กระบวนการตกแต่งสารยึดติดพอลิยูริเทนและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์บนผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% ด้วยกระบวนการพ่นเคลือบแบบ ONE STEP และ TWO STEPS SPRAYING METHODS

A FINISHING PROCESS OF A MIXTURE OF POLYURETHANE BINDER AND MICRO/NANO SILK PARTICLES COATED ON 100% PLAIN COTTON WOVEN FABRICS USING ONE STEP AND TWO STEPS SPRAYING METHODS

นพรัตน์ เนื่องชมภู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

กระบวนการตกแต่งสารยึดติดพอลิยูริเทนและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ บนผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% ด้วยกระบวนการพ่นเคลือบแบบ ONE STEP และ TWO STEPS SPRAYING METHODS

นพรัตน์ เนื่องชมภู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	กระบวนการตกแต่งสารยึดติดพอลิยูริเทนและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์บนผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% ด้วยกระบวนการพ่นเคลือบแบบ One Step และ Two Steps Spraying Methods A Finishing Process of a Mixture of Polyurethane Binder and Micro/Nano Silk Particles Coated on 100% Plain Cotton Woven Fabrics Using One Step and Two Steps Spraying Methods
ชื่อ – นามสกุล	นายนพรัตน์ เนื่องชมภู
สาขาวิชา	สิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ สนธิสมบัติ, Ph.D.
ปีการศึกษา	2559

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมนึก สังข์หนู, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพรรณ เมธนาวิน, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ สนธิสมบัติ, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 3 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์	กระบวนการตกแต่งสารยึดติดพอลิยูริเทนและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์บนผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% ด้วยกระบวนการพ่นเคลือบแบบ One Step และ Two Steps Spraying Methods
ชื่อ – นามสกุล	นายนพรัตน์ เนื่องชมภู
สาขาวิชา	สิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ สนธิสมบัติ, Ph.D.
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษากระบวนการตกแต่งแบบใหม่ (พ่นเคลือบด้วยกาพ่นสี) ซึ่งแตกต่างจากกระบวนการตกแต่งแบบจุ่ม-บีบอัด-ทำแห้ง (Dip-Nip-Dry Finishing Method) ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทออย่างแพร่หลาย

กระบวนการ One Step Spraying Method (สารยึดติดพอลิยูริเทนความเข้มข้น 10% ผสมกับสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% ตามลำดับ) พ่นบนผิวหน้าผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% ชั่งน้ำหนักผ้า หลังจากนั้นอบแห้ง 120°C เป็นเวลา 120 วินาที นำผ้าไปเก็บไว้ ณ ห้องทดสอบมาตรฐาน และกระบวนการ Two Steps Spraying Methods ครั้งแรกเป็นการพ่นเคลือบด้วยสารยึดติดก่อน จากนั้นพ่นครั้งที่สองด้วยสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ด้วยความเข้มข้นที่เหมือนกับกระบวนการ One Step Spraying Method พ่นผิวหน้าผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% ชั่งน้ำหนักผ้า หลังจากนั้นอบแห้ง 120°C เป็นเวลา 120 วินาที นำผ้าไปเก็บไว้ ณ ห้องทดสอบมาตรฐาน จากนั้นนำผ้ามาทดสอบความคงทนต่อการขัดถู (สภาวะแห้ง และเปียก) ทดสอบความคงทนต่อการซักล้าง (20 ครั้ง) ทดสอบเวลาในการซึมน้ำ และตรวจสอบขนาดและสัณฐานของอนุภาคที่เกาะอยู่บนผิวหน้าผ้าฝ้ายด้วยกล้อง SEM

สรุปว่าผลการทดลองความคงทนต่อการขัดถูมีร้อยละน้ำหนักสูญเสียอยู่ในช่วงต่ำสุด -0.114% ถึงสูงสุด -0.510% ทั้งสองกระบวนการ และเวลาในการซึมน้ำเท่ากันทั้งสองกระบวนการ แต่กระบวนการแบบ Two Steps Spraying Methods พบว่าผ้ามีความคงทนต่อการซักล้างดีกว่ากระบวนการ One Step Spraying Method ซึ่งสอดคล้องกับภาพจากกล้อง SEM แสดงว่าอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ยังคงหลงเหลืออยู่บนผ้าที่ตกแต่งทั้งสองกระบวนการ สรุปว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่ง Two Steps Spraying Methods อาจจะถูกเลือกมาใช้กับการตกแต่งผ้าสำหรับงานสปา เนื่องจากสารยึดติดถูกพ่นเคลือบบนผืนผ้าก่อนเต็มพื้นที่ของผิวหน้าผ้า จึงน่าจะมีการยึดติดที่ดีกว่า

คำสำคัญ: อนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% กระบวนการพ่นเคลือบ กาพ่นสี

Thesis Title	A Finishing Process of a Mixture of Polyurethane Binder and Micro/Nano Silk Particles Coated on 100% Plain Cotton Woven Fabrics Using One Step and Two Steps Spraying Methods
Name-Surname	Mr. Nopparat Nuengchompoo
Program	Textiles
Thesis Advisor	Assistant Professor Apichart Sonthisombat, Ph.D.
Academic Year	2016

ABSTRACT

The aim of this research was to examine the new finishing method (Spraying Method using a Spray Gun) which is different from the Dip-Nip-Dry Finishing Method that is widely used in the textile industries.

In the One Step Spraying Method, the solutions were prepared by mixing 10% Polyurethane binder solution with Micro/Nano Silk solutions of the amount of 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% The solutions were then sprayed on the surface of 100% plain cotton woven fabrics. Afterwards, the fabrics were weighed the fabrics and then dried at 120°C for 120 seconds. The fabrics were put into a standard condition at textile testing laboratories. For the Two Steps Spraying Methods, the solutions were first prepared by mixing 10% Polyurethane binder solution, then the solution was sprayed on the surface of the fabrics, and lastly the fabrics were weighed. After the first spraying, the Micro/Nano Silk solutions of the amount of 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% were sprayed on each fabric, weighed a second time and then dried at 120°C for 120 seconds. The fabrics were tested for the percentage weight loss after abrasion resistance in dry and wet condition, and for washing fastness (20 times). The fabrics were tested for wicking time and they were investigated the size and morphology of the particles.

It was concluded that the abrasion resistance test results had weight loss percentage of -0.114% to -0.510%. Both methods gave the same wicking time (water permeability time). Nevertheless, it was found that the Two Steps Spraying Methods fabrics showed less percentage of weight loss after washing process than that from the One Step Spraying Method. From the SEM images, the fabrics from both methods showed that the particles remained on the fabrics. It can be concluded that the two steps spraying methods may be used to finish the fabrics for spa purposes because the binder was sprayed on the cloth first. This will provide a higher chance of surface area contact than that from the one step Spraying Method before spraying the Micro/Nano silk particles on top of the fabrics again.

Keywords: micro/nano silk particles, 100% plain cotton woven fabrics, spraying method, spray gun

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดีด้วยความช่วยเหลือของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ สนธิสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมนึก สังข์หนู ประธานหลักสูตร คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริพรรณ เมธนาวิน) ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท สหโรจน์เท็กซ์ไทล์ (1991) จำกัด และ อินเตอร์คอนติเนนตัล พัทยา รีสอร์ท เมืองพัทยา อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เวลาและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลอง ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำหรับสารเคมี วัสดุ และอุปกรณ์เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ และมอบความดีทั้งหมดนี้ให้แก่ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้อง และคณะครูอาจารย์ที่ให้การสนับสนุนและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจหากวิทยานิพนธ์นี้ขาดตกบกพร่องหรือไม่สมบูรณ์ประการใดผู้วิจัยขอกราบอภัยมา ณ โอกาสนี้.

นพรัตน์ เนื่องชมภู

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย 3
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ 4
กิตติกรรมประกาศ 5
สารบัญ 6
สารบัญตาราง 10
สารบัญรูป 12
บทที่ 1 บทนำ 15
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 15
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 16
1.3 ขอบเขตการวิจัย 16
1.4 ขั้นตอนการศึกษา 17
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 18
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
2.1 เส้นใยไหม 19
2.1.1 โครงสร้างของเส้นไหม 19
2.1.2 สมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม 20
2.1.3 สมบัตรทางเคมีของเส้นใยไหม 21
2.1.4 กาวไหม (เซริซิน) 22
2.1.5 เส้นใย (ไฟโบรอิน) 24
2.1.6 การประยุกต์ใช้โปรตีนไหม 26
2.2 เส้นใยฝ้าย 27
2.2.1 สมบัติทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย 27
2.2.2 สมบัติทางเคมีของเส้นใยฝ้าย 29
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เรื่องกรรมวิธีการผลิตอนุภาคผงไหม 29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

1.4 กระบวนการตกแต่งวัสดุสิ่งทอ 32

2.4.1 สารพอลิยูริเทน 33

2.4.2 กระบวนการตกแต่ง 33

2.4.3 การคำนวณหาร้อยละการทำให้ผ้าเปียก 35

1.5 กระบวนการทดสอบผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่ง 36

2.5.1 การทดสอบสัณฐานของผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งด้วยกล้องจุลทัศน์อิเล็กตรอนแบบส่งกราด (Scanning Electron Microscope : SEM 36

2.5.2 การทดสอบการขัดถูแบบแห้งและเปียก (ISO 105-X12:2011) 37

2.5.3 การทดสอบการซักล้างสำหรับเนื้อผ้าบาง (ISO 3801:1977) 38

2.5.4 การทดสอบการซึมน้ำ (Wicking Test) (AATCC 197:2011) 38

2.5.5 การทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) 38

1.6 สปาและชุดสำหรับนวดสปา 40

2.6.1 ร้านสปา 40

2.6.2 ชุดสำหรับนวดสปา 40

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 42

3.1 การทดลองที่ 1 กระบวนการผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ และวิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน 42

3.1.1 กระบวนการผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ 42

3.1.2 วิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน 44

3.2 การทดลองที่ 2 กระบวนการตกแต่งด้วยการพ่นเคลือบสารยึดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และการยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Method) บนผ้าฝ้าย 44

3.2.1 วิธีการเตรียมตัวอย่างผ้าฝ้าย 44

3.2.2 วิธีการเตรียมสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (One Step Method) 44

3.2.3 วิธีพ่นเคลือบสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ 45

3.2.4 กระบวนการอบแห้ง/ทำปฏิกิริยาร่างแห 45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การทดลองที่ 3 กระบวนการตกแต่งด้วยการพ่นเคลือบสารยึดติดตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (Two Steps Spraying Method) บนผ้าฝ้าย 45

3.3.1 วิธีการเตรียมตัวอย่างผ้าฝ้าย 45

3.3.2 วิธีเตรียมสารละลายไมโคร/นาโนซิลค์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 45

3.3.3 วิธีเตรียมสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน 46

3.3.4 วิธีพ่นเคลือบสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน 46

3.3.5 วิธีเตรียมสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ 46

3.3.6 วิธีพ่นเคลือบสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ 46

3.3.7 กระบวนการอบแห้ง/ทำปฏิกิริยาร่างแห 47

3.4 การทดลองที่ 4 การทดสอบสมบัติผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งสำเร็จ 47

3.4.1 การทดลองที่ 4.1 การทดสอบการขัดถูแบบแห้งและเปียก (ISO 105- X12:2011) 47

3.4.2 การทดลองที่ 4.2 การทดสอบหลังการซักล้าง (ISO 3801 : 1977) จำนวน 20 ครั้ง 47

3.4.3 การทดลองที่ 4.3 การทดสอบการซึมน้ำ (Wicking Test) (AATCC 197:2011) 48

3.4.4 การทดลองที่ 4.4 วิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคบนผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งแล้วด้วยกล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอน 48

3.5 การทดลองที่ 5 การทดสอบสมบัติด้านผิวสัมผัสด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส 48

3.5.1 การทดสอบผิวสัมผัสของชิ้นตัวอย่างผ้าจำนวน 50 คน 48

3.5.2 การทดสอบผิวสัมผัสของเสื้อคลุมสปาในสถานประกอบการสปา จำนวน 100 คน 49

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 50

4.1 การทดลองที่ 1 กระบวนการผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ และวิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.1 กระบวนการผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ 50
4.1.2 วิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน 50
4.2 การทดลองที่ 2 กระบวนการตกแต่งด้วยการพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และสารยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Method) บนผ้าฝ้าย 52
4.3 การทดลองที่ 3 กระบวนการตกแต่งด้วยการพ่นเคลือบสารยึดติดตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (Two Steps Spraying Method) บนผ้าฝ้าย 54
4.4 ผลการทดลองที่ 3 การทดสอบสมบัติผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งสำเร็จ 56
4.4.1 ผลการทดสอบการขัดถูแบบแห้งและเปียก (ISO 105- X12:2011) 56
4.4.2 ผลการทดสอบการซักล้าง (ISO 3801 : 1977) จำนวน 20 ครั้ง 59
4.4.3 ผลการทดสอบการซึมน้ำ (Wicking Test) (AATCC 197:2011) 61
4.4.4 ผลการตรวจสอบขนาดอนุภาคบนผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งแล้วด้วยกล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอน 61
4.5 ผลการทดลองที่ 3.5 การทดสอบสมบัติผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งสำเร็จจ 67
4.5.1 ผลการทดสอบผิวสัมผัสของชิ้นตัวอย่างผ้า 67
4.5.2 ผลการทดสอบผิวสัมผัสของเสื้อคลุมสปาในสปาของอินเตอร์คอนติเนนตัลพัทยา รีสอร์ท เมืองพัทยา อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี 72
บทที่ 5 การอภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 80
5.1 การอภิปรายผล 80
5.2 สรุปผลการวิจัย 81
5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย 82
5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวเนื่องในอนาคต 82
รายการอ้างอิง 83
ภาคผนวก 86
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ 88
ประวัติผู้เขียน 100

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกาวไหมเซริซินจากหนอนไหม B.mori และ Tussah A. pennyi 22

2.2 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในไฟโบรอิน จากหนอนไหม B.mori และ Tussah A. pennyi 24

2.3 แสดงสเกลการให้เกรดผ้าโดยใช้ค่าผิวสัมผัสเบื้องต้น และทั่วไปของผ้าชิ้นทดสอบ 36

2.4 แสดงตัวอย่างผลการประเมินผิวสัมผัสแต่ละค่า ของตัวอย่างผ้า 9 ตัวอย่าง โดยบอกเป็นค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 36

4.1 แสดงน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (One Step Spraying Method) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 45

4.2 แสดงน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (Two Step Spraying Method) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 47

4.3 แสดงร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Steps Spraying Method (การขัดถูแบบแห้ง/เปียก-แนวเส้นด้ายยืน) 49

4.4 แสดงร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Steps Spraying Method (การขัดถูแบบแห้ง/เปียก-แนวเส้นด้ายพุ่ง) 51

4.5 แสดงร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Step Spraying Method (การทดสอบหลังการซักล้าง จำนวน 20 ครั้ง) 53

4.6 แสดงจำนวน (วินาที) ของการทดสอบการซึมน้ำ 54

4.7 แสดงข้อมูลดิบจากการทดสอบผิวสัมผัสของชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบมีประสบการณ์เกี่ยวกับการผลิตผ้าจำนวน 50 คน 60

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.8 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการประเมินจากการทดสอบผิวสัมผัสของชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น(One Step Spraying Method: OSM) ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบมีประสบการณ์เกี่ยวกับการผลิตผ้าจำนวน 50 คน 61

4.9 แสดงข้อมูลดิบจากผลการประเมินเสื้อคลุมสปา จำนวน 10 ตัว ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อความบาง (สเกล 1) – ความหนา (สเกล 10) 65

4.10 แสดงผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง หัวข้อความนุ่มนวล (สเกล 1) – ความหยาบกระด้าง (สเกล 10) 66

4.11 แสดงผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง หัวข้อความเรียบ (สเกล 1) – ความขุรขระ (สเกล 10)..... 67

4.12 แสดงผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง หัวข้อความรู้สึกอุ่น (สเกล 1) - เย็น (สเกล 10)..... 68

4.13 แสดงผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง หัวข้อสมบัติของผ้า (ทั่วไป) ต่ำที่สุด (สเกล 1) – ดีที่สุด (สเกล 10) 69

4.14 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการประเมินจากการทดสอบผิวสัมผัสของเสื้อคลุมสปาจำนวน 10 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบคือลูกค้าประจำที่ใช้บริการสปา จำนวน 100 คน 70

4.15 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการประเมินจากการทดสอบผิวสัมผัสของเสื้อคลุมสปาด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส(Handle Test) จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบคือลูกค้าประจำที่ใช้บริการสปา จำนวน 100 คน 70

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของกรดอะมิโน เมื่ออยู่ในสภาวะกรดแสดงประจุบวก (ซ้าย) เมื่ออยู่สภาวะเป็นกลางแสดงประจุบวกและลบ (กลาง) และเมื่ออยู่สภาวะด่างแสดงประจุลบ (ขวา)..... 19

2.2 แสดงส่วนประกอบของเส้นใยไหมดิบ มีองค์ประกอบไฟโบรอิน 2 เส้นถูกเคลือบด้วยเซริซิน (กาวไหม) อยู่รอบนอก..... 20

2.3 แสดงลักษณะการจัดเรียงตัวและองค์ประกอบของเส้นใยฝ้าย..... 28

2.4 แสดงการรักษาระยะห่างของกาพ่นสีให้ถูกต้อง และคงที่เสมอ สำหรับงานช่างพ่นสีรถยนต์ ระยะห่าง 30 ซม. มุม 90 องศา..... 34

2.5 แสดงภาพตัวอย่างกาพ่นสีกระป๋องล่าง หัวพ่นขนาด 2.0 มม..... 35

2.6 แสดงไดอะแกรมการทำงานของกล้องจุลทัศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)..... 36

3.1 แสดงการนำรังไหมพันธุ์ไทย (สีขาว) มาตัดด้วยกรรไกรให้มีขนาด 2 x 2 เซนติเมตร แล้วคัดเลือกรังไหมที่สะอาดไปใช้ในขั้นตอนต่อไป..... 42

3.2 แสดงการละลายรังไหมด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนละลายเป็นเนื้อเดียว และทำให้เป็นแป้งเปียก..... 43

3.3 แสดงการอบแห้งในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 ชั่วโมง..... 43

3.4 แสดงอนุภาคที่ผ่านการบดแล้ว..... 43

4.1 ขนาดอนุภาค (ที่ผลิตได้หลังการพ่นเคลือบ) (ซ้าย) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM)ที่ 20 kV กำลังขยาย 5,000 และ 10,000 เท่า บนเส้นใยฝ้าย (ขวา)..... 50

4.2 แสดงค่าร้อยละน้ำหนักของผ้าที่เพิ่มขึ้นของผ้าที่พ่นเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (One Step Spraying Method) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0..... 53

4.3 แสดงค่าร้อยละน้ำหนักของผ้าที่เพิ่มขึ้นของผ้าที่พ่นเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (Two Steps Spraying Method) ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0..... 55

4.4 แสดงร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Methodกับ Two Step Spraying Method (การขัดถูแบบแห้ง-แนวเส้นด้ายยืน)..... 57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.5 แสดงร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Steps Spraying Method (การขัดถูแบบแห้ง/เปียก-แนวเส้นด้ายยืน) 58

4.6 แสดงร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Step Spraying Method (การทดสอบหลังการซักล้าง จำนวน 20 ครั้ง) 60

4.7 แสดงผ้าก่อนการตกแต่ง (ผ้า Original) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่ 20 kV กำลังขยาย 500 เท่า..... 62

4.8 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ความเข้มข้น 0.5% (One Step Spraying Method) (ก่อนซัก) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่ 20 kV กำลังขยาย 500 เท่า..... 62

4.9 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่ความเข้มข้น 0.5% (One Step Spraying Method) (หลังซัก 20 ครั้ง) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่ 20 kV กำลังขยาย 500 เท่า..... 63

4.10 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ความเข้มข้น 0.5% (Two Step Spraying Method) (ก่อนซัก) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่ 20 kV กำลังขยาย 500 เท่า..... 63

4.11 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ความเข้มข้น 0.5% (Two Step Spraying Method) (หลังซัก 20 ครั้ง) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่ 20 kV กำลังขยาย 500 เท่า..... 64

4.12 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่ความเข้มข้น 0.5% (One Step Spraying Method) (หลังขัดถู-สภาวะแห้ง)..... 64

4.13 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่ความเข้มข้น 0.5% (One Step Spraying Method) (หลังขัดถู-สภาวะเปียก)..... 65

4.14 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่ความเข้มข้น 0.5% (Two Step Spraying Method) (หลังขัดถู-สภาวะแห้ง) 65

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.15 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่ความเข้มข้น 0.5% (Two Step Spraying Method) (หลังขัดถู-แห้ง) (หลังขัดถู-สภาวเปียก) 66

4.16 แสดงกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อความบาง (สเกล 1) – ความหนา (สเกล 10)..... 69

4.17 แสดงกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อความนุ่ม (สเกล 1) – ความแข็งกระด้าง (สเกล 10)..... 69

4.18 แสดงกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อความเรียบ (สเกล 1) – ความขรุขระ (สเกล 10) 70

4.19 แสดงกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อความอบอุ่น (สเกล 1) – ความเย็น (สเกล 10) 70

4.20 แสดงกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส(Handle Test) หัวข้อผิวสัมผัสทั่วไป (ภาพรวม) ต่ำที่สุด (สเกล 1) –ดีที่สุด (สเกล 10)..... 71

4.21 แสดงกราฟแสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการประเมินจากการทดสอบผิวสัมผัสของเสื้อคลุมสปา จำนวน 10 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) จำนวน 5 หัวข้อ..... 78

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยผู้วิจัยทำงานที่บริษัทสหโรจน์เท็กซ์ไทล์ (1991) จำกัด อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งบริษัทฯ ประกอบธุรกิจอุตสาหกรรมสิ่งทอ ที่เกี่ยวการผลิตผ้าขนหนู ผ้าปูที่นอน ผ้าปลอกหมอน ผ้าเช็ดตัว สำหรับธุรกิจโรงแรม และสปา จากการสำรวจตลาดเป็นเวลา 3 ปีที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ดูแลลูกค้าธุรกิจสปา พบว่าในปัจจุบันนี้มีผู้ประกอบธุรกิจงานสปา ต้องการเพิ่มสมบัติของผ้าที่ใช้ในงานสปาให้มีประโยชน์สูงสุดแก่ผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ได้

เนื่องจากในปี พ.ศ. 2549-2550 ผู้วิจัยเคยร่วมทำงานวิจัยกับ อภิชาติ สนธิสมบัติ และคณะ [1] ในฐานะผู้ช่วยนักวิจัย จึงทำให้มีแนวคิดที่จะนำอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ผลิตแทนที่จะเป็นการเคลือบเสื้อผ้ากีฬาพอลิเอสเตอร์ 100% แล้วได้สมบัติที่ดีหลายอย่าง จึงตั้งสมมติฐานว่าหากอนุภาคดังกล่าวมีสมบัติตามเอกสารอ้างอิง [1] น่าจะสามารถนำมาตกแต่งพ่นเคลือบบนผิวหน้าผ้าที่ใช้ในงานสปา เพื่อเพิ่มสมบัติสำหรับการใช้งานมากขึ้นกว่าเดิม เช่น เพิ่มความชุ่มชื้นกับผิวหนัง ป้องกันผิวหนังแห้งหยาบกระด้าง ทำให้ผิวหนังผู้สวมใส่เสื้อมีความนุ่มนวลเพิ่มขึ้น เป็นต้น

วิวัฒน์ ลมูลภักตร์ [2] พบว่าผงไหมมีกรดอะมิโน 16-18 ชนิด มีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สารช่วยกำจัดเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนังมนุษย์ โดยเฉพาะผงไหมพันธุ์ไทยประกอบด้วยกรดอะมิโน 18 ชนิด เช่น

1. Glutamic acid ช่วยรักษาปริมาณน้ำของผิวหนังป้องกันผิวแห้ง และลดแอลกอฮอล์ในเลือด

2. Tyrosine ช่วยในการส่งผ่านเส้นประสาทไปยังสมอง มีผลต่อระบบประสาทช่วยความจำและกระตุ้นการเต้นของหัวใจ

3. Lysine ลดการเจริญของไวรัสและต้านไวรัส สำหรับผงไหมเซริซิน มีสมบัติที่สำคัญในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา ß -tyrosinase ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์เม็ดสี (melanin) จะเกิด ß -tyrosinase ทำให้เกิดกระบนใบหน้าหรือจุดที่ผิวหนัง ดังนั้นกลไกของเซริซินจึงมีผลต่อ การยับยั้งการเกิดรอยกระบนใบหน้า หรือเกิดจุดที่ผิวหนัง ป้องกันแสงอัลตร้าไวโอเลต ช่วยคงสภาพความชุ่มชื้นแก่ผิวหนังได้ [3]

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการตกแต่งสารยึดติดพอลิยูริเทนและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์บนผ้าฝ้ายด้วยกระบวนการพ่นเคลือบแบบ One Steps Spraying Method (OSM) และ Two Steps Spraying Method (TSM)

1.2.2 เพื่อศึกษาสมบัติและลักษณะการยึดติดระหว่างอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์กับผ้าทอ (ฝ้าย 100%) สำหรับงานสปา

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 กระบวนการตกแต่งสารยึดติดพอลิยูริเทนและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ จากรังไหมพันธุ์ไทย (สีเหลือง)

1.3.2 การตกแต่งในข้อ 1. บนผ้าทอลายขัดเส้นใยฝ้าย 100% เบอร์ 40/1 (ด้ายยืน) เบอร์ 40/1 (ด้ายพุ่ง) ด้วยกระบวนการพ่นเคลือบแบบ One Steps Spraying Method (สารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์) และ Two Steps Spraying Method (พ่นสารยึดติดพอลิยูริเทนเคลือบบนผิวหน้าผ้า แล้วจึงพ่นอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ทับอีกครั้ง)

1.3.3 การทดสอบหาสมบัติความคงทน และการยึดติดของอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ บนผ้า ดังนี้

1) ตรวจสอบขนาดอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ จากรังไหมพันธุ์ไทย (สีเหลือง) และลักษณะการติดยึดบนผ้าฝ้าย 100% (ก่อน-หลังกระบวนการซักล้าง หลังการขัดถูแบบแห้งและเปียก) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (SEM)

2) ทดสอบการขัดถูแบบแห้งและเปียก (ISO 105-X12: 2011)

3) การทดสอบหลังการซักล้าง (ISO 3801: 1977) 20 ครั้ง

4) ความคงทนต่อการขัดถู (AATCC 8) (การขัดถูแบบแห้ง-แนวเส้นด้ายยืน การขัดถูแบบเปียก-แนวเส้นด้ายยืน การขัดถูแบบแห้ง-แนวเส้นด้ายพุ่ง และการขัดถูแบบเปียก-แนวเส้นด้ายพุ่ง)

5) การทดสอบการซึมน้ำ (Wicking Test) (AATCC 197:2011)

6) การทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) ของชิ้นตัวอย่างผ้า จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบมีประสบการณ์เกี่ยวกับการผลิตผ้าจำนวน 50 คน

7) การทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) ของเสื้อคลุมสปาในสถานประกอบการสปา จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบเป็นลูกค้าประจำที่ใช้บริการสปา จำนวน 100 คน

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษามีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.4.1 ผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่มีขนาดอนุภาคในช่วง 132-314 นาโนเมตร (อนุภาคเดี่ยว)

1.4.2 การเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (One Step Spraying Method) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0

1.4.3 การเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (Two Step Spraying Method) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0

4.4.4 การทดสอบการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Step Spraying Method (การขัดถูแบบแห้ง-แนวเส้นด้ายยืน)

4.4.5 การทดสอบการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Step Spraying Method (การขัดถูแบบเปียก-แนวเส้นด้ายยืน)

4.4.6 การทดสอบการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Step Spraying Method (การขัดถูแบบแห้ง-แนวเส้นด้ายพุ่ง)

4.4.7 การทดสอบการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Step Spraying Method (การขัดถูแบบเปียก-แนวเส้นด้ายพุ่ง)

4.4.8 การทดสอบการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Step Spraying Method (การทดสอบหลังการซักล้าง จำนวน 20 ครั้ง)

4.4.9 การตรวจสอบสันฐานของผ้าก่อนการตกแต่ง (Original Fabric) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (One Step Spraying Method) (ก่อนซัก และหลังซัก 20 ครั้ง) และผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (One Step Spraying Method) (ก่อนและหลังซัก) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM)

4.4.10 การทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) ของชิ้นตัวอย่างผ้า จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบมีประสบการณ์เกี่ยวกับการผลิตผ้าจำนวน 50 คน

4.4.11 การทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) ของเสื้อคลุมสปาในสถานประกอบการสปา จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบเป็นลูกค้าประจำที่ใช้บริการสปา จำนวน 100 คน

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัย

1. กระบวนการตกแต่งสารยึดติดพอลิยูริเทนและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์บนผ้าฝ้าย ด้วยกระบวนการพ่นเคลือบแบบ One Steps Spraying Method และ Two Steps Spraying Method เปรียบเทียบว่ากระบวนการแบบใดให้ผลดีกว่า

2. ผ้าทอฝ้าย 100% สำหรับงานสปา ที่มีสมบัติและลักษณะการยึดติดระหว่างอนุภาคไมโคร/ นาโนซิลค์กับผ้าทอที่คงทนต่อกระบวนการซักล้างอย่างน้อย 20 ครั้ง

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

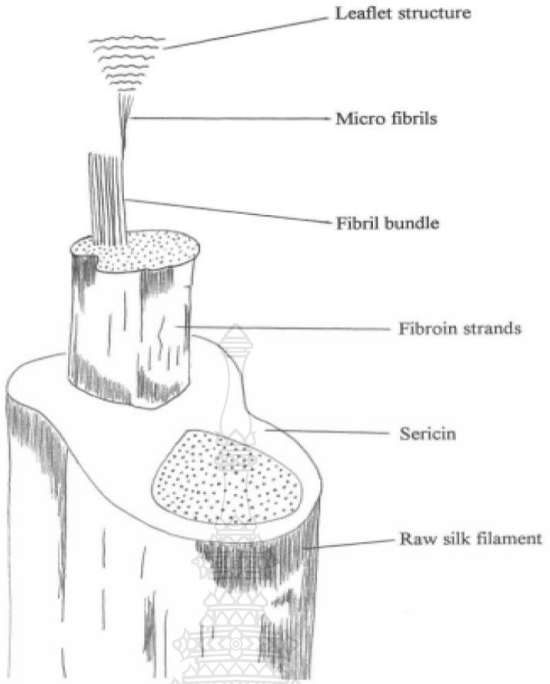
2.1 เส้นใยไหม (Silk) [4]

เส้นใยไหมไหมจัดเป็นเส้นใยโปรตีนที่มาจากสัตว์จำพวกหนอนชนิดหนึ่ง ซึ่งมีองค์ประกอบหลักของโครงสร้างทางเคมีพื้นฐานที่เกิดจากการต่อกันเป็นลูกโซ่ของโมเลกุลยาวของกรดอะมิโน (Amino acid) โดยมีการเชื่อมต่อโมเลกุลด้วยพันธะเปปไทด์ (Peptide Bond) การต่อกันของลูกโซ่โมเลกุลยาวนี้ ทำให้เกิดน้ำหนักโมเลกุลของเส้นใยโปรตีนที่มีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้ธาตุหลักที่ประกอบในโมเลกุลได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน (โดยจะแตกต่างจากเส้นใยขนสัตว์คือขนสัตว์มีธาตุซัลเฟอร์อยู่ด้วย) เส้นใยโปรตีนมีองค์ประกอบเคมีทั้งที่มีความเป็นด่างและเป็นกรดอยู่ในโครงสร้างเดียวกันเป็นสารประเภทมีประจุบวกและลบในโมเลกุล ตามสภาวะค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ดังแสดงในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของกรดอะมิโน เมื่ออยู่ในสภาวะกรดแสดงประจุบวก (ซ้าย)
เมื่ออยู่สภาวะเป็นกลางแสดงประจุบวกและลบ (กลาง) และ
เมื่ออยู่สภาวะด่างแสดงประจุลบ (ขวา) [2]

2.1.1 โครงสร้างของเส้นไหม [5-8]

เส้นใยไหมไทย จัดเป็นเส้นใยโปรตีนที่ได้จากหนอนไหม (Silkworm) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bombyx mori* อยู่ในวงศ์ Bombycidae เส้นใยไหมประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของเส้นใย “ไฟโบรอิน” (Fibroin Protein) มีประมาณร้อยละ 62 – 67 และส่วนที่เป็นกาว “เซริซิน” (Sericin) ประมาณร้อยละ 22 -25 นอกจากนี้เป็นสารประกอบอื่นๆ เช่น ขี้ผึ้ง ไขมัน สีธรรมชาติ เป็นต้น ส่วนที่เป็นกาวไหมและสารประกอบอื่นๆ จะเคลือบอยู่รอบๆ เส้นใยไหม



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของเส้นใยไหมดิบ มีองค์ประกอบไฟโบรอิน 2 เส้น ถูกเคลือบด้วยเซริซิน (กาวไหม) อยู่รอบนอก [8]

2.1.2 สมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม [2]

1) ลักษณะภายนอก เส้นใยไหมดิบประกอบด้วยเส้นใยไหมจำนวน 2 เส้น ถูกเคลือบด้วยกาวไหม เส้นใยไหมที่ถูกลอกกาวแล้วมีความมันเงา นุ่มนวล ผิวนอกดูเรียบ แต่ไม่สม่ำเสมอตลอดความยาว ภายหลังจากกระบวนการลอกกาวไหม เส้นใยไหมจะเป็นเส้นใยที่มีสามเหลี่ยมมุมมนเดี่ยวๆ เรียบ และมีความมันเงาดีมาก เส้นใยไหมโดยปกติมีความละเอียดสูง และมีความยาวทั่วไปอยู่ระหว่าง 390-600 เมตร ส่วนสีของเส้นใยไหมมีสีเหลืองจนถึงสีเทาตามพันธุ์ไหม

2) ความแข็งแรง เส้นใยไหมเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงสูงเมื่อเทียบกับเส้นใยฝ้าย ด้วยผิวเรียบและมีความมันเงาสูง มีค่าทนแรงดึงถึง 3.5-5 GPa ในขณะที่แห้ง และจะมีความแข็งแรงน้อยลงเมื่อเปียก (ลดลงประมาณร้อยละ 15-25)

3) การยืดหยุ่นตัว เส้นใยไหมเป็นเส้นใยที่ยืดหยุ่นตัวได้ อาจแปรไปตามชนิดของพันธุ์และการเจริญเติบโต เส้นใยไหมสามารถยืดตัวได้ถึงร้อยละ 20 ของความยาวเดิม เมื่อเทียบกับเส้นใยขนสัตว์จะพบว่าสภาพยืดหยุ่นของเส้นไหมไม่ดีเท่าขนสัตว์ ทั้งนี้เนื่องจากสภาพโมเลกุลของเส้นใยไหม ไม่มีพันธะมาจับเมื่อเชื่อมเป็นโครงข่ายด้านข้าง ดังนั้นจึงไม่อาจดึงกลับคืนสภาพเดิมได้

4) การคืนตัวจากแรงอัด เส้นใยไหมมีความสามารถในการคืนกลับได้ดี ไม่เกิดการยับย่นง่าย สามารถกลับคืนรูปได้ เพียงวางทิ้งไว้ข้ามคืน

5) การดูดซึมความชื้น ที่สภาวะมาตรฐานความสามารถในการดูดซึมความชื้นจะอยู่ที่ร้อยละ 11 ที่ความชื้นอิ่มตัวเส้นใยไหมสามารถดูดซึมได้ถึง ร้อยละ 25-35 นับว่ามีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้ดี ทำให้เป็นประโยชน์มากในการประยุกต์ใช้ในการย้อมสีผ้า

6) ความร้อน เส้นใยไหมสามารถทนต่อความร้อนประมาณ 190 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น มิฉะนั้นแล้วเส้นใยจะสลายตัว

7) ความถ่วงจำเพาะ ไหมเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะเพียง 1.25 แต่มีการทิ้งตัวดี

8) อายุการใช้งานของไหม ไหมอาจจะสึกกร่อนหรือถูกทำลายได้โดยออกซิเจนในชั้นบรรยากาศหรือแรงเหนี่ยวหรือดึงทีละน้อย ถ้าปราศจากการเก็บและบำรุงรักษาที่ดี

2.1.3 สมบัติทางเคมีของเส้นใยไหม [2]

1) กรด คล้ายขนสัตว์ เส้นใยไหมไม่ถูกทำลายด้วยกรดทั่วไป แต่กรดที่มีความเข้มข้นสูงสามารถทำลายเส้นใยไหมได้

2) ด่าง เส้นใยไหมไม่อ่อนไหวต่อด่างเท่าขนสัตว์ แต่ถูกทำลายได้ด้วยสารละลายด่างโซดาไฟที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิเดือด เป็นเวลา 5 นาที ด่างแก่มีผลทำให้เส้นใยไหมมีความมันเงาน้อยลง

3) เกลือคลอไรด์ เส้นไหมสามารถถูกทำลายด้วยสารที่มีส่วนผสมของเกลือคลอไรด์ ผสมอยู่ ได้แก่ เหงื่อ และน้ำทะเล

4) สารละลายอินทรีย์ น้ำยาซักแห้งไม่มีผลทำลายเส้นใยไหม ดังนั้นจึงนิยมซักล้างด้วยน้ำยาซักแห้งมากกว่าการใช้ผงซักฟอก

5) สารซักฟอก ไหมมีความทนทานต่อสารซักฟอก แต่ถูกทำลายได้ด้วยสารฟอกขาวประเภทออกซิไดส์ อาทิ สารซักฟอกที่มีโซเดียมไฮโปรคลอไรท์ผสมอยู่ ส่วนพวกสารซักฟอกประเภทไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ หรือโซเดียมเพอร์บอเรต ภายใต้ภาวะปกติจะไม่เกิดผลเสียต่อไหม ยกเว้นห้ามใช้สารที่มีฤทธิ์เป็นด่างปริมาณสูงในการฟอกขาว มิฉะนั้นเส้นใยจะละลายตัวทั้งหมด

6) เชื้อราและแมลง โดยทั่วไปจะไม่เกิดเชื้อราขึ้นได้ง่าย ยกเว้นถูกทิ้งไว้ในสภาวะที่ค่อนข้างเปียกชื้นเป็นเวลานาน

7) แสง เส้นใยไหมอ่อนแอต่อแสงแดด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อถูกแสงแดดโดยตรงเป็นเวลานาน ความแข็งแรงของเส้นใยไหมลดลง

2.1.4 กาวไหม (เซริซิน) [1,2,6]

กาวไหม (เซริซิน) คือส่วนของกาวที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มเส้นใย (ไฟโบรอิน) มีอยู่ประมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักไหมดิบ ซึ่งเป็นการประกอบกันของพอลิเปปไทล์ 5-6 เส้นที่มีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันไป (ช่วงประมาณ 10-300 kDa) โดยเซริซินจะถูกสร้างจากกรดอะมิโนมากกว่า 18 ชนิด ซึ่งจะมีหมู่ข้างเคียงที่มาเกาะอยู่ในโมเลกุลโปรตีนที่แข็งแรง เช่น หมู่ไฮดรอกซิล หมู่คาร์บอกซิล และหมู่อะมิโน และกรดอะมิโนส่วนใหญ่ที่พบในเซริซิน ได้แก่ เซรีน (serine) กรดแอสพาร์ติก (aspartic acid) และไกลซีน (glycine) ประมาณร้อยละ 31.9, 13.8 และ 12.7 ตามลำดับ (ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในไหมเซริซิน) เป็น โครงสร้างผสมระหว่างโครงสร้างแบบ ß -Helix โครงสร้างแบบ ß - sheet และโครงสร้างแบบสุ่ม ซึ่งโครงสร้างแบบทรงกลมเล็กที่ซับซ้อนนี้จะแสดงถึงหน้าที่สำคัญในการเร่งของปฏิกิริยาและบ่งบอกถึงลักษณะเฉพาะของโมเลกุล

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกาวไหมเซริซินจากหนอนไหม B.mori และ Tussah A. pennyi [6]

กรดอะมิโน	หนอนไหม **B.mori**	หนอนไหม **Tussah A. pernyi**
Glycine	127.0	149.9
Alanine	55.1	27.8
Valine	26.8	11.9
Leucine	7.2	9.9
Isoleucine	5.5	8.0
Serine	**319.7**	**226.3**
Threonine	82.5	149.6
Aspartic acid	138.4	122.5
Glutamic acid	58.0	67.4
Lysine	32.6	14.7
Arginine	28.6	54.5
Histidine	13.0	25.0
Tyrosine	34.0	49.2
Phenylalanine	4.3	6.0
Proline	5.7	19.1
Tryptophan	-	-
Methionine	0.5	1.3
$(Cysteine)_2$	1.4	1.8

เซริซินเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายทางกายภาพ ทางเคมีหรือโดยการใช้เอนไซม์แล้ว เซริซินจะแตกตัวเป็นเปปไทล์ บางเปปไทล์อาจมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 20 kDa (ปกติจะไม่น้อยกว่า 5 kDa) โดย เปปไทล์ของเซริซินเหล่านี้สามารถที่จะละลายน้ำได้ ดูดซับความชุ่มชื้นได้เป็นอย่างดี และยังสามารถนำไปใช้เกี่ยวกับปฏิกิริยาทางด้านชีวรูปที่สำคัญ เช่น แอนตี้ออกซิเดชัน (Anti-oxidation) หรือนำมาใช้ในทางด้านยารักษาโรค เช่น สารต้านการจับตัวเป็นก้อนของเลือด และสารต้านการก่อมะเร็ง เป็นต้น ส่วนเปปไทล์ของเซริซินที่แตกตัวแล้วยังมีน้ำหนักของโมเลกุลสูง (20-300 kDa) จะสามารถละลายได้ในน้ำเดือด และโปรตีนในเซริซินนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุทางชีวภาพ (Biomaterials) หรือนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านเส้นใยหรือสิ่งทอต่างๆ

2.1.5. เส้นใย (ไฟโบรอิน) [2,8]

ไฟโบรอินมีความแตกต่างกับเซริซิน ตรงที่ไม่สามารถละลายน้ำได้องค์ประกอบกรดอะมิโนของไฟโบรอิน แสดงในตารางที่ 2.2 โดยจะมีกรดอะมิโนส่วนใหญ่เป็นไกลซีน อะลานีน เซรีน ร้อยละ 44.6 29.4 12.1 ตามลำดับ สายโซ่ไฟโบรอินจะมีลักษณะโดยทั่วไปเป็นเส้นตรงตามแนวแกนขนานไปกับเส้นใยของไหม โดยสายโซ่ที่เรียงตัวอยู่ใกล้กันจะเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างกัน และบางช่วงของแต่ละสายโซ่ที่มีการเรียงต่อกันเป็นรูปแบบ $-(ala-gly)_n-$ ติดกัน จะเกิดลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า ß - sheet ซึ่งจะเป็นโครงสร้างซ้ำๆ ในโปรตีนที่มีลักษณะเป็นเส้นใย โดยจะเป็นลักษณะเฉพาะและบ่งบอกถึงสมบัติทางกายภาพต่างๆ เช่น ความแข็งแรงของเส้นใย เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในไฟโบรอิน จากหนอนไหม B.mori และ Tussah A. pennyi [6]

กรดอะมิโน	หนอนไหม **B.mori**	หนอนไหม **Tussah A. pernyi**
Glycine	**446.0**	265.0
Alanine	294.0	**441.0**
Valine	22.0	7.0
Leucine	5.3	8.0
Isoleucine	6.6	-
Serine	121.0	118.0
Threonine	9.1	1.0
Aspartic acid	13.0	47.0
Glutamic acid	10.2	8.0
Lysine	3.2	1.0
Arginine	4.7	26.0
Histidine	1.4	8.0
Tyrosine	51.7	49.0
Phenylalanine	6.3	6.0
Proline	3.6	3.0
Tryptophan	1.1	11.0
Methionine	1.0	-
$(Cysteine)_2$	2.0	-
	Gly > Ala	Gly < Ala

2.1.6. การประยุกต์ใช้โปรตีนไหม [1,3,7]

1) อภิชาติ สนธิสมบัติ และคณะ [1] การผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนเซริซินและไฟโบรอินเพื่อนำมาตกแต่งบนเสื้อกีฬา เพื่อให้เกิดสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น ความนุ่มนวล การดูดความชื้น การคืนตัวของผ้า โดยกระบวนการดังต่อไปนี้ นำเส้นไหมไทยมาละลายด่างที่ค่าความเป็นด่าง 12.0 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง pH 7.0 และระเหยน้ำออกกลายเป็นผงไหม นำไปเข้าเครื่องบดอนุภาคบอลมิลล์ให้อนุภาคเล็กลงผ่านการคัดกรองขนาดอนุภาคแล้วนำไปตกแต่งบนเสื้อกีฬาด้วยวิธีการพ่นเคลือบบนผิวหน้าผ้าถักพอลิเอสเตอร์ 100%

2) อภิชาติ สนธิสมบัติ [7] จดอนุสิทธิบัตรเรื่อง กรรมวิธีการผลิตผงไหม (ไฟโบรอินและเซริซิน) เพื่อใช้ในงานด้านสิ่งทอ การแพทย์ และเครื่องสำอาง ซึ่งมีการอ้างอิงว่าสมบัติของผงไหมเป็นสารทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น (Moisturizing agent) สามารถนำมาผลิตเป็นแป้งทาผิวหน้า และครีมบำรุงผิวอย่างดี นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นสารป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต (UV Protecting Agent) จึงนำไปผลิตเป็นครีมป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต นำเอาไปเคลือบวัสดุด้านสิ่งทอ ด้านการแพทย์ และ/หรือผสมในเครื่องสำอาง เพื่อทำให้ผิวหนังของผู้สวมใส่ชุ่มชื้น ดูดความชื้นได้ดี รวมถึงการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต (UV Protecting) และลดริ้วรอยบนใบหน้าและผิวหนังได้

3) การประยุกต์ใช้เกี่ยวกับงานเครื่องสำอาง เนื่องจากร้อยละ 80 ของกรดอะมิโนในเซริซินและไฟโบรอินมีหมู่ข้างเคียงเป็นดูดความชื้นได้ดี ซึ่งช่วยให้โปรตีนไหมมีความสามารถในการดูดซับน้ำ ได้เป็นอย่างดีและเนื่องจากเป็นโปรตีนที่สามารถซึมผ่านชั้นผิวหนังได้ จึงจัดเป็นตัวดูดซับความชุ่มชื้น (Moisturizer) ที่มีประสิทธิภาพสูง นอกจากนั้นยังเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการเสื่อมสภาพของเซลล์ผิว และป้องกันแสงจากรังสียูวี ดังนั้นจึงเหมาะแก่การนำไปใช้ในส่วนของผลิตภัณฑ์สำหรับดูแลสุขภาพผิว หรือแม้แต่เส้นผมโปรตีนไหมก็สามารถที่จะช่วยดูแลได้ โดยที่เมื่อนำเซริซินมาใช้กับเส้นผมแล้วจะทำให้ผมมีความเงางามและมีน้ำหนักมากขึ้น [3]

4) การประยุกต์ใช้เป็นวัสดุที่สลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable Material) ในการผลิตวัสดุที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพนั้นจะใช้เซริซินเป็นวัตถุดิบที่นำไปผสมกับสารเรซิน โดยให้เกิดปฏิกิริยากันระหว่างสารละลายของเซริซินหรือผงเซริซินกับสารละลายพอลิออล ซึ่งจากปฏิกิริยาก็จะเกิดความร้อนและแก๊สขึ้นตามกระบวนผลิตวัสดุพอลิเมอร์หรือโฟมทั่วไป โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้นอกจากจะสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพตามจุดประสงค์ของการผลิตแล้ว ยังมีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้ดียิ่งกว่าผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากเซริซินหลายเท่า และนอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนได้อีกด้วย เช่น ภาชนะบรรจุอาหารชนิดต่างๆ เป็นต้น

5) การประยุกต์ใช้เป็นวัสดุเมมเบรน (Membrane Material) เซริซินและไฟโบรอินสามารถที่จะนำมาทำเป็นเมมเบรนที่ใช้ในกระบวนการแยก ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถสร้างเป็นเมมเบรนได้ด้วยตัวเอง แต่ก็สามารถที่จะนำไปใช้เป็นส่วนผสมหรือเป็นพอลิเมอร์ร่วมกับสารชนิดอื่นได้ จากสมบัติของโปรตีนไหมที่มีความสามารถในการดูดซับความชื้นของกรดอะมิโนจำนวนมากที่มีหมู่ของไฮโดรฟิสิกส์ ดังนั้นการใช้งานของเมมเบรนที่มีส่วนประกอบของโปรตีนไหมจึงเหมาะที่จะนำไปใช้ เช่น การแยกแอลกอฮอล์จากสารละลายที่มีน้ำผสมกับแอลกอฮอล์ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

6) การประยุกต์ใช้เป็นวัสดุทางชีวภาพ (Biomaterial) โปรตีนไหมทั้งสองชนิดสามารถที่จะนำมาเปลี่ยนรูปร่างให้กลายเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ เคลือบกับวัสดุที่ต้องการที่จะเพิ่มประสิทธิรูปที่บริเวณพื้นผิวนั้นๆ เช่น การเคลือบบนผิวของอุปกรณ์ทำความเย็นเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง โดยในอนาคตอาจจะมีการพัฒนาจนสามารถที่จะนำไหมมาเคลือบบนวัสดุเพื่อช่วยในเรื่องของความทนทาน ทนต่อสภาพอากาศ ช่วยในเรื่องของการซึมผ่าน เป็นต้น

7) การประยุกต์ใช้ของเส้นใย (Functional fibers) การประยุกต์ใช้ทางด้านเส้นใย ถ้าเป็นเซริซินจะใช้เป็นตัวที่นำไปปรับปรุงดัดแปลงเส้นใยสังเคราะห์ให้มีสมบัติที่ดีขึ้น ตัวอย่าง เช่น เส้นใยของพอลิเอสเตอร์ ทำการดัดแปลงโดยการผสมเซริซินเพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อกันระหว่างสายโซ่ของโมเลกุล (Cross-linked) หรือการเคลือบเซริซิน บนเส้นใยไนลอน (nylon) เพื่อช่วยเพิ่มสมบัติการซึมผ่านของอากาศ ส่วนไฟโบรอินจะเน้นไปทางด้านความแข็งแรงของเส้นใย ซึ่งไฟโบรอินเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงมาก ดังนั้นจึงเหมาะสมกับการนำไปใช้ในงานสิ่งทอหรือเส้นใยต่างๆ

2.2 เส้นใยฝ้าย (Cotton Fibers) [5]

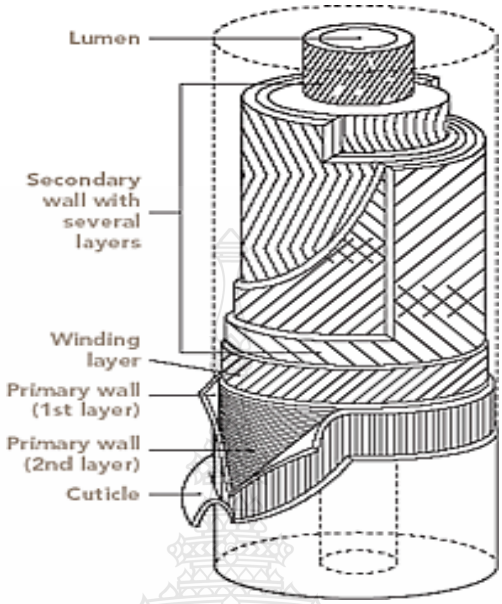
เส้นใยที่นิยมใช้ในปัจจุบันของประเทศไทย ที่เหมาะสมกับสภาพอากาศร้อนชื้น คือเส้นใยฝ้าย ประมาณร้อยละ 44 ของผลิตภัณฑ์จากเส้นใยทั้งหมด การใช้เส้นใยจากฝ้ายเริ่มต้นในประเทศอินเดียเมื่อประมาณ 3,000 ปีก่อนคริสตศักราช แล้วกระจายไปยังอียิปต์ จีนและดินแดนในแถบแปซิฟิคใต้ จนถึงช่วงปฏิวัติอุตสาหกรรมที่มีการผลิตเครื่องปั่นฝ้าย ทำให้การใช้เส้นใยฝ้ายเพิ่มขึ้น

2.2.1 สมบัติทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย [5,10]

เส้นใยฝ้ายเป็นเส้นใยเซลูโลส มีลักษณะเฉพาะพิเศษ หลายประการ ดังนี้

- นุ่มสบายมือ
- สามารถดูดซึมได้ดี ติดสีได้ พิมพ์ได้ด้วยสี
- ซักได้ด้วยเครื่องซักทำความสะอาดได้
- แข็งแรง สามารถเย็บเป็นเสื้อผ้าได้ดี

เส้นใยฝ้ายแต่ละเส้นมีลักษณะเป็นชั้น ดังรูป



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการจัดเรียงตัวและองค์ประกอบของเส้นใยฝ้าย [5]

ชั้นที่เป็นเปลือกนอกแยกจากตัวเส้นใยประกอบด้วยไขและเพคติน ส่วนชั้นที่เป็นผนังปฐมภูมิประกอบด้วยเส้นใยที่เป็นผลึกเซลลูโลส ชั้นทุติยภูมิของเส้นใยยังแบ่งออกเป็น 3 ชั้นย่อย ทุกชั้นย่อยเหล่านี้มีลักษณะเป็นเส้นใยที่ยึดพันกันเป็นเกลียว ม้วนเป็นมุม 25 – 30 องศา มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนชั้นในสุดเรียกว่า ลูเมน (lumen) ประกอบด้วยน้ำและส่วนประกอบของเซลล์ ได้แก่ นิวเคลียสและไซโทพลาสมา

เมื่อนำเส้นใยฝ้ายดิบมาทำปฏิกิริยากับโซดาไฟ (NaOH) พวกไขมันจะเกิดปฏิกิริยากับด่าง (Saponification) รวมถึงพวกเพคตินและสารที่ไม่ใช่เซลลูโลสจะถูกกำจัดออกไป สิ่งเจือปนต่างๆ จะถูกกำจัดออกไปหมดด้วยการชะล้าง และเมื่อนำไปทำปฏิกิริยากับสารฟอกสีซึ่งเป็นสารออกซิไดส์ จะกำจัดสีธรรมชาติของเส้นใยออกไป นอกจากนี้การชุบด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่เรียกว่าการชุบมัน (Mercerization) โดยการจุ่มเส้นใยฝ้ายใน สารละลายโซเดียมไฮดรอก-ไซด์ ร้อยละ 18-25 ซึ่งจะช่วยปรับสภาพเส้นใยฝ้ายในด้านการดูดซับ ทำให้เส้นใยมีความสดใสเงางาม ทั้งนี้หลังจากการชะล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เส้นใยฝ้ายจะมีปริมาณเซลลูโลสถึงร้อย 99 เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยกลูโคสปราศจากน้ำ (anhydrous glucose) เป็นมอนอเมอร์เชื่อมด้วยพันธะ 1,4–Glycosidic bond หมู่ hydroxyl (-OH) บนพอลิเมอร์แต่ละเส้น

จะสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างเส้น ทำให้เส้นใยฝ้ายมีองศาของการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of Polymerization) อยู่ระหว่าง 9,000 – 15,000 ลักษณะของเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายจึงเป็นผลึกที่สามารถตรวจสอบได้ด้วย X–ray Diffraction Infrared Spectroscopy และการหาความหนาแน่น

2.2.2 สมบัติทางเคมีของเส้นใยฝ้าย [5,11]

เนื่องจากองค์ประกอบสำคัญของฝ้ายคือเซลลูโลส ซึ่งเป็นสารประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน ใยฝ้ายจึงถูกทำลายได้ง่ายจากการทำปฏิกิริยากับสารเคมีต่างๆ ได้ดี เช่น

1) เมื่อถูกกรดแก่ เช่น กรดเกลือ (HCl) กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ใยฝ้ายจะเป็นเป็นสารเหนียวหนืด หรือเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไนตริก (HNO_3) จะได้เซลลูโลสไนเตรตซึ่งเป็นวัตถุระเบิด

2) กรดอ่อนเช่น กรดซิทริก (Citric acid) กรดอะซิติก (Acetic acid) จะไม่ทำลายเส้นใยฝ้าย

3) สารที่เป็นด่างไม่ว่าด่างแก่ หรือด่างอ่อนไม่ทำลายเส้นใยฝ้าย

4) สารที่เป็นตัวออกซิไดส์อย่างแรง เช่น ด่างทับทิม ($KMnO_4$) โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaClO) จะสามารถเปลี่ยนเส้นใยฝ้ายเป็นออกซีเซลลูโลส (Oxycellulose) ซึ่งมีความเหนียวลดลง ดังนั้นการซักผ้าฝ้ายที่ใช้สารฟอกมากเกินไปจะทำให้ผ้าฝ้ายขาดง่าย

5) รังสีอัลตร้าไวโอเลต แสงแดดสามารถทำให้เซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนเป็น Oxycellulose ถ้าตากผ้าฝ้ายในแสงแดดนาน 2 สัปดาห์ เส้นใยฝ้ายจะทนต่อแรงดึงลดลงถึงร้อยละ 50

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เรื่องกรรมวิธีการผลิตอนุภาคผงไหม [4,7,8]

อภิชาติ สนธิสมบัติ [7] จดอนุสิทธิบัตรเรื่อง กรรมวิธีการผลิตผงไหม (ไฟโบรอินและเซริซิน) เพื่อใช้ในงานด้านสิ่งทอ การแพทย์ และเครื่องสำอาง โดยมีกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้ ละลายเส้นใยไหมดิบ เศษเส้นใยไหมดิบ หรือรังไหมดิบ ทำให้เป็นของเหลวข้น ทำให้ของเหลวข้นมีค่า pH เป็นกลาง ทำแห้งในเครื่องอบแห้ง เมื่อได้แผ่นเส้นใยไหม นำเข้าเครื่องบดด้วยลูกบอล (Ball Milling Machine) โดยตั้งสภาวะการบดเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลานำผงละเอียดไปถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) พบว่าผงเส้นใยไหม (ไฟโบรอินและเซริซิน) มีความละเอียด 300-500 ไมโครเมตร

Rojkhowa, R และคณะ [8] อธิบายเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิตผงไหมที่มีอนุภาคละเอียดมาก (Ultra-fine Silk Powder) ด้วยกระบวนการบดด้วยเครื่องโรตารี่ และลูกบอล (Rotary and Ball Milling Machine) ดังวิธีดังต่อไปนี้ นำเส้นไหมจากประเทศอินเดีย แถบตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 3 ชนิด มาลอกกาวไหมด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (2-20 กรัมต่อลิตร) ที่อุณหภูมิ 100-130 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 60 นาทีขึ้นไป จากนั้นทำให้แห้ง จากนั้นใช้เครื่องตัดแบบใบมีดรูปตัววี (V-Shape) ตัดในเครื่องโรตารี่ ด้วยความเร็วประมาณ 3,000 รอบต่อนาทีขึ้นไป ทำให้เกิดชิ้นเส้นไหมขนาดประมาณ 1-2 มิลลิเมตร จากนั้นนำเศษชิ้น เส้นไหมที่ได้จากกระบวนการข้างต้นนำมาบดด้วยเครื่องบดโรตารี่ ความเร็วประมาณ 20,000 รอบต่อนาที เศษเส้นไหมถูกบดอย่างน้อย 15 ครั้ง เมื่อได้เศษอนุภาคเส้นไหมแล้ว นำไปเข้าขั้นตอนที่สาม ในเครื่องบดด้วยลูกบอล โดยเติมน้ำอัตราส่วน เศษอนุภาค 1 กรัมต่อน้ำ 10-15 ลูกบาศก์เซนติเมตร และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการทำให้แห้งด้วยเครื่องทำให้แห้งด้วยวิธีการสเปรย์ (Spray Drying) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และอัตราการป้อนสารละลาย 8 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลิตร ผงไหมที่มีอนุภาคละเอียดมากที่ผลิตได้มีขนาดประมาณ 200 นาโนเมตร

เมื่อประมาณ 70 ปีมาแล้ว บริษัทผลิตเครื่องสำอางยี่ห้อ “คาเนโบ” ของญี่ปุ่นนำไฟโบรอินมาหลอมให้อยู่ในรูปของสารละลายก่อนที่จะทำเป็นผง และครีม ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง การผลิตผงไหมในปัจจุบัน เริ่มที่ญี่ปุ่นเมื่อปี พ.ศ.2530 โดย ศาสตราจารย์ ดร.คิโยชิ ฮิราบายาชิ (Dr. Kiyoshi Hirabayashi) แห่งมหาวิทยาลัยชินชู (Shinshu University) ประสบความสำเร็จในการผลิตผงไหม จากไหมป่าอีรี่ (Eri Silk) เป็นผงไหมชนิดที่ละลายน้ำและรับประทานได้ ต่อมาในปี พ.ศ.2532 บริษัทคาเนโบ จำกัด ได้ผลิตผงไหมชนิดไม่ละลายน้ำเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องสำอาง [4]

ผงไหมที่ผลิตอยู่ในปัจจุบัน มี 3 ชนิด คือ

1) ผงไหมจากหนอนไหม โดยการนำหนอนไหมวัย 5 อายุ 3 วัน มาเข้าเครื่องฟรีซดราย (Freeze dry) แล้วบดให้เป็นผง

2) ผงไหมเซริซิน (Sericin) โดยการนำโปรตีนเซริซินที่หุ้มเส้นใยไหมมาผลิตด้วยกรรมวิธีในห้องปฏิบัติการได้ผงไหมที่ละลายน้ำได้ ผงไหมชนิดนี้จึงนำมาใช้ประโยชน์ในการทำพอลิเมอร์อุ้มน้ำ

3) ผงไหมไฟโบรอิน (Fibroin) ผงไหมชนิดนี้มีทั้งในรูปละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ ชนิดที่ไม่ละลายน้ำทำโดยลอกกาวเซริซินออกจากเส้นไหมก่อน แล้วบดให้เป็นผง ร่อนด้วยตะแกรง เพื่อให้ได้ผงไหมขนาดต่างๆ ตามต้องการ อีกวิธีหนึ่งคือ การนำเส้นไหมไปฉายรังสีใน ระดับต่างๆ แล้วนำมาบดจนได้ผงละลายน้ำ

สำหรับประเทศไทย เริ่มมีการวิจัยเพื่อผลิตผงไหมเป็นครั้งแรกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหม ศรีสะเกษ เมื่อ ปี พ.ศ. 2540 เป็นผงไหมชนิดไม่ละลายน้ำ โดยใช้เส้นไหมพันธุ์นางน้อย ศรีสะเกษ 1 ได้ผงขนาด 200-400 ไมโครเมตร ซึ่งยังมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ไว้ดังนี้ [4]

การผลิตผงไหมชนิดละลายน้ำ โดยนำรังไหมที่ได้ตัดเอาดักแด้และคราบหนอนไหมที่อยู่ภายในรังไหมออกให้หมด ตัดเปลือกรังไหมให้มีขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตร นำมาลอกกาวซิริซินออกด้วยสารละลายของโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ร้อยละ 0.5 สัดส่วน 1:100 ต้มที่อุณหภูมิ 98.2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ต้ม 2 ครั้ง แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาดผึ่งลมให้แห้งในที่ร่ม จะได้สารไหมไฟโบรอิน (Fibroin) ต้มสารไหมไฟโบรอินด้วยสารละลายผสมระหว่างแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) กับน้ำและเอทิล แอลกอฮอล์ (สัดส่วนของโมล 1:8:2) โดยใช้สารไหมไฟโบรอิน 15 กรัมต่อสารละลายผสม 100 มิลลิลิตร จากนั้นเทสารละลายไหมที่ได้ลงในถุงเซลลูโลส นำไปไฮโดรไลส์ด้วยน้ำที่สะอาด 3 วัน ทำให้เป็นน้ำแข็งแล้วนำเข้าเครื่องฟรีซดราย ต่อจากนั้นบดด้วยเครื่องบด จะได้ผงไหมมีลักษณะคล้ายแป้งสีขาว สัมผัสด้วยมือมีความลื่นมันเงา ชิมดูไม่มีรส และไม่มีกลิ่น สารไหมไฟโบรอินจากเปลือกรังไหมสีขาว 50 กรัม ได้ผงไหม 36.5 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 73 ขนาดของผงไหมที่ได้ 5-10 ไมครอน มีร้อยละ 50 ขนาด 15-20 ไมครอน มีร้อยละ 37.8 และขนาด 25 ไมครอนขึ้นไปมีร้อยละ 11.7

การผลิตไหมชนิดไม่ละลายน้ำ โดยทำการลอกกาวซิริซินด้วยโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 2.5 ต้มไหมที่อุณหภูมิ 90.5 องศาเซลเซียส นาน 90-120 นาที จำนวน 3 ครั้ง สามารถสกัดเซริซินในเส้นไหมและรังไหมไทยได้ร้อยละ 30-34 ได้สารไฟโบรอินร้อยละ 66-70 แล้วทำการบดด้วยเครื่องผสม โฮโมจิไนเซอร์ (Homoginizer) ความเร็ว 29,000 รอบต่อนาที แล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 200 รูต่อนิ้ว (Mesh) จากนั้นเข้าเครื่องเหวี่ยงด้วยแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifuge) เพื่อแยกชั้นผงไหมอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะได้ผงไหมที่มีความละเอียดตั้งแต่ 10-80 ไมครอน การผลิตผงไหมจากรังไหมป่าจะได้ผงไหมที่ละเอียดมากกว่า เนื่องจากมีกาวซิริซินน้อยและเส้นใยมีความเหนียวต่ำกว่าไหมไทยศูนย์วิจัยหม่อนไหมศรีสะเกษ เมื่อปี พ.ศ. 2540 เป็นผงไหมชนิดไม่ละลายน้ำโดยใช้เส้นไหมพันธุ์นางน้อยศรีสะเกษ 1 ได้ผงขนาด 200-400 ไมครอน ซึ่งยังมีขนาดค่อนข้างใหญ่

2.4 กระบวนการตกแต่งวัสดุสิ่งทอ [11-18]

ความหมายของการตกแต่งเชิงกล และเชิงเคมี [12]

<u>คำนิยาม</u> การตกแต่งเชิงกล และเชิงเคมี ครอบคลุมการทำให้ผ้าเกิดผิวสัมผัสที่ต้องการ เช่น การขัดมัน การอัดดอก การตะกุยขน การเมอร์เซอร์ไรซ์ การแซนโฟไรซ์ เป็นต้น การตกแต่งบางอย่างทำให้เกิดความมันเงา บางอย่างทำให้เกิดความด้าน (ความไม่มันเงา) การตกแต่งพิเศษบางอย่างทำให้ผ้าป้องกันรอยยับ คืนตัวเมื่อยับ ทนน้ำ ทนไฟ เป็นต้น สำหรับการตกแต่งนั้นส่วนใหญ่จะกระทำช่วงผืนผ้า การตกแต่งทำให้เกิดลักษณะที่พึงประสงค์บนผ้า

<u>หมายเหตุ</u> การตกแต่งเชิงกลมักใช้เครื่องมือเครื่องจักร และอุปกรณ์ในการตกแต่ง และมักจะไม่คงทนถาวร ส่วนการตกแต่งเชิงเคมีมักใช้สารเคมีควบคู่กับเครื่องมือเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้เกิดความคงทนถาวรมากกว่าการตกแต่งเชิงกล เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีเกิดขึ้น

กระบวนการตกแต่งแบ่งตามอายุการใช้งานของผ้า หรือวัสดุที่ถูกตกแต่ง ดังนี้ [13]

1) การตกแต่งถาวร หมายถึง การตกแต่งที่มีอายุการใช้งานของผ้า หรือวัสดุนั้นตลอดอายุของการใช้งาน (จนผ้า หรือวัสดุนั้นเปื่อยตัว)

2) การตกแต่งคงทน หมายถึง การตกแต่งที่คงทนได้อย่างน้อย 1-2 ปีขึ้นไปในสภาวะการใช้งานปกติ และ

3) การตกแต่งชั่วคราว หมายถึง การตกแต่งที่คงทนอยู่เพียงการซักล้างมากกว่าหนึ่งครั้งขึ้นไป แต่อาจจะลดประสิทธิภาพการตกแต่งไปเรื่อยๆ หรือคงทนต่อการซักแห้งได้ไม่กี่ครั้งเท่านั้น

สารตกแต่งที่ใช้กับเส้นใยฝ้าย [13]

เนื่องจากสมบัติทั่วไปของเส้นใยฝ้าย มักจะมีปัญหาเรื่องการยับ และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหลังจากการซัก หลังจากตากแห้งแล้วจะต้องรีดเพื่อให้เรียบ ดังนั้นสารตกแต่งที่ใช้กับเส้นใยฝ้ายเบื้องต้น ยกตัวอย่าง อาทิ สารกันยับ (Anti-crease) สารกันยับขณะซักและสวมใส่ (Wash and Wear) สารทำให้มีจีบถาวร (Durable Press) สารทำให้ผ้าแข็ง (Stiffness) สารกันน้ำ หรือสะท้อนน้ำ (Water-proof หรือ Water-repellent) สารกันไฟ (Flame-proof) สารกันเชื้อรา (Anti-microbial) สารทำให้ผ้านุ่ม (Softener) หรือสารทำให้ผิวผ้ามีความหยาบกระด้างลดลง

ในกรณีที่ต้องการสมบัติพิเศษ อาจจำเป็นต้องเพิ่มสารตกแต่งอื่นๆ เช่น สารทำให้มีกลิ่นหอม สารทำให้ผู้สวมใส่แล้วเย็นสบาย สารทำให้ผู้สวมใส่ผิวหนังนุ่มนวลชุ่มชื้น เป็นต้น

2.4.1 สารพอลิยูริเทน [14-16]

พอลิยูริเทน ผลิตครั้งแรกในช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง โดยมีจุดมุ่งหมายในการทดแทนยางธรรมชาติ ที่ขาดแคลนในช่วงสงคราม สามารถนำไปเคลือบผ้า เคลือบผิวเครื่องบิน เคลือบโลหะ ไม้ และอิฐ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนจากสารเคมี พอลิยูริเทนส่วนใหญ่มักเป็นเทอร์โมเซ็ตติ้งพลาสติก (ไม่หลอมละลายและขึ้นรูปใหม่ได้) กระบวนการผลิตได้จากพอลิออลกับไดไอโซไซยาเนต หรืออนุพันธ์ของไอโซ- ไซยาเนต (ที่เป็นวงแหวน) โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีที่เหมาะสม จะทำให้เกิดผิวที่มีความยืดหยุ่น ที่เรามักเรียกว่า “หนังเทียม”

โฟมพอลิเมอร์พอลิยูริเทน ประกอบด้วยเฟสของแข็งและเฟสของก๊าซ พอลิยูริเทนแบ่งออกเป็นสองประเภทคือโฟมเทอร์โมพลาสติก และโฟมเทอร์โมเซตติ้ง Polyurethanes เรียกว่ายูริเทน มีลักษณะเชื่อมต่อกันของยูริเทน -NH-C- (=O) –O- การเชื่อมโยงเกิดขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาของกลุ่มไอโซไซยาเนตอินทรีย์กับกลุ่มไฮดรอกซิลตามที่แสดงในรูปแบบของปฏิกิริยาในสมการ

$$R-NCO + R'-OH = R-NH-C(=O)-O-R'$$

พอลิยูริเทนบางครั้งเรียกคำย่อว่า PUR และโฟมพอลิยูริเทนเรียกว่าโฟม PUR พอลิเมอร์ยูริเทนและโฟมพอลิเมอร์อื่นๆ ที่เตรียมจากปฏิกิริยาเพิ่มหรือปฏิกิริยาควบแน่นได้

ผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากพอลิยูริเทน มักจะเป็นกลุ่มเครื่องแต่งกาย วัสดุใส่ในที่นอน หมอน เบาะรถยนต์ โฟมกันกระแทก วัสดุผสมไม้-พลาสติก กาว หรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องอื่นๆ

2.4.2 กระบวนการตกแต่ง [13,16,17,19]

เทคนิคการดัดแปลงพื้นผิวสำหรับวัสดุสิ่งทอ มีเทคนิคการดัดแปลงพื้นผิวมากมายที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อปรับปรุงสมบัติการเก็บความชุ่มชื้นและสมบัติอื่นๆ ของพื้นผิวสิ่งทอ ส่วนใหญ่มักจะเป็นการแปรรูปด้วย

1) กระบวนการจุ่ม-บีบอัดสารเคมีในการปรับเปลี่ยนพื้นผิวสิ่งทอ จะผ่านการทำปฏิกิริยากับสารละลายสารเคมี เพื่อสร้างกลุ่มฟังก์ชันที่มีปฏิกิริยาบนพื้นผิว เทคนิคนี้ส่งผลต่อการซึมผ่านของสาร สิ่งทอโดยใช้สารเคมี

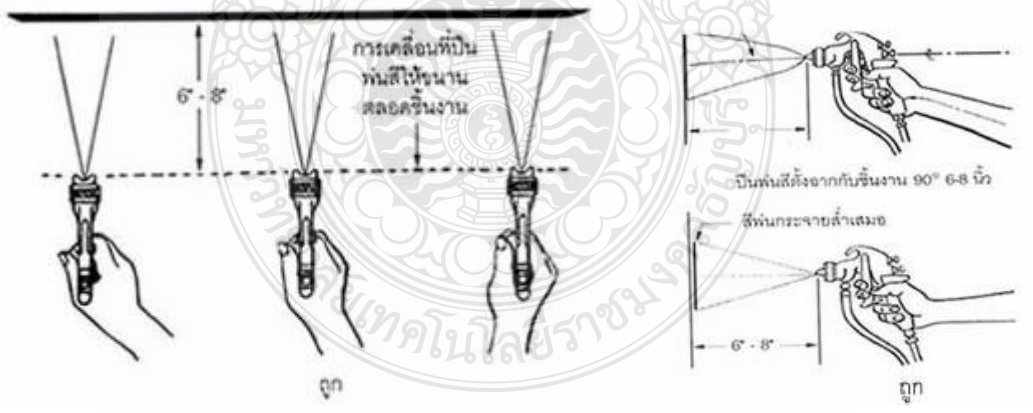
2) กระบวนการเคลือบด้วยกาซหรืออิออน เช่น การพลาสม่า ซึ่งเป็นสถานะของสสารที่มีพลังงานสูงทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนเป็นอนุภาคประจุอิเล็กตรอนและโมเลกุลที่เป็นกลาง แกสพลาสม่าถูกนำมาใช้เมื่อ 50 กว่าปีก่อน แต่เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการผลิตสิ่งทอในเชิงพาณิชย์เท่านั้น พลาสม่าเป็นกระบวนการที่แห้งโดยการปรับเปลี่ยนพื้นผิวด้านนาโนเมตรด้านบนผิวหน้าผ้า โดยไม่ใช้ตัวทำละลายหรือก่อให้เกิดของเสียทางเคมี อย่างไรก็ตามเครื่องจักรในการกำเนิดพลาสม่ามีราคา

ค่อนข้างแพง และหากต้องการเคลือบทั้งตัวเสื้อ จะต้องมีภาชนะที่ใหญ่เพียงพอที่จะเคลือบหากใช้พลาสม่าภายใต้ความดัน

3) การพ่นสเปรย์สารเคมี เคลือบบนผิวหน้าของผ้า หรือวัสดุ วิธีนี้ใช้การพ่นเคลือบด้วยอุปกรณ์ที่คล้ายกับกาพ่นสีรถยนต์ ประกอบด้วยสารละลาย และลมอัด ทำให้เกิดฝอยละอองของสารเคมีเคลือบบนวัสดุ ผ้า หรือเสื้อผ้า โดยมีความยืดหยุ่นมาก การทำงานง่าย ไม่สลับซับซ้อน แต่มีปัญหาเรื่องของการสูญเสียของละอองของสารเคมี จึงจำเป็นต้องควบคุมมุมในการพ่น และหัวพ่นจะต้องไม่ถูกปรับเปลี่ยน เพื่อให้ได้ละอองที่คงที่เสมอ

กระบวนการตกแต่งสิ่งทอที่เหมาะสมกับมิติของสิ่งทอเกือบทุกประเภท คือ กระบวนการพ่นสเปรย์เคลือบผิวหน้าสิ่งทอ อย่างไรก็ตามอาจมีปัญหาเรื่องของความไม่สม่ำเสมอของการพ่นสเปรย์ อีกทั้งการสูญเสียสารเคมีเนื่องจากละอองกระจายตัวไม่สัมผัสกับผิวหน้าสิ่งทอ [13,16,17,19,20]

ซึ่งกระบวนการพ่นสเปรย์เคลือบผิวหน้าสิ่งทอด้วยกาพ่นสี มีรายละเอียดของขนาดของหัวพ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาด [10-11] มีขนาดหัวพ่น 1.5 มม. เหมาะสมกับงานละเอียด และพื้นที่ขนาดเล็ก ขนาด 1.8 มม. เหมาะสมกับงานพ่นทั่วไป ขนาด 2.0-2.5 มม. เหมาะสมกับงานพ่นพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งขนาดหัวพ่นมีผลกับสารที่ต้องการพ่น เนื่องจากหากเลือกหัวพ่นเล็กเกินไป จะเกิดการอุดตันของหัวพ่น และไม่สามารถพ่นอย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.4 แสดงการรักษาระยะห่างของกาพ่นสีให้ถูกต้อง และคงที่เสมอ สำหรับงานช่างพ่นสีรถยนต์ ระยะห่าง 30 ซม. มุม 90 องศา [21]

รูปที่ 2.5 แสดงภาพตัวอย่างกาพ่นสีกระป๋องล่าง หัวพ่นขนาด 2.0 มม. [22]

4) การใช้สารเคมีทำให้ผ้าเปียกน้อยกว่าปกติ (Low wet pickup methods) โดยปกติการจุ่ม-บีบอัดสารเคมีจะต้องใช้ร้อยละการทำให้ผ้าเปียก (% Pick-up) อยู่ในช่วง 70-100 ดังนั้นจะทำให้เกิดปัญหาในการทำให้ผ้าแห้ง มีปัญหาเรื่องของการเคลื่อนตัวของสารเคมี ในช่วงการอบแห้งขั้นต้นและช่วงการทำปฏิกิริยาร่างแห ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นการทำให้ผ้าเปียกน้อยกว่าปกติ ด้วยการใช้ลูกกลิ้งที่สัมผัสกับผ้าโดยไม่จุ่มสารเคมี (Kissed Rollers) การผลิตโฟมและการเคลือบด้วยโฟมสารเคมี (Foam Finishing) หรือการใช้จุ่ม-บีบอัด ต่อจากนั้นจึงใช้ปั๊มสุญญากาศดูดสารเคมีส่วนเกินออกไป ทำให้ง่ายต่อการอบแห้งขั้นต้น และช่วงการทำปฏิกิริยาร่างแหอีกด้วย อีกทั้งประหยัดพลังงานความร้อนในการอบแห้ง เครื่องอบสามารถเดินเครื่องได้เร็วมากยิ่งขึ้น และมีปริมาณสารเคมีที่ใช้ลดน้อยลง

2.4.3 การคำนวณหาร้อยละการทำให้ผ้าเปียก (% Pick-up) [11,18]

การคำนวณหาร้อยละการทำให้ผ้าเปียก (% Pick-up) ทำได้ดังนี้คือ

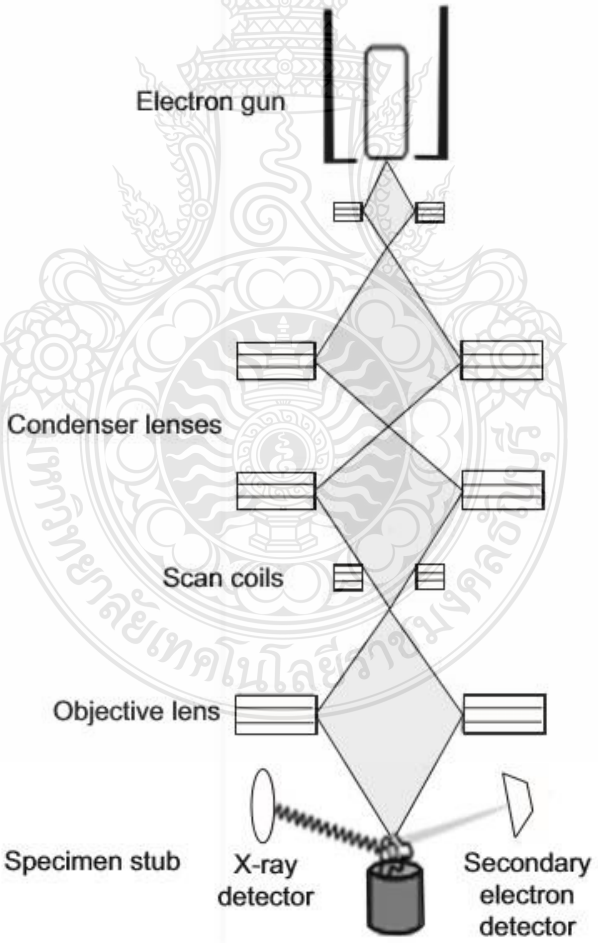
$$\% \text{ Pick-up} = \frac{\text{น้ำหนักของผ้าเปียก} - \text{น้ำหนักของผ้าแห้ง (ก่อนจุ่ม)}}{\text{น้ำหนักของผ้าแห้ง}} \times 100$$

ซึ่งการคำนวณนี้ นำมาประยุกต์ใช้กับการหาร้อยละของการทำให้ผ้าเปียกสำหรับปริญญานิพนธ์นี้

2.5 กระบวนการทดสอบผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่ง [16]

2.5.1 การทดสอบสัณฐานของผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งด้วยกล้องจุลทัศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) [16]

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด SEM มักนิยมใช้สำหรับการตรวจสอบสัณฐานวิทยาพื้นผิวและโครงสร้างของพื้นผิวสิ่งทอ SEM ใช้ลำแสงหลักของอิเล็กตรอนที่มีความสัมพันธ์กับตัวอย่างที่น่าสนใจในสภาวะสุญญากาศส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอน จะถูกเก็บรวบรวมและแสดงผลเพื่อให้ได้รูปที่มีความละเอียดสูง ความละเอียดและความชัดลึกของภาพจะพิจารณาจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น ค่ากระแสพลังงานลำแสง SEM จะสแกนพื้นผิวในระนาบ X-Y ด้วยเครื่องตรวจจับที่เหมาะสมและบันทึกข้อมูลพื้นผิวภายใต้การสังเกตด้วยความละเอียดของขนาด 1-2 นาโนเมตรและมีช่วงขยายตั้งแต่ 100-10,000 เท่า



รูปที่ 2.6 แสดงไดอะแกรมการทำงานของกล้องจุลทัศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) [16]

การใช้ประโยชน์จาก SEM เกี่ยวข้องกับการเตรียมตัวอย่าง การถ่ายภาพและการวิเคราะห์ภาพ การเตรียมตัวอย่างของ SEM ต้องมีการตึง (ตัวอย่างด้วยสารเคมี) หรือเคลือบโลหะบางๆ sputter ปกติมีความหนา 10-30 นาโนเมตร ด้วยโลหะที่เป็นสื่อกระแสไฟฟ้าทั่วไป ได้แก่ ทองคำแพลทินัม และโลหะผสมทองคำ- แพลเลเดียม แต่กระบวนการเคลือบผิวด้วยการอบแห้ง และการเคลือบโลหะที่ใช้ในการจัดเตรียมสิ่งทออาจเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาพื้นผิวโดยเฉพาะพื้นผิวที่ละเอียด

2.5.2 การทดสอบการขัดถูแบบแห้งและเปียก (ISO 105-X12:2011) [26]

1) ขอบเขต

ISO 105 นี้ ระบุถึงวิธีการในการกำหนดความต้านทานของสีของสิ่งทอทุกชนิด รวมถึงสิ่งทอปูพื้นและผ้าอื่นๆ เพื่อทดสอบการขัดถู วิธีนี้ใช้กับสิ่งทอที่ทำจากเส้นใยทุกชนิดในรูปแบบของเส้นด้ายหรือผ้ารวมทั้งสิ่งทออื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นย้อมหรือพิมพ์ อาจมีการทดสอบสองครั้ง โดยใช้ผ้าถูแห้งและรองด้วยผ้าถูเปียกร้อยละการทำให้ผ้าเปียก (% Pick-up) เท่ากับ 100

2) อ้างอิงตามกฎเกณฑ์

สำหรับเอกสารอ้างอิงที่ไม่ได้ระบุไว้จะมีการใช้งานเอกสารฉบับล่าสุดที่มีการอ้างถึง (รวมทั้งการแก้ไขเพิ่มเติม)

ISO 105-A01: 2010 สิ่งทอ-การทดสอบความคงทนของสี-ส่วน A01: หลักการทั่วไปของการทดสอบ

ISO 105-A03 สิ่งทอ-การทดสอบความคงทนของสี-ส่วน A03: สีเทาเพื่อประเมินการย้อมสี

ISO 105-F09 สิ่งทอ-การทดสอบความคงทนของสี - ส่วน F09: ข้อกำหนดสำหรับผ้าฝ้ายถู

ISO 139 สิ่งทอ-บรรยากาศมาตรฐานสำหรับการปรับอากาศและการทดสอบ

หากความคงทนของสีต่อการขัดถูดีแล้ว สมบัติอื่นๆ เช่น ความคงทนของสีต่อการซัก เป็นต้น จะดีขึ้นโดยอัตโนมัติ เนื่องจากการขัดถูเป็นวิธีการตรวจสอบการผนึกของสีบนผ้า ดังนั้นหากการยึดเกาะเป็นไปได้ดี จะมีผลโดยตรงกับความคงทนต่อการซักจะดีตามไปด้วย [19]

2.5.3 การทดสอบการซักล้างสำหรับเนื้อผ้าบาง โดยที่มวลต่อหน่วยความยาว และมวลต่อพื้นที่ (Determination of mass per unit length and mass per unit area (ISO 3801 : 1977)) [26]

เป็นการทดสอบสำหรับเนื้อผ้าบาง โดยที่มวลต่อหน่วยความยาว และมวลต่อพื้นที่เกี่ยวข้องกับความกว้างของเนื้อผ้า แต่สำหรับโครงสร้างรูปแบบอื่นๆ ของเนื้อผ้าอาจมีความแตกต่างที่สำคัญระหว่างมวลต่อหน่วยความยาว (Mass per Unit Length) และมวลต่อหน่วยพื้นที่ (Mass per Unit Area) วิธีการนี้ใช้กับผ้าทอ (รวมทั้งประเภท "ผ้ายืด") ที่มีความกว้างเต็มหรือพับลงกลางและใช้กับการกำหนดมวลผ้าของชิ้นงานที่สมบูรณ์และความยาวตัวอย่าง โดยที่มวลของผ้าเหล่านั้นที่แสดง จะต้องถูกควบคุมในสภาวะมาตรฐานสำหรับการทดสอบเท่านั้น

2.5.4 การทดสอบการซึมน้ำ (Wicking Test) (AATCC 197:2011) [27]

อธิบายถึงความสามารถในการจัดเตรียมตัวอย่างผ้าในแนวตั้ง (Vertical Wicking Test) เพื่อส่งผ่านของเหลว (น้ำ) ไปตามและ/หรือผ่านผ้า และใช้ได้กับผ้าถักหรือผ้าไม่ทอ

2.5.5 การทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) [28-30]

การทดสอบผิวสัมผัสเป็นการทดสอบที่ใช้ประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบเท่านั้น โดยการสัมผัสกับผ้า อย่างไรก็ตามผิวสัมผัสเป็นการทดสอบที่ขึ้นกับผู้ทดสอบ

การทดสอบผิวสัมผัสกระทำได้ดังต่อไปนี้ [30] ตัดผ้าให้เป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสมีขนาดกว้างx ยาว เท่ากับ 20x20 เซนติเมตร โดยมีผู้ทดสอบที่มีช่วงอายุ 23-60 ปี แบ่งเป็นชาย 16 คน และหญิง 24 คน ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยที่นักวิจัยสังกัดอยู่ โดยบุคคลเหล่านี้เป็นผู้มีประสบการณ์ในการสัมผัสผ้า และทำงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอมาเป็นเวลานาน ก่อนการทดสอบ มีการปฐมนิเทศเกี่ยวกับตัวแปรในการทดสอบครั้งนี้ กับผู้ทดสอบแต่ละคน โดยไม่มีการชี้นำผลการทดลองแต่อย่างใด สภาวะของการทดลองกระทำที่สภาวะมาตรฐาน (20 ± 2 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65) ผู้ทดสอบจะประเมินผลโดยใช้วิธีสัมผัสด้วยมือ ในเทอมของความหนา-ความบาง ความนุ่มนวล-ความหยาบกระด้าง ความขรุขระ-ความเรียบ ความรู้สึกอุ่น-เย็น สมบัติของผ้า ที่สามารถบอกได้เมื่อสัมผัสผ้าด้วยมือในครั้งแรก เพื่อป้องกันอิทธิพลของสี และการออกแบบมีผลทำให้เกิดความลำเอียง ผ้าตัวอย่างแต่ละชิ้นจะถูกใส่ไว้ในกล่อง และผู้ทดสอบจะได้รับอนุญาตให้มองตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบผิวสัมผัสเท่านั้น

สเกลการให้เกรดผ้าใช้ความรู้สึกของผู้ทดสอบเท่านั้น อย่างไรก็จะใช้ผ้าที่มีผิวสัมผัสมากที่สุด และน้อยที่สุด เป็นตัวอย่างอ้างอิง เกรด 1 ถึง 10 เป็นค่าที่ได้รับจากการประเมินเบื้องต้น โดยใช้ระยะเวลาในการประเมิน 15 วินาทีทั้งหมด (ยกเว้นการประเมินผิวสัมผัสทั่วไป ใช้ระยะเวลาในการประเมิน 20 วินาที) เมื่อทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำมาค่าเฉลี่ย (X) แต่ละหัวข้อ พร้อมกับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ตารางที่ 2.3 แสดงสเกลการให้เกรดผ้าโดยใช้ค่าผิวสัมผัสเบื้องต้น และทั่วไปของผ้าชิ้นทดสอบ [30]

ผิวสัมผัส	หน่วยการให้เกรดผ้า	ระยะเวลาในการประเมิน (วินาที)
ความบางความหนา-	บาง(1)----------5----------หนา (10)	15
ความนุ่มความกระด้าง-	นุ่ม(1)----------5----------กระด้าง(10)	15
ความเรียบความข-รุขระ	เรียบ(1)----------5----------ขรุขระ(10)	15
ความรู้สึกอบอุ่นเย็น-	อบอุ่น(1)----------5----------เย็น(10)	15
ผิวสัมผัสทั่วไป (ภาพรวม)	แย่ที่สุด(1)------ปานกลาง(3)---ดีเยี่ยม(5)	20

ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างผลการประเมินผิวสัมผัสแต่ละค่า ของตัวอย่างผ้า 9 ตัวอย่าง โดยบอกเป็นค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน [30]

Fabric no	Thinness-Thickness		Softness-Stiffness		Roughness-Smoothness		Warm-Cool Feeling		General Handle	
	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
1	5.0	1.202	5.6	1.008	5.0	1.757	6.6	2.371	2.3	0.842
2	3.2	1.014	3.7	0.957	3.8	1.097	6.6	2.086	3.2	0.994
3	3.4	1.077	3.0	1.060	2.9	0.834	6.5	1.950	4.3	0.923
4	3.5	1.172	3.2	0.748	3.7	0.797	6.0	1.753	3.8	0.645
5	4.5	1.482	4.4	1.008	5.7	2.068	6.1	2.187	3.4	0.481
6	6.7	2.225	7.3	1.731	7.8	1.839	5.5	2.175	1.9	1.089
7	4.2	1.067	4.1	1.695	4.4	1.147	5.7	1.878	3.9	1.116
8	4.6	1.671	3.5	0.834	3.2	1.175	6.2	2.380	3.7	1.047
9	4.9	0.890	5.1	1.628	7.5	1.369	4.4	0.954	2.9	0.896
max	6.7	2.225	7.3	1.731	7.8	2.068	6.6	2.380	4.3	1.116
min	3.2	0.890	3.0	0.748	2.9	0.797	4.4	0.954	1.9	0.481

2.6 สปาและชุดสำหรับนวดสปา [31-33]

2.6.1 ร้านสปา

ในปัจจุบันกระแสการดูแลตัวเอง และการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้นในประเทศไทย ทำให้เกิดมีธุรกิจสปา และร้านนวด ซึ่งเป็นธุรกิจที่ทำรายได้ดี และอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นหากสนใจที่จะมีธุรกิจสปาหรือร้านนวด ปัจจัยใดบ้างที่ควรจะคำนึงถึง

1) ทำเล ถือว่าเป็นปัจจัยหลักในการทำธุรกิจ ควรเลือกที่ตั้งในที่ ๆ คนเห็นง่าย มีที่จอดรถสะดวก เนื่องจากลูกค้าจะใช้บริการอย่างน้อยหนึ่งชั่วโมง

2) ทุน ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่นักธุรกิจควรคำนึงถึง คือการวางแผนการลงทุนที่ชัดเจน มีการจัดสรรรายรับ รายจ่าย และเงินสดหมุนเวียนที่ดี

3) ความรู้ หรือผู้เชี่ยวชาญ การทำธุรกิจสปาและร้านนวด ผู้ประกอบการควรคัดเลือกผู้ให้บริการที่ผ่านการอบรมจากสถาบันที่ได้รับการรับรอง และควรตรวจสอบประวัติผู้ให้บริการเพื่อป้องกันปัญหา

4) อุปกรณ์สปา และเครื่องมือต่างๆ เช่น ชุดใส่สำหรับนวดสปา น้ำมันหอมระเหยต่างๆ ผงขัดผิวต่างๆ ครีมพอกผิว พอกหน้า ครีมหรือโลชั่นบำรุงผิว องค์ประกอบส่วนนี้ขึ้นอยู่กับบริการที่จะจัดให้กับลูกค้า มีทั้งแบบสูตรธรรมชาติสามารถทำขึ้นได้เอง หรือจัดซื้อแบบสำเร็จรูปก็ได้ ควรสอบถามลูกค้าก่อนว่ามีอาการแพ้หรือไม่ และควรทดสอบกับผิวบางส่วนของลูกค้าก่อน

5) การตกแต่งสถานที่ เป็นองค์ประกอบที่จะทำให้ลูกค้าเข้าใช้บริการและกลับมาใช้ซ้ำ การตกแต่งร้านที่ดีควรเลือกใช้เฟอร์นิเจอร์ที่มีคุณภาพ แข็งแรงทนทาน การออกแบบร้านที่ดีควรเน้นโทนสีที่ให้ความรู้สึก สงบเย็น ไม่มืดหรือสว่างเกินไป

นอกเหนือไปจากนั้น หากร้านสปามีจุดขายเพิ่มเติม จะทำให้ร้านสปานั้นมีความโดดเด็ดมากยิ่งขึ้น จึงเป็นที่มาของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

2.6.2 ชุดสำหรับนวดสปา [30-32]

ชุดสำหรับนวดสปา เป็นชุดที่ใช้สำหรับเปลี่ยนเครื่องแต่งกายของลูกค้าที่มาใช้บริการนวดสปา ชุดดังกล่าวควรเป็นชุดที่ไม่หนามากเกินไป หรือบางมากเกินไป ซึ่งชุดเหล่านี้ควรมีสมบัติบางอย่าง อาทิ ทำให้นุ่มนวล สวมใส่สบาย ซึมซับน้ำได้ดี ทนทานต่อการซักล้าง ปราศจากเชื้อโรค และสมบัติอื่นๆ ที่ทางร้านสปาต้องการ

สำหรับปริญญานิพนธ์นี้ เป็นการทดลองเคลือบผิวหน้าผ้าสำหรับตัดเย็บเป็นชุดสำหรับนวดสปาด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และสารยึดติดพอลิยูริเทน ทั้งนี้เพื่อช่วยทำให้เกิดความยืดหยุ่น

ตัว และล็อกอนุภาค ไมโคร/นาโนซิลค์ให้อยู่ในสภาพด้านบนของผืนผ้า เหมาะสำหรับการสวมใส่สำหรับนวดสปาระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงขึ้นไป โดยสารยึดติดพอลิยูริเทนอาจทำให้ผิวสัมผัสหยาบกระด้างมากขึ้นบ้าง แต่ทำให้ผู้สวมใส่มีผิวหนังที่นุ่มนวลชุ่มชื้น จากการอ้างอิงสมบัติที่เหมาะสมของอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์นั่นเอง โดยการดัดแปลงมาจากงานวิจัย [1]

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 กระบวนการผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ และวิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

3.1.1 กระบวนการผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์

นำรังไหมพันธุ์ไทย (สีเหลือง) จำนวน 1 กิโลกรัม มาตัดด้วยกรรไกรให้มีขนาดประมาณ 2 x 2 เซนติเมตร

รูปที่ 3.1 แสดงการนำรังไหมพันธุ์ไทย (สีขาว) มาตัดด้วยกรรไกรให้มีขนาด 2 x 2 เซนติเมตร แล้วคัดเลือกรังไหมที่สะอาดไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

จากนั้นละลายรังไหมที่ตัดแล้วด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2-5 (% w/v) ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อรังไหม เท่ากับ 5:1 จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิหม้อต้มอย่างช้าๆ จนถึงอุณหภูมิ 95-98 องศาเซลเซียส พร้อมกับคนให้สม่ำเสมอจนรังไหมละลายเป็นสารละลายทั้งหมด ปล่อยให้เย็นตัวที่อุณหภูมิปกติ เมื่อสารละลายไหมเย็นตัวแล้ว จึงไตเตรทด้วยกรดไฮโดรคลอริก จนสารละลายมีค่า pH เป็นกลาง (6.5-7.5) ในตู้ดูดควัน คนให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ

รูปที่ 3.2 แสดงการละลายรังไหมด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนละลายเป็นเนื้อเดียว และทำให้เป็นแป้งเปียก

รูปที่ 3.3 แสดงการอบแห้งในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 ชั่วโมง

รูปที่ 3.4 แสดงอนุภาคที่ผ่านการบดแล้ว ก่อนผ่านตะแกรง

จากนั้นนำสารละลายที่ได้มากรองสิ่งสกปรกออกด้วยผ้าขึงสกรีนขนาด 180-200 รู/ตารางนิ้ว (Mesh) นำสารละลายที่เป็นน้ำใสที่ผ่านการกรองมาลงในถาดกระเบื้อง แล้วนำ จนได้ผงไหม เมื่อแห้งสนิท นำไปบดด้วยเครื่องบดบอลมิลล์ (Ball Mill Grinding Machine) ด้วยความเร็ว 300 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที จำนวน 3 ครั้ง นำอนุภาคที่ผ่านการบดแล้ว มาผ่านตะแกรงกรองขนาด 180-200 รู/นิ้ว เก็บเฉพาะผงที่ละเอียดใส่ถุงพลาสติกซีลปากถุงให้แน่น

3.1.2 วิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM)

การตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM) ดำเนินการที่บริษัท ธาราบิสสิเนส จำกัด (Do SEM: ดูเซ็ม) อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ด้วยกล้อง SEM JSM-5410LV ที่ 20 kV กำลังขยาย 1,000-10,000 เท่า และใช้โปรแกรม SemAfore 5.2 [33] ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบขนาดอนุภาคจากภาพถ่ายจากกล้อง SEM

3.2 การทดลองที่ 2 กระบวนการตกแต่งด้วยการพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และสารยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Method) บนผ้าฝ้าย

3.2.1 วิธีการเตรียมตัวอย่างผ้าฝ้าย

ตัดผ้าทอลายขัดเส้นใยฝ้าย 100% เบอร์ 40 (ด้ายยืน) เบอร์ 40 (ด้ายพุ่ง) ขนาด 40 x 40 ซม. ผ่านกระบวนการทำความสะอาด และกระบวนการฟอกขาวแล้ว จำนวน 24 ผืน เขียนหมายเลข แล้วนำมาอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด บันทึกผลการทดลอง ทำเช่นนี้จนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง

3.2.2 วิธีการเตรียมสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (One Step Spraying Method)

ชั่งสารยึดติดพอลิยูริเทน ปริมาณ 60 กรัม และชั่งอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ปริมาณ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กรัม และผสมน้ำ 540 กรัม สำหรับตัวอย่างสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 (ตามลำดับ)

3.2.3 วิธีพ่นเคลือบสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์

นำสารละลายจำนวน 25 กรัมมาพ่นด้วยอุปกรณ์พ่นสเปรย์ด้วยระยะห่าง 50 ซม. โดยมีแท่นยึดผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% โดยทำให้มุมในการพ่น 50 องศา พ่นจากซ้ายไปขวา บริเวณด้านบนไล่ลงมาข้างล่าง จนทั่วทั้งผืน ด้านหน้า

สำหรับด้านหลัง นำสารละลายจำนวน 25 กรัมมาพ่นด้วยอุปกรณ์พ่นสเปรย์ด้วยระยะห่าง 50 ซม. โดยมีแท่นยึดผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% โดยทำให้มุมในการพ่น 50 องศา พ่นจากซ้ายไปขวา บริเวณด้านบนไล่ลงมาข้างล่าง จนทั่วทั้งผืน

เมื่อพ่นเคลือบเสร็จ นำผ้าฝ้าย ที่เปียกมาชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด บันทึกผลการทดลอง

3.2.4 กระบวนการอบแห้ง/ทำปฏิกริยาร่างแห

นำผ้าฝ้าย ที่ผ่านการพ่นเคลือบเรียบร้อยแล้วตามข้อ 3.2.3 เข้าเครื่องสเต็นเตอร์ อบแห้งและทำปฏิกริยาร่างแหบนผ้าฝ้าย ณ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วินาที เมื่อผ่านเครื่องดังกล่าวแล้วนำผ้าฝ้าย ทิ้งให้เย็น แล้วนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด บันทึกผลการทดลอง ทำเช่นนี้จนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง เก็บผ้าฝ้าย รอทดสอบขั้นตอนต่อไป

3.3 การทดลองที่ 3 กระบวนการตกแต่งด้วยการพ่นเคลือบสารยึดติดตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (Two Steps Spraying Method) บนผ้าฝ้าย

3.3.1 วิธีการเตรียมตัวอย่างผ้าฝ้าย

ตัดผ้าฝ้าย ขนาด 40 x 40 ซม. ผ่านกระบวนการทำความสะอาด และกระบวนการฟอกขาวแล้ว จำนวน 24 ผืน เขียนหมายเลข แล้วนำมาอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด บันทึกผลการทดลอง ทำเช่นนี้จนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง

3.3.2 วิธีเตรียมสารละลายไมโคร/นาโนซิลค์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0

สารละลายไมโคร/นาโนซิลค์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 เตรียมด้วยวิธีการชั่งอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ปริมาณ 3 6 9 และ 12 กรัมละลายในน้ำ 597 594 591 และ 588 กรัม (ตามลำดับ)

3.3.3 วิธีเตรียมสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน

ชั่งสารยึดติดพอลิยูริเทน ปริมาณ 60 กรัม แล้วผสมน้ำ 540 กรัม

3.3.4 วิธีพ่นเคลือบสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน

นำสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนจำนวน 25 กรัมมาพ่นด้วยอุปกรณ์พ่นสเปรย์ด้วยระยะห่าง 50 ซม. โดยมีแท่นยึดผ้าฝ้าย โดยทำให้มุมในการพ่น 45-50 องศา พ่นจากซ้ายไปขวา บริเวณด้านบนไล่ลงมาข้างล่าง จนทั่วทั้งผืน ด้านหน้า

สำหรับด้านหลัง นำสารละลายจำนวน 25 กรัมมาพ่นด้วยอุปกรณ์พ่นสเปรย์ด้วยระยะห่าง 50 ซม. โดยมีแท่นยึดผ้าฝ้าย โดยทำให้มุมในการพ่น 45-50 องศา พ่นจากซ้ายไปขวา บริเวณด้านบนไล่ลงมาข้างล่าง จนทั่วทั้งผืน

เมื่อพ่นเคลือบเสร็จ นำผ้าฝ้าย ที่เปียกมาชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด บันทึกผลการทดลอง

3.3.5 วิธีการเตรียมสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์

สารละลายนาโน/ไมโครซิลค์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 เตรียมด้วยวิธีการชั่งอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ปริมาณ 3 6 9 และ 12 กรัมละลายในน้ำ 597 594 591 และ 588 กรัม (ตามลำดับ)

3.3.6 วิธีพ่นเคลือบสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์

นำสารละลายสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์จำนวน 25 กรัมมาพ่นด้วยอุปกรณ์พ่นสเปรย์ด้วยระยะห่าง 50 ซม. โดยมีแท่นยึดผ้าฝ้าย โดยทำให้มุมในการพ่น 50 องศา พ่นจากซ้ายไปขวา บริเวณด้านบนไล่ลงมาข้างล่าง จนทั่วทั้งผืน ด้านหน้า

สำหรับด้านหลัง นำสารละลายจำนวน 25 กรัมมาพ่นด้วยอุปกรณ์พ่นสเปรย์ด้วยระยะห่าง 50 ซม. โดยมีแท่นยึดผ้าฝ้าย โดยทำให้มุมในการพ่น 50 องศา พ่นจากซ้ายไปขวา บริเวณด้านบนไล่ลงมาข้างล่าง จนทั่วทั้งผืน

เมื่อพ่นเคลือบเสร็จ นำผ้าฝ้าย ที่เปียกมาชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด บันทึกผลการทดลอง

3.3.7 กระบวนการอบแห้ง/ทำปฏิกริยาร่างแห

นำผ้าฟ้าย ที่ผ่านการพ่นเคลือบเรียบร้อยแล้วตามข้อ 3.3.6 เข้าเครื่องสเต็นเตอร์ อบแห้งและทำปฏิกริยาร่างแหบนผ้าฟ้าย ณ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วินาที เมื่อผ่านเครื่องดังกล่าวแล้วนำผ้าฟ้าย ทิ้งให้เย็น แล้วนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด บันทึกผลการทดลอง ทำเช่นนี้จนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง เก็บผ้าฟ้าย รอทดสอบขั้นตอนต่อไป

3.4 ทดลองที่ 4 การทดสอบสมบัติผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งสำเร็จ

3.4.1 การทดลองที่ 4.1 การทดสอบการขัดถูแบบแห้งและเปียก (ISO 105-X12:2011) ดำเนินการที่บริษัท อินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเซส (ประเทศไทย) จำกัด จ.กรุงเทพฯ ด้วยเครื่องขัดถู COMETECH รุ่น QC-319

การคำนวณหาร้อยละร้อยละการสูญเสียน้ำหนักทำได้ดังนี้คือ

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักของผ้าหลังทดสอบ} - \text{น้ำหนักของผ้าแห้ง}}{\text{น้ำหนักของผ้าแห้ง}} \times 100$$

หมายเหตุ ค่าร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก มีค่าเป็นลบ แสดงว่ามีการสูญเสียน้ำหนักโดยการขัดสารที่อยู่บนผิวหน้าผ้า และตัวผ้าออกไป

3.4.2 การทดลองที่ 4.2 การทดสอบหลังการซักล้าง (ISO 3801 : 1977) จำนวน 20 ครั้ง ดำเนินการที่บริษัท อินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเซส (ประเทศไทย) จำกัด จ.กรุงเทพฯ ด้วยเครื่อง DURAWASH

การคำนวณหาร้อยละร้อยละการสูญเสียน้ำหนักทำได้ดังนี้คือ

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักของผ้าหลังทดสอบ} - \text{น้ำหนักของผ้าแห้ง}}{\text{น้ำหนักของผ้าแห้ง}} \times 100$$

หมายเหตุ ค่าร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก มีค่าเป็นลบ แสดงว่ามีการสูญเสียน้ำหนักโดยการซักล้างสารที่อยู่บนผิวหน้าผ้าออกไป

3.4.3 การทดลองที่ 4.3 การทดสอบวิการซึมน้ำ (Wicking Test) (AATCC 197:2011) ดำเนินการที่ บริษัท อินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเซส (ประเทศไทย) จำกัด จ.กรุงเทพฯ

3.4.4 การทดลองที่ 4.4 วิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคบนผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งแล้วด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM)

การตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ตามที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.1.2

3.5 การทดลองที่ 5 การทดสอบสมบัติด้านผิวสัมผัสด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) [30]

3.5.1 การทดสอบผิวสัมผัสของชิ้นตัวอย่างผ้าจำนวน 50 คน

การทดสอบผิวสัมผัสกระทำได้ดังต่อไปนี้ [30] ตัดผ้าให้เป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสมีขนาดกระดาษ A4 โดยมีผู้ทดสอบที่มีอายุ 20-50 ปี จำนวน 50 คน ซึ่งเป็นพนักงานของบริษัทสหโรจน์เท็กซ์ไทล์ (1991) จำกัด อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ โดยบุคคลเหล่านี้เป็นผู้มีประสบการณ์ในการสัมผัสผ้า และทำงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอมาเป็นเวลาในช่วง 3-15 ปี ก่อนการทดสอบผู้วิจัยได้ปฐมนิเทศเกี่ยวกับตัวแปรในการทดสอบครั้งนี้ กับผู้ทดสอบแต่ละคน โดยไม่มีการชี้นำผลการทดลองแต่อย่างใด สภาวะของการทดลองกระทำที่สภาวะปกติภายในโรงงาน (25±2 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65-70) ผู้ทดสอบจะประเมินผลโดยใช้วิธีสัมผัสด้วยมือ ในเทอมของความหนา-ความบาง ความนุ่มนวล-ความหยาบกระด้าง ความขรุขระ-ความเรียบ ความรู้สึกอุ่น-เย็น สมบัติของผ้า ที่สามารถบอกได้เมื่อสัมผัสผ้าด้วยมือในครั้งแรก เพื่อป้องกันอิทธิพลของสี และการออกแบบมีผลทำให้เกิดความลำเอียง ผ้าตัวอย่างแต่ละชิ้นจะถูกใส่ไว้ในกล่องโดยไม่ได้เรียงลำดับใดๆ ทั้งสิ้น และผู้ทดสอบจะได้รับอนุญาตให้มองตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบผิวสัมผัสเท่านั้น

สเกลการให้เกรดผ้าใช้ความรู้สึกของผู้ทดสอบเท่านั้น อย่างไรก็จะใช้ผ้าที่มีผิวสัมผัสมากที่สุด และน้อยที่สุด เป็นตัวอย่างอ้างอิง เกรด 1 ถึง 10 เป็นค่าที่ได้รับจากการประเมินเบื้องต้น โดยใช้ระยะเวลาในการประเมิน 15 วินาทีทั้งหมด (ยกเว้นการประเมินผิวสัมผัสทั่วไป ใช้ระยะเวลาในการประเมิน 20 วินาที) เมื่อทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำมาค่าเฉลี่ย (X) แต่ละหัวข้อ พร้อมกับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยชิ้นที่ 1 เป็นตัวแทนของผ้า Original ชิ้นที่ 2 ถึง 5 เป็นตัวแทนของการพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และสารยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Method) บนผ้าฝ้าย ด้วยปริมาณร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 ตามลำดับ

เมื่อผู้วิจัยได้รับผลการทดลองแล้ว จะนำผลการทดลองไปวิเคราะห์ เพื่อนำสูตรที่ดีที่สุดจำนวนเพียงสูตรเดียวไปพ่นเคลือบบนเสื้อคลุมสปา จำนวน 6 ตัว (ชิ้นที่ 5-10 เป็นตัวแทนของการพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และสารยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Spraying Method) ด้วยปริมาณร้อยละ 2.0 ตามขั้นตอนที่ 3.2.3) เสื้อคลุมสปาตัวที่ 1-2 เป็นตัวแทนของผ้า Original และชิ้นที่ 3-4 เป็นตัวแทนของการพ่นเคลือบสารยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Spraying Method) เท่านั้น เพื่อนำไปทดสอบการใช้งานจริงกับลูกค้าของสถานประกอบการสปา ทดสอบในขั้นตอนถัดไป

3.5.2 การทดสอบผิวสัมผัสของเสื้อคลุมสปาในสถานประกอบการสปาจำนวน 100 คน

การทดสอบผิวสัมผัสของเสื้อคลุมสปาในสปาของ อินเตอร์คอนติเนนตัล พัทยา รีสอร์ท เมืองพัทยา อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี กระทำได้ดังต่อไปนี้ [30] โดยมีผู้ทดสอบเป็นลูกค้าประจำที่ใช้บริการสปาแห่งนี้ จำนวน 100 คน ก่อนการทดสอบผู้วิจัยได้ปฐมนิเทศเกี่ยวกับตัวแปรในการทดสอบครั้งนี้ กับผู้ทดสอบแต่ละคน โดยไม่มีการชี้นำผลการทดลองแต่อย่างใด สภาวะของการทดลองกระทำที่สภาวะปกติภายในสปา (25±2 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65-70) ผู้ทดสอบจะประเมินผลโดยใช้วิธีสัมผัสด้วยมือ ในเทอมของความหนา-ความบาง ความนุ่มนวล-ความหยาบกระด้าง ความขรุขระ-ความเรียบ ความรู้สึกอุ่น-เย็น สมบัติของผ้า ที่สามารถบอกได้เมื่อสัมผัสผ้าด้วยมือในครั้งแรก เพื่อป้องกันอิทธิพลของสี และการออกแบบมีผลทำให้เกิดความลำเอียง ผ้าตัวอย่างแต่ละชิ้นจะถูกพับไว้หน้าผู้ทดสอบ และผู้ทดสอบจะได้รับอนุญาตให้มองตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบผิวสัมผัสเท่านั้น

สเกลการให้เกรดผ้าใช้ความรู้สึกของผู้ทดสอบเท่านั้น อย่างไรก็จะใช้ผ้าที่มีผิวสัมผัสมากที่สุด และน้อยที่สุด เป็นตัวอย่างอ้างอิง เกรด 1 ถึง 10 เป็นค่าที่ได้รับจากการประเมินเบื้องต้น โดยใช้ระยะเวลาในการประเมิน 15 วินาทีทั้งหมด (ยกเว้นการประเมินผิวสัมผัสทั่วไป ใช้ระยะเวลาในการประเมิน 20 วินาที) เมื่อทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำมาค่าเฉลี่ย (X) แต่ละหัวข้อ พร้อมกับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการทดลองที่ 3.1 กระบวนการผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ และวิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

4.1.1 กระบวนการผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์

อนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์มีลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่าคล้ายฝุ่นผง สีเหลืองอ่อน หากปล่อยทิ้งไว้ในห้องที่มีความชื้นปกติ อนุภาคดังกล่าวจะดูดความชื้นเกาะกันเป็นก้อน หากมีความชื้นสูงกว่าปกติ อนุภาคดังกล่าวจะดูดความชื้นแล้วกลายเป็นของเหลวข้น สีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้ม

4.1.2 วิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM)

รูปที่ 4.1 ขนาดอนุภาค (ที่ผลิตได้หลังการพ่นเคลือบ) (ซ้าย) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่ 20 kV กำลังขยาย 5,000 และ 10,000 เท่า บนเส้นใยฝ้าย (ขวา)

จากการทดลองตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM) พบว่าภาพจากรูปที่ 4.1 (ซ้าย) อนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่มีขนาดเล็กที่สุดมีขนาด 900-1,500 นาโนเมตร และรูปที่ 4.1 (ขวา) อนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่ผู้วิจัยผลิตได้มีขนาด 132-314 นาโนเมตร (อนุภาคเดี่ยว) และมีขนาด 694-1,150 นาโนเมตร (อนุภาคที่จับตัวเป็นก้อน) มีลักษณะไม่สม่ำเสมอกัน เมื่อเทียบกับอนุสิทธิบัตรของอภิชาติ สนธิสมบัติ [7] พบว่าสามารถผลิตผงเส้นใยไหม (ไฟโบรอินและเซริซิน) มีความละเอียดเล็กที่สุดประมาณ 300-500 ไมโครเมตรเท่านั้น

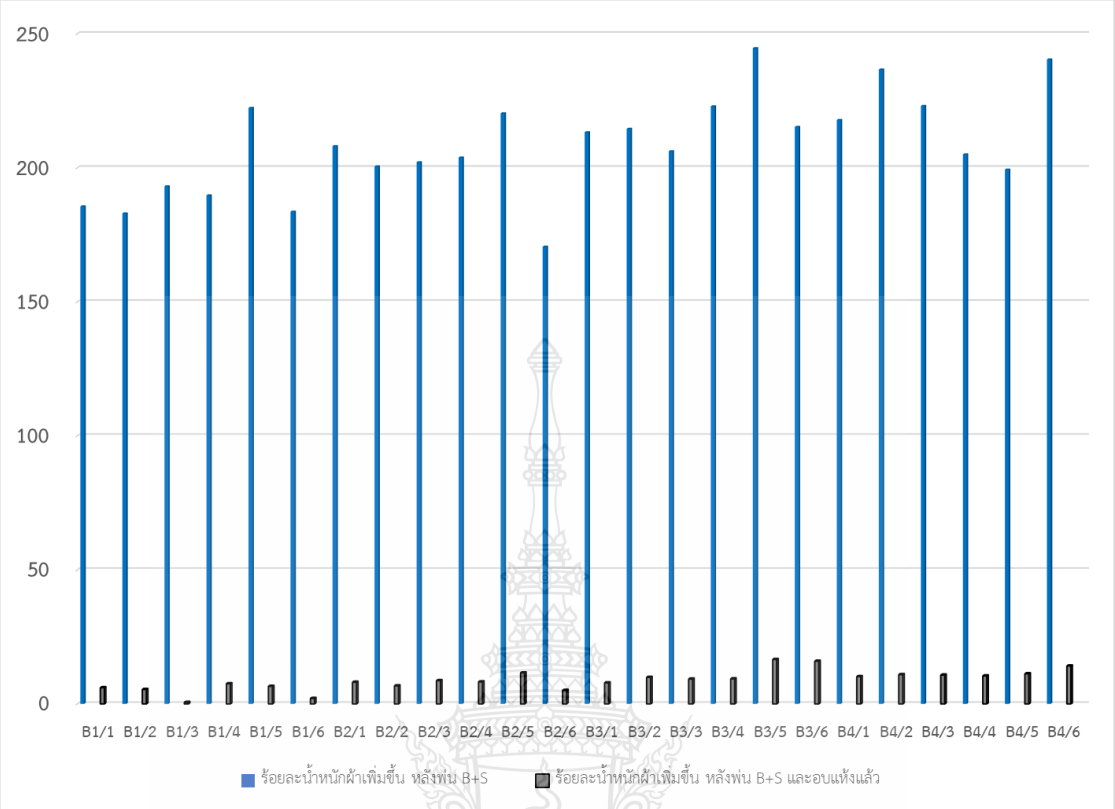
สรุปว่า กรรมวิธีการผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่ผลิตตามกระบวนการที่บรรยายในเล่มปริญญานิพนธ์นี้ สามารถผลิตอนุภาคที่มีละเอียดอยู่ในระหว่างอนุภาคไมโคร (10^{-6}m) อนุภาคนาโน (10^{-9}m)

4.2 ผลการทดลองที่ 3.2 กระบวนการตกแต่งด้วยการพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และสารยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Method) บนผ้าฝ้าย

ตารางที่ 4.1 แสดงน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (One Step Spraying Method) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0

ตัวอย่าง		ร้อยละน้ำหนักผ้าเพิ่มขึ้น หลังพ่น B+S		ร้อยละน้ำหนักผ้าเพิ่มขึ้น หลังพ่น B+S และอบแห้งแล้ว	
silk 0.5%	B1/1	185.59		6.03	
	B1/2	182.97		5.40	
	B1/3	193.10		0.58	
	B1/4	189.70		7.53	
	B1/5	222.34		6.55	
	B1/6	183.61		2.06	
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		192.89	**9.89**	**4.69**	**2.25**
silk 1.0%	B2/1	208.09		8.09	
	B2/2	200.54		6.74	
	B2/3	202.08		8.67	
	B2/4	203.84		8.22	
	B2/5	220.32		11.54	
	B2/6	170.56		5.07	
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		200.91	**10.24**	**8.06**	**1.43**
silk 1.5%	B3/1	213.25		7.84	
	B3/2	214.55		9.91	
	B3/3	206.17		9.26	
	B3/4	222.92		9.33	
	B3/5	244.63		16.57	
	B3/6	215.27		15.93	
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		219.47	**9.54**	**11.42**	**3.18**
silk 2.0%	B4/1	217.83		10.18	
	B4/2	236.66		10.93	
	B4/3	223.08		10.78	
	B4/4	205.00		10.44	
	B4/5	199.33		11.24	
	B4/6	240.40		14.14	
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		220.38	**13.00**	**11.29**	**0.95**

หมายเหตุ B…/1 ถึง B…/6 คือชิ้นผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (One Step Spraying Method) และตัวอย่าง B1 B2 B3 และ B4 พ่นเคลือบอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 ตามลำดับ



รูปที่ 4.2 แสดงค่าร้อยละน้ำหนักของผ้าที่เพิ่มขึ้นของผ้าที่พ่นเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (One Step Spraying Method) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0

การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าผ้าชิ้นตัวอย่างทุกชิ้นมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 170-220% (ชั่งเมื่อเปียก) และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นหลังอบแห้งแล้ว ประมาณ 5-16.5% ซึ่งชิ้นตัวอย่างที่มีค่าต่ำมากหรือสูงมากกว่าปกติ จะถูกคัดออกไม่นำไปทดสอบต่อไป

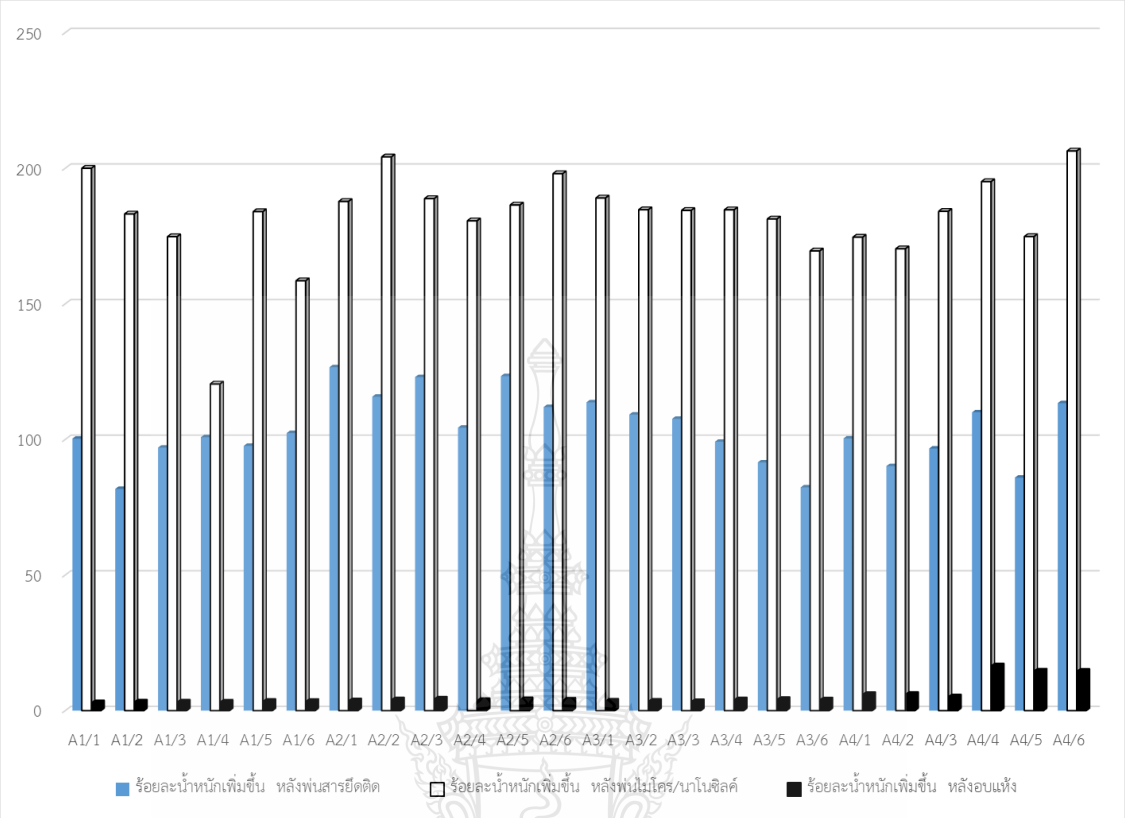
จากรูปที่ 4.2 พบว่าร้อยละของน้ำหนักผ้าหลังการตกแต่ง ชิ้นตัวอย่างที่ B1/3, B1/6, B2/5, B3/5, B3/6 และ B4/6 มีค่าที่แตกต่างมากกว่าชิ้นตัวอย่างอื่นๆ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการพ่นเคลือบมีข้อจำกัดในด้านสารเคมีที่ขึ้นไปติดบนผ้า ชิ้นตัวอย่างที่กล่าวข้างต้น จะไม่ถูกเลือกนำมาใช้ในการทดสอบในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากปริมาณสารเคมีน้อยเกินไป หรือมากเกินไป เพื่อลดปัญหาความผิดพลาดของข้อมูลจากการทดสอบในการทดลองถัดไป

4.3 ผลการทดลองที่ 3 กระบวนการตกแต่งด้วยการพ่นเคลือบสารยึดติดตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (Two Steps Spraying Method) บนผ้าฝ้าย

ตารางที่ 4.2 แสดงน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (Two Step Spraying Method) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0

ตัวอย่าง		ร้อยละน้ำหนักเพิ่มขึ้น หลังพ่นสารยึดติด		ร้อยละน้ำหนักเพิ่มขึ้น หลังพ่นไมโคร/นาโนซิลค์		ร้อยละน้ำหนักเพิ่มขึ้น หลังอบแห้ง	
silk 0.5%	A1/1	100.29		200.00		2.89	
	A1/2	81.77		183.14		3.17	
	A1/3	97.00		174.77		3.15	
	A1/4	100.84		120.44		3.13	
	A1/5	97.63		184.00		3.41	
	A1/6	102.35		158.52		3.38	
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		96.65	**4.96**	**170.15**	**20.44**	**3.19**	**0.14**
silk 1.0%	A2/1	126.63		187.77		3.60	
	A2/2	115.78		204.19		3.96	
	A2/3	122.99		188.81		4.28	
	A2/4	104.33		180.61		3.71	
	A2/5	123.34		186.45		3.99	
	A2/6	111.96		198.01		3.83	
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		117.51	**6.82**	**190.97**	**6.75**	**3.90**	**0.18**
silk 1.5%	A3/1	113.68		189.04		3.50	
	A3/2	109.18		184.70		3.44	
	A3/3	107.61		184.47		3.31	
	A3/4	99.16		184.69		3.98	
	A3/5	91.53		181.30		4.10	
	A3/6	82.33		169.52		3.95	
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		100.58	**9.58**	**182.29**	**4.58**	**3.71**	**0.30**
silk 2.0%	A4/1	100.36		174.59		5.96	
	A4/2	90.16		170.30		5.99	
	A4/3	96.65		184.11		5.08	
	A4/4	110.00		195.07		16.50	
	A4/5	85.91		174.81		14.57	
	A4/6	113.40		206.37		14.51	
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		99.41	**8.51**	**184.21**	**11.01**	**10.44**	**4.76**

หมายเหตุ A…/1 ถึง A…/6 คือชิ้นผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/ นาโนซิลค์ (Two Steps Spraying Method) และตัวอย่าง A1 A2 A3 และ A4 พ่นเคลือบอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 แสดงค่าร้อยละน้ำหนักของผ้าที่เพิ่มขึ้นของผ้าที่พ่นเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (Two Steps Spraying Method) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 1.5% และ 2.0

การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าผ้าชิ้นตัวอย่างทุกชิ้นมีร้อยละของน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 260-320% (ชั่งเมื่อเปียก) แต่เมื่ออบแห้งแล้วมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ประมาณ 3-16.5% ซึ่งชิ้นตัวอย่างที่มีค่าต่ำมาก หรือสูงมากกว่าปกติ จะถูกคัดออกไม่นำไปทดสอบต่อไป

จากรูปที่ 4.3 พบว่าร้อยละของน้ำหนักผ้าหลังการตกแต่ง ชิ้นตัวอย่างที่ A4/4, A4/5 และ A4/6 มีค่าที่แตกต่างมากกว่าชิ้นตัวอย่างอื่นๆ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการพ่นเคลือบมีข้อจำกัดในด้านสารเคมีที่ขึ้นไปติดบนผ้า ชิ้นตัวอย่างที่กล่าวข้างต้น จะไม่ถูกเลือกนำมาใช้ในการทดสอบในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากปริมาณสารเคมีน้อยเกินไป หรือมากเกินไป เพื่อลดปัญหาความผิดพลาดของข้อมูลจากการทดสอบในการทดลองถัดไป

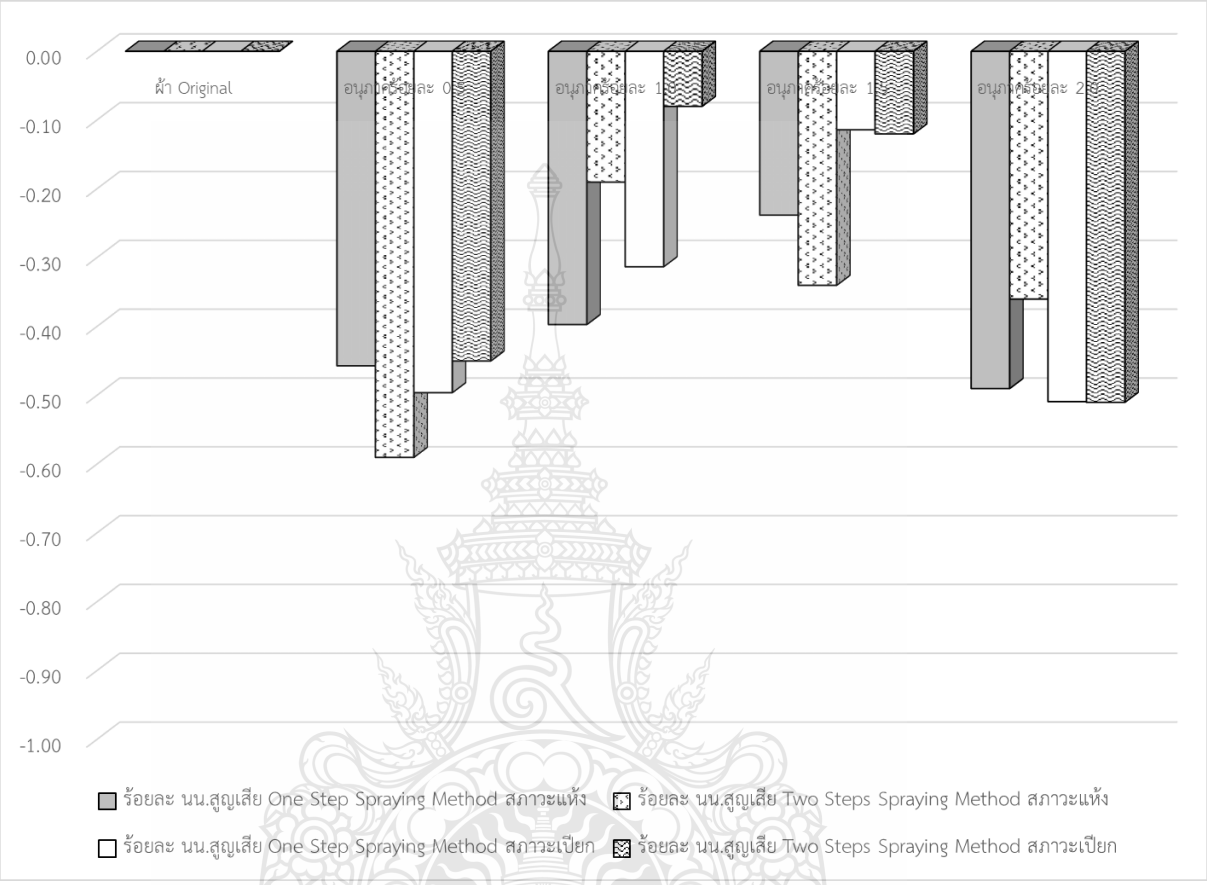
4.4 ผลการทดลองที่ 3 การทดสอบสมบัติผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งสำเร็จ

4.4.1 ผลการทดลองที่ 3.1 การทดสอบการขัดถูแบบแห้งและเปียก (ISO 105-X12:2011)

ตารางที่ 4.3 แสดงร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Steps Spraying Method (การขัดถูแบบแห้ง/เปียก-แนวเส้นด้ายยืน)

ร้อยละ อนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์	ร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก (One Step Spraying Method)		ร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก (Two Steps Spraying Method)	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
ผ้า Original	0	0	0	0
0.5	-0.457	-0.496	-0.59	-0.45
1.0	-0.397	-0.313	-0.19	-0.08
1.5	-0.238	-0.114	-0.34	-0.12
2.0	-0.490	-0.509	-0.36	-0.51

รูปที่ 4.4 แสดงร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Step Spraying Method (การขัดถูแบบแห้ง-แนวเส้นด้ายยืน)



จากรูปที่ 4.4 แสดงว่าร้อยละของน้ำหนักสูญเสียของผ้าหลังการทดลองการขัดถูแบบแห้งและเปียก ตามแนวเส้นด้ายยืน ทั้ง One Step Spraying Method และ Two Steps Spraying Method พบว่ามีค่าร้อยละน้ำหนักสูญเสียอยู่ในช่วงต่ำสุด -0.114% ถึงสูงสุด -0.590% โดยการขัดถูแบบแห้ง/เปียก ตามแนวเส้นด้ายยืนมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่ากระบวนการทั้งสองกระบวนการไม่มีความแตกต่างกัน และสามารถสรุปได้ว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งทั้งสองกระบวนการมีความคงทนต่อการขัดถูดี เนื่องจากร้อยละน้ำหนักสูญเสียหลังการขัดถูน้อยมาก หรือเนื่องจากการจำนวนครั้งของการขัดถูที่ใช้ทดสอบน้อยเกินไป

ตารางที่ 4.4 แสดงร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Steps Spraying Method (การขัดถูแบบแห้ง/เปียก-แนวเส้นด้ายพุ่ง)

ร้อยละอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์	% ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก (One Step Spraying Method)		% ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก (Two Steps Spraying Method)	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
ผ้า Original	0	0	0	0
0.5	-0.25	-0.46	-0.44	-0.41
1.0	-0.50	-0.44	-0.26	-0.25
1.5	-0.29	-0.27	-0.30	-0.21
2.0	-0.34	-0.37	-0.43	-0.40

รูปที่ 4.5 แสดงร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Steps Spraying Method (การขัดถูแบบแห้ง/เปียก-แนวเส้นด้ายยืน)

จากรูปที่ 4.5 ร้อยละของน้ำหนักสูญเสียของผ้าหลังการทดลองการขัดถูแบบแห้ง และเปียกตามแนวเส้นด้ายพุ่ง ทั้ง One Step Spraying Method และ Two Steps Spraying Method พบว่ามีค่าร้อยละน้ำหนักสูญเสียอยู่ในช่วงต่ำสุดร้อยละ -0.120 ถึงสูงสุดร้อยละ -0.510 โดยการขัดถูแบบแห้ง/เปียกตามแนวเส้นด้ายพุ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

สรุป รูปที่ 4.4 และ 4.5 พบว่ามีค่าร้อยละของน้ำหนักสูญเสียน้อยมาก แสดงว่ากระบวนการทั้งสองกระบวนการให้ผลความคงทนต่อการขัดถู (ในสภาวะแห้งและเปียก ตามแนวเส้นด้ายพุ่งและแนวเส้นด้ายยืน) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่สามารถสรุปได้ว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งทั้งสองกระบวนการมีความคงทนต่อการขัดถูดีมาก เนื่องจากร้อยละน้ำหนักสูญเสียหลังการขัดถูน้อยมาก หรือเนื่องจากการจำนวนครั้งของการขัดถูที่ใช้ทดสอบน้อยเกินไป

4.4.2 ผลการทดลองที่ 3.2 การทดสอบหลังการซักล้าง (ISO 3801 : 1977) จำนวน 20 ครั้ง

ตารางที่ 4.5 แสดงร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Step Spraying Method (การทดสอบหลังการซักล้าง จำนวน 20 ครั้ง)

ร้อยละอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์	ร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก (One Step Spraying Method)	ร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก (Two Steps Spraying Method)
ผ้า Original	0	0
0.5	-1.22	-1.08
1.0	-2.88	-1.19
1.5	-3.90	-2.30
2.0	-4.38	-3.05

รูปที่ 4.6 แสดงร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ One Step Spraying Method กับ Two Step Spraying Method (การทดสอบหลังการซักล้าง จำนวน 20 ครั้ง)

จากรูปที่ 4.6 พบว่าร้อยละน้ำหนักสูญเสียของผ้าหลังการซักล้างของผ้าที่ผ่านกระบวนการ One Step Spraying Method จะมีค่าการสูญเสียน้ำหนัก (สารเคลือบ) มากกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ทำให้การยึดติดไม่คงทนต่อการซักล้าง เมื่อเปรียบเทียบกับ Two Steps Spraying Method (ที่สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า) เพราะสารยึดติดถูกพ่นเคลือบบนผืนผ้าก่อน จึงยึดเกาะแน่นกับผิวหน้าผ้า เมื่อพ่นอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ทับอีกครั้ง จึงทำให้สามารถยึดเกาะบนผิวหน้าผ้าอีกชั้นได้ดีกว่า

อย่างไรก็ตามค่าร้อยละน้ำหนักสูญเสียหลังการซักล้าง 20 ครั้ง ทั้งสองกระบวนการ มีร้อยละน้ำหนักสูญเสียอยู่ในช่วงต่ำสุด -1.08% ถึงสูงสุด -4.38% (น้อย) จัดว่าสารยึดติดและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ สามารถยึดเกาะบนผิวหน้าผ้าดีมาก (น้ำหนักของสารเคมีที่หลุดออกไปน้อยมาก)

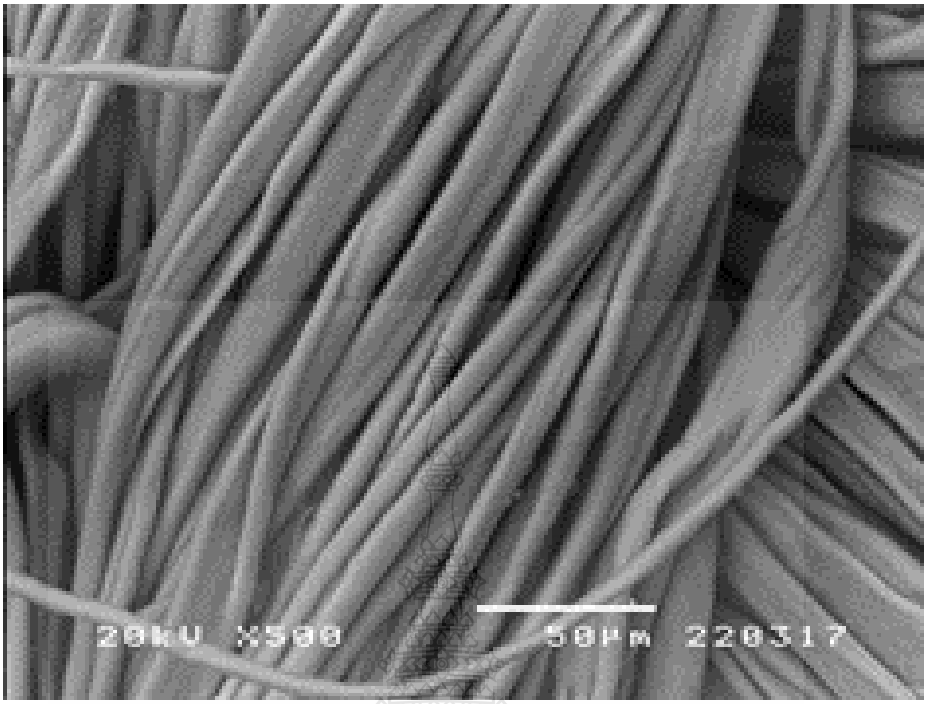
4.4.3 ผลการทดลองที่ 3.3 การทดสอบการซึมน้ำ (Wicking Test) (AATCC 197:2011)

ตารางที่ 4.6 แสดงจำนวน (วินาที) ของการทดสอบการซึมน้ำ ที่ระยะทาง 16.5 เซนติเมตร

ร้อยละ อนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์	ผ้า Original	(One Step Spraying Method)	(Two Steps Spraying Method)
0.5%	6	5	5
1.0%		5	5
1.5%		5	5
2.0%		5	5

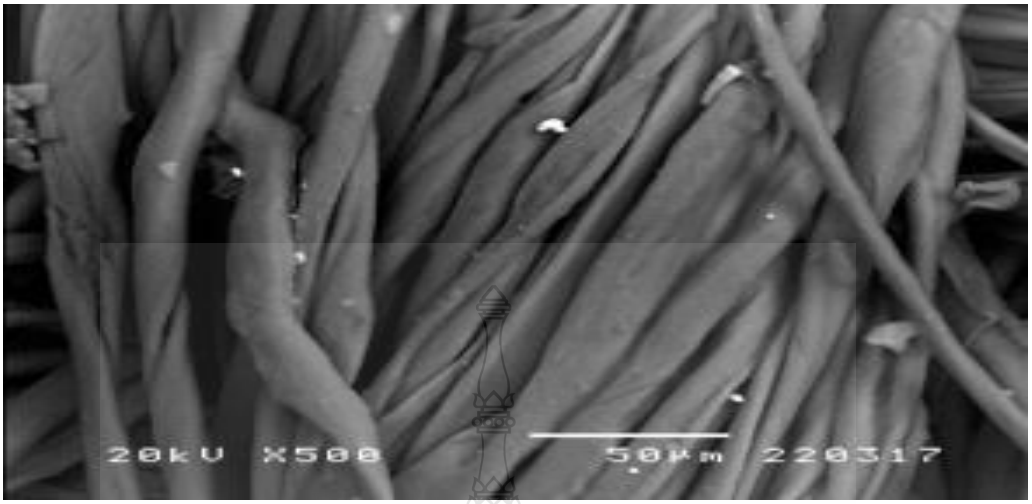
จากตารางที่ 4.6 พบว่าผ้าฝ้ายก่อนเคลือบ (ผ้า Original) มีเวลาในการซึมน้ำเร็วกว่าเล็กน้อย ผ้าที่ผ่านกระบวนการทั้งสองกระบวนการมีเวลาในการซึมน้ำเท่ากัน แต่มีเวลาต่างจากผ้าก่อนเคลือบ (ผ้า Original) เพียง 1 วินาที ถือว่ามีผลน้อยมากสำหรับในช่วงการนำไปใช้งานที่ต้องการเวลาในการซึมน้ำที่รวดเร็ว เมื่อนำไปใช้งานผู้สวมใส่ไม่สามารถแยกความแตกต่างเวลาในการซึมน้ำได้ จึงถือว่าไม่มีผลเสียกับผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่ง

4.4.4 ผลการทดลองที่ 3.4 วิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคบนผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งแล้วด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM)

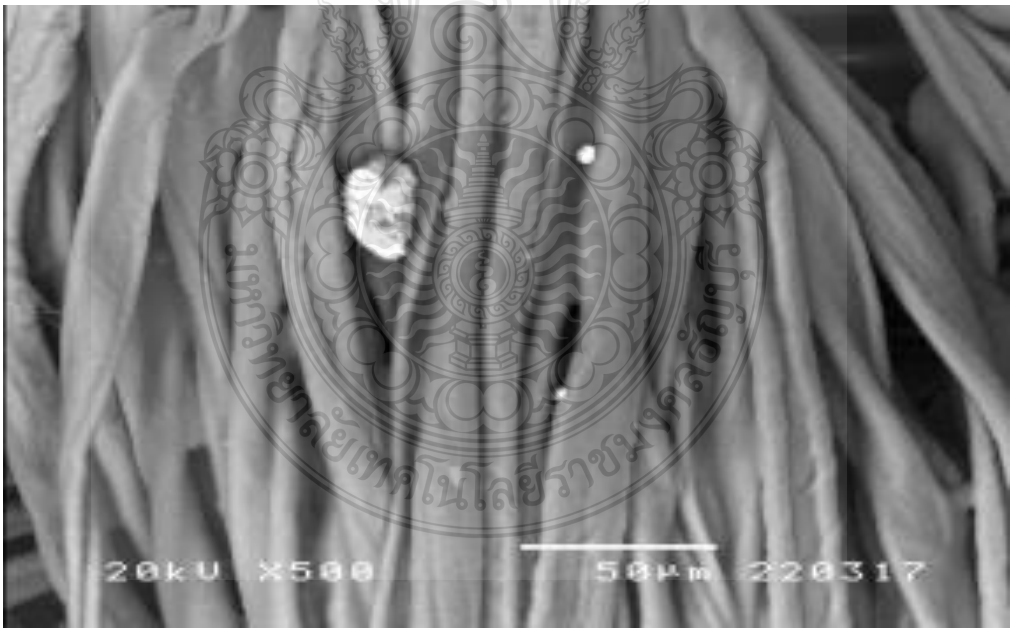


รูปที่ 4.7 แสดงผ้าก่อนการตกแต่ง (ผ้า Original) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่ 20 kV กำลังขยาย 500 เท่า

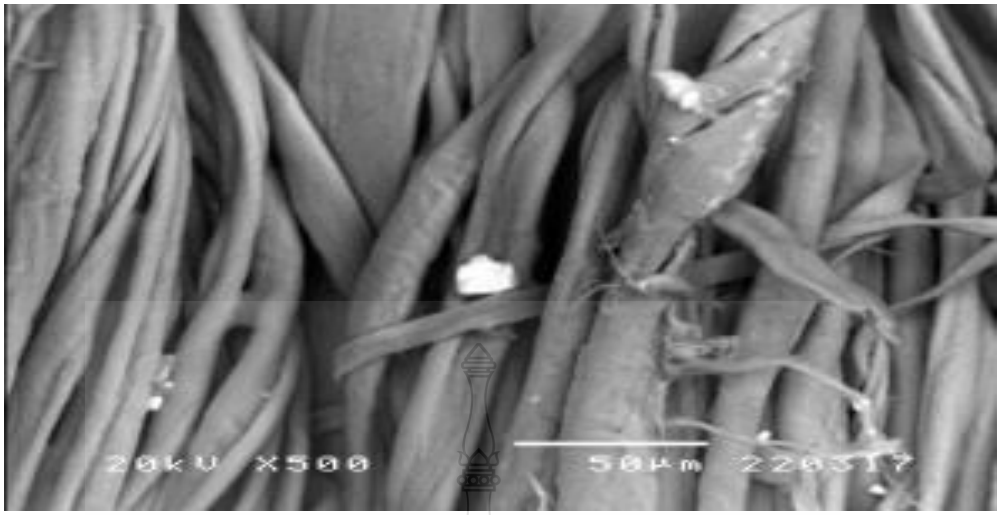
รูปที่ 4.8 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ความเข้มข้น 0.5% (One Step Spraying Method) (ก่อนซัก) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่ 20 kV กำลังขยาย 500 เท่า



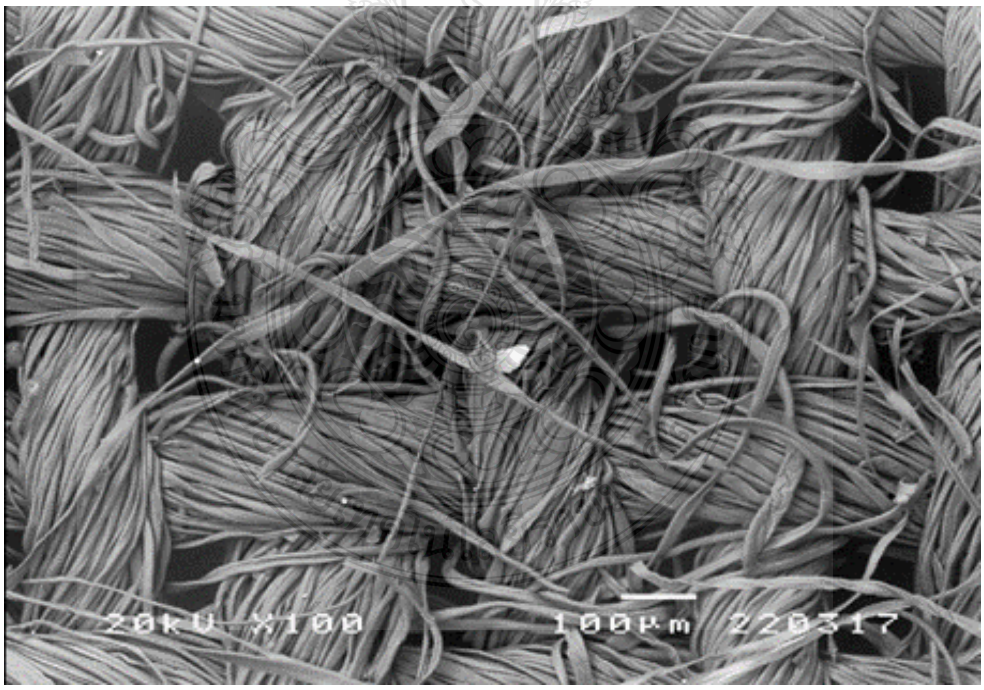
รูปที่ 4.9 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ความเข้มข้น 0.5% (One Step Spraying Method) (หลังซัก 20 ครั้ง) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่ 20 kV กำลังขยาย 500 เท่า



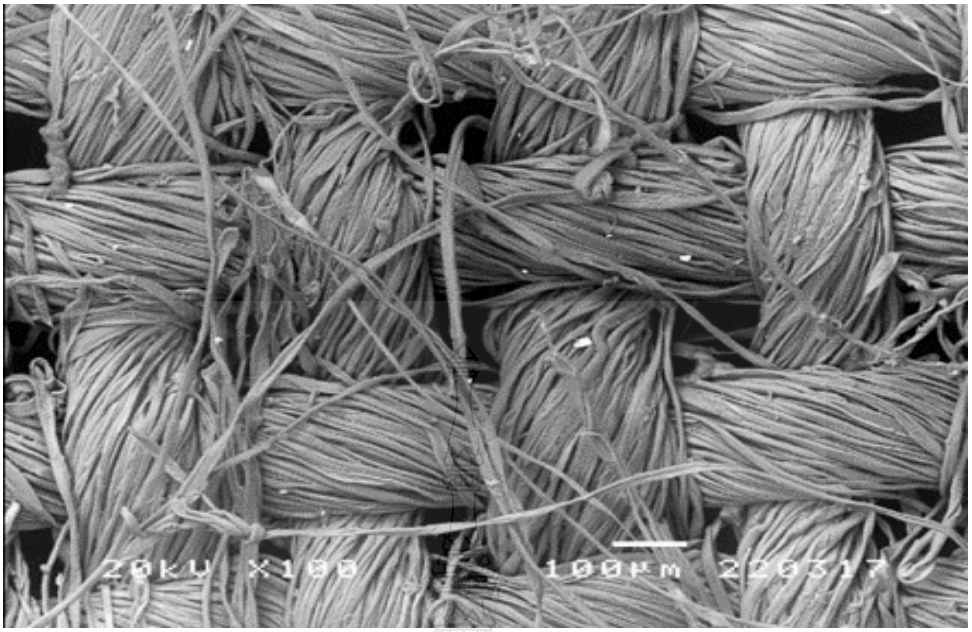
รูปที่ 4.10 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ความเข้มข้น 0.5% (Two Step Spraying Method) (ก่อนซัก) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่ 20 kV กำลังขยาย 500 เท่า



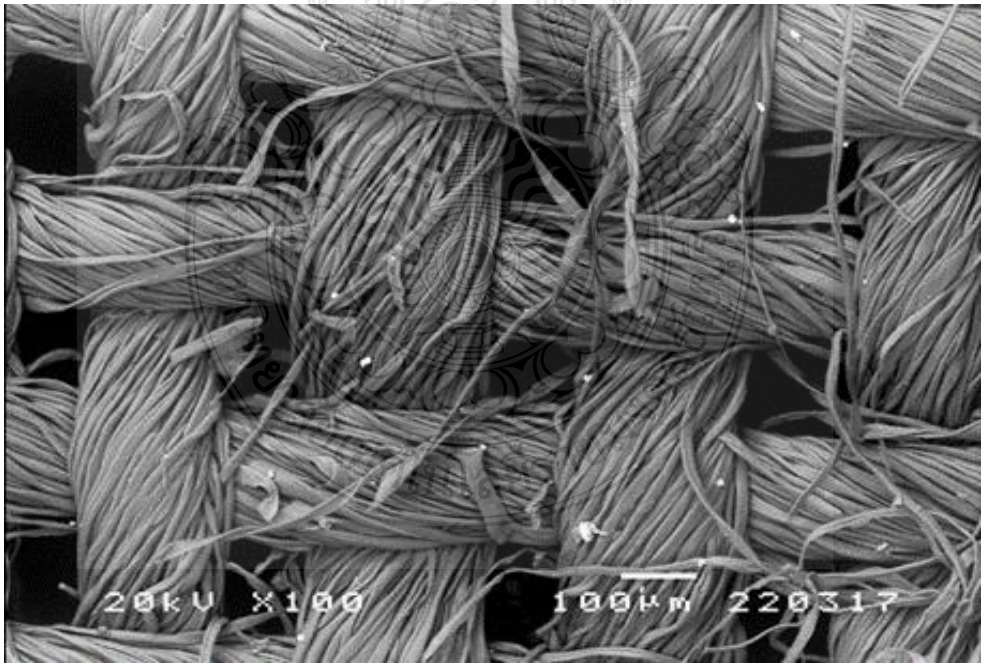
รูปที่ 4.11 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ความเข้มข้น 0.5% (Two Step Spraying Method) (หลังซัก 20 ครั้ง) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่ 20 kV กำลังขยาย 500 เท่า



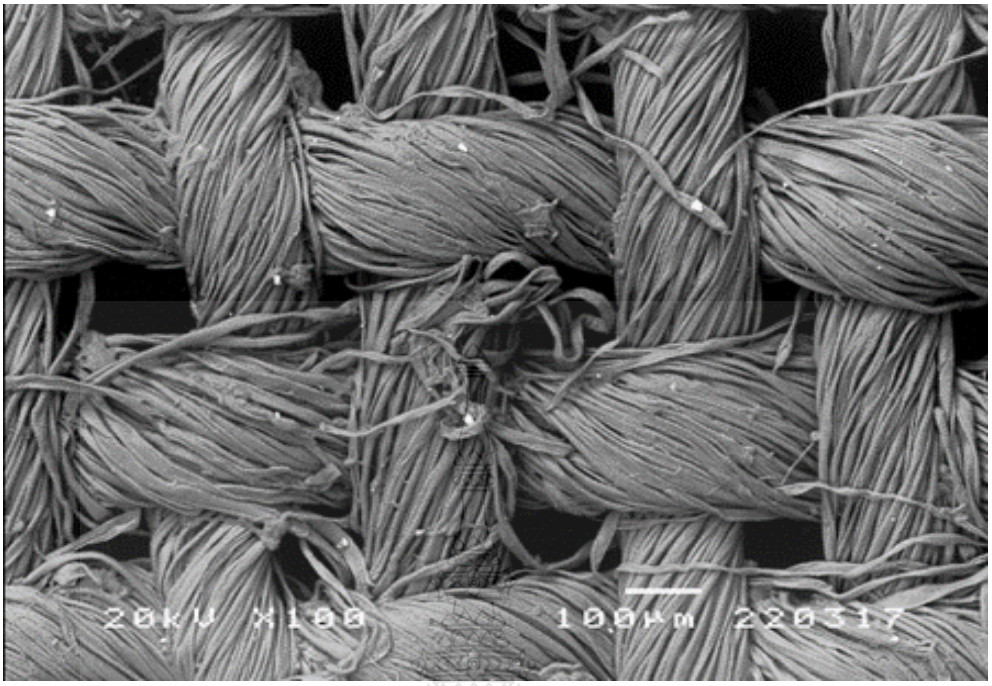
รูปที่ 4.12 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ความเข้มข้น 0.5% (One Step Spraying Method) (หลังขัดถู-สภาวะแห้ง)



รูปที่ 4.13 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ความเข้มข้น 0.5% (One Step Spraying Method) (หลังขัดถู-สภาวะเปียก)



รูปที่ 4.14 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ความเข้มข้น 0.5% (Two Step Spraying Method) (หลังขัดถู-สภาวะแห้ง)



รูปที่ 4.15 แสดงผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ที่ความเข้มข้น 0.5% (Two Step Spraying Method) (หลังขัดถู-แห้ง) (หลังขัดถู-สภาวะเปียก)

จากรูปที่ 4.7 พบว่าผ้า Original (ผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่ง) ผ้าผ่านการตกแต่งหลังการขัดถู และผ้าผ่านการตกแต่งหลังการซัก (20 ครั้ง) พบว่าผ้า Original ไม่มีอนุภาคเล็กๆ ปรากฏอยู่บนผืนผ้า ผ้าผ่านการตกแต่งหลังการขัดถู และหลังการซัก (20 ครั้ง) ปรากฏว่ามีอนุภาคเล็กๆ สีขาว ของอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์จำนวนเล็กน้อยแทรกหรือลอยอยู่บนผิวหน้าของผ้า แสดงให้เห็นว่ากระบวนการตกแต่งในงานวิจัยนี้มีความคงทนต่อการขัดถู และหลังการซัก (20 ครั้ง) ยังคงมีอนุภาคเล็กๆ ปรากฏอยู่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในรูปที่ 4.3 ถึงรูปที่ 4.5 (ร้อยละของน้ำหนักสูญเสียน้อยมาก)

4.5 ผลการทดลองที่ 3.5 การทดสอบสมบัติผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งสำเร็จ

4.5.1 ผลการทดลองที่ 3.5.1 การทดสอบผิวสัมผัสของชิ้นตัวอย่างผ้า

ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลดิบจากการทดสอบผิวสัมผัสของชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบมีประสบการณ์เกี่ยวกับการผลิตผ้า จำนวน 50 คน

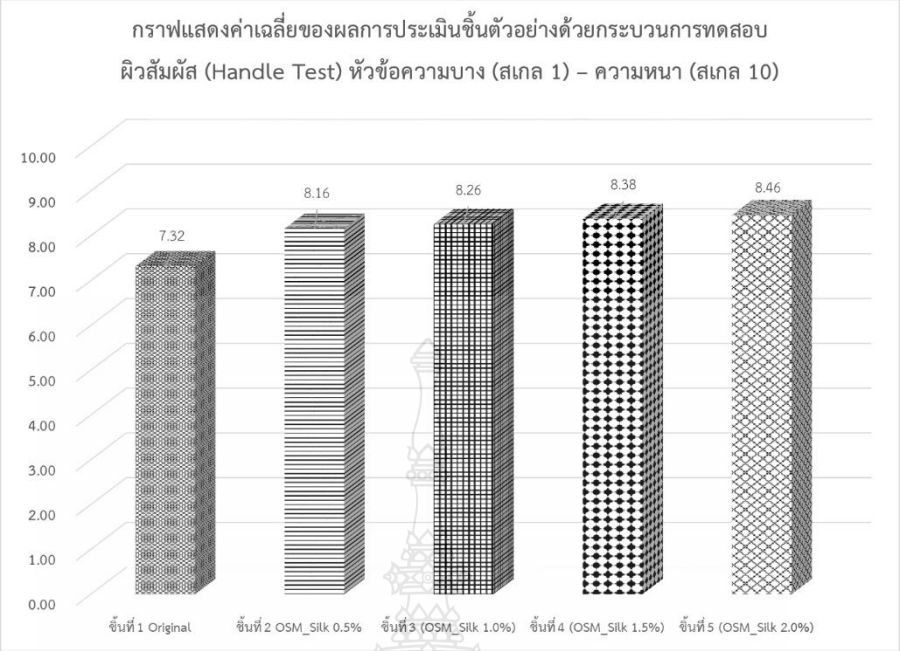
1. ความบาง-ความหนา																									
หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ชิ้นที่ 1 Original	7	7	6	8	8	9	9	7	7	7	8	9	9	8	8	7	7	6	7	6	7	8	7	6	7
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	9	9	8	8	9	7	8	7	7	8	8	9	7	8	8	9	8	7	7	8	9	9	7	8	9
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	7	8	8	9	9	9	8	9	8	8	8	9	7	8	8	7	8	7	8	9	8	8	8	7	8
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	8	9	9	8	8	7	8	8	8	9	8	9	8	9	8	8	8	9	9	8	8	8	7	7	8
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	9	9	8	9	9	8	8	9	9	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9	9	9	8	8	7
2. ความนุ่ม-ความแข็งกระด้าง																									
หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ชิ้นที่ 1 Original	2	2	1	1	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	4	3	3	2	3	2	3	1	2
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	2	2	1	1	3	2	2	1	1	3	3	3	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	3	3
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	1	1	1	2	2	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	3	3	3	2	2	2	1	2	2
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	3	2	2	1	1	2
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	1	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	3	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1
3. ความเรียบ-ความขรุขระ																									
หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ชิ้นที่ 1 Original	2	3	2	3	2	3	4	4	3	3	3	3	2	2	3	3	4	4	4	4	3	3	2	3	4
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	2	2	3	2	1	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	2	4	4	3	2	3	2	3	3	2
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	3	2	3	3	4	2	1	2	2	2	3	3	3	4	3	3	2	2	1	3	4	3	2	2	2
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	2	1	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	2	2	2	1	1	1
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	3	2	3	2	1	2	2	3	1	2
4. ความอบอุ่น-ความเย็น																									
หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ชิ้นที่ 1 Original	5	5	5	6	6	5	7	7	5	6	6	5	7	6	6	4	5	6	7	4	4	5	6	6	7
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	5	6	6	6	4	4	4	4	5	4	5	4	6	4	5	4	6	5	4	6	4	5	6	5	5
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	4	5	5	5	6	6	5	5	6	5	6	5	6	5	6	4	5	6	5	4	5	6	5	4	5
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	4	5	6	6	7	6	5	4	4	5	6	7	6	5	5
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	6	6	4	5	4	6	6	5	5	6	6	6	6	5	5	4	4	5	6	5	4	5	5	6	6
5. ผิวสัมผัสทั่วไป (ภาพรวม)																									
หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ชิ้นที่ 1 Original	7	8	9	9	9	9	9	9	7	7	8	8	9	8	8	7	7	8	9	7	7	7	8	9	9
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	9	9	9	8	8	8	7	9	8	7	6	7	8	9	9	8	7	7	8	9	8	7	8	9	8
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	8	9	9	9	8	7	8	9	8	7	8	8	8	7	8	9	9	9	8	9	8	9	8	9	8
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	9	8	9	9	9	8	8	9	9	9	8	7	8	8	8	9	8	9	9	9	8	7	8	9	8
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	9	9	8	9	9	8	8	9	9	8	9	8	9	8	8	8	9	9	9	9	8	7	8	8	9

1. ความบาง-ความหนา																										
หัวข้อ	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	**รวม**
ชิ้นที่ 1 Original	6	7	8	8	7	7	7	8	8	9	8	7	6	6	7	8	7	6	7	8	8	7	7	6	8	366
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	9	8	9	8	8	9	9	7	9	7	9	7	9	9	9	9	8	9	8	7	9	9	8	7	7	408
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	8	9	9	9	8	9	8	9	8	9	8	9	9	9	9	7	7	9	8	8	8	9	9	9	8	413
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	8	8	8	9	9	8	8	9	8	9	9	8	9	8	9	9	9	9	8	9	9	8	9	9	9	419
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	8	9	8	9	8	9	9	9	8	7	8	8	9	9	9	8	9	8	9	7	8	9	8	9	8	423
2. ความนุ่ม-ความแข็งกระด้าง																										
หัวข้อ	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	**รวม**
ชิ้นที่ 1 Original	1	2	2	1	1	2	2	2	3	1	1	1	2	2	3	1	2	3	1	2	2	1	2	3	4	108
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	1	1	2	2	2	3	2	2	3	2	1	1	2	2	3	1	1	2	2	2	3	3	2	2	3	96
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	2	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	2	2	1	1	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2	89
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	2	2	1	3	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	3	2	1	2	2	3	2	1	2	84
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	82
3. ความเรียบ-ความขรุขระ																										
หัวข้อ	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	**รวม**
ชิ้นที่ 1 Original	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	3	4	3	2	2	3	3	2	2	4	138
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	2	2	1	3	2	1	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	4	125
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	3	2	1	2	3	3	2	1	2	2	3	2	2	2	3	2	1	1	2	3	2	2	1	2	2	115
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	2	2	3	2	2	3	3	2	3	1	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2	1	2	2	3	3	109
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	3	1	1	1	2	3	3	3	1	3	1	2	3	3	2	4	3	3	3	3	3	3	2	1	2	105
4. ความอบอุ่น-ความเย็น																										
หัวข้อ	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	**รวม**
ชิ้นที่ 1 Original	7	5	4	4	5	5	6	7	4	4	5	6	6	7	3	6	6	4	4	4	4	5	5	5	4	266
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	5	6	6	3	6	4	5	5	5	6	5	5	4	6	5	6	5	5	5	6	4	5	6	6	5	251
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	6	5	5	5	5	4	4	4	5	5	6	5	6	5	6	5	4	5	5	4	5	5	6	5	4	253
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	4	4	5	5	6	6	7	6	5	6	7	6	5	3	5	4	5	3	5	6	5	6	5	4	5	255
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	5	4	5	5	6	6	6	5	4	5	5	6	5	5	6	6	5	4	6	5	4	5	6	4	5	259
5. ผิวสัมผัสทั่วไป (ภาพรวม)																										
หัวข้อ	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	**รวม**
ชิ้นที่ 1 Original	8	7	6	7	8	9	9	9	9	6	7	7	8	8	9	7	9	9	9	8	8	8	6	6	7	396
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	7	8	9	8	7	8	8	8	8	9	8	7	8	9	8	8	9	9	7	8	8	9	7	8	8	401
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	8	7	8	9	8	9	8	9	8	8	8	8	8	9	9	9	7	8	8	8	7	8	9	8	7	411
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	7	8	8	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	7	7	8	8	8	8	9	9	9	8	9	416
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	8	9	8	9	7	8	8	9	9	8	9	8	7	8	9	8	9	8	9	7	8	9	8	9	9	420

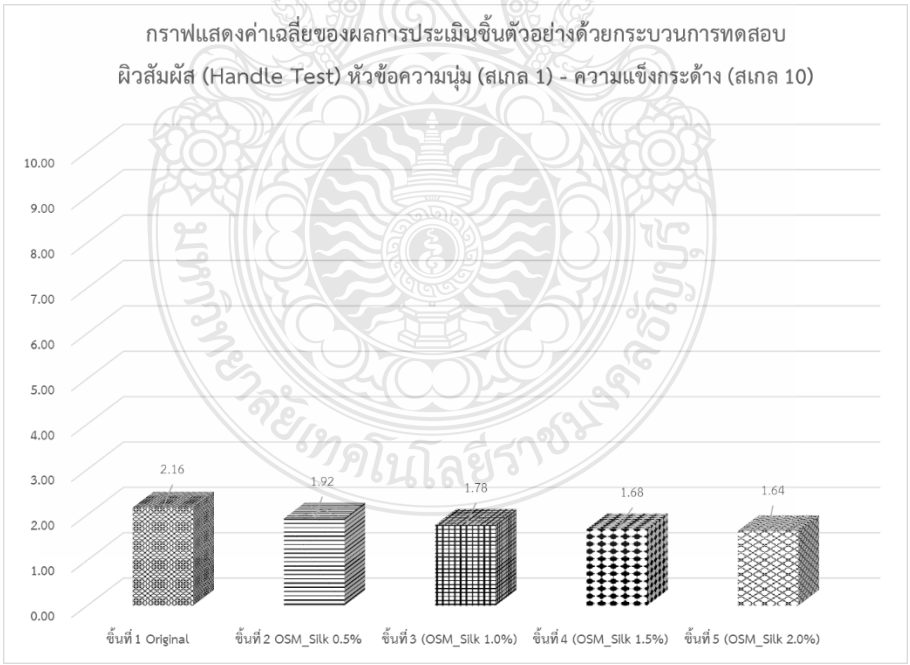
หมายเหตุ ชิ้นที่ 1 เป็นตัวแทนของผ้า Original ชิ้นที่ 2 ถึง 5 เป็นตัวแทนของการพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/ นาโนซิลค์ด้วยปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ตามลำดับ (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย

ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการประเมินจากการทดสอบผิวสัมผัสของชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น (One Step Spraying Method: OSM) ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบมีประสบการณ์เกี่ยวกับการผลิตผ้าจำนวน 50 คน

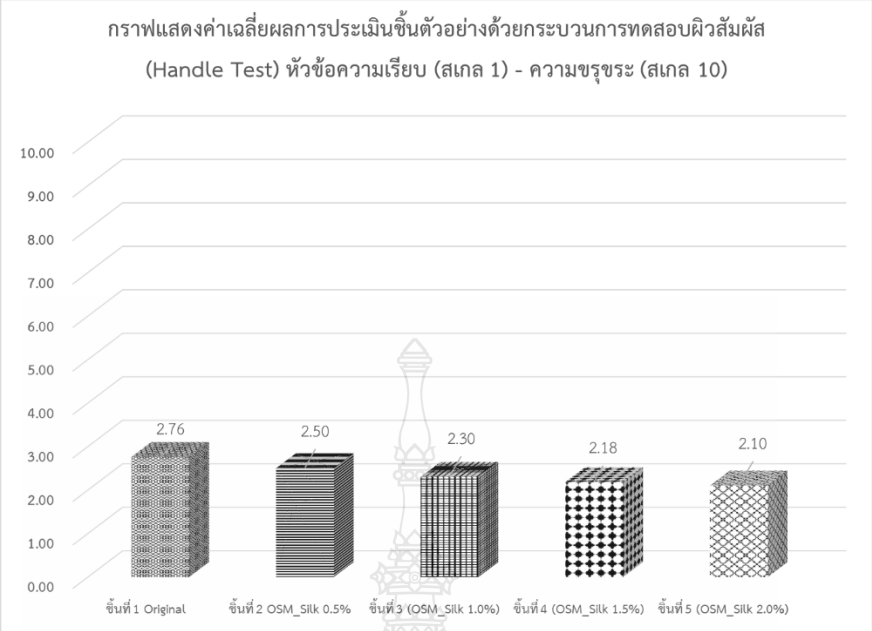
หัวข้อ 1. ความบาง (สเกล 1) – ความหนา (สเกล 10)	**Average**	**S.D.**
ชิ้นที่ 1 Original	7.32	0.89
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	8.16	0.82
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	8.26	0.69
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	8.38	0.60
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	8.46	0.61
หัวข้อ 2. ความนุ่ม (สเกล 1) –ความแข็งกระด้าง (สเกล 10)	**Average**	**S.D.**
ชิ้นที่ 1 Original	2.16	0.84
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	1.92	0.75
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	1.78	0.68
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	1.68	0.62
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	1.64	0.56
หัวข้อ 3. ความเรียบ (สเกล 1) –ความขรุขระ (สเกล 10)	**Average**	**S.D.**
ชิ้นที่ 1 Original	2.76	0.80
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	2.50	0.71
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	2.30	0.79
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	2.18	0.66
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	2.10	0.81
หัวข้อ 4. ความอบอุ่น (สเกล 1) –ความเย็น (สเกล 10)	**Average**	**S.D.**
ชิ้นที่ 1 Original	5.32	1.08
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	5.02	0.82
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	5.06	0.68
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	5.10	0.97
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	5.18	0.75
หัวข้อ 5. ผิวสัมผัสทั่วไป (ภาพรวม) ต่ำสุด (สเกล 1) – สูงสุด (สเกล 10)	**Average**	**S.D.**
ชิ้นที่ 1 Original	7.92	0.99
ชิ้นที่ 2 OSM_Silk 0.5%	8.02	0.77
ชิ้นที่ 3 (OSM_Silk 1.0%)	8.22	0.68
ชิ้นที่ 4 (OSM_Silk 1.5%)	8.32	0.65
ชิ้นที่ 5 (OSM_Silk 2.0%)	8.40	0.64



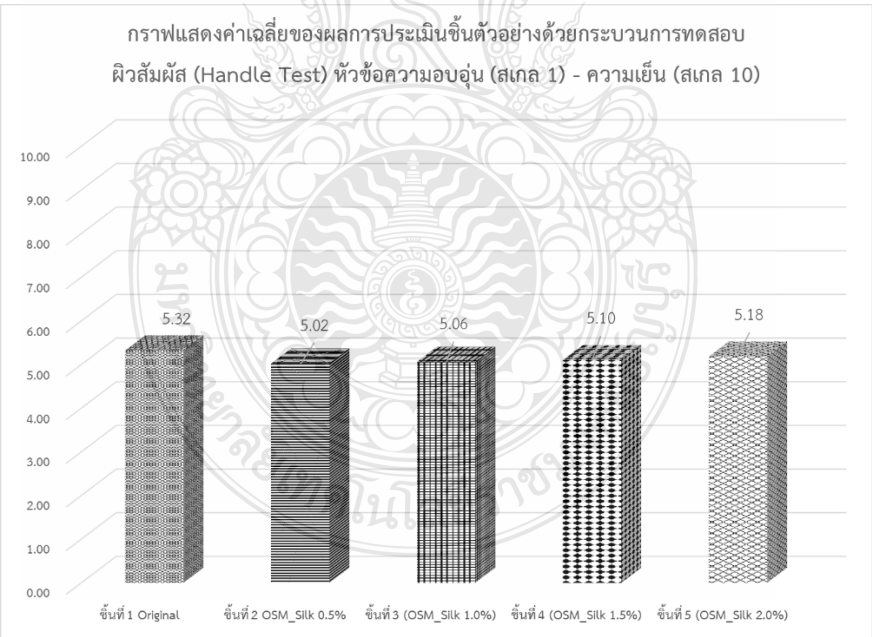
รูปที่ 4.16 แสดงกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อความบาง (สเกล 1) – ความหนา (สเกล 10)



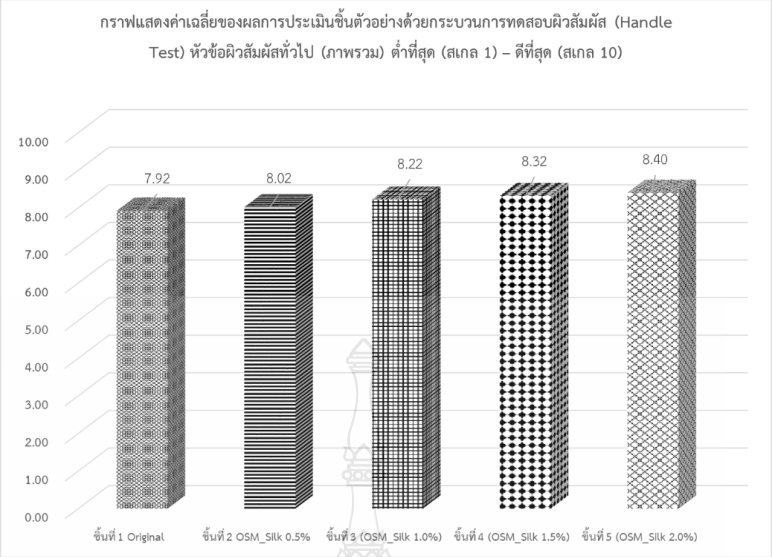
รูปที่ 4.17 แสดงกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อความนุ่ม (สเกล 1) – ความแข็งกระด้าง (สเกล 10)



รูปที่ 4.18 แสดงกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อความเรียบ (สเกล 1) – ความขรุขระ (สเกล 10)



รูปที่ 4.19 แสดงกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อความอบอุ่น (สเกล 1) – ความเย็น (สเกล 10)



รูปที่ 4.20 แสดงกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อผิวสัมผัสทั่วไป (ภาพรวม) ต่ำที่สุด (สเกล 1) –ดีที่สุด (สเกล 10)

รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยของผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น (ชิ้นที่ 1 เป็นตัวแทนของผ้า Original ชิ้นที่ 2 ถึง 5 เป็นตัวแทนของการพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ด้วยปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ตามลำดับ (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย) ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อความบาง-ความหนาของผ้า แสดงให้เห็นว่าผ้าชิ้นที่ 1 Original มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.32 (ต่ำที่สุด) มีความบางกว่าผ้าชิ้นอื่นๆ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.16-8.46) เนื่องจากไม่ได้ถูกเคลือบด้วยสารยึดติดและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ พบว่าชิ้นที่ 5 ผ้าที่พ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ 5% ด้วยกระบวนการ One Step Spraying Method มีความหนาสูงที่สุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.46)

รูปที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยของผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อความนุ่ม-ความแข็งกระด้างของผ้า แสดงให้เห็นว่าผ้าชิ้นที่ 1 Original มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.16 (สูงที่สุด) มีความกระด้างกว่าผ้าชิ้นอื่นๆ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.64-1.92) ทั้งนี้อาจเนื่องมากจากสารยึดติดและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ทำให้มีผิวสัมผัสที่ลื่นขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์มากขึ้น ผ้าที่ได้รับมีความนุ่มนวลเพิ่มมากขึ้น และพบว่าชิ้นที่ 5 ผ้าที่พ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ 5% ด้วยกระบวนการ One Step Spraying Method มีความนุ่มสูงที่สุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.64)

4.5.2 ผลการทดลองที่ 3.5.2 การทดสอบผิวสัมผัสของเสื้อคลุมสปาในสปาของ อินเตอร์คอนติเนนตัล พัทยา รีสอร์ท เมืองพัทยา อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 4.9 แสดงข้อมูลดิบจากผลการประเมินเสื้อคลุมสปา จำนวน 10 ตัว ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) หัวข้อความบาง (สเกล 1) – ความหนา (สเกล 10)

คนที่	เพศ	อายุ	ประสบการณ์	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	ชิ้นที่ 6	ชิ้นที่ 7	ชิ้นที่ 8	ชิ้น9	ชิ้นที่ 10
1	ช	25	4	9	8	8	9	9	9	8	8	10	9
2	ช	40	5	9	8	9	8	8	8	9	8	9	9
3	ญ	29	7	9	8	8	9	8	8	9	8	8	9
4	ญ	52	28	9	8	9	8	8	9	8	9	9	8
5	ญ	45	19	9	8	8	9	9	8	8	9	8	9
6	ญ	54	28	9	9	9	8	8	8	9	8	8	9
7	ช	44	20	9	8	9	9	9	8	8	8	9	8
8	ญ	58	25	9	8	8	9	8	8	8	9	9	8
9	ญ	37	10	9	9	8	8	9	8	9	8	8	9
10	ญ	38	17	9	8	9	8	9	9	8	8	9	8
11	ญ	34	11	9	9	8	8	9	9	8	8	8	9
12	ญ	29	8	9	8	8	9	8	9	8	8	9	8
13	ญ	25	4	9	9	9	8	8	9	8	8	8	9
14	ช	32	8	9	8	9	8	8	8	8	9	9	9
15	ญ	45	22	9	8	8	9	9	10	10	9	8	8
16	ช	39	18	9	8	9	8	8	8	8	8	9	9
17	ญ	34	12	9	8	9	9	8	8	9	9	9	9
18	ช	38	12	8	8	8	8	8	8	9	9	8	8
19	ญ	38	13	8	8	8	9	9	9	9	8	8	8
20	ญ	45	20	8	8	8	9	9	8	8	9	9	8
21	ช	38	15	8	8	8	8	8	9	9	8	8	9
22	ญ	35	12	8	8	9	8	8	9	8	8	8	9
23	ช	30	5	8	8	9	8	8	9	8	8	9	10
24	ญ	32	10	8	8	8	8	9	9	9	8	8	8
25	ญ	29	8	8	8	8	8	9	9	8	8	8	9
26	ญ	41	15	8	8	9	9	9	8	8	10	8	8
27	ญ	28	6	8	9	9	9	8	8	9	10	8	9
28	ช	45	23	8	8	9	8	8	8	9	8	8	9
29	ญ	36	8	8	8	9	8	8	9	9	8	8	10
30	ญ	42	20	9	8	8	9	9	8	8	8	9	9
31	ช	38	10	9	8	9	9	9	10	10	8	9	9
32	ญ	38	15	9	8	8	8	9	8	8	9	10	8
33	ญ	22	4	8	8	8	9	9	9	8	8	8	9
34	ญ	35	10	8	8	8	9	9	9	8	8	10	8
35	ญ	45	15	8	9	8	8	9	9	8	8	10	10
36	ญ	52	20	9	8	8	9	9	8	8	10	8	9
37	ญ	27	5	9	8	8	9	9	8	9	8	8	9
38	ช	25	5	9	10	9	8	8	8	9	9	10	8
39	ช	20	2	9	8	9	9	8	10	9	8	10	8
40	ญ	32	7	8	8	8	9	9	10	8	8	9	8
41	ช	30	8	8	8	10	9	10	9	10	9	8	8
42	ช	37	9	10	10	10	10	9	9	8	9	10	10
43	ช	38	6	8	9	8	8	8	9	9	8	9	8
44	ญ	38	7	9	10	10	10	9	9	9	8	10	9
45	ญ	38	4	9	8	9	8	8	8	9	9	9	8
46	ญ	42	8	9	10	10	9	9	8	8	10	9	9
47	ช	42	7	9	8	9	8	9	8	8	9	10	9
48	ช	33	4	9	10	10	9	9	9	10	10	9	9
49	ช	42	9	10	8	9	8	8	8	9	8	9	9
50	ญ	40	8	9	9	9	9	10	9	10	10	8	8
51	ช	40	8	9	8	9	8	9	8	8	8	9	8
52	ช	36	5	9	8	9	8	8	10	8	9	9	8
53	ช	30	5	8	10	9	9	9	9	8	9	10	10
54	ญ	30	3	10	8	8	9	8	8	9	8	9	8
55	ญ	26	2	8	10	10	9	9	10	8	8	9	10
56	ญ	34	5	9	8	9	10	8	9	9	8	8	9
57	ช	32	6	9	8	9	8	9	9	9	8	8	8
58	ญ	30	5	8	8	9	8	10	8	9	8	9	10
59	ช	27	3	10	8	8	8	9	9	9	8	9	8
60	ญ	49	10	9	9	9	9	9	10	10	9	10	10
61	ช	20	1	9	10	10	10	10	9	9	10	10	10
62	ญ	26	3	9	8	8	9	9	10	10	9	9	10
63	ช	27	8	10	8	9	8	9	9	8	8	8	9
64	ญ	48	9	9	10	10	9	9	8	8	10	10	10
65	ช	29	3	9	8	9	8	10	8	9	9	8	9
66	ช	28	3	10	8	9	10	8	9	8	9	10	8
67	ญ	28	4	9	9	8	9	10	9	8	9	10	8
68	ช	34	6	9	9	8	9	8	8	9	8	8	9
69	ญ	33	8	9	9	8	9	8	9	8	8	9	8
70	ช	35	12	9	9	8	9	9	8	8	8	9	8
71	ญ	39	10	9	9	9	8	8	9	8	9	9	8
72	ญ	47	12	9	8	9	8	8	8	9	8	10	9
73	ช	28	6	8	10	10	9	9	10	8	8	9	10
74	ญ	20	1	8	10	10	10	10	8	8	9	10	10
75	ช	29	6	8	8	8	9	9	9	10	10	10	9
76	ญ	25	3	8	9	9	9	9	10	10	8	8	9
77	ญ	24	1	9	9	9	9	9	9	8	8	9	8
78	ญ	41	3	8	8	8	10	9	8	8	10	9	9
79	ญ	40	5	8	10	10	10	10	10	9	9	10	8
80	ช	32	6	8	10	10	9	9	8	8	8	10	10
81	ญ	55	20	8	10	10	10	10	10	9	9	10	10
82	ญ	29	4	8	10	10	9	8	8	10	10	10	10
83	ช	23	1	8	10	9	9	8	8	9	10	9	8
84	ช	36	7	9	8	8	8	9	8	9	10	9	8
85	ญ	32	5	8	10	10	9	8	9	9	10	8	8
86	ญ	38	11	8	10	10	9	9	8	9	10	9	9
87	ช	33	9	8	10	10	9	9	8	8	9	8	9
88	ญ	27	5	8	10	10	9	8	10	9	9	8	10
89	ญ	30	8	8	10	9	9	9	8	9	10	10	9
90	ญ	36	11	8	10	9	8	10	9	9	10	10	9
91	ญ	37	10	8	10	9	9	9	8	8	9	10	10
92	ญ	40	15	8	10	9	10	9	9	9	10	10	9
93	ช	44	12	8	9	9	9	9	8	7	9	9	10
94	ญ	52	20	8	9	8	9	8	10	10	8	8	9
95	ช	45	16	8	10	9	9	9	8	8	9	10	9
96	ช	26	3	8	9	9	10	10	9	8	9	10	10
97	ญ	28	5	8	9	9	8	8	7	10	9	8	8
98	ช	23	2	8	9	8	9	9	10	10	9	8	8
99	ญ	22	1	8	9	8	8	8	9	9	10	10	8
100	ญ	28	7	9	10	9	9	9	9	8	10	9	8
Average		35.02	9.10	8.60	8.74	8.82	8.74	8.74	8.69	8.64	8.73	8.95	8.81
SD		8.41	6.24	0.60	0.85	0.72	0.65	0.65	0.73	0.72	0.78	0.80	0.75

หมายเหตุ ชิ้นที่ 1 คือ ผ้า Original ชิ้นที่ 2 และ 3 คือ ผ้าเคลือบสารยึดติด ชิ้นที่ 4-10 คือ ผ้าพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ด้วยปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง หัวข้อความนุ่มนวล (สเกล 1) – ความหยาบกระด้าง (สเกล 10)

คนที่	เพศ	อายุ	ประสบการณ์	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	ชิ้นที่ 6	ชิ้นที่ 7	ชิ้นที่ 8	ชิ้นที่ 9	ชิ้นที่ 10
1	ช	25	4	1	1	2	3	2	2	1	1	3	2
2	ช	40	5	2	2	3	3	3	2	2	2	3	2
3	ญ	29	7	3	2	1	2	3	2	1	2	3	2
4	ญ	52	28	2	2	3	2	3	2	3	2	3	3
5	ญ	45	19	3	2	2	2	3	2	3	2	2	3
6	ญ	54	28	1	2	3	2	2	3	2	3	2	1
7	ช	44	20	1	1	3	2	2	3	3	2	2	2
8	ญ	58	25	3	2	3	2	1	2	3	2	1	2
9	ญ	37	10	1	2	2	2	3	3	3	2	2	2
10	ญ	38	17	3	2	1	2	3	2	3	2	1	2
11	ญ	34	11	3	2	2	1	2	2	3	2	1	2
12	ญ	29	8	3	2	2	3	2	1	2	3	2	3
13	ญ	25	4	3	2	3	2	2	1	2	3	2	2
14	ช	32	8	3	2	2	2	3	3	2	1	2	3
15	ญ	45	22	2	3	2	3	2	2	1	2	3	3
16	ช	39	18	3	2	1	2	3	2	2	2	3	2
17	ญ	34	12	2	1	2	3	2	1	3	2	1	2
18	ช	38	12	3	2	1	1	2	3	2	3	2	3
19	ญ	38	13	2	2	3	3	3	2	1	2	3	2
20	ญ	45	20	2	1	3	2	1	3	3	2	1	2
21	ช	38	15	3	3	2	1	2	3	2	3	2	1
22	ญ	35	12	3	2	3	2	2	1	2	3	2	2
23	ช	30	5	2	3	2	3	2	1	1	2	3	2
24	ญ	32	10	2	1	3	2	1	3	3	2	1	2
25	ญ	29	8	1	2	3	3	2	2	2	1	2	3
26	ญ	41	15	3	2	2	1	2	2	3	2	3	2
27	ญ	28	6	2	1	2	3	3	2	2	1	2	2
28	ช	45	23	2	2	3	1	2	3	3	2	2	2
29	ญ	36	8	2	1	2	3	2	3	1	1	3	3
30	ญ	42	20	3	2	2	1	2	2	3	3	2	2
31	ช	38	10	2	1	1	2	3	2	3	3	2	2
32	ญ	38	15	3	3	2	1	1	2	2	3	2	3
33	ญ	22	4	1	1	2	3	2	2	3	2	3	2
34	ญ	35	10	2	1	2	3	2	1	2	3	2	1
35	ญ	45	15	2	1	1	2	2	3	3	2	2	3
36	ญ	52	20	2	2	1	1	3	3	2	1	2	2
37	ญ	27	5	2	2	2	3	3	1	1	2	3	2
38	ช	25	5	2	2	3	2	1	2	3	2	2	2
39	ช	20	2	3	1	1	2	2	3	1	2	3	3
40	ญ	32	7	3	2	2	2	2	3	1	2	1	3
41	ช	30	8	1	3	2	3	1	3	2	1	1	3
42	ช	37	9	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2
43	ช	38	6	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2
44	ญ	38	7	1	1	1	2	2	2	1	1	1	3
45	ญ	38	4	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3
46	ญ	42	8	2	2	2	2	1	1	3	3	3	3
47	ช	42	7	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2
48	ช	33	4	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1
49	ช	42	9	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2
50	ญ	40	8	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1
51	ช	40	8	2	2	3	3	2	2	2	3	3	2
52	ช	36	5	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
53	ช	30	5	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1
54	ญ	30	3	2	2	3	2	3	3	2	2	2	3
55	ญ	26	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2
56	ญ	34	5	1	3	2	2	2	3	2	2	3	2
57	ช	32	6	1	2	3	2	3	2	3	3	2	3
58	ญ	30	5	1	3	2	2	2	3	3	2	2	3
59	ช	27	3	3	3	2	2	1	1	2	2	1	3
60	ญ	49	10	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2
61	ช	20	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2
62	ญ	26	3	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2
63	ช	27	8	2	2	3	2	3	2	2	2	3	3
64	ญ	48	9	3	3	3	1	1	1	2	2	1	1
65	ช	29	3	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2
66	ช	28	3	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2
67	ญ	28	4	2	3	1	2	3	3	2	2	2	3
68	ช	34	6	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2
69	ญ	33	8	2	3	2	2	3	2	2	3	3	2
70	ช	35	12	2	3	2	2	3	3	3	2	2	3
71	ญ	39	10	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3
72	ญ	47	12	3	2	3	1	3	3	2	1	2	2
73	ช	28	6	2	2	2	1	1	1	3	3	2	1
74	ญ	20	1	2	2	2	2	1	1	2	3	3	3
75	ช	29	6	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2
76	ญ	25	3	3	3	3	3	2	1	1	2	2	2
77	ญ	24	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
78	ญ	41	3	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2
79	ญ	40	5	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
80	ช	32	6	1	3	2	2	2	3	1	1	1	2
81	ญ	55	20	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
82	ญ	29	4	1	2	2	2	2	2	3	2	1	1
83	ช	23	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1
84	ช	36	7	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2
85	ญ	32	5	1	3	2	2	2	2	2	3	2	1
86	ญ	38	11	1	3	2	3	4	2	2	3	3	2
87	ช	33	9	1	3	1	3	2	2	3	2	2	1
88	ญ	27	5	1	2	2	3	3	2	1	2	2	1
89	ญ	30	8	1	2	2	3	3	3	2	2	2	3
90	ญ	36	11	2	2	1	3	2	2	2	2	2	2
91	ญ	37	10	2	2	1	3	2	2	3	3	3	1
92	ญ	40	15	1	2	2	2	2	3	2	2	3	1
93	ช	44	12	2	2	1	1	2	2	3	3	3	1
94	ญ	52	20	1	2	1	3	2	2	3	3	3	3
95	ช	45	16	1	2	2	3	3	2	1	3	2	1
96	ช	26	3	1	3	1	3	3	3	2	3	3	2
97	ญ	28	5	1	3	1	2	3	3	3	3	3	3
98	ช	23	2	1	3	3	2	3	3	2	2	3	3
99	ญ	22	1	1	2	3	2	2	2	3	2	3	3
100	ญ	28	7	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Average		35.02	9.10	1.88	2.05	2.07	2.12	2.11	2.10	2.11	2.14	2.10	2.12
SD		8.41	6.24	0.73	0.64	0.70	0.66	0.71	0.72	0.74	0.65	0.73	0.69

หมายเหตุ ชิ้นที่ 1 คือ ผ้า Original ชิ้นที่ 2 และ 3 คือ ผ้าเคลือบสารยึดติด ชิ้นที่ 4-10 คือ ผ้าพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ด้วยปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง หัวข้อความเรียบ (สเกล 1) – ความขุรขระ (สเกล 10)

คนที่	เพศ	อายุ	ประสบการณ์	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	ชิ้นที่ 6	ชิ้นที่ 7	ชิ้นที่ 8	ชิ้นที่ 9	ชิ้นที่ 10
1	ช	25	4	3	2	1	3	3	2	1	1	2	2
2	ช	40	5	2	3	2	2	2	2	3	3	3	2
3	ญ	29	7	3	2	1	2	3	2	3	2	3	2
4	ญ	52	28	3	2	2	3	2	3	2	3	2	3
5	ญ	45	19	3	2	1	2	3	3	2	1	2	3
6	ญ	54	28	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2
7	ช	44	20	2	3	2	2	2	2	3	2	2	1
8	ญ	58	25	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3
9	ญ	37	10	2	2	1	2	3	2	3	2	3	2
10	ญ	38	17	2	2	2	3	2	3	2	2	3	2
11	ญ	34	11	2	2	1	2	3	4	5	6	5	5
12	ญ	29	8	2	2	2	3	2	1	2	3	2	3
13	ญ	25	4	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3
14	ช	32	8	2	2	1	2	3	2	3	2	1	3
15	ญ	45	22	2	2	2	3	3	3	2	1	2	3
16	ช	39	18	2	2	2	1	2	3	2	2	1	2
17	ญ	34	12	2	1	2	3	3	2	1	2	3	2
18	ช	38	12	3	2	2	3	2	3	2	3	2	3
19	ญ	38	13	2	1	2	1	2	3	2	1	2	3
20	ญ	45	20	2	1	2	2	3	2	1	2	3	2
21	ช	38	15	2	1	2	3	2	3	2	1	2	3
22	ญ	35	12	2	2	3	2	3	2	1	2	3	2
23	ช	30	5	2	2	2	2	3	1	2	2	3	1
24	ญ	32	10	2	2	3	2	1	2	1	2	3	2
25	ญ	29	8	1	2	3	3	2	2	3	1	2	3
26	ญ	41	15	2	2	3	2	3	2	3	2	3	3
27	ญ	28	6	2	1	2	3	3	2	1	2	2	2
28	ช	45	23	1	2	1	2	1	3	1	3	2	1
29	ญ	36	8	2	2	1	2	3	2	3	2	3	2
30	ญ	42	20	2	2	2	1	2	3	2	2	3	2
31	ช	38	10	2	2	1	1	2	3	3	2	1	2
32	ญ	38	15	2	1	1	1	2	1	1	3	2	1
33	ญ	22	4	2	1	2	1	2	3	2	3	2	2
34	ญ	35	10	1	2	2	3	2	1	3	2	2	1
35	ญ	45	15	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3
36	ญ	52	20	2	2	1	3	2	2	1	2	3	3
37	ญ	27	5	3	2	1	2	2	3	3	2	2	2
38	ช	25	5	3	2	2	1	1	2	3	3	2	2
39	ช	20	2	2	2	1	1	3	3	2	2	3	1
40	ญ	32	7	2	2	3	1	1	2	3	2	2	3
41	ช	30	8	2	2	3	1	2	1	3	1	3	2
42	ช	37	9	1	1	1	1	5	5	2	2	3	2
43	ช	38	6	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
44	ญ	38	7	2	3	3	1	1	1	2	2	1	1
45	ญ	38	4	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2
46	ญ	42	8	1	1	1	1	2	2	1	1	3	3
47	ช	42	7	2	3	2	2	3	2	2	2	2	3
48	ช	33	4	2	2	2	1	1	1	3	3	1	1
49	ช	42	9	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2
50	ญ	40	8	2	3	2	1	1	1	2	2	1	1
51	ช	40	8	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2
52	ช	36	5	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2
53	ช	30	5	2	2	1	1	2	2	1	1	1	3
54	ญ	30	3	2	3	3	2	2	3	2	2	2	3
55	ญ	26	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2
56	ญ	34	5	2	3	3	3	2	2	2	3	2	2
57	ช	32	6	2	3	2	3	3	2	2	2	3	3
58	ญ	30	5	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3
59	ช	27	3	2	2	2	2	2	1	1	1	2	3
60	ญ	49	10	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1
61	ช	20	1	2	3	2	2	1	1	2	2	1	1
62	ญ	26	3	2	2	2	1	1	1	3	3	1	1
63	ช	27	8	2	3	2	3	3	2	2	2	2	3
64	ญ	48	9	1	1	1	2	2	2	2	3	3	1
65	ช	29	3	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2
66	ช	28	3	2	3	2	2	3	3	3	2	2	2
67	ญ	28	4	2	3	3	2	2	2	3	3	3	2
68	ช	34	6	2	3	2	3	3	3	2	2	2	3
69	ญ	33	8	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2
70	ช	35	12	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2
71	ญ	39	10	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3
72	ญ	47	12	2	2	2	3	2	3	2	1	1	2
73	ช	28	6	3	3	2	1	1	2	2	1	1	1
74	ญ	20	1	1	1	2	2	2	1	1	2	3	1
75	ช	29	6	2	2	2	1	1	3	3	1	1	2
76	ญ	25	3	1	1	2	1	1	2	2	2	3	2
77	ญ	24	1	1	1	3	3	2	2	1	1	2	2
78	ญ	41	3	1	1	2	2	2	1	1	1	1	3
79	ญ	40	5	1	1	1	2	2	2	1	2	2	3
80	ช	32	6	2	2	2	1	1	1	3	3	2	1
81	ญ	55	20	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2
82	ญ	29	4	2	3	2	2	1	1	2	2	3	3
83	ช	23	1	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1
84	ช	36	7	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2
85	ญ	32	5	2	2	2	2	1	1	1	3	3	2
86	ญ	38	11	1	1	2	2	3	3	2	1	1	3
87	ช	33	9	2	2	3	3	2	1	1	2	2	1
88	ญ	27	5	2	3	1	2	1	1	2	3	3	1
89	ญ	30	8	1	2	1	2	1	1	2	2	3	3
90	ญ	36	11	1	1	1	2	1	2	3	2	1	3
91	ญ	37	10	1	1	2	3	2	2	1	2	1	1
92	ญ	40	15	1	1	2	3	2	1	3	3	2	1
93	ช	44	12	1	1	2	3	3	3	2	2	1	1
94	ญ	52	20	2	2	2	3	3	1	1	3	2	2
95	ช	45	16	2	2	2	3	3	2	2	3	1	3
96	ช	26	3	2	2	2	3	2	2	2	1	3	2
97	ญ	28	5	2	2	2	3	3	1	2	2	3	2
98	ช	23	2	1	2	2	3	2	2	2	2	3	3
99	ญ	22	1	1	1	2	3	3	2	1	3	2	2
100	ญ	28	7	1	2	2	2	2	2	1	3	1	1
Average		35.02	9.10	1.87	1.97	1.94	2.10	2.19	2.10	2.08	2.11	2.14	2.13
SD		8.41	6.24	0.53	0.63	0.60	0.76	0.80	0.82	0.77	0.76	0.78	0.80

หมายเหตุ ชิ้นที่ 1 คือ ผ้า Original ชิ้นที่ 2 และ 3 คือ ผ้าเคลือบสารยึดติด ชิ้นที่ 4-10 คือ ผ้าพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ด้วยปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย ตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง หัวข้อความรู้สึกอุ่น (สเกล 1) - เย็น (สเกล 10)

คนที่	เพศ	อายุ	ประสบการณ์	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	ชิ้นที่ 6	ชิ้นที่ 7	ชิ้นที่ 8	ชิ้นที่ 9	ชิ้นที่ 10
1	ช	25	4	5	4	4	6	5	4	4	6	6	4
2	ช	40	5	4	5	6	4	6	5	5	5	6	4
3	ญ	29	7	5	4	4	5	6	5	5	4	5	5
4	ญ	52	28	4	5	5	6	5	5	6	5	5	5
5	ญ	45	19	4	5	5	4	4	5	6	5	5	6
6	ญ	54	28	4	4	4	5	6	5	4	5	6	5
7	ช	44	20	5	5	4	4	5	6	5	6	5	4
8	ญ	58	25	4	5	5	4	5	4	5	6	5	4
9	ญ	37	10	4	5	6	5	4	5	6	5	6	5
10	ญ	38	17	5	4	4	5	6	5	6	5	4	4
11	ญ	34	11	5	5	4	4	5	6	5	4	5	5
12	ญ	29	8	6	5	6	5	4	5	6	5	5	6
13	ญ	25	4	4	5	5	6	5	6	5	5	6	5
14	ช	32	8	4	5	5	6	6	5	5	5	6	5
15	ญ	45	22	4	4	5	5	6	5	6	5	4	4
16	ช	39	18	5	4	5	4	5	6	5	4	4	5
17	ญ	34	12	4	5	5	6	5	5	6	5	4	4
18	ช	38	12	4	5	6	4	5	5	6	5	4	5
19	ญ	38	13	4	5	6	4	4	5	5	6	5	5
20	ญ	45	20	4	4	5	5	6	5	5	6	5	5
21	ช	38	15	4	5	4	4	4	5	5	4	4	5
22	ญ	35	12	4	5	6	4	5	5	6	6	5	5
23	ช	30	5	4	5	6	6	6	5	4	4	5	6
24	ญ	32	10	4	4	5	5	6	5	5	6	5	5
25	ญ	29	8	4	5	6	5	6	5	5	5	4	5
26	ญ	41	15	4	4	4	5	5	6	4	5	5	5
27	ญ	28	6	5	4	5	4	5	6	5	6	5	6
28	ช	45	23	5	4	4	5	6	6	5	4	5	6
29	ญ	36	8	5	5	5	4	4	6	4	6	4	5
30	ญ	42	20	5	4	5	5	4	6	5	6	6	5
31	ช	38	10	5	6	5	4	4	5	6	6	5	4
32	ญ	38	15	5	5	4	4	6	6	5	4	5	6
33	ญ	22	4	5	6	5	4	5	6	6	5	4	6
34	ญ	35	10	5	5	6	4	6	5	4	6	5	4
35	ญ	45	15	5	5	4	4	6	5	5	5	6	5
36	ญ	52	20	5	5	4	4	5	6	5	5	5	6
37	ญ	27	5	5	5	6	5	4	4	5	6	5	6
38	ช	25	5	5	5	5	4	4	6	6	5	4	4
39	ช	20	2	4	6	5	5	5	6	6	5	4	4
40	ญ	32	7	5	4	6	6	4	5	5	6	4	4
41	ช	30	8	4	6	5	5	6	6	4	4	5	5
42	ช	37	9	4	4	4	5	5	6	6	4	6	6
43	ช	38	6	4	5	4	5	5	6	4	5	5	5
44	ญ	38	7	6	6	4	4	6	6	5	5	6	6
45	ญ	38	4	4	5	6	4	4	4	5	6	5	5
46	ญ	42	8	6	5	6	5	4	4	6	5	4	6
47	ช	42	7	4	5	6	4	4	4	5	5	6	4
48	ช	33	4	6	6	6	6	5	5	4	4	6	6
49	ช	42	9	4	6	5	4	5	6	4	4	5	6
50	ญ	40	8	6	6	6	6	2	2	2	1	1	2
51	ช	40	8	4	6	5	4	5	6	4	5	5	5
52	ช	36	5	4	5	4	6	5	4	6	5	5	5
53	ช	30	5	6	6	6	6	5	5	5	4	4	4
54	ญ	30	3	4	5	6	6	6	5	5	5	5	4
55	ญ	26	2	5	5	5	6	6	5	5	6	6	5
56	ญ	34	5	4	5	4	6	5	4	6	5	5	5
57	ช	32	6	4	6	5	4	5	5	6	4	6	5
58	ญ	30	5	4	5	6	6	5	5	4	4	6	5
59	ช	27	3	5	5	5	6	6	6	6	2	2	2
60	ญ	49	10	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5
61	ช	20	1	5	5	5	4	4	4	6	6	6	4
62	ญ	26	3	5	5	5	6	6	4	4	4	6	6
63	ช	27	8	4	5	6	4	5	5	5	5	5	5
64	ญ	48	9	5	5	6	6	4	4	5	4	6	5
65	ช	29	3	4	5	4	6	4	4	5	5	6	5
66	ช	28	3	4	5	6	6	5	4	5	5	5	5
67	ญ	28	4	5	5	6	4	5	5	6	6	4	5
68	ช	34	6	4	5	4	5	5	5	5	4	6	5
69	ญ	33	8	4	5	4	4	5	5	5	6	5	5
70	ช	35	12	4	5	4	6	4	6	5	5	5	5
71	ญ	39	10	5	5	5	4	6	5	4	6	4	5
72	ญ	47	12	4	4	5	6	4	6	6	5	4	4
73	ช	28	6	5	5	5	4	4	4	6	6	5	5
74	ญ	20	1	4	5	5	6	6	6	4	4	6	6
75	ช	29	6	6	6	5	5	6	6	5	5	6	5
76	ญ	25	3	4	4	5	5	6	6	4	4	5	5
77	ญ	24	1	4	4	5	5	6	6	4	4	5	5
78	ญ	41	3	5	3	5	4	4	4	5	5	6	6
79	ญ	40	5	4	4	5	3	5	5	4	5	5	5
80	ช	32	6	4	5	6	6	4	4	4	5	5	6
81	ญ	55	20	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6
82	ญ	29	4	4	4	4	5	5	5	4	6	6	6
83	ช	23	1	4	4	5	5	6	5	6	6	6	5
84	ช	36	7	4	5	6	4	6	4	4	5	5	5
85	ญ	32	5	4	4	4	6	6	5	5	6	4	1
86	ญ	38	11	4	4	5	5	5	6	6	5	5	5
87	ช	33	9	4	4	4	5	5	6	6	5	4	5
88	ญ	27	5	4	6	6	6	6	5	5	5	6	6
89	ญ	30	8	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6
90	ญ	36	11	3	5	4	7	4	4	5	6	6	6
91	ญ	37	10	4	4	4	6	5	5	4	6	6	6
92	ญ	40	15	4	4	5	6	5	5	4	6	6	5
93	ช	44	12	4	5	3	6	5	5	4	6	5	6
94	ญ	52	20	4	4	3	6	6	6	4	5	6	5
95	ช	45	16	3	4	3	6	6	4	5	6	6	5
96	ช	26	3	4	5	3	6	4	5	6	6	4	5
97	ญ	28	5	4	6	4	5	5	4	6	6	5	6
98	ช	23	2	4	6	4	5	3	4	6	5	4	6
99	ญ	22	1	3	4	4	6	6	4	5	5	6	6
100	ญ	28	7	3	4	3	6	5	4	5	5	5	5
Average		35.02	9.10	4.39	4.82	4.86	5.01	5.02	5.04	5.02	5.06	5.05	5.01
SD		8.41	6.24	0.68	0.69	0.86	0.87	0.84	0.80	0.80	0.89	0.90	0.89

หมายเหตุ ชิ้นที่ 1 คือ ผ้า Original ชิ้นที่ 2 และ 3 คือ ผ้าเคลือบสารยึดติด ชิ้นที่ 4-10 คือ ผ้าพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ด้วยปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการประเมินชิ้นตัวอย่าง หัวข้อสมบัติของผ้า (ทั่วไป) ต่ำที่สุด (สเกล 1) – ดีที่สุด (สเกล 10)

คนที่	เพศ	อายุ	ประสบการณ์	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	ชิ้นที่ 6	ชิ้นที่ 7	ชิ้นที่ 8	ชิ้นที่ 9	ชิ้นที่ 10
1	ช	25	4	9	9	8	10	9	8	8	9	10	10
2	ช	40	5	8	9	8	9	10	9	9	8	8	8
3	ญ	29	7	8	9	8	8	9	9	8	8	8	9
4	ญ	52	28	9	8	8	9	8	8	9	8	8	8
5	ญ	45	19	9	8	8	9	9	8	8	9	8	9
6	ญ	54	28	9	9	8	8	8	8	9	9	8	8
7	ช	44	20	9	9	8	8	9	9	8	8	9	9
8	ญ	58	25	9	8	8	8	9	9	8	8	9	9
9	ญ	37	10	8	9	8	8	9	9	8	8	9	10
10	ญ	38	17	9	8	8	9	8	8	9	8	8	9
11	ญ	34	11	8	9	9	8	8	9	8	8	8	9
12	ญ	29	8	9	8	8	9	8	8	9	8	8	9
13	ญ	25	4	9	8	8	9	8	8	9	9	8	8
14	ช	32	8	8	8	9	9	10	10	10	8	9	8
15	ญ	45	22	8	8	9	9	8	8	8	8	9	9
16	ช	39	18	8	9	8	8	8	8	8	9	9	9
17	ญ	34	12	9	8	9	8	9	8	8	9	10	8
18	ช	38	12	9	9	8	8	9	10	8	8	9	8
19	ญ	38	13	10	8	9	8	8	8	9	9	9	8
20	ญ	45	20	9	8	8	8	9	9	8	8	9	9
21	ช	38	15	9	9	8	8	9	9	8	8	10	8
22	ญ	35	12	9	9	8	8	9	9	10	10	10	8
23	ช	30	5	8	8	9	10	8	9	8	9	10	8
24	ญ	32	10	8	8	9	9	9	8	8	9	9	9
25	ญ	29	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	8
26	ญ	41	15	8	9	8	8	10	10	8	8	9	10
27	ญ	28	6	8	8	9	9	10	9	8	8	9	10
28	ช	45	23	8	8	9	8	10	10	8	9	8	9
29	ญ	36	8	8	10	8	8	9	9	8	8	8	9
30	ญ	42	20	9	9	8	8	8	9	8	8	8	8
31	ช	38	10	8	8	9	8	8	9	8	10	8	8
32	ญ	38	15	8	8	9	9	8	8	10	8	8	9
33	ญ	22	4	8	9	9	8	10	8	9	9	8	8
34	ญ	35	10	8	8	9	9	8	10	8	8	9	8
35	ญ	45	15	9	9	8	8	10	8	9	8	8	8
36	ญ	52	20	9	9	8	8	10	9	8	8	9	9
37	ญ	27	5	9	8	8	9	9	10	8	8	9	10
38	ช	25	5	8	9	8	9	8	9	9	9	8	8
39	ช	20	2	8	8	9	10	9	8	8	8	9	8
40	ญ	32	7	8	8	9	9	9	8	10	8	9	9
41	ช	30	8	9	8	10	9	9	8	8	9	10	8
42	ช	37	9	9	9	9	9	10	10	10	8	8	8
43	ช	38	6	8	9	8	9	8	8	8	9	10	8
44	ญ	38	7	8	8	9	9	8	10	10	9	9	10
45	ญ	38	4	8	9	8	9	9	9	8	8	8	8
46	ญ	42	8	9	9	9	10	10	9	9	8	8	9
47	ช	42	7	8	9	8	9	8	9	10	9	9	8
48	ช	33	4	9	10	9	9	10	9	10	9	10	10
49	ช	42	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9
50	ญ	40	8	9	9	9	10	10	10	9	10	9	9
51	ช	40	8	8	9	8	9	8	8	8	9	8	8
52	ช	36	5	8	9	8	8	8	9	9	9	9	8
53	ช	30	5	10	9	9	9	9	8	8	9	10	9
54	ญ	30	3	8	9	8	9	10	9	8	8	8	9
55	ญ	26	2	9	10	9	9	10	10	8	9	9	10
56	ญ	34	5	8	9	10	8	9	9	8	8	8	9
57	ช	32	6	8	9	10	9	9	9	8	8	9	8
58	ญ	30	5	8	9	10	8	8	9	9	8	8	8
59	ช	27	3	9	10	9	9	9	10	9	10	8	8
60	ญ	49	10	9	9	9	9	10	10	10	9	10	10
61	ช	20	1	9	10	10	9	9	8	9	10	10	10
62	ญ	26	3	9	10	9	8	10	10	9	9	10	10
63	ช	27	8	8	9	8	9	10	9	8	9	9	8
64	ญ	48	9	9	9	8	8	9	10	10	10	9	8
65	ช	29	3	8	9	10	9	8	8	9	10	8	9
66	ช	28	3	8	9	9	8	9	8	9	8	10	9
67	ญ	28	4	8	9	10	10	9	8	9	8	9	8
68	ช	34	6	8	9	8	9	8	8	8	9	8	9
69	ญ	33	8	8	9	10	9	8	8	9	9	8	8
70	ช	35	12	8	9	8	9	8	8	8	9	8	8
71	ญ	39	10	8	8	9	8	9	8	9	9	9	9
72	ญ	47	12	9	9	8	8	9	8	9	9	8	8
73	ช	28	6	9	10	9	9	10	10	9	9	9	10
74	ญ	20	1	9	10	10	9	9	9	10	10	9	8
75	ช	29	6	9	9	10	9	9	9	10	10	9	10
76	ญ	25	3	10	9	9	10	8	8	10	10	10	9
77	ญ	24	1	10	10	10	9	9	9	8	10	10	9
78	ญ	41	3	10	10	10	10	9	9	8	8	9	10
79	ญ	40	5	10	10	9	9	9	10	10	9	8	8
80	ช	32	6	9	9	9	9	9	10	10	9	10	10
81	ญ	55	20	10	10	9	9	10	9	9	10	10	10
82	ญ	29	4	8	8	9	9	10	10	10	10	9	9
83	ช	23	1	8	9	9	10	10	10	10	10	9	10
84	ช	36	7	8	8	9	8	8	8	9	8	9	8
85	ญ	32	5	8	9	8	8	9	9	8	8	8	9
86	ญ	38	11	9	10	10	9	9	10	9	10	10	10
87	ช	33	9	8	10	9	9	8	9	10	10	9	10
88	ญ	27	5	9	10	9	8	10	8	9	10	10	10
89	ญ	30	8	9	9	8	9	10	10	8	8	9	10
90	ญ	36	11	9	10	10	9	10	8	8	9	10	10
91	ญ	37	10	9	9	9	9	9	10	10	9	10	10
92	ญ	40	15	9	9	9	10	10	9	10	9	9	10
93	ช	44	12	9	9	10	9	9	9	10	9	10	9
94	ญ	52	20	9	9	10	9	10	9	10	10	10	9
95	ช	45	16	9	9	9	6	9	10	10	10	9	10
96	ช	26	3	9	9	10	10	9	8	10	9	8	10
97	ญ	28	5	10	9	9	9	9	8	10	10	9	10
98	ช	23	2	10	9	9	9	8	8	8	9	10	8
99	ญ	22	1	9	9	9	9	8	8	9	9	8	9
100	ญ	28	7	9	9	9	9	8	8	9	9	8	8
Average		35.02	9.10	8.64	8.89	8.78	8.75	8.93	8.83	8.81	8.82	8.88	8.87
SD		8.41	6.24	0.64	0.65	0.72	0.69	0.77	0.78	0.81	0.74	0.77	0.81

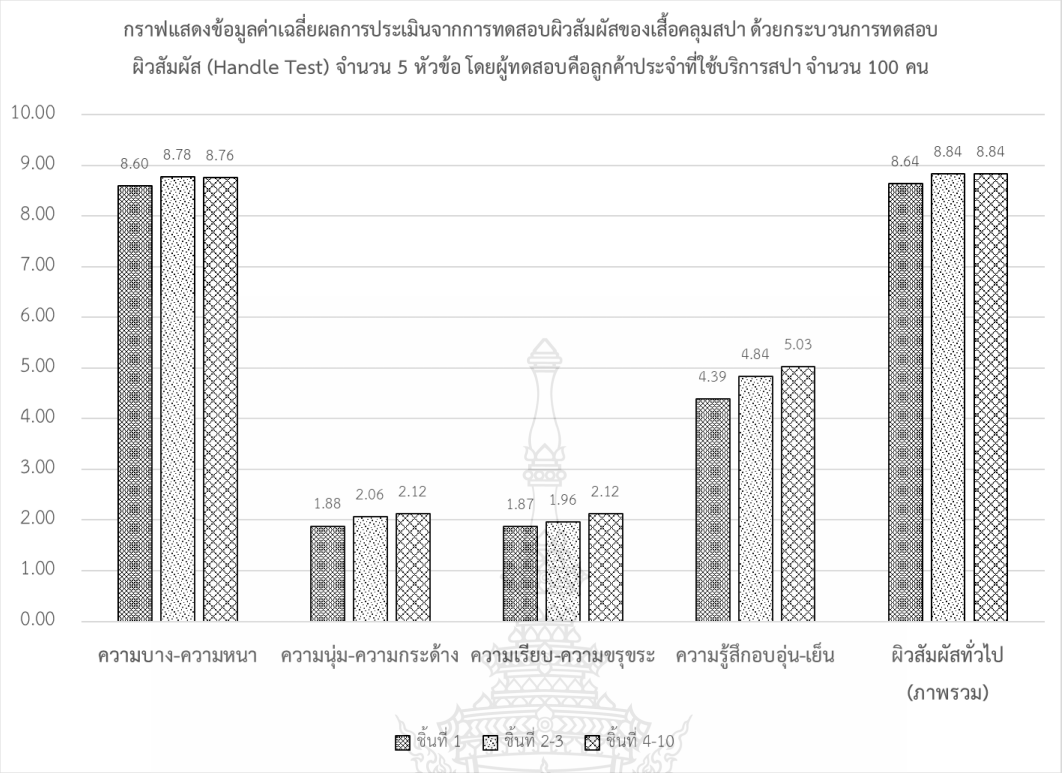
หมายเหตุ ชิ้นที่ 1 คือ ผ้า Original ชิ้นที่ 2 และ 3 คือ ผ้าเคลือบสารยึดติด ชิ้นที่ 4-10 คือ ผ้าพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ด้วยปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย ตามลำดับ

ตารางที่ 4.14 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการประเมินจากการทดสอบผิวสัมผัสของเสื้อคลุมสปาจำนวน 10 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบคือลูกค้าประจำที่ใช้บริการสปา จำนวน 100 คน

หัวข้อประเมิน	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	ชิ้นที่ 6	ชิ้นที่ 7	ชิ้นที่ 8	ชิ้นที่ 9	ชิ้นที่ 10
	ผ้า Original	ผ้าเคลือบสารยึดติดเท่านั้น		ผ้าที่ผ่านกระบวนการพ่นเคลือบสารละลายของอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และสารยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย ด้วยปริมาณร้อยละ 2.0						
ความบาง-ความหนา	8.60	8.74	8.82	8.74	8.74	8.69	8.64	8.73	8.95	8.81
ความนุ่ม-ความกระด้าง	1.88	2.05	2.07	2.12	2.11	2.10	2.11	2.14	2.10	2.12
ความเรียบ-ความขุรขระ	1.87	1.97	1.94	2.10	2.19	2.10	2.08	2.11	2.14	2.13
ความรู้สึกอบอุ่น-เย็น	4.39	4.82	4.86	5.01	5.02	5.04	5.02	5.06	5.05	5.01
ผิวสัมผัสทั่วไป (ภาพรวม)	8.64	8.89	8.78	8.75	8.93	8.83	8.81	8.82	8.88	8.87

ตารางที่ 4.15 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการประเมินจากการทดสอบผิวสัมผัสของเสื้อคลุมสปา ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบคือลูกค้าประจำที่ใช้บริการสปา จำนวน 100 คน

หัวข้อประเมิน	ชิ้นที่ 1 ผ้าOriginal	ชิ้นที่ 2-3 ผ้าพ่นเคลือบสารยึดติดเท่านั้น	ชิ้นที่ 4-10 ผ้าที่ผ่านกระบวนการพ่นเคลือบสารละลายของอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และสารยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย ด้วยปริมาณร้อยละ 2.0
ความบาง-ความหนา	8.6	8.78	8.76
ความนุ่ม-ความกระด้าง	1.88	2.06	2.12
ความเรียบ-ความขรุขระ	1.87	1.96	2.12
ความรู้สึกอบอุ่น-เย็น	4.39	4.84	5.03
ผิวสัมผัสทั่วไป (ภาพรวม)	8.64	8.84	8.84



รูปที่ 4.21 แสดงกราฟแสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการประเมินจากการทดสอบผิวสัมผัสของเสื้อคลุมสปา จำนวน 10 ชิ้น ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) จำนวน 5 หัวข้อ

ข้อมูลค่าเฉลี่ยผลการประเมินจากการทดสอบผิวสัมผัสของเสื้อคลุมสปา (ชิ้นที่ 1 คือ ผ้า Original ชิ้นที่ 2 และ 3 คือ ผ้าเคลือบสารยึดติด ชิ้นที่ 4-10 คือ ผ้าพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ด้วยปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย ตามลำดับ) ด้วยกระบวนการทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) จำนวน 5 หัวข้อ โดยผู้ทดสอบคือลูกค้าประจำที่ใช้บริการสปา จำนวน 100 คน ผ้า Original มีความบางกว่าผ้าที่พ่นเคลือบทั้ง 2 ประเภท และผิวสัมผัสทั่วไป (ภาพรวม) มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันมาก ในส่วนหัวข้อความนุ่ม-กระด้าง ความเรียบ-ความขรุขระ และความรู้สึกอบอุ่น-เย็น ผ้า Original มีค่าความนุ่มนวล และความเรียบมากกว่าผ้าที่เคลือบด้วยสารยึดติด และผ้าที่เคลือบด้วยกระบวนการพ่นเคลือบสารละลายของอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และสารยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย ด้วยปริมาณร้อยละ 2.0 มากกว่าเล็กน้อย และผ้า Original มีค่าความรู้สึกอบอุ่นดีกว่าผ้าที่เคลือบด้วยสารยึดติด และผ้าที่เคลือบด้วยผ้าที่ผ่านกระบวนการพ่นเคลือบสารละลายของอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และสารยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย ด้วยปริมาณร้อยละ 2.0

สรุป ผลการทดลองการใช้เสื้อคลุมสปา พบว่าผ้า Original มีค่าดีกว่าผ้าที่เคลือบด้วยสารยึดติด และผ้าที่เคลือบด้วยกระบวนการพ่นเคลือบฯ ด้วยปริมาณร้อยละ 2.0 เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากการซักล้าง และการหลุดของสารภายหลังการซักล้างบ้างเล็กน้อย จึงทำให้การทดสอบผิวสัมผัสแตกต่างจากการทดลอง 3.5.1 เล็กน้อย อีกประการคือ ผู้ทดสอบครั้งนี้มิใช่ผู้มีประสบการณ์ที่ทำงานกับผ้าอาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประเมินบ้างไม่มากก็น้อย

อย่างไรก็ตามผู้ประเมินยังมีความพึงพอใจใกล้เคียงกัน จึงอาจสรุปรวมว่าผ้าที่พ่นเคลือบสารละลายของอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และสารยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Spraying Method) บนผ้าฝ้าย ด้วยปริมาณร้อยละ 2.0 ไม่ได้ทำให้เกิดผิวสัมผัสที่ไม่ดี เพราะมีค่าความพึงพอใจต่ำกว่าเล็กน้อยเท่านั้น

บทที่ 5
การอภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 การอภิปรายผล

จากผลการทดลอง สรุปว่า

5.1.1 การตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM) พบว่าภาพแรกแสดงขนาดอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่มีขนาดเล็กที่สุดมีขนาด 900-1,500 นาโนเมตร และอีกภาพแสดงว่าอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่ผู้วิจัยผลิตได้มีขนาด 132-314 นาโนเมตร (อนุภาคเดี่ยว) และมีขนาด 694-1,150 นาโนเมตร (อนุภาคที่จับตัวเป็นก้อน) มีลักษณะไม่สม่ำเสมอกัน

5.1.2 ค่าร้อยละน้ำหนักสูญเสียหลังการซักล้าง 20 ครั้ง ทั้งสองกระบวนการ มีร้อยละน้ำหนักสูญเสียอยู่ในช่วงต่ำสุด -1.08 ถึงสูงสุด -4.38 (น้อย) จัดว่าสารยึดติดและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์สามารถยึดเกาะบนผิวหน้าผ้าดีมาก (น้ำหนักของสารเคมีที่หลุดออกไปน้อยมาก)

กระบวนการพ่นเคลือบแบบ One Step Spraying Method และ Two Steps Spraying Method ไม่ได้มีผลแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามหากต้องการให้อนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ลอยอยู่เหนือผิวหน้าของผ้าฝ้าย ดังแสดงภาพจากกล้อง SEM ควรใช้ Two Steps Spraying Method จะเห็นอนุภาคลอยเหนือผ้าฝ้ายจำนวนมากกว่า One Step Spraying Method

5.1.3 ผ้า Original มีเวลาในการซึมน้ำเร็วกว่าเล็กน้อย ผ้าที่ผ่านกระบวนการทั้งสองกระบวนการมีเวลาในการซึมน้ำเท่ากัน แต่มีเวลาต่างจากผ้าก่อนเคลือบ (ผ้า Original) เพียง 1 วินาที ถือว่ามีผลน้อยมากสำหรับในช่วงการนำไปใช้งานที่ต้องการเวลาในการซึมน้ำที่รวดเร็ว เมื่อนำไปใช้งานผู้สวมใส่ไม่สามารถแยกความแตกต่างเวลาในการซึมน้ำได้ จึงถือว่าไม่มีผลเสียกับผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่ง

5.1.4 ผ้า Original ผ้าผ่านการตกแต่งหลังการขัดถู และผ้าผ่านการตกแต่งหลังการซัก (20 ครั้ง) พบว่าผ้า Original ไม่มีอนุภาคเล็กๆ ปรากฏอยู่บนผืนผ้า ผ้าผ่านการตกแต่งหลังการขัดถู และหลังการซัก (20 ครั้ง) ปรากฏว่ามีอนุภาคเล็กๆ สีขาว ของอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์จำนวนเล็กน้อยแทรกหรือลอยอยู่บนผิวหน้าของผ้า แสดงให้เห็นว่ากระบวนการตกแต่งในงานวิจัยนี้มีความคงทนต่อการขัดถูและหลังการซัก (20 ครั้ง) ยังคงมีอนุภาคเล็กๆ ปรากฏอยู่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในรูปที่ 4.3-4.5 (ร้อยละของน้ำหนักสูญเสียน้อยมาก)

5.1.5 ผ้าที่พ่นเคลือบด้วยสารยึดติดกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ด้วยปริมาณร้อยละ 2.0 มีผิวสัมผัสทั้ง 5 หัวข้อ (ความหนา-ความบาง ความนุ่มนวล-ความหยาบกระด้าง ความขุรขระ-ความเรียบ ความรู้สึกอุ่น-เย็น สมบัติทั่วไปของผ้า (ภาพรวม)) ที่ดีที่สุด ทั้งนี้อาจมาจากสารยึดติดกับอนุภาค

ไมโคร/นาโนซิลค์ที่พ่นไปช่วยปิดทับรูที่มีอยู่บนผ้า และสารยึดติดกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่พ่นทำให้ผิวหน้าของผ้ามีความลื่น-ความเรียบมากกว่าผ้า Original

5.1.6 การใช้เสื้อคลุมสปา พบว่าผ้า Original มีค่าดีกว่าผ้าที่เคลือบด้วยสารยึดติด และผ้าที่เคลือบด้วยกระบวนการพ่นเคลือบสารยึดติดกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ด้วยปริมาณร้อยละ 2.0 เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากการซักล้าง และการหลุดของสารภายหลังการซักล้างบ้างเล็กน้อย จึงทำให้การทดสอบผิวสัมผัสแตกต่างจากการทดลอง 3.5.1 เล็กน้อย อีกประการคือ ผู้ทดสอบครั้งนี้มิใช่ผู้มีประสบการณ์ที่ทำงานกับผ้า อาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประเมินบ้างไม่มากก็น้อย

5.2 สรุปผลการวิจัย

ภาพแรกแสดงขนาดของอนุภาคที่ผลิตได้มีขนาดอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่มีขนาดเล็กที่สุดมีขนาด 900-1,500 นาโนเมตร และอีกภาพแสดงว่ามีขนาดเล็กที่สุดมีขนาด 132-314 นาโนเมตร (อนุภาคเดี่ยว) และมีขนาด 694-1,150 นาโนเมตร (อนุภาคที่จับตัวเป็นก้อน) มีลักษณะไม่สม่ำเสมอกัน เมื่อใช้กระบวนการพ่นเคลือบ 2 แบบ พบว่ากระบวนการ One Step Spraying Method ง่ายต่อการทำงานมากกว่า จึงเลือกใช้กระบวนการนี้มาทดสอบผิวสัมผัส (Handle Test) ถึงแม้กระบวนการ Two Steps Spraying Method ในทางทฤษฎีจะเหมาะสมกว่าก็ตาม เนื่องจากการพ่นสารยึดติดพอลิยูริเทนซึ่งมีลักษณะคล้ายกาว แล้วพ่นด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าอนุภาคลอยเหนือผ้าที่ตกแต่งมากกว่าก็ตาม เมื่อซักล้าง 20 ครั้ง พบว่าน้ำหนักสูญเสียน้อยมาก แสดงว่าสารยึดติดที่ใช้มีประสิทธิภาพที่ยึดติดอนุภาคกับผิวหน้าผ้าได้ดีมาก เมื่อทดสอบเวลาในการซึมน้ำพบว่ามีความแตกต่างกันเล็กน้อย แสดงว่าเมื่อนำไปสวมใส่ผู้ใช้งานไม่สามารถแยกความแตกต่าง และถือว่าไม่มีผลเสียกับผ้าที่ผ่านกระบวนการพ่นเคลือบ และผ้าที่พ่นเคลือบด้วยสารยึดติดกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ปริมาณร้อยละ 2.0 ด้วยกระบวนการ One Step Spraying Method ให้ผลค่าเฉลี่ยของความหนา-ความบาง ความนุ่มนวล-ความหยาบกระด้าง ความ ขรุขระ-ความเรียบ ความรู้สึกอุ่น-เย็น สมบัติทั่วไปของผ้า (ภาพรวม)) ที่ดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากผิวหน้าผ้ามีความลื่น-ความเรียบมากกว่าผ้า Original เมื่อนำผ้าที่พ่นเคลือบด้วยสารยึดติดกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ปริมาณร้อยละ 2.0 ด้วยกระบวนการ One Step Spraying Method ไปตัดเย็บเป็นเสื้อคลุมสปา พบว่าผ้า Original มีค่าดีกว่าผ้าที่เคลือบด้วยสารยึดติด และผ้าที่เคลือบด้วยกระบวนการพ่นเคลือบสารยึดติดกับอนุภาคไมโคร/ นาโนซิลค์ ด้วยปริมาณร้อยละ 2.0 เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากการซักล้าง และการหลุดของสารภายหลังการซักล้างบ้างเล็กน้อย

5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

เนื่องจากกระบวนการพ่นเคลือบไม่สามารถควบคุมปริมาณสารเคมีที่จะอยู่บนผ้าได้ทั้งหมด มีการสูญเสียเป็นละอองสารเคมีจำนวนมาก ควรหาวิธีการพ่นเคลือบที่ลดการสูญเสีย (ฟุ้งกระจาย) และสามารถควบคุมทิศทางที่ดีกว่าการทดลองปัจจุบัน

5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวเนื่องในอนาคต

5.4.1 การผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ผสมสารตกแต่งอื่นๆ อาทิ สารป้องกันแบคทีเรีย สารป้องกันยุง แคปซูลน้ำหอม เพื่อเพิ่มสมบัติของเสื้อผ้าให้ดีขึ้นกว่าการใช้อนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์เพียงสารเดียว

5.4.2 การตกแต่งที่มีประสิทธิภาพมากกว่ากระบวนการพ่นเคลือบ เพื่อทำให้มั่นใจว่าการตกแต่งสม่ำเสมอ และลดการฟุ้งกระจาย

บรรณานุกรม

[1] อภิชาติ สนธิสมบัติ สมนึก สังหนู สิงโต สกุลเขมฤทัย ปิยะพงษ์ อัศวภฤกษ์ และชิโนทัย พรหม-หิตาทร, ***การผลิตอนุภาคนาโนเซริซิน และไฟโบรอิน เพื่อนำไปใช้ตกแต่งบนเสื้อกีฬา (งานวิจัยพัฒนา Technical Textile)***, สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2550.

[2] วิวัฒน์ ลมูลภักตร์, ***การผลิตสารละลายโปรตีนจากเศษไหมโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในน้ำกึ่งวิกฤติ สำหรับการเตรียมเซริซินและไฟโบรอิน.*** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

[3] ฐปนัท ลีธีระ, ***การเตรียมคุณลักษณะเฉพาะของฟิล์ไฟโบรอินสำหรับโครงร่างเลี้ยงเซลล์.*** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553, หน้า 21-22.

[4] พรรณนีย์ วิชชาชู, ***ไหมกับงานวิจัยและงานอนุรักษ์.*** ศูนย์สารสนเทศ, สถาบันวิจัยหม่อนไหม, กรมวิชาการเกษตร, 2547.

[5] ลิลี่ โกศัยยานนท์, ***คู่มือวิชาการสิ่งทอ.*** กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2542.

[6] Apichart Sonthisombat, ***Ph.D. Thesis,*** The University of Leeds, UK, 1997.

[7] อภิชาติ สนธิสมบัติ, 6 มกราคม 2558, กรรมวิธีการผลิตผงไหม (ไฟโบรอินและเซริซิน) เพื่อใช้ในงานด้านสิ่งทอ การแพทย์ และเครื่องสำอาง, ประเทศไทย เลขที่อนุสิทธิบัตร 9418.

[8] Rajkhowa, R., Wang L., and Wang X., ***Powder Technology***, 185 (2008), p.87-95.

[9] **Sandoz Colour Chronicle**, October/December 1990, p.1-4 and p.16-19.

[10] อภิชาติ สนธิสมบัติ และสมประสงค์ ภาษาประเทศ ***เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชา 04-520-101 วิทยาศาสตร์เส้นใย*** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี- ราชมงคลธัญบุรี, พิมพ์ครั้งที่ 4, 2553.

[11] อภิชาติ สนธิสมบัติ ***กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ*** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2545.

[12] Dan River Inc., ***Dictionary of Textile Terms,*** thirteenth edition, Dan River Inc., Virginia, 1980, pp. 1-127.

[13] อภิชาติ สนธิสมบัติ ***กระบวนการตกแต่งสิ่งทอ*** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2555.

[14] https://th.wikipedia.org ค้นหาคำว่า “โพลียูรีเทน” สืบค้นข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2560.

[15] Kaneyoshi Ashida, ***Polyurethane and Related Foams: Chemistry and Technology***, CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, Florida, 2007, pp.1-153.

[16] Yeqiu, L., Jinlian, H., Yong, Z., and Zhuohong, Y., ***Carbohydrate Polymers***, 61(2005) p.276-280.

[17] W. D. Schindler and P. J. Hauser, ***Chemical finishing of textiles,*** Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, 2004, pp.7-28.

[18] อภิชาติ สนธิสมบัติ ***กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ 2*** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, พิมพ์ครั้งที่ 4, 2553.

[19] ศริณญา พ้นทุกข์, นราวิชญ์ ทองแบน และ จุฑามาศ ฉายปรีชา, 2558. **การศึกษาเปรียบเทียบสารช่วยยึดเกาะไคโตซานที่สกัดจากเปลือกกุ้งสดพันธุ์ขาวเคลือบลงบนเสื้อผ้ากีฬาเส้นใยพอลิเอสเตอร์ 100 % เพื่อต้านทานแบคทีเรีย**. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[20] **Spray Gun** [Online] Available: http://anestiwata.com/wpcontent/uploads/2011/12/manual-catalog.pdf (13 May 2017).

[21] **เทคนิคการพ่นสี** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://goo.gl/uSWrfv (13 พฤษภาคม 2560).

[22] http://pandmtechnology.igetweb.com/catalog/p_1707166.jpg สืบค้นข้อมูลวันที่ 6 สิงหาคม 2560.

[23] https://www.iso.org/obp/ui/#!iso:std:65207:en สืบค้นข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2560.

[24] http://textilelearner.blogspot.com/2011/08/color-fastness-to-rubbing-rubbing_1201.html สืบค้นข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2560.

[25] https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:3801:ed-1:v1:en สืบค้นข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2560.

[26] http://www.aatcc.org/media/Read/Newsletter/archive/2013/03A/Textiles%20101-%20Testing%20Moisture%20Management%20Performance.PDF สืบค้นข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2560.

[27] http://www.fibtex.lodz.pl/2008/3/56.pdf (13 May 2017).

[28] Wang, X., Liu, X. and Hurren, C., in Physical and Mechanical Testing of Textiles, ***Fabric Testing***, Edited by Jinlian Hu, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2008, pp. 90-124.

[29] Gonca Ozcelik, Gamze Supuren, Tulay Gulumser, Isik Tarakcioglu, ***FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe***, July/September 2008, Vol. 16, No.3 (68), pp.56-62.

[30] https://goo.gl/O7R4Zs สืบค้นข้อมูลวันที่ 15 เมษายน 2560.

[31] http://www.chantrathaispa.com สืบค้นข้อมูลวันที่ 15 เมษายน 2560.

[32] Edited by Marc Cohen and Gerard Bodeker, ***Understanding the Global Spa Industry : Spa Management,*** Butterworth-Heinemann, Oxford, 2008, pp.1-466.

[33] โปรแกรม SemAfore 5.2 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:http://semafore.software.informer.com/5.2/ สืบค้นข้อมูลวันที่ 29 มีนาคม 2560.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

ที่ วร101 / 2560

6 กรกฎาคม 2560

เรื่อง ตอบรับตีพิมพ์บทความลงในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

เรียน นายนพรัตน์ เนื่องชมภู

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเรื่อง "กระบวนการตกแต่งสารยึดติดพอลิยูริเทนและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์บนผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% ด้วยกระบวนการพ่นเคลือบแบบ One และ Two Steps Spraying Method" เพื่อขอตีพิมพ์ลงในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ทางกองบรรณาธิการได้พิจารณาแล้วเห็นควรให้ตีพิมพ์ลงในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 เดือน กรกฎาคม – ธันวาคม 2560 ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวลิต แสงสวัสดิ์)
หัวหน้ากองบรรณาธิการ
วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
โทรศัพท์: 0 2549 3493 โทรสาร: 0 2549 3493 e-mail: enjournal@en.rmutt.ac.th

กระบวนการตกแต่งสารยึดติดพอลิยูริเทนและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์บนผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% ด้วยกระบวนการพ่นเคลือบแบบ One และ Two Steps Spraying Method

A 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

นพรัตน์ เนื่องชมภู[1] สมนึก สังข์หนู[2] และ อภิชาติ สนธิสมบัติ[2]

Noparat_n@mail.rmutt.ac.th, somnuk.s@en.rmutt.ac.th, apichart.s@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษากระบวนการตกแต่งแบบใหม่ (พ่นเคลือบด้วยกาพ่นสี) ซึ่งแตกต่างจากกระบวนการตกแต่งแบบจุ่ม-บีบอัด-ทำแห้ง (Dip-Nip-Dry Finishing Method) ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทออย่างแพร่หลาย กระบวนการ One Step Spraying Method (สารยึดติดพอลิยูริเทนความเข้มข้น 10% ผสมกับสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ความเข้มข้น 0.5, 1.0,. 1.5, 2.0% ตามลำดับ) พ่นบนผิวหน้าผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% ชั่งน้ำหนักผ้า หลังจากนั้นอบแห้ง 120°C เป็นเวลา 120 วินาที นำผ้าไปเก็บไว้ ณ ห้องทดสอบมาตรฐาน และกระบวนการ Two Steps Spraying Method ครั้งแรกเป็นการพ่นเคลือบด้วยสารยึดติดก่อน จากนั้นพ่นครั้งที่สองด้วยสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ด้วยความเข้มข้นที่เหมือนกับกระบวนการ One Step Spraying Method พ่นผิวหน้าผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% ชั่งน้ำหนักผ้า หลังจากนั้นอบแห้ง 120°C เป็นเวลา 120 วินาที นำผ้าไปเก็บไว้ ณ ห้องทดสอบมาตรฐาน จากนั้นนำผ้ามาทดสอบความคงทนต่อการขัดถู (สภาวะแห้ง และเปียก) ทดสอบความคงทนต่อการซักล้าง (20 ครั้ง) ทดสอบเวลาในการซึมน้ำ และตรวจสอบขนาดและสัณฐานของอนุภาคที่เกาะอยู่บนผิวหน้าผ้าฝ้ายด้วยกล้อง SEM สรุปว่าผลการทดลองความคงทนต่อการขัดถูมีร้อยละน้ำหนักสูญเสียอยู่ในช่วงต่ำสุด -0.114% ถึงสูงสุด -0.510% ทั้งสองกระบวนการ และเวลาในการซึมน้ำเท่ากันทั้งสองกระบวนการ แต่กระบวนการแบบ Two Steps Spraying Method พบว่าผ้ามีความคงทนต่อการซักล้างดีกว่ากระบวนการ One Step Spraying Method ซึ่งสอดคล้องกับภาพจากกล้อง SEM แสดงว่าอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ยังคงหลงเหลืออยู่บนผ้าที่ตกแต่งทั้งสองกระบวนการ สรุปว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่ง Two Steps Spraying Method อาจจะถูกเลือกนำใช้กับการตกแต่งผ้าสำหรับงานสปา เนื่องจากสารยึดติดถูกพ่นเคลือบบนผืนผ้าก่อนเต็มพื้นที่ของผิวหน้าผ้า จึงน่าจะมีการยึดติดที่ดีกว่า

คำสำคัญ: อนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ผ้าทอลายขัดฝ้าย 100% กระบวนการพ่นเคลือบ กาพ่นสี

ABSTRACT

The aim of this research was to study the new finishing method (Spraying Method using a Spray Gun) which is different from the Dip-Nip-Dry Finishing Method that is widely used in the textile industries. One Step Spraying Method, the solutions were prepared by mixing 10% Polyurethane binder solution with Micro/Nano Silk solutions of the amount of 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% respectively and the solutions were sprayed on the surface of plain 100% cotton woven fabrics, weighed the fabrics and then dried at 120°C for 120 seconds. The fabrics were put into a standard condition at textile testing laboratories. Two Steps Spraying Method, the solutions were prepared by mixing 10% Polyurethane binder solution, sprayed on the surface of the fabrics, weighed the fabrics. After the first spraying, the Micro/Nano Silk solutions of the amount of 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% respectively were sprayed on each fabric, weighed the fabrics again and then dried at 120°C for 120 seconds. The fabrics were tested for the percentage weight loss after abrasion resistance (dry and wet conditions), after washing fastness (20 times). The fabrics were tested for wicking time and they were investigated the size and morphology of the particles. It was concluded that the abrasion resistance test results had weight loss percentage (-0.114% to -0.510%). Both methods gave the same wicking time (water permeability time). Nevertheless, it was found that the Two Steps Spraying Method fabrics showed less percentage weight loss after washing process than that from the One Step Spraying Method. From the SEM images, the fabrics from both methods showed that the particles remained on the fabrics. It can be concluded that two steps spraying method may be used to finish the fabrics for spa purposes because the binder was firstly sprayed on the cloth. It might have possibilities to contact much more surface areas than that from the one step Spraying Method before spraying the Micro/Nano silk particles on top of the fabrics again.

Keywords: Micro/Nano Particles Silk, Plain 100% Cotton Woven Fabrics, Spraying Method, Spray Gun.

---

[1]นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1. บทนำ

เส้นใยไหมเป็นเส้นใยที่ผลิตจากหนอนไหม เป็นเส้นใยที่มาจากธรรมชาติ ประเภทโปรตีน เช่นเดียวกับเส้นใยขนสัตว์ แต่เส้นใยไหมมีปริมาณของซัลเฟอร์น้อยมาก โดยทั่วไปไหมจำแนกออกเป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ไหมเลี้ยง (Mulberry Silk: ไหมบอมบิกซ์ มอริ (Bombyx mori)) เป็นหนอนไหมที่มนุษย์นำมาเพาะเลี้ยงด้วยใบหม่อน (Mulberry Leaves) สดๆ ซึ่งไหมชนิดนี้จะมักมีสีค่อนข้างขาว (ยกเว้นไหมไทยที่มีสีเหลืองทอง) และหลังการลอกกาวแล้วเส้นใยไหมจะมีความมันเงาเพิ่มขึ้น

2. ไหมป่า (Wild Silk) เป็นไหมที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยปกติไหมทาชาร์ (Tussah Silk) จะเป็นกลุ่มตัวแทนของเส้นไหมชนิดนี้ ไหมทาชาร์จะมีแหล่งกำเนิดอยู่ที่จีน และอินเดีย ซึ่งเจริญเติบโตด้วยใบโอ๊ก (Oak Leaves) ซึ่งปกติไหมป่าจะให้เส้นใยที่มีสีน้ำตาล มีความหยาบกระด้าง และไม่สม่ำเสมอเมื่อเทียบกับเส้นใยจากไหมเลี้ยง

จากการสำรวจพบว่าเกือบร้อยละ 80 ของการผลิตเส้นใยไหมทั่วโลกจะได้มาจาก เส้นใยไหมเลี้ยง สำหรับไหมไทยจัดว่าเป็นไหมเลี้ยง (บอมบิกซ์ มอริ) แต่มีลักษณะที่แตกต่างกัน เนื่องจากเส้นใยมีสีเหลืองทองและค่อนข้างหยาบ นอกจากนี้จากการทดลองของอภิชาติ สนธิสมบัติ [1-2] พบว่าไหมไทยสีเหลืองทองบางพันธุ์มีส่วนประกอบที่เป็นกาวไหมปริมาณมากถึงร้อยละ 38 ซึ่งมีปริมาณมากกว่าไหมเลี้ยงชนิดอื่นๆ โดยปกติเส้นใยไหมเลี้ยงมักมีปริมาณกาวไหมร้อยละ 20-25 กระบวนการปั่นเส้นใยไหมเริ่มตั้งแต่ตัวหนอนไหมที่โตเต็มวัยเริ่มจะกลายเป็นดักแด้พ่นของเหลวที่มีความหนืดจากต่อมขนาดใหญ่สองต่อมภายในตัวหนอนไหม สารละลายนี้จะถูกอัดผ่านท่อสองท่อในหัวของตัวหนอนไหมไปสู่บริเวณที่เป็นแว่นกดเส้นใย ส่วนที่ของเหลวหนืดคือเส้นใย (Fibroin: ไฟโบรอิน) ถูกเคลือบด้วยกาวไหม (Sericin: เซริซิน) ซึ่งกาวไหมจะครอบเส้นใย 2 เส้นติดกัน เมื่อโปรตีนทั้งสองชนิดสัมผัสกับอากาศจะเกิดการแข็งตัว ยึดติดกัน ก่อให้เกิดเส้นใยยาวต่อเนื่อง [1,2]

ดังนั้นเส้นใยไหมจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ กาวไหม (เซอริซิน) และเส้นใยไหม (ไฟโปรอิน) กาวไหมเป็นส่วนที่น้อยกว่าเส้นใย (มีปริมาณประมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักของไหมดิบ) และกาวไหมจะมีสิ่งเจือปน เช่น ขี้ผึ้ง ไขมัน และสีที่ไม่ละลายน้ำ กาวไหมมีสีเหลือง ลักษณะแข็งไม่ยืดหยุ่น ทำหน้าที่เชื่อมเส้นใยยาวทั้งสองเส้น เพื่อป้องกันอันตรายกับเส้นใยไหม (ไฟโปรอิน) และปิดบังความมันเงาของไฟโปรอิน กาวไหมถือว่าเป็นส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ (Amorphous) และสามารถละลายน้ำสบู่ร้อนได้ ปริมาณของกาวไหมจะปรากฏมากที่สุดบริเวณด้านนอกสุดของรังไหม ส่วนด้านในจะมีกาวไหมน้อยลงเรื่อยๆ สำหรับเส้นใยไหม (ไฟโปรอิน) เป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ (ประมาณร้อยละ 75 ของน้ำหนักของไหมดิบ) ซึ่งเส้นใยไหมนี้จะมีโครงสร้างที่ค่อนข้างเป็นระเบียบและมีการเรียงตัวดี [2,3]

เส้นใยไหมมีส่วนประกอบของกรดอะมิโน 16-18 ชนิด ซึ่งจัดว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และมีสารกำจัดเชื้อจุลินทรีย์บางอย่างที่เป็นเหตุให้เกิดโรคผิวหนังของมนุษย์ได้ และมีสมบัติที่สำคัญ เช่น ช่วยควบคุมระดับโคเลสเตอรอล ช่วยสลายแอลกอฮอล์ในร่างกาย ช่วยทำให้แผลหายเร็วขึ้น ช่วยความจำ ช่วยขยายหลอดเลือด และกระตุ้นการทำงานของหัวใจ ช่วยต่อต้านไวรัส (โรคเริม และงูสวัด) รักษาปริมาณน้ำในผิวหนัง กำจัดสิ่งสกปรกในเซลล์ และยืดอายุเซลล์ผิวหนัง เป็นต้น [4-6]

อภิชาติ สนธิสมบัติ [5] จดอนุสิทธิบัตรเกี่ยวกับนำเอาเส้นใยไหมดิบ เศษเส้นใยไหมดิบ หรือรังไหมดิบ มาผลิตเป็นอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่ผลิตได้มีสมบัติเป็นสารทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น (Moisturizing agent) นอกจากนี้ยังมีสมบัติเป็นสารป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต (UV Protecting) หรือการนำเอาอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์มาเคลือบวัสดุด้านสิ่งทอ เพื่อทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น ดูดความชื้นในอากาศได้ดี ป้องกันรังสี

อัลตราไวโอเลต (UV Protecting) และลดริ้วรอยบนผิวหนังผู้สวมใส่ได้

กระบวนการตกแต่งสิ่งทอมีหลากหลายวิธีอาทิ กระบวนการจุ่ม-บีบอัด-อบแห้ง กระบวนการพ่นสเปรย์เคลือบผิวหน้าสิ่งทอ กระบวนการดูดซึม กระบวนการเคลือบด้วยโฟม ซึ่งกระบวนการตกแต่งสิ่งทอที่เหมาะสมกับมิติของสิ่งทอเกือบทุกประเภท คือ กระบวนการพ่นสเปรย์เคลือบผิวหน้าสิ่งทอ อย่างไรก็ตามอาจมีปัญหาเรื่องของความไม่สม่ำเสมอของการพ่นสเปรย์อีกทั้งการสูญเสียสารเคมีเนื่องจากละอองกระจายตัวไม่สัมผัสกับผิวหน้าสิ่งทอ [3, 7-9]

กาพ่นสีที่มีจำหน่ายในท้องตลาด [10-11] มีขนาดหัวพ่น 1.5 มม. เหมาะสมกับงานละเอียด และพื้นที่ขนาดเล็ก ขนาด 1.8 มม. เหมาะสมกับงานพ่นทั่วไป ขนาด 2.0 มม. เหมาะสมกับงานพ่นพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งขนาดหัวพ่นมีผลกับสารที่ต้องการพ่น เนื่องจากหากเลือกหัวพ่นเล็กเกินไป จะเกิดการอุดตันของหัวพ่น และไม่สามารถพ่นอย่างสม่ำเสมอ

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงกระบวนการตกแต่งสารยึดติดพอลิยูริเทนและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์บนผ้าฝ้าย 100% ด้วยกระบวนการตกแต่งแบบใหม่ (พ่นเคลือบด้วยกาพ่นสี) ซึ่งปกติในอุตสาหกรรมสิ่งทอจะไม่ใช้กระบวนการแบบนี้ ส่วนใหญ่จะใช้กระบวนการจุ่ม-บีบอัด-ทำแห้ง (Dip-Nip-Dry) ในงานวิจัยนี้จะใช้กระบวนการ One Step Spraying Method (พ่นสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์) เปรียบเทียบกับกระบวนการ Two Steps Spraying Method (พ่นเคลือบสารยึดติด (ครั้งที่ 1) แล้วพ่นเคลือบด้วยสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (ครั้งที่ 2) และเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในตกแต่งผ้าสำหรับงานสปา และทดสอบคงทนต่อการขัดถูและคงทนต่อการซักล้างว่ามีความคงทนมากน้อยเพียงใด

3. วัสดุและวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ-สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- รังไหมพันธุ์ไทย (สีเหลือง)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์
- กรดไฮโดรคลอริก
- ผ้าขึงสกรีนขนาด 180-200 Mesh (รู/นิ้ว)
- ผ้าทอลายขัดเส้นใยฝ้าย 100% เบอร์ 40 (ด้ายยืน) เบอร์ 40 (ด้ายพุ่ง) ขนาด 40 x 40 ซม.
- สารยึดติดพอลิยูริเทน

3.2 กระบวนการเตรียมอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ และวิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

3.2.1 กรรมวิธีการเตรียมอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์

นำรังไหมพันธุ์ไทย (สีเหลือง) จำนวน 1 กิโลกรัม มาตัดด้วยกรรไกรให้มีขนาดประมาณ 2 x 2 เซนติเมตร จากนั้นละลายรังไหมที่ตัดแล้วด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2-5 (% w/v) ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อรังไหม เท่ากับ 5:1 จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิหม้อต้มอย่างช้าๆ จนถึงอุณหภูมิ 95-98 องศาเซลเซียส พร้อมกับคนให้สม่ำเสมอจนรังไหมละลายเป็นสารละลายทั้งหมด ปล่อยให้เย็นตัวที่อุณหภูมิปกติ เมื่อสารละลายไหมเย็นตัวแล้ว จึงไตเตรทด้วยกรดไฮโดรคลอริก จนสารละลายมีค่า pH เป็นกลาง (6.5-7.5) ในตู้ดูดควัน คนให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นนำสารละลายที่ได้มากรองสิ่งสกปรกออกด้วยผ้าขึงสกรีนขนาด 180-200 Mesh (รู/นิ้ว) นำสารละลายที่เป็นน้ำใสที่ผ่านการกรองมาลงในถาดกระเบื้อง แล้วนำเข้าตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 ชั่วโมง จนได้ผงไหม เมื่อแห้งสนิท นำไปบดด้วยเครื่องบดบอลมิลล์ (Ball Mill Grinding Machine) ด้วยความเร็ว 300 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที จำนวน 3 ครั้ง นำอนุภาคที่ผ่านการบดแล้ว มาผ่านตะแกรงกรองขนาด 180-200 เมช เก็บเฉพาะผงที่ละเอียดใส่ถุงพลาสติกซีลปากถุงให้แน่น

3.2.2 วิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM)

การตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM) ดำเนินการที่บริษัท ธาราบิสสิเนส จำกัด (Do SEM: ดูเซ็ม) อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ด้วยเครื่อง SEM JSM-5410LV ที่ 20 kV กำลังขยาย 1,000-10,000 เท่า และใช้โปรแกรม SemAfore 5.2 [12] ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบขนาดอนุภาคจากภาพถ่ายจากกล้อง SEM

3.3 กระบวนการตกแต่งด้วยการพ่นเคลือบสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์และสารยึดติดพอลิยูริเทน (One Step Method) บนผ้าฝ้าย

3.3.1 วิธีการเตรียมตัวอย่างผ้าฝ้าย

ตัดผ้าทอลายขัดเส้นใยฝ้าย 100% เบอร์ 40 (ด้ายยืน) เบอร์ 40 (ด้ายพุ่ง) ขนาด 40 x 40 ซม. จำนวน 24 ผืน เขียนหมายเลข 1-24 แล้วนำมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด ในห้องทดสอบสิ่งทอ ที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ 65±2% อุณหภูมิ 27±2 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลอง ทำเช่นนี้จนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง

3.3.2 วิธีการเตรียมสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน ผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (One Step Spraying Method)

ชั่งสารยึดติดพอลิยูริเทน ปริมาณ 60 กรัม และชั่งอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ปริมาณ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 กรัม และผสมน้ำ 540 กรัม สำหรับตัวอย่างสารยึดติด-พอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 (ตามลำดับ)

3.3.3 วิธีพ่นเคลือบสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์

นำสารละลายจำนวน 25 กรัมมาพ่นด้วยกาพ่นสี (กระป๋องล่าง) ปริมาณการพ่นสูงสุด 150 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ที่ความดันลมอัดไม่เกิน 3.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หัวพ่นขนาด 1.8 มม. (เหมาะกับงานพ่นทั่วไป) พ่นสารด้วยระยะห่างจากผ้า 30 ซม. โดยมีแท่นยึดผ้าฝ้ายให้ตึง ตั้งมุม 125-130 องศา (เฉียงกับพื้น) และมุมในการพ่นขนานกับพื้น โดยพ่นจากซ้ายไปขวา บริเวณด้านบนไล่ลงมาข้างล่าง จนทั่วทั้งผืน ด้านหน้า

สำหรับด้านหลัง นำสารละลายจำนวน 25 กรัม มาพ่นด้วยกาพ่นสี ดังกล่าวข้างต้น พ่นจากซ้ายไปขวา บริเวณด้านบนไล่ลงมาข้างล่าง จนทั่วทั้งผืน

เมื่อพ่นเคลือบเสร็จ นำผ้าฝ้าย ที่เปียกมาชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด บันทึกผลการทดลอง

3.3.4 กระบวนการอบแห้ง/ทำปฏิกริยาร่างแห

นำผ้าฝ้าย ที่ผ่านการพ่นเคลือบเรียบร้อยแล้วตามข้อ 2.2.3 เข้าเครื่องสเต็นเตอร์ อบแห้งและทำปฏิกริยาร่างแหบนผ้าฝ้าย ณ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วินาที เมื่อผ่านเครื่องดังกล่าวแล้วนำผ้าฝ้าย ทิ้งให้เย็น แล้วนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด ในห้องทดสอบสิ่งทอ ที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ 65±2% อุณหภูมิ 27±2 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลอง ทำเช่นนี้จนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง เก็บผ้าฝ้ายรอทดสอบขั้นตอนต่อไป

3.4 กระบวนการตกแต่งด้วยการพ่นเคลือบสารยึดติดตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (Two Steps Spraying Method) บนผ้าฝ้าย

3.4.1 วิธีการเตรียมตัวอย่างผ้าฝ้าย

ตัดผ้าฝ้าย ขนาด 40 x 40 ซม. จำนวน 24 ผืน เขียนหมายเลข 25-48 แล้วนำมาอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด บันทึกผลการทดลอง ทำเช่นนี้จนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง

3.4.2 วิธีเตรียมสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน

ชั่งสารยึดติดพอลิยูริเทน ปริมาณ 60 กรัม แล้วผสมน้ำ 540 กรัม

3.4.3 วิธีเตรียมสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ความเข้มข้น 0.5%, 1.0%, 1.5% และ 2.0%

สารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ความเข้มข้น 0.5%, 1.0%, 1.5% และ 2.0% เตรียมด้วยวิธีการชั่งอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ปริมาณ 3, 6, 9 และ 12 กรัม ละลายในน้ำ 597, 594, 591, 588 กรัม (ตามลำดับ)

3.4.4 วิธีพ่นเคลือบสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทน

นำสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนจำนวน 25 กรัมมาพ่นด้วยกาพ่นสี (ตามกระบวนการ 3.3.3) โดยพ่นจากซ้ายไปขวา บริเวณด้านบนไล่ลงมาข้างล่าง จนทั่วทั้งผืน ด้านหน้า

สำหรับด้านหลัง นำสารละลายจำนวน 25 กรัม มาพ่นด้วยกาพ่นสี (ตามกระบวนการ 3.3.3) โดยพ่นจากซ้ายไปขวา บริเวณด้านบนไล่ลงมาข้างล่าง จนทั่วทั้งผืน

เมื่อพ่นเคลือบเสร็จ นำผ้าฝ้าย ที่เปียกมาชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด บันทึกผลการทดลอง

3.4.5 วิธีการเตรียมสารละลายอนุภาค- ไมโคร/นาโนซิลค์

สารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ความเข้มข้น 0.5%, 1.0%, 1.5% และ 2.0% เตรียมด้วยวิธีการชั่งอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ปริมาณ 3, 6, 9 และ 12 กรัม ละลายในน้ำ 597, 594, 591, 588 กรัม (ตามลำดับ)

3.4.6 วิธีพ่นเคลือบสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์

นำสารละลายสารละลายอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์จำนวน 25 กรัมมาพ่นด้วยกาพ่นสี ระยะห่าง 30 ซม. โดยมีแท่นยึดผ้าฝ้าย โดยทำให้มุมในการพ่น 50 องศา พ่นจากซ้ายไปขวา บริเวณด้านบนไล่ลงมาข้างล่าง จนทั่วทั้งผืน ด้านหน้า

สำหรับด้านหลัง นำสารละลายจำนวน 25 กรัม มาพ่นด้วยกาพ่นสี ระยะห่าง 30 ซม. โดยมีแท่นยึดผ้าฝ้าย โดยทำให้มุมในการพ่น 50 องศา พ่นจากซ้ายไปขวา บริเวณด้านบนไล่ลงมาข้างล่าง จนทั่วทั้งผืน

เมื่อพ่นเคลือบเสร็จ นำผ้าฝ้าย ที่เปียกมาชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด บันทึกผลการทดลอง

3.4.7 กระบวนการอบแห้ง/ทำปฏิกริยาร่างแห

นำผ้าฝ้าย ที่ผ่านการพ่นเคลือบเรียบร้อยแล้ว ตามข้อ 2.3.6 เข้าเครื่องสเต็นเตอร์ อบแห้งและทำปฏิกริยาร่างแหบนผ้าฝ้าย ณ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วินาที เมื่อผ่านเครื่องดังกล่าวแล้วนำผ้าฝ้าย ทิ้งให้เย็น แล้วนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งละเอียด บันทึกผลการทดลอง ทำเช่นนี้จนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง เก็บผ้าฝ้าย รอทดสอบขั้นตอนต่อไป

3.5 กระบวนการทดสอบสมบัติผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งแล้ว

3.5.1 การทดสอบการขัดถูแบบแห้งและเปียก (ISO 105-X12:2011) ดำเนินการที่บริษัท อินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเซส (ประเทศไทย) จำกัด จ.กรุงเทพฯ ด้วยเครื่องขัดถู COMETECH รุ่น QC-319

3.5.2 การทดสอบหลังการซักล้าง (ISO 3801 : 1977) จำนวน 20 ครั้ง ดำเนินการที่บริษัท อินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเซส (ประเทศไทย) จำกัด จ.กรุงเทพฯ ด้วยเครื่อง DURAWASH

3.5.3 การทดสอบเวลาในการซึมน้ำ (Wicking Test) (AATCC 197:2011) ดำเนินการที่บริษัท อินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเซส (ประเทศไทย) จำกัด จ.กรุงเทพฯ

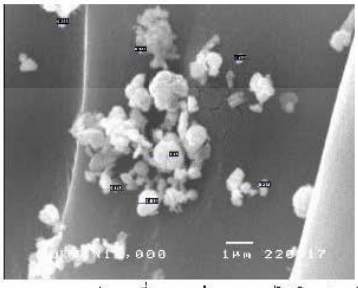
3.5.4 วิธีการตรวจสอบขนาดอนุภาคบนผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งแล้วด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM)

การตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ตามที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.2.2

4. ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล

4.1 ตรวจสอบขนาดอนุภาคและสัณฐานที่ปรากฏด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM)

รูปที่ 1 ขนาดอนุภาค/สัณฐานของอนุภาคไมโครนาโนซิลค์



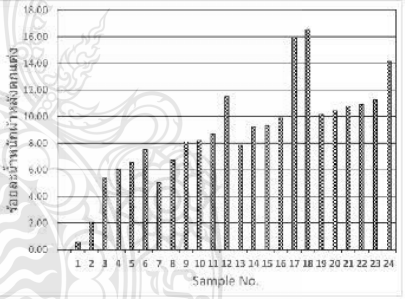
จากรูปภาพที่ 1 พบว่าอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ที่เตรียมและพ่นเคลือบในงานวิจัยนี้ มีขนาดเล็กที่สุดอยู่ในช่วง 132-314 นาโนเมตร (อนุภาคเดี่ยว) และมีขนาดใหญ่ที่สุดในช่วง 694-1,150 นาโนเมตร (อนุภาคที่จับตัวเป็นก้อน) ซึ่งพิสูจน์ได้ว่าอนุภาคที่นำมาใช้มีขนาดอยู่ระหว่างอนุภาคไมโคร (10^{-6} **m**) ถึงอนุภาคนาโน (10^{-9} **m**)

4.2 ความแตกต่างของน้ำหนักผ้าที่ผ่านกระบวนการทั้งสองแบบ

ตารางที่ 1 ร้อยละของน้ำหนักของผ้าหลังอบที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายสารยึดติดพอลิยูริเทนกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (One Step Spraying Method)

ความเข้มข้น	ชิ้นตัวอย่าง หมายเลข	% น้ำหนักผ้าหลังอบ (เพิ่มขึ้น)
Silk 0.5%	1	0.58
	2	2.06
	3	5.40
	4	6.03
	5	6.55
	6	7.53
Silk 1.0%	7	5.07
	8	6.74
	9	8.09
	10	8.22
	11	8.67
	12	11.54
Silk 1.5%	13	7.84
	14	9.26
	15	9.33
	16	9.91
	17	15.93
	18	16.57
Silk 2.0%	19	10.18
	20	10.44
	21	10.78
	22	10.93
	23	11.24
	24	14.14

รูปที่ 2 กราฟแสดงร้อยละของน้ำหนักของผ้าที่ผ่านการเคลือบ One Step Spraying Method

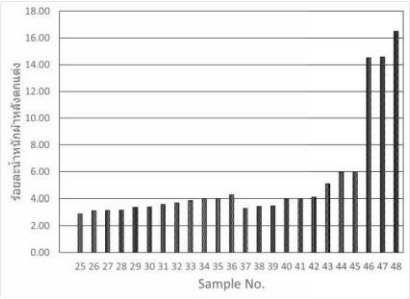


จากรูปที่ 2 พบว่าร้อยละของน้ำหนักผ้าหลังการตกแต่ง ชิ้นตัวอย่างที่ 1 2 7 8 12 17 18 และ 24 (ตามที่แรงเงาในตารางที่ 1) มีค่าที่แตกต่างมากกว่าชิ้นตัวอย่างอื่นๆ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการพ่นเคลือบมีข้อจำกัดในด้านสารเคมีที่ขึ้นไปติดบนผ้า ชิ้นตัวอย่างที่กล่าวข้างต้น จะไม่ถูกเลือกนำมาใช้ในการทดสอบในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากปริมาณสารเคมีน้อยเกินไป หรือมากเกินไป เพื่อลดปัญหาความผิดพลาดของข้อมูลจากการทดสอบในการทดลองถัดไป

ตารางที่ 2 ร้อยละของน้ำหนักของผ้าหลังอบที่ผ่านการพ่นเคลือบสารยึดติดตามด้วยอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ (Two Steps Spraying Method)

ความเข้มข้น	ชิ้นตัวอย่าง หมายเลข	% น้ำหนักผ้าหลังอบ (เพิ่มขึ้น)
Silk 0.5%	25	2.89
	26	3.13
	27	3.15
	28	3.17
	29	3.38
	30	3.41
Silk 1.0%	31	3.60
	32	3.71
	33	3.83
	34	3.96
	35	3.99
	36	4.28
Silk 1.5%	37	3.31
	38	3.44
	39	3.50
	40	3.95
	41	3.98
	42	4.10
Silk 2.0%	43	5.08
	44	5.96
	45	5.99
	46	14.51
	47	14.57
	48	16.50

รูปที่ 3 กราฟแสดงร้อยละของน้ำหนักของผ้าที่ผ่านการเคลือบ Two Step Spraying Method

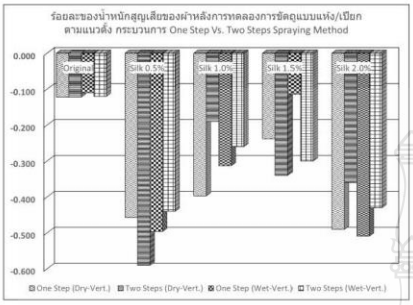


จากรูปที่ 3 พบว่าร้อยละของน้ำหนักผ้าหลังการตกแต่ง ชิ้นตัวอย่างที่ 25 36 42 และ 46-48 (ตามที่แรงเงาในตารางที่ 2) มีค่าที่แตกต่างมากกว่าชิ้นตัวอย่างอื่นๆ (คล้ายรูปที่ 2) ดังนั้นชิ้นตัวอย่างที่กล่าวข้างต้น จะไม่ถูกเลือกนำมาใช้ในการทดสอบในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากปริมาณสารเคมีน้อยเกินไป หรือมากเกินไป เพื่อลดปัญหาความผิดพลาดของข้อมูลจากการทดสอบในการทดลองถัดไป

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของน้ำหนักของผ้าจากกระบวนการ One Step Process อยู่ในช่วงเฉลี่ยประมาณ +10% และร้อยละของน้ำหนักของผ้าจากกระบวนการ Two Steps Process อยู่ในช่วงเฉลี่ยประมาณ +4% ทั้งนี้อาจเกิดจากการพ่นเคลือบ 2 ครั้ง ทำให้สูญเสียสารเคมีไปในอากาศมากกว่าการพ่นเคลือบครั้งเดียว

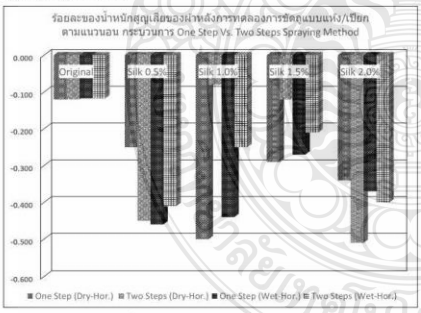
4.3 ทดสอบการขัดถูแบบแห้งและเปียก (ISO 105-X12: 2011)

รูปที่ 4 กราฟแสดงร้อยละของน้ำหนักสูญเสียของผ้าหลังการทดลองการขัดถูแบบแห้ง/เปียก ตามแนวตั้งกระบวนการ One Step เปรียบเทียบกับ Two Steps Spraying Method



จากรูปที่ 4 พิสูจน์ได้ว่าร้อยละของน้ำหนักสูญเสียของผ้าหลังการทดลองการขัดถูแบบแห้ง และเปียก ตามแนวตั้ง ทั้ง One Step Spraying Method และ Two Steps Spraying Method พบว่ามีค่าร้อยละน้ำหนักสูญเสียอยู่ในช่วงต่ำสุด -0.114% ถึงสูงสุด -0.590% โดยการขัดถูแบบแห้ง/เปียก ตามแนวตั้งมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่ากระบวนการทั้งสองกระบวนการไม่มีความแตกต่างกัน และสามารถสรุปได้ว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งทั้งสองกระบวนการมีความคงทนต่อการขัดถูดี เนื่องจากร้อยละน้ำหนักสูญเสียหลังการขัดถูน้อยมาก

รูปที่ 5 กราฟแสดงร้อยละของน้ำหนักสูญเสียของผ้าหลังการทดลองการขัดถูแบบแห้ง/เปียก ตามแนวนอน กระบวนการ One Step เปรียบเทียบกับ Two Steps Spraying Method

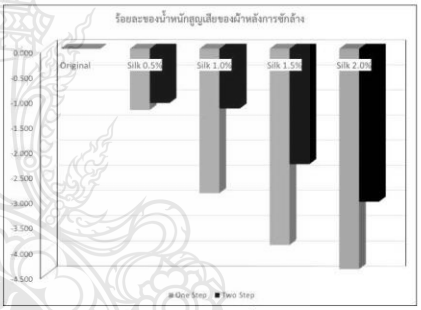


จากรูปที่ 5 ร้อยละของน้ำหนักสูญเสียของผ้าหลังการทดลองการขัดถูแบบแห้ง และเปียก ตามแนวนอน ทั้ง One Step Spraying Method และ Two Steps Spraying Method พบว่ามีค่าร้อยละน้ำหนักสูญเสียอยู่ในช่วงต่ำสุด -0.120% ถึงสูงสุด -0.510% โดยการขัดถูแบบแห้ง/เปียก ตามแนวนอนมีค่าใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 4 และ 5 พบว่ามีค่าร้อยละของน้ำหนักสูญเสียน้อยมาก แสดงว่ากระบวนการทั้งสองกระบวนการให้ผลความคงทนต่อการขัดถู (ในสภาวะแห้งและเปียก ตามแนวนอนและแนวตั้ง) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่สามารถสรุปได้ว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งทั้งสองกระบวนการมีความคงทนต่อการขัดถูดีมาก เนื่องจากร้อยละน้ำหนักสูญเสียหลังการขัดถูน้อยมาก

4.4 ผลการทดสอบหลังการซักล้าง (ISO 3801: 1977)

รูปที่ 6 กราฟแสดงร้อยละของน้ำหนักสูญเสียของผ้าหลังการซักล้าง (20 ครั้ง)



จากรูปที่ 6 พบว่าร้อยละน้ำหนักสูญเสียของผ้าหลังการซักล้างของผ้าที่ผ่านกระบวนการ One Step Spraying Method จะมีค่าการสูญเสียน้ำหนัก (สารเคลือบ) มากกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ทำให้การยึดติดไม่คงทนต่อการซักล้าง เมื่อเปรียบเทียบกับ Two Steps Spraying Method (ที่สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า) เพราะสารยึดติดถูกพ่นเคลือบบนผืนผ้าก่อน จึงยึดเกาะแน่นกับผิวหน้าผ้า เมื่อพ่นอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ทับอีกครั้ง จึงทำให้สามารถยึดเกาะบนผิวหน้าผ้าอีกชั้นได้ดีกว่า

อย่างไรก็ตามค่าร้อยละน้ำหนักสูญเสียหลังการซักล้าง 20 ครั้ง ทั้งสองกระบวนการ มีร้อยละน้ำหนัก

สูญเสียอยู่ในช่วงต่ำสุด -1.08% ถึงสูงสุด -4.38% (น้อย) จัดว่าสารยึดติดและอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ สามารถยึดเกาะบนผิวหน้าผ้าดีมาก (น้ำหนักของสารเคมีที่หลุดออกไปน้อยมาก)

4.5 ผลการทดสอบเวลาในการซึมน้ำ (Wicking Test) (AATCC 197:2011) (หน่วย: วินาที)

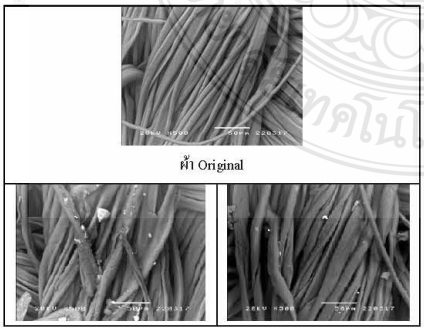
ตารางที่ 3 เวลาในการซึมน้ำ (วินาที) ของผ้า Original ผ้าผ่านกระบวนการ One Step Spraying Method และ Two Steps Spraying Method (0.5% Silk)

Samples	Original	One Step Spraying Method	Two Steps Spraying Method
Wicking Time	6 Sec.	5 Sec.	5 Sec.

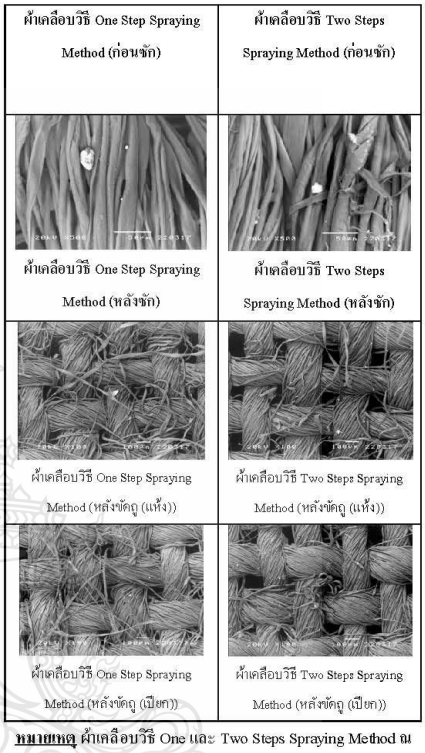
จากตารางที่ 3 พบว่าผ้าฝ้ายก่อนเคลือบมีเวลาในการซึมน้ำเร็วกว่าเล็กน้อย ผ้าที่ผ่านกระบวนการทั้งสองกระบวนการมีเวลาในการซึมน้ำเท่ากัน แต่มีเวลาต่างจากผ้าก่อนเคลือบ (Original) เพียง 1 วินาที ถือว่ามีผลน้อยมากสำหรับในช่วงการนำไปใช้งานที่ต้องการเวลาในการซึมน้ำที่รวดเร็ว เมื่อนำไปใช้งานผู้สวมใส่ไม่สามารถแยกความแตกต่างเวลาในการซึมน้ำได้ จึงถือว่าไม่มีผลเสียกับผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่ง

4.6 ตรวจสอบขนาดอนุภาคและสัณฐานที่ปรากฏด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM)

รูปที่ 7 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ผ้า Original



หมายเหตุ ผ้าเคลือบวิธี One และ Two Steps Spraying Method ณ ความเข้มข้นของอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ 0.5%

จากรูปที่ 7 พบว่าผ้า Original (ผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่ง) ผ้าผ่านการตกแต่งหลังการขัดถู และผ้าผ่านการตกแต่งหลังการซัก (20 ครั้ง) พบว่าผ้า Original ไม่มีอนุภาคเล็กๆ ปรากฏอยู่บนผืนผ้า ผ้าผ่านการตกแต่งหลังการขัดถู และหลังการซัก (20 ครั้ง) ปรากฏว่ามีอนุภาคเล็กๆ สีขาว ของอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์จำนวนเล็กน้อยแทรกหรือลอยอยู่บนผิวหน้าของผ้า แสดงให้เห็นว่ากระบวนการตกแต่งในงานวิจัยนี้มีความคงทนต่อการขัดถู และหลังการซัก (20 ครั้ง) ยังคงมีอนุภาคเล็กๆ ปรากฏอยู่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในรูปที่ 4 5 และ 6 (ร้อยละของน้ำหนักสูญเสียน้อยมาก)

5. บทสรุป

จากการทำวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปว่า

1. กระบวนการตกแต่งด้วยการพ่นเคลือบด้วยกาพ่นสี เป็นกระบวนการตกแต่งแบบใหม่ สำหรับกระบวนการตกแต่งสิ่งทอ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีข้อจำกัดในด้านสารเคมีที่ขึ้นไปติดบนผ้า เนื่องจากการพ่นสเปรย์จากกาพ่นสีนั้น จะมีบางส่วนที่ฟุ้งกระจายไปในอากาศ ถึงแม้จะควบคุมมุมการพ่น ทิศทางการพ่น ใช้กรอบขึงผ้าให้ตึง และใช้การชั่งน้ำหนักผ้าหลังพ่น เพื่อลดความผิดพลาดก็ตาม หากต้องการลดการฟุ้งกระจาย และต้องการตกแต่งให้สารเคมีสม่ำเสมอและมากกว่างานวิจัยนี้ อาจจะต้องพิจารณากระบวนการตกแต่งแบบจุ่ม-บีบอัด-ทำแห้ง หรือกระบวนการตกแต่งอื่นๆ อาทิ แบบโฟม แบบลูกกลิ้งเคลือบ ที่น่าจะทำให้เกิดการเคลือบผิวหน้าฝ้ายอย่างสม่ำเสมอ แต่อาจมีข้อเสีย ทำให้ผ้ามีความหนามากขึ้น และผิวสัมผัสหยาบกระด้างมากขึ้นเช่นกัน

2. ร้อยละน้ำหนักสูญเสียของผ้าหลังการซักล้าง (20 ครั้ง) ของผ้าที่ผ่านกระบวนการ One Step Spraying Method จะมีค่าร้อยละน้ำหนักสูญเสียมากกว่ากระบวนการ Two Steps Spraying Method ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารยึดติดผสมกับอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ ทำให้การยึดติดไม่คงทนต่อการซักล้าง เมื่อเปรียบเทียบกับ Two Steps Spraying Method ที่มีร้อยละน้ำหนักสูญเสียน้อยกว่า เพราะสารยึดติดถูกพ่นเคลือบบนผืนผ้าก่อน มีการยึดติดที่ดีกว่า จึงพ่นอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ตามอีกครั้ง

3. ผ้าที่ผ่านการตกแต่งทั้งสองกระบวนการ มีเวลาในการซึมน้ำเท่ากัน แต่มีเวลาในการซึมน้ำน้อยกว่าผ้าก่อนเคลือบ (Original) เพียง 1 วินาที ซึ่งผู้สวมใส่ไม่สามารถสังเกตเห็นในการใช้งานปกติ ถือว่ามีผลน้อยมากสำหรับในช่วงการนำไปใช้งานที่ต้องการเวลาในการซึมน้ำที่รวดเร็ว สำหรับผ้าในงานสปา

4. เมื่อถ่ายภาพจากกล้อง SEM พบว่าผ้าที่ผ่านกระบวนการทั้งสองกระบวนการ หลังการขัดถู (แห้ง-เปียก) และหลังการซัก (20 ครั้ง) พบว่าอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ยังคงหลงเหลืออยู่บนผ้าที่ตกแต่ง สอดคล้องกับร้อยละน้ำหนักสูญเสียของผ้าหลังการทดลองการขัดถูและหลังการทดลองการซักล้าง ที่มีค่าร้อยละน้ำหนักสูญเสียน้อยมาก

5. สรุปว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่ง Two Steps Spraying Method อาจจะถูกเลือกใช้มากว่า One Step Spraying Method เนื่องจากสารยึดติดถูกพ่นเคลือบบนผืนผ้าเต็มพื้นที่ของผิวหน้าผ้า จึงน่าจะมีการยึดติดที่ดีกว่าการผสมสารละลายสารยึดติดที่ผสมอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ครั้งเดียว

6. งานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ตกแต่งผ้าสำหรับงานสปา แต่ในอนาคต ควรเพิ่มปริมาณของอนุภาคไมโคร/นาโนซิลค์ เพื่อทำให้สามารถเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนในภาพถ่ายจากกล้อง SEM

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้สนับสนุนทุนวิจัยโดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ประจำปีงบประมาณ 2550 (สำหรับทุนวิจัยขั้นต้นการศึกษากระบวนการผลิตอนุภาคนาโนเซริซินและไฟโบรอิน) และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำหรับเครื่องมือ อุปกรณ์ครุภัณฑ์ต่างๆ ที่นำมาศึกษาค้นคว้าวิจัยต่อยอดกระบวนการผลิตเชิงอุตสาหกรรมตั้งแต่ปี 2551 จนถึงปัจจุบัน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Sonthisombat, A. 1993, **M.Sc.Dissertation**, The University of Leeds, UK.

[2] Sonthisombat, A. 1997, **Ph.D.Thesis**, The University of Leeds, UK.

[3] อภิชาติ สนธิสมบัติ สมนึก สังข์หนู สิงห์โต สกุลเขมฤทัย ปิยะพงษ์ อัศวศุภฤกษ์ ชิโนทัย พรหมหิตาทร **โครงการวิจัย "การผลิตอนุภาคนาโนเซริซิน และ**

ไฟโบรอิน เพื่อนำไปใช้ในการตกแต่งบนเสื้อผ้าถีพา" สนับสนุนทุนวิจัยโดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ประจำปีงบประมาณ 2550 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี หน้า 1-278.

[4] พวงผกา คุ้มสีไว และ ยิ่งมณี ตระกูลพัว **การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 26 มิถุนายน 2558** มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ หน้า 1524-1534.

[5] อภิชาติ สนธิสมบัติ, 6 มกราคม 2558, **กรรมวิธีการผลิตผงไหม (ไฟโบรอินและเซริซิน) เพื่อใช้ในงานด้านสิ่งทอ การแพทย์ และเครื่องสำอาง,** ประเทศไทย เลขที่อนุสิทธิบัตร 9418.

[6] Robson, R.M., **Silk; Composition, Structure and Properties, in Handbook of Fiber Science and Technology, Vol. IV**, Ed. By Lewin, M., and Pearce, E.M., Mercel Dekker Inc., New York, 1985, pp 647-700.

[7] อภิชาติ สนธิสมบัติ, **กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ**, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี, 2545 หน้า 1-327.

[8] **ความหมายของการตกแต่งเชิงกล และเชิงเคมี** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.ttcexpert.com/lesson4.html (29 มีนาคม 2560).

[9] ศริณญา พันทุกข์, นราวิชญ์ ทองแบน และ จุฑามาศ ฉายปรีชา, 2558. **การศึกษาเปรียบเทียบสารช่วยยึดเกาะไคโตซานที่สกัดจากเปลือกกุ้งสดพันธุ์ขาวเคลือบลงบนเสื้อผ้าถีพาเส้นใยพอลิเอสเตอร์ 100 % เพื่อต้านทานแบคทีเรีย**. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[10] **Spray Gun** [Online] Available: http://anestiwata.com/wp-content/uploads/2011/12/manual-catalog.pdf (13 May 2017).

[11] **เทคนิคการพ่นสี** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://goo.gl/uSWrfv (13 พฤษภาคม 2560).

[12] **โปรแกรม SemAfore 5.2** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://semafore.software.informer.com/5.2/ (29 มีนาคม 2560).

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นาย นพรัตน์ เนื่องชมภู
สาขาวิชา/ภาควิชา	สาขาวิชาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
ประวัติการศึกษา	- มีนาคม 2555 – ปัจจุบัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาตร์ สาขาวิชาสิ่งทอ (กำลังศึกษา)
	- มีนาคม 2548 – 2552 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาตร์ สาขาวิชา เคมี-สิ่งทอ