณ 5 10 15 และ 20 %w/w

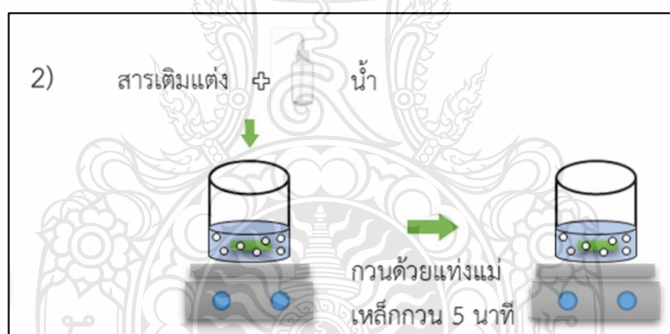
2 เบนโทโนท์ปริมาณ 5 10 15 และ 20 %w/w

หลังจากใช้สูตรการคำนวณสารที่ต้องเตรียม ทำการเตรียมสาร ดังรูป  
ขั้นตอนที่ 1 เตรียมสารละลายสารช่วยยึดติด



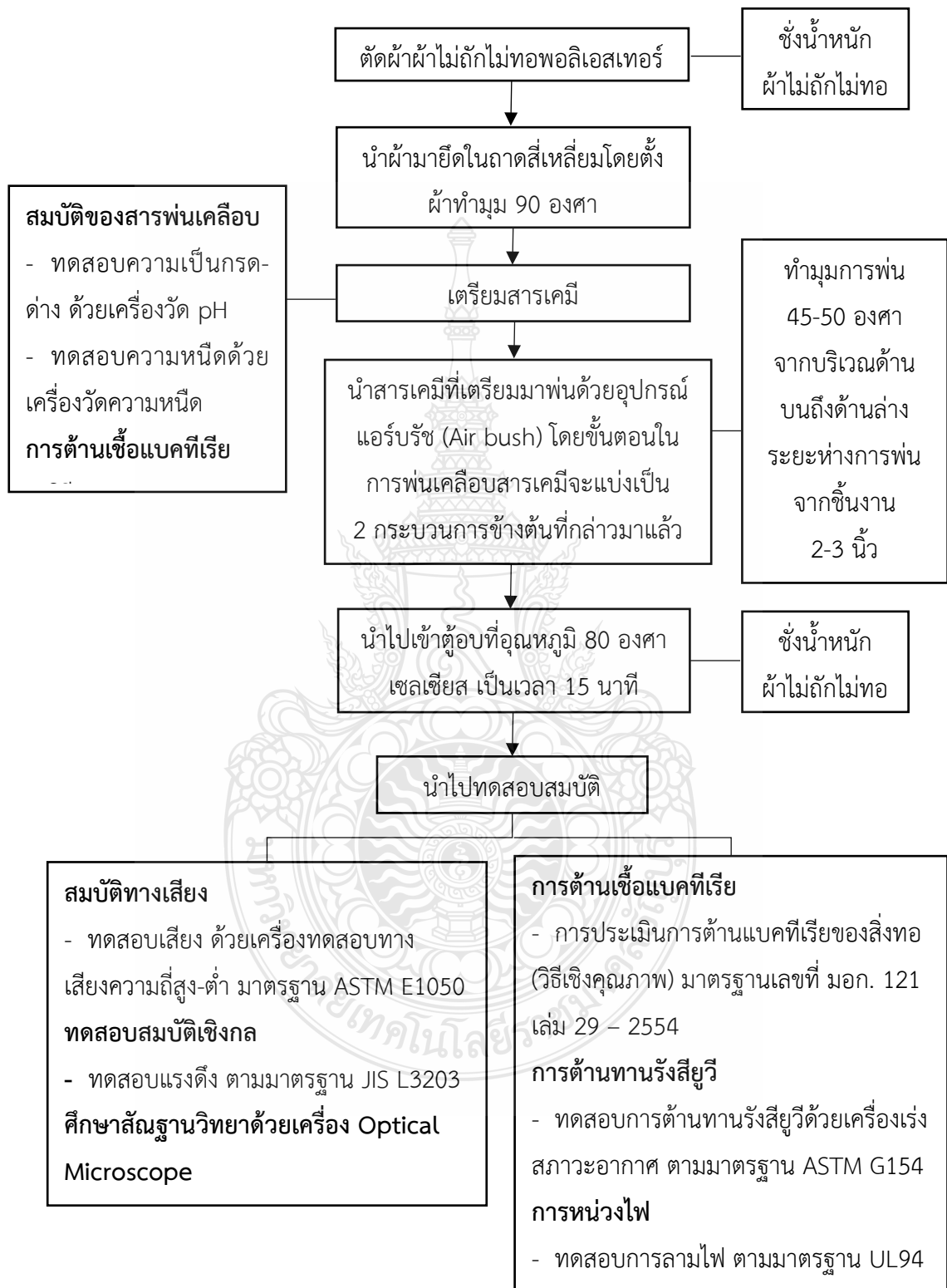
รูปที่ 3.20 การเตรียมสารสารช่วยยึดติด

ขั้นตอนที่ 2 เตรียมสารละลายและสารแขวนลอยของสารเติมแต่ง



รูปที่ 3.21 การเตรียมสารละลายและสารแขวนลอยของสารเติมแต่ง

### 3.3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานกระบวนการพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บรัช



### 3.3.3 การทดสอบสมบัติของสารเคลือบ

#### 3.3.3.1 วิธีการทดสอบหาค่า pH

- 1 เตรียมสารที่ใช้ใส่ลงในบีกเกอร์ปริมาณ 10 ml
- 2 กวนสารที่เตรียมไว้ให้เข้ากัน
- 3 เปิดเครื่องทดสอบค่า pH ใช้ Buffer ทำการ Calibrate
- 4 เมื่อทำการ Calibrate เสร็จแล้วให้นำสารที่เตรียมไว้ใส่ในขวดแก้วขนาดเล็กไว้
- 5 จากนั้นนำแท่ง METTLER TOLEDO LE409 PH ใส่ลงไปในช่วงแก้วขนาดเล็ก ทำการกดปุ่ม Read  $\sqrt{A}$
- 6 บันทึกผลการทดสอบ

#### 3.3.3.2 วิธีการทดสอบความหนืด

- 1 เตรียม Spindle ขนาด L3 และ LCP (ขนาด Spindle ที่ใช้จะขึ้นอยู่กับความหนืดของสาร RPM/SP จะต้องอยู่ที่ 80% หรือมากกว่าแต่ห้ามน้อยกว่า 80%) ดังรูป



#### รูปที่ 3.22 Spindle วัดความหนืด

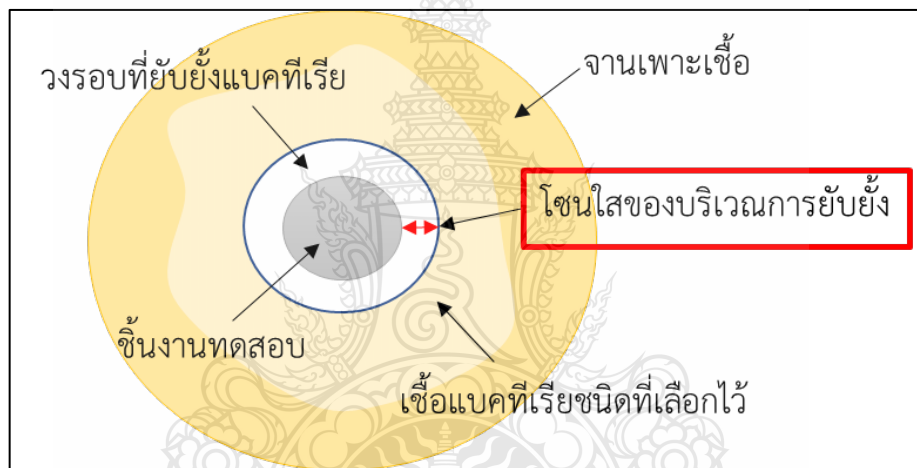
- 2 เตรียมสารที่ใช้ใส่ลงไปบีกเกอร์ 30 ml และ 50 ml (ถ้าใช้ Spindle ขนาด L3 จะต้องเตรียมสาร 50 ml)
- 3 ทำการเปิดเครื่องทดสอบความหนืดแล้ว เลื่อนไปที่ Measurement แล้วกด Enter
- 4 ใส่สารที่เตรียมไว้ลงไปบีกเกอร์ LCP แล้วประกอบเข้าเครื่อง
- 5 กด TAB เพื่อเลือกความเร็วที่ต้องการ (ค่า MAX ต้อง > 80%)
- 6 จากนั้นกด ON จับเวลาทุกๆ 30 วินาที

7 บันทึกรูปภาพจากค่า CP ในเครื่องวัดความหนืด

3.3.3.3 การทดสอบประสิทธิภาพการต้านเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี Disc diffusion โดยใช้เชื้อ Escherichia coli และ Staphylococcus aureus

วิธีการทดสอบ

- 1 เตรียมสารที่ใช้ทดสอบหยดลงบนแผ่นกระดาษกรองมาตรฐาน
- 2 นำแผ่นกระดาษกรองมาตรฐานที่อิมมูต้ววางบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต้องการทดสอบ ทำการบ่มเพาะเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
- 3 ทำการวัดระยะโซนใสของบริเวณการยับยั้ง (clear zone inhibition) ซึ่งใช้วิธีการวัดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ บอกรูปในเชิงคุณภาพว่าเชื้อมีความไวต่อการทดสอบหรือไม่



รูปที่ 3.23 การวัดระยะโซนใสของบริเวณการยับยั้ง (clear zone inhibition)

3.3.4 การทดสอบสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอ

3.3.4.1 วิธีการทดสอบเสียง ด้วยเครื่องทดสอบทางเสียงความถี่สูง-ต่ำ มาตรฐาน ASTM E1050

การทดสอบหาความสามารถในการดูดซับเสียงของผ้าไม่ทอพอลิเอสเตอร์ ด้วยโปรแกรม Acoustic Duct 1 ติดตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณ , เครื่องวัดสัญญาณเสียงและอุปกรณ์ และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์เข้าด้วยกันดังรูป



รูปที่ 3.24 เครื่องการทดสอบหาความสามารถในการกั้นเสียงโดยเครื่อง Impedance tube

- การทดสอบ low frequency

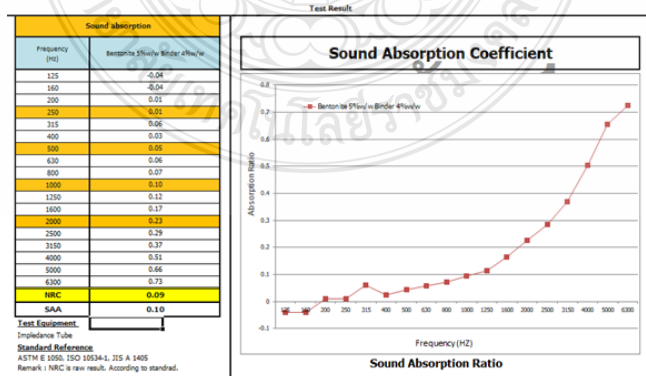
1 ใช้โปรแกรม Acoustic Duct เลือก ADC Setting เพื่อ Check up Program กด Calibrate เลือก low และ High

2 ทำการทดสอบ low frequency โดยใส่ชิ้นงานในท่อทดสอบเสียงหมุนแกนตามความหนาของชิ้นงาน ให้ชิ้นงานเสมอขอบจากนั้น กด NEW เลือก low frequency absorption ratio เพื่อที่จะทำการทดสอบ

- การทดสอบ High frequency

1 ทำการทดสอบ High Frequency โดยใส่ชิ้นงานลงไปในห้องทดสอบตามความหนาของชิ้นงานใส่ให้เสมอขอบ เลือก High frequency absorption ratio เพื่อเริ่มการทดสอบ

2 นำข้อมูลดิบทั้งหมดมา Plot กราฟ ซึ่งกราฟที่ได้จะมีลักษณะดังรูป 3.28 ให้พิจารณาที่ค่า NRC ค่าที่ดีที่สุดอยู่ที่ประมาณ 0.6-0.8



รูปที่ 3.25 กราฟแสดงการ Plot จากข้อมูลดิบทั้งหมด

### 3.3.4.2 การทดสอบ Tensile Strength

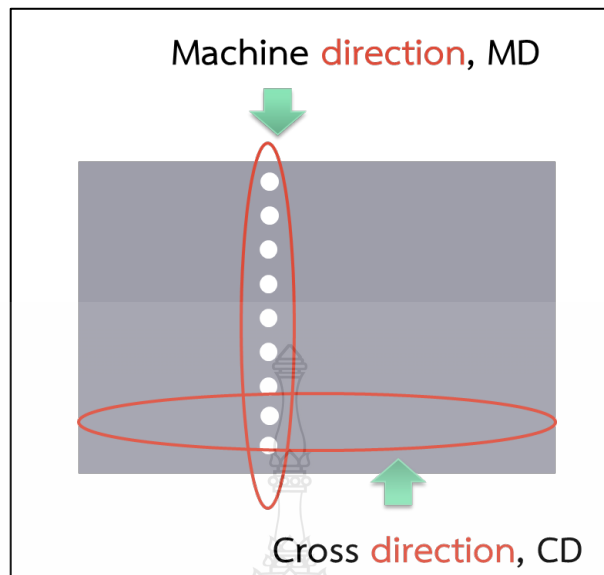
การทดสอบสมบัติการยืดดึงตามมาตรฐาน JIS L3203 สมบัติแรงดึงของผ้าไมโทพอลิเอสเทอร์ สามารถวัดได้โดยการดึงขึ้นทดสอบมาตรฐานจนขาดด้วยอัตราเร็วในการดึงคงที่ (มาตรฐาน JIS L3203 ได้กำหนดอัตราเร็วในการดึงเท่ากับ  $500 \pm 50$  มิลลิเมตร/นาที)

1 นำชิ้นงานไปตัดที่เครื่องตัดชิ้นงานให้ได้ขนาด (กว้าง 50 mm x ยาว 210 mm)



รูปที่ 3.26 เครื่องตัดชิ้นงาน

2 นำชิ้นงานทดสอบไปทดสอบความทนต่อแรงดึงด้วยเครื่อง Tensile testing machine โดยใช้ความเร็วในการดึงยืด  $500 \text{ mm/min}$



รูปที่ 3.27 แนวทดสอบความทนต่อแรงดึงของผ้าไม้ถักไม่ทอ

3 บันทึกค่าความเค้นที่จุดขาด (Stress at break) หรือค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) และค่าการยืด ณ จุดขาด (Elongation at break)

4 บันทึกผลการทดสอบ

#### 3.3.4.3 วิธีการศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล

- 1 เตรียมชิ้นงานที่พ่นไว้ขนาด กว้าง 10 x 10 เซนติเมตร
- 2 นำเครื่องกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัลมาต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์
- 3 นำชิ้นงานที่เตรียมไว้มาวางบนแท่นในเครื่องกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล
- 4 จากนั้นทำการปรับเครื่องกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัลขึ้น-ลง และปรับโฟกัส โดยใช้ระยะความสูงของกล้องห่างจากชิ้นงาน 2.5 เซนติเมตร กำลังขยาย 4 เท่า
- 5 เพิ่ม-ลด แสงตามที่เราต้องการจากนั้นกดถ่ายภาพในคอมพิวเตอร์



### 3.3.5 การทดสอบสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอเฉพาะทาง

3.3.5.1 การประเมินการต้านเชื้อแบคทีเรียของสิ่งทอด้วยวิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 29 (วิธีเชิงคุณภาพ) มาตรฐานเลขที่. มอก. 121 เล่ม 29 – 2554 โดยใช้เชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus*

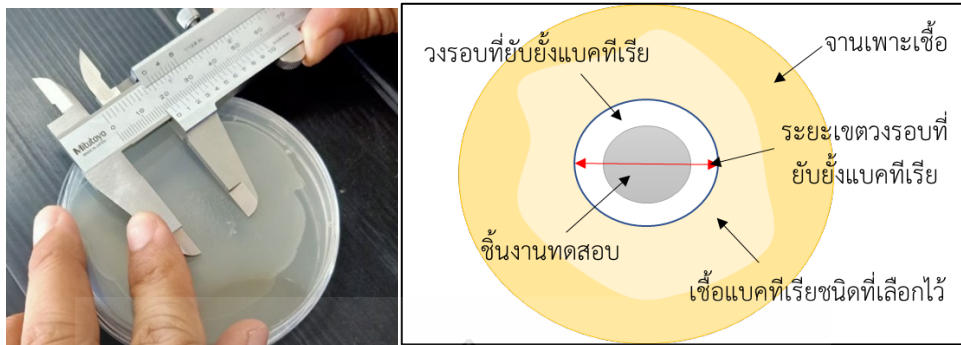
#### วิธีการทดสอบ

- 1 เตรียมชิ้นงานทดสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ( $25 \pm 5$ ) มิลลิเมตร
- 2 เตรียมจานเพาะเชื้อ (petri dishes) ที่มีอาหารรุ้นเพาะเชื้อสองชั้น ชั้นล่างประกอบด้วยอาหารรุ้นเพาะเชื้อที่ไม่มีแบคทีเรีย ชั้นบนใส่เชื้อ (inoculate) แบคทีเรียชนิดที่เลือกไว้
- 3 วางชิ้นทดสอบบนอาหารรุ้นเพาะเชื้อชั้นบน โดยใช้ปากคีบที่ผ่านการทำไว้เชื้อ ให้ชิ้นทดสอบสัมผัสกับอาหารรุ้นเพาะเชื้ออย่างทั่วถึง นำไปบ่มเพาะเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ ( $37 \pm 1$ ) องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.28 การวางชิ้นทดสอบบนอาหารรุ้นเพาะเชื้อ

4 ประเมินประสิทธิภาพการต้านแบคทีเรียโดยตรวจพิจารณาการเติบโตของแบคทีเรียในบริเวณที่ชิ้นทดสอบสัมผัสอาหารรุ้นเพาะเชื้อ และระยะเขตวงรอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย (inhibition Zone) โดยใช้วิธีการวัดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ ค่าเฉลี่ยขนาดตัวอย่างเท่ากับ 17.00 มม.



รูปที่ 3.29 วิธีการวัดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ของระยะเขตวงรอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย (inhibition Zone)

การประเมินผลทดสอบ

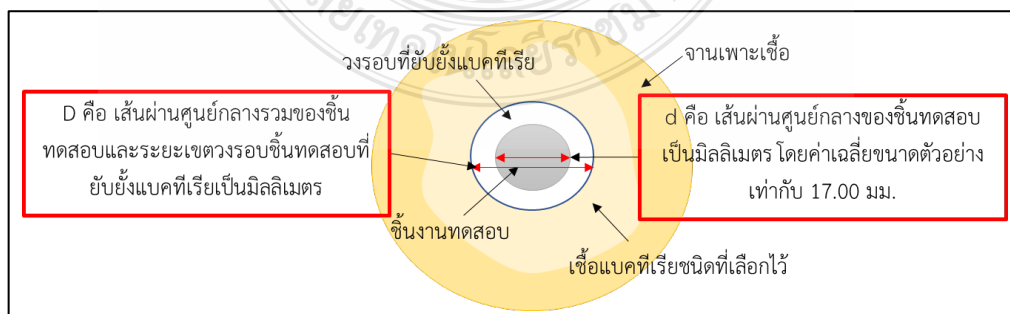
ตรวจสอบว่ามีการเติบโตของแบคทีเรียในบริเวณสัมผัส (contact Zone) ระหว่างอาหารวุ้นเพาะเชื้อกับชิ้นทดสอบหรือไม่ และมีระยะเขตวงรอบชิ้นทดสอบที่ยับยั้งแบคทีเรียหรือไม่ คำนวณระยะเขตวงรอบชิ้นทดสอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย (บริเวณใกล้ขอบของชิ้นทดสอบที่ไม่มีแบคทีเรียเติบโต) โดยใช้สูตร

$$H = \frac{(D-d)}{2}$$

H คือ ระยะเขตวงรอบชิ้นทดสอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย เป็นมิลลิเมตร

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางรวมของชิ้นทดสอบและระยะเขตวงรอบชิ้นทดสอบที่ยับยั้งแบคทีเรียเป็นมิลลิเมตร

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 3.30 แสดงระยะการคำนวณระยะเขตวงรอบชิ้นทดสอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย

**ตารางที่ 3.2** การประเมินผลการต้านแบคทีเรีย

ค่าเฉลี่ยของระยะเขต วงรอบขึ้นทดสอบที่ ยับยั้งแบคทีเรีย (มิลลิเมตร)	การเติบโตของ แบคทีเรีย (ก)	รายละเอียด	การประเมิน
>1	ไม่มี	- ระยะเขตวงรอบขึ้นทดสอบที่ยับยั้ง แบคทีเรียมากกว่า 1 มิลลิเมตร - ไม่มีการเติบโตของแบคทีเรีย (ข)	ประสิทธิภาพดี
1-0	ไม่มี	- ระยะเขตวงรอบขึ้นทดสอบที่ยับยั้ง แบคทีเรียจนถึง 1 มิลลิเมตร - ไม่มีการเติบโตของแบคทีเรีย (ข)	ประสิทธิภาพดี
0	ไม่มี	- ไม่มีระยะเขตวงรอบขึ้นทดสอบที่ ยับยั้งแบคทีเรีย - ไม่มีการเติบโตของแบคทีเรีย (ค)	ประสิทธิภาพดี
0	เล็กน้อย	- ไม่มีระยะเขตวงรอบขึ้นทดสอบที่ ยับยั้งแบคทีเรีย - มีโคโลนีเล็กน้อย - ไม่มีการเติบโตของแบคทีเรีย (ง)	ประสิทธิภาพ จำกัด
0	ปานกลาง	- ไม่มีระยะเขตวงรอบขึ้นทดสอบที่ ยับยั้งแบคทีเรีย - มีการเติบโตลดลงเป็นครั้งหนึ่งเมื่อ เทียบกับขึ้นทดสอบควบคุม (จ)	ประสิทธิภาพ ไม่เพียงพอ
0	หนาแน่น	- ไม่มีระยะเขตวงรอบขึ้นทดสอบที่ ยับยั้งแบคทีเรีย - การเติบโตไม่ลดลงหรือมีการลดลง เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับขึ้นทดสอบ ควบคุม	ประสิทธิภาพ ไม่เพียงพอ

หมายเหตุ

- (ก) การเติบโตของแบคทีเรียในอาหารวุ้นเพาะเชื้อใต้ชั้นทดสอบ
- (ข) นำระยะเขตวงรอบขึ้นทดสอบที่ยับยั้งแบคทีเรียมาประกอบการพิจารณา ระยะเขตวงรอบที่กว้างอาจบ่งชี้ถึงสารต้านแบคทีเรียบางชนิดหรือมีการผิวกสารบนผ้าไม่แน่นพอ
- (ค) ไม่มีการเติบโตของแบคทีเรียใต้ชั้นทดสอบและไม่มีระยะเขตวงรอบขึ้นทดสอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย อาจมีประสิทธิภาพที่ดี เพราะระยะเขตวงรอบขึ้นทดสอบที่ยับยั้งแบคทีเรียอาจไม่เกิดขึ้นเนื่องจากสารต้านแบคทีเรียมีการแพร่ที่น้อย
- (ง) “เทียบเท่ากับการ ไม่เติบโตของแบคทีเรีย” บ่งชี้ประสิทธิภาพที่จำกัด
- (จ) การเติบโตของแบคทีเรียลดลง หมายถึง จำนวนโคโลนี (กลุ่มแบคทีเรีย) ลดลง หรือขนาดโคโลนีลดลง

### 3.3.5.2 การทดสอบการต้านทานรังสียูวี

เลือกการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM G154 ที่ Cycles 3 และ 4

#### ตารางที่ 3.2 วัฏจักรการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM G154

วัฏจักร	หลอดไฟ	การฉายรังสี ทั่วไป (W/m <sup>2</sup> /nm)	ความยาวคลื่น โดยประมาณ	วัฏจักรของปริมาณรังสี
1	UVA-340	0.89	340 นาโนเมตร	รังสียูวี 8 ชั่วโมง (60 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ; ควบแน่น 4 ชั่วโมง (50 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ
2	UVB-313	0.71	313 นาโนเมตร	รังสียูวี 4 ชั่วโมง (60 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ; ควบแน่น 4 ชั่วโมง (50 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ
3	UVB-313	0.49	313 นาโนเมตร	รังสียูวี 8 ชั่วโมง (70 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ; ควบแน่น 4 ชั่วโมง at (50 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ
4	UVA-340	1.55	340 นาโนเมตร	รังสียูวี 8 ชั่วโมง (70 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ; ควบแน่น 4 ชั่วโมง (50 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ
5	UVB-313	0.62	313 นาโนเมตร	รังสียูวี 20 ชั่วโมง (80 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ; ควบแน่น 4 ชั่วโมง (50 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ

ตารางที่ 3.2 วัฏจักรการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM G154 (ต่อ)

วัฏจักร	หลอดไฟ	การฉายรังสี ทั่วไป (W/m <sup>2</sup> /nm)	ความยาวคลื่น โดยประมาณ	วัฏจักรของปริมาณรังสี
6	UVA-340	1.55	340 นาโนเมตร	รังสียูวี 8 ชั่วโมง (60 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ; ควบแน่น 4 ชั่วโมง (50 ± 3)°C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ
7	UVA-340	1.55	340 นาโนเมตร	รังสียูวี 8 ชั่วโมง (60 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ; 0.25 h water spray (no light), ที่อุณหภูมิแผ่นดำ; ควบแน่น 3.75 ชั่วโมง (50 ± 3) °C ที่อุณหภูมิแผ่นดำ

\*\*หมายเหตุ

วัฏจักร 1 การเปิดรับแสงที่ใช้สำหรับสารเคลือบและพลาสติก

วัฏจักร 2 ใช้สำหรับวัสดุการเคลือบทั่วไป

วัฏจักร 3 และ 4 ใช้สำหรับวัสดุภายนอก-ภายในรถยนต์

วัฏจักร 5 ใช้สำหรับวัสดุถุงหลังคา

วัฏจักร 6 ใช้สำหรับเคลือบพลาสติกด้วยรังสีสูง

วัฏจักร 7 ใช้สำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสะท้อนและการสีกร่อนของสารเคลือบไม้

ใช้เทคนิค GRAY SCALE FOR COLOR CHANGE ในการประเมินผล

สีเปลี่ยนจากเดิม

ระดับ 5 หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี

4 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

3 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงพอสังเกตเห็นได้

2 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก

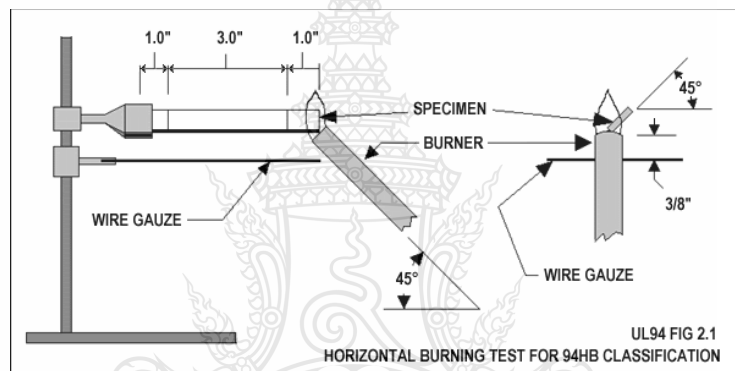
1 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงมาก

### 3.3.5.3 วิธีการทดสอบการหน่วงไฟ มาตรฐาน UL 94

- การทดสอบแบบ Horizontal Burning Test

1 เตรียมชิ้นงานตัวอย่างมี ความยาว 125 mm x กว้าง 13 mm x ความหนา 6 mm

2 ทดสอบในแนวนอนโดยตัวอย่างต้องอยู่ในตำแหน่งแนวนอนและเอียงที่ 45 องศา จากนั้นเปลวไฟจะจ่อท้ายของตัวอย่างเป็นเวลา 30 วินาที หรือจนกว่าเปลวไฟถึง 1 นิ้ว หากชิ้นงานยังคงเผาไหม้หลังจากการเอาเปลวไฟที่จ่อตัวอย่างออก จากนั้นดูการแพร่กระจายและจุดบันทึกไว้เพื่อเปรียบในข้อกำหนดในการทดสอบ HB (ทดสอบแนวนอน) มีค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ต่ำกว่า 40 mm/sec



ภาพที่ 3.31 การทดสอบแบบ Horizontal Burning Test

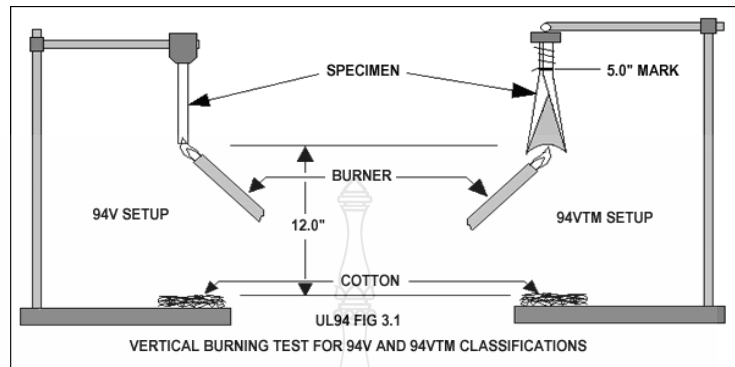
เนื่องจากผ้าไม้สักไม่ทอพอลิเอสเตอร์มีพฤติกรรมการดับไฟที่มีลักษณะเหมือนพอลิไวนิลคลอไรด์ ทำให้ไม่สามารถคำนวณอัตราการเผาไหม้ได้ จึงใช้เวลาเฉลี่ยไฟดับหลังจากเอาไฟออก (วินาที) และความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานที่เหลือจากการเผาไหม้เพื่อบันทึกผล

- การทดสอบแบบ Vertical Burning Test

1 เตรียมชิ้นตัวอย่างมี ความยาว 125 มม. X กว้าง 13 มม. X ความหนา 6 มม.

2 จะมีการจุดไฟ 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะจุดเป็นเวลา 10 วินาที ระยะเวลาที่พลาสติกลุกไหม้ (มีเปลวไฟ) หลังจากการจุดแต่ละครั้งจนกระทั่งไฟดับจะถูกบันทึกเป็นเวลา  $t_1$  และ  $t_2$  ส่วน  $t_3$  เป็นเวลาจาก  $t_2$  (วัสดุเกิดการหดร่น) วัสดุที่ผ่านการทดสอบ V-0, V-1 หรือ V-2 ได้จะต้องมีสมบัติดังต่อไปนี้ UL 94 V-0 มีระดับความปลอดภัยสูงที่สุดถ้าติดไฟเองได้เมื่อดึงออกจะลุกไหม้ได้จะไม่

เกิน 10 วินาที UL 94 V-1 (ไม่หยดลูกไฟ) UL 94 V-2 (หยดลูกไฟ) เป็นลักษณะพลาสติกทั่วไปติดไฟ นานกว่า UL 94 V-0 ดับไฟภายใน 30 วินาที



ภาพที่ 3.32 การทดสอบแบบ Vertical Burning Test



## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการพ่นเพื่อสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ โดยก่อนการพ่นเคลือบสารเติมแต่ง ได้ทำการทดสอบสมบัติของสารเติมแต่งและสารช่วยยึดติดที่ใช้ในการพ่นเคลือบผ้าไม่ถักไม่ทอ อันได้แก่ สมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย ความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด จากนั้นหลังการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการพ่นทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของชิ้นงานหลังการพ่น อันได้แก่ ความทนต่อแรงดึง การดูดซับเสียง การต้านเชื้อแบคทีเรีย การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ โดยในงานวิจัยนี้จะแบ่งขั้นตอนการพ่นเคลือบออกเป็น 2 กระบวนการ

กระบวนการที่ 1 ศึกษาสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ โดยขั้นตอนในการพ่นเคลือบสารเคมีจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการพ่นสารเคมี

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการพ่นสารช่วยยึดติด

กระบวนการที่ 2 ศึกษาสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ โดยขั้นตอนในการพ่นเคลือบสารเคมีจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการพ่นสารช่วยยึดติด

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการพ่นสารเคมี

ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผลการทดลองแสดงสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้



## 4.1 สมบัติสารพ่นเคลือบ

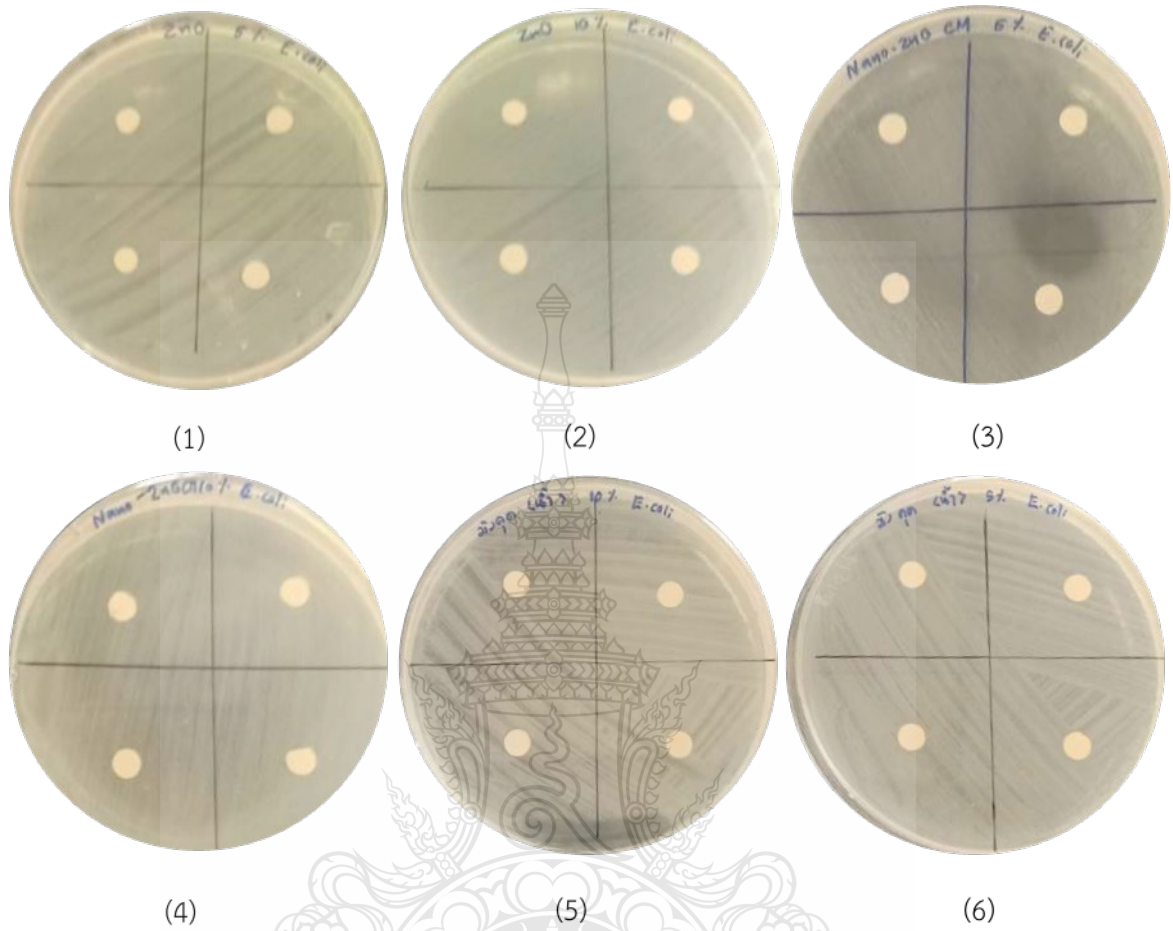
การทดสอบสารพ่นเคลือบก่อนการตกแต่งผ้าไม้สักไม้ทอพอลิเอสเตอร์ ได้ทำการทดสอบสมบัติของสารเติมแต่งและสารช่วยยึดติดที่ใช้ในการพ่นเคลือบผ้าไม้สักไม้ทอ อันได้แก่ สมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย ความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด

### 4.1.1 การต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียของสารพ่นเคลือบ

ตารางที่ 4.1 การต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียของสารพ่นเคลือบ

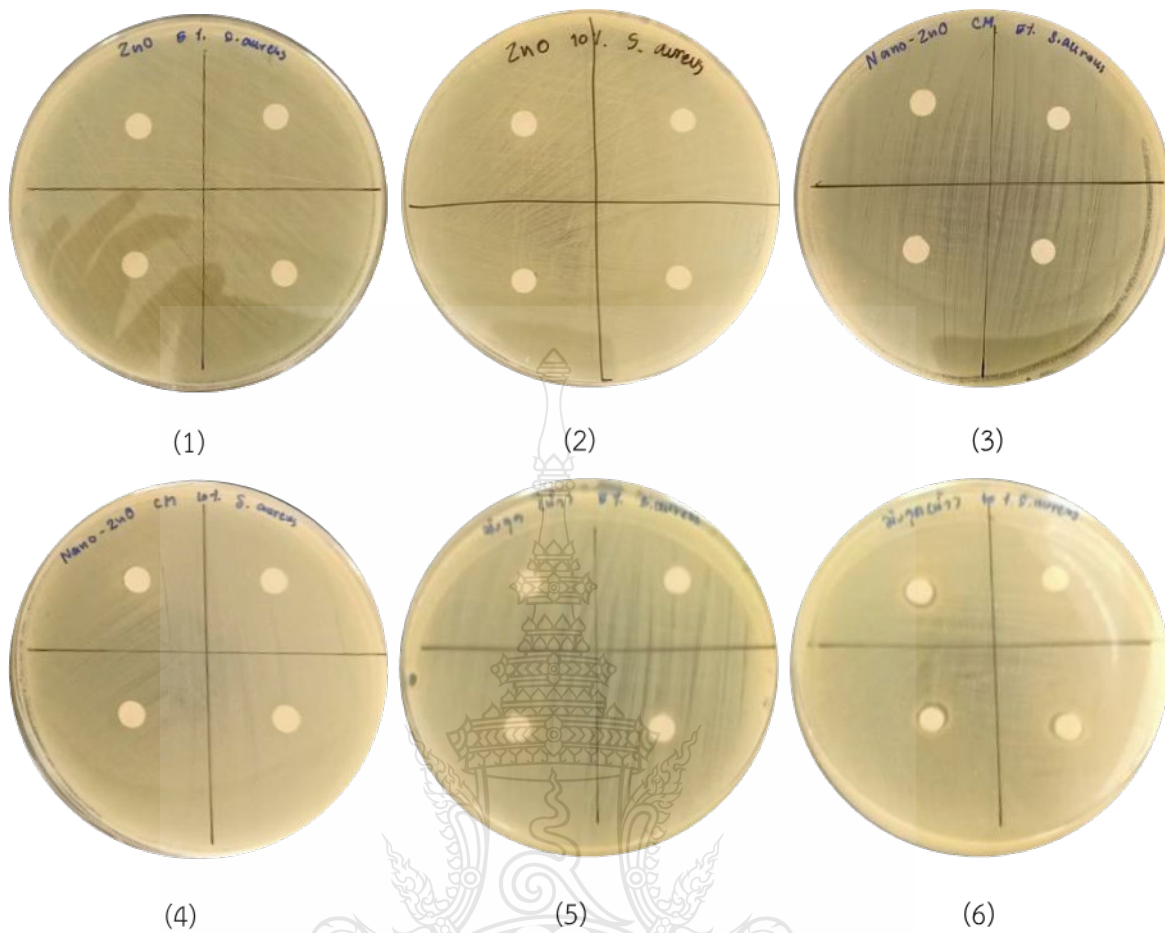
ตัวอย่าง	ขนาดบริเวณยับยั้งเฉลี่ย (mm.)	
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
สารละลายพอลิอะคริลิกอิมัลชัน 4 %w/w	0.00	0.00
สารแขวนลอยซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	3.53	0.00
สารแขวนลอยซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	0.00	0.00
สารแขวนลอยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	0.00	0.00
สารแขวนลอยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	3.50	0.00
สารละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 %w/w	0.00	0.00
สารละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w	3.68	5.40

จากตารางที่ 4.1 พบว่าสารแขวนลอยซิงค์ออกไซด์ และสารแขวนลอยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์สามารถยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ได้ และสารละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุดสามารถยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ได้ จากการวัดระยะโซนใสของบริเวณการยับยั้ง (clear zone inhibition) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Nassara Keawkhong และคณะ [27] ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* พบว่าอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้มากที่สุด และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ นุศวดี พจนานุกิจ และคณะ [28] พบว่าสามารถสกัดสารแซนโทน (Xanthones) จากเปลือกมังคุดสามารถต้านเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ โดยพบว่ามามีบริเวณยับยั้งเชื้อ (Inhibition zone) โดยแสดงผลการทดสอบการต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ดังรูปที่ 4.1 และผลการทดสอบการต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ดังรูปที่ 4.2



**รูปที่ 4.1** การต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli*

- (1) สารแขวนลอยซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w
- (2) สารแขวนลอยซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w
- (3) สารแขวนลอยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w
- (4) สารแขวนลอยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w
- (5) สารละลายสารสกัดจากเปลือกมั่งคุด 5 %w/w
- (6) สารละลายสารสกัดจากเปลือกมั่งคุด 10 %w/w



รูปที่ 4.2 การต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*

- (1) สารแขวนลอยซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w
- (2) สารแขวนลอยซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w
- (3) สารแขวนลอยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w
- (4) สารแขวนลอยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w
- (5) สารละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 %w/w
- (6) สารละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w

#### 4.1.2 ความเป็นกรด-ด่างของสารพ่นเคลือบ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารพ่นเคลือบ

ปริมาณสารเคมี	pH	
สารละลายพอลิอะคริลิกอิมัลชัน 4 %w/w	6.67	
น้ำ	7.07	
สารแขวนลอยซิงค์ออกไซด์	5 %w/w	6.44
	10 %w/w	6.95
สารแขวนลอยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์	5 %w/w	7.30
	10 %w/w	8.14
สารละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุด	5 %w/w	5.46
	10 %w/w	5.70
สารแขวนลอยอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์	5 %w/w	8.05
	10 %w/w	7.91
	15 %w/w	7.78
	20 %w/w	7.82
สารแขวนลอยเบนโทไนท์	5 %w/w	7.43
	10 %w/w	7.59
	15 %w/w	7.67
	20 %w/w	7.74

จากตารางที่ 4.2 แสดงผล pH พบว่าสารละลายพอลิอะคริลิกอิมัลชัน สารแขวนลอยซิงค์ออกไซด์ ที่ 5 และ 10 %w/w และสารละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 และ 10 %w/w มีค่า pH อยู่ในช่วงกรดอ่อน นั่นก็คือมีค่า pH ในช่วง 3 แต่ไม่ถึง 7 ส่วนน้ำ มีค่า pH เป็นกลาง สารแขวนลอยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 5 และ 10 %w/w สารแขวนลอยอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ และสารแขวนลอยเบนโทไนท์ ที่ 5 10 15 และ 20 %w/w มีความเป็นด่างอ่อน นั่นก็คือมีค่า pH เกิน 7 แต่ไม่ถึง 9 โดยสารพ่นเคลือบมีค่า pH ในช่วง กรดอ่อน – ด่างอ่อน ทำให้ไม่เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง [34]

#### 4.1.3 ความหนืดของสารพ่นเคลือบ

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความหนืดของสารพ่นเคลือบ

ปริมาณสารเคมี	Viscosity (Centipoise:cP)	
สารละลายพอลิอะคริลิกอิมัลชัน 4 %w/w	1.29	
น้ำ	1.23	
สารแขวนลอยซิงค์ออกไซด์	5 %w/w	1.60
	10 %w/w	1.78
สารแขวนลอยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์	5 %w/w	2.72
	10 %w/w	2.93
สารละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุด	5 %w/w	1.50
	10 %w/w	1.85
สารแขวนลอยอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์	5 %w/w	1.29
	10 %w/w	1.23
	15 %w/w	1.38
	20 %w/w	1.60
สารแขวนลอยเบนโทไนท์	5 %w/w	1.80
	10 %w/w	2.12
	15 %w/w	2.89
	20 %w/w	4.21

จากตารางที่ 4.3 พบว่าความหนืดของสารละลายพอลิอะคริลิกอิมัลชันมีค่าความหนืดอยู่ที่ 1.29 cP น้ำมีค่าความหนืดอยู่ที่ 1.23 cP เมื่อเปรียบเทียบกับความหนืดของน้ำจะเห็นได้ว่าความหนืดของสารละลายสารเติมแต่ง และสารแขวนลอยสารเติมแต่งมีค่าสูงขึ้น โดยสารแขวนลอยอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ปกติจะไม่ละลายน้ำและละลายน้ำได้เล็กน้อยส่งผลให้ความหนืดสูงเมื่อมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น สารแขวนลอยเบนโทไนท์มีคุณสมบัติการดูดซับที่ดี สามารถดูดน้ำไว้ได้มาก ซึ่งเป็นผลทำให้ดินมีลักษณะ

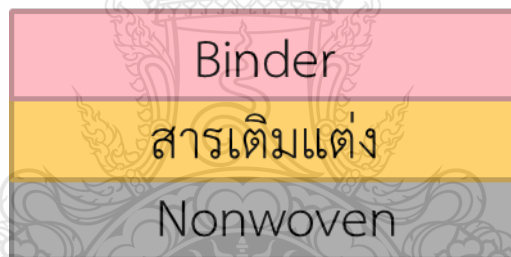
ขยายตัวส่งผลให้ความหนืดสูงด้วยเช่นกัน สารแขวนลอยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์จะมีค่าความหนืดสูงกว่าสารแขวนลอยซิงค์ออกไซด์เพราะมีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า โดยความหนืดมีผลต่อความยากง่ายในการพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บรัช ซึ่งจากผลการทดสอบค่าความหนืดในตารางที่ 4.3 สามารถพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บรัชที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้

#### 4.2 ศึกษาสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ ของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์

โดยขั้นตอนในการพ่นเคลือบสารเคมีจะแบ่งเป็น 2 กระบวนการ คือ  
กระบวนการที่ 1

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการพ่นสารเติมแต่ง

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการพ่นสารช่วยยึดติด

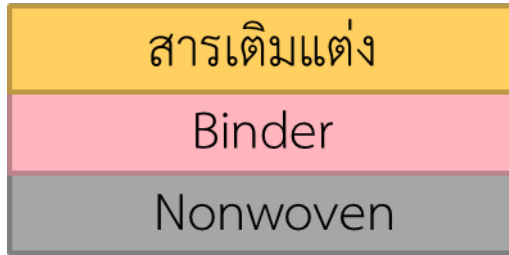


#### รูปที่ 4.3 เทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1

กระบวนการที่ 2

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการพ่นสารช่วยยึดติด

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการพ่นสารเติมแต่ง



**รูปที่ 4.4** เทคนิคการพันกระบวนการที่ 2

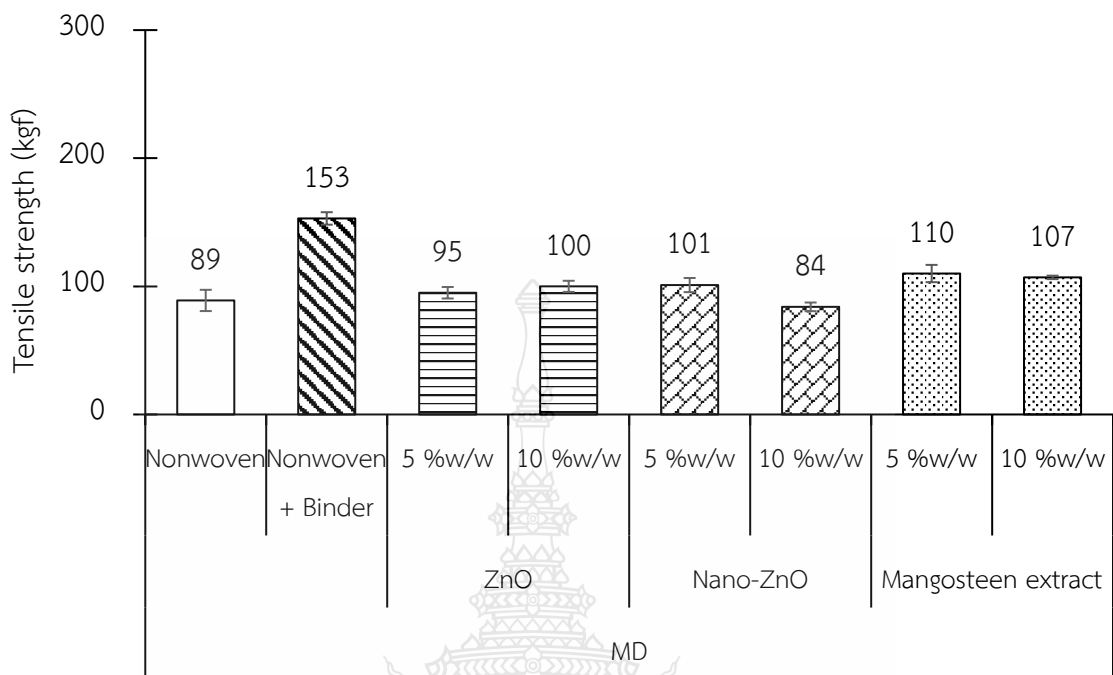
4.2.1 พัฒนาสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการพันให้มีสมบัติการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย โดยใช้สารเติมแต่งซิงค์ออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ และสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ ปริมาณ 5 และ 10 %w/w ทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของชิ้นงานหลังการพัน อันได้แก่ ความทนต่อแรงดึง การต้านเชื้อแบคทีเรีย การดูดซับเสียง และศึกษาฐานฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล

4.2.1.1 สมบัติความทนต่อแรงดึง

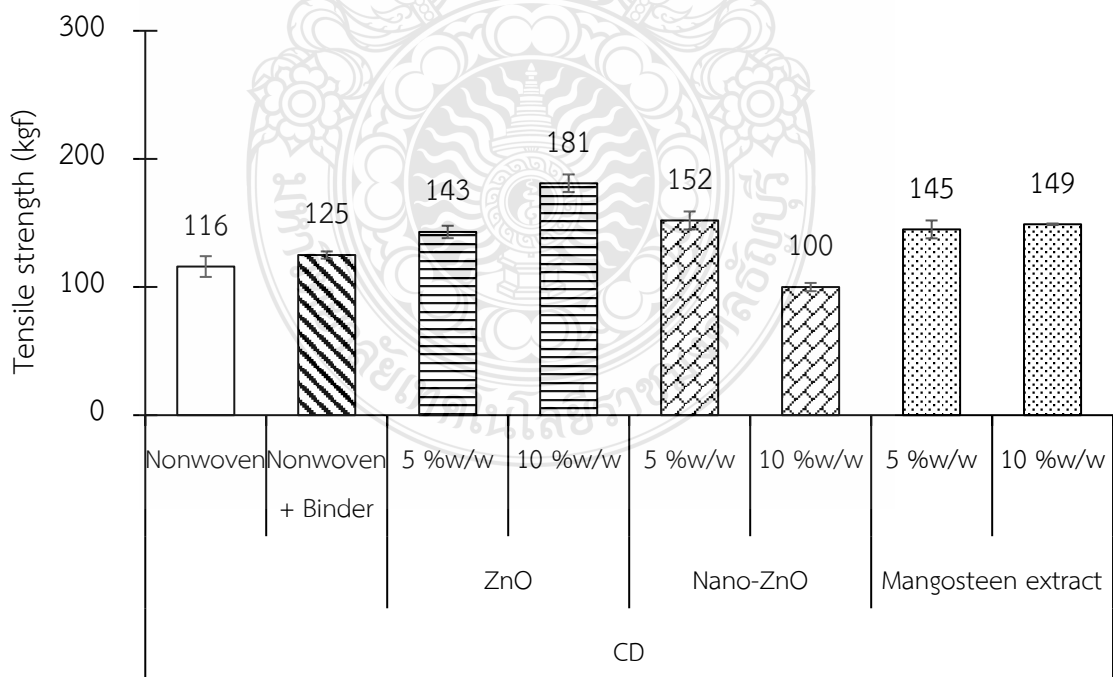
การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ทำการทดสอบสมบัติความทนต่อแรงดึง 2 ประการ คือ ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) และการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด (%Elongation at break)

**ตารางที่ 4.4** แสดงค่าความทนต่อแรงดึงด้วยเทคนิคการพันกระบวนการที่ 1

ตัวอย่างทดสอบ	MD	CD
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	89 ± 8.2	116 ± 8.1
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	153 ± 4.8	125 ± 2.8
ซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	95 ± 4.4	143 ± 4.8
ซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	100 ± 4.3	181 ± 6.9
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	101 ± 5.5	152 ± 7.0
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	84 ± 3.3	100 ± 3.2
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 %w/w	110 ± 6.7	145 ± 6.9
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w	107 ± 1.3	149 ± 0.6



รูปที่ 4.5 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว MD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1

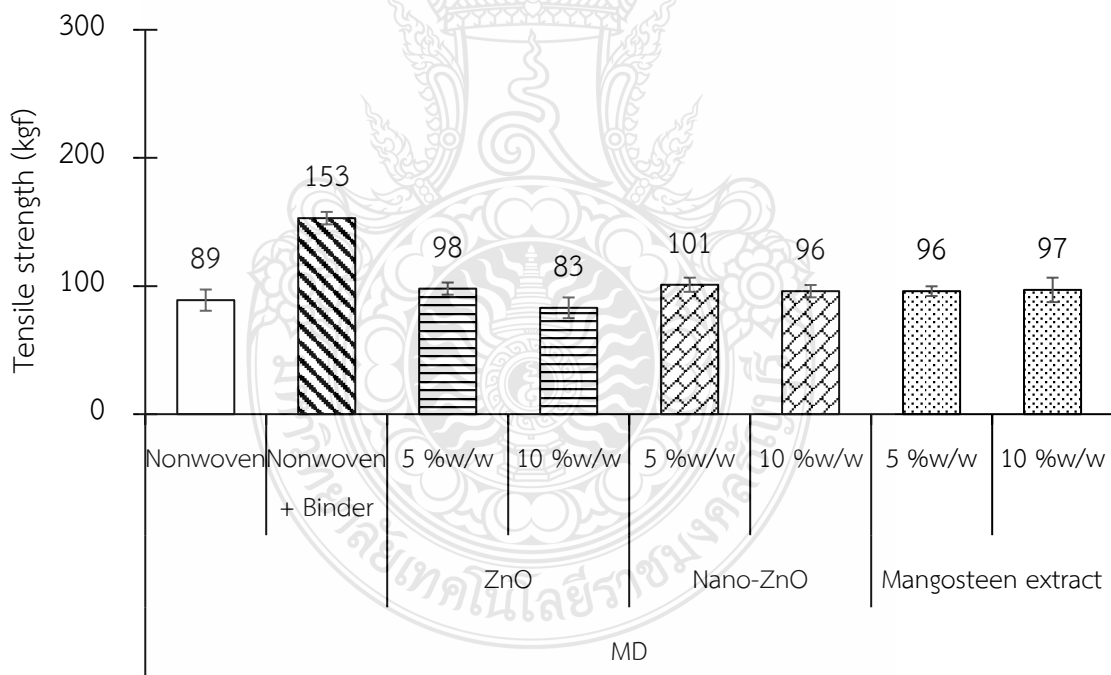


รูปที่ 4.6 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว CD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1

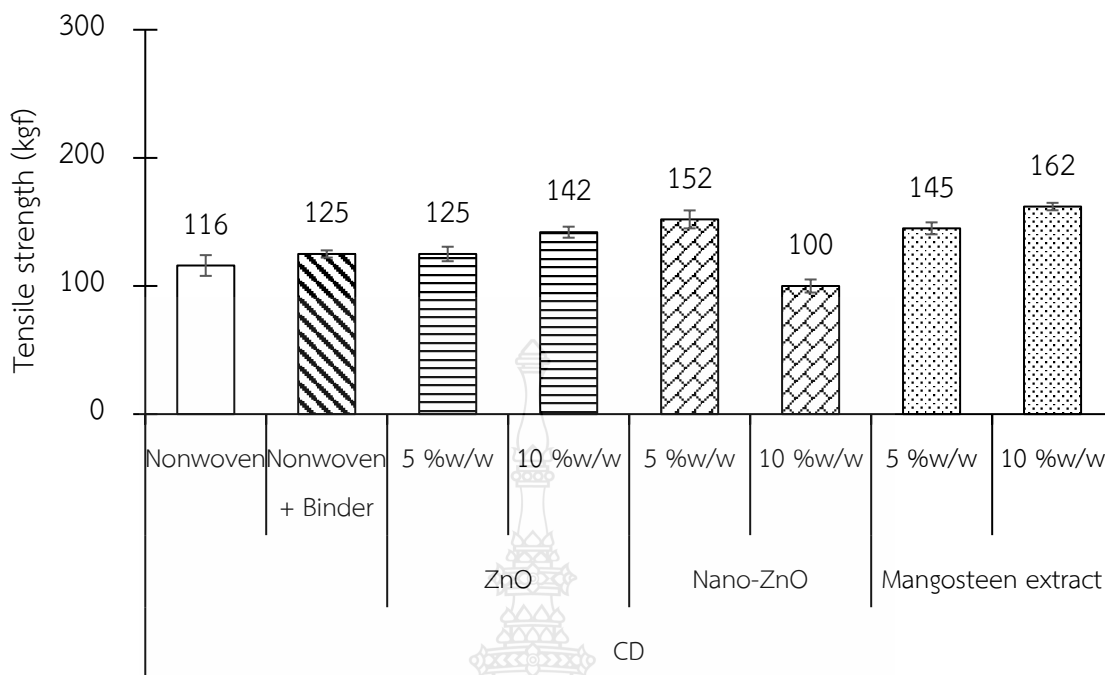


ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงด้วยเทคนิคการปั่นกระบวนการที่ 2

ตัวอย่างทดสอบ	MD	CD
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	89 ± 8.2	116 ± 8.1
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	153 ± 4.8	125 ± 2.8
ซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	98 ± 4.7	125 ± 5.6
ซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	83 ± 8.1	142 ± 4.3
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	101 ± 5.5	152 ± 7.0
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	96 ± 4.8	100 ± 5.1
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 %w/w	96 ± 3.8	145 ± 4.6
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w	97 ± 9.5	162 ± 2.9

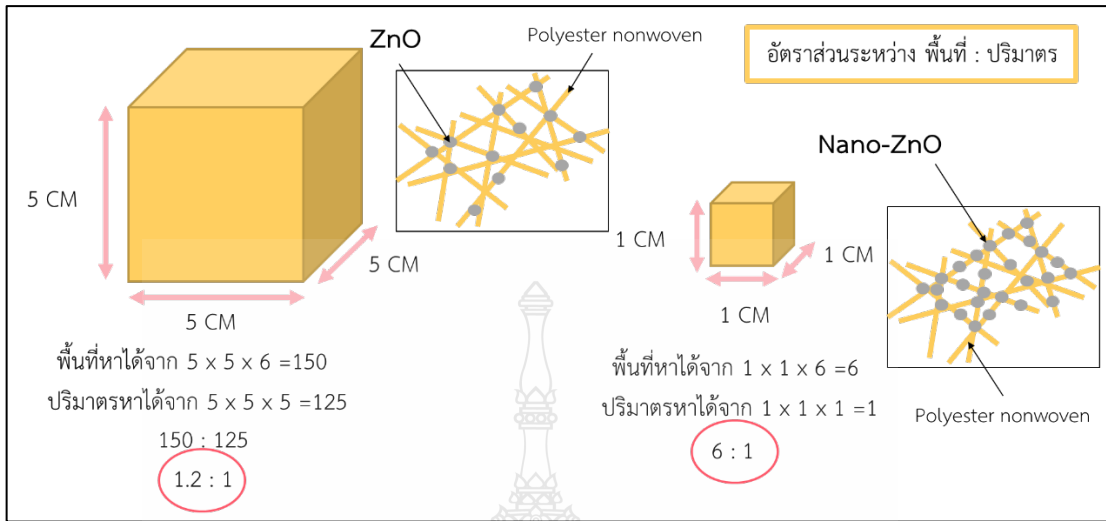


รูปที่ 4.7 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว MD ด้วยเทคนิคการปั่นกระบวนการที่ 2



รูปที่ 4.8 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว CD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนการที่ 2

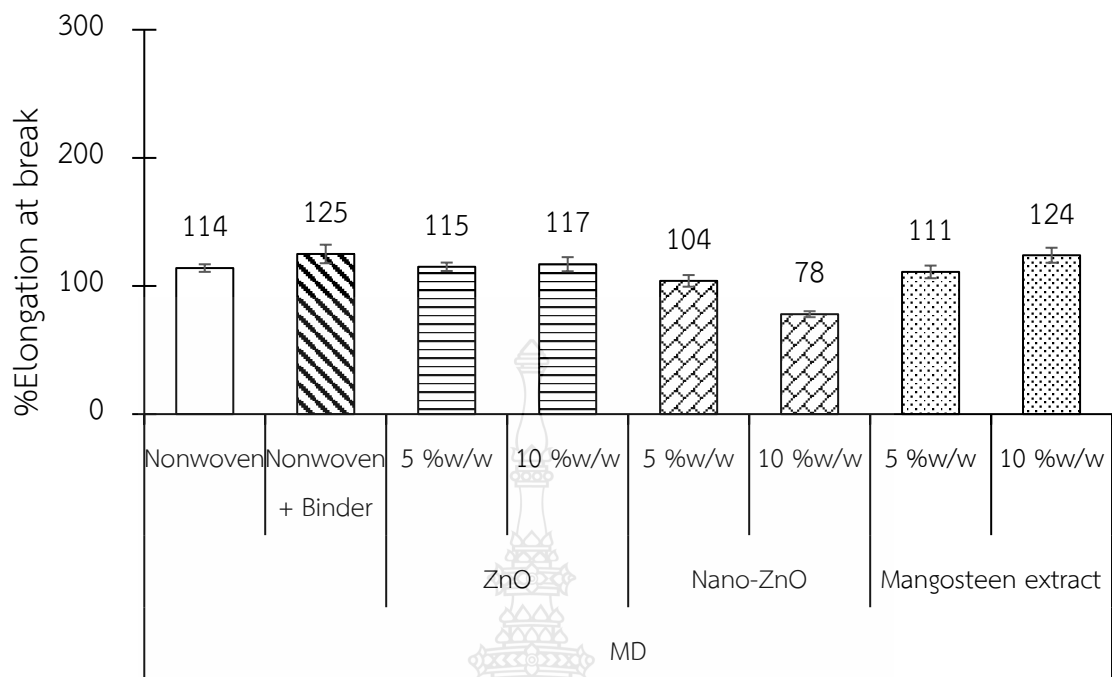
จากรูปที่ 4.5 - 4.8 แสดงผลการทดสอบความทนต่อแรงดึงแนว MD และ CD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนการที่ 1 และ 2 พบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารช่วยยึดติด 4 %w/w มีค่าความทนต่อแรงดึงสูงขึ้น เนื่องจากสารช่วยยึดติดเคลือบผิวเส้นใยบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์คล้ายฟิล์มเคลือบ มีผลทำให้ผ้ามีลักษณะเหนียวขึ้น การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารเติมแต่งมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงขึ้นแต่น้อยกว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารช่วยยึดติด เพราะการพันสารเติมแต่งที่เป็นของแข็ง มีผลทำให้ความต่อเนื่องของฟิล์มที่เคลือบบนเส้นใยผ้าไม่ถักไม่ทอเกิดความไม่ต่อเนื่องกัน ทำให้ประสิทธิภาพของสารช่วยยึดติดของค่าความทนต่อแรงดึงที่มีต่อเส้นใยลดลง และการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 10 %w/w มีค่าความทนต่อแรงดึงลดลง เพราะอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์มีขนาดเล็กทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสที่สูงกว่าสารเติมแต่งชนิดอื่น ตามทฤษฎีของอัตราส่วนระหว่าง พื้นที่ : ปริมาตร จะใหญ่ขึ้นเมื่อเซลล์มีขนาดเล็กลง [35] ดังรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าความต่อเนื่องของฟิล์มที่เกิดจากสารช่วยยึดติดเกิดความไม่ต่อเนื่องกัน เพราะพื้นที่ผิวสัมผัสของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์มีมากกว่าซิงค์ออกไซด์ ในปริมาณสารเติมแต่งที่เท่ากัน ทำให้อนุภาคนาโนซิงค์ที่มีอยู่บนผ้าไม่ถักไม่ทอมีผลต่อความต่อเนื่องของฟิล์ม ส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงลดลง



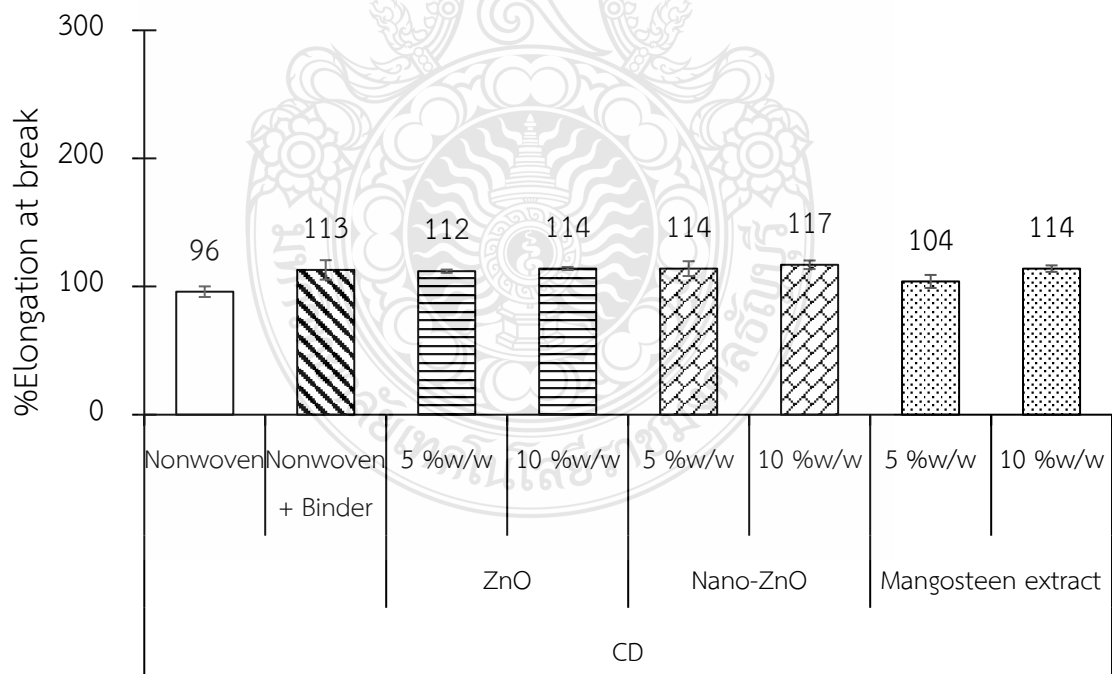
รูปที่ 4.9 ทฤษฎีของอัตราส่วนระหว่าง พื้นที่ : ปริมาตร

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1

ตัวอย่างทดสอบ	MD	CD
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	$114 \pm 2.9$	$96 \pm 4.1$
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	$125 \pm 7.2$	$113 \pm 7.5$
ซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	$115 \pm 3.2$	$112 \pm 1.2$
ซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	$117 \pm 5.5$	$114 \pm 1.1$
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	$104 \pm 4.5$	$114 \pm 5.7$
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	$78 \pm 2.3$	$117 \pm 3.3$
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 %w/w	$111 \pm 4.9$	$104 \pm 5.0$
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w	$124 \pm 5.8$	$114 \pm 2.5$



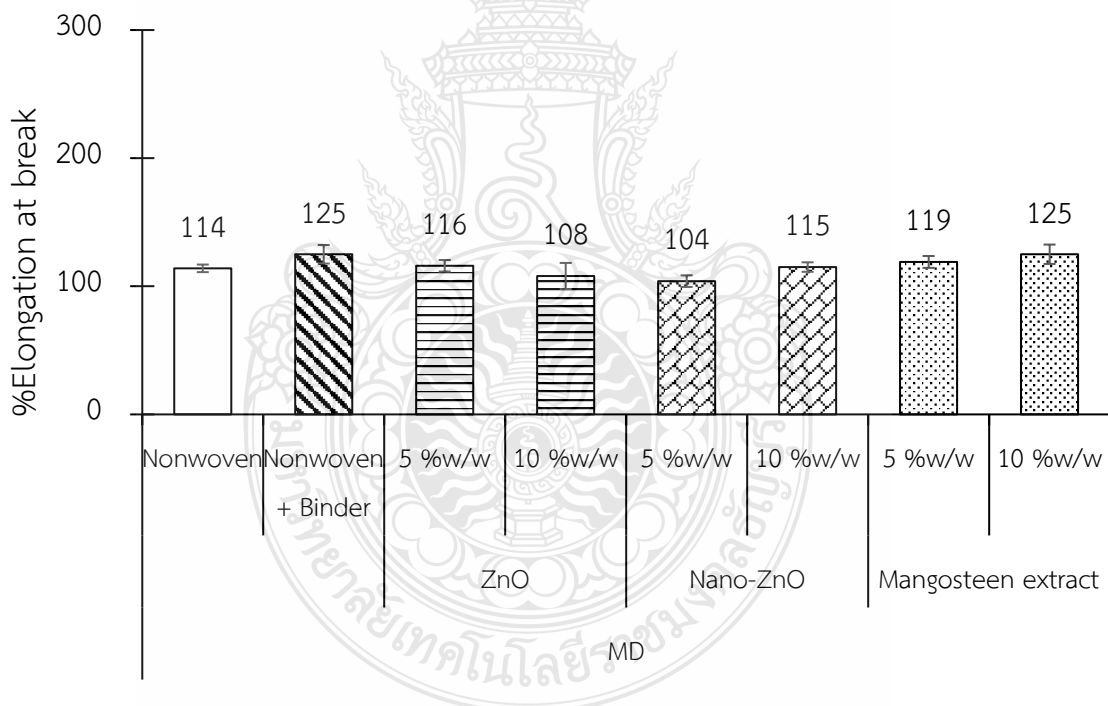
รูปที่ 4.10 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดแนว MD ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1



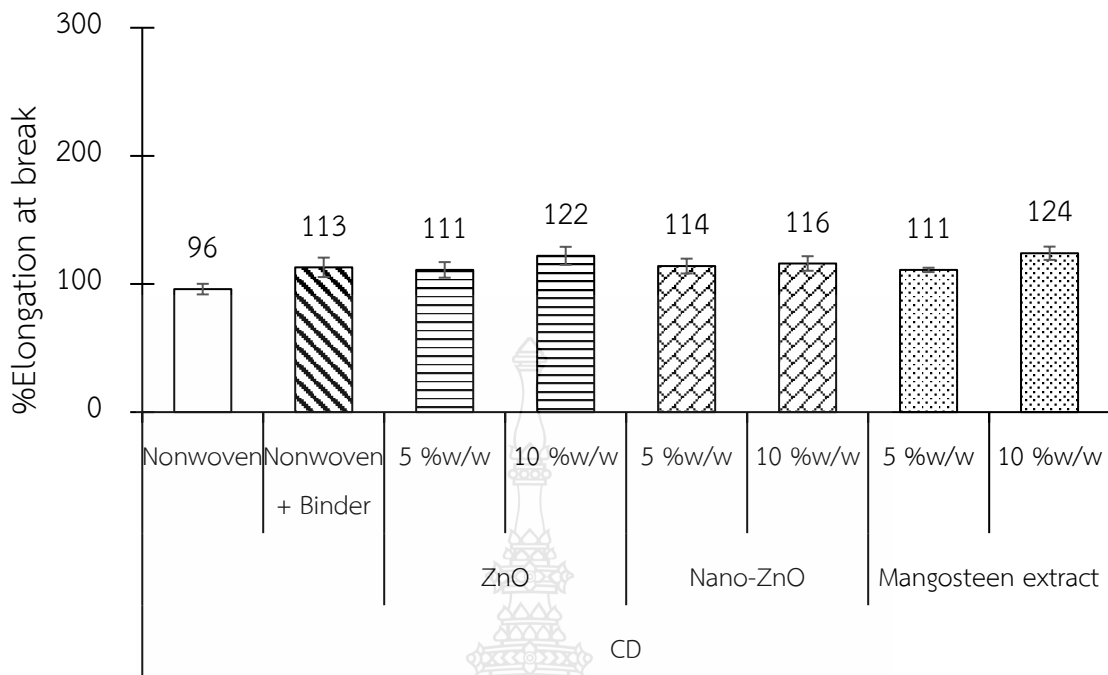
รูปที่ 4.11 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดแนว CD ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด ด้วยเทคนิคการพันกระบวนการที่ 2

ตัวอย่างทดสอบ	MD	CD
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	114 ± 2.9	96 ± 4.1
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	125 ± 7.2	113 ± 7.5
ซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	116 ± 4.5	111 ± 6.0
ซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	108 ± 10.2	122 ± 7.0
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	104 ± 4.5	114 ± 5.7
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	115 ± 3.7	116 ± 5.6
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 %w/w	119 ± 4.6	111 ± 1.7
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w	125 ± 7.5	124 ± 5.1



รูปที่ 4.12 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดแนว MD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนการที่ 2



รูปที่ 4.13 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดแนว CD ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2

จากรูปที่ 4.10 – 4.13 แสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด แนว MD และ CD ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 และ 2 ผลการทดสอบพบว่า การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารช่วยยึดติด และสารเติมแต่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด เพียงเล็กน้อย

การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 และ 2 ด้วยสารยึดติดและสารต้านเชื้อแบคทีเรีย แสดงให้เห็นว่าค่าความทนต่อแรงดึงของเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 และ 2 มีค่าความทนต่อแรงดึงที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอ และการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทั้ง 2 กระบวนการ

#### 4.2.1.2 สมบัติการต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย

##### ตารางที่ 4.8 ผลประเมินการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)

ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกาที่ 1

ตัวอย่างทดสอบ	ขนาดบริเวณ ยับยั้งเฉลี่ย (มม.)	ค่าเฉลี่ยของระยะเขต วงรอบขึ้นทดสอบที่ยับยั้ง แบคทีเรีย (มิลลิเมตร)	การประเมิน
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	0	0	ประสิทธิภาพไม่เพียงพอ
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 %w/w	13.18	-1.9	ประสิทธิภาพไม่เพียงพอ
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w	15.90	-0.6	ประสิทธิภาพจำกัด

##### ตารางที่ 4.9 ผลประเมินการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* (*E. coli*)

ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกาที่ 1

ตัวอย่างทดสอบ	ขนาดบริเวณ ยับยั้งเฉลี่ย (มม.)	ค่าเฉลี่ยของระยะเขต วงรอบขึ้นทดสอบที่ยับยั้ง แบคทีเรีย (มิลลิเมตร)	การประเมิน
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	0	0	ประสิทธิภาพไม่เพียงพอ
ซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	19.57	1.3	ประสิทธิภาพดี
ซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	19.40	1.2	ประสิทธิภาพดี
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	19.28	1.1	ประสิทธิภาพดี
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	17.83	0.4	ประสิทธิภาพดี
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 %w/w	17.72	0.4	ประสิทธิภาพดี
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w	17.48	0.2	ประสิทธิภาพดี

**ตารางที่ 4.10** ผลประเมินการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)  
ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 2

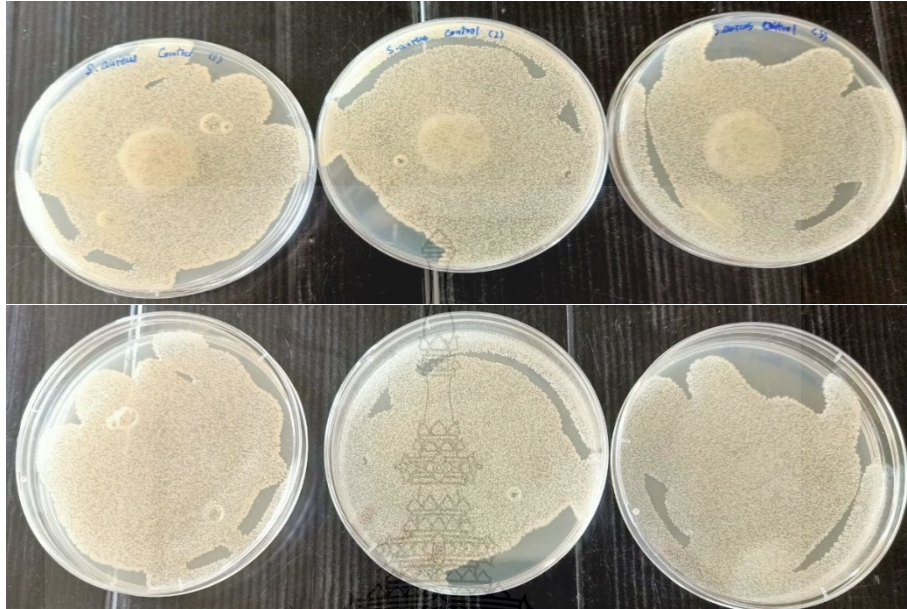
ตัวอย่างทดสอบ	ขนาดบริเวณ ยับยั้งเฉลี่ย (มม.)	ค่าเฉลี่ยของระยะเขต วงรอบชั้นทดสอบที่ยับยั้ง แบคทีเรีย (มิลลิเมตร)	การประเมิน
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	0	0	ประสิทธิภาพไม่เพียงพอ
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 %w/w	14.82	-1.09	ประสิทธิภาพไม่เพียงพอ
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w	15.17	-0.92	ประสิทธิภาพจำกัด

**ตารางที่ 4.11** ผลประเมินการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* (*E. coli*)  
ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 2

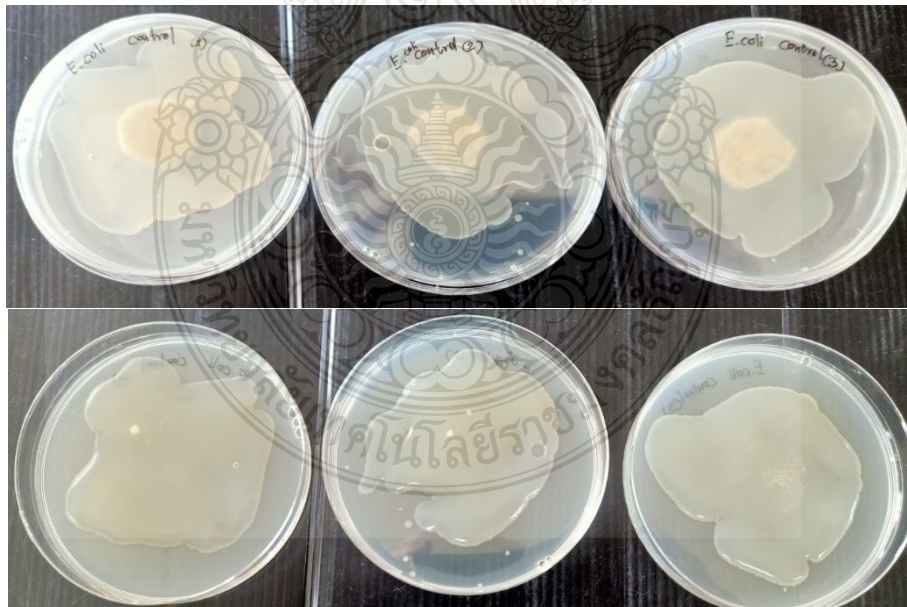
ตัวอย่างทดสอบ	ขนาดบริเวณ ยับยั้งเฉลี่ย (มม.)	ค่าเฉลี่ยของระยะเขต วงรอบชั้นทดสอบที่ยับยั้ง แบคทีเรีย (มิลลิเมตร)	การประเมิน
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	0	0	ประสิทธิภาพไม่เพียงพอ
ซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	15.83	-0.59	ประสิทธิภาพดี
ซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	17.20	0.10	ประสิทธิภาพดี
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	18.18	0.59	ประสิทธิภาพดี
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	22.60	2.80	ประสิทธิภาพดี
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 %w/w	19.08	1.04	ประสิทธิภาพดี
สารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w	18.97	0.99	ประสิทธิภาพดี



การทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย รูปที่ 4.14 – 4.15 แสดงชุดควบคุมการต้านเชื้อแบคทีเรีย

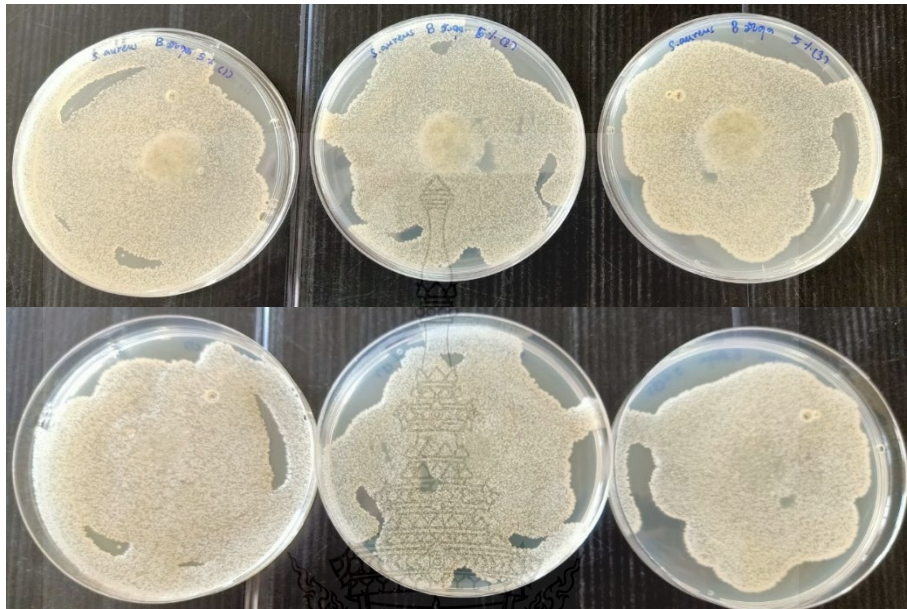


รูปที่ 4.14 ชุดควบคุมการต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus*

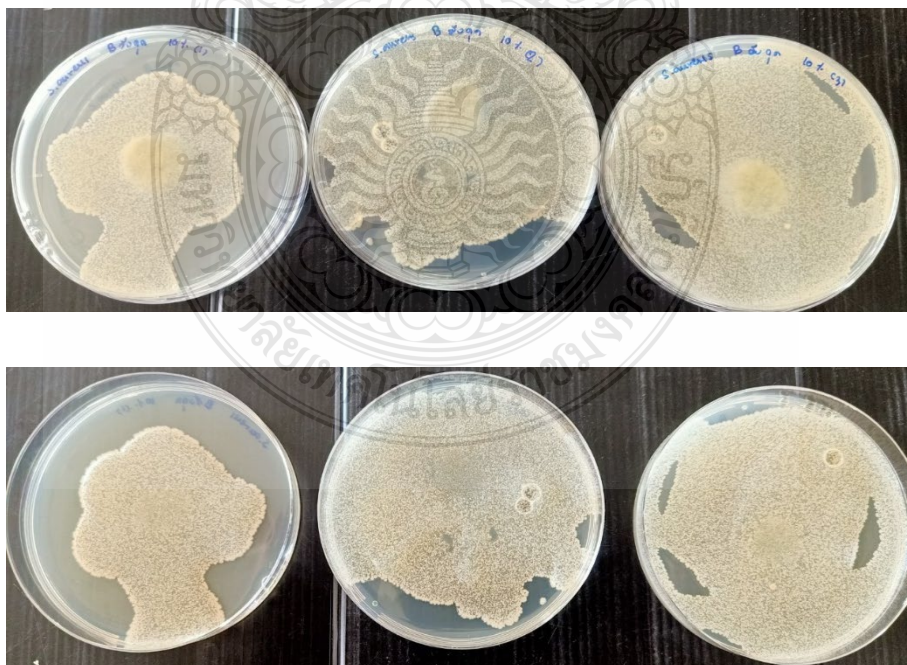


รูปที่ 4.15 ชุดควบคุมการต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli*

การทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย รูปที่ 4.16 - 4.17 แสดงการต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 1



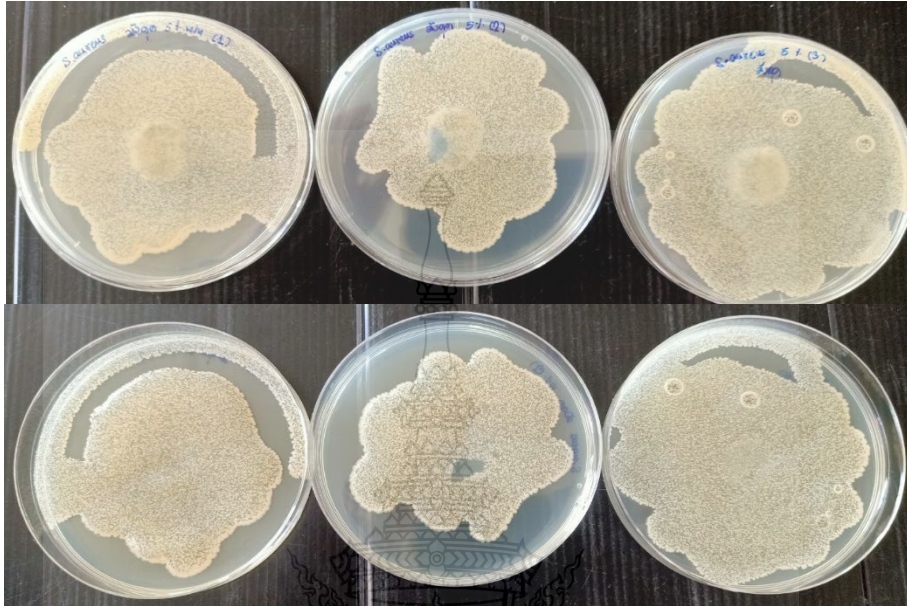
รูปที่ 4.16 การต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 5 %w/w



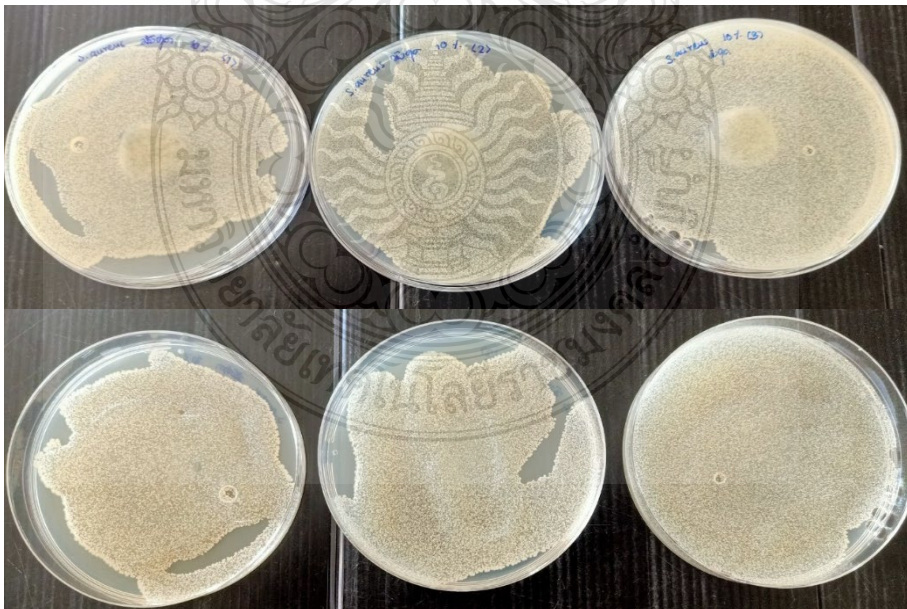
รูปที่ 4.17 การต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 10 %w/w



การทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย รูปที่ 4.18 – 4.19 แสดงการต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 2

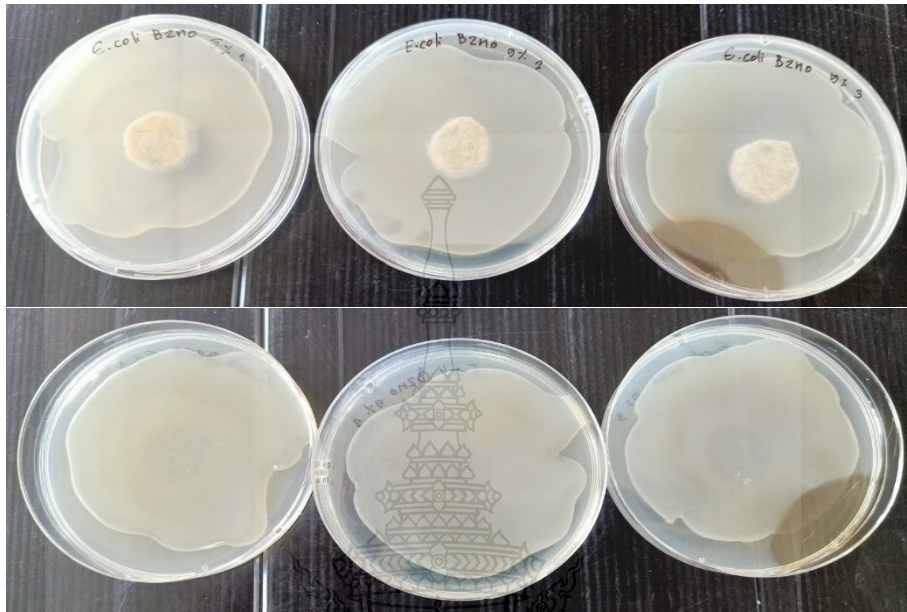


รูปที่ 4.18 การต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 5 %w/w

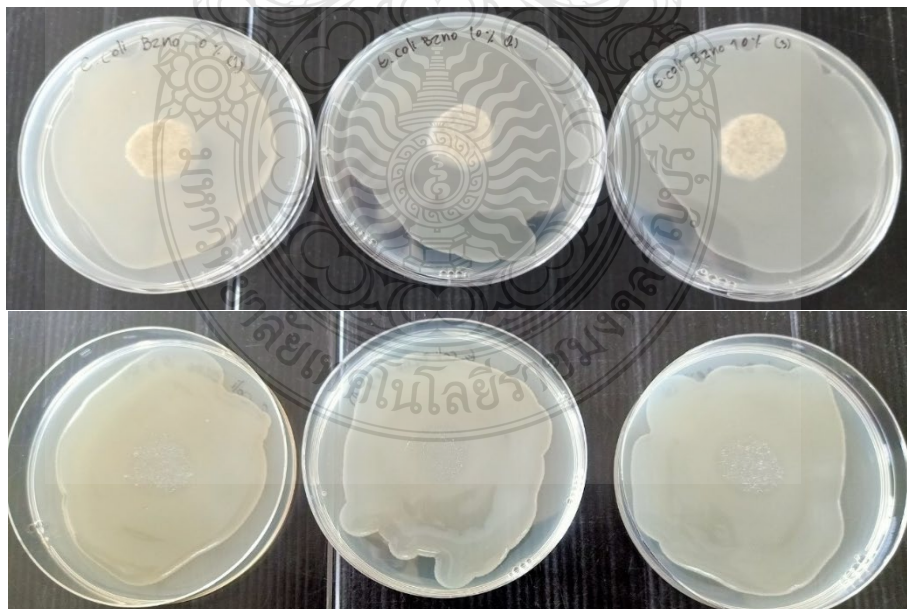


รูปที่ 4.19 การต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 10 %w/w

การทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย รูปที่ 4.20 - 4.25 แสดงการต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 1

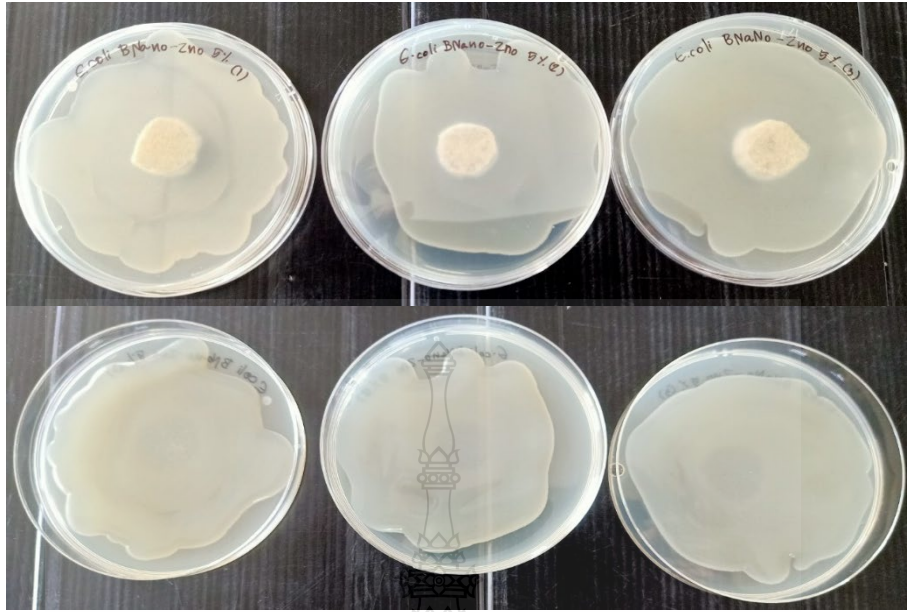


รูปที่ 4.20 การต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 5 %w/w

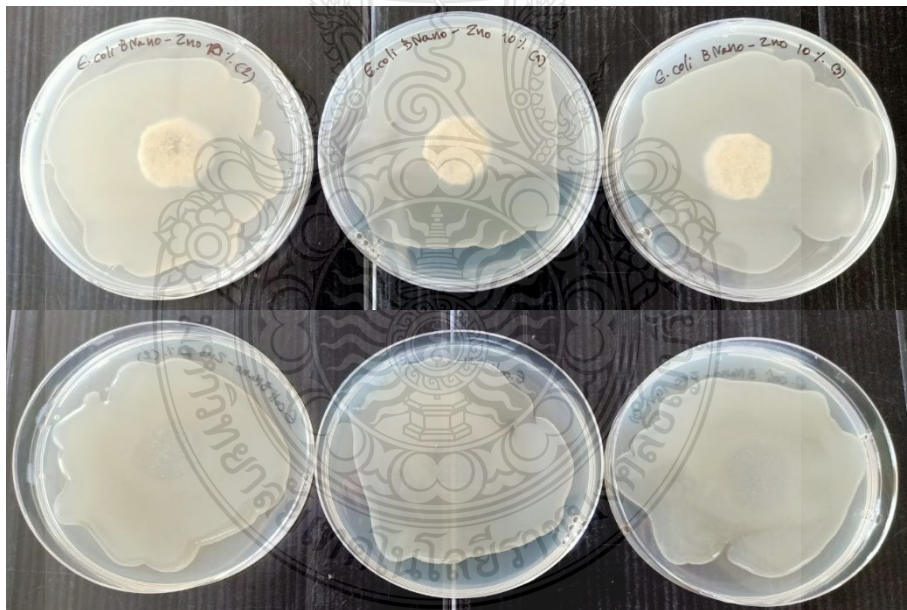


รูปที่ 4.21 การต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 10 %w/w

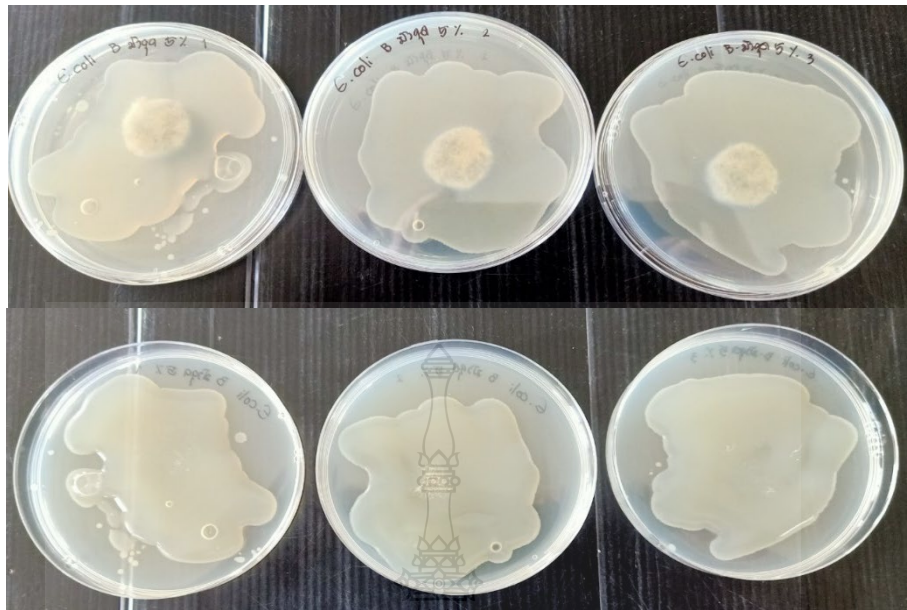




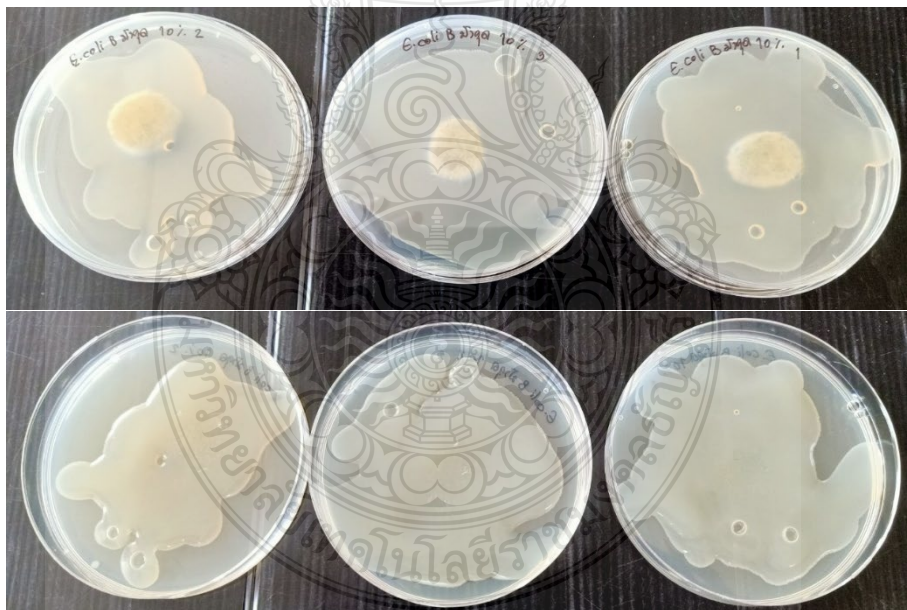
รูปที่ 4.22 การดำนเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 5 %w/w



รูปที่ 4.23 การดำนเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 10 %w/w



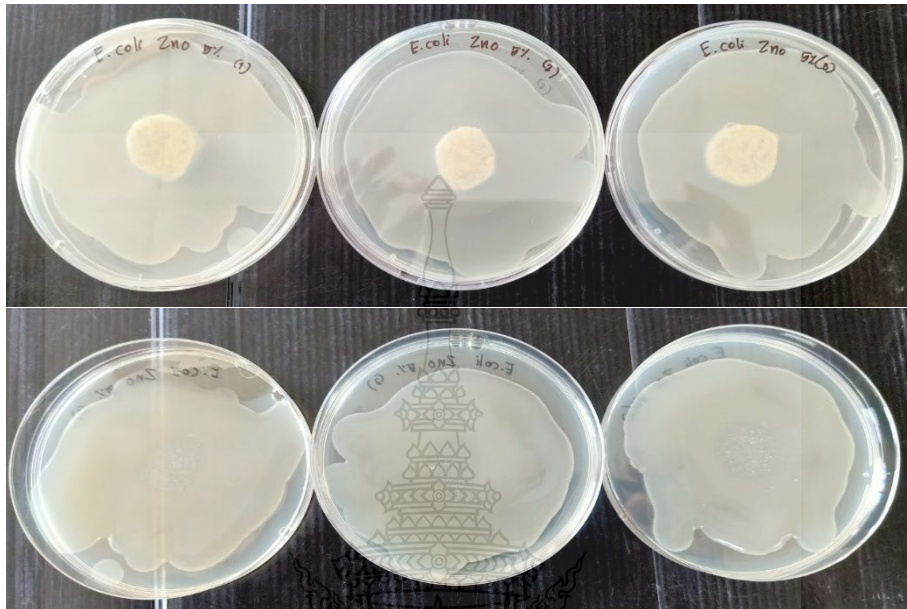
รูปที่ 4.24 การดำนเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 5 %w/w



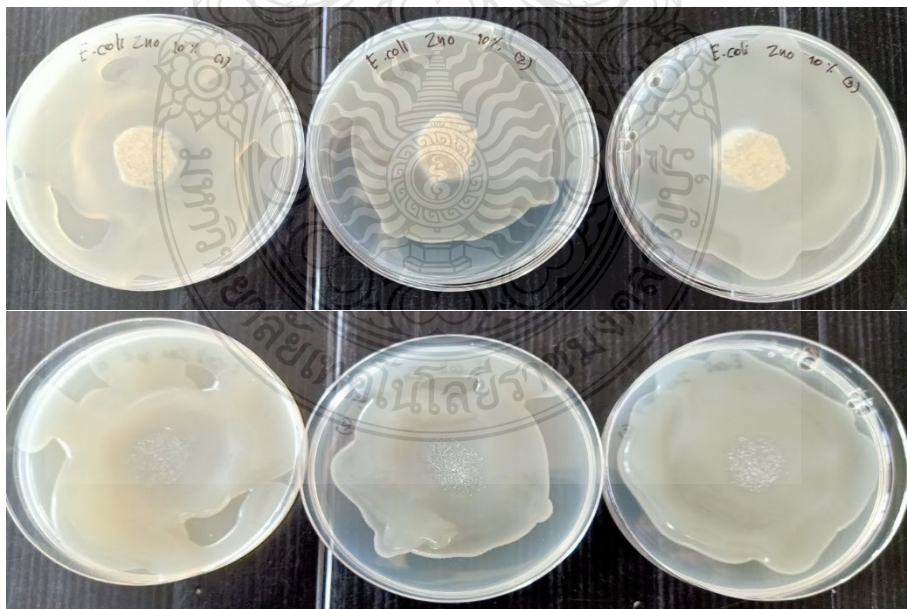
รูปที่ 4.25 การดำนเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 10 %w/w



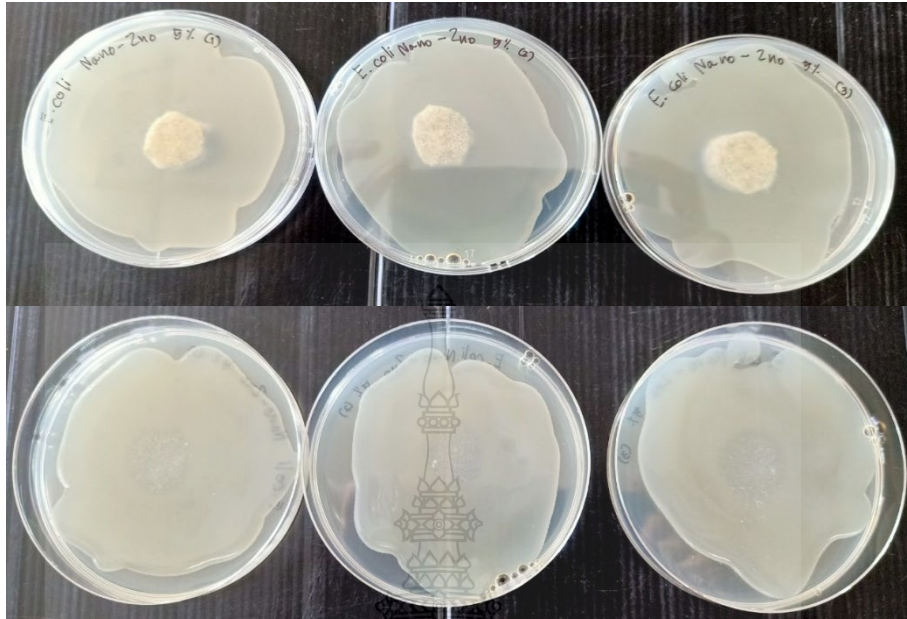
การทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย รูปที่ 4.26 - 4.31 แสดงการต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 2



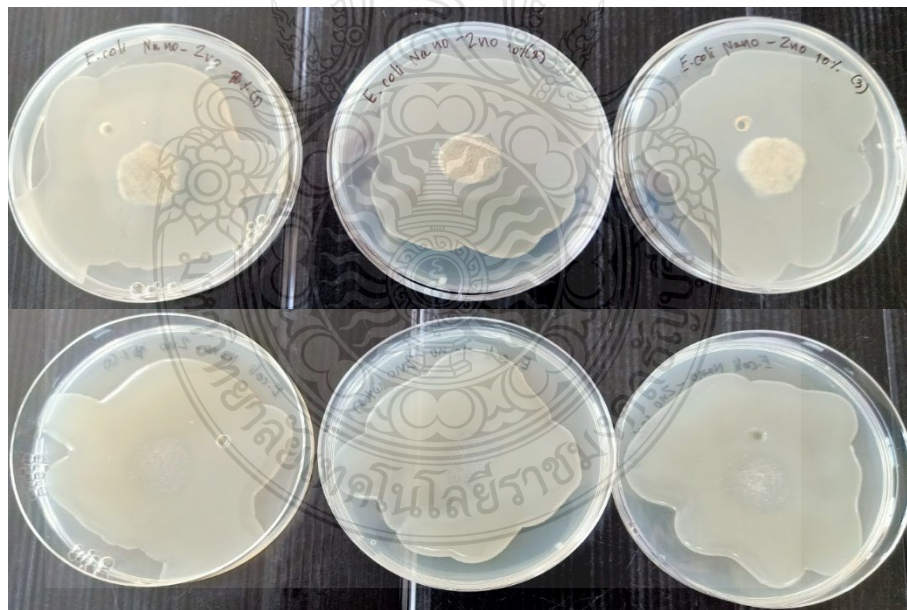
รูปที่ 4.26 การต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 5 %w/w



รูปที่ 4.27 การต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 10 %w/w

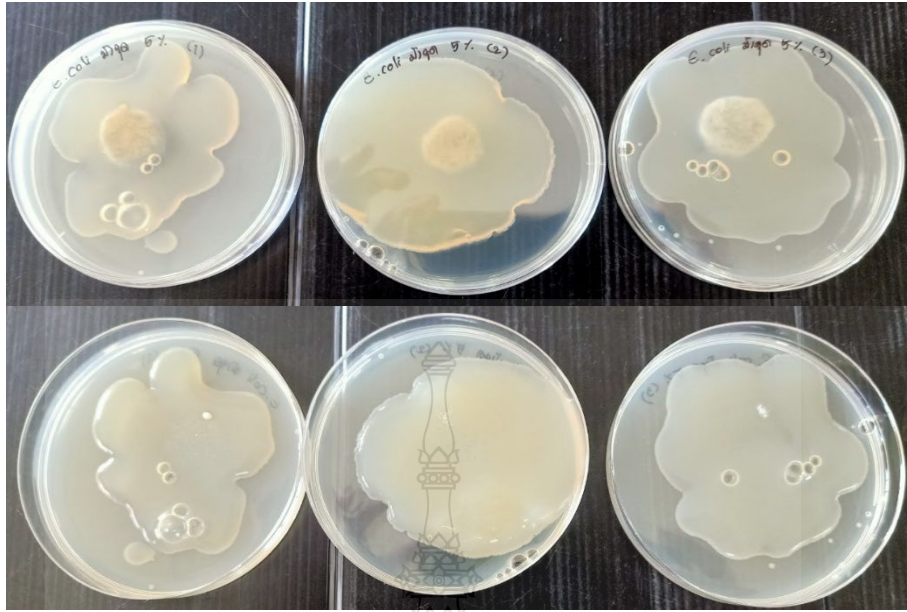


รูปที่ 4.28 การต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 5 %w/w

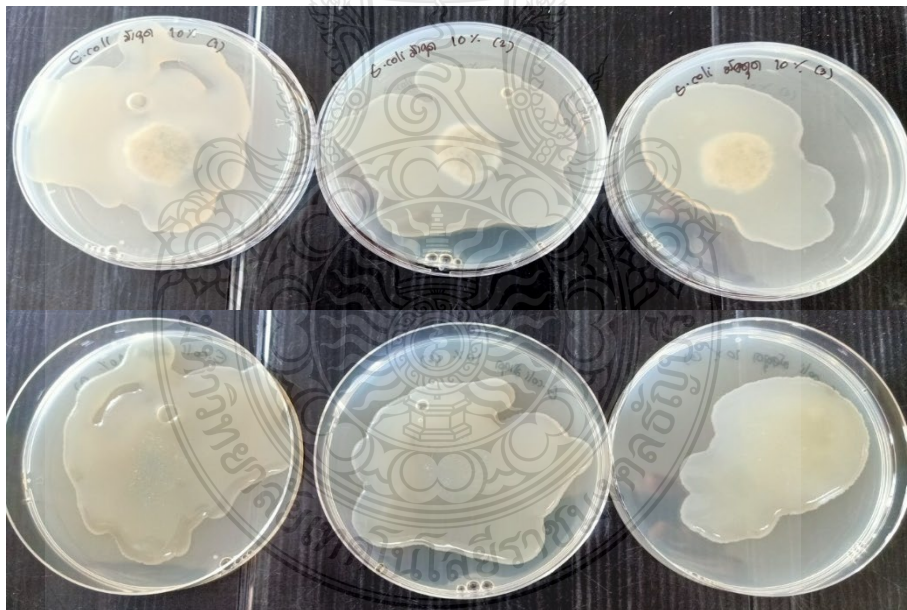


รูปที่ 4.29 การต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 10 %w/w

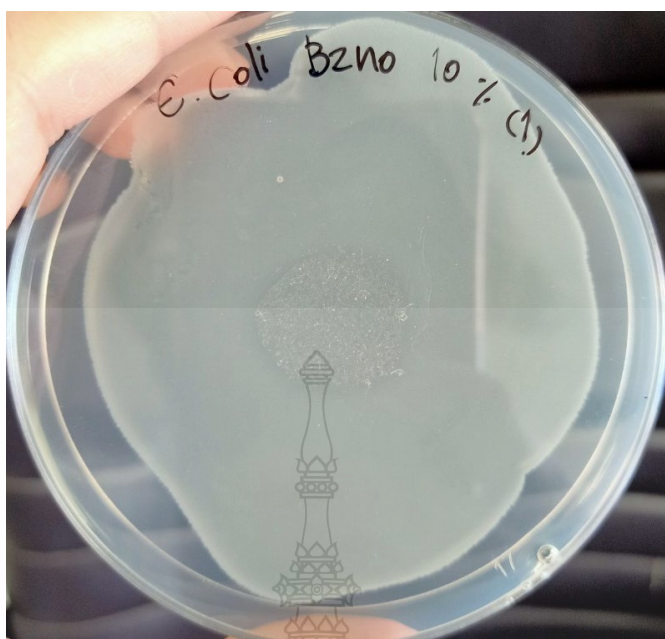




รูปที่ 4.30 การดำเนิเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 5 %w/w

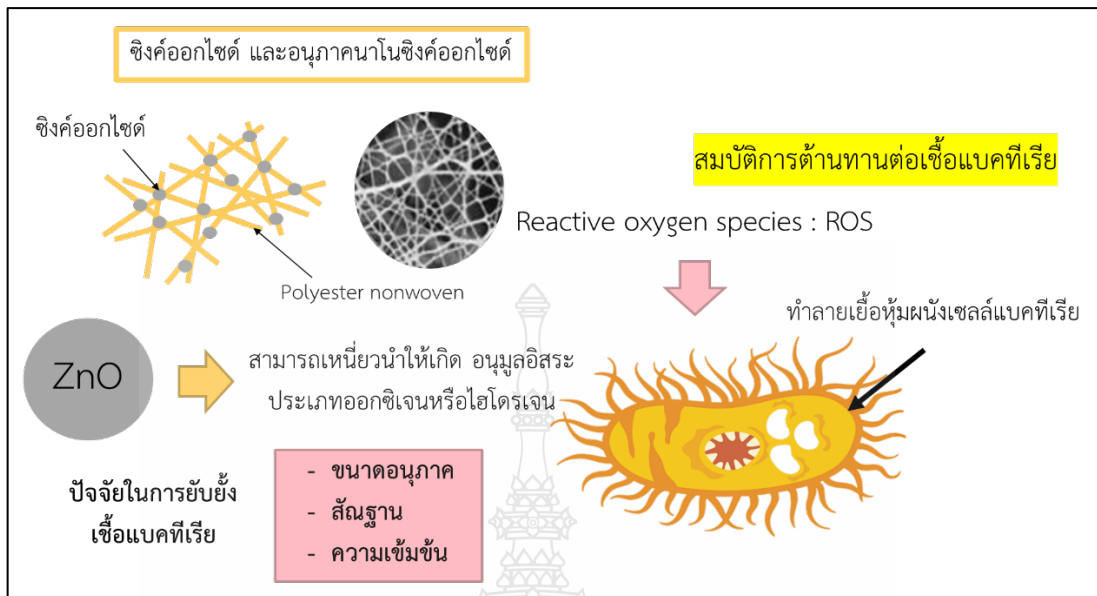


รูปที่ 4.31 การดำเนิเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 10 %w/w



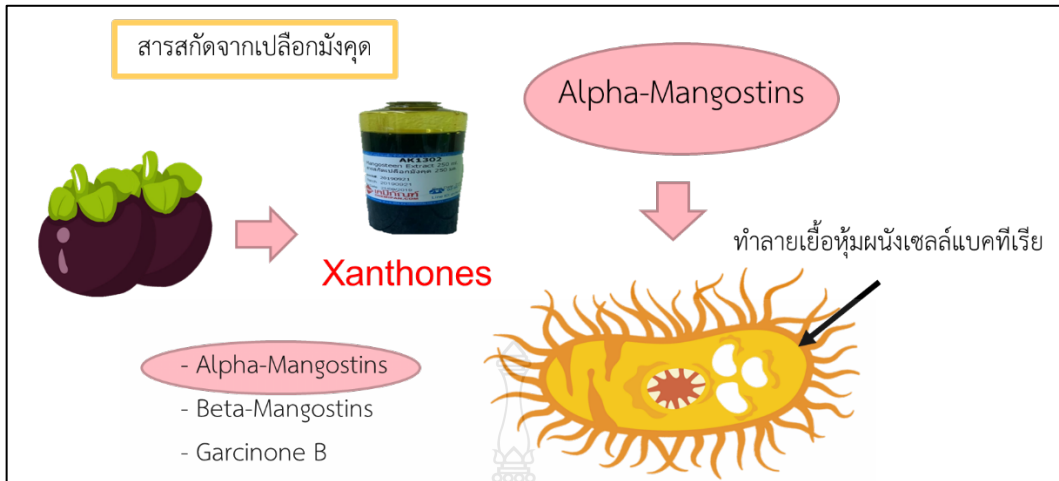
รูปที่ 4.32 ระยะเวลาเขตวงรอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย (inhibition Zone) ของการต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 10 %w/w ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2

จากตารางที่ 4.8 - 4.11 พบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์เพื่อทำหน้าที่ต้านเชื้อแบคทีเรียด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 และ 2 สามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ได้โดยซิงค์ออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ และสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ปริมาณ 5 และ 10 %w/w ไม่มีการเติบโตของแบคทีเรีย ผลการประเมินคือประสิทธิภาพดี โดยวัดระยะเวลาเขตวงรอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย (inhibition Zone) ของการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ดังรูป 4.20 – 4.32 สารสกัดจากเปลือกมังคุด 5 %w/w ขนาดบริเวณยับยั้งเฉลี่ย 13.18 มม. และค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเขตวงรอบขึ้นทดสอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย -1.9 มม. มีการเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่บริเวณเขตวงรอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย ผลการประเมินคือประสิทธิภาพไม่เพียงพอ และสารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w ขนาดบริเวณยับยั้งเฉลี่ย 15.90 มม. สามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้ แต่ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเขตวงรอบขึ้นทดสอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย -0.6 มม. ทำให้เกิดโคโลนีเล็กน้อยที่บริเวณเขตวงรอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย ผลการประเมินที่คือ ประสิทธิภาพจำกัด โดยวัดระยะเวลาเขตวงรอบที่ยับยั้งแบคทีเรีย (inhibition Zone) ของการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ดังรูป 4.16 - 4.19 ซึ่งกลไกการต้านเชื้อแบคทีเรียของซิงค์ออกไซด์และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ดังรูป 4.33 และสารสกัดจากเปลือกมังคุดดังรูป 4.34 แสดงผลการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli*



รูปที่ 4.33 กลไกการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของชิ่งค์ออกไซด์ และอนุภาคนาโนชิ่งค์ออกไซด์

โดยชิ่งค์ออกไซด์ และอนุภาคนาโนชิ่งค์ออกไซด์สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระประเภทออกซิเจนหรือไฮโดรเจน (Reactive oxygen species หรือ ROS) ซึ่งอนุมูลอิสระนี้จะเข้าทำลายเยื่อหุ้มผนังเซลล์แบคทีเรียและหยุดการเจริญเติบโตของเซลล์ โดยปัจจัยในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียจะขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาค สัณฐานและความเข้มข้น [36] ดังรูป 4.33 และมีงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์จากสารสกัดจากเปลือกมังคุดพบแทนนิน (Tannin) และแซนโทน (Xanthones) ในปริมาณสูง โดย Alpha-Mangostins ที่พบในแซนโทน เป็นสารสำคัญที่ออกฤทธิ์แรงที่สุดในการต้านเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งจะทำลายเยื่อหุ้มผนังเซลล์ของแบคทีเรีย [37] ดังรูป 4.34



รูปที่ 4.34 กลไกการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุด

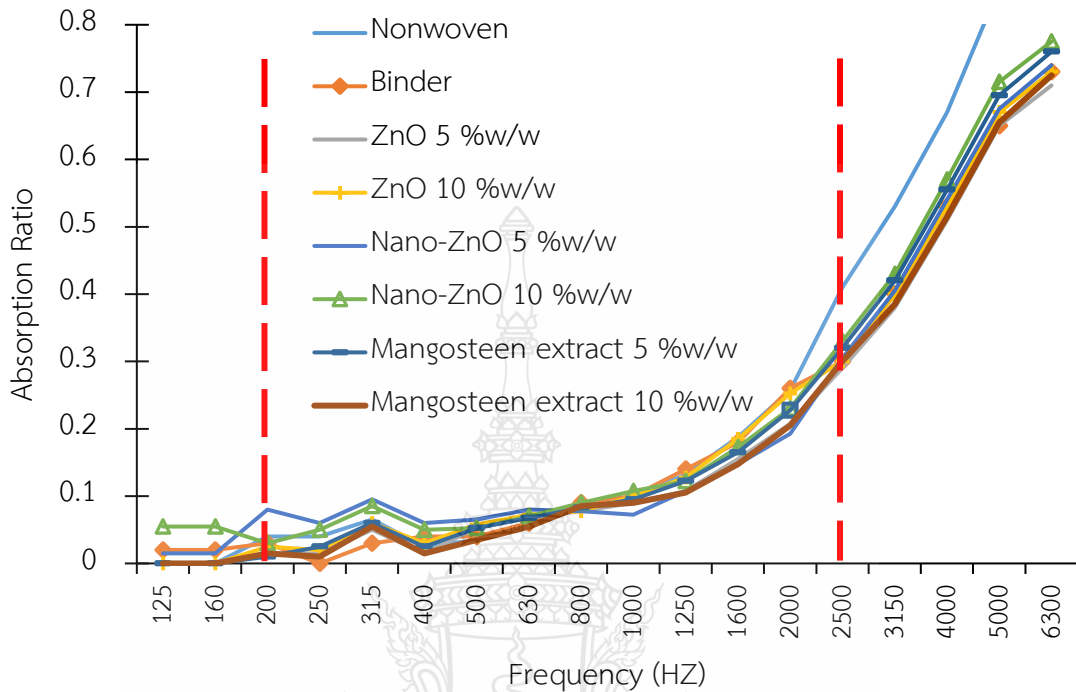
การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยเทคนิคการพันกระบวนการที่ 1 และ 2 ด้วยสารต้านเชื้อแบคทีเรีย พบว่าการต้านเชื้อแบคทีเรียที่ใช้เทคนิคการพันกระบวนการที่ 2 มีการต้านเชื้อแบคทีเรียได้มีประสิทธิภาพมากกว่ากระบวนการที่ 1 เพราะเทคนิคการพันด้วยสารต้านเชื้อแบคทีเรียก่อนสารช่วยยึดติด ส่งผลทำให้สารช่วยยึดติดเคลือบสารต้านทานเชื้อแบคทีเรียทำให้ไม่สามารถแสดงประสิทธิภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียได้ดีมากนัก แต่การพันเคลือบด้วยกระบวนการที่ 2 สารที่พันเคลือบจะยึดติดกับผ้าไม่ถักไม่ทอ มีการหลุดร่อน ดังรูป 4.35



รูปที่ 4.35 กระบวนการที่ 1 เทคนิคการพันด้วยสารต้านเชื้อแบคทีเรียก่อนสารช่วยยึดติด



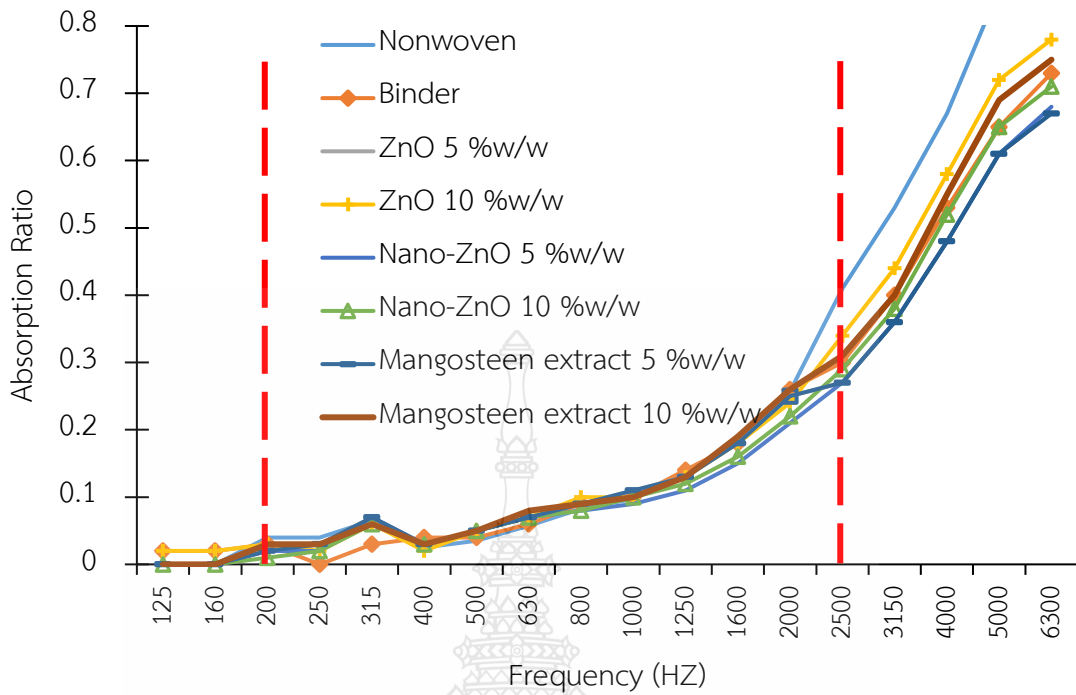
#### 4.2.1.3 สมบัติการดูดซับเสียง



รูปที่ 4.36 แสดงค่าการดูดซับเสียง ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1

จากรูปที่ 4.36 และ 4.37 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียง (Sound absorption) ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 และ 2 พบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยซิงค์ออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ และสารสกัดจากเปลือกมังคุดเพื่อทำหน้าที่การต้านเชื้อแบคทีเรีย ไม่กระทบสมบัติการดูดซับเสียงในย่านความถี่ระหว่าง 125-2000 Hz แต่เมื่อความถี่สูงเกิน 2000 Hz มีค่าการดูดซับเสียงที่ลดลง จากตารางที่ 4.12 และ 4.13 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียงจะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบค่า NRC และ SAA ของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ พบว่าผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ตกแต่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยสรุปแล้วการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ไม่มีผลกระทบต่อสมบัติการดูดซับเสียงเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง โดยดูจากค่า NRC

\*\* หมายเหตุ Noise Reduction Coefficient (NRC) ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงรบกวนจะถูกคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงความถี่ 250, 500, 1000, และ 2000 Hz และ Sound Absorption Average (SAA) ค่าเฉลี่ยการดูดซับเสียงจะถูกคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงความถี่ 200-2500 Hz



รูปที่ 4.37 แสดงค่าการดูดซับเสียง ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2

การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 และ 2 ด้วยสารต้านเชื้อแบคทีเรีย แสดงให้เห็นว่าไม่มีผลกระทบต่อสมบัติการดูดซับเสียงของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์โดยดูจากค่า NRC ดังตารางที่ 4.12 – 4.13 ถึงแม้จะมีการตกแต่งผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพในด้านอื่นมากขึ้น แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานหลักของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ในเรื่องของสมบัติการดูดซับเสียง

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียงด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 1

ความถี่ (Hz)	การดูดซับเสียง							
	ผ้าไม่ถักเนื้อ พอลิเอสเตอร์	สารช่วยยึดติด 4 %w/w	ซิงค์ออกไซด์		อนุภาคนาโนซิงค์ ออกไซด์		สารสกัดจาก เปลือกมังคุด	
			5	10	5	10	5	10
			%w/w	%w/w	%w/w	%w/w	%w/w	%w/w
125	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.06	0.00	0.00
160	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.06	0.00	0.00
200	0.04	0.03	0.02	0.03	0.08	0.03	0.01	0.02
250	0.04	0.00	0.02	0.02	0.06	0.05	0.03	0.01
315	0.07	0.03	0.05	0.06	0.10	0.09	0.06	0.06
400	0.03	0.04	0.02	0.03	0.06	0.05	0.03	0.02
500	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.05	0.05	0.04
630	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06
800	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09
1000	0.10	0.10	0.09	0.10	0.07	0.11	0.10	0.09
1250	0.13	0.14	0.11	0.13	0.11	0.12	0.12	0.11
1600	0.19	0.18	0.16	0.19	0.15	0.17	0.17	0.15
2000	0.26	0.26	0.21	0.25	0.19	0.23	0.23	0.21
2500	0.41	0.30	0.29	0.30	0.31	0.33	0.32	0.30
3150	0.53	0.40	0.38	0.40	0.41	0.43	0.42	0.39
4000	0.67	0.53	0.51	0.53	0.54	0.57	0.56	0.52
5000	0.86	0.65	0.65	0.67	0.68	0.72	0.70	0.66
6300	0.92	0.73	0.71	0.73	0.74	0.78	0.76	0.73
NRC	0.11	0.10	0.09	0.11	0.10	0.11	0.10	0.09
SAA	0.12	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.10	0.09

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียงด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 2

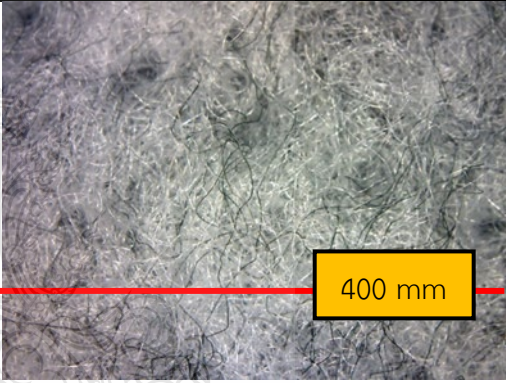
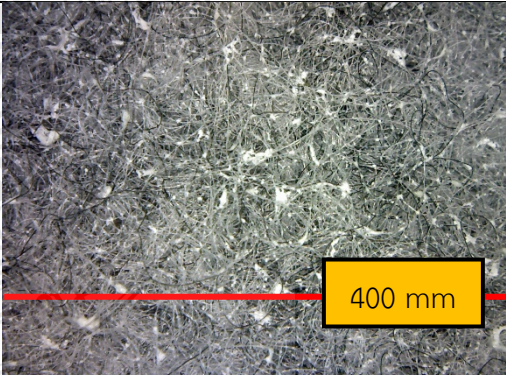
ความถี่ (Hz)	การดูดซับเสียง							
	ผ้าไม่ถักไม่ทอ พอลิเอสเตอร์	สารช่วยยึดติด 4 %w/w	ซิงค์ออกไซด์		อนุภาคนาโนซิงค์ ออกไซด์		สารสกัดจาก เปลือกมังคุด	
			5	10	5	10	5	10
			%w/w	%w/w	%w/w	%w/w	%w/w	%w/w
125	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
160	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03
250	0.04	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
315	0.07	0.03	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06
400	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
500	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
630	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08
800	0.08	0.09	0.09	0.10	0.08	0.08	0.09	0.09
1000	0.10	0.10	0.11	0.10	0.09	0.10	0.11	0.10
1250	0.13	0.14	0.13	0.13	0.11	0.12	0.13	0.13
1600	0.19	0.18	0.18	0.18	0.15	0.16	0.18	0.19
2000	0.26	0.26	0.25	0.24	0.21	0.22	0.25	0.26
2500	0.41	0.30	0.27	0.34	0.27	0.29	0.27	0.31
3150	0.53	0.40	0.36	0.44	0.36	0.38	0.36	0.40
4000	0.67	0.53	0.48	0.58	0.48	0.52	0.48	0.55
5000	0.86	0.65	0.61	0.72	0.61	0.65	0.61	0.69
6300	0.92	0.73	0.67	0.78	0.68	0.71	0.67	0.75
NRC	0.11	0.10	0.11	0.10	0.09	0.10	0.11	0.11
SAA	0.12	0.10	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11



#### 4.2.1.4 ศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล

การศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล ใช้ระยะความสูงของกล้องห่างจากชิ้นงาน 2.5 เซนติเมตร กำลังขยาย 4 เท่า จากผลการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของผ้าไม้สักไม่ทอพอลิเอสเตอร์พบว่า การตกแต่งผ้าไม้สักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยด้วยซิงค์ออกไซด์ และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ มีลักษณะการกระจายตัวแบบเกาะกลุ่มกัน มีสีขาว และการตกแต่งผ้าไม้สักไม่ทอด้วยสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีลักษณะเคลือบบนผิวเส้นใยของผ้าไม้สักไม่ทอ ดังตารางที่ 4.14

**ตารางที่ 4.14** แสดงผลการทดสอบสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล กำลังขยาย 4 เท่า ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 ของสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย

ตัวอย่างทดสอบ	ลักษณะการยึดเกาะ
ผ้าไม้สักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	
ซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล กำลังขยาย 4 เท่า ด้วยเทคนิคการฟั่นกระบวนการที่ 1 ของสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย (ต่อ)

ตัวอย่างทดสอบ	ลักษณะการยึดเกาะ
10 %w/w	400 mm
5 %w/w	400 mm
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์	400 mm
10 %w/w	400 mm
สารสกัดจากเปลือกมังคุด	400 mm
5 %w/w	400 mm

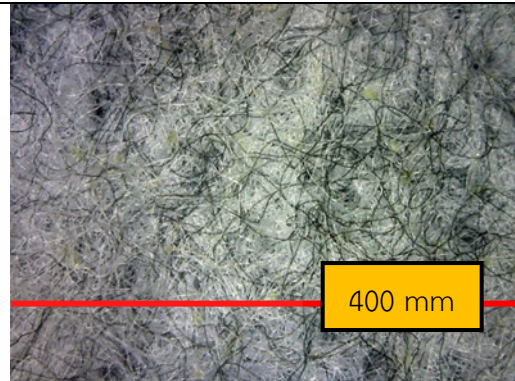
ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบสันฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล กำลังขยาย 4 เท่า ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 1 ของสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย (ต่อ)

ตัวอย่างทดสอบ

ลักษณะการยึดเกาะ

สารสกัดจากเปลือกมังคุด

10 %w/w



#### 4.2.2 พัฒนสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการต้านทานรังสียูวี

การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการฟ่นให้มีสมบัติการต้านทานรังสียูวี โดยใช้สารเติมแต่งซิงค์ออกไซด์ และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 5 และ 10 %w/w ทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของชิ้นงานหลังการฟ่น อันได้แก่ การต้านทานรังสียูวี

##### 4.2.2.1 สมบัติการต้านทานรังสียูวี

ตารางที่ 4.15 ผลประเมินการต้านทานรังสียูวี เทคนิคการฟ่นกระบวนการที่ 1

ตัวอย่างทดสอบ	สีที่เปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	
	UVB-313	UVA-340
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	4-5	4-5
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	4-5	4-5
ซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	4-5	4-5
ซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	4-5	4-5
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	4-5	4-5
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	4-5	4-5

ตารางที่ 4.16 ผลประเมินการต้านทานรังสียูวี เทคนิคการฟ่นกระบวนการที่ 2

ตัวอย่างทดสอบ	สีที่เปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	
	UVB-313	UVA-340
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	4-5	4-5
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	4-5	4-5
ซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	4-5	4-5
ซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	4-5	4-5
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5 %w/w	4-5	4-5
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w	4-5	4-5

จากตารางที่ 4.15 และ 4.16 ผลการทดสอบการต้านทานรังสียูวี ด้วยเทคนิคการฟ่นกระบวนการที่ 1 และ 2 ของการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์เพื่อสมบัติการต้านทานรังสียูวี โดยทำการทดสอบด้วยรังสี UVA และ UVB เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ผลที่ได้คือสีของผ้ามีการเปลี่ยนแปลง



เล็กน้อยทั้ง 2 กระบวนการ ซึ่งแสดงถึงการมีประสิทธิภาพในการต้านทานรังสียูวีเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านการตกแต่ง

#### 4.2.3 พัฒนสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการทอหวงไฟ

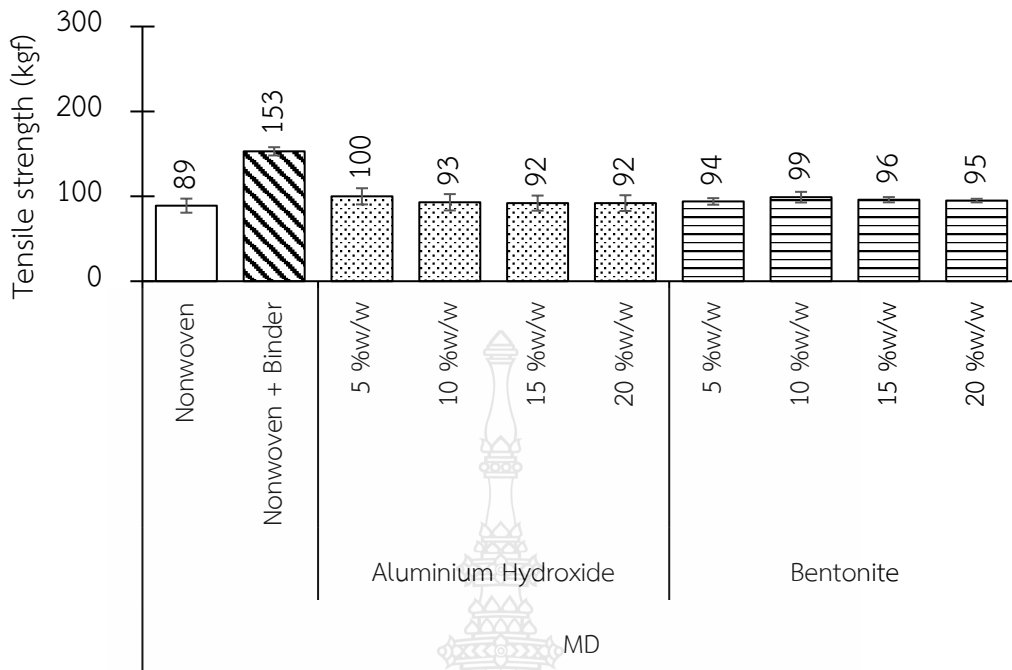
การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการทอให้มีสมบัติการทอหวงไฟ โดยใช้สารเติมแต่งอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ และเบนโทโนท์ ที่ปริมาณ 5 10 15 และ 20 %w/w ทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของชิ้นงานหลังการทอ อันได้แก่ ความทนต่อแรงดึง การทอหวงไฟ การดูดซับเสียง ศึกษาสัญญาณวิทยุด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล

##### 4.2.3.1 สมบัติความทนต่อแรงดึง

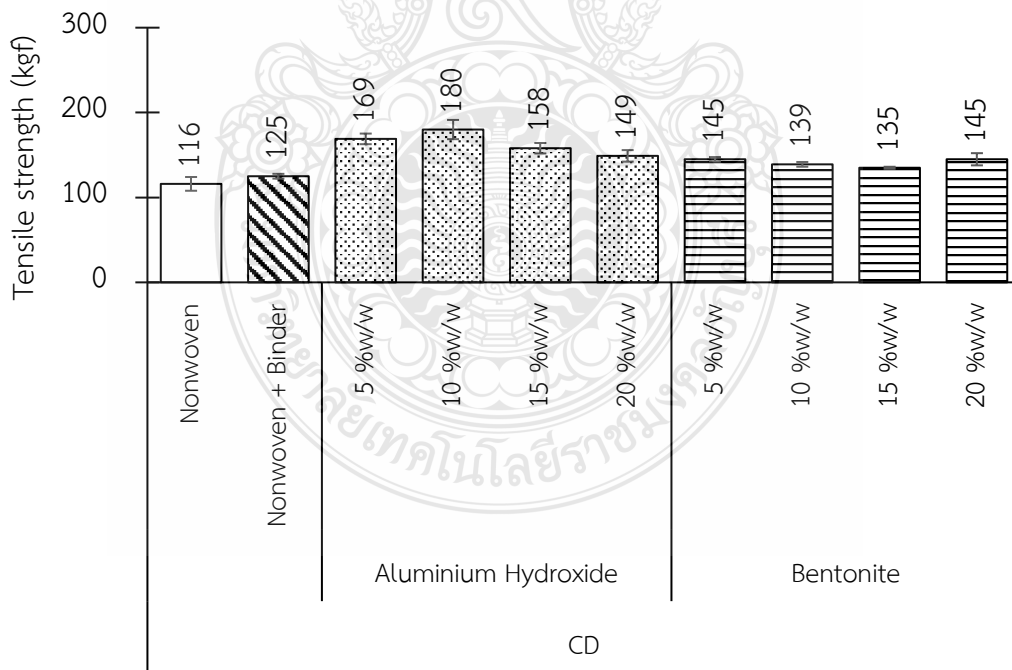
การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ทำการทดสอบสมบัติความทนต่อแรงดึง 2 ประการ คือ ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) และการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด (%Elongation at break)

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงด้วยเทคนิคการทอกระบวนการที่ 1

ตัวอย่างทดสอบ	MD	CD
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	89 ± 8.2	116 ± 8.1
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	153 ± 4.8	125 ± 2.8
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 5 %w/w	100 ± 9.5	169 ± 6.2
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 10 %w/w	93 ± 9.6	180 ± 11.3
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 15 %w/w	92 ± 8.9	158 ± 6.1
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 20 %w/w	92 ± 9.3	149 ± 6.7
เบนโทโนท์ 5 %w/w	94 ± 3.8	145 ± 2.5
เบนโทโนท์ 10 %w/w	99 ± 6.2	139 ± 2.8
เบนโทโนท์ 15 %w/w	96 ± 3.1	135 ± 1.1
เบนโทโนท์ 20 %w/w	95 ± 2.1	145 ± 7.1



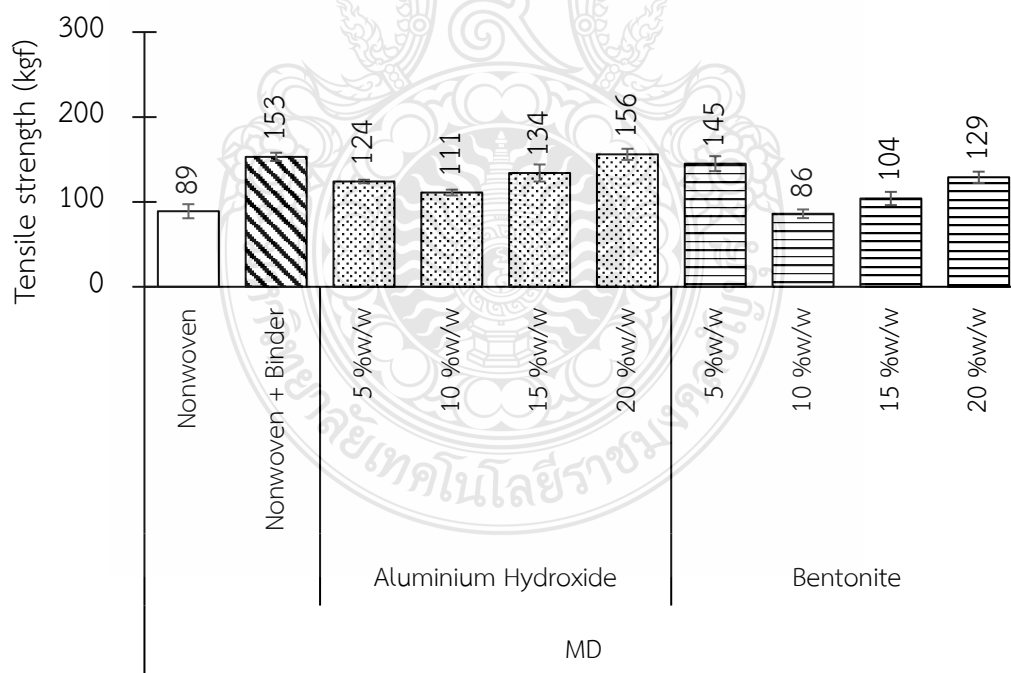
รูปที่ 4.38 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว MD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1



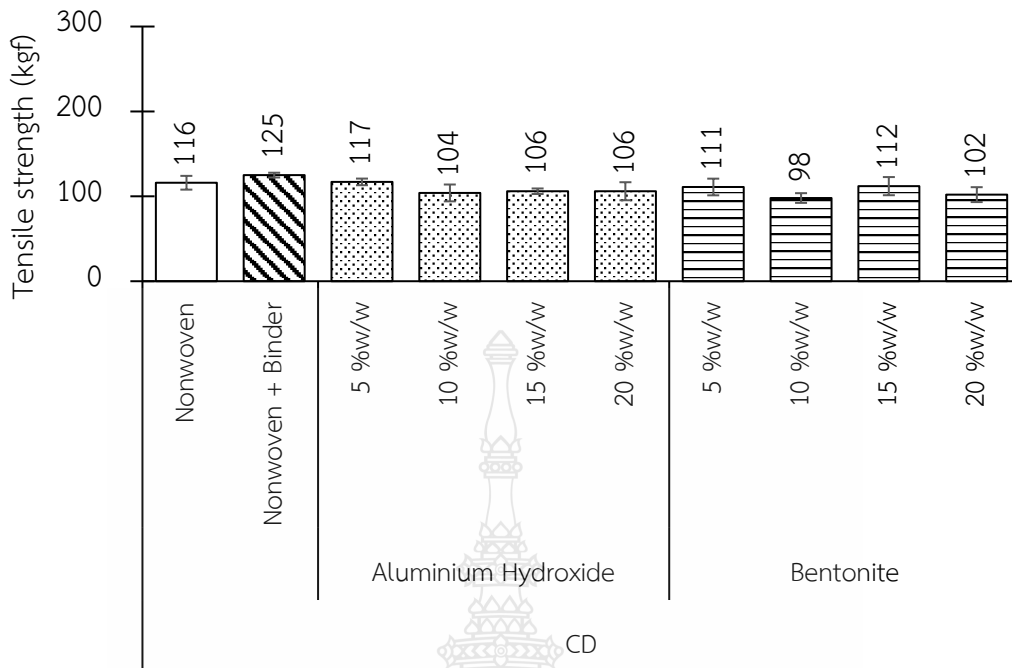
รูปที่ 4.39 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว CD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงด้วยเทคนิคการพันกระบวนการที่ 2

ตัวอย่างทดสอบ	MD	CD
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	89 ± 8.2	116 ± 8.1
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	153 ± 4.8	125 ± 2.8
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 5 %w/w	124 ± 2.0	117 ± 3.9
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 10 %w/w	111 ± 3.4	104 ± 9.9
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 15 %w/w	134 ± 10.0	106 ± 3.2
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 20 %w/w	156 ± 6.5	106 ± 10.6
เบนโทไนท์ 5 %w/w	145 ± 8.8	111 ± 9.8
เบนโทไนท์ 10 %w/w	86 ± 5.1	98 ± 5.7
เบนโทไนท์ 15 %w/w	104 ± 7.7	112 ± 10.6
เบนโทไนท์ 20 %w/w	129 ± 6.6	102 ± 8.7



รูปที่ 4.40 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว MD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนการที่ 2



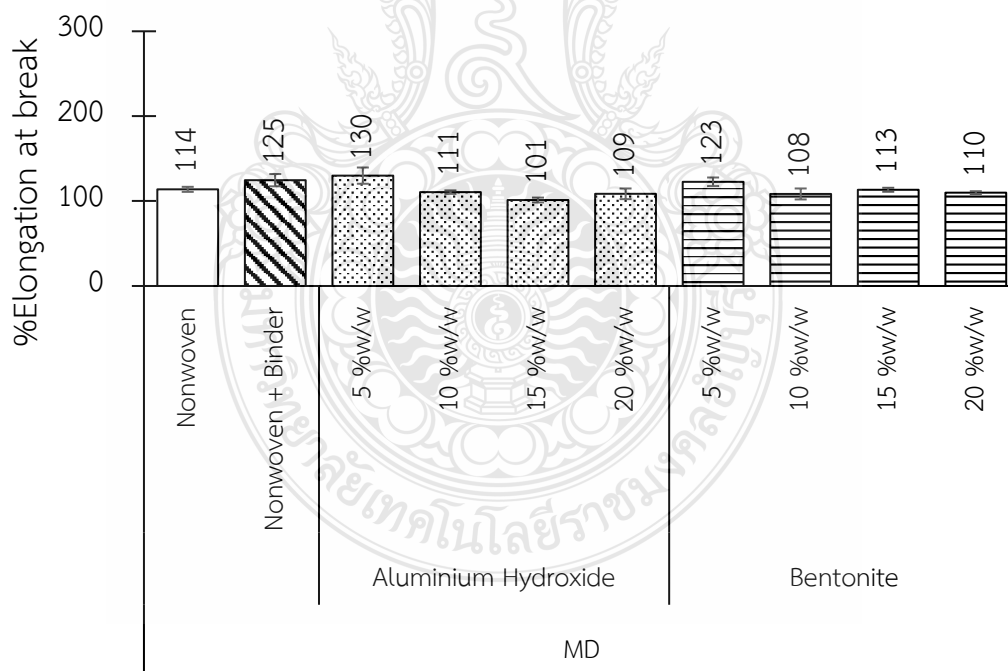
รูปที่ 4.41 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงแนว CD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนการที่ 2

จากรูปที่ 4.38 - 4.41 แสดงผลการทดสอบความทนต่อแรงดึงแนว MD และ CD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนการที่ 1 และ 2 พบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารช่วยยึดติด 4 %w/w มีค่าความทนต่อแรงดึงสูงขึ้น เนื่องจากสารช่วยยึดติดเคลือบผิวเส้นใยบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์คล้ายฟิล์มเคลือบ มีผลทำให้ผ้ามีลักษณะเหนียวขึ้น การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารเติมแต่งเพื่อสมบัติการหน่วงไฟ มีค่าความทนต่อแรงดึงสูงขึ้นแต่มิฉะนั้นน้อยกว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารช่วยยึดติดเพราะการพันสารเติมแต่งที่เป็นของแข็ง มีผลทำให้ความต่อเนื่องของฟิล์มที่เคลือบบนเส้นใยผ้าไม่ถักไม่ทอเกิดความไม่ต่อเนื่องกัน ทำให้ประสิทธิภาพของสารช่วยยึดติดที่มีต่อเส้นใยลดลง

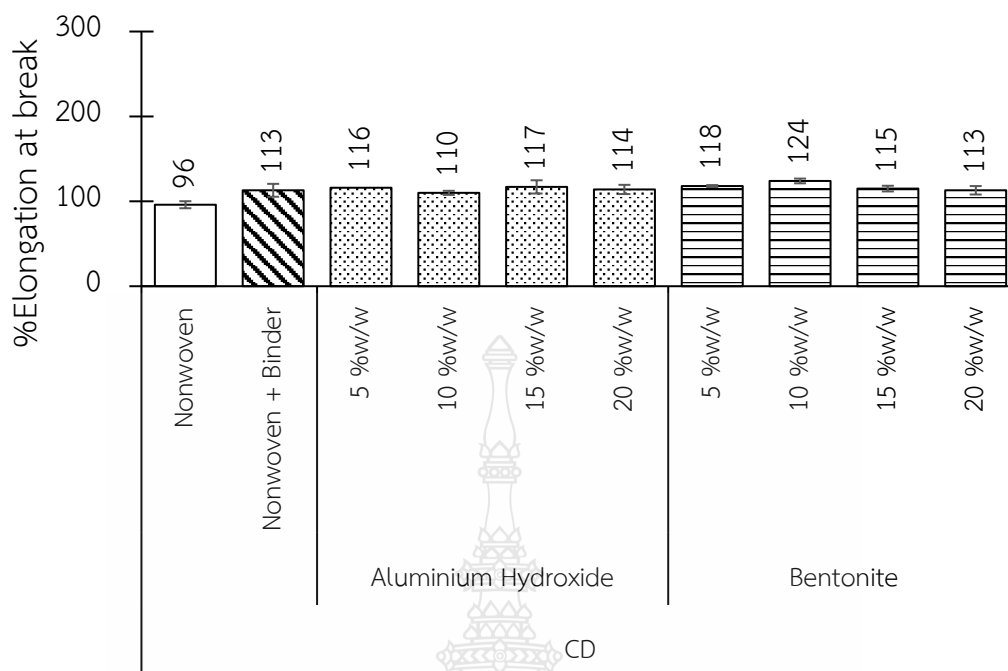


ตารางที่ 4.19 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1

ตัวอย่างทดสอบ	MD	CD
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	114 ± 2.9	96 ± 4.1
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	125 ± 7.2	113 ± 7.5
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 5 %w/w	130 ± 9.5	116 ± 0.0
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 10 %w/w	111 ± 2.0	110 ± 2.4
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 15 %w/w	101 ± 2.8	117 ± 7.7
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 20 %w/w	109 ± 6.2	114 ± 5.4
เบนโทไนท์ 5 %w/w	123 ± 5.0	118 ± 1.1
เบนโทไนท์ 10 %w/w	108 ± 6.4	124 ± 2.7
เบนโทไนท์ 15 %w/w	113 ± 2.3	115 ± 3.3
เบนโทไนท์ 20 %w/w	110 ± 1.6	113 ± 4.9



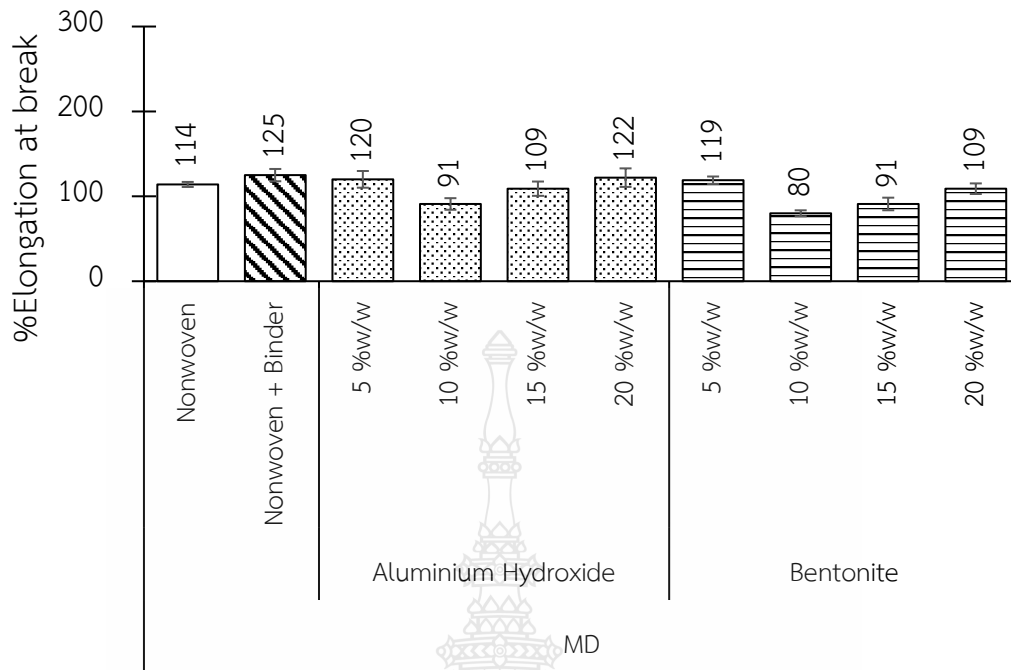
รูปที่ 4.42 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดแนว MD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1



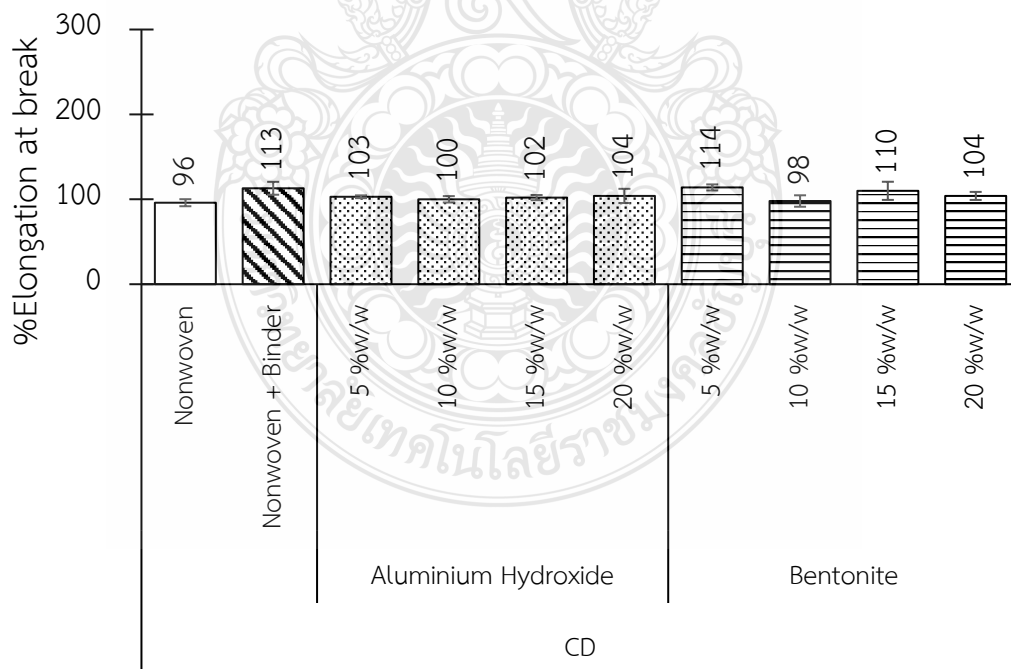
รูปที่ 4.43 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดแนว CD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 2

ตัวอย่างทดสอบ	MD	CD
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอ์	114 ± 2.9	96 ± 4.1
สารยึดเกาะ (Binder) 4 %w/w	125 ± 7.2	113 ± 7.5
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 5 %w/w	120 ± 9.8	103 ± 1.6
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 10 %w/w	91 ± 6.8	100 ± 3.7
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 15 %w/w	109 ± 8.4	102 ± 3.0
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 20 %w/w	122 ± 10.9	104 ± 8.3
เบนโทไนท์ 5 %w/w	119 ± 4.3	114 ± 3.5
เบนโทไนท์ 10 %w/w	80 ± 3.5	98 ± 6.7
เบนโทไนท์ 15 %w/w	91 ± 7.4	110 ± 10.6
เบนโทไนท์ 20 %w/w	109 ± 6.2	104 ± 4.7



รูปที่ 4.44 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดแนว MD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 2



รูปที่ 4.45 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดแนว CD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 2

จากรูปที่ 4.42 – 4.43 แสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงการยึดตัว ณ จุดขาด แนว MD และ CD ด้วยเทคนิคการพันกระบวนงานที่ 1 และ 2 ผลการทดสอบพบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารช่วยยึดติดและสารเติมแต่ง ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยึดตัว ณ จุดขาด เพียงเล็กน้อย

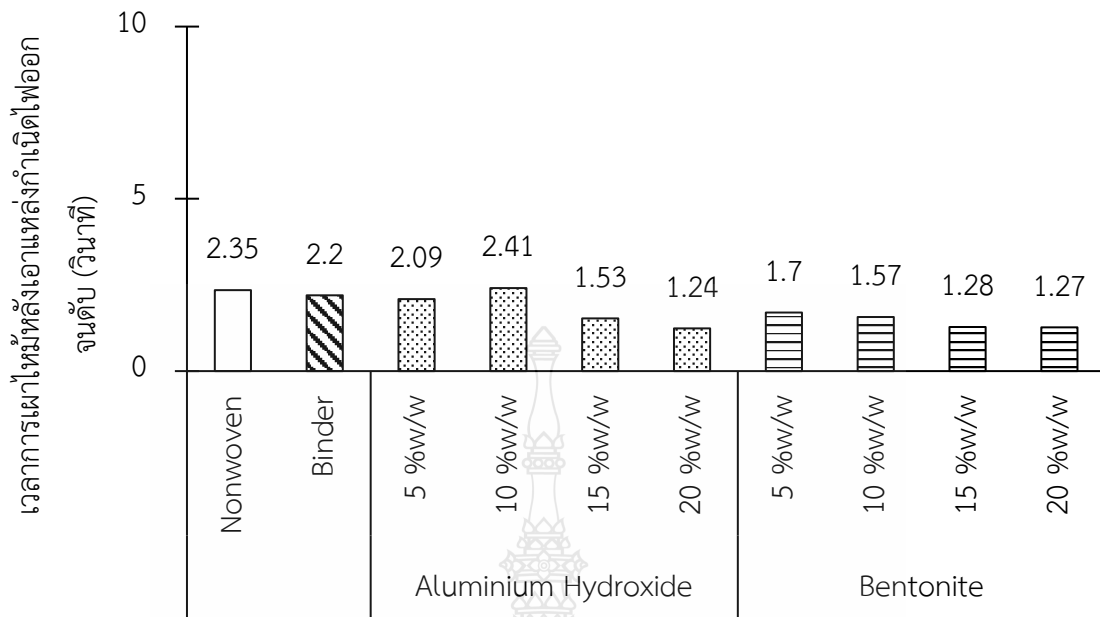
การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยเทคนิคการพันกระบวนงานที่ 1 และ 2 เพื่อสมบัติการหน่วงไฟ แสดงให้เห็นว่าค่าความทนต่อแรงดึงของเทคนิคการพันกระบวนงานที่ 1 และ 2 มีค่าความทนต่อแรงดึงที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอ และการเปลี่ยนแปลงการยึดตัว ณ จุดขาด ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทั้ง 2 กระบวนงาน

#### 4.2.3.2 สมบัติการหน่วงไฟ

การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ทำการทดสอบสมบัติการหน่วงไฟ มี 2 รูปแบบ คือ การลามไฟแนวตั้ง (V test) และการลามไฟแนวนอน (HB test)

**ตารางที่ 4.21** แสดงผลการทดสอบการลามไฟแบบแนวตั้ง ด้วยเทคนิคการพันกระบวนงานที่ 1

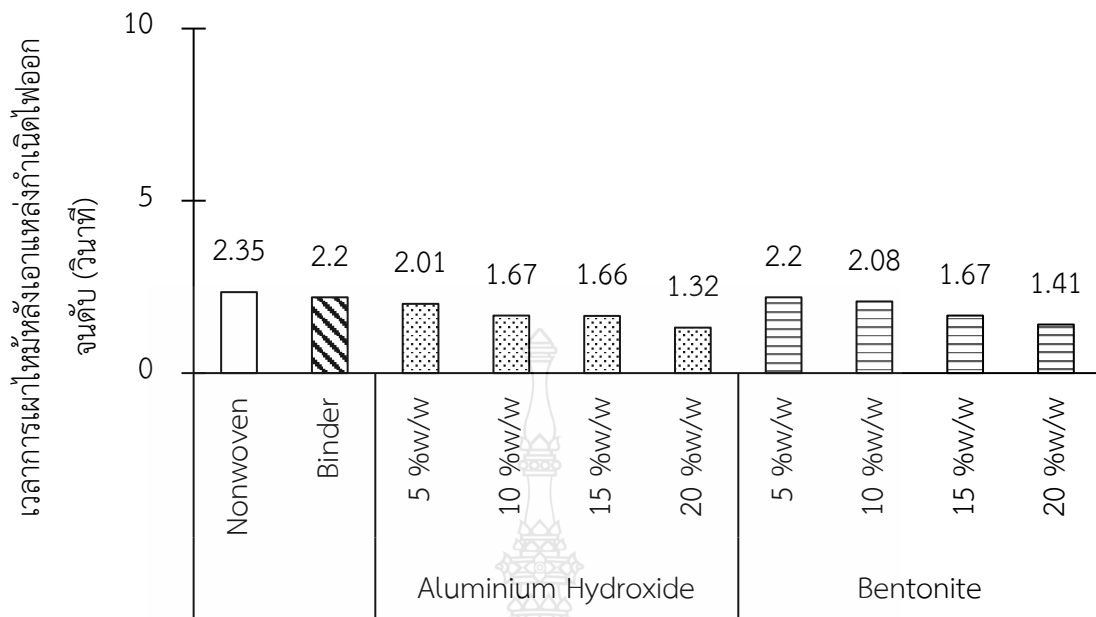
ตัวอย่างทดสอบ	สำลีติดไฟ	เวลาการเผาไหม้หลังจากเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจนดับ (วินาที)
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	ติด	2.35
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	ติด	2.20
5 %w/w	ติด	2.09
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 10 %w/w	ติด	2.41
15 %w/w	ติด	1.53
20 %w/w	ติด	1.24
5 %w/w	ติด	1.70
เบนโทไนท์ 10 %w/w	ติด	1.57
15 %w/w	ติด	1.28
20 %w/w	ติด	1.27



รูปที่ 4.46 เวลาการเผาไหม้หลังเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจกจดับ (วินาที) ของการลามไฟแนวตั้ง ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 1

ตารางที่ 4.22 แสดงผลการทดสอบการลามไฟแบบแนวตั้ง ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกรที่ 2

ตัวอย่างทดสอบ	สำลิตัดไฟ	เวลาการเผาไหม้หลังเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจกจดับ (วินาที)	
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	ติด	2.35	
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	ติด	2.20	
	5 %w/w	ติด	2.01
	10 %w/w	ติด	1.67
	15 %w/w	ติด	1.66
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์	20 %w/w	ติด	1.32
	5 %w/w	ติด	2.20
	10 %w/w	ติด	2.08
เบนโทไนท์	15 %w/w	ติด	1.67
	20 %w/w	ติด	1.41

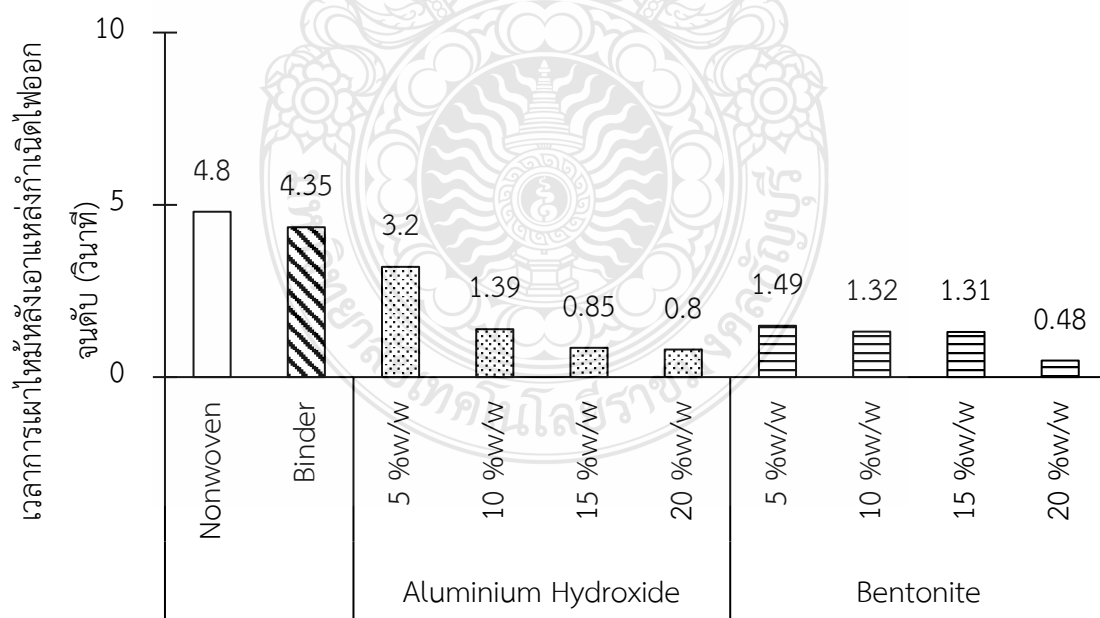


**รูปที่ 4.47** เวลาการเผาไหม้หลังเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจกนดับ (วินาที) ของการลามไฟแนวตั้ง ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกาที่ 2

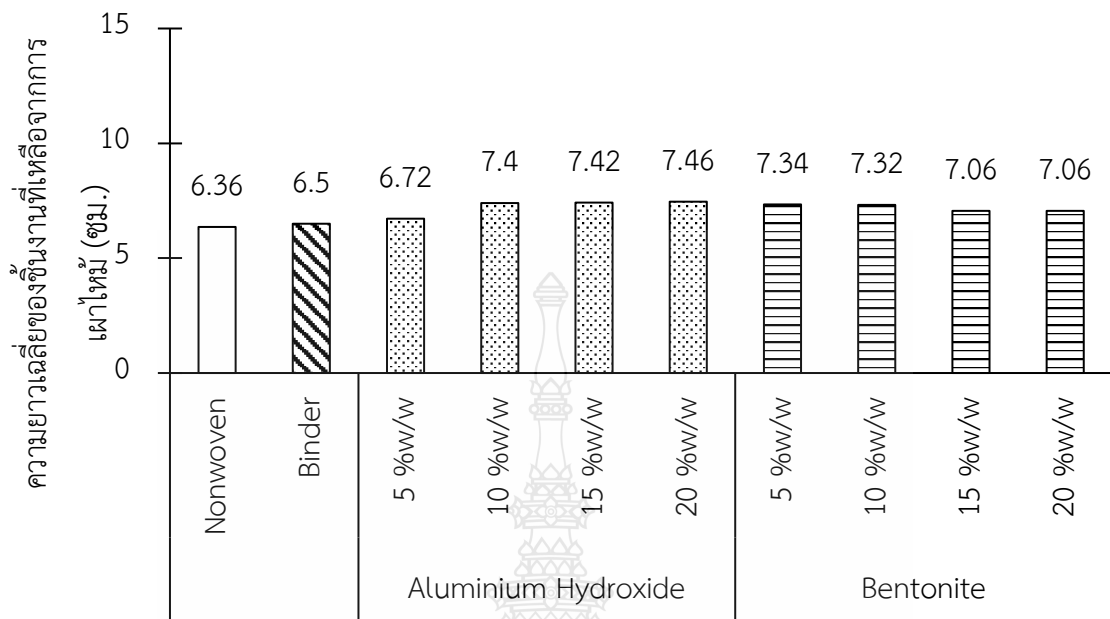
จากรูปที่ 4.46 - 4.47 แสดงผลการทดสอบเวลาการเผาไหม้หลังเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจกนดับ (วินาที) ของการลามไฟแบบแนวตั้ง ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนกาที่ 1 และ 2 พบว่าผ้าไม่ถักไม่ทอ พอลิเอสเตอร์และการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์เพื่อสมบัติการหน่วงไฟด้วยอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ และเบนโทไนท์ ผ่านมาตรฐาน UL94 ในแนวตั้ง ระดับ V-2 คือการเผาไหม้จะหยุดลงภายใน 30 วินาที อนุญาตให้มีหยดเพลิงได้ โดยปริมาณของอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ และเบนโทไนท์ ที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีเวลาการเผาไหม้หลังเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจกนดับลดลง แต่ยังมีอาการหลอหดเกิดขึ้น และเกิดการลุกไหม้บนสำลี ซึ่งการตกแต่งผ้าด้วยอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 20 %w/w ใช้เวลาดับไฟดีที่สุด ทั้ง 2 กระบวนกา

ตารางที่ 4.23 แสดงผลการทดสอบการลामไฟแบบแนวนอน ด้วยเทคนิคการผันกระบวนกาที่ 1

ตัวอย่างทดสอบ	เวลาการเผาไหม้ หลังเอาแหล่ง กำเนิดไฟออกจน ดับ (วินาที)	ความยาวเฉลี่ยของ ชิ้นงานที่เหลือจาก การเผาไหม้ (ซม.)
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	4.80	6.36
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	4.35	6.50
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์	5 %w/w	6.72
	10 %w/w	7.40
	15 %w/w	7.42
	20 %w/w	7.46
เบนโทไนท์	5 %w/w	7.34
	10 %w/w	7.32
	15 %w/w	7.06
	20 %w/w	7.06



รูปที่ 4.48 เวลาการเผาไหม้หลังเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจนดับ (วินาที) ของการลामไฟแบบแนวนอน ด้วยเทคนิคการผันกระบวนกาที่ 1



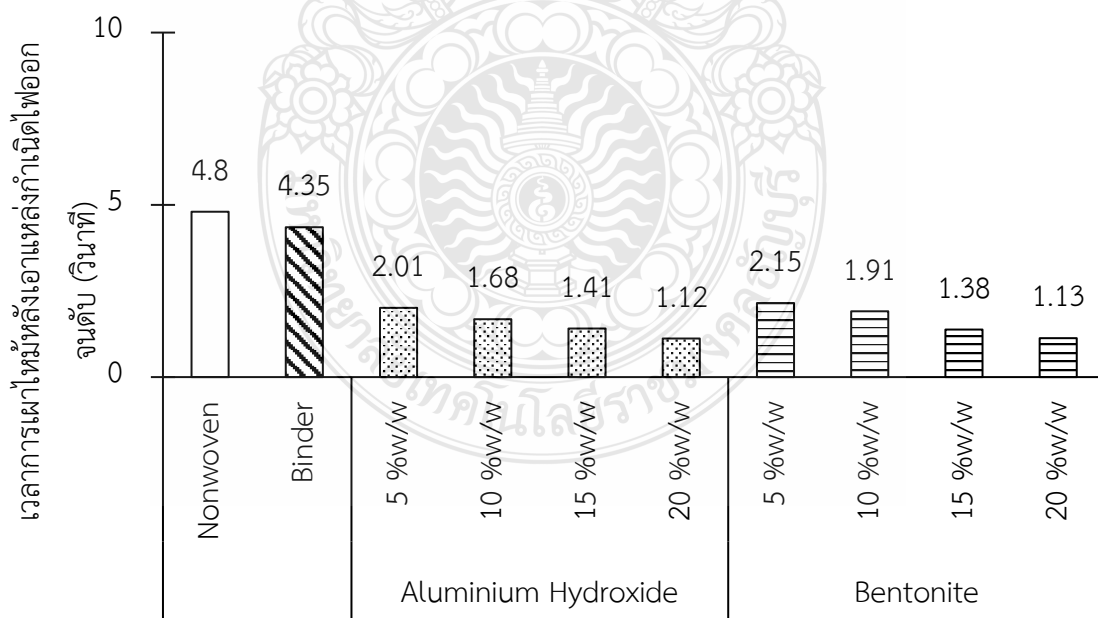
รูปที่ 4.49 แสดงค่าความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานที่หลุดจากการเผาไหม้ (ซม.) ของการลามไฟแบบ  
 แนวนอน ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1



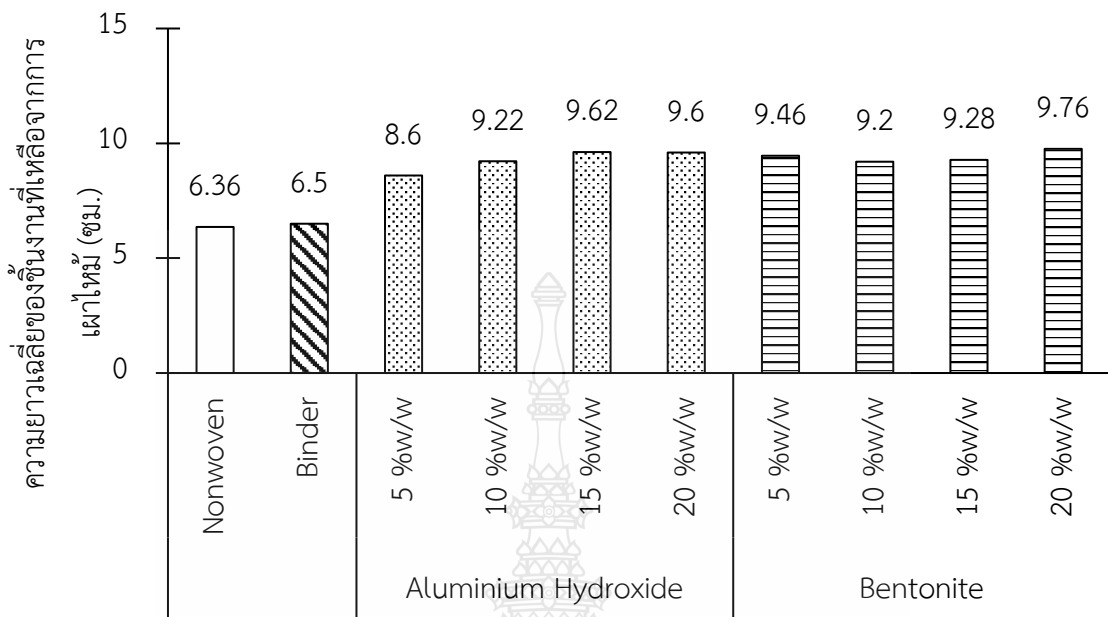


ตารางที่ 4.24 แสดงผลการทดสอบการลามาไฟแบบแนวนอน ด้วยเทคนิคการผันกระบวนการณ์ที่ 2

ตัวอย่างทดสอบ	เวลาการเผาไหม้ หลังเอาแหล่ง กำเนิดไฟออกจน ดับ (วินาที)	ความยาวเฉลี่ยของ ชิ้นงานที่เหลือจาก การเผาไหม้ (ซม.)
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	4.80	6.36
สารช่วยยึดติด 4 %w/w	4.35	6.50
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์	5 %w/w	8.60
	10 %w/w	9.22
	15 %w/w	9.62
	20 %w/w	9.60
เบนโทไนท์	5 %w/w	9.46
	10 %w/w	9.20
	15 %w/w	9.28
	20 %w/w	9.76



รูปที่ 4.50 เวลาเฉลี่ยไฟดับหลังจากเอาแหล่งกำเนิดไฟออก (วินาที) ของการลามาไฟแบบแนวนอน ด้วยเทคนิคการผันกระบวนการณ์ที่ 2

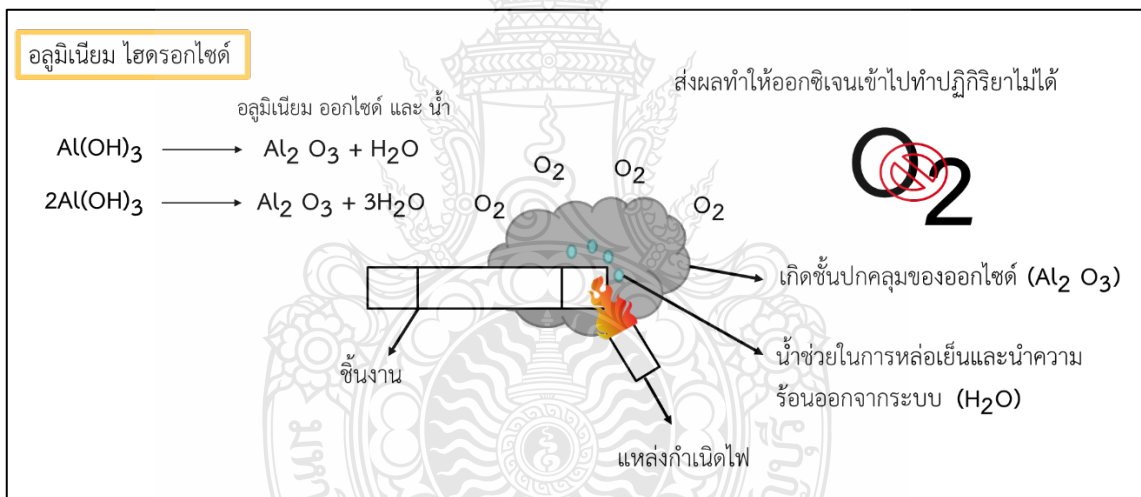


**รูปที่ 4.51** แสดงค่าความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานที่เหลือจากการเผาไหม้ (ซม.) ของการลามไฟแบบ  
 แนวนอน ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 2

จากตารางที่ 4.27 - 4.28 ผลการทดสอบการลามไฟแบบแนวนอน ด้วยเทคนิคการพันกระบวนกรที่ 1 และ 2 พบว่าผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์และการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารหน่วงไฟอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ และเบนโทไนท์ ผ่านมาตรฐาน UL94 ในแนวนอน มีการหลอมหยุดเกิดขึ้น เกิดลูกไฟและดับได้ด้วยตัวเอง หลังจากนำแหล่งกำเนิดไฟออกจากชิ้นงาน และไม่เกิดการลามไฟขึ้น ดังรูป 4.48 และ 4.50 แต่ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์มีการดับไฟที่ดับได้ด้วยตัวเองอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่สามารถคำนวณอัตราการเผาไหม้ได้ ดังนั้นจึงใช้วิธีการบันทึกผลด้วยเวลาการเผาไหม้หลังเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจนดับ (วินาที) และความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานที่เหลือจากการเผาไหม้ (เซนติเมตร) เพื่อบันทึกผล จากผลการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณของอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ และเบนโทไนท์เพื่อสมบัติการหน่วงไฟ มีประสิทธิภาพในการลดการลามไฟได้ดี ดังรูป 4.49 และ 4.51 เพราะมีความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานที่เหลือจากการเผาไหม้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ และเวลาการเผาไหม้หลังเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจนดับมีเวลาที่ลดลงด้วยเช่นกัน จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟได้ดีกว่าผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ ทั้งนี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Daimatsu และคณะ [35] ที่ได้ทำการศึกษาวิธีการเตรียม PMMA ให้มีความสามารถในการหน่วงไฟโดยเติมอลูมิเนียม พบว่าดับไฟได้ด้วยตัวเอง และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Panistha Lerdkajornsuk

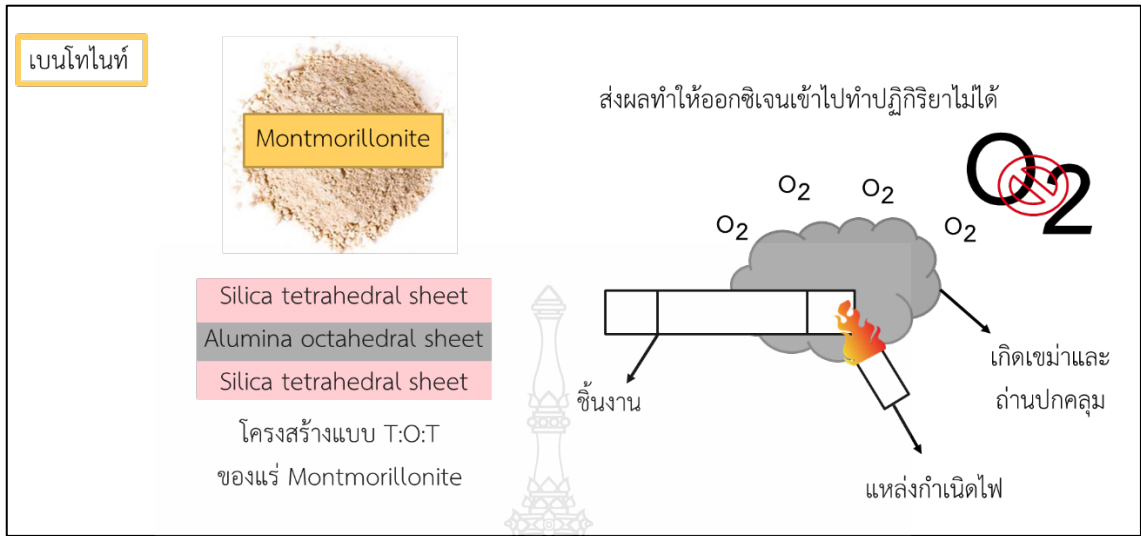
และคณะ [36] ที่ได้ทำการศึกษาผลของเบนโทไนท์และโซเดียมคลอไรด์ต่อสารห่วงไฟและป้องกันการหยุดของผ้าพอลิเอสเตอร์ พบว่าสามารถดับไฟได้ โดยกลไกการดับไฟของอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ แสดง ดังรูป 4.52 และกลไกการดับไฟของเบนโทไนท์แสดง ดังรูป 4.53

การตกแต่งผ้าไม้ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 และ 2 เพื่อสมบัติการห่วงไฟ แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2 ของการตกแต่งผ้าด้วยเบนโทไนท์ 20 %w/w ลดการลามไฟได้ดีที่สุด ดังรูป 4.51 เพราะมีความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานที่เหลือจากการเผาไหม้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม้ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์และเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 เนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวมาข้างต้นดังรูป 4.35 ซึ่งเวลาการเผาไหม้หลังจากเอาแหล่งกำเนิดไฟออกจนดับลงด้วยเช่นกัน ดังรูป 4.48 และ 4.50 จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการห่วงไฟได้ดีกว่า แต่เทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2 สารที่พ่นเคลือบจะยึดติดกับผ้าไม้ถักไม่ทอไม่ดีมากนัก มีการหลุดร่อน



รูปที่ 4.52 กลไกการดับไฟของอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์

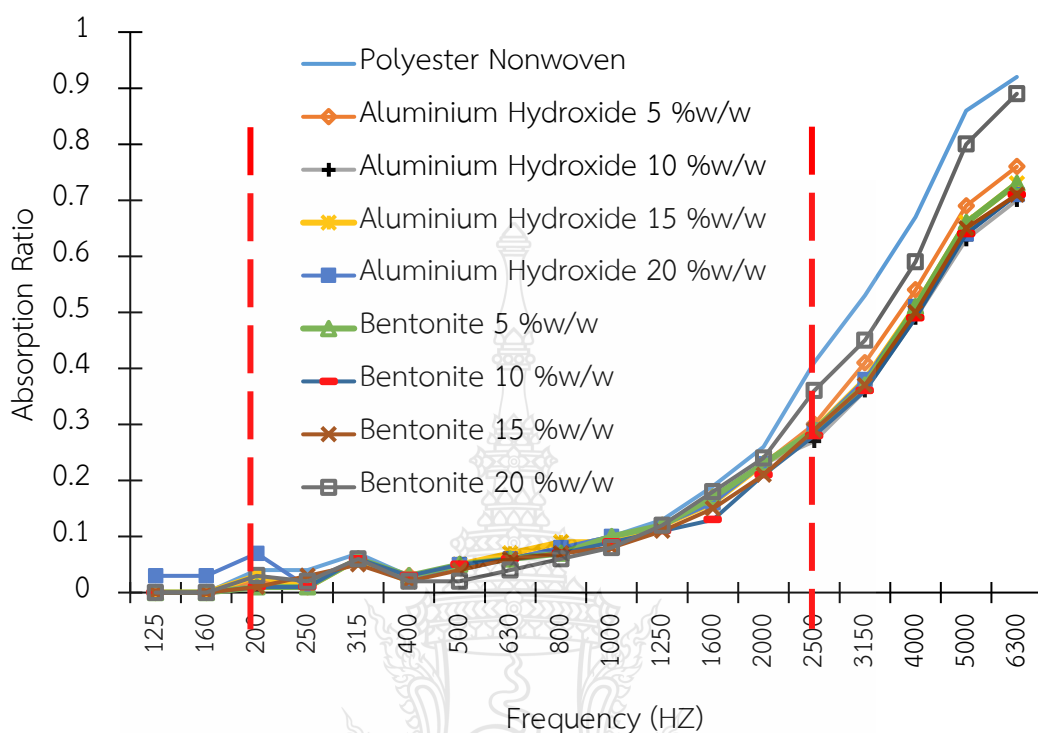
กลไกการดับไฟของอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ มีกลไกการสลายตัวแบบดูดความร้อน แล้วเกิดเป็นอลูมิเนียมออกไซด์กับน้ำ กระบวนการนี้จึงลดพลังงาน เจือจางแก๊สที่ไวต่อการเผาไหม้และทำให้เกิดชั้นปกคลุมของออกไซด์ขัดขวางการเข้าของออกซิเจน [38,40] ดังรูป 4.52 และเบนโทไนท์เป็นวัสดุประเภทนาโนเคลย์ที่ทนต่ออุณหภูมิได้สูง ประกอบด้วยชั้นของซิลิเกตเป็นหลัก เมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดเขม่าปกคลุมบริเวณที่เกิดการลุกไหม้ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปได้สอดคล้องกับทฤษฎี Gas theory [39,40] ดังรูป 4.53



รูปที่ 4.53 กลไกการดับไฟของเบนโทไนท์



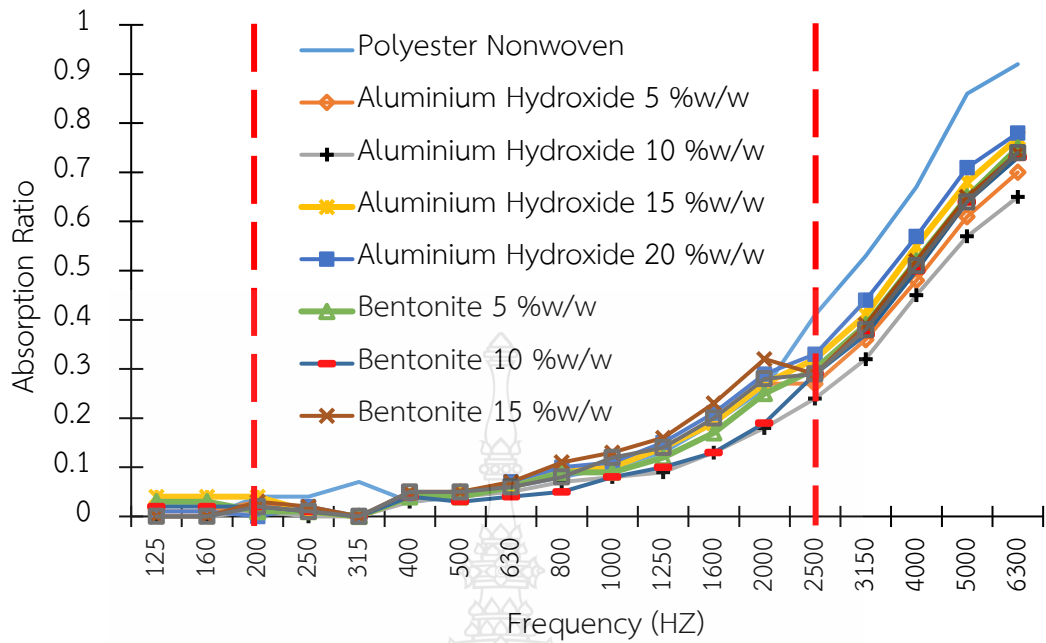
#### 4.2.3.3 สมบัติการดูดซับเสียง



รูปที่ 4.54 แสดงค่าการดูดซับเสียงด้วยเทคนิคการผันกระบวนกรที่ 1

จากรูปที่ 4.54 และ 4.55 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียง (Sound absorption) ด้วยเทคนิคการผันกระบวนกรที่ 1 และ 2 พบว่าที่การตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์และเบนโทไนท์เพื่อสมบัติการหน่วงไฟ ไม่กระทบสมบัติการดูดซับเสียงในย่านความถี่ระหว่าง 125-2000 Hz แต่เมื่อความถี่สูงเกิน 2000 Hz มีค่าการดูดซับเสียงที่ลดลง จากตารางที่ 4.29 และ 4.30 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียงจะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบค่า NRC และ SAA ของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์พบว่าผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ตกแต่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยสรุปแล้วการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ไม่กระทบสมบัติการดูดซับเสียงโดยดูจากค่า NRC

\*\* หมายเหตุ Noise Reduction Coefficient (NRC) ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงรบกวนจะถูกคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงความถี่ 250, 500, 1000, และ 2000 Hz และ Sound Absorption Average (SAA) ค่าเฉลี่ยการดูดซับเสียงจะถูกคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงความถี่ 200-2500 Hz



รูปที่ 4.55 แสดงค่าการดูดซับเสียงด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 2

การตกแต่งผ้าไม้สักไม้ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 และ 2 เพื่อสมบัติการหน่วงไฟ แสดงให้เห็นว่าไม่กระทบสมบัติการดูดซับเสียงโดยดูจากค่า NRC ดังตารางที่ 4.29 – 4.30 ถึงแม้จะมีการตกแต่งผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพในด้านอื่นมากขึ้น แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานหลักของผ้าไม้สักไม้ทอพอลิเอสเตอร์ในเรื่องของสมบัติการดูดซับเสียง

ตารางที่ 4.25 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียงด้วยเทคนิคการผันกระบวนกรที่ 1

ความถี่ (Hz)	การดูดซับเสียง								
	ผ้าไม่ทักไม่ทอ พอลิเอสเตอร์	อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ (%w/w)				เบนโทไนท์ (%w/w)			
		5	10	15	20	5	10	15	20
125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
160	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.04	0.02	0.01	0.03	0.07	0.01	0.01	0.01	0.03
250	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02
315	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06
400	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
500	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.02
630	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04
800	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06
1000	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08
1250	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.12
1600	0.19	0.17	0.17	0.16	0.16	0.17	0.13	0.15	0.18
2000	0.26	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.21	0.21	0.24
2500	0.41	0.30	0.27	0.29	0.29	0.29	0.28	0.29	0.36
3150	0.53	0.41	0.36	0.38	0.38	0.37	0.36	0.37	0.45
4000	0.67	0.54	0.49	0.51	0.51	0.51	0.49	0.50	0.59
5000	0.86	0.69	0.63	0.66	0.64	0.66	0.64	0.65	0.80
6300	0.92	0.76	0.70	0.73	0.71	0.73	0.71	0.71	0.89
<b>NRC</b>	<b>0.11</b>	<b>0.09</b>	<b>0.10</b>	<b>0.09</b>	<b>0.09</b>	<b>0.09</b>	<b>0.09</b>	<b>0.09</b>	<b>0.09</b>
<b>SAA</b>	<b>0.12</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>	<b>0.09</b>	<b>0.09</b>	<b>0.10</b>



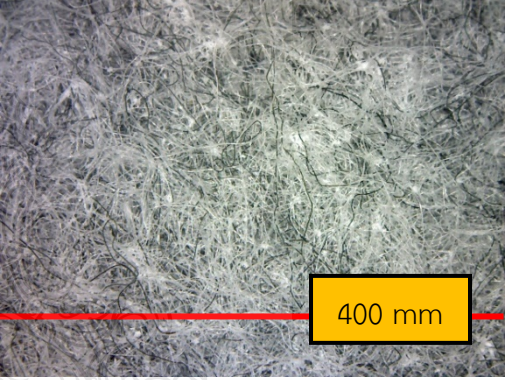
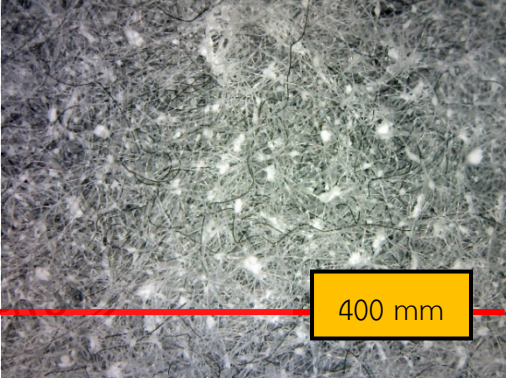
ตารางที่ 4.26 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียงด้วยเทคนิคการผันกระบวนกรที่ 2

ความถี่ (Hz)	การดูดซับเสียง								
	ผ้าไม่ทักไม่ทอ พอลิเอสเตอร์	อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ (%w/w)				เบนโทไนท์ (%w/w)			
		5	10	15	20	5	10	15	20
125	0.00	0.01	0.00	0.04	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00
160	0.00	0.01	0.00	0.04	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00
200	0.04	0.03	0.01	0.04	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02
250	0.04	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
315	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
400	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
500	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05
630	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07	0.06	0.04	0.07	0.06
800	0.08	0.09	0.07	0.09	0.10	0.09	0.05	0.11	0.08
1000	0.10	0.11	0.08	0.10	0.11	0.09	0.08	0.13	0.12
1250	0.13	0.14	0.09	0.14	0.15	0.12	0.10	0.16	0.14
1600	0.19	0.19	0.13	0.19	0.21	0.17	0.13	0.23	0.20
2000	0.26	0.27	0.18	0.27	0.29	0.25	0.19	0.32	0.28
2500	0.41	0.27	0.24	0.32	0.33	0.30	0.29	0.29	0.29
3150	0.53	0.36	0.32	0.41	0.44	0.39	0.37	0.39	0.38
4000	0.67	0.48	0.45	0.55	0.57	0.52	0.50	0.52	0.51
5000	0.86	0.61	0.57	0.68	0.71	0.65	0.64	0.65	0.64
6300	0.92	0.70	0.65	0.77	0.78	0.75	0.73	0.74	0.74
<b>NRC</b>	<b>0.11</b>	<b>0.11</b>	<b>0.07</b>	<b>0.11</b>	<b>0.11</b>	<b>0.10</b>	<b>0.08</b>	<b>0.13</b>	<b>0.11</b>
<b>SAA</b>	<b>0.12</b>	<b>0.10</b>	<b>0.07</b>	<b>0.10</b>	<b>0.11</b>	<b>0.09</b>	<b>0.08</b>	<b>0.12</b>	<b>0.10</b>

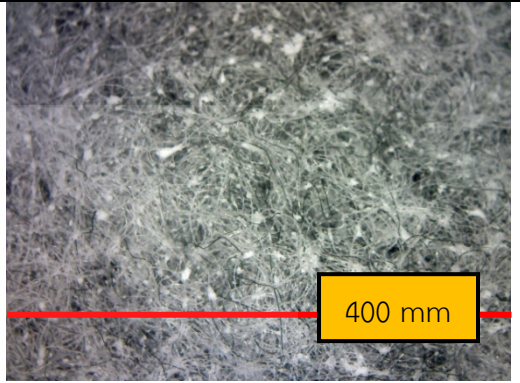
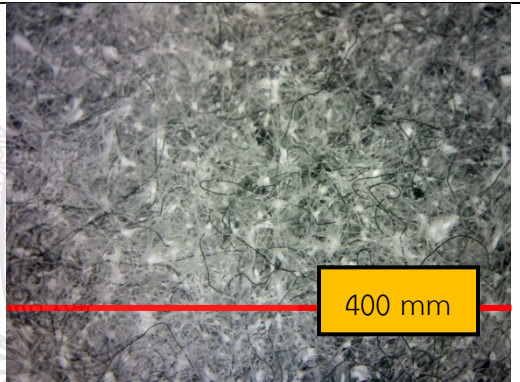
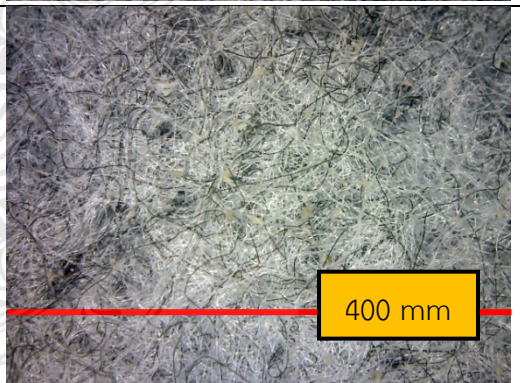
#### 4.2.3.4 ศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล

การศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล ใช้ระยะความสูงของกล้องห่างจากชิ้นงาน 2.5 เซนติเมตร กำลังขยาย 4 เท่า จากผลการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ พบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอด้วยอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ มีลักษณะการกระจายตัวแบบเกาะกลุ่มกัน มีสีขาว และการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอด้วยเบนโทไนท์มีลักษณะการกระจายตัวแบบเกาะกลุ่มกัน มีสีน้ำตาล ดังตารางที่ 4.31

**ตารางที่ 4.27** แสดงผลการทดสอบสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล กำลังขยาย 4 เท่า ด้วยเทคนิคการพ่นกระบวนการที่ 1 ของสมบัติการหน่วงไฟ

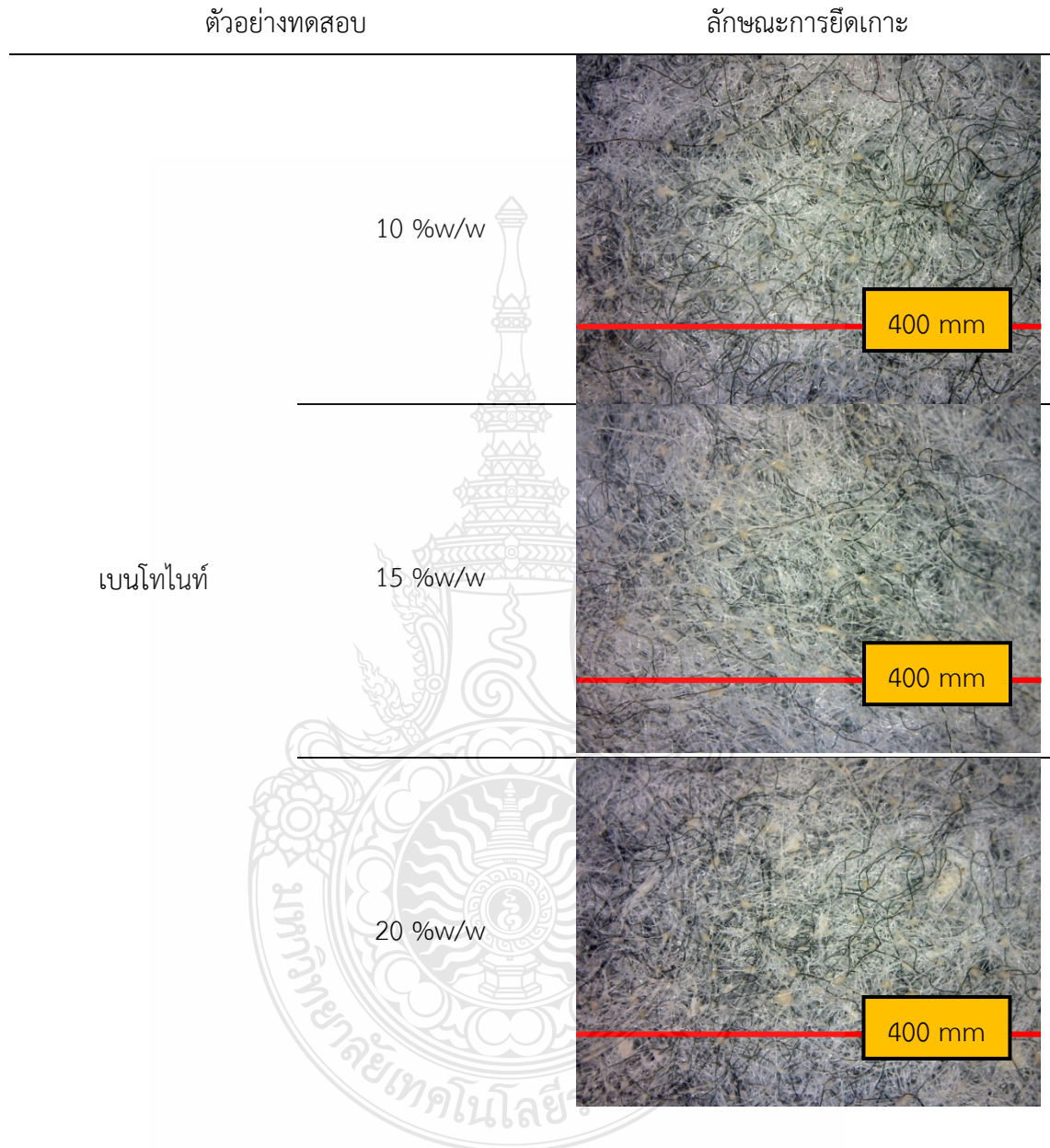
ตัวอย่างทดสอบ	ลักษณะการยึดเกาะ
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 5 %w/w	
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 10 %w/w	

ตารางที่ 4.27 แสดงผลการทดสอบสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล กำลังขยาย 4 เท่า ด้วยเทคนิคการฟ่นกระบวนกาที่ 1 ของสมบัติการหน่วงไฟ (ต่อ)

ตัวอย่างทดสอบ	ลักษณะการยึดเกาะ
<p>อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์</p> <p>15 %w/w</p> 	
<p>อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์</p> <p>20 %w/w</p> 	
<p>เบนโทไนท์</p> <p>5 %w/w</p> 	



ตารางที่ 4.27 แสดงผลการทดสอบสันฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล กำลังขยาย 4 เท่า ด้วยเทคนิคการฟั่นกระบวนการที่ 1 ของสมบัติการหน่วงไฟ (ต่อ)



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

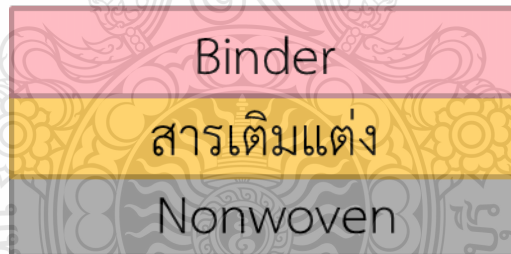
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ ด้วยกระบวนการพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บรัช ซึ่งการตกแต่งสารเติมแต่งลงบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ต้องไม่กระทบต่อสมบัติการดูดซับเสียงของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ยังไม่ผ่านการตกแต่ง โดยทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของชิ้นงานหลังการพ่น อันได้แก่ ความทนต่อแรงดึง การดูดซับเสียง การต้านเชื้อแบคทีเรีย การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ

งานวิจัยนี้จะแบ่งขั้นตอนการพ่นเคลือบออกเป็น 2 กระบวนการ คือ

กระบวนการที่ 1

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการพ่นเคลือบสารเติมแต่ง

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการพ่นเคลือบสารช่วยยึดติด

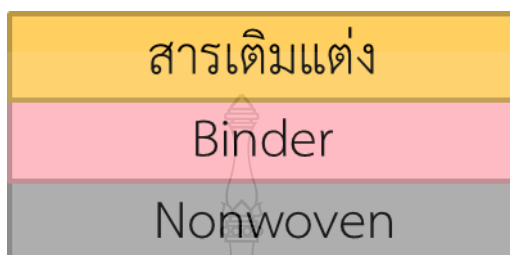


รูปที่ 5.1 เทคนิคการพ่นเคลือบกระบวนการที่ 1

## กระบวนการที่ 2

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการพันเคลือบสารช่วยยึดติด

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการพันเคลือบสารเติมแต่ง



### รูปที่ 5.2 เทคนิคการพันเคลือบกระบวนการที่ 2

ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล สามารถสรุปผลการวิจัย ดังต่อไปนี้

#### 5.1.1 พัฒนาสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย

การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการพันให้มีสมบัติการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย โดยใช้สารเติมแต่งซิงค์ออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ และสารสกัดจากเปลือกมังคุด ที่ปริมาณ 5 และ 10 %w/w สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

##### 5.1.1.1 สมบัติความทนต่อแรงดึง

การทดสอบความทนต่อแรงดึง พบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอเพื่อสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรียมีผลต่อความทนต่อแรงดึงในแนว MD และ CD เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ได้ตกแต่ง โดยการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น เพราะสารช่วยยึดติดเคลือบผิวเส้นใยบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์คล้ายฟิล์มเคลือบ มีผลทำให้ผ้ามีลักษณะเหนียวขึ้น

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด พบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอเพื่อสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรียมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด ทั้งในแนว MD และ CD เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ได้ตกแต่ง โดยการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

#### 5.1.1.2 การดูดซับเสียง

การทดสอบการดูดซับเสียงพบว่า การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอเพื่อสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรียไม่มีผลต่อสมบัติการดูดซับเสียงโดยดูจากค่า NRC เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ได้ตกแต่ง

#### 5.1.1.3 สมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย

การพ่นเคลือบสารเติมแต่งลงบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยเทคนิคการพ่นเคลือบกระบวนการที่ 2 โดยใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w ต้านเชื้อ Staphylococcus aureus ดีที่สุด และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w ต้านเชื้อ Escherichia coli ดีที่สุด แต่การพ่นเคลือบด้วยกระบวนการที่ 2 สารที่พ่นเคลือบจะยึดติดกับผ้าไม่ถักไม่ทอมาก มีกลิ่นเหม็น

#### 5.1.2 พัฒนาสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการต้านทานรังสียูวี

การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการพ่นให้มีสมบัติการต้านทานรังสียูวี โดยใช้สารเติมแต่งซิงค์ออกไซด์ และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณ 5 และ 10 %w/w สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

##### 5.1.2.1 สมบัติการต้านทานรังสียูวี

การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์เพื่อสมบัติการต้านรังสียูวี ผลการประเมินการต้านทานรังสียูวี ทำการทดสอบด้วยรังสี UVA และ UVB เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ผลที่ได้คือสีของผ้ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทั้งสองกระบวนการ แสดงถึงการมีประสิทธิภาพในการต้านทานรังสียูวีเทียบเท่ากับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านการตกแต่ง

#### 5.1.3 พัฒนาสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการหน่วงไฟ

การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการพ่นให้มีสมบัติการหน่วงไฟ โดยใช้สารเติมแต่งอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ และเบนโทโนท์ ที่ปริมาณ 5 10 15 และ 20 %w/w สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

##### 5.1.3.1 สมบัติความทนต่อแรงดึง

การทดสอบความทนต่อแรงดึงพบว่า การตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์เพื่อสมบัติการหน่วงไฟมีผลต่อความทนต่อแรงดึงในแนว MD และ CD เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ได้ตกแต่ง โดยการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ทำให้ค่าความทนต่อแรงดึง



เพิ่มขึ้น เพราะสารช่วยยึดติดเคลือบผิวเส้นใยบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์คล้ายฟิล์มเคลือบ มีผลทำให้ผ้ามีลักษณะเหนียวขึ้น

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาดพบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์เพื่อสมบัติการหน่วงไฟมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด ทั้งในแนว MD และ CD เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ได้ตกแต่ง โดยการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงการยืดตัว ณ จุดขาด เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

#### 5.1.3.2 การดูดซับเสียง

การทดสอบการดูดซับเสียงพบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์เพื่อสมบัติการหน่วงไฟไม่มีผลต่อสมบัติการดูดซับเสียงโดยดูจากค่า NRC เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ได้ตกแต่ง

#### 5.1.3.3 สมบัติการหน่วงไฟ

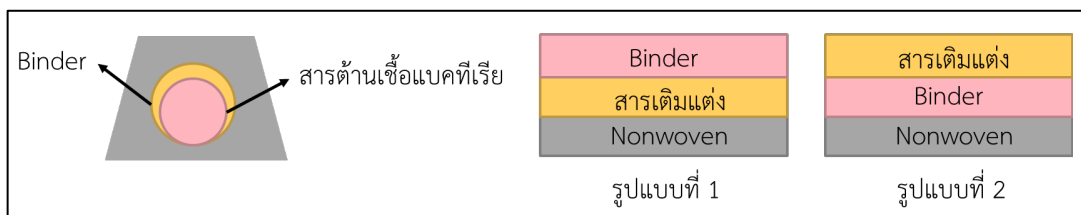
การทดสอบการลามไฟแนวตั้ง (V test) พบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์เพื่อสมบัติการหน่วงไฟและผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ได้ตกแต่งสามารถผ่านได้ในระดับ V-2

การลามไฟแนวนอน (HB test) พบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์เพื่อสมบัติการหน่วงไฟและผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ได้ตกแต่งผ่านตามมาตรฐาน

การพ่นเคลือบสารเติมแต่งบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการที่ 2 โดยใช้เบนโทไนท์ 20 %w/w มีประสิทธิภาพในการลดการลามไฟได้ดีที่สุด แต่การพ่นเคลือบด้วยกระบวนการที่ 2 สารที่พ่นเคลือบจะยึดติดกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์น้อย มีการหลุดร่อน

#### 5.1.4 กระบวนการพ่นเคลือบสารเติมแต่ง

การพ่นเคลือบกระบวนการที่ 2 มีประสิทธิภาพมากกว่ากระบวนการที่ 1 เพราะเทคนิคการพ่นเคลือบด้วยสารเติมแต่งก่อนสารช่วยยึดติด ส่งผลทำให้สารช่วยยึดติดเคลือบสารเติมแต่งทำให้ไม่สามารถแสดงประสิทธิภาพได้ดีมากนัก แต่การพ่นเคลือบด้วยกระบวนการที่ 2 สารที่พ่นเคลือบจะยึดติดกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์น้อย มีการหลุดร่อน ดังรูป 5.1



**รูปที่ 5.3** กระบวนการที่ 1 เทคนิคการพันเคลือบด้วยสารเติมแต่งก่อนสารช่วยยึดติด

ดังนั้นการตกแต่งสำเร็จผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการพันเพื่อสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย, การต้านทานรังสียูวี และการหน่วงไฟ สามารถปรับปรุงสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรียได้ โดยใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุด 10 %w/w เพื่อสมบัติการต้านเชื้อ Staphylococcus aureus และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 %w/w เพื่อสมบัติการต้านเชื้อ Escherichia coli การต้านทานรังสียูวี โดยใช้สารเติมแต่งซิงค์ออกไซด์ และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ที่ปริมาณ 5 และ 10 %w/w และการหน่วงไฟบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์โดยใช้เบนโทไนท์ 20 %w/w ด้วยการพันเคลือบกระบวนการที่ 2 เพราะมีประสิทธิภาพดีที่สุด

**5.2 ข้อเสนอแนะ**

การทดสอบการต้านทานเสื่อมสภาพเนื่องจากรังสียูวีควรเพิ่มรอบการทดสอบ (Cycle)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการพันสารเคลือบควรใช้เครื่องมือที่สามารถพันได้ง่ายกว่าอุปกรณ์การทดลองในครั้งนี้ เช่น กาพนสี เพราะจะทำให้สามารถเพิ่มปริมาณสารได้

## บรรณานุกรม

- [1] เข้มชัย เหมะจันทร์, “บทนำ”, ใน สิ่งทอเทคนิค, ปีที่พิมพ์ 2549, ชาญชัย ศิริเกษมเลิศ, บรรณาธิการ., ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ออฟเซ็ท ครีเอชั่น จำกัด : สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2549, น. 9-25.
- [2] สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.). (2562). “นอновоฟเวิน” อุตสาหกรรมสิ่งทอที่น่าจับตามองในปี 2562. [Press Release]. Retrieved from <https://www.smeone.info/innovation-detail/3366>
- [3] วงศกร ตระกูลหิรัญผดุง. (2557). เช็กสุขภาพอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทย. Trend. 16(202). (น.16-20) สืบค้นจาก <http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/qm202-p016-020.pdf>
- [4] ฤดี. (2555). พอลิเอสเตอร์. [Blog Post]. สืบค้นจาก <https://www.ruedee.com/th/fabric/polyester/>
- [5] Fatemeh ASHRAFI and Mohammad Reza BABAEI LAVASANI. “Improvement of the mechanical and thermal properties of polyester nonwoven fabrics by PTFE coating,” Turkish Journal of Chemistry, vol. 43, 760-765, 25 Feb 2019.
- [6] เพ็ญวิสาข์ พิสิฐฐศักดิ์. 2558. การใช้กระบวนการโซลเจลเพื่อเพิ่มสมบัติของสิ่งทอ : ผ้าสะท้อนน้ำและน้ำมัน. Thai Journal of Science and Technology. ปีที่ 4 ฉบับที่ 1, 46-63 . DOI: 10.14456/tjst.2015.14
- [7] สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. ผ้าต้านแบคทีเรีย (เชื้อรา) ได้รับความนิยมมากในขณะนี้. [Press Release]. สืบค้นจาก <https://www.thaitextile.org/th/innovation/detail.4.1.2.html>
- [8] Thanapaisal. 2557. การตกแต่งสำเร็จของธนไพศาล. [Blog Post]. สืบค้นจาก <http://www.thanapaisal.com/index.php/service/2-uncategorised/11-finishing>
- [9] กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. สารหน่วงไฟ. [Press Release]. สืบค้นจาก [http://www.dnp.go.th/forestfire/FIRESCIENCE/lesson%2010/lesson10\\_4.htm](http://www.dnp.go.th/forestfire/FIRESCIENCE/lesson%2010/lesson10_4.htm)

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [10] Panistha Lerdkajornsuk, Sireerat Charuchinda. "Effects of Bentonite and Sodium Chloride on Flame Retardant and Antidripping of Polyester Fabric". Proceedings of the Korean Society of Dyers and Finishers Conference 2010, pp. 68-69
- [11] อุกฤษฏ์ นานำปา. การตกแต่งสำเร็จทางเคมีสิ่งทอ. [Press Release]. สืบค้นจาก <http://blog.bru.ac.th/wp-content/uploads/2019/06/Finishing-Textile.pdf>  
[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic\\_Chemistry](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry)
- [12] จุรีรัตน์ ประสาร. 2552. นอนวูฟเวน:ผ้าไม่ถักไม่ทอ. Textile Tomorrow. [Press Release]. สืบค้นจาก [https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/246\\_21-27.pdf](https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/246_21-27.pdf)
- [13] ศศิมา สุขสว่าง. ผ้าด้านการลามาไฟ. [Press Release]. สืบค้นจาก <http://www.thaitextileacademy.com/17090212/ผ้าด้านการลามาไฟ>
- [14] นพรัตน์ เนื่องชมภู, "กระบวนการตกแต่งสารยึดติดพอลิยูริเทนและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์บนผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% ด้วยกระบวนการพ่นเคลือบแบบ One และ Two Steps Spraying Method," วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, 2559
- [15] เจ้าของร้าน. 2560. แอร์บรัชคืออะไร. [Blog Post]. สืบค้นจาก <http://thaiairbrush.lnwshop.com/article/แอร์บรัชคืออะไร>
- [16] BBboy ร้านแอร์บรัช .2561. แอร์บรัช ปะทะ กากพ่น (Airbrush VS Spray gun). [Blog Post]. สืบค้นจาก <http://www.sabuyjaishop.com/shop/bbboyai>
- [17] เจ้าของร้าน. 2562. วิธีใช้งาน กากพ่นสี. [Blog Post]. สืบค้นจาก <https://www.nakornluanglohaphan.com /article/12/วิธีใช้งาน-กากพ่นสี>
- [18] Ryusaki. ZnO Nano หรือ ซิงค์ออกไซด์นาโน คืออะไร. [Blog Post]. สืบค้นจาก <http://ryusaki.siam2web.com/?cid=627701>
- [19] สุพิณ แสงสุข. 2551. นาโนซิงค์ออกไซด์. [Blog Post]. สืบค้นจาก <http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=5&ID=6>

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [20] Siamnutra By EDS Tik Suriya. 2556. อะไรคือแซนโทน ? . [Facebook post]  
สืบค้นจาก <https://www.facebook.com/Siamnutra.Tik.Suriya/>
- [21] ถ้าแซนโทนจากมังคุดมีประโยชน์มาก ทำไมถึงไม่ค่อยมีใครเคยได้ยิน ? สืบค้นจาก  
<http://www.eat-4health.com/th/images/xanthones-formular.jpg>
- [22] กลุ่มเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ ส่วนส่งเสริมและเผยแพร่. สำนักพัฒนาการถ่ายทอด.  
เทคโนโลยีกรมส่งเสริมการเกษตร, มหัทศจรชัย “สารแซนโทน” ในมังคุด. สืบค้นจาก  
[http://pr.agritech.doae.go.th/article/2554/article%2026\\_sinuntorn.doc](http://pr.agritech.doae.go.th/article/2554/article%2026_sinuntorn.doc)
- [23] จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, จุฬาฯ เปิดตัวผลิตภัณฑ์เคลือบ “สารสกัดเปลือกมังคุด” นวัตกรรม  
จากนักวิจัยจุฬาฯ สู่วิถีชีวิตทางการแพทย์ที่มีคุณภาพสูง. สืบค้นจาก  
<http://www.chula.ac.th/th/archive/8978>
- [24] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2551. ขมิ้น. [Press Release]. สืบค้นจาก  
[http://medplant.mahidol.ac.th/herb\\_aids/data/diarrhea/c\\_longa.htm](http://medplant.mahidol.ac.th/herb_aids/data/diarrhea/c_longa.htm)
- [25] Yinghe Chemical Co. , Ltd. ผงอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์สำหรับสารหน่วงไฟ. [Blog Post].  
สืบค้นจาก <http://th.shspainbrakepads.com/news/main-uses-of-aluminum-hydroxide-15050303.html>
- [26] Nesse, วิลเลียม ดี. (2000). รู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแร่ นิวยอร์ก: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยอ็อกซ์  
ฟอร์ด NS. 257. ISBN 9780195106916.
- [27] N. Keawkhong et al., "Synthesis and Characterisation of ZnO Nanoparticles  
for Production of Antimicrobial Textiles," Advanced Materials  
Research, Vol. 1131, pp. 75-78, 2016
- [28] POJANAUKIJ, Nusavadee; KAJORNCHAPPUNNGAM, Somjai. Comparison of  
antimicrobial activity of Mangosteen crude, Turmeric and Gotu Kola  
extract. Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST),  
[S.l.], v. 18, n. 1, pp. 1-9, july 2013. ISSN 2539-553X.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [29] Alessio Becheri, Maximilian Durr, Pierandrea Lo Nostro, and Piero Baglioni, "Synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles: application to textiles as UV-absorbers," *Journal of Nanoparticle Research*, Vol. 10(4), pp. 679-689, January 2008
- [30] A yadav, virendra prasad, kathe, sheela raj, deepthi yadav, C sundaramoorthy and N vigneshwaran, "Functional finishing in cotton fabrics using zinc oxide nanoparticles," *Bulletin of Materials Science*, Volume 29, Issue 6, pp 641-645, November 2006.
- [31] ศิริพร นิ่มสุข. 2554. การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายให้มีสมบัติควบคุมกลิ่น ด้านแบคทีเรีย และต้านรังสียูวี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.ม.), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- [32] ภาณุณี เชื้อนพวงศ์. 2552. การใช้เบนโทไนด์ ผงขาวไหม สารประกอบฟอสฟอรัสเป็นสารหน่วงไฟและต้านการหลอมหยดสำหรับผ้าพอลิเอสเตอร์นอนวูฟเวน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.ม.), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- [33] ปณิษฐา เลิศขจรสุข. 2553. การตกแต่งหน่วงไฟและต้านการหลอมหยดผ้าพอลิเอสเตอร์ โดยใช้ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต เบนโทไนด์ และอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.ม.), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- [34] Eucerin. เข้าใจเรื่องผิวหนัง – ค่า pH ผิวสำคัญอย่างไร?. [Blog Post]. สืบค้นจาก <https://www.eucerin.co.th/about-skin/basic-skin-knowledge/skins-ph>
- [35] Shai Meiri and Tamar Dayan "On the validity of Bergmann's rule". Volume30, Issue3 March 2003 Pages 331-351 DOI: 10.1046/j.1365-2699.2003.00837.x.
- [36] Shengjie Jiang "ZnO Nanomaterials: Current Advancements in Antibacterial Mechanisms and Applications" *Frontiers in Chemistry*. July 2020. Volume 8 Article 580.
- [37] สุภาภรณ์ ปิติพร. "การพัฒนาฆ่าเชื้อจากเปลือกมังคุด". รายงานวิจัยโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร 2546: 1-47
- [38] Daimatsu, K., et al. "Preparation and physical properties of flame retardant acrylic resin containing nano-sized aluminum hydroxide". *Polymer Degradation and Stability* 92 (2007): 1433-1438.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [39] Panistha Lerdkajornsuk, Sireerat Charuchinda. "Effects of Bentonite and Sodium Chloride on Flame Retardant and Antidripping of Polyester Fabric". Proceedings of the Korean Society of Dyers and Finishers Conference 2010, pp. 68-69
- [40] รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย. "หนังสือสารปรับแต่งพอลิเมอร์" พิมพ์ครั้งที่ 1 ปี 2547  
บริษัท บุ๊คเน็ทจำกัด : หน้า 160-162





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

หาเทคนิคที่เหมาะสมในการตกแต่งผ้าไม้สักไม้ทอพอลิเอสเตอร์



แนวทางที่ 1 จากการศึกษางานวิจัยพบว่าการตกแต่งเส้นใยสำเร็จของผ้าที่ทำด้วยวิธีการ Pad-dry-cure

สามารถเคลือบสารลงบนผ้าได้มีประสิทธิภาพ โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน  
ขั้นตอนที่ 1 นำผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ทดลองแช่น้ำเพื่อดูการดูดซับน้ำ



แสดงแผนผังการดำเนินงานขั้นตอนที่ 1

สรุปผลการทดลอง

ผ้า nonwoven polyester 1 แผ่น ขนาด 18X13 เซนติเมตร แช่ในน้ำ 1,000 กรัม (ทำซ้ำ 3 ครั้ง)

ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
877.6 กรัม	888.4 กรัม	886.7 กรัม	884.23 $\approx$ 885 กรัม

น้ำ 1000 กรัม – ปริมาณน้ำที่เหลือหลังแช่ผ้า 885 กรัม = 115 กรัม

∴ ผ้าขนาด 234 ตารางเซนติเมตร ซึบน้ำ 115 กรัม

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมสารเคมี

จากขั้นตอนที่ 1 พบว่า การแช่ผ้าในน้ำ ทำให้ทราบว่าผ้าขนาด 234 ตารางเซนติเมตร ซึบน้ำ 115 กรัม ถ้าต้องใช้ผ้าขนาด 310.8 ตารางเซนติเมตร จะต้องเตรียมสารเท่าไร

$$\frac{310.8 \text{ ตารางเซนติเมตร} \times 115 \text{ กรัม}}{234 \text{ ตารางเซนติเมตร}} = 152.74 \text{ กรัม}$$

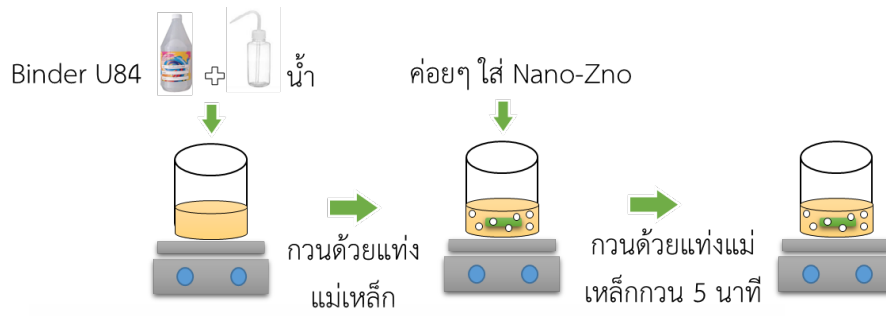
สรุปถ้าต้องใช้ผ้าขนาด 310.8 ตารางเซนติเมตร จะต้องเตรียมสาร 152.74 กรัม

ดังนั้นจะต้องเตรียมสารประมาณ 155 กรัม โดยน้ำ 1 ลิตร มีค่าประมาณ 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 1ก แสดงสูตรสารเคมีที่ทำการทดลอง

Acrylic binder (%v/v)	0	1	2
		2	
Nano-ZnO (%w/v)			3

$$\text{คำนวณสารที่ต้องเตรียมจากสูตร } \%v/v = \frac{\text{ปริมาตรตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรสารละลาย}} \times 100$$



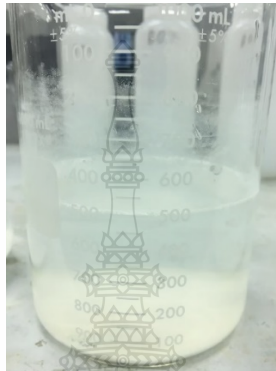
รูปที่ 1ก ขั้นตอนการผสมสารเคมี

ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการ pad-dry-cure



### สรุปผลการทดลองแนวทางที่ 1

การตกแต่งผ้าด้วยวิธี pad-dry-cure ไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ และมีน้ำหนักหรือความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ เมื่อตั้งทิ้งไว้ จะตกลงมาที่ก้นภาชนะกลายเป็นตะกอน ดังรูป



### รูปที่ 2ก ภาพตะกอนนาโนซิงค์ออกไซด์เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ

เมื่อนำผ้าพอลิเอสเตอร์มาแช่ในสารละลาย Binder U84 กับ Nana-ZnO ที่เตรียมไว้ทำให้พบว่าการกระจายตัวของสารบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์นั้นไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากเกิดการตกตะกอนของ Nano-ZnO ทำให้เกิดเป็นลักษณะคล้ายคราบสีขาวบนผ้า มีลักษณะเกาะกัน เป็นก้อนที่ผิวผ้า ดังรูป



### รูปภาพที่ 3ก ภาพตะกอนนาโนซิงค์ออกไซด์เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ

ดังนั้นวิธีการเคลือบสารเคมีลงบนผ้าด้วยวิธี Pad-dry-cure จึงไม่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้

## แนวทางที่ 2 วิธีการซิลค์สกรีน (Silkscreen Printing)

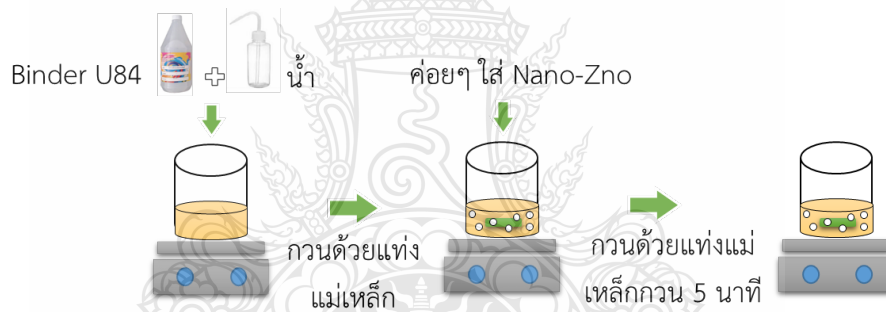
สามารถตกแต่งผ้าได้ โดยใช้แม่พิมพ์เป็นบล็อกผ้าที่ซึ่งให้ตั้ง ขั้นตอนการพิมพ์จะเป็นการกดหมึกให้ผ่านทะลุผ้า เพื่อถ่ายหมึกลงบนผ้า

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมสารเคมี

ตารางที่ 2ก แสดงสูตรสารเคมีที่ทำการทดลอง

Acrylic binder (%v/v)	0	10	30	50
Nano-ZnO (%w/v)		2		

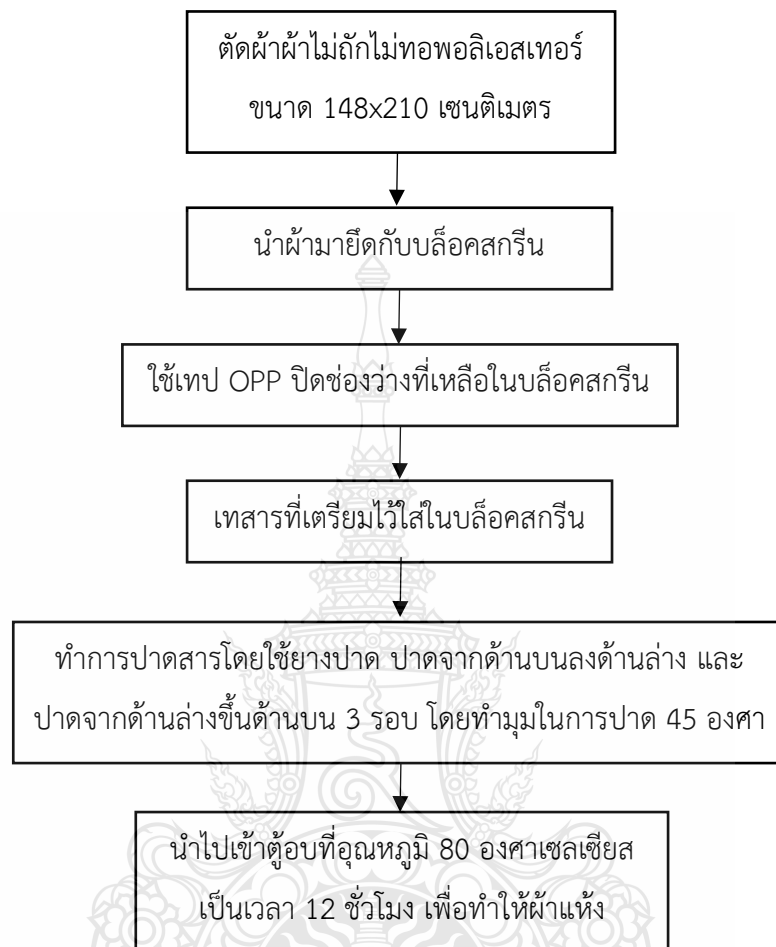
คำนวณสารที่ต้องเตรียมจากสูตร 
$$\%v/v = \frac{\text{ปริมาตรตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรสารละลาย}} \times 100$$



รูปที่ 4ก ขั้นตอนการผสมสารเคมี

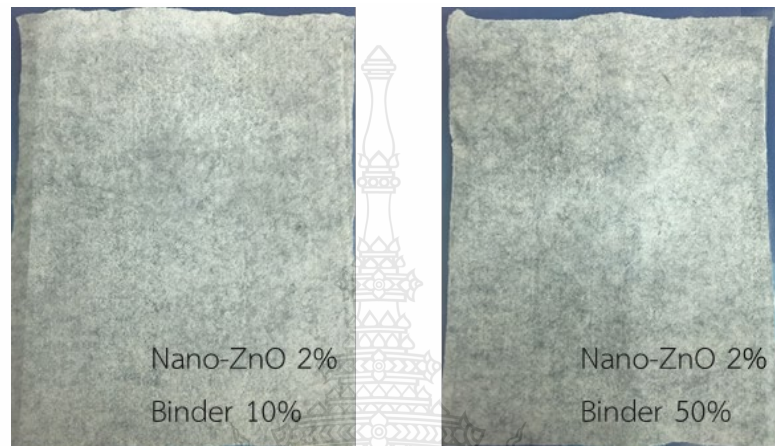


## ขั้นตอนที่ 2 การซิลค์สกรีน



สรุปผลการทดลอง

การตกแต่งผ้าด้วยวิธี ซิลค์สกรีน (Silkscreen Printing) ไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากผ้าไม่ถักไม่ทอมีการดูดซับน้ำมาก ทำให้ต้องใช้เวลาในการทำให้ผ้าแห้งนานถึง 12 ชั่วโมง ไม่เหมาะสมกับการใช้งานในอุตสาหกรรม และการที่ผ้าดูดซับน้ำมาก ทำให้การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนสารยึดเกาะหรือ Binder จะทำให้ผ้ามีลักษณะแข็ง ทำให้ผ้าสูญเสียสมบัติที่มี ดังรูป



รูปภาพที่ 5ก การตกแต่งผ้าด้วยวิธี ซิลค์สกรีน (Silkscreen Printing)

### แนวทางที่ 3 การพ่นเคลือบด้วยอุปกรณ์แอร์บรัช (Air bush)

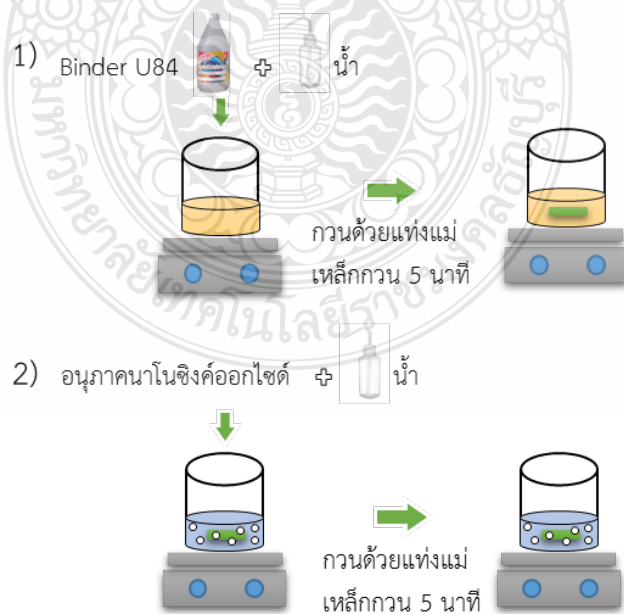
ขั้นตอนการพ่นเคลือบสารเคมีแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

- 1) ขั้นตอนการพ่น สารช่วยยึดติด Binder U84
- 2) ขั้นตอนการพ่น สารเติมแต่ง

ตารางที่ 3ก แสดงสูตรสารเคมีที่ทำการทดลอง

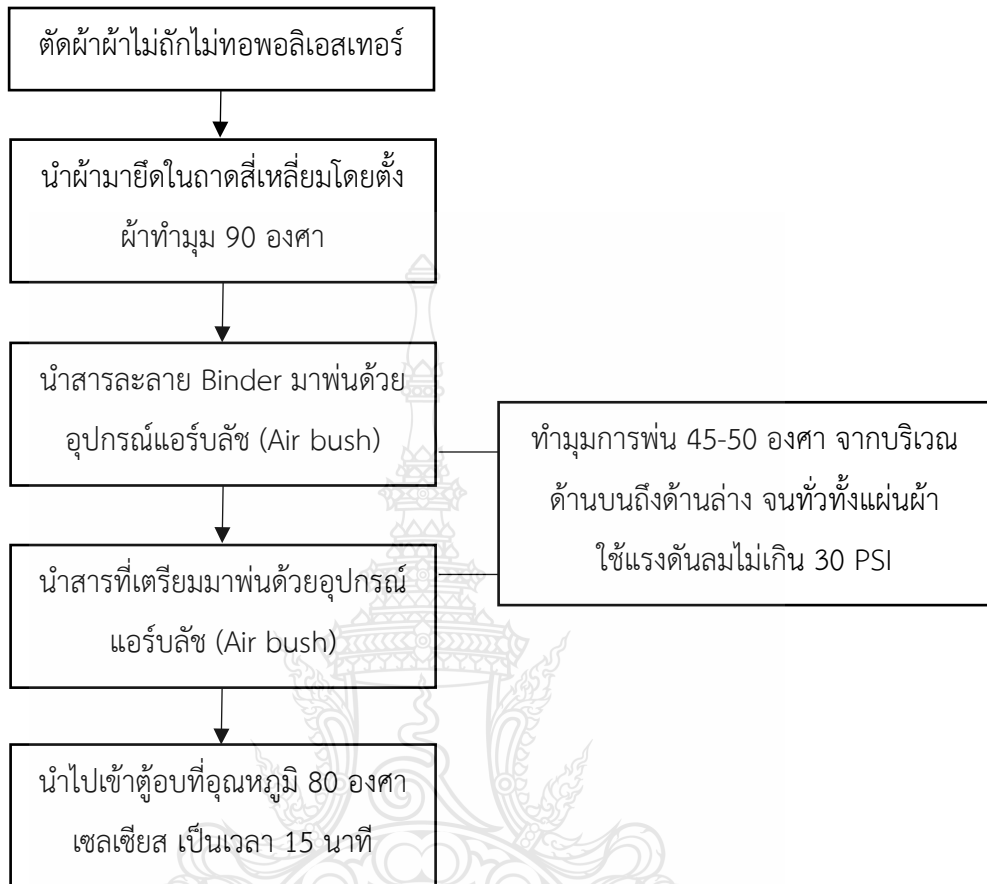
ที่ปริมาณสาร 100 %w/w						
Binder U84 (%w/w)	Nano-ZnO (%w/w)					
0						
8						
16	4	8	12	16	20	24
24						
32						

$$\text{คำนวณสารที่ต้องเตรียมจากสูตร } \%w/w = \frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย}}{\text{น้ำหนักสารละลาย}} \times 100$$



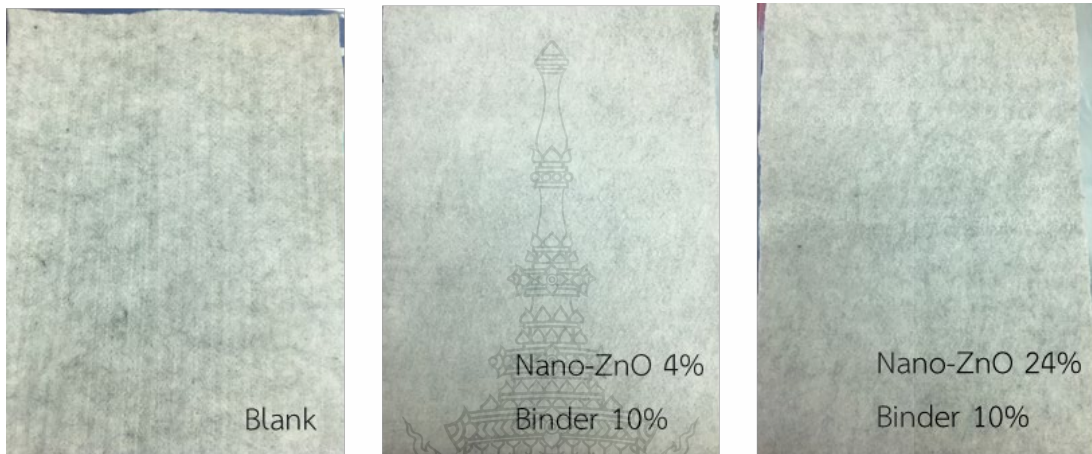
รูปภาพที่ 6ก ขั้นตอนการผสมสารเคมี

### การพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บลัช (Air bush)



สรุปผลการทดลอง

การพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บรัช (Air bush) ประสบความสำเร็จ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมได้ เนื่องจากอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์กระจายตัวได้ดีในผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ และเวลาในการทำให้ผ้าแห้งใช้เวลาเพียง 15 นาที ดังรูป



รูปภาพที่ 7ก การพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บรัช (Air bush)









ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) ธัญบุรี ปทุมธานี 12110  
โทรศัพท์ + 66 (0) 2549 3538



รายงานผลการวิเคราะห์ทดสอบ

เลขที่งาน 025/2564

- ชื่อลูกค้า นวัตกรรมวัสดุแขนงวิชเพื่อการเป็นฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ RDG250001  
ที่อยู่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก  
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร 0994000153180  
โทรศัพท์ 0846498448 โทรสาร
- รายละเอียดลักษณะ สภาพ และการบ่งชี้ ของตัวอย่างที่ทดสอบ  
ตัวอย่างมีลักษณะเป็นสารละลาย บรรจุภายในขวดแก้วฝาปิดสนิท
- รับตัวอย่าง วันที่ 20 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564
- ทำการทดสอบ วันที่ 22-28 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564
- ผลการวิเคราะห์ทดสอบ

5.1 ผลการตรวจวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ของสารสกัด

รายการที่วิเคราะห์	ขนาดบริเวณยับยั้ง (mm)
	ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณยับยั้ง
1. ZnO 1%	0.00
2. ZnO 5%	3.53
3. ZnO 10%	0.00
4. Nano-ZnO เกรดเครื่องสำอาง 1%	3.73
5. Nano-ZnO เกรดเครื่องสำอาง 5%	0.00

ลงนาม.....  
(นางอุไรวรรณ ใฝ่จันทร์)  
ผู้ดำเนินการวิเคราะห์

ลงนาม.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจิตรา ฤทธิศร)  
ผู้ตรวจสอบผลการวิเคราะห์

ลงนาม.....  
(ดร.อัยกวาธ อารีสิริสุข)

ลงนาม.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จงสวัสดิ์)  
ประธานกรรมการบริหารศูนย์ความเป็นเลิศ  
ด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

หัวหน้าศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

- รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเท่านั้น
- รายงานผลการทดสอบ ต้องไม่ถูกสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งหมดโดยได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจาก  
ห้องปฏิบัติการ
- ช่องหมายเหตุ ใช้ระบุ มาตรฐาน ข้อกำหนด detection limit หรือข้อมูลอื่นๆ ตามที่ลูกค้าร้องขอ
- \* เป็นรายการวิเคราะห์ที่ไม่รับรองโดย สมอ. และ/หรือ สรอ.
- N.D. หมายถึง ตรวจไม่พบ , LOD หมายถึง ขีดจำกัดวิธีวิเคราะห์





ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) ธัญบุรี ปทุมธานี 12110  
โทรศัพท์ + 66 (0) 2549 3538



6. Nano-ZnO เกรดเครื่องสำอาง 10%	3.50
7. Nano-ZnO เกรดเกษตร 1%	0.00
8. Nano-ZnO เกรดเกษตร 5%	0.00
9. Nano-ZnO เกรดเกษตร 10%	0.00
10. สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ) 1%	4.10
11. สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ) 5%	0.00
12. สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ) 10%	3.68
13. สารสกัดจากเปลือกมังคุด (ผง) 1%	3.53
14. สารสกัดจากเปลือกมังคุด (ผง) 5%	0.00
15. สารสกัดจากเปลือกมังคุด (ผง) 10%	0.00
16. ขมิ้นตัวทำละลายเอทานอล 1%	0.00
17. ขมิ้นตัวทำละลายเอทานอล 5%	0.00
18. ขมิ้นตัวทำละลายเอทานอล 10%	0.00
19. Binder	0.00

ชื่อนาม จิราพร  
(นางอุไรวรรณ ไฉ่จันทร์)  
ผู้ดำเนินการวิเคราะห์

ชื่อนาม San Jun.  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุญา ฤทธิศร)  
ผู้ตรวจสอบผลการวิเคราะห์

ชื่อนาม อมร  
(ดร.อัมภาวดี อารีสิริสุข)

ชื่อนาม นิพัทธ์ จงสวัสดิ์  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จงสวัสดิ์)

หัวหน้าศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

ประธานกรรมการบริหารศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

1. รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเท่านั้น
2. รายงานผลการทดสอบ ต้องไม่ถูกสืบนานเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นที่ระบุไว้โดยได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ
3. ช่องหมายเหตุ ใช้ระบุ มาตรฐาน ชื่อกำหนด detection limit หรือข้อมูลอื่นๆ ตามที่ลูกค้าร้องขอ
4. \* เป็นรายการวิเคราะห์ที่ไม่รับรองโดย สมอง และ/หรือ สรอก
5. N.D. หมายถึง ตรวจไม่พบ , LOD หมายถึง ขีดจำกัดวิธีการวิเคราะห์



ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) ธัญบุรี ปทุมธานี 12110  
โทรศัพท์ + 66 (0) 2549 3538



5.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของสารสกัด

รายการที่วิเคราะห์	ขนาดบริเวณยับยั้ง (mm)
	ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณยับยั้ง
1. ZnO 1%	0.00
2. ZnO 5%	0.00
3. ZnO 10%	0.00
4. Nano-ZnO เกรดเครื่องสำอาง 1%	0.00
5. Nano-ZnO เกรดเครื่องสำอาง 5%	0.00
6. Nano-ZnO เกรดเครื่องสำอาง 10%	0.00
7. Nano-ZnO เกรดเกษตร 1%	0.00
8. Nano-ZnO เกรดเกษตร 5%	0.00
9. Nano-ZnO เกรดเกษตร 10%	0.00
10. สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ) 1%	0.00
11. สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ) 5%	0.00
12. สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ) 10%	5.40
13. สารสกัดจากเปลือกมังคุด (ผง) 1%	0.00
14. สารสกัดจากเปลือกมังคุด (ผง) 5%	0.00
15. สารสกัดจากเปลือกมังคุด (ผง) 10%	4.05
16. ขมิ้นตัวทำละลายเอทานอล 1%	0.00

ลงนาม อรวิระ  
(นางอุไรวรรณ ไฉนจันทร์)  
ผู้ดำเนินการวิเคราะห์

ลงนาม Sea Ma  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุญา ฤทธิศรี)  
ผู้ตรวจสอบผลการวิเคราะห์

ลงนาม อรวิระ  
(ดร.อัญญาอร อารีศรีสุข)

ลงนาม อรวิระ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จงสวัสดิ์)  
ประธานกรรมการบริหารศูนย์ความเป็นเลิศ  
ด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

หัวหน้าศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

1. รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเท่านั้น
2. รายงานผลการทดสอบ ต้องไม่ถูกสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นที่ทั้งฉบับได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ
3. ช่องหมายเหตุ ใช้ระบุ มาตรฐาน ข้อกำหนด detection limit หรือข้อมูลอื่นๆ ตามที่ลูกค้าร้องขอ
4. \* เป็นรายการวิเคราะห์ที่ไม่รับรองโดย สมอ. และ/หรือ สรอ.
5. N.D. หมายถึง ตรวจไม่พบ , LOD หมายถึง ขีดจำกัดตรวจวิเคราะห์





ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) ธัญบุรี ปทุมธานี 12110  
โทรศัพท์ + 66 (0) 2549 3538



17. ขมิ้นตัวทำลายเอทานอล 5%	0.00
18. ขมิ้นตัวทำลายเอทานอล 10%	0.00
19. Binder	0.00

6. ออกเอกสารรายงานผลการวิเคราะห์ วันที่ 2 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2564

๑๖๖๖๖๖  
 (นางอุไรวรรณ ไผ่จันทร์)  
 ผู้ดำเนินการวิเคราะห์  
 ๐๖๖๖๖๖  
 (ดร.อัญญาอร อารีสิริสุข)  
 หัวหน้าศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

Seen Quor  
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจิตรา ฤทธิศรี)  
 ผู้ตรวจสอบผลการวิเคราะห์  
 ๖๖๖๖๖๖๖๖  
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จงสวัสดิ์)  
 ประธานกรรมการบริหารศูนย์ความเป็นเลิศ  
 ด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

1. รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเท่านั้น
2. รายงานผลการทดสอบ ต้องไม่ถูกสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นที่ทั้งฉบับได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ
3. ช่องหมายเหตุ ใช้ระบุ มาตรฐาน ข้อกำหนด detection limit หรือข้อมูลอื่นๆ ตามที่ลูกค้าร้องขอ
4. \* เป็นรายการวิเคราะห์ที่ไม่รับรองโดย สมอ. และ/หรือ สรอ.
5. N.D. หมายถึง ตรวจไม่พบ , LOD หมายถึง ขีดจำกัดวิธีการวิเคราะห์



ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) ธัญบุรี ปทุมธานี 12110  
โทรศัพท์ + 66 (0) 2549 3538



รายงานผลการวิเคราะห์ทดสอบ

เลขที่งาน 029/2564

- ชื่อลูกค้า นวัตกรรมวัสดุแขนงวิชเพื่อการเป็นฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ RDG250001  
ที่อยู่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก  
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร 0994000153180  
โทรศัพท์ 0846498448 โทรสาร
- รายละเอียดลักษณะ สภาพ และการบ่งชี้ ของตัวอย่างที่ทดสอบ  
ตัวอย่างมีลักษณะเป็นผ้าสำลีตัดเป็นวงกลม
- รับตัวอย่าง วันที่ 30 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2564
- ทำการทดสอบ วันที่ 31 เดือน มีนาคม - 2 เมษายน พ.ศ. 2564
- ผลการวิเคราะห์ทดสอบ

5.1 ผลการตรวจวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ของผ้าสำลีเคลือบสารสกัด

รายการที่วิเคราะห์	ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยับยั้งแบคทีเรีย (มิลลิเมตร)
1. ชุดควบคุม	0.00
2. Bmngcud 5%	15.83
3. Bmngcud 10%	17.20
4. Bmngcud 20%	18.18

ลงนาม.....

(นางอุไรวรรณ ไฉนจันทร์)

ผู้ดำเนินการวิเคราะห์

ลงนาม.....

(ดร.อัญญา อารีสิริสุข)

หัวหน้าศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

ลงนาม.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุญา ฤทธิศร)

ผู้ตรวจสอบผลการวิเคราะห์

ลงนาม.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จงสวัสดิ์)

ประธานกรรมการบริหารศูนย์ความเป็นเลิศ  
ด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

- รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเท่านั้น
- รายงานผลการทดสอบ ต้องไม่ถูกสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งหมดโดยได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ
- ช่องหมายเหตุ ใช้ระบุ มาตรฐาน ชื่อกำหนด detection limit หรือข้อมูลอื่นๆ ตามที่ลูกค้าร้องขอ
- \* เป็นรายการวิเคราะห์ที่ไม่รับรองโดย สมอ. และ/หรือ สรอ.
- N.D. หมายถึง ตรวจไม่พบ , LOD หมายถึง ขีดจำกัดวิธีการวิเคราะห์





ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) ธัญบุรี ปทุมธานี 12110  
โทรศัพท์ + 66 (0) 2549 3538



รายการวิเคราะห์	ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยับยั้งแบคทีเรีย (มิลลิเมตร)
5. BZnO 5%	22.60
6. BZnO 10%	19.08
7. BNano-ZnO 5%	18.97
8. BNano-ZnO 10%	19.53
9. มังคุด 5%	17.72
10. มังคุด 10%	17.48
11. มังคุด 20%	19.08
12. ZnO 5%	19.57
13. ZnO 10%	19.40
14. Nano-ZnO 5%	19.28
15. Nano-ZnO 10%	17.83

ลงนาม.....  
(นางอุไรวรรณ ไผ่จันทร์)  
ผู้ดำเนินการวิเคราะห์

ลงนาม.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศงยา ฤทธิศรี)  
ผู้ตรวจสอบผลการวิเคราะห์

ลงนาม.....  
(ดร.อัญญา อารีวิสุทธิ์)  
หัวหน้าศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

ลงนาม.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จงสวัสดิ์)  
ประธานกรรมการบริหารศูนย์ความเป็นเลิศ  
ด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

1. รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเท่านั้น
2. รายงานผลการทดสอบ ต้องไม่ถูกสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำที่ระบุโดยได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ
3. ช่องหมายเหตุ ใช้ระบุ มาตรฐาน ชื่อกำหนด detection limit หรือข้อมูลอื่นๆ ตามที่ลูกค้าร้องขอ
4. \* เป็นรายการวิเคราะห์ที่ไม่รับรองโดย สโม. และ/หรือ สรอ.
5. N.D. หมายถึง ตรวจไม่พบ , LOD หมายถึง ซีตจำกัตรีสารวิเคราะห์

Center of Excellence in Nano-Biotechnology Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Rungsit - Nakornnayok (km.13) Rd., Thanyaburi, Pathumthani 12110, THAILAND.





5.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของผ้าสำลีเคลือบสารสกัด

รายการที่วิเคราะห์	ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยับยั้งแบคทีเรีย (มิลลิเมตร)
1. ชุดควบคุม	0.00
2. B มังคุด 5%	14.82
3. B มังคุด 10%	15.17
4. B มังคุด 20%	17.10
5. มังคุด 5%	13.18
6. มังคุด 10%	15.90
7. มังคุด 20%	17.08

6. ออกเอกสารรายงานผลการวิเคราะห์ วันที่ 5 เดือน เมษายน พ.ศ. 2564

ลงนาม ไฉวรรณ (นางอุไรวรรณ ไฉฉนทร์) ผู้ดำเนินการวิเคราะห์  
 ลงนาม อัญญา (ดร.อัญญา อารีศิริสุข) หัวหน้าศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน  
 ลงนาม Pol Quen (ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุญา ฤทธิศรี) ผู้ตรวจสอบผลการวิเคราะห์  
 ลงนาม ณัฐ อรรถ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จงสวัสดิ์) ประธานกรรมการบริหารศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพและนาโน

1. รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเท่านั้น
2. รายงานผลการทดสอบ ต้องไม่ถูกสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งหมดโดยได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ
3. ช่องหมายเหตุ ใช้ระบุ มาตรฐาน ข้อจำกัด detection limit หรือข้อมูลอื่นๆ ตามที่ลูกค้าร้องขอ
4. \* เป็นรายการวิเคราะห์ที่ไม่รับรองโดย สมอ. และ/หรือ สรอ.
5. N.D. หมายถึง ตรวจไม่พบ , LOD หมายถึง ขีดจำกัดวิเคราะห์

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบการต้านทานต่อรังสียูวี







**Foundation for Industrial Development**  
**Thailand Textile Institute / Textile Testing Center**  
 Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakonong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.  
 Tel: (66) 2713 5492-9 Fax: (66) 2712 4527 www.thaitextile.org

### รายงานผลการทดสอบ

ผู้ขอรับบริการ : นวัตกรรมวัสดุเคมีเพื่อการเป็นฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ หมายเลขรายงานผล : RM 0031/64  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (RDG250001) หมายเลขใบคำขอทดสอบ : -  
 39 หมู่ที่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี วันที่ออกรายงานผล : 08/04/64  
 จังหวัดปทุมธานี 12110 หน้า : 1/5  
 วันที่รับตัวอย่าง : 25/03/64  
 วันที่ทดสอบ : 25/03/64-08/04/64


หมายเลขตัวอย่าง ชื่อ/รายละเอียดตัวอย่าง (ตามที่ผู้ขอรับบริการระบุ)  
 RM 0031-1/64 POLYESTER NONWOVEN  
 RM 0031-2/64 BINDER 4% W/W  
 RM 0031-3/64 ZnO 5% W/W  
 RM 0031-4/64 ZnO 10% W/W  
 RM 0031-5/64 Nano-ZnO 5% W/W  
 RM 0031-6/64 Nano-ZnO 10% W/W  
 RM 0031-7/64 BZnO 5% W/W  
 RM 0031-8/64 BZnO 10% W/W  
 RM 0031-9/64 BNano-ZnO 5% W/W  
 RM 0031-10/64 BNano-ZnO 10% W/W

	RM 0031-1/64	RM 0031-2/64	RM 0031-3/64	RM 0031-4/64	RM 0031-5/64
การอบแสงอัลตราไวโอเล็ต : ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM G154 : 2006, CYCLE 3					
สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

	RM 0031-6/64	RM 0031-7/64	RM 0031-8/64	RM 0031-9/64	RM 0031-10/64
การอบแสงอัลตราไวโอเล็ต : ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM G154 : 2006, CYCLE 3					
สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

ผู้อนุมัติ

  
 (นางสาวสุธีรัตน์ เกษมศิริเพ็ญ)  
 (ผู้จัดการห้องทดสอบเคมีวิเคราะห์)

219573

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"

This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.



**Foundation for Industrial Development  
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center**

Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakonong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.  
Tel: (66) 2713 5492-9 Fax: (66) 2712 4527 www.thaitextile.org

**รายงานผลการทดสอบ**

หมายเลขรายงานผล : RM 0031/64  
หมายเลขใบคำขอทดสอบ : -  
วันที่ออกรายงานผล : 08/04/64  
หน้า : 2/5

หมายเหตุ - เครื่องทดสอบ : ATLAS UV TEST™  
- LAMP : UVB-313  
- TYPICAL IRRADIANCE : 0.49 W/m<sup>2</sup>/nm  
- APPROXIMATE WAVELENGTH : 310 nm  
- EXPOSURE CYCLE : 8 HOURS UV AT 70±3°C BLACK PANEL TEMPERATURE;  
4 HOURS CONDENSATION AT 50±3°C BLACK PANEL TEMPERATURE  
- เวลาในการอบแสง UV : 12 ชั่วโมง  
- ใช้ GRAY SCALE FOR COLOR CHANGE ในการประเมินผล  
- สีเปลี่ยนจากเดิม

ระดับ	5	หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี
	4	หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
	3	หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงพอสังเกตเห็นได้
	2	หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก
	1	หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงมาก

	RM 0031-1/64	RM 0031-2/64	RM 0031-3/64	RM 0031-4/64	RM 0031-5/64
การอบแสงอัลตราไวโอเล็ต : ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM G154 : 2006, CYCLE 4					
สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	RM 0031-6/64	RM 0031-7/64	RM 0031-8/64	RM 0031-9/64	RM 0031-10/64
การอบแสงอัลตราไวโอเล็ต : ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM G154 : 2006, CYCLE 4					
สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

หมายเหตุ - เครื่องทดสอบ : ATLAS UV TEST™  
- LAMP : UVA-340  
- TYPICAL IRRADIANCE : 1.55 W/m<sup>2</sup>/nm  
- APPROXIMATE WAVELENGTH : 340 nm  
- EXPOSURE CYCLE : 8 HOURS UV AT 70±3°C BLACK PANEL TEMPERATURE;  
4 HOURS CONDENSATION AT 50±3°C BLACK PANEL TEMPERATURE  
- เวลาในการอบแสง UV : 12 ชั่วโมง

219574

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"

This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

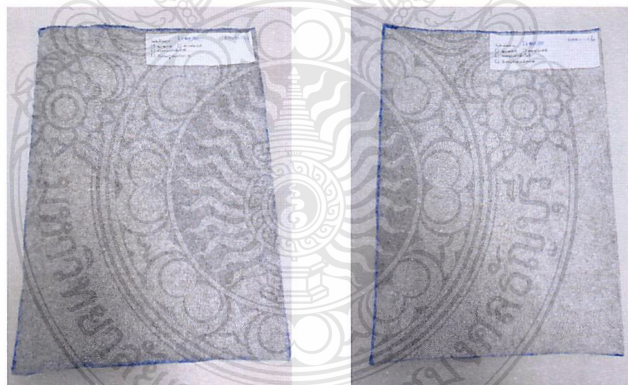
รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล : RM 0031/64  
หมายเลขใบคำขอทดสอบ : -  
วันที่ออกรายงานผล : 08/04/64  
หน้า : 3/5



รูปที่ 1 : RM 0031-1/64

รูปที่ 2 : RM 0031-2/64



รูปที่ 3 : RM 0031-3/64

รูปที่ 4 : RM 0031-4/64

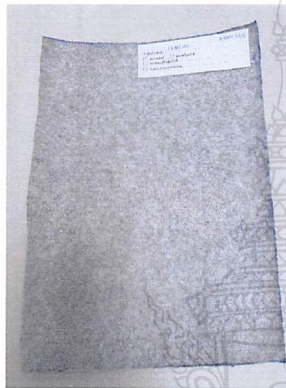
219580

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"

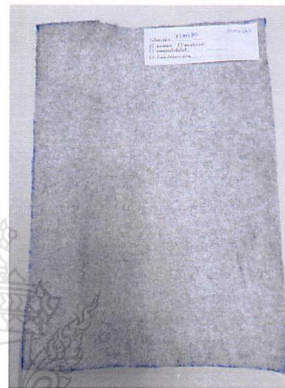
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล : RM 0031/64  
หมายเลขใบคำขอทดสอบ : -  
วันที่ออกรายงานผล : 08/04/64  
หน้า : 4/5



รูปที่ 5 : RM 0031-5/64



รูปที่ 6 : RM 0031-6/64



รูปที่ 7 : RM 0031-7/64



รูปที่ 8 : RM 0031-8/64

219585

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความคิดตามประมวลกฎหมายอาญา"

This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.





Foundation for Industrial Development  
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center  
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phraknong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.  
Tel: (66) 2713 5492-9 Fax: (66) 2712 4527 www.thaitextile.org

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล : RM 0031/64  
หมายเลขใบคำขอทดสอบ : -  
วันที่ออกรายงานผล : 08/04/64  
หน้า : 5/5



รูปที่ 9 : RM 0031-9/64

รูปที่ 10 : RM 0031-10/64



219586

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"

This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/ goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

ภาคผนวก ง

น้ำหนักการคำนวณ % Yield ฝ้ายก่อนฟั่นและหลังฟั่น



การคำนวณหาปริมาณสารที่พ่นเคลือบบนผ้า Polyester Nonwoven

$$\text{วิธีการคำนวณจากสูตร Percent yield} = \frac{a}{b} \times 100\%$$

โดย a คือ น้ำหนักหลังพ่น

b คือ น้ำหนักผ้าก่อนพ่น

ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักการคำนวณ % Yield ผ้าก่อนพ่นและหลังพ่น PART 1

สมบัติต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย

Tensile Test		ก่อน	หลัง	% Yield
ZnO	5 %w/w	48.96	49.00	100.08
	5 %w/w	47.32	47.82	101.06
	10 %w/w	43.5	44.08	101.33
	10 %w/w	42.62	43.32	101.64
Nano-ZnO	5 %w/w	48.00	48.19	100.40
	5 %w/w	44.35	44.52	100.38
	10 %w/w	44.28	44.66	100.86
	10 %w/w	45.80	46.00	100.44
สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ)	5 %w/w	46.04	46.18	100.30
	5 %w/w	45.66	45.72	100.13
	10 %w/w	45.66	45.86	100.44
	10 %w/w	48.92	49.12	100.41
Sound Test (SAC)				
ZnO	5 %w/w	45.64	45.69	100.11
	10 %w/w	47.45	47.78	100.70
Nano-ZnO	5 %w/w	49.60	49.67	100.14
	10 %w/w	47.36	48.19	101.75
สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ)	5 %w/w	45.66	45.72	100.13
	10 %w/w	46.04	46.18	100.30



ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักการคำนวณ % Yield ผ้าก่อนพ่นและหลังพ่น PART 1 (ต่อ)

ทดสอบการต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย		ก่อน	หลัง	% Yield
ZnO	5 %w/w	45.72	45.88	100.35
	10 %w/w	47.49	47.82	100.69
Nano-ZnO	5 %w/w	49.54	49.69	100.30
	10 %w/w	47.39	48.23	101.77
สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ)	5 %w/w	46.26	46.59	100.71
	10 %w/w	45.72	46.25	101.16
การทดสอบการต้านทานเสื่อมสภาพจากรังสี UV				
ZnO	5 %w/w	45.72	45.88	100.35
	10 %w/w	47.49	47.82	100.69
Nano-ZnO	5 %w/w	49.54	49.69	100.30
	10 %w/w	47.39	48.23	101.77
สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ)	5 %w/w	45.72	46.85	102.47
	10 %w/w	46.26	46.59	100.71
สมบัติการต้านทานการติดไฟ				
Tensile strength		ก่อน	หลัง	% Yield
Bentonite	5 %w/w	45.68	45.86	100.39
	5 %w/w	43.80	43.93	100.30
	10 %w/w	47.12	47.53	100.87
	10 %w/w	45.38	45.75	100.82
	15 %w/w	44.50	44.9	100.90
	15 %w/w	47.60	48.16	101.18
Aluminium hydroxide	20 %w/w	46.21	46.70	101.06
	20 %w/w	44.01	45.09	102.45
	5 %w/w	47.68	48.62	101.97
	5 %w/w	47.13	48.22	102.31
	10 %w/w	44.33	45.72	103.14
	10 %w/w	48.82	49.59	101.58

ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักการคำนวณ % Yield ผ้าก่อนพ่นและหลังพ่น PART 1 (ต่อ)

Tensile strength		ก่อน	หลัง	% Yield
Aluminium hydroxide	15 %w/w	46.91	47.5	101.26
	15 %w/w	46.58	47.73	102.47
	20 %w/w	48.02	48.15	100.27
	20 %w/w	46.98	47.31	100.70
Sound Test (SAC)				
Bentonite	5 %w/w	45.59	45.79	100.44
	10 %w/w	45.78	45.82	100.09
	15 %w/w	45.62	46.04	100.92
	20 %w/w	44.95	45.52	101.27
Aluminium hydroxide	5 %w/w	43.13	43.63	101.16
	10 %w/w	43.96	44.57	101.39
	15 %w/w	42.75	43.63	102.06
	20 %w/w	43.31	44.35	102.40
flammability test				
Bentonite	5 %w/w	46.58	46.62	100.09
	10 %w/w	45.74	46.12	100.83
	15 %w/w	44.07	44.72	101.47
	20 %w/w	43.26	43.91	101.50
Aluminium hydroxide	5 %w/w	43.87	43.98	100.25
	10 %w/w	45.32	45.89	101.26
	15 %w/w	44.65	45.21	101.25
	20 %w/w	45.22	45.89	101.48

ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักการคำนวณ % Yield ผ่าก่อนพ่นและหลังพ่น PART 2

สมบัติต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย

Tensile Test		ก่อน	หลัง	% Yield
ZnO	5 %w/w	48.83	48.96	100.27
	5 %w/w	47.35	47.87	101.10
	10 %w/w	43.66	44.25	101.35
	10 %w/w	42.47	43.52	102.47
Nano-ZnO	5 %w/w	48.07	48.26	100.40
	5 %w/w	44.53	44.79	100.58
	10 %w/w	44.32	44.56	100.54
	10 %w/w	45.84	46.06	100.48
สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ)	5 %w/w	46.14	46.38	100.52
	5 %w/w	45.68	45.76	100.18
	10 %w/w	45.54	45.93	100.86
	10 %w/w	48.93	49.55	101.27
Sound Test (SAC)				
ZnO	5 %w/w	47.12	47.45	100.70
	10 %w/w	42.36	42.87	101.20
Nano-ZnO	5 %w/w	44.14	44.69	101.25
	10 %w/w	45.38	46.00	101.37
สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ)	5 %w/w	45.15	45.85	101.55
	10 %w/w	48.56	49.08	101.07

ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักการคำนวณ % Yield ผ้าก่อนพ่นและหลังพ่น PART 2 (ต่อ)

ทดสอบการต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย		ก่อน	หลัง	% Yield
ZnO	5 %w/w	48.96	49	100.08
	10 %w/w	43.50	44.08	101.33
Nano-ZnO	5 %w/w	48.04	48.19	100.31
	10 %w/w	44.28	44.66	100.86
สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ)	5 %w/w	46.04	46.18	100.30
	10 %w/w	45.66	45.86	100.44
การทดสอบการต้านทานเสื่อมสภาพจากรังสี UV				
ZnO	5 %w/w	47.32	47.82	101.06
	10 %w/w	42.62	43.32	101.64
Nano-ZnO	5 %w/w	44.35	44.52	100.38
	10 %w/w	45.80	46.00	100.44
สารสกัดจากเปลือกมังคุด (น้ำ)	5 %w/w	45.66	45.72	100.13
	10 %w/w	48.92	49.12	100.41
สมบัติการต้านทานการตีไฟ				
Tensile strength		ก่อน	หลัง	% Yield
Bentonite	5 %w/w	46.08	46.18	100.22
	5 %w/w	47.86	47.97	100.23
	10 %w/w	46.12	46.25	100.28
	10 %w/w	45.93	46.05	100.26
	15 %w/w	47.96	48.72	101.58
	15 %w/w	45.03	45.41	100.84
	20 %w/w	47.74	48.14	100.84
	20 %w/w	45.52	46.84	102.90
Aluminium hydroxide	5 %w/w	47.15	47.25	100.21
	5 %w/w	44.10	44.28	100.41
	10 %w/w	48.00	48.20	100.42
	10 %w/w	48.15	48.37	100.46

ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักการคำนวณ % Yield ผ้าก่อนพ่นและหลังพ่น PART 2 (ต่อ)

Tensile strength		ก่อน	หลัง	% Yield
Aluminium hydroxide	15 %w/w	47.94	48.18	100.50
	15 %w/w	43.57	44.04	101.08
	20 %w/w	43.86	45.12	102.87
	20 %w/w	43.92	44.86	102.14
Sound Test (SAC)				
Bentonite	5 %w/w	45.74	45.92	100.39
	10 %w/w	45.62	45.84	100.48
	15 %w/w	45.03	46.79	103.91
	20 %w/w	44.86	45.43	101.27
Aluminium hydroxide	5 %w/w	43.23	43.72	101.13
	10 %w/w	43.63	44.44	101.86
	15 %w/w	43.01	43.94	102.16
	20 %w/w	43.77	44.62	101.94
flammability test				
Bentonite	5 %w/w	45.38	45.60	100.48
	10 %w/w	47.32	47.80	101.01
	15 %w/w	47.19	48.03	101.78
	20 %w/w	47.35	48.17	101.73
Aluminium hydroxide	5 %w/w	46.52	46.86	100.73
	10 %w/w	47.44	48.07	101.33
	15 %w/w	47.45	48.21	101.60
	20 %w/w	47.62	48.28	101.39



ภาคผนวก จ

การนำเสนอผลงานทางวิชาการ





**The 5<sup>th</sup> Rajamangala Manufacturing and Management  
Technology Conference 2020**

*การประชุมวิชาการราชมนังคาลัยเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 5*

# **R**MTC 2020

*Production Technology and Management for Improving Smart Farming*

## **P**roceedings

**Conference 2020**

**3-4 September 2020, K.P. Grand Hotel Chanthaburi**

[www.rmtc2020.org](http://www.rmtc2020.org)

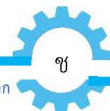


### **Conference Topics**

- Production and Operations Management
- Manufacturing engineering
- Materials Science and Applications
- Supply Chain and Logistics
- Industrial Education
- Other Related fields

### สาขาวิชาในการประชุม

- การจัดการการผลิตและการดำเนินงาน (Production and Operations Management)
- วิศวกรรมการผลิต (Manufacturing Engineering)
- วัสดุศาสตร์และการประยุกต์ใช้งาน (Materials Science and Application)
- โซ่อุปทานและโลจิสติกส์ (Supply Chain and Logistics)
- ครุศาสตร์อุตสาหกรรม (Industrial Education)
- สาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง (Other Related Fields)



### ประธานคณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ RMTC 2020

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์	ประมุงคล	(มทร.ตะวันออก)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธุ์เดช	นนท์แสงโรจน์	(มทร.ตะวันออก)
อาจารย์ธฤติ	หมอรัक्षा	(มทร.ตะวันออก)
อาจารย์จิรวัดน์	ณ พัทลุง	(มทร.ตะวันออก)
อาจารย์ศราว	จันทร์กลาง	(มทร.ตะวันออก)
อาจารย์อึ้งยศ	ทิพย์ศรีราช	(มทร.ตะวันออก)
อาจารย์สมภาร	ศรีประเทือง	(มทร.ตะวันออก)
นายพิชิตชัย	เรื่อน้อย	(มทร.ตะวันออก)
นางสาววรรณิสา	อยู่สนอง	(มทร.ตะวันออก)

### คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ RMTC 2020 ประจำเครือข่าย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนินท์	มีมนต์	(มทร.ธัญบุรี)	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสพิรุฬห์	วัชรศรีสำเร็จ	(มทร.สุวรรณภูมิ)	รองประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย	ต่อสกุล	(มทร.ธัญบุรี)	กรรมการ
รองศาสตราจารย์สุรสิทธิ์	ระวังวงศ์	(มทร.ศรีวิชัย)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชระ	กัญจนกาญจน์	(มทร.สุวรรณภูมิ)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นนท์โชติ	อุดมศรี	(มทร.สุวรรณภูมิ)	กรรมการ
อาจารย์สัญญา	คำจริง	(มทร.สุวรรณภูมิ)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณ	สุจารี	(มทร.รัตนโกสินทร์)	กรรมการ
อาจารย์ในรัชชลา	กำไลทอง	(มทร.รัตนโกสินทร์)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นทีชัย	ผัสดี	(มทร.ล้านนา)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แมน	ด้อยแพร่	(มทร.ล้านนา)	กรรมการ
อาจารย์สุทธิพงษ์	จำรูญรัตน์	(มทร.พระนคร)	กรรมการ
อาจารย์อรัชชัย	ชาติตำนาน	(มทร.พระนคร)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชัย	จันทร์มณี	(มทร.กรุงเทพ)	กรรมการ
อาจารย์ ดร.ฤทธิชัย	ภาเนียม	(มทร.กรุงเทพ)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์	วรรณศรี	(มทร.อีสาน)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติวัฒน์	นิกายจนธาร	(มทร.อีสาน)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์	ธรรมแสง	(มทร.อีสาน)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิสิษฐ์	ศรีน้อย	(มทร.อีสาน)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธุ์เดช	นนท์แสงโรจน์	(มทร.ตะวันออก)	กรรมการ
อาจารย์จิรวัดน์	ณ พัทลุง	(มทร.ตะวันออก)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูชาติ	สนิ	(มทร.ศรีวิชัย)	กรรมการและเลขานุการ
อาจารย์ธฤติ	หมอรัक्षा	(มทร.ตะวันออก)	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

### คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ RMTC 2020 ด้านบทความ

อาจารย์อึ้งยศ	ทิพย์ศรีราช	ประธานกรรมการ
อาจารย์ชัชวาลจิต	ออกเวหา	รองประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณิน	ทองอวัช	กรรมการ
อาจารย์วัชรธร	จันทร์ขมภู	กรรมการ



อาจารย์กฤษภา	เจริญมูล	กรรมการ
อาจารย์ยุพา	บุญมี	กรรมการ
อาจารย์สุจิตรา	ทิพย์ศรีราช	กรรมการและเลขานุการ

**ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (Reviewer)**

ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์	พงศ์ศุภสมิทธิ์	ข้าราชการบำนาญ
ศาสตราจารย์ ดร.สิน	พันธ์พินิจ	ข้าราชการบำนาญ
ศาสตราจารย์ ดร.วีไล	รังสาดทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร	แก่งพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์	ปิตาคะโส	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา	เศรษฐนันท์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ทศพล	เกียรติเจริญผล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรเดช	วุฒิพรพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์	สุนันทชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.วารุณี	เปรมานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.มณีนครา	พิริยวิรุฒม์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ประชา	บุญยวานิชกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รองศาสตราจารย์ ดร.กัณวีรัช	พลูปราษฎ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนศ	รัตนวีไล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์ศิริ	สิงห์เลื่อน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์เลิศชัย	ระตะนะอาพร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.เสมอจิตร์	หอมรสสุนธ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุตสาคร	อินธิเดช	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา	เกรียงกรกฎ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา	เกรียงกรกฎ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์	แก้วพลอย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
รองศาสตราจารย์ ดร.ประยูร	สุรินทร์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
รองศาสตราจารย์ ดร.ชนนาล	กฤตวรกาญจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.นิเวศ	เจริญใจ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุท	เกษมเศรษฐ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณ	สุดสนธิ์	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ	กล่อมจิตร์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รองศาสตราจารย์ ดร.กวิณ	สนธิเพิ่มพูน	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธิชัย	บันเทิงจิตร์	มหาวิทยาลัยสยาม
รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์	เทพพิทักษ์	มหาวิทยาลัยบูรพา
รองศาสตราจารย์จันทร์ชา	นาควจิตรระกุล	มหาวิทยาลัยบูรพา
รองศาสตราจารย์วรัญญา	โนนม่วง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
รองศาสตราจารย์สุรสิทธิ์	ระวีวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
รองศาสตราจารย์เดช	เหมือนขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
รองศาสตราจารย์ไพบุลย์	แย้มเมื่อน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัสชนก	จงประสิทธิ์พร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติวัฒน์	สิริเกษมสุข	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์	รัตนพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุจน์	สังข์พงศ์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสพร	มีมงคล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สวัสดิ์	ภาวระราช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิวัฒน์	มุตตามระ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรวรรณ	คล้ายภยันต์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสวัชร	นาคเขียว	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนิรุท	ไชยจารุณิช	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิศา	สุนารักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา	ลาสุนนท์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ	มีโส	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา	ศิลปษา	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นลิน	เพ็ชรทอง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ	สินธุเชาวน์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศร	ภูนิคม	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กสิณ	รังสิกรรพุม	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต	มณิศรี	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา	ศรียานลักษ์ณ	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์	พรสิงห์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทร์เพ็ญ	อนูรัตน์านนท์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยนัฐ	โตอ่อน	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมลักษณ์	วรรณฤมล กิเยลาโรว่า	มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์	พงษ์เจริญ	มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธินิตย์	พุทธพนม	มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โพธิ์งาม	สมกุล	มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสัจจา	วิทย์ศักดิ์	มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา	ประสพชัยชนะ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมเสียง	จันทาสี	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัชชา	เครือฟู	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปณิศา	คินดี	มหาวิทยาลัยสยาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวะ	วสุนธราภิวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล	มงคลธนาวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์	เจริญสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจตน์จรรย์	อาจไธสง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธุ์เดช	มนต์แสงโรจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประหยัด	กองสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา	ศรีสัตยกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม	ศิริวาท	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชรินทร์	สิทธิเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์	ศิริรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พีรวัตร	ลือสัก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นทีชัย	ผัสดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา



ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์กร	สุรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติตรี	หอมเขียว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูโชติ	สนิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยงยุทธ	ดุยกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์พันธ์	ราชภักดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวกร	มุกसान	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์	ธรรมแสง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย	สิทธิวิงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาภิญญา	อัครฤทธิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมใจ	บุญหมื่นไวย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรพจน์	วัชโรภากุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิชัย	สง่างาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์รพีพงษ์	เปี่ยมสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี	กาญจนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภฤชฎางค์	ศุภระมูล	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ (เพชรบุรีวิทยาเขตกรณม์)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระยุทธ	สุดสมบุรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทพงศ์	นันทสำเริง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภิม	พรประเสริฐ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวรุจน์	อิมโพ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐภูมิ	เกาชาวี	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมพงษ์	เกศศรีพงษ์ศา	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระชัย	แสงฉาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยยุทธ	มิ่งงาม	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภชัย	ชัยณรงค์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กุลยุทธ	บุญแข็ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อาจารย์ ดร.จรัสวรรณ	โกยวานิช	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
อาจารย์ ดร.จินกุด	โชติภาวริศ	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ ดร.นรา	สมิตถาพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อาจารย์ ดร.สุรียา	จิรสถิตสิน	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อาจารย์ ดร.กุลภัสร์	ทองแก้ว	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อาจารย์ ดร.วิเรชา	คำจันทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร.ศักดิ์ดา	คำจันทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร.ทศพร	จูลิม	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อาจารย์ ดร.วาปี	มโนภินิเวศ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ ดร.สาลินี	สันติธีรากุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ ดร.ชวิต	บุญมี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ ดร.ชุลีพร	ป่าไร่	มหาวิทยาลัยนเรศวร
อาจารย์ ดร.สิทธิชัย	แสงเหล่ม	มหาวิทยาลัยศิลปากร
อาจารย์ ดร.นรงค์	วิชามา	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
อาจารย์ ดร.อาภาวี	แสงเสถียร	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
อาจารย์ ดร.โซทยา	โฉมเฉลา	มหาวิทยาลัยนครพนม





สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
MSA127 การตกแต่งสำเร็จผ้าไม้อัดไม้ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการพ่นเพื่อสมบัติ ต้านทานการติดไฟ ทวิพร อังคะตะลาพร และฉันทิทิพ สฤลเชมภูทัย	857
MSA128 การศึกษาการเตรียมและคุณสมบัติของพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตโดยการเติมซิลิกอน คาร์ไบด์/อะลูมิเนียมไนไตรด์/กราไฟต์ด้วยการทำคอมปาวด์โดย การหลอมผสม วรรณพร ชิวฉิมพิงค์, รอมภอน บูระพา, วรพงศ์ บุญช่วยแทน, อนุธิดา จิตนุรักษ์ และวรัตน์ ทล่อเกศสุวรรณ	863
MSA129 ศึกษาอิทธิพลกระบวนการครีตพื้นผิวอะลูมิเนียมบรอนซ์ H5114 ด้วยเซรามิกบอลที่มีผลต่อความแข็งผิวและการเกิดความเค้นตกค้าง มานนท์ กองแดง และศิริชัย ต่อสกุล	869
Supply Chain and Logistics (SCL) จำนวน 21 บทความ	
SCL101 การเปรียบเทียบการให้บริการและค่าใช้จ่ายของบริษัทเอพาร์ทเซอร์ซ: กรณีศึกษา บริษัทแลนต์โก้สปอร์ตแอนด์มิลลิเคิล นัยสยาม ทิมรัตน์, มาลัย โพธิพันธ์ และวิชุดา มิ่งสกุล	876
SCL102 การเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งเครื่องตีมโดยรถบรรทุกจากกรุงเทพมหานครไป กรุงเทพมหานคร กรมศึกษา บริษัท เอบีซี จำกัด กิตตรา เกตุสุวรรณ และจิรายุ อัครวิบูลย์กิจ	881
SCL103 ความเสี่ยงในการจัดซื้อบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางจากประเทศจีน กรณีศึกษา บริษัท ABC กรรณยา สารโศคา และ จิรายุ อัครวิบูลย์กิจ	886
SCL104 การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงในการส่งออกกล้วยไม้ตัดดอก กรณีศึกษาสวนกล้วยไม้ ขุนแผน ออร์คิดส์ ฟาร์ม อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร ณัฐญา อภัยภักดิ์ และสุภาวดี สายสนิท	892
SCL105 การวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อารขนส่งหอมแดงจากคานคูลการ สังขละบุรีไปยังจังหวัดสมุทรสาคร กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด สมบูรณ์รุ่งโรจน์ วิศรา แสงอรุณ และจิรายุ อัครวิบูลย์กิจ	900
SCL106 การศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการจัดจ้างรถหัวลากและการจัดซื้อ ดำเนินการเอง กรณีศึกษา บริษัท เอ็กซ์ซีอี โลจิสติกส์ จำกัด สิรินรัตน์ สารนุวัตร และจิรายุ อัครวิบูลย์กิจ	907
SCL107 การวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมเพื่อส่งออกปลาช่อนยักษ์เมซอน ธาราโพม่า กรณีศึกษา ศิริวรรณ ฟาร์ม เกศินี ขนรกุล และจิรายุ อัครวิบูลย์กิจ	913
SCL109 การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าจากประเทศไทยไปยังประเทศลาว ผ่านด่านพรมแดน สะพานมิตรภาพไทย-ลาว หนองคาย กรณีศึกษาบริษัท เอเอเอ จำกัด กมลมาศ บุญหนัก และจิรายุ อัครวิบูลย์กิจ	919



รหัสบทความ MSA-127

## การตกแต่งสำเร็จผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการพ่นเพื่อสมบัติต้านทานการติดไฟ NONWOVEN POLYESTER FINISHING VIA SPRAYING METHOD FOR FLAME RETARDANT PROPERTY

ทวีพร อังคะตะลาพร<sup>1\*</sup> และฉันทิพ สกกุลชมภูทัย<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
E-mail: thaviporn\_a@mail.mutt.ac.th\*

Thaviporn Angkatalaporn<sup>1\*</sup> and Chuntip Sakulkaemruethai<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Department of Materials and Metallurgical Engineering, Faculty of Engineering,  
Rajamangala University of Technology Thunyaburi  
E-mail: thaviporn\_a@mail.mutt.ac.th\*

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจะพัฒนาสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติต้านทานการติดไฟ โดยกระบวนการพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บรัช ที่ใช้งานภายในรถยนต์ ในงานวิจัยนี้ใช้สารหน่วงไฟอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 5, 10, 15, และ 20 %w/w และใช้สารช่วยยึดติดพอลิอะคริลิกอิมัลชัน (Binder U84) ปริมาณ 4 %w/w ตัดผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ขนาด 210 x 297 mm. (A4) ซึ่งนำหน้าผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ นำไปวางในถาดสี่เหลี่ยมตั้งทำมุม 90 องศา หลังจากนั้นนำสารที่เตรียม สารละลายอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์มาพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บรัชก่อน แล้วจึงนำสารละลายสารช่วยยึดติดมาพ่นที่หลัง โดยทำการพ่น 45-50 องศา พ่นจากบริเวณด้านบนถึงด้านล่างจนทั่วทั้งแผ่นผ้า ใช้แรงดันลมไม่เกิน 30 PSI และนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งนำหน้าผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์อีกครั้งหลังอบเสร็จ จากผลการวิจัยพบว่าผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารหน่วงไฟอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ ไม่มีผลต่อความทนต่อแรงดึงและ %Elongation ในแนว MD แต่มีผลในแนว CD ไม่มีผลต่อสมบัติการดูดซับเสียงโดยดูจากค่า NRC ในการทดสอบการลามไฟแบบ V test สามารถผ่านได้ในระดับ V-2 และเนื่องจากการทดสอบการลามไฟแบบ HB test นั้นไม่สามารถคำนวณอัตราการเผาไหม้ได้เพราะผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์มีการดับไฟที่มีลักษณะเหมือนพอลิไวนิลคลอไรด์ จึงใช้เวลาเฉลี่ยไฟดับหลังจากเอาไฟออก (วินาที) และความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานที่เหลือจากการเผาไหม้เพื่อบันทึกผล โดยการตกแต่งผ้าด้วยอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ 20 %w/w สามารถใช้เวลาเฉลี่ยไฟดับหลังจากเอาไฟออกคือ 0.8 วินาที และมีความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานมากที่สุด ดังนั้นการตกแต่งผ้าด้วยสารหน่วงไฟอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์มีประสิทธิภาพที่สามารถดับไฟได้ดี

คำสำคัญ : ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์, การต้านทานการติดไฟ, เทคนิคการพ่น, อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์

### Abstract

This research aims to develop of Polyester Nonwoven with flame retardant property by spraying method with Air-bush. In this research, using 5, 10, 15, and 20 %w/w flame retardant aluminum Hydroxide and using polymer Acrylic emulsions (binder U84) 4 %w/w. Cut polyester Nonwoven size 210 x 297 mm. (A4) and weigh. Place in a rectangular tray at an angle of 90 degrees. After that, prepare the substance. The



aluminum hydroxide solution is sprayed with air blush first, and then the binder U84 solution is sprayed later. It is 45-50 degree spraying from the top to the bottom until the entire sheet. Air pressure up to 30 PSI. Put in the oven at 80 °C for 15 minutes and weigh. The results showed that polyester nonwoven compared to polyester nonwoven with flame retardant, aluminum hydroxide. Tensile strength and %elongation it does not affect tensile strength and %elongation in the MD line, but has cd-line effect. It does not affect the sound absorption properties based on the NRC value. In the V test flame retardant can be passed at V-2. In addition, the HB test cannot calculate the burning rate because polyester nonwoven has extinguished the fire that looks like polyvinyl chloride. Therefore, it takes an average power outage after the power is removed (seconds) and the average length of the workpiece left by the burn to record the effect. By polyester nonwoven finishing with aluminum Hydroxide 20 %w/w can take the average power outage after removing the power is 0.8 seconds and the average length of the workpiece is the maximum. Therefore, Polyester nonwoven finishing with flame retardant, aluminum Hydroxide effective that can put out the fire well.

**Keywords :** Polyester Nonwoven, Flame Retardant, spraying method, Aluminum Hydroxide

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันมีอุตสาหกรรมสิ่งทอที่นำจับตามองเป็นอย่างมากอย่าง 'ผ้าไม่ลืกริ้วไม่ทอ' (Nonwovens) เป็นวัสดุที่มีลักษณะคล้ายผ้าทำมาจากเส้นใยที่ถูกติดกันไว้ด้วยสารเคมี, เจิงกล, ความร้อน หรือการทำละลาย ซึ่งเป็นคำที่ใช้กันในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เกิดจากผ้าที่ขึ้นรูปจากเส้นใยโดยตรงที่ไม่ได้มีการลักริ้วหรือทอ [1] โดยปัจจุบันมีการนำเอาสิ่งทอไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ส่งผลให้การตกแต่งสิ่งทอได้รับความนิยมนิยมมากในขณะนี้ เพื่อให้มีคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ทางเทคนิคมากกว่าคุณลักษณะด้านความสวยงามหรือการประดับตกแต่ง และเน้นการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสิ่งทอ 2-3 เท่า

ในอุตสาหกรรมยานยนต์ วัสดุสิ่งทอในรถยนต์ได้เข้ามา มีบทบาทต่อการผลิตยานยนต์เป็นจำนวนมาก ตลาดสำหรับสิ่งทอยานยนต์เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญ กล่าวคือ เป็นห่วงโซ่การผลิตที่ทำให้อุตสาหกรรมยานยนต์ยังคงลงทุนในบ้านเรา เพราะพื้นที่ในรถยนต์ 42 ตารางเมตร จะต้องนำวัสดุสิ่งทอมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป เช่น บริเวณที่นั่ง พรม ผ้าหุ้มพวงมาลัย สายเข็มขัดนิรภัย ผ้าที่พันท่อหรือสายไฟ วัสดุสิ่งทอเสริมแรง เป็นต้น [2]

เส้นใยพอลิเอสเตอร์เป็นเส้นใยสังเคราะห์ประเภทหนึ่งที่มีคุณสมบัติที่โดดเด่นหลายอย่าง คือ ยืดหยุ่นดี ไม่ยับง่าย ดูดซับความชื้นได้ดี ไรต่อความร้อน ทนต่อการขีดสีได้ดี มีความเหนียวทนทาน [3] แต่เมื่ออยู่ในรูปของผ้าไม่ลักริ้วไม่ทอ พอลิเอสเตอร์มักจะไม่เหมาะสำหรับการใช้งานที่เฉพาะเจาะจง จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติในด้านต่างๆ

โดยใช้วิธีการตกแต่งสิ่งทอ การปรับปรุงสมบัติของผ้าไม่ลักริ้วไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติการต้านทานการติดไฟ ส่วนใหญ่ใช้วิธีการตกแต่งสิ่งทอโดยการเคลือบสารต่างๆ ลงบนผ้า มักกระทำเป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยใช้วิธีการจุ่มเคลือบ การจุ่มอัด และการสเปรย์ ซึ่งขึ้นอยู่กับผ้าที่นำมาตกแต่งว่าควรใช้วิธีไหน [4]

สารเติมแต่งต้านทานการติดไฟมีคุณสมบัติในการทนต่อการเผาไหม้ ชะลอการลุกลามของไฟ และเมื่อนำแหล่งกำเนิดไฟออก การเผาไหม้ก็จะหยุดไปด้วย ทั้งนี้เพื่อลดความรุนแรงของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากเหตุไฟไหม้ ด้วยคุณสมบัติของสารหน่วงไฟอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ จัดเป็นสารหน่วงไฟอนินทรีย์ชนิดโลหะไฮดรอกไซด์ (Metallic Hydroxide) ซึ่งสารหน่วงไฟประเภทนี้นอกจากจะมีราคาถูกไม่เป็นพิษ ยังช่วยลดสมบัติการติดไฟและเพิ่มอุณหภูมิการเสื่อมสลายของพอลิเมอร์ [5]

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจะพัฒนาสมบัติของผ้าไม่ลักริ้วไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติต้านทานการติดไฟ โดยใช้อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ และใช้กระบวนการพันด้วยอุปกรณ์แอร์บลัช ที่ใช้งานภายในรถยนต์

## 2. วิธีดำเนินการวิจัย

### 2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ใช้สารเคมีอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ (Aluminium Hydroxide) บริษัท ตลาดเคมี จำกัด, สารช่วยยึดติดพอลิอะคริลิกอิมัลชัน (Polymer Acrylic emulsions, Binder U84) บริษัท Gallot Chemical Co., Ltd. และวัสดุ



ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ (Polyester Nonwoven) ได้รับความอนุเคราะห์ จากบริษัทยูนิโปรแมนูแฟคเจอร์ จำกัด

### 2.2 การเตรียมผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์และสารเคมี

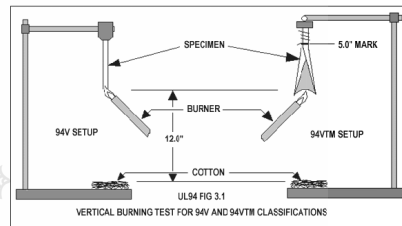
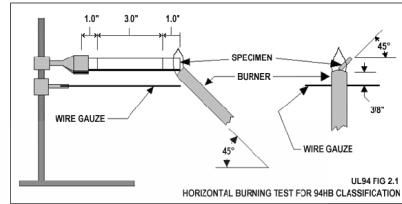
ตัดผ้าขนาด 210 x 297 mm. (A4) แล้วชั่งน้ำหนักผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ ต่อมาเตรียมสารอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ โดยในน้ำ 10 กรัม ใส่อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 5, 10, 15, และ 20 %w/w ลงในบีกเกอร์ แล้วกวนด้วยแท่งแม่เหล็กกวน 5 นาที เพื่อให้อนุภาคกระจายตัวได้ดี และเตรียมสารช่วยยึดติด Binder U84 โดยในน้ำ 10 กรัม ใส่สารช่วยยึดติด ปริมาณ 4 %w/w ลงในบีกเกอร์ แล้วกวนด้วยแท่งแม่เหล็กกวน 5 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

### 2.3 กระบวนการพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บลัช

นำผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์มายึดในภาคลีเหลี่ยมโดยตั้งผ้าทำมุม 90 องศา ทำมุมการพ่น 45-50 องศา จากบริเวณด้านบนถึงด้านล่าง จนทั่วทั้งแผ่นผ้า ใช้แรงดันลมไม่เกิน 30 PSI โดยนำสารละลายอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์มาพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บลัช (Air bush) ก่อน แล้วจึงนำสารละลาย สารช่วยยึดติด มาพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บลัช (Air bush) ที่หลัง และนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งน้ำหนักผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์อีกครั้งหลังอบเสร็จ

### 2.4 การทดสอบสมบัติ

ในขั้นตอนการเตรียมสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บลัช จะนำสารละลายไปทดสอบความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัด pH และทดสอบความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด นำผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่เตรียมได้มาทดสอบสมบัติต่างๆ เปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านการตกแต่ง โดยทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่ ทดสอบการลามไฟโดยใช้วิธีการจับชิ้นงาน ตามมาตรฐาน UL94 ดังรูปที่ 1 ทดสอบเสี้ยนด้วยเครื่องทดสอบทางเสี้ยนความถี่สูง-ต่ำ มาตรฐาน ASTM E1050 ทดสอบสมบัติเชิงกลบางประการ (ทดสอบแรงดึง ตามมาตรฐาน JIS L3203)

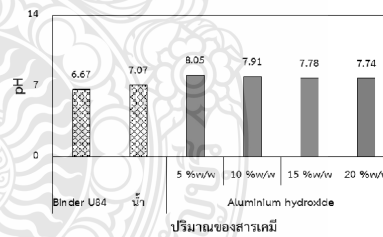


รูปที่ 1 วิธีการจับชิ้นงานทดสอบการลามไฟ มาตรฐาน UL94 [6]

## 3. ผลการวิจัย

### 3.1 การทดสอบความเป็นกรด-ด่าง

รูปที่ 2 แสดงค่า pH ของ สารยึดติด มีค่า pH อยู่ในช่วงกรดอ่อน ส่วนน้ำ มีค่า pH เป็นกลาง อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ที่ 5, 10, 15, และ 20 %w/w มีความเป็นด่างอ่อน นั่นก็คือมีค่า pH เกิน 7 แต่ไม่ถึง 9



รูปที่ 2 แสดงค่าการทดสอบ pH



### 3.2. ทดสอบความหนืด

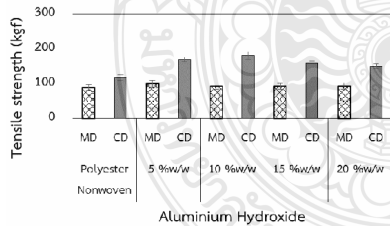
ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบความหนืด

ตัวอย่างทดสอบ		Viscosity (Centipoise:cP)
สารช่วยยึดติด Binder U84		1035.1
น้ำ		1.23
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์	5 %w/w	1.38
	10 %w/w	1.60
	15 %w/w	1.80
	20 %w/w	2.12

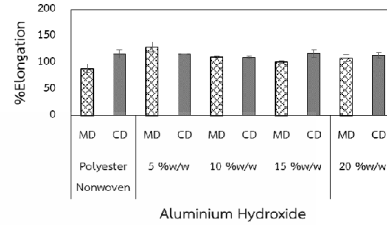
จากตารางที่ 1 พบว่าความหนืดของสารช่วยยึดติด Binder U84 มีค่าความหนืดอยู่ที่ 1035.1 cP น้ำมีค่าความหนืดอยู่ที่ 1.23 cP อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ โดยปกติจะไม่ละลายน้ำและละลายน้ำได้เล็กน้อย จึงทำให้อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ที่ 5, 10, 15, และ 20 %w/w มีค่าความหนืดที่สูงขึ้น

### 3.3 ทดสอบสมบัติเชิงกล Tensile strength

รูปที่ 3 พบว่าการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารหน่วงไฟ อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ ไม่กระทบต่อสมบัติความทนต่อแรงดึงเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ในแนว MD แต่ในทางกลับกันแนว CD มีผลต่อความทนต่อแรงดึง จะเห็นได้ว่ามีค่าสูงกว่าผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ได้รับการตกแต่ง โดยสารช่วยยึดติดที่ตกแต่งลงบนเส้นใย 4 %w/w อาจมีส่วนทำให้ผ้ามีลักษณะเหนียวขึ้น และรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่า %Elongation ไม่กระทบต่อแนว MD และ CD เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์



รูปที่ 3 แสดงค่าการทดสอบความทนต่อแรงดึง



รูปที่ 4 แสดงค่าการทดสอบ %Elongation

### 3.4 ทดสอบการลามไฟ

ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์และการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารหน่วงไฟอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ จากตารางที่ 2 พบว่าผ่านมาตรฐาน UL94 ในแนวตั้ง ระดับ V-2 เนื่องจากการหลุดหยดเกิดขึ้น และเกิดการลุกไหม้บนลำลี ปริมาณของอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ ที่เพิ่มขึ้นมีเวลาเฉลี่ยที่ลดลง โดยการตกแต่งผ้าด้วยอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ 20 %w/w ใช้เวลาดับไฟที่เร็วที่สุดคือ 1.24 วินาที

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบการลามไฟแบบ V test

ตัวอย่างทดสอบ	ลำลีติดไฟ	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์	ติด	2.35	
อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์	5 %w/w	ติด	2.09
	10 %w/w	ติด	2.41
	15 %w/w	ติด	1.53
	20 %w/w	ติด	1.24

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่ามาตรฐาน UL94 ในแนวนอน มีการหลุดหยดเกิดขึ้น เกิดลุกไฟและดับได้ด้วยตัวเอง หลังจากนำแหล่งกำเนิดไฟออกจากชิ้นงาน และไม่เกิดการลามไฟขึ้น เนื่องจากผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์มีการดับไฟที่มีลักษณะเหมือนพอลิไวนิลคลอไรด์ ทำให้ไม่สามารถคำนวณอัตราการเผาไหม้ได้ จึงใช้เวลาเฉลี่ยไฟดับหลังจากเอาไฟออก (วินาที) และความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานที่เหลือจากการเผาไหม้เพื่อบันทึกผล สรุปได้ว่ากรตกแต่งผ้าด้วยอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 20 %w/w ใช้เวลาเฉลี่ยไฟดับหลังจากเอาไฟออกคือ 0.8 วินาที ใช้เวลาดับไฟที่เร็วที่สุด และมีความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ โดยอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ มีการสลายตัวแบบดูดความร้อน แล้วเกิดเป็นอลูมิเนียมออกไซด์





กับน้ำ กระบวนการนี้จึงลดพลังงาน เจือจางแก๊สที่ไวต่อการเผาไหม้และทำให้เกิดชั้นปกคลุมของออกไซด์ขัดขวางการเข้าของออกซิเจน [7] จึงทำให้เวลาเฉลี่ยไฟดับหลังจากเอาไฟออก (วินาที) มีประสิทธิภาพในการต้านทานการติดไฟได้ดี

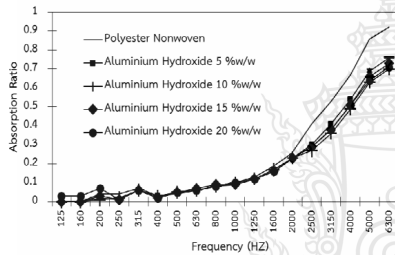
ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบการลามไฟแบบ HB test

ตัวอย่างทดสอบ	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	ความยาวเฉลี่ย (ซม.)	
ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์			
อลูมิเนียม	5 %w/w	4.80	6.36
ไฮดรอกไซด์	10 %w/w	3.20	6.72
	15 %w/w	1.39	7.40
	20 %w/w	0.85	7.42

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบการดูดซับเสียง

Frequency (Hz)	Sound absorption				
	Blank	อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์			
		5 %	10 %	15 %	20 %
250	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01
500	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
1000	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10
2000	0.26	0.23	0.23	0.23	0.23
NRC	0.11	0.09	0.10	0.09	0.09

### 3.5 ทดสอบเสียง



รูปที่ 5 แสดงค่า Sound absorption

จากรูปที่ 5 พบว่าผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ไม่กระทบสมบัติการดูดซับเสียงในย่านความถี่ระหว่าง 125-2000 Hz แต่เมื่อความถี่สูงเกิน 2000 Hz มีค่าการดูดซับเสียงที่ลดลงจากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบค่า NRC ของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ และผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ที่ตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยสรุปแล้วไม่กระทบสมบัติการดูดซับเสียงโดยดูจากค่า NRC

### 4. อภิปรายผล

จากผลการศึกษานานวิจัยการพัฒนาสมบัติของผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ให้มีสมบัติต้านทานการติดไฟ โดยใช้อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ และใช้กระบวนการพ่นด้วยอุปกรณ์แอร์บรัช สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Daimatsu และคณะ [7] ที่ได้ทำการศึกษาวិธีการเตรียม PMMA ให้มีความสามารถในการหน่วงไฟโดยเติมอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ที่มีอนุภาคขนาดนาโนที่ดัดแปรพื้นผิวแล้ว ในปริมาณร้อยละ 3.4 โดยน้ำหนัก พบว่าการเติมอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ที่เป็นสารอินทรีย์จะเพิ่มความสามารถในการต้านทานการติดไฟเนื่องจากอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ มีการสลายตัวแบบดูดความร้อน แล้วเกิดเป็นอลูมิเนียมออกไซด์กับน้ำ กระบวนการนี้จึงลดพลังงาน เจือจางแก๊สที่ไวต่อการเผาไหม้และทำให้เกิดชั้นปกคลุมของออกไซด์ขัดขวางการเข้าของออกซิเจน และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ปณิษฐา เลิศขจรสุข (2553) [8] ที่ใช้สารอะลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 และ 10 เป็นสารหน่วงไฟและสารต้านการหลอมเหลวสำหรับตกแต่งบนผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยเทคนิคจุ่มอัด สามารถดับไฟได้เองหลังนำแหล่งจุดไฟออก

### 5. สรุป

ผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับการตกแต่งผ้าไม่ถักไม่ทอพอลิเอสเตอร์ด้วยสารหน่วงไฟอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ ไม่มีผลต่อความทนต่อแรงดึงและ %Elongation ในแนว MD แต่มีผลในแนว CD ไม่มีผลต่อสมบัติการดูดซับเสียงโดยดูจากค่า NRC ในการทดสอบการลามไฟแบบ V test สามารถผ่านได้ในระดับ V-2 และการทดสอบการลามไฟแบบ HB test นั้นสามารถใช้เวลาเฉลี่ยไฟดับหลังจากเอาไฟออกคือ 0.8 วินาที ใช้เวลาดับไฟดี



การประชุมวิชาการราชภัฏนครราชสีมาเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ  
3-4 กันยายน 2563 โรงแรม เคที แกรนด์ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี

ที่สุด โดยการตกแต่งผ้าด้วยอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ 20 %w/w มีความยาวเฉลี่ยของชิ้นงานมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม้สักไม้ทอพอลิเอสเตอร์ ดังนั้นการตกแต่งผ้าด้วยสารหน่วงไฟอลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์มีประสิทธิภาพที่สามารถดับไฟได้ดี

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ได้รับความอนุเคราะห์วัสดุที่ใช้ในการทดลองจากบริษัทยูนิโปรเมมเบรนแพคเกจจิ้ง จำกัด และความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและเครื่องทดสอบจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสถาบันวิจัยนิวเคลียร์แห่งชาติ

#### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.). (2562). “นอวูฟเวน” อุตสาหกรรมสิ่งทอที่น่าจับตามองในปี 2562. [Press Release]. ข้อมูลจาก <https://www.smeone.info/innovation-detail/3366> (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 พฤษภาคม 2563).
- [2] วงศกร ตรีภูมิตริภูมิ. (2557). เช็กสุขภาพอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทย. Trend. 16(202). (น.16-20).
- [3] ฤดี. (2555). พอลิเอสเตอร์. [Blog Post]. ข้อมูลจาก <https://www.ruedee.com/th/fabric/polyester/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 พฤษภาคม 2563).
- [4] เพ็ญวิสาข์ พิสิษฐศักดิ์. 2558. การใช้กระบวนการโซลเจลเพื่อเพิ่มสมบัติของสิ่งทอ : ผ้าสะท้อนน้ำและน้ำมัน. Thai Journal of Science and Technology. ปีที่ 4 ฉบับที่ 1, 46-63 . DOI: 10.14456/tjst.2015.14
- [5] อุกฤษฏ์ นาจำปา. การตกแต่งสำเร็จทางเคมีสิ่งทอ. [Press Release]. ข้อมูลจาก <http://blog.bru.ac.th/wp-content/uploads/2019/06/Finishing-Textile.pdf> (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 พฤษภาคม 2563).
- [6] UL-94. [Blog Post]. ข้อมูลจาก <http://fr.polymerinsights.com/testing/flammability/ul94> (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 พฤษภาคม 2563).

[7] Daimatsu, K., et al. Preparation and physical properties of flame retardant acrylic resin containing nano-sized aluminum hydroxide. Polymer Degradation and Stability 92 (2007): 1433-1438.

[8] ปณิษฐา เลิศขจรสุข. 2553. การตกแต่งหน่วงไฟและต้านการหลอมหยดผ้าพอลิเอสเตอร์โดยใช้ไดอะมิโนเอไมนไฮโดรเจนฟอสเฟต เบนโทไนต์ และอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต (วท.ม.), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).





การประชุมวิชาการของสถาบันเทคโนโลยีการเกษตร และการจัดการ 2020 ครั้งที่ 5  
**RMTC 2020**

The 5 Rajamangala Manufacturing & Management Technology Conference 2020  
**Production Technology and Management for Improving Smart Farming**

**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก**

ขอมอบเกียรติบัตรเพื่อรับรองว่าผลงานวิจัย

MSA127 : การตกแตงสำเร็จผ้าไม่ตกไม่ทอพลีเอสเทอร์ด้วยกระบวนการเพื่อนสมบัติต้านทานการติดไฟ  
 โดย

ทวีพร อังคะตะลาพร และฉันทิทิพย์ สกกุลเขมฤทัย

ได้รับรางวัลดีเด่น สาขาวัสดุศาสตร์และการประยุกต์ใช้งาน (Materials Science and Application)

ในการประชุมวิชาการของสถาบันเทคโนโลยีการเกษตรและการจัดการ 2020

(Rajamangala Manufacturing & Management Technology Conference 2020 : RMTC2020) ครั้งที่ 5

ระหว่างวันที่ 3 - 4 กันยายน 2563 ณ โรงแรมเคพีแกรนด์ จังหวัดฉะเชิงเทรา



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธุ์เดช นนท์แสงโรจน์)

รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ ประมงแคล)

คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร



## ประวัติผู้เขียน

ประวัติผู้เขียน	นางสาวทวิพร อังคะตะลาพร
วัน เดือน ปี	21 ตุลาคม 2538
ที่อยู่	81/85 หมู่บ้านปรีญลักษณ์ ถนนนวมินทร์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร 10240
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมพอลิเมอร์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประวัติการทำงาน	-
เบอร์โทรศัพท์	084-6498448
อีเมล	thaviporn.a@gmail.com

