การศึกษาสมบัติและการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากผ้าฝ้ายถักชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวและย้อมด้วยสีครามจากธรรมชาติ

A Study of Properties and Forming of Textile Products from Mercerized Cotton Knitted Fabric by Liquid Ammonia and Dyed with Natural Indigo

นางสาวชุติกาญจน์ ปัญญาวงค์

Miss Chutikarn Punyawong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

หน้าลิขสิทธิ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้าวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ และข้อความต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นางสาวชุติกาญจน์ ปัญญาวงค์
(ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์)

COPYRIGHT © 2020
ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2563

FACULTY OF TEXTILE INDUSTRIES
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY KRUNGTHEP
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาสมบัติและการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว
โดย	นางสาวชุติกาญจน์ ปัญญาวงค์
สาขาวิชา	นวัตกรรมสิ่งทอ
ปีการศึกษา	2564

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานวัตกรรมสิ่งทอ

..... คณบดีคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ
(ผู้ช่วยศาสตรจารย์ภัทรานิษฐ์ สิทธินพพันธ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์)

..... กรรมการ และอาจารย์ที่ปรึกษา
(ว่าที่พันตรี ดร.สมชาย อุดร)

..... กรรมการ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.เกษม มานะรุ่งวิทย์)

..... กรรมการ
(รศ.ดร.บุญศรี คู่สุขธรรม)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ว่าที่พันตรี ดร.สมชาย อุดร และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.เกษม มานะรุ่งวิทย์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และรศ.ดร.บุญศรี คู่สุขธรรม กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาสละเวลาของท่านช่วยตรวจสอบให้ข้อชี้แนะ และแนะนำเพิ่มเติมทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีระดับปริญญาโทให้กับนักศึกษา รวมถึงเจ้าหน้าที่หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ช่วยประสานงานให้ความสะดวกแก่นักศึกษาเสมอมา ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา และขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ที่ร่วมเรียนมาด้วยกัน คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทดลองทำวิทยานิพนธ์นี้ สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจาก บริษัทวรกิจเท็กซ์ไทลที่ได้สนับสนุนวัตถุดิบผ้าฝ้ายถัก บริษัท สตาร์ เทค เคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด สนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีในการวิจัย คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือทดสอบความคงทนของสีและความเข้มของสีตลอดการวิจัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาสมบัติและการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว
นักศึกษา	นางสาวชุติกาญจน์ ปัญญาวงค์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ว่าที่พันตรี ดร.สมชาย อุดร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.เกษม มานะรุ่งวิทย์
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาสมบัติและการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากผ้าฝ้ายถักชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวและย้อมด้วยสีครามจากธรรมชาติ โครงสร้างของผ้าฝ้ายถักคือ ซิงเกิ้ลเจอร์ซี พีเก้ และอินเทอร์ล็อก ผ้าทั้งหลายเหล่านี้ชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว จากนั้นผ้าที่ผ่านการชุบมันย้อมด้วยครามธรรมชาติที่สภาวะต่าง ๆ ท้ายที่สุดผ้าทั้งหลายเหล่านี้ได้ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ผลจากการศึกษาพบว่ากระบวนการชุบมันไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักของผ้าฝ้าย ความคงทนของสีต่อการซักและการขัดถู รวมทั้งกระบวนการชุบมันช่วยปรับปรุงการยืดและการหดภายหลังจากการซัก การดูดน้ำ และความเรียบของผ้า ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของผ้าและสมบัติทางกายภาพ ภายหลังจากการชุบมันได้ตรวจสอบ มันพบว่าโครงสร้างแบบอินเทอร์ล็อกมีน้ำหนักของผ้าสูงที่สุดและหดตัวน้อยที่สุด โครงสร้างแบบพีเก้แสดงการดูดน้ำดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามโครงสร้างของผ้าที่ผ่านการชุบมันไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อการซักและการทดสอบความคงทนต่อการขัดถู สำหรับ การย้อมผ้าที่ผ่านการชุบมันด้วยคราม ภาวะที่เหมาะสมต่อการย้อมคือ การย้อมที่อุณหภูมิห้อง ด้วยครามเปียกที่มีความเข้มข้น 200 กรัม/ลิตร ไธโอยูเรียไดออกไซด์ความเข้มข้น 60 กรัม/ลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 60 กรัม/ลิตร ภายหลังจากการย้อมความคงทนของสีของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการชุบมันและผ้าฝ้ายที่ผ่านการชุบมันนำมาเปรียบเทียบ มันพบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการชุบมันมีความคงทนของสีต่อการซัก ต่อน้ำ และเหงื่อดีกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการชุบมัน สมบัติของผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับปรุงเหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์สิ่งทอต่าง ๆ ได้แก่ เสื้อยืด

คำสำคัญ : ผ้าฝ้ายถัก ย้อมคราม การชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

Thesis Title	A Study of Properties and Fabrication of Textile Products from Indigo-Dyed Knitted Cotton Mercerizing with Liquid Ammonia
By	Miss Chutikarn Punyawong
Major	Textiles Innovation
Advisor	Acting Maj. Dr. Somchai Udon
Co-advisor	Dr. Kasem Manarungwit
Academic Year	2021

Abstract

The objective of this research was to study the properties and forming of textile products from mercerized cotton knitted fabric with liquid ammonia and dyed with natural indigo. The structures of the knitted cotton fabrics were single jersey, pique, and interlock. They were mercerized with liquid ammonia. Then, the mercerized fabrics were dyed with natural indigo at different conditions. Finally, they were formed as the textile products. The results showed that the mercerized process had not an effect on the weight of the cotton fabrics, colour fastness to washing, and abrasion. Also, it improved the elongation and shrinkage after washing, water absorption, and smoothness of the fabrics. The relation between the structures of the fabrics and the physical properties after mercerization was examined. It was found that the interlock structure had the highest fabric weight and lowest shrinkage. The pique structure exhibited the best water absorption. However, the structures of the mercerized fabrics had not an effect on the colour fastness to washing and abrasion test. For dyeing of the mercerized fabrics with the indigo, the suitable condition for dyeing was dyeing at room temperature with wet indigo at concentration of 200 g/l, thiourea dioxide at concentration of 60 g/l, and sodium hydroxide at concentration of 20 g/l. After dyeing, the colour fastness of the unmercerized and mercerized cotton fabrics was compared. It was found that the mercerized cotton fabric had the colour fastness to washing, water and perspiration better than the unmercerized one. The properties of the modified cotton fabric were suitable for forming of the textile products such t-shirt.

Keywords: Knitted Cotton, Indigo-Dyed, Mercerizing with Liquid Ammonia

สารบัญ

	หน้า
หน้าลิขสิทธิ์	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
ABSTRACT	ง
สารบัญ	จ
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ฝ้ายและสมบัติของฝ้าย	3
2.2 ผ้าถัก	14
2.3 การชุบมันผ้าฝ้าย	20
2.4 การย้อมสีผ้าฝ้าย	29
2.5 การทดสอบสมบัติของผ้า	31
2.6 การออกแบบผลิตภัณฑ์	38
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	41
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 วัสดุ สารเคมี และอุปกรณ์	46
3.2 วิธีดำเนินการ	47
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 การวิเคราะห์ลักษณะของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังการชุบมัน	65
4.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังการชุบมัน	66
4.3 การทดสอบค่าความเข้มของการติดสีบนผ้าฝ้ายถักย้อมครามก่อนและหลังการชุบมัน	70

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การทดสอบความคงทนของสีของผ้าฝ้ายถักย้อมครามก่อนและหลังการชุบมัน	75
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุป	80
5.2 ข้อเสนอแนะ	81
บรรณานุกรม	82
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก PROCEEDING CRETECH NATION 2021	88
ประวัติผู้เขียน	97

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 รูปร่างด้านตัดของเส้นใยฝ้าย 5
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส 8
ภาพที่ 2.3 การเชื่อมต่อกันของกลูโคสในโมเลกุลของเซลลูโลส 9
ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส 10
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของลิกนิน 12
ภาพที่ 2.6 โครงสร้างผ้าทอ 14
ภาพที่ 2.7 วิธีการถักผ้า 15
ภาพที่ 2.8 ส่วนที่สำคัญของห่วงผ้าถัก 16
ภาพที่ 2.9 ส่วนที่สำคัญของห่วงผ้าถัก 16
ภาพที่ 2.10 FACE LOOP และ BACK LOOP 17
ภาพที่ 2.11 COURSE และ WALE 17
ภาพที่ 2.12 ลักษณะของผ้าถักแบบเจอร์ซี่ชั้นเดียว 18
ภาพที่ 2.13 ลักษณะของผ้าถักแบบพีเก้ 19
ภาพที่ 2.14 ลักษณะของผ้าถักแบบอินเทอร์ล็อก 19
ภาพที่ 2.15 กลไกการชุบมัน 20
ภาพที่ 2.16 ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยฝ้ายก่อนและหลังการชุบมัน 21
ภาพที่ 2.17 การประเมินค่า PILLING STANDARD KNITTED SINGLE JERSEY 33
ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างการสร้างแบบเสื้อนิตเชิ้ต 39
ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างการวางแบบตัดเสื้อนิตเชิ้ต 39
ภาพที่ 2.20 เสื้อนิตเชิ้ตตัวอย่าง 41
ภาพที่ 3.1 เครื่องถักผ้าแบบวงกลม (CIRCULAR KNITTING MACHINE) 48
ภาพที่ 3.2 การเตรียมผ้าฝ้ายถักดิบก่อนนำไปชุบมัน 48
ภาพที่ 3.3 เครื่อง LAFER PERMAFIX AMMONIA MERCERIZING 49
ภาพที่ 3.4 การชุบมันผ้าฝ้ายถักด้วยแอมโมเนียเหลวในรูปแบบผ่า 49
ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการชุบมันด้วยแอมโมเนีย (LIQUID AMMONIA TREATMENT) 49
ภาพที่ 3.6 กล้องจุลทรรศน์ 50
ภาพที่ 3.7 เครื่องตัดผ้าแบบวงกลม 51

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.8 การวาดจุดบนผ้าก่อนขั้นตอนการซัก 52
ภาพที่ 3.9 เครื่องซักผ้าอัตโนมัติแบบมีแกนกลาง 53
ภาพที่ 3.10 เครื่องอบผ้าแบบหมุนวนอัตโนมัติ 54
ภาพที่ 3.11 เครื่องซัก (LAUNDER-OMETER) 55
ภาพที่ 3.12 กระบอกสแตนเลสและลูกสแตนเลส 55
ภาพที่ 3.13 ผ้าประกบ (MULTIFIBER) 56
ภาพที่ 3.14 เครื่องทดสอบการขัดถู 56
ภาพที่ 3.15 เกรย์สเกลสำหรับการเปื้อนสี 57
ภาพที่ 3.16 เครื่องทดสอบขน 58
ภาพที่ 3.17 แผ่น THREE DIMENSIONAL SMOOTHNESS APPEARACE REPLIAS 59
ภาพที่ 3.18 เครื่องวัดสี 63
ภาพที่ 4.1 ลักษณะของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวแต่ละโครงสร้างผ้า 65
ภาพที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์จากผ้าฝ้ายถักย้อมสีครามธรรมชาติที่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว 79

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณความชื้น และมุมไมโครไฟบริลลา 13
ตารางที่ 2.2 สมบัติทางกายภาพของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 23
ตารางที่ 2.3 ความเสถียรและความว่องไวต่อปฏิกิริยา 24
ตารางที่ 2.4 สมบัติทางกายภาพของแอมโมเนีย 26
ตารางที่ 2.5 สารเคมีที่ไม่สามารถเก็บร่วมกับแอมโมเนียและปฏิกิริยาที่เกิด 27
ตารางที่ 2.6 สีย้อมจากธรรมชาติที่นิยมใช้ 30
ตารางที่ 2.7 5 เกรดความเรียบของ SA REPLICA 33
ตารางที่ 2.8 ความแตกต่างของสีเทียบกับระดับความคงทนของสี 37
ตารางที่ 2.9 ระดับหมายเลขผลการเปรียบเทียบเกรย์สเกลกับระดับความคงทนของสี 38
ตารางที่ 3.1 การซักและการทำแห้ง 52
ตารางที่ 3.2 แสดงสภาวะการทดสอบในการซัก 55
ตารางที่ 3.3 สูตรการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสม 60
ตารางที่ 3.4 สูตรการทดลองเพื่อหาปริมาณเนื้อครามที่เหมาะสม 61
ตารางที่ 3.5 สูตรการทดลองเพื่อหาปริมาณไธโอยูเรียที่เหมาะสม 62
ตารางที่ 3.6 สูตรการทดลองเพื่อหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม 63
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังการชุบมัน แต่ละโครงสร้าง 67
ตารางที่ 4.2 ค่า L*, A*, B* และ K/S ของผ้าย้อมครามที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 71
ตารางที่ 4.3 ค่า L*, A*, B* และ K/S ของผ้าย้อมครามที่ใช้ปริมาณเนื้อครามที่แตกต่างกัน 72
ตารางที่ 4.4 แสดงค่า L*, A*, B* และ K/S ของผ้าย้อมครามที่ใช้ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน 73
ตารางที่ 4.5 ค่า L*, A*, B* และ K/S ของผ้าย้อมครามที่ใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่แตกต่าง 74
ตารางที่ 4.6 ความคงทนของสีต่อการซักล้าง 75
ตารางที่ 4.7 ความคงทนของสีต่อน้ำ 76
ตารางที่ 4.8 ความคงทนของสีต่อเหงื่อ 77
ตารางที่ 4.9 ความคงทนของสีต่อการขัดถู 78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การชุบมัน (mercerization) เป็นหนึ่งในกระบวนการเตรียมเส้นใยฝ้ายเพื่อการย้อมและพิมพ์ที่สำคัญอย่างยิ่ง โดยเส้นใยฝ้ายที่ผ่านการชุบมันจะมีสมบัติที่ดีขึ้นในหลาย ๆ ด้าน เช่น ความเงามันเพิ่มมากขึ้น ความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการรับสีย้อมหรือสีพิมพ์เข้าสู่เส้นใยเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น การชุบมันเส้นใยฝ้ายส่วนใหญ่จะนิยมทำกับวัสดุสิ่งทอในรูปแบบที่เป็นเส้นด้ายและผ้าผืน ดังนั้นผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ผลิตมาจากเส้นใยฝ้ายซึ่งผ่านการชุบมันจะมีสมบัติที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันแต่ไม่ผ่านกระบวนการชุบมันอย่างสิ้นเชิง ปัจจุบันการชุบมันผ้าฝ้ายในประเทศไทยทำได้ 2 วิธี คือ การชุบมันด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (caustic soda mercerization) และการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว (liquid ammonia mercerization) การชุบมันบนผ้าฝ้ายทั้ง 2 วิธีนี้ พบว่านิยมทำกันมากกับผ้าทอ (woven) ส่วนในผ้าถัก (knitting) พบว่ามีการชุบมันด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ด้วยเหตุผลสำคัญที่สุดก็คือ ในประเทศไทยยังไม่มีเครื่องจักรที่สามารถทำการชุบมันผ้าฝ้ายถักด้วยแอมโมเนียเหลวได้นั่นเอง การชุบมันผ้าฝ้ายถักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในปัจจุบันยังพบปัญหาสำคัญ ๆ หลายประการที่ยังไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานผ้าถักได้ เช่น ผิวสัมผัสของผ้ามักแห้ง แข็งกระด้าง ไม่นุ่ม และที่สำคัญคือต้นทุนต่อกิโลกรัมในการชุบมันผ้าฝ้ายถักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีราคาที่ค่อนข้างสูง

ปัจจุบันกระแสความนิยมผลิตภัณฑ์สิ่งทอย้อมสีธรรมชาติกลับมาเป็นที่นิยมอีกครั้งหนึ่ง ผ้าย้อมครามเป็นผ้าที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับต้น ๆ ของกลุ่มผลิตภัณฑ์สิ่งทอย้อมสีธรรมชาติ ซึ่งสีจากต้นครามมีโครงสร้างเป็น อินดิโก (indigo) เป็นสีที่สามารถผลิตได้ในประเทศด้วยภูมิปัญญาชาวบ้านทำให้หาสีได้ง่าย ตัวสีมีราคาที่ไม่แพง อีกทั้งกระบวนการย้อมสีครามธรรมชาติในปัจจุบันยังสามารถทำได้ง่าย ๆ โดยไม่จำเป็นต้องก่อหม้อย้อมเหมือนชาวบ้านทำ มีความปลอดภัยและประหยัดพลังงานในการย้อมเพราะไม่ต้องใช้ความร้อน จึงทำให้การย้อมครามธรรมชาตินิยมทำกันอย่างแพร่หลายและกระจายอยู่ทั่วภูมิภาคของประเทศไทย สีครามธรรมชาติมักนิยมนำมาย้อมกับเส้นด้ายฝ้ายเพื่อนำไปทอเป็นผืนผ้าเป็นหลัก ส่วนการย้อมในรูปแบบที่เป็นผืนผ้าส่วนใหญ่มักย้อมในรูปแบบที่เป็นผ้าทอ การย้อมผ้าถักมีให้เห็นไม่มากนัก โดยทั่วไปเส้นใยฝ้ายมีสมบัติในการดูดติดสีย้อมได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอทั่วไป เป็นที่รับรู้กันดีว่า ถ้านำเส้นใยฝ้ายไปผ่านกระบวนการชุบมัน (mercerization) จะทำให้เส้นใยฝ้ายมีสมบัติในการดูดติดสีย้อมได้เพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการชุบมันผ้าฝ้ายถักด้วยแอมโมเนียเหลว โดยใช้เครื่อง Lafer Permafix Ammonia Mercerizing Machine ซึ่งเป็นเครื่องชุบมันที่ถูกออกแบบมาเพื่อทำงานกับผ้าทอเป็นหลัก โดยศึกษาเปรียบเทียบผลการชุบมันผ้าฝ้ายถักที่ผ่านเครื่องจักรดังกล่าวกับผ้าฝ้ายถักชนิดเดียวกันที่ผ่านการชุบมันด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แบบดั้งเดิมในด้านต่าง ๆ เช่น สมบัติทางเคมีและกายภาพ ต้นทุนค่าชุบมัน ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เป็นต้น และทำการทดลองย้อมเปรียบเทียบผลการย้อมสีและทดสอบสมบัติความคงทนในด้านต่าง ๆ กับฝ้าฝ้ายถัก 3 โครงสร้าง คือ เจอร์ซี่ (jersey) พีเก้ (pique) และอินเทอร์ล็อก (interlock)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของผ้าฝ้ายถักก่อนชุบมันและที่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

(2) เพื่อศึกษาขั้นตอนและวิธีการย้อมสีครามธรรมชาติบนผ้าฝ้ายถักที่ไม่ชุบมันและชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

(3) เพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ได้จากการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

(1) ผ้าฝ้ายถัก ได้แก่ เส้นด้ายฝ้ายเบอร์ 60/2 ถักเป็นผ้าผืนโครงสร้างแบบซิงเกิลเจอร์ซี่ พีเก้ และอินเทอร์ล็อก ด้วยเครื่องถักแบบวงกลม (circular knitting machine) ยี่ห้อ Fukuhara Industrial & Trading ทำการผลิตเป็นผ้าถักที่บริษัท วรกิจเท็กซ์ไทล์ จำกัด

(2) ชุบมันด้วยแอมโมเนีย ในสภาวะที่เป็นของเหลวในระบบปิด ด้วยเครื่อง Lafer Permafix Ammonia Mercerizing ณ บริษัท เอสเอสดีซี (ไทเกอร์เท็กซ์) จำกัด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) เป็นการเพิ่มศักยภาพเครื่อง Lafer Permafix Ammonia Mercerizing ซึ่งโดยปกติใช้สำหรับชุบมันผ้าฝ้ายทอให้สามารถทำการชุบมันผ้าฝ้ายถักได้

(2) ได้ผ้าฝ้ายถักที่มีสมบัติใหม่ ซึ่งแตกต่างจากผ้าฝ้ายถักแบบเดิมสำหรับผู้ที่ต้องการใช้งานผ้าฝ้ายถักในประเทศไทย

(3) เป็นแนวทางสำหรับการชุบมันผ้าถักที่ผลิตมาจากเส้นใยเซลลูโลสชนิดอื่น ๆ เช่น ลินิน กัญชง หรือเรยอน เป็นต้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำชุบมันด้วยแอมโมเนียบนผ้าฝ้ายถัก ผู้วิจัยได้ศึกษาหนังสือ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะนำเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 ฝ้ายและสมบัติของฝ้าย

2.2 ผ้าถัก

2.3 การชุบมันผ้าฝ้าย

2.4 การย้อมสีผ้าฝ้าย

2.5 การทดสอบคุณภาพ

2.6 การออกแบบผลิตภัณฑ์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฝ้ายและสมบัติของฝ้าย

2.1.1 ประวัติฝ้าย

มนุษย์รู้จักนำฝ้ายมาใช้ประโยชน์ได้แต่เมื่อใดไม่ปรากฏเป็นที่ชัดเจน ในทางโบราณคดีมีบันทึกว่า พบซากฝ้ายที่มีอายุประมาณ 3,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช ที่ลุ่มแม่น้ำอินดัสทางเหนือของประเทศปากีสถาน โดยเมื่อปี ค.ศ. 1920-1930 ได้มีการขุดค้นพบเศษผ้าฝ้ายและเชือกเส้นเล็ก ๆ ที่ทำจากฝ้ายในแจกันเงินที่หมู่บ้าน Mohenjo – Daro ทางเหนือเมืองการาจี 200 ไมล์ ในทวีปอเมริกาผ้าฝ้ายที่มีอายุเก่าที่สุดพบที่ Huaca Prieta ทางเหนือของฝั่งทะเลเปรูเวียน มีอายุ 2,500 ปีก่อนคริสต์ศักราช นอกจากนี้มีรายงานว่ามีผู้พบผ้าฝ้ายในซากบ้านเก่า ของอินเดียนแดงในรัฐอริโซน่า ซึ่งแสดงว่า ได้มีการใช้ฝ้าย มาทอเป็นผ้าใช้มาก่อนประวัติศาสตร์ ในด้านหลักฐานจากเอกสาร ที่เกี่ยวกับฝ้ายชิ้นแรกที่มีอยู่ขณะนี้ มีปรากฏในบทสวด Hindu – Vida ซึ่งเขียนในระยะ 1,500 ปีก่อนคริสต์ศักราช Herodotus (484-425 ปีก่อนคริสต์ราช) บันทึกว่ามีต้นไม้ป่าในอินเดีย มีผลเป็นขนปุยซึ่งสวยและดีกว่าขนแกะ Nearchus นายพลเรือของพระเจ้าจักรพรรดิ์อเล็กซานเดอร์มหาราช (327 ปีก่อนคริสต์ศักราช) บันทึกว่ามีการปลูกฝ้ายที่ลุ่มแม่น้ำอินดัสและบริเวณรอบ ๆ อ่าวอาระเบียนและอ่าวเปอร์เซียในประเทศจีนมีการปลูกฝ้ายเป็นไม้ประดับในสวน ในคริสต์ศตวรรษที่ 7 (บิซิลี่และสเปน) ในคริสต์ศตวรรษที่ 9 – 10 ในคริสต์ศตวรรษที่ 13 มาร์โคโปโลกล่าวว่า ที่อายุฝั่งทะเลเมืองบัทราสประเทศอินเดียผลิตฝ้ายได้สวยกว่าที่ใดในโลก ในคริสต์ศตวรรษที่ 14 พ่อค้าอาหรับได้นำสินค้าฝ้าย

จากประเทศอินเดียไปยังเมืองเวนิสและการค้าได้ขยายไปถึงภาคใต้และกลางของเยอรมนีในปี ค.ศ. 1430 ได้มีการนำฝ้ายไปยังอังกฤษในปี ค.ศ.1570 ได้มีตลาดฝ้ายจากประเทศบราซิลที่เมืองอูลัม ประเทศเยอรมนี การค้าฝ้ายจากแหล่งผลิตใหญ่หรือทวีปอเมริกาไปยังทวีปยุโรปได้มีขึ้นอย่างจริงจัง ในคริสต์ศตวรรษที่ 18 หลังจากวิทเน่ (Whitney) ได้ประดิษฐ์เครื่องหีบฝ้ายได้ ในปี ค.ศ.1793การปลูกฝ้ายและการพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โรงงานปั่นด้ายโรงแรก ได้ตั้งขึ้นที่เมือง Beverly รัฐแมสซาซูเซตส์ในปี ค.ศ.1787 การส่งฝ้ายจากสหรัฐ อังกฤษและยุโรป จึงเพิ่มขึ้นมาก ปี ค.ศ. 1861-1865 เกิดสงครามกลางเมืองขึ้นในสหรัฐ อังกฤษจึงได้หันไปซื้อฝ้าย จากอินเดีย อียิปต์และซูดานในปี ค.ศ.1902 อังกฤษได้ตั้งสมาคมปลูกฝ้ายขึ้น เพื่อสนับสนุนการปลูกฝ้ายในประเทศเครือจักรภพ ได้มีการทดลองปลูกฝ้ายในทวีปแอฟริกา เช่น Gambia, Sierra Leone, Golbl Coast Coast และ Nigeria จากหลักฐานที่พบผ้าฝ้ายทำที่มีอายุนานที่สุดดังกล่าว จึงสันนิฐานได้ว่าถิ่นกำเนิดของฝ้าย ก็คือ แถบทวีปอเมริกากลางและทวีปเอเชียตอนใต้ (กรมวิชาการเกษตร. 2527: 1-2)

2.1.2 สายพันธุ์ของฝ้าย

ฝ้ายพื้นเมืองอยู่ 2 สายพันธุ์คือฝ้ายพันธุ์ซึ่งให้ปุยสีขาวอย่างที่มักพบเห็นทั่วไป และฝ้ายพันธุ์ซึ่งให้ปุยสีน้ำตาลอ่อน ที่ชาวบ้านเรียกกันว่าสีขี้ตุ่น หรือสีตุ่น และเรียกฝ้ายชนิดนี้ว่าฝ้ายตุ่น ฝ้ายตุ่น เป็นพันธุ์ฝ้ายที่หายากและปั่นยากกว่าฝ้ายพันธุ์สีขาว เนื่องจากมีปุยสั้นและไม่ค่อยฟูเหมือนพันธุ์สีขาว ดอกฝ้ายตุ่นมีขนาดเล็กสีน้ำตาล เส้นใยสั้น ใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในการทอผ้าด้วยมือแบบพื้นเมือง

2.1.2.1 ฝ้ายพันธุ์เศรษฐกิจ

1) พันธุ์ศรีสำโรง 60 ลักษณะประจำพันธุ์ มีทรงต้นโปร่ง สูงประมาณ 140 เซนติเมตร ใบค่อนข้างใหญ่ ใบยกขึ้นเล็กน้อยคล้าย ๆ กับพันธุ์ฝ้ายศรีสำโรง 2 ดอกสีขาวนวล ดอกแรกบานเมื่ออายุประมาณ 50 วัน อับเรณูมีสีขาวครีม สมอค่อนข้างกลมโต ปลายสมอแหลมน้ำหนักฝ้ายปุย ทั้งเมล็ดต่อหนึ่งสมอประมาณ 6.3 กรัม อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 110-160 วัน เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงค่อนข้างสม่ำเสมอดี น้ำหนัก 100 เมล็ดหนักประมาณ 11 กรัม มีความต้านทานต่อโรคใบหงิก สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดี ผลผลิตปุยทั้งเมล็ดเฉลี่ย 329-360 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์ปุย 39.5 เปอร์เซ็นต์ ความยาวเส้นใยประมาณ 28 มิลลิเมตร (1.14 นิ้ว) ความละเอียดอ่อนของเส้นใย 4.2 ค่าความเหนียวของเส้นใย 20 กรัมต่อเท็กซ์ และความสม่ำเสมอของเส้นใย 47.5 เปอร์เซ็นต์

2) พันธุ์นครสวรรค์ ลักษณะประจำพันธุ์ มีทรงต้นสูงโปร่ง รูปกรวยยาว คล้ายต้นสนกิ่งผลสั้น ทำให้สะดวกต่อการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย ความสูงประมาณ 140 เซนติเมตร ใบค่อนข้างเรียบและมีขนาดปานกลางข้อของกิ่งผลถี่ ดอกแรกบานเมื่ออายุประมาณ

45 วัน อับเรณูมีสีขาวนวลสมอเป็นรูปไข่ ขนาดปานกลาง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 10-15 วัน น้ำหนักปุยทั้งเมล็ดต่อหนึ่งสมอ 5.9 กรัม น้ำหนัก 100 เมล็ดหนักประมาณ 10 กรัม ผลผลิตปุยทั้งเมล็ดเฉลี่ย 300-360 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์ปุย 39.5 เปอร์เซ็นต์ ความยาวเส้นใยประมาณ 28 มิลลิเมตร (1.14 นิ้ว) ความละเอียด อ่อนของเส้นใย (ไมโครแนร์) 4.8 ความเหนียว ของเส้นใยประมาณ 19 กรัมต่อเท็กซ์ และความสม่ำเสมอของเส้นใย 49.9 เปอร์เซ็นต์

3) พันธุ์ตากฟ้า 2 ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นฝ้ายเส้นใยยาวพันธุ์แรกที่พัฒนาโดยกรมวิชาการเกษตร ซึ่งมีคุณภาพเส้นใยดีมากได้จากการคัดเลือกจากคู่ผสมระหว่าง (GDI 9-67X Pima 79 - 106) ที่ใช้เป็นสายพันธุ์แม่

2.1.3 คุณสมบัติของเส้นใยฝ้าย

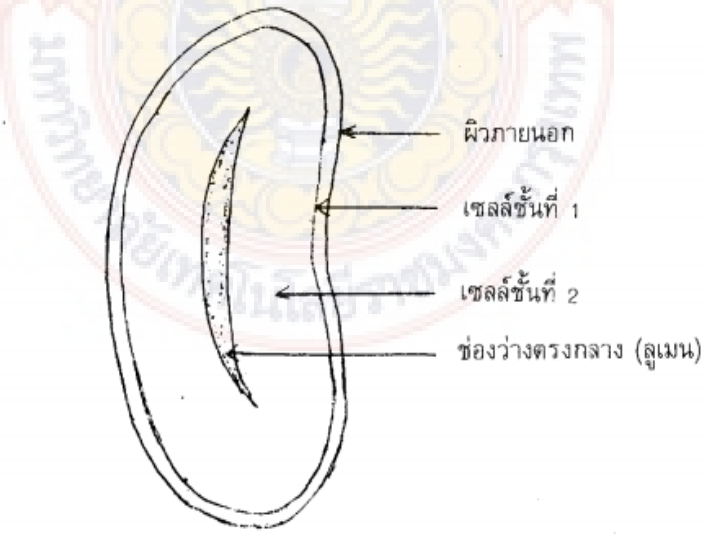
เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล (2538: 33-36) และนวลแข ปาลิวนิช (2542: 75-76) ได้กล่าวถึง โครงสร้างทางกายภาพ รูปร่างด้านตัดของเส้นใยฝ้าย (ภาพที่ 2.1) เส้นใยเซลลูโลสเป็นใยเซลล์เดียวลักษณะเซลล์บิดตัว ความยาวเส้นใยตั้งแต่ 0.5 – 2 นิ้ว ถ้าตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1) เยื่อหุ้มชั้นนอกหรือผิวภายนอก (Cuticle)

2) ผนังเซลล์ ประกอบด้วย 2 ส่วน

- เซลล์ชั้นที่ 1 หรือผนังชั้นนอก (Primary Wall)
- เซลล์ชั้นที่ 2 หรือผนังชั้นใน (Secondary Wall)

3) ช่องว่างภายในเซลล์หรือช่องว่างตรงกลาง เรียกว่า ลูเมน (Lumen)



ภาพที่ 2.1 รูปร่างด้านตัดของเส้นใยฝ้าย

ที่มา: (มหาวิทยาลัยรามคำแหง, ม.ป.ป.)

2.1.3.1 รูปร่างตามยาวของใยฝ้าย มีลักษณะคล้ายริบบิ้นที่ถูกบิด เป็นช่วง ซึ่งมีความเงาของลูเมน ปรากฏให้เห็นด้วยก็ได้ ในกรณีที่ใยแก่ไม่เต็มที่ เส้นใยฝ้ายที่ทำพองแล้ว เช่นใยฝ้ายที่นำไปตกแต่งชุบมัน หรือฝ้ายเมอร์เซอไรซ์ (Mercerize Cotton) รูปร่างด้านยาวของเส้นใยจะไม่มีรอยบิด เมื่อเปรียบเทียบกับฝ้ายธรรมดา ใยที่พองและเรียบจะตรงกว่าใยที่ไม่แก่จัดก็จะมีรอยบิดน้อยกว่าใยที่แก่เต็มที่

1) ความเหนียว (Strength) ความเหนียวของเส้นใยเป็นองค์ประกอบที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของผ้า ขึ้นอยู่กับ Crystallinity ของเส้นใยมาก ค่าความเหนียวสูง ของเส้นใยเมื่อเปียกจะมีความเหนียวมากกว่าเมื่อแห้ง ความเหนียวอาจเพิ่มถึง เปอร์เซ็นต์

2) ความยืดตัว (Elasticity) ได้แก่การยืดตัว (Eiongation) การคืนตัว (Elacstc Recovery) ความสามารถในการตีเกลียว (Pliability) และความเหนียวทน ต่อการโค้งงอ (Bending Strength) สัมพันธ์กับการเรียงตัวของโมเลกุลเส้นใย (Orientation of fiber Molecles) สำหรับฝ้ายมีความยืดหยุ่น และบิดไปมาได้ดีกว่าป่านเพราะมี Crystalline Region น้อยกว่าป่าน

3) การคืนตัว (Elastic Recovery) มีความสำคัญมาก ในสิ่งทอฝ้าย จะรักษารูปทรง ได้ดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับความสามารถคืนตัวของเส้นใยจะกลับสู่สภาพหรือ ตำแหน่งเดิมหรือหลังการดึง

4) การคืนตัวจากการยับ (Crease Recovery) ฝ้ายคืนตัวจากการไม่ยับได้ดี เช่น เดียวกับเรยอน และอาซิเตด การคืนตัวจากการไม่ยับดี เนื่องจากการที่ ทำให้เกิดรอยยับ Cross Links ของเส้นใยจะแตกออก และเกิดความเสื่อม Bond ใหม่ตำแหน่ง Cross – Links ใหม่นี้มีความคงตัวกว่าจึงไม่สามารถคืน กลับสู่สภาพเดิม

5) ความหนาแน่น (Density) ความหนาแน่นของฝ้ายมีค่าประมาณ 1.48-1.54 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มี Crystalline Region 2/3 ของเนื้อที่ทั้งหมด

6) ความคงทนต่อการขัดถู (Abrasion Resistance) ความคงทนต่อการขัดอยู่ในระดับปานกลาง และมักจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างการทอ

7) ความเงา (Luster) ฝ้ายมีความเงาต่ำ เพราะเส้นมีการบิดตัวมาก ฝ้ายที่มีคุณภาพดีจะบิดตัวน้อย และมีความเงาสูงขึ้น

8) คุณภาพในการปั่นเป็นเส้นด้ายขอฝ้าย ใยฝ้ายมีคุณสมบัติ ในการจับเกาะซึ่งกันและกัน เนื่องจากใยฝ้ายมีลักษณะเป็นเกลียวบิดไปมา ทำให้มีคุณภาพในการปั่นได้ดี

2.1.3.2 สมบัติทางเคมี

1) กรด กรดอินทรีย์ เช่น กรดน้ำส้มไม่เป็นอันตรายต่อฝ้าย ถ้าเป็นกรดกำมะถันหรือกรดไฮโดรคลอริก จะละลายฝ้ายเป็นยางเหนียว และถ้าถูกกรดไนตริก ทำปฏิกิริยาได้เซลลูโลส ไนเทรต มีสมบัติเป็นวัตถุระเบิด

2) ด่าง ฝ้ายทนต่อสารละลาด่างได้ดี แม้ด่างแก่ที่ใช้เป็นสบู่ในการซักล้างก็ไม่มีผลต่อสมบัติของฝ้าย นอกจากนั้นแล้วด่างที่เป็นสารเคมีหลักในการทำเมอร์ซิไรซ์กลับทำให้ฝ้ายมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

3) สารละลายอินทรีย์ ฝ้ายสามารถซักแห้งได้ เนื่องจากมีความทนทนต่อสารละลาย อินทรีย์ส่วนใหญ่ได้ดี

4) สารซักฟอก สารซักฟอกโดยทั่วไป ที่มีขายในท้องตลาดชนิดที่ไม่แก่มากนักสามารถซักฟอกฝ้ายได้ ต้องระวังเรื่องของความเข้มข้น และระยะเวลาประกอบกันภายหลังการฟอกแล้ว ควรทำความสะอาดออกหมด สารซักฟอกประเภทออกซิไดส์ที่แก่ เช่นโซเดียมโปรคลอไรด์และโปรแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต มีผลทำให้ฝ้ายเกิดปฏิกิริยาทางเคมี กลายเป็นสภาพที่เรียกว่า ออกซีเซลลูโลส ที่มีสมบัติอ่อนกว่าฝ้ายปกติ ขาดง่ายเมื่อเปียก เปลี่ยนเป็นสีเหลือง

5) ราและแมลง ปกติผ้าเกิดราได้ง่าย เนื่องจากแป้งที่ตกค้างมา เนื่องจากการลงแป้ง ทำให้เป็นปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของรา ปัญหานี้แก้ไขได้โดยการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายภายหลัง สำหรับแมลงก็เช่นเดียวกัน ปัญหาสืบเนื่องมาจากแป้งที่ตกค้างในฝ้ายมากว่าสืบเนื่องจากตัวของเส้นใยฝ้ายเอง

6) แสง ฝ้ายเมื่อถูกแสงแดดทำให้เกิดการออกซิไดส์ เปลี่ยนเป็นเหลือง และเสื่อมคุณภาพลง ดังนั้นจึงหลีกเลี่ยงการใช้งานฝ้าย ไม่ให้ถูกแสงแดดโดยตรง

ฝ้ายเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่มนุษย์รู้จักและใช้ประโยชน์มานานแล้ว พบในทั่วทุกแห่งของโลกทั้งในแถบโลกเก่า คือทวีปเอเชีย แอฟริกา และแถบโลกใหม่ คือบริเวณทวีปเมริกา มีหลักฐานทางโบราณคดีที่สรุปว่ามีการปลูกฝ้ายในอียิปต์เมื่อประมาณ 12,000 ปีก่อนคริสตศักราช ในอินเดียประมาณสามพันปีก่อนคริสตศักราช และเปรูราว 2500 ปีก่อนคริสตศักราช

ในธรรมชาติจะพบเส้นใยเซลลูโลสจากส่วนต่าง ๆ ของพืชแตกต่างกันได้หลากหลายบางประเภทเป็นเส้นใยที่ได้จากเมล็ด บางประเภทเป็นเส้นใยจากลำต้น เส้นใยจากใบหรือแม้กระทั่งเส้นใยจากผล ดังนั้นผู้วิจัยจึงสืบค้นเอกสารเกี่ยวกับเซลลูโลสมีข้อมูลดังหัวข้อถัดไปนี้

2.1.4 เส้นใยเซลลูโลส

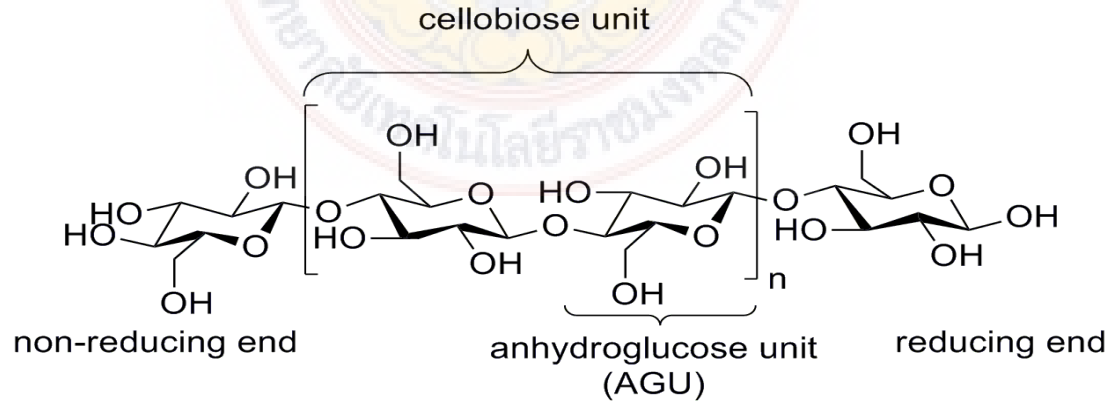
ผนังเซลล์ของพืชส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลสซึ่งเป็นวัสดุเสริมแรงภายในผนังเซลล์โดยเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น (linear polymer) ส่วนเฮมิเซลลูโลสประกอบด้วยกลุ่มของพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) เมื่อกำจัดลิกนินออกไป องค์ประกอบที่ยังคงเหลืออยู่กับเซลลูโลสคือเฮมิเซลลูโลส ซึ่งสมบัติทั่วไปของเฮมิเซลลูโลสคือมีมวลโมเลกุลต่ำกว่าเซลลูโลส และ

เนื่องจากเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ชอบน้ำ (hydrophilic polymer) ดังนั้นจึงส่งผลต่อสมบัติการสลายตัวตามธรรมชาติ การดูดความชื้น และการสลายตัวโดยความร้อน องค์ประกอบที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือลิกนินทำหน้าที่เป็นสารยึดติดภายในผนังเซลล์มีความเสถียรทางความร้อนสูงแต่มีผลกระทบกับการย่อยสลายโดยรังสีอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) ส่วนองค์ประกอบสุดท้ายคือเพกทินเป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharides) เป็นเมทริกซ์ภายในผนังเซลล์ (Bhattacharya et al., 2008) สมบัติของเส้นใย เช่น ความหนาแน่น ความต้านทานไฟฟ้า ความต้านทานแรงดึง การดูดซับความชื้น และผลึกในเส้นใย ต่างเป็นผลเนื่องจากโครงสร้างภายใน และส่วนประกอบของเส้นใย เส้นใยที่มีส่วนประกอบของเซลลูโลสในปริมาณสูง และมีส่วนประกอบอื่นในปริมาณต่ำ จะมีสมบัติเชิงกลที่ดี สำหรับเส้นใยที่มีปริมาณลิกนินสูง และมีอัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้างต่ำ จะมีความแข็งแรงต่ำ แต่มีความยืดหยุ่นสูง

2.1.4.1 องค์ประกอบของเส้นใยเซลลูโลส

เซลลูโลส (hemicellulose)

เซลลูโลสมีสูตรโมเลกุลคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ (biopolymer) ที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติประกอบด้วยสารคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ชนิดโฮโมพอลิแซกคาไรด์ (homopolysaccharide) มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โครงสร้างของเซลลูโลสประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโลส (glucose) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) เป็นหมู่หลักเรียงต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่งบีตา-1,4 (β (1-4 glycosidic bond)) เป็นสายยาวที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสกว่า 1,000 - 10,000 โมเลกุล (Poletto et al., 2013) เซลลูโลสจะมีหน่วยซ้ำที่เรียกว่าเซลโลไบโอส (cellobiose) (ภาพที่ 2.2) ซึ่งส่วนปลายของทั้งสองข้าง คือ reducing end group เป็นส่วนที่ทำปฏิกิริยาได้ง่าย และ non-reducing end group เป็นส่วนที่ไม่ทำปฏิกิริยา

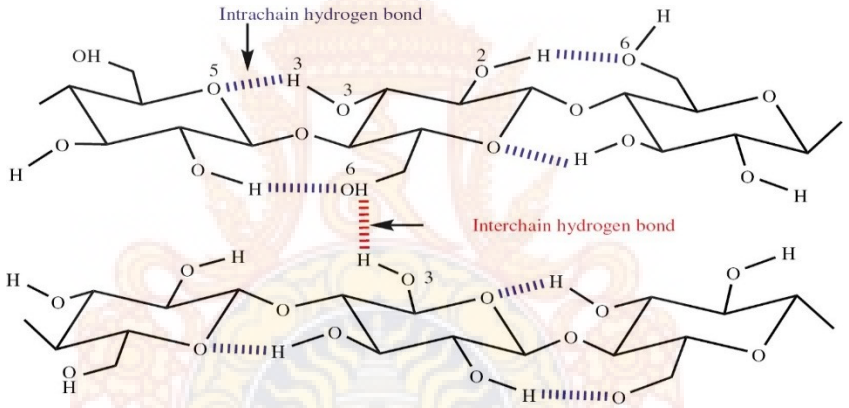


ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส

ที่มา: (Olsson & Westman, 2013)

ในทุก ๆ หน่วยที่สองของกลูโลสที่ต่อกันในโมเลกุลของเซลลูโลสจะสามารถหมุนได้ 180 องศา เกิดเป็นพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลกลูโคส ทำให้เซลลูโลสมีความแข็งแรง มีอุณหภูมิการหลอมตัวสูง และไม่สามารถละลายได้ในสารละลายอินทรีย์ทั่วไป (Berg et al., 2002; Sorek et al., 2014)

การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสนั้นบางช่วงจะขนานกันเป็นระเบียบเรียกว่าผลึก (crystalline) บางช่วงเรียงกันแบบไม่เป็นระเบียบ พันกันสะเปะสะปะไปมาเรียกว่าอสัณฐาน (amorphous) การเรียงตัวไม่เป็นระเบียบของโมเลกุลเซลลูโลสจะทำให้เกิดช่องว่างแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลกันและกันทำให้การยึดเกาะกันระหว่างโมเลกุลมีน้อย ส่งผลให้เส้นใยขาดความแข็งแรง ส่วนโมเลกุลเซลลูโลสที่เรียงตัวกันเป็นระเบียบ จะทำให้เส้นใยมีความแข็งดี ยืดตัวออกได้น้อย มีแรงยึดเกาะระหว่างโมเลกุลข้างเคียงด้วยพันธะไฮโดรเจน ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ความยาวของหน่วยโมเลกุลเซลลูโลสที่ต่อกันขึ้นอยู่กับชนิดและพื้นฐานดั้งเดิมของเซลลูโลส



ภาพที่ 2.3 การเชื่อมต่อกันของกลูโคสในโมเลกุลของเซลลูโลส
ที่มา:(Y. Chen et al., 2018)

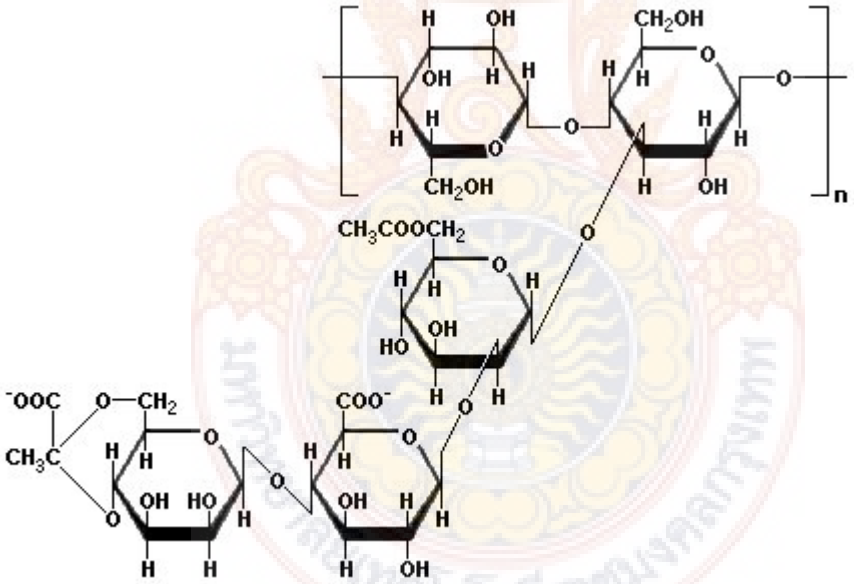
จากโครงสร้างโมเลกุลกลูโคส ซึ่งยึดเกาะกันเป็นสายโมเลกุลเซลลูโลส จะเห็นได้ว่าโมเลกุลกลูโคสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (- OH) หมู่ไฮดรอกซิลเหล่านี้สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุล และระหว่างโมเลกุล (intermolecular and intramolecular hydrogen bonds) ของเซลลูโลสด้วยกันเอง หรือกับโมเลกุลมีขั้วอื่น ๆ ได้ ดังนั้นเส้นใยธรรมชาติจากพืชทุกชนิดจึงจัดเป็นโมเลกุลชอบน้ำ นอกจากนี้หมู่ไฮดรอกซิลที่สร้างพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลยังมีประโยชน์ต่อการเกิดผลึกภายในเซลลูโลส และมีอิทธิพลต่อสมบัติเชิงกลของเส้นใยด้วย ลักษณะของผลึกเซลลูโลสที่เกิดตามธรรมชาติเป็นรูปแท่ง (slender rod like crystalline microfibrils) หรือรูปเข็ม (monoclinic sphenodic) เซลลูโลสมีความทนทานต่อสารออกซิไดซ์ได้ดี และทนต่อด่างสูงได้

ถึงความเข้มข้นของด่างร้อย 17.5 โดยน้ำหนัก แต่ถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolyzed) ด้วยกรดกลายเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำ (water-soluble sugar) ได้ง่าย

โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อการกำหนดสมบัติของเส้นใย กล่าวคือหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จะเป็นตัวดึงดูดน้ำ ทำให้มีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้ดี ลักษณะการเรียงตัวเป็นลูกโซ่ยาว ทำให้มีความแข็งแรงสูงตามไปด้วย ความสม่ำเสมอของเส้นใย และปริมาณของเซลลูโลสในเส้นใยจะส่งผลต่อสมบัติ ความคุ้มค่าคุ้มทุนในการผลิตเส้นใย โดยเส้นใยที่มีปริมาณเซลลูโลสมากจะเหมาะกับการนำไปใช้งานสิ่งทอและกระดาษ

เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)

สารกึ่งเซลลูโลส หรือเฮมิเซลลูโลส จะแทรกตัวอยู่ระหว่างเซลลูโลสและลิกนิน ประกอบด้วย น้ำตาล ได้แก่ เฮกโซส (hexoses จำนวน C = 6): กลูโคส (glucose) แมนโนส (mannose) กาแลกโทส (galactose) และเพนโทส (pentose จำนวน C = 5): ไซโลส (xylose) อะราไบโนส (arabinose) กรดกลูโคโรนิก (glucuronic acid) ในทางเชิงกล เฮมิเซลลูโลสช่วยทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลสแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส

ที่มา: (Kulkarni et al., 2012)

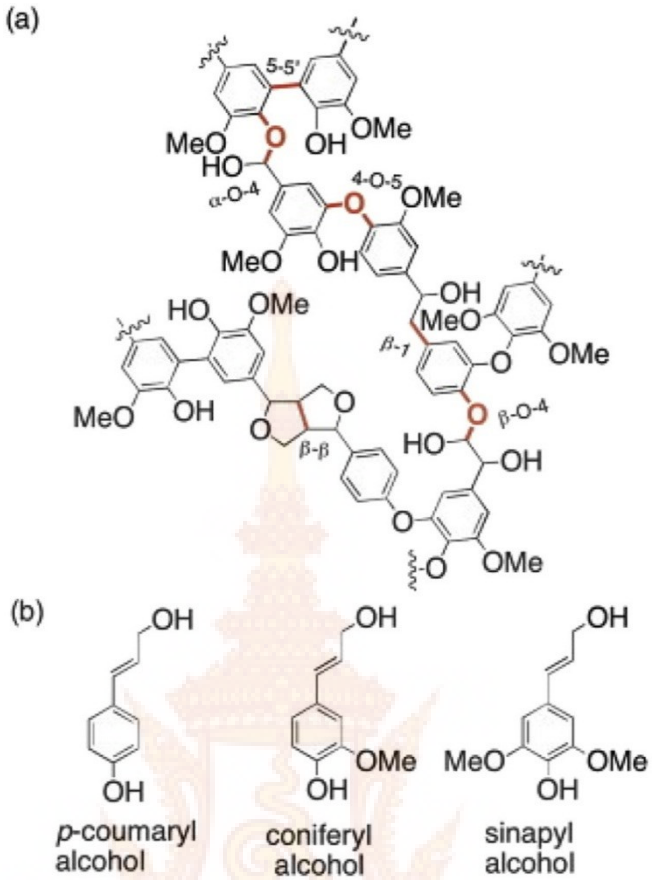
เฮมิเซลลูโลสแตกต่างจากเซลลูโลส ดังนี้

- เฮมิเซลลูโลสประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลต่างชนิดกันในขณะที่เซลลูโลสมีเฉพาะหน่วย ของ 1,4 - β -D-glucopyranose

- เฮมิเซลลูโลสมีโครงสร้างที่เป็นกิ่งในสัดส่วนที่มากพอสมควร จึงมีโครงสร้างอสัณฐานในปริมาณที่มากกว่า ในขณะที่เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์สายตรง
- องศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเซลลูโลสสูงกว่าเฮมิเซลลูโลสประมาณ 10- 100 เท่า โดยองศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเฮมิเซลลูโลสอยู่ระหว่าง 50–300 เฮมิเซลลูโลสจึงทำหน้าที่เป็นเมทริกซ์ให้กับเส้นใยขนาดไมครอนของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสมีความชอบน้ำสูง ละลายได้ในด่าง และถูกไฮโดรไลซ์ได้ง่ายด้วยกรด

ลิกนิน

ลิกนินเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ เป็นสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ทนต่อการเสื่อมสลายโดยแบคทีเรีย มีโครงสร้างซับซ้อนกว่าเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ลิกนินเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ที่มีมากรองจากเซลลูโลส ทำหน้าที่เป็นเหมือนกาวที่เชื่อมระหว่างเส้นใยกับผนังเซลล์ ช่วยพยุงโครงสร้างในพืช ช่วยให้เส้นใยมีสมบัติต้านทานต่อแรงกด และป้องกันไม่ให้เส้นใยได้รับผลกระทบจากปฏิกิริยาทางกายภาพและทางเคมี ปริมาณของลิกนินในเส้นใยจะส่งผลต่อโครงสร้าง สมบัติ ความยืดหยุ่น และอัตราการย่อยสลายของเส้นใย ภาพที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของลิกนินซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน เป็นโคพอลิเมอร์ลักษณะสามมิติของส่วนประกอบที่เป็นเส้นตรง และวงอะโรมาติก มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล เมทอกซิล (methoxyl) และคาร์บอนิล (carbonyl) โดยมีหมู่ไฮดรอกซิลและเมทอกซิลอย่างละห้าหมู่ในหนึ่งหน่วยโครงสร้าง ซึ่งเชื่อว่าเป็น อนุพันธ์ (derivatives) 4-hydroxy-3-methoxy phenylpropane ลิกนินจัดเป็นพอลิมอร์ชนิดเทอร์โมพลาสติก มีค่าอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วประมาณ 90 ℃ และอุณหภูมิหลอมเหลวประมาณ 170 ℃ (Olesen & Plackett, 1999) ลิกนินไม่ค่อยละลายในตัวทำละลาย และไม่สามารถแตกโครงสร้างเป็นหน่วยของมอนอเมอร์ได้ ลิกนินมีโครงสร้างเป็นอสัณฐานและไม่ชอบน้ำ สารประกอบของลิกนินทำหน้าที่สร้างความแข็งแรงให้กับพืช ลิกนินไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรด แต่ละลายในด่างร้อน ถูกออกซิไดซ์ได้อย่างรวดเร็วด้วยฟีนอล (Mohanty et al., 2005b)



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของลิกนิน

ที่มา: (Thakur et al., 2017)

สารแทรก (extractive)

สารแทรก คือสารที่ไม่ใช่องค์ประกอบของโครงสร้างของผนังเซลล์ มีตั้งแต่สารไอโซพรีน สารเทอร์ฟีน สารประกอบเฮตเทอโรไซคลิก กรด เรซิน สารพอลิฟีนอลต่าง ๆ และอัลคาลอยด์ เป็นต้น เป็นสารประกอบที่แสดงถึงสมบัติของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด สารประกอบเหล่านี้จะทำให้พืชแต่ละชนิดมีสี กลิ่น รส และความแข็งที่แตกต่างกัน มีประมาณร้อยละ 5-30 โดยมวล รวมไปถึงสารส่วนน้อย (minor constituent) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ก่อให้เกิดเถ้า ได้แก่ สารประกอบแคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสเฟส และซิลิกา เป็นต้น สารส่วนน้อยมีประมาณร้อยละ 0.1-3 โดยมวล การใช้ประโยชน์ของสารแทรกขึ้นกับสมบัติทางเคมีของสารนั้น เช่น สารแทรกพวกเทอร์พีนนำมาใช้เป็นตัวทำละลาย น้ำหอม ยา สบู่ กาว และใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ สารพวกพอลิฟีนอลใช้ในการฟอกหนัง สังเคราะห์กาว ส่วนพวกอัลคาลอยด์ ส่วนใหญ่มีประโยชน์ทางเภสัชกรรม

องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติ มีความหลากหลายขึ้นกับชนิดของเส้นใย โดยเส้นใยธรรมชาติประกอบด้วยพอลิเมอร์หลัก 4 ชนิด คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพกทิน และลิกนิน

สัดส่วนขององค์ประกอบเหล่านี้จะส่งผลถึงสมบัติของเส้นใย องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติชนิดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณความชื้น และมุมไมโครไฟบริลลา

Fiber	Cellulose (wt%)	Hemi cellulose (wt%)	Lignin (wt%)	Pectin (wt%)	Moisture content (wt%)	Waxes (wt%)	Microfibrillar (wt%)
Flax	71	18.6-20.6	2.2	2.3	8-12	1.7	5-10
Hemp	70-74	17.9-22.4	3.7-5.7	0.9	6.2-12	0.8	2-6.2
Jute	61-71.5	13.6-20.4	12-13	0.2	12.5-13.7	0.5	8
Kenaf	45-57	21.5	8-13	3-5			
Ramie	68.6-76.2	13.1-16.7	0.6-0.7	1.9	7.5-17	0.3	7.5
Nettle	86				11-17		
Sisal	66-78	10-14	10-14	10	10-22	2	10-22
Henequen	77.6	4-8	13.1				
Palf	70-82		5-12.7		11.8		14
Banana	63-64	10	5		10-12		
Abaca	56-63		12-13	1	5-10		
Oil palm EFB	65		19				42
Oil palm mesocarp	60		11				46
Cotton	85-90	5.7		0-1	7.85-8.5	0.6	
Coir	32-43	0.15-0.25	40-45	3-4	8		30-49
Cereal straw	38-45	15-31	12-20	8			

ที่มา: (Mohanty et al., 2005b)

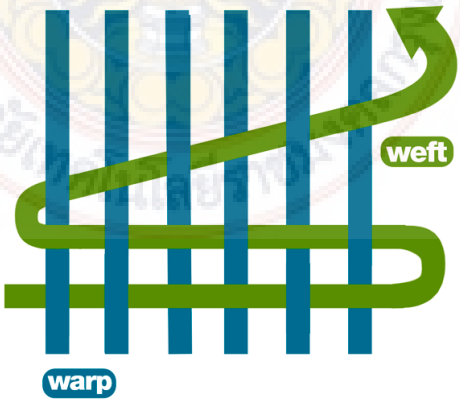
2.2 ผ้าถัก

ผ้ายืด หรือ ผ้าถัก (knitted fabrics) เกิดจากการทอผ้าในลักษณะใช้เข็ม (needles) ถักเพื่อให้เกิดเป็นห่วงของด้ายที่มีการสอดขัดกัน (interlocking loops) โดยจะมีเส้นที่อยู่แนวตั้ง (Wales) และเส้นที่อยู่ในแนวนอน (courses) เป็นเส้นด้ายร้อยกันไปมาและทอผ้ายืดแบบถักนี้ ขึ้นรูปเป็นวงกลมโดยใช้เครื่องทอผ้าแบบวงกลม (Circular knitting machine) ซึ่งจะได้เสื้อที่ออกมาไม่มีรอยตัดด้านข้างตัวมีลักษณะเหมือนผ้าถุงหรือโสร่งที่ไม่มีรอยเย็บด้านข้าง

การถักผ้า (knitting) เป็นกระบวนการผลิตผ้าแบบหนึ่ง โดยการนำเอาเส้นด้ายหนึ่งเส้น หรือเส้นด้ายชุดหนึ่งที่เรียงขนานกันหลาย ๆ เส้นมาทำเป็นห่วง (loop) คล้องกันเป็นลูกโซ่ให้ต่อเนื่องกันในแนวนอนหรือแนวดิ่งเพียงทิศทางเดียวแทนเส้นด้ายพุ่งและเส้นด้ายยืนที่นำมาขัดกันในกระบวนการทอผ้า ลักษณะลูกโซ่หรือแถวห่วงเหล่านี้จะเกิดขึ้นแทนที่เป็นชั้น ๆ เมื่อการถักยังดำเนินการต่อไปและเกิดเป็นผืนผ้าเรียกว่าผ้าถัก (H. Chen et al., 2004) โดยทั่วไปแล้วผ้าถัก เกิดจากการทำไขว้ห่วงคล้องประสานซึ่งกันและกัน ดังนั้นความยืดหยุ่นของผ้าถักจึงขึ้นกับการโค้งของห่วงในโครงสร้างผ้าและเส้นด้ายที่ใช้ ส่วนคุณสมบัติอื่นๆ ได้แก่ การทนต่อรอยยับ ความอ่อนนุ่มไม่แข็งกระด้าง การโค้งงอไม่ยับง่าย การระบายอากาศและให้ความอบอุ่นดี ทำให้ผ้าถักได้รับความนิยมมากในการนำมาผลิตเป็นเป็นสเว็ตเตอร์ เสื้อโปโล ชุดกีฬา ชุดชั้นใน ถุงเท้า ถุงน่อง ผ้าม่าน ผ้าลูกไม้อื่น ๆ

2.2.1 วิธีการถักผ้า

ในการถักผ้า เส้นด้ายในการถักจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของห่วง (loop) เชื่อมต่อเข้าด้วยกันเป็นผืนผ้า ในการถักผ้าตามแนวนอน (weft knitting) และการถักตามแนวดิ่ง (weft knitting) จำเป็นต้องเข้าใจความหมายของคำว่า weft และ warp ซึ่งมีที่มาจากการทอผ้าซึ่งใช้คำว่าด้ายพุ่ง (weft) และด้ายยืน (warp) ในผ้าทอ ดังภาพที่ 2.6



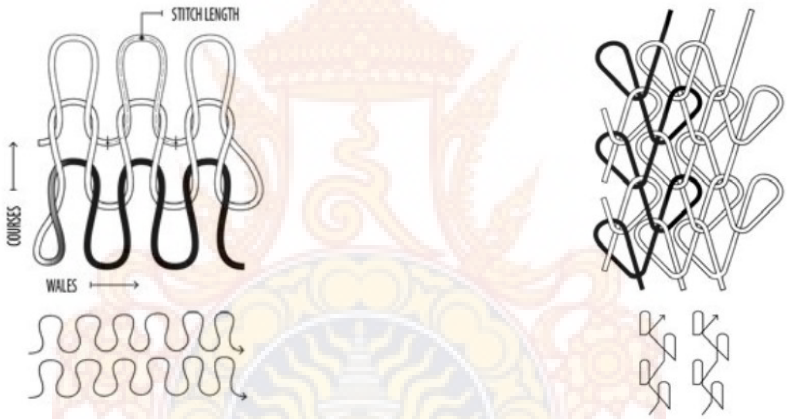
ภาพที่ 2.6 โครงสร้างผ้าทอ

ที่มา: (Venter, 2015)

โดยทั่วไป การถักผ้า มี 2 ชนิด ดังนี้ (Ray, 2012; Spencer, 2001)

(1) การถักตามแนวนอน (weft knitting) หมายถึง การถักผ้าด้วยเส้นด้ายตั้งแต่หนึ่งเส้นขึ้นไปในทิศทางเดียวกับเส้นด้ายพุ่ง ลักษณะห่วงที่เกิดขึ้นเป็นผืนผ้าจะคล้องต่อเนื่องกันตามความกว้างของผ้า ลักษณะการป้อนเส้นด้ายเข้าเครื่องถักจะเอียงทำมุมเกือบเป็นมุมฉากกับทิศทางที่เกิดเป็นผืนผ้า คุณสมบัติของผ้าถักแนวนอนมีความยืดหยุ่นทั้งด้านความกว้างและความยาวของผ้า

(2) การถักตามแนวดิ่ง (warp knitting) หมายถึงการถักผ้าด้วยเส้นด้ายหนึ่งชุดหรือหลายชุดในทิศทางเดียวกันกับเส้นด้ายยืน ลักษณะที่เกิดเป็นผืนผ้าจะคล้องไขว้ไปมาอย่างต่อเนื่องตลอดความยาวของผ้า ลักษณะการป้อนเส้นด้ายเข้าเครื่องถักผ้าเกือบจะเป็นเส้นตรงเดียวกันกับทิศทางที่เกิดเป็นผืนผ้า ผ้าถักแนวดิ่งมีความยืดหยุ่นด้านเดียว คือด้านกว้างซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามโครงสร้างที่ใช้ในการถัก



ผ้าถักแนวนอน ผ้าถักแนวดิ่ง

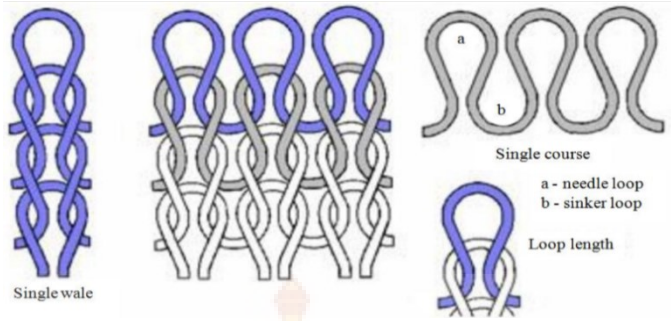
ภาพที่ 2.7 วิธีการถักผ้า

ที่มา: (Ahlquist, 2015)

จากรูป course เป็นแถวของห่วงตามแนวขวางของผ้า และ wale เป็นแถวของห่วงตามแนวยาวของผ้า

2.2.2 ลักษณะของห่วง

ส่วนสำคัญของผ้าคือห่วงของผ้าถัก ลักษณะของห่วงด้านบนจะมนใหญ่ ส่วนด้านล่างจะแคบ เนื่องจากการเกี่ยวคล้องกันของห่วง ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.8 ส่วนที่สำคัญของห่วงผ้าถัก

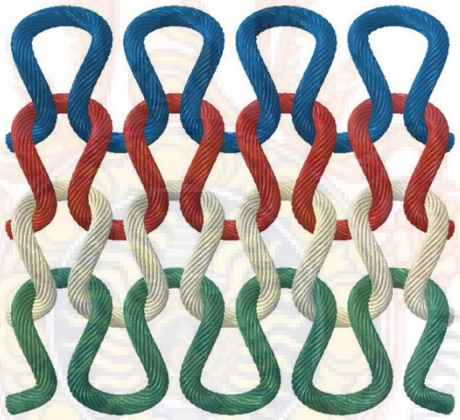
ที่มา: (Repon et al., 2018)

ก. needle loop และ sinker loop

needle loop เป็นห่วงที่ถูกสร้างขึ้นโดยเข็ม และ sinker loop เป็นจุด (ห่วง) ที่เชื่อมระหว่าง needle loop ดังแสดงในภาพที่ 2.8

ข. stich

stich เกิดจากการสร้างห่วงหนึ่งผ่านไปอีกห่วงหนึ่ง ดังนั้นผ้าถักเกิดจาก stich ที่เชื่อมต่อกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.8

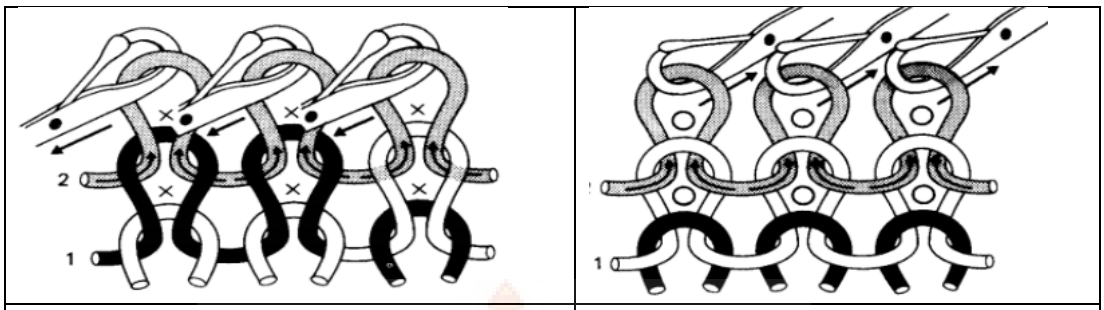


ภาพที่ 2.9 ส่วนที่สำคัญของห่วงผ้าถัก

ที่มา: (Sarker, 2016)

ค. ห่วงหน้า (face loop) และ ห่วงหลัง (back loop)

ห่วงหน้า แสดงห่วงทางด้านหน้าของผ้า เรียกว่า technical face loop และห่วงหลัง แสดงห่วงทางด้านหลังของผ้า เรียกว่า technical back แสดงในภาพที่ 2.9



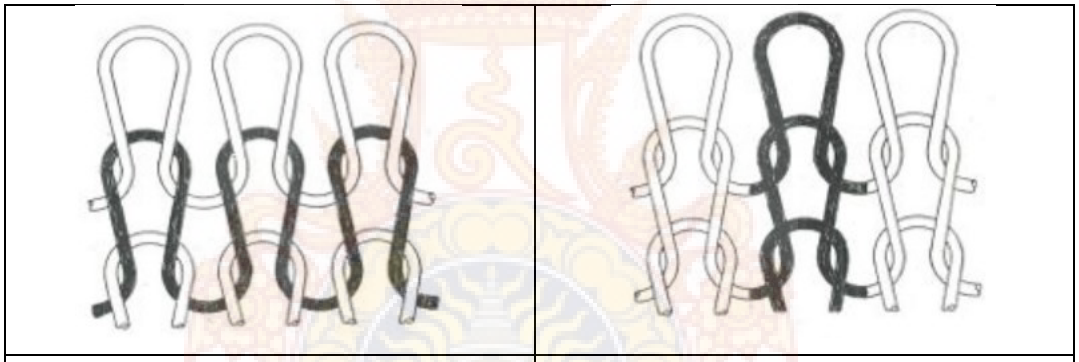
technical face	technical back

ภาพที่ 2.10 face loop และ back loop

ที่มา: (Spencer, 2001)

ง. course และ wale

course เป็นแถวของห่วงตามแนวขวางของผืนผ้า และ wale เป็นแถวของห่วงตามแนวยาวของผ้าแสดงในภาพที่ 2.10



course	wale

ภาพที่ 2.11 course และ wale

ที่มา: (Textile Centre of Excellence, 2019)

จ. gauge หรือ cut

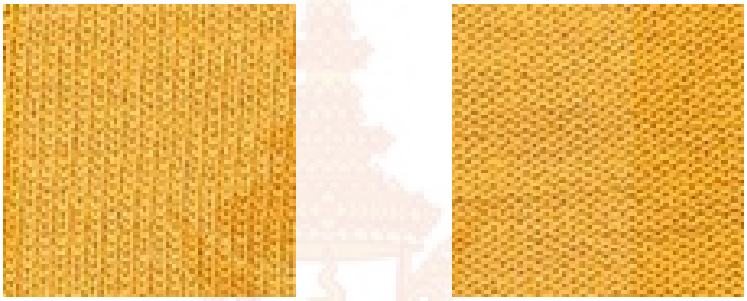
เป็นตัวบอกขนาดของห่วงถัก และกำหนดจำนวนเข็มต่อเครื่อง จำนวนเข็มต่อนิ้วมากผ้าที่ผลิตได้ก็จะมีความสวยงามมากด้วย การตกแต่งผ้าจะทำให้โครงสร้างผ้าเปลี่ยนไป

2.2.3 ผ้าถักแบบเจอร์ซี่ชั้นเดียว (Single Jersey Knit)

เป็นผ้าถักที่นิยมใช้กันมากกว่าผ้าถักชนิดอื่น ๆ เพราะทำได้รวดเร็วและราคาไม่แพง มักใช้ทำเสื้อผ้า ชุดชั้นในเสื้อกันหนาว เสื้อยืด (T-Shirt) และเสื้อผ้าอื่น ๆ ผ้าเจอร์ซี่ชั้นเดียวไม่มีความคงรูปทั้งในแนวตั้งและแนวนอนของผืนผ้า ซึ่งจะยืดตามรูปร่างและแรงดึง ข้อเสียที่สำคัญอีกประการ

หนึ่งของผ้าเจอร์ซี่ชั้นเดียว คือเส้นด้ายมักจะหลุด (Run) ตามแนวตั้งได้ง่ายซึ่งทำให้โครงสร้างผ้าเสียหาย

ลักษณะโดยทั่วไปของผ้าถักแบบเจอร์ซี่ชั้นเดียว เป็นผ้าด้านหน้ามีลักษณะห่วงคล้ายอักษรตัววี (V) และด้านหลังมีลักษณะคล้ายตัวอักษรตัวยู (U) ดังแสดงในภาพที่ 2.12 มีความสามารถในการยืดตัวตามความกว้างได้มากกว่าผ้าเพิร์ล (pearl) ประมาณ 2 เท่าของความกว้างเดิม ริมผ้ามักม้วนตัว กรณีห่วงในเนื้อผ้าห่วงใดห่วงหนึ่งขาด ห่วงที่อยู่โดยรอบจะลุ่ยหรือล้มทั้งทางด้านบนและด้านล่าง สามารถดึงเส้นใยในเนื้อผ้าออกได้ทีละคอร์ส และมีความหนาของผ้าประมาณสองเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้าย



ด้านหน้าผ้า ด้านหลังผ้า

ภาพที่ 2.12 ลักษณะของผ้าถักแบบเจอร์ซี่ชั้นเดียว

2.2.4 ผ้าถักแบบพีเก้ (pique)

เป็นผ้าที่มีพื้นผิว โดยด้านขวามีลวดลายคล้ายวาฟเฟิลหรือทรงรังผึ้งและอีกด้านหนึ่งเรียบ บางครั้งผู้ผลิตหรือผู้ค้าปลีกจะเรียกผ้าพีเก้ว่า ผ้ามาร์เซลลา ผ้าโปโล หรือผ้าลาคอสท์ ส่วนใหญ่มักใช้ทำเป็นเสื้อโปโล และสินค้าแฟชั่นที่หรูหรายิ่งขึ้น เช่น เสื้อทักซิโด้ เสื้อกั๊ก หูกระต่าย และเนคไท การถักผ้าแบบพีเก้ทำให้เพิ่มโครงสร้างผ้าและคุณภาพที่ทนทาน ผ้าถักแบบพีเก้ยังเป็นผ้าที่ดูแลรักษาง่าย ระบายอากาศและดูดซับได้ดีพร้อมความรู้สึกสบายเมื่อสวมใส่ ทำให้วัสดุนี้เหมาะสำหรับเสื้อโปโล แต่ยังมีประโยชน์ในบ้านอีกด้วย ตัวอย่างเช่น ผ้าที่ใช้ในบ้านหลายชนิด เช่น ผ้าเช็ดจาน ผ้าปูเตียง และเสื้อคลุมอาบน้ำ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการดูดซับและความทนทาน

ผ้าถักพีเก้เป็นผ้าถัก 2 ชั้น คือ เป็นการถัก 2 ชั้น พร้อมกัน ชั้นบนมีเธรดเป็นสองเท่าของชั้นล่าง ความต่างนั้นทำให้เกิดลายวาฟเฟิลในผ้า เนื้อผ้าทอสองชั้นผสมผสานทั้งการถักแบบด้ายยืนและการถักแบบด้ายพุ่ง ซึ่งทำให้ผ้ามี 2 ด้านที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.13

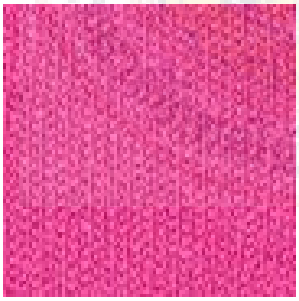
ด้านหน้าผ้า

ด้านหลังผ้า

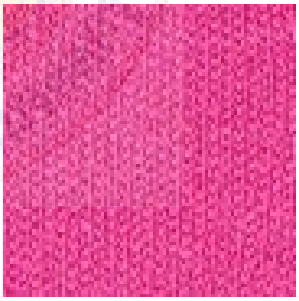
ภาพที่ 2.13 ลักษณะของผ้าถักแบบพีเก้

2.2.5 ผ้าถักแบบอินเทอร์ล็อก (interlock)

เป็นรูปแบบหนึ่งของผ้าถักซี่โครงคล้ายกับเสื้อถัก ยกเว้นด้านหน้าและด้านหลังของผ้าจะมีลักษณะเหมือนกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.14 ผ้าอินเทอร์ล็อกเป็นผ้าทอสองชั้นชนิดหนึ่ง การถักประเภทนี้ส่งผลให้ผ้ามีความหนา แข็งแรง ยืดหยุ่น และทนทานกว่าผ้าถักประเภทอื่น ๆ แม้จะมีคุณสมบัติเหล่านี้ แต่ก็ยังเป็นผ้าที่มีราคาไม่แพงมาก ผ้าถักแบบอินเตอร์ล็อคเป็นรูปแบบหนึ่งของผ้าถักริบ ริบนิตเป็นผ้าชนิดหนึ่งที่ถักเป็นแถวสลับกันระหว่างการยกขึ้นและลง แทนที่จะเย็บแค่แถวเดียว แต่เป็นการเย็บแบบตะเข็บสองแถว แถวของรอยเย็บถูกสร้างขึ้นจากด้านหลังอีกแถวหนึ่ง โดยใช้เข็มสองแถวที่ไขว้กัน เนื่องจากผ้าสองแถวนั้น ทำให้ผ้าถักลูกโซ่ถูกเรียกว่า ผ้าถักคู่ โดยแถวจะเชื่อมต่อกัน แม้ว่าโครงสร้างของผ้าแบบอินเตอร์ล็อคจะทำให้ผ้ารู้สึกกระชับมาก แต่ก็มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและเรียบเนียน ความหนาของผ้าทำให้ดูดซับได้ดีเช่นกัน โดยรวมแล้วผ้าถักแบบอินเตอร์ล็อคนั้นใส่สบายมาก และสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น เสื้อกล้าม เสื้อชั้นใน ชุดเจ้าสาว ผ้าห่มสำหรับรับแขก ผ้าปูที่นอนสำหรับเด็กทารก และชุดสำหรับผู้ใหญ่และเด็ก



ด้านหน้าผ้า

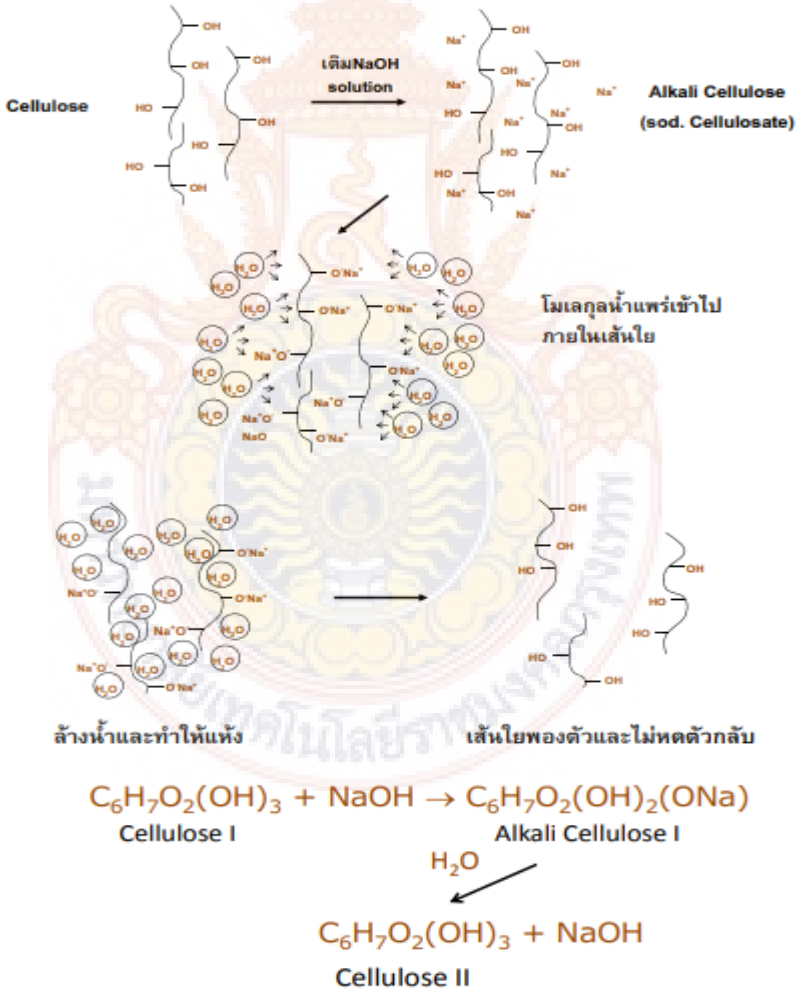


ด้านหลังผ้า

ภาพที่ 2.14 ลักษณะของผ้าถักแบบอินเทอร์ล็อก

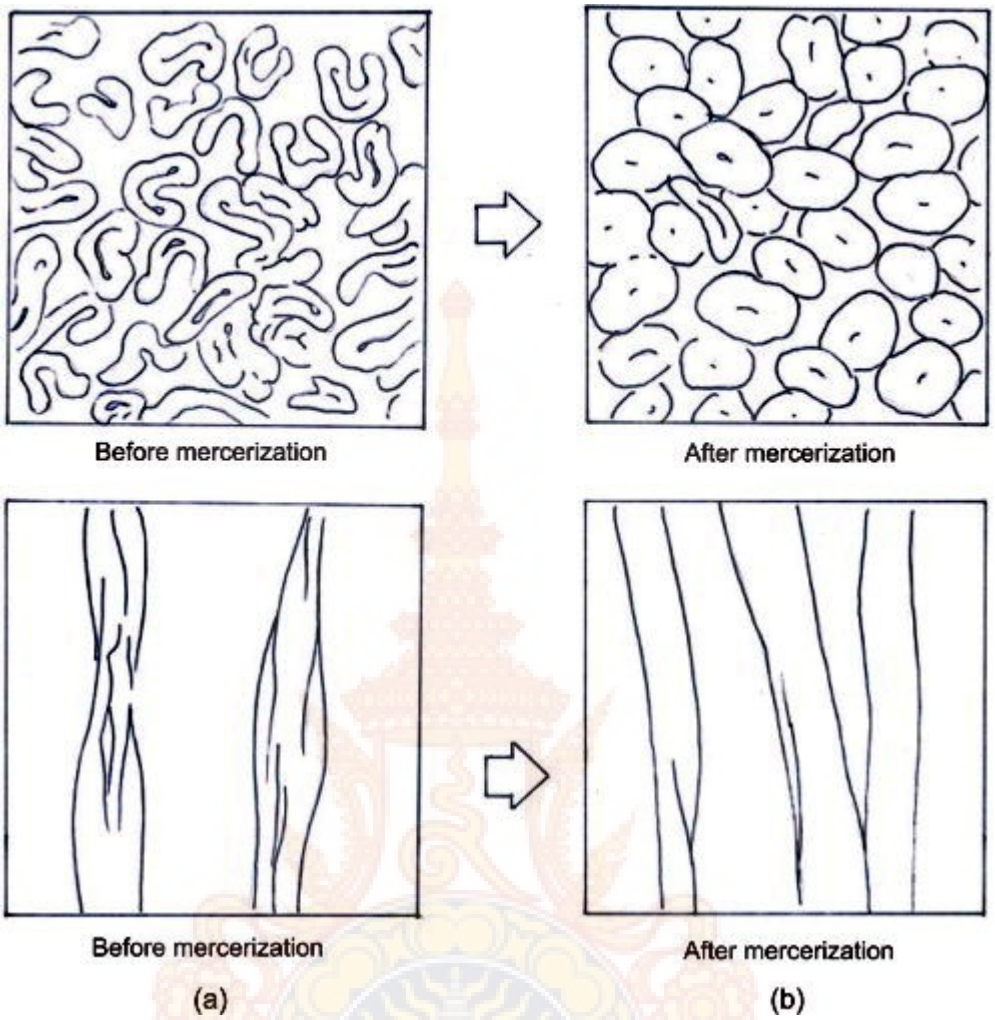
2.3 การชุบมันผ้าฝ้าย

การชุบมันหรือเมอร์เซอไรเซชั่น (mercerization) จะทำกับผ้าฝ้ายเป็นส่วนใหญ่ เป็นการทำให้ผ้าฝ้ายมีความสามารถในการดูดซับน้ำและสีย้อมได้ดีขึ้น และยังมีความเงามันและมีความแข็งแรงมากขึ้น ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาด และเพิ่มความสม่ำเสมอในการย้อมและการดูดซึมสี ผ้าจะถูกทำปฏิกิริยาในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เย็นโดยมีแรงดึง จากนั้นจึงทำการล้าง แล้วทำให้แห้ง แสดงกลไกการชุบมันในภาพที่ 2.15 หลังผ่านกระบวนการชุบมันแล้วนำเส้นใยฝ้ายไปสังเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์ดังแสดงในภาพที่ 2.16 จะเห็นว่าส่วนตัดขวางของฝ้ายเปลี่ยนจากรูปไข่เป็นรูปวงกลม เนื่องจากการชุบมัน และในกระบวนการนี้จะทำให้เกิดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีและปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ต่ำ แต่มีความเป็นด่างสูง ซึ่งอาจจะเกิดปัญหาต่อผู้ทำงานหากได้สัมผัสกับด่างที่มีความเข้มข้นสูง



ภาพที่ 2.15 กลไกการชุบมัน

ที่มา: (อรุณี คงดี อัลเดรด, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2.16 ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยฝ้ายก่อนและหลังการชุบมัน
ที่มา: (Textile Trick, n.d.)

การชุบมันเป็นกระบวนการที่คล้าย ๆ กับอีกกระบวนการหนึ่งที่เรียกว่า คอสติกไซเซชั่น (causticization) ทั้งสองกระบวนการกระทำด้วยผ้าฝ้ายและใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เช่นเดียวกัน แต่คอสติไซเซชั่นใช้สารละลายความเข้มข้นต่ำกว่าคือประมาณร้อยละ 10 – 20 โดยน้ำหนัก (หมายถึง โซเดียมไฮดรอกไซด์หนัก 10 – 20 กรัม ละลายในน้ำเป็นสารละลายหนักรวม 100 กรัม) มักทำในเครื่องจิกเกอร์ ผ้าที่ได้มีการหดตัวสูง หนา และไม่เงา แต่สามารถดูดซึมสีย้อมได้ดี (ไม่ได้ใส่แรงดึง) ขณะที่การชุบมันหรือเมอร์เซอไรเซชั่น ใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงประมาณร้อยละ 20 – 25 โดยน้ำหนัก กระทำกับผ้าที่ถูกขึงตึง ปัจจัยสำคัญของการชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดของเส้นใย ความเข้มข้นของสารชุบมัน (ห้องสมุดกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2547 : 18)

John Mercer เป็นผู้ที่เริ่มต้นกระบวนการชุบมันเมื่อปี ค.ศ. 1850 โดยที่นำฝ้ายไปผ่านสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้นสูง และพบว่าผ้าฝ้ายนั้นมี คุณสมบัติต่างไปจากเดิมคือมีความสามารถดูดซับน้ำและสีย้อมดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าผ้าหดตัว ต่อมา H.A. Lowe พบว่าการหดตัวของผ้าที่เกิดขึ้นในกระบวนการข้างต้นนี้สามารถหลีกเลี่ยงได้ โดยการขึงผ้าให้ตึงในขณะที่ผ่านผ้าลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ผ้าที่ได้นอกจากสามารถดูดซับน้ำและสีย้อมและสีย้อมได้ดีขึ้นยังมีความเงามันและมีความแข็งแรงมากขึ้นด้วย การชุบมันผ้าหรือเส้นด้ายฝ้ายด้วยสารละลายชนิดนี้จึงเป็นที่นิยมทำกันในเวลาต่อมา (ห้องสมุดกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2547 : 17)

การชุบมันนอกจากจะกระทำกับผ้าฝ้ายแล้วยังสามารถกระทำกับผ้าจากเส้นใยผสม เช่น เส้นใยฝ้ายผสมกับเส้นใยพอลิเอสเตอร์ เนื่องจากผ้าชนิดนี้จะไม่ผ่านกระบวนการทำความสะอาด (scouring) ส่วนของขี้ผึ้งและไขมัน (wax and fats) ที่อยู่ในฝ้ายจึงมักถูกกำจัดออก เส้นใยฝ้ายในผ้านี้จึงดูดซับน้ำไม่ค่อยดีนัก การชุบมันจะไปช่วยสกัดขี้ผึ้งและไขมันในฝ้ายออกและทำให้เส้นใยฝ้ายพองตัว มีความสามารถดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น โดยปกติแล้วเส้นใยพอลิเอสเตอร์จะถูกทำลายด้วยด่างความเข้มข้นสูง ณ ที่อุณหภูมิสูงและเวลานาน แต่ปฏิกิริยาของการชุบมันเกิดขึ้นในเวลาสั้น ๆ ที่อุณหภูมิห้องหรือต่ำกว่า พอลิเอสเตอร์ในผ้าเส้นใยผสมจึงไม่ถูกทำลายในกระบวนการชุบมัน (ห้องสมุดกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2547 : 17)

2.3.1 ประโยชน์ในการทำกระบวนการชุบมัน

2.3.1.1 เพื่อเพิ่มและปรับปรุงความสามารถในการดูดซึมน้ำ

2.3.1.2 เพื่อเพิ่มความสดใส และเงามัน

2.3.1.3 เพื่อเพิ่มความคงทนและแข็งแรง

2.3.1.4 เพื่อขจัดปัญหาเส้นใยที่เป็น dead cotton

2.3.1.5 เพื่อเพิ่มและปรับปรุงความคงตัว

2.3.1.6 เพื่อช่วยในการขจัดแป้งส่วนที่เหลือออกจากการลอกแป้ง

2.3.1.7 เพื่อเพิ่มและปรับปรุงความสามารถในการดูดซึม

2.3.2 ประเภทของการชุบมัน

สามารถแบ่งตามสารเคมีที่ใช้ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.3.2.1 การชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือคอสติกโซดา

สารละลายด่างประเภทที่มีคุณสมบัติคล้าย ๆ กัน ที่สามารถนำมาใช้เป็นสารชุบมัน ได้แก่ สารละลายลิเทียมไฮดรอกไซด์ (Lithium hydroxide : LiOH) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide : NaOH) และสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide : KOH) แต่สารละลายลิเทียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ มีข้อจำกัดในการใช้บางอย่างที่ไม่เหมาะต่อการชุบมันจึงนิยมใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มากกว่า

การชุบมันฝ้ายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถทำได้ทั้งในรูปผ้าผืน (ผ้าทอและผ้าถัก) และเส้นด้ายด้วยเครื่องชุบมันที่ต่างกันทั้งผ้าและเส้นด้ายนั้นต้องสะอาดปราศจากรอยจุดหรือรอยคราบน้ำมัน เพราะเมื่อนำผ้าหรือเส้นด้ายที่เปื้อนน้ำมันมาชุบมันและย้อมแล้วจะได้สีไม่สม่ำเสมอ (ห้องสมุดกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2547 : 18)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยทั่วไปจะใช้เป็นของแข็งหรือสารละลาย 50% ชื่อสามัญอื่น ๆ ได้แก่ โซดาไฟ และคอสติกโซดา โซเดียมไฮดรอกไซด์ใช้ในการผลิตสบู่ เรยอน กระดาษ วัตถุระเบิด สีย้อมและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม นอกจากนี้ยังใช้ในกระบวนการทำความสะอาดและการฟอกขาวผ้าฝ้าย การทำความสะอาดโลหะและการแปรรูปโลหะ การเคลือบออกไซด์ การชุบด้วยไฟฟ้า และการสกัดด้วยไฟฟ้า และมีอยู่ทั่วไปในน้ำยาล้างท่อระบายน้ำและเตาอบทั่วไป (CDC-ATSDR Toxic Substances Portal, 2011)

สมบัติทางกายภาพ

โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิห้องเป็นของแข็ง ไม่มีกลิ่น ผลึกสีขาว เป็นสารที่ดูดความชื้นจากอากาศ เมื่อละลายในน้ำหรือทำให้เป็นกลางด้วยกรดจะปลดปล่อยความร้อนออกมามาก ซึ่งอาจเพียงพอที่จะจุดชนวนวัสดุที่ติดไฟได้ โซเดียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์กัดกร่อนมาก (CDC-ATSDR Toxic Substances Portal, 2011)

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ หากสัมผัสอาจทำให้ผิวหนัง ดวงตา และเยื่อบุผิวเกิดการระคายเคืองอย่างรุนแรง เป็นพิษเมื่อรับเข้าไปในร่างกาย สามารถกัดกร่อนโลหะและเนื้อเยื่อ (CAMEO Chemicals, n.d.) คุณสมบัติของโซเดียมไฮดรอกไซด์แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สมบัติทางกายภาพของโซเดียมไฮดรอกไซด์

สถานะและสภาพปรากฏ	ของแข็ง เม็ดกลม สีขาว
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น
น้ำหนักโมเลกุล	39.997 g/mol
จุดหลอมเหลว	318 °C (591 K)
จุดเดือด	1390 °C (1663 K)
ความหนาแน่น	2.13 g/cm^3
ความสามารถในการละลายน้ำ	111 g/100 ml (20 °C)
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	13 ถึง 14

ที่มา: (SIGMA-ALDRICH, 2004)

ตารางที่ 2.2 สมบัติทางกายภาพของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ต่อ)

สถานะและสภาพปรากฏ	ของแข็ง เม็ดกลม สีขาว
ความสามารถในการลุกติดไฟได้	ไม่ติดไฟ
ความดันไอ	< 18 mmHg (20 °C)
ความหนาแน่นของไอ	> 1 g/l
ความหนาแน่นในสภาพเป็นกลุ่มก้อน (bulk density)	2.13 kg/l

ที่มา: (SIGMA-ALDRICH, 2004)

สมบัติทางเคมี

แม้ว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารไม่ติดไฟ แต่ถ้าสัมผัสกับสารบางชนิด เช่น กรดเข้มข้น หรือทำปฏิกิริยาอย่างรุนแรงกับน้ำ จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีกันจนเกิดความร้อนพอเพียง และทำให้สารที่วางอยู่ใกล้สามารถติดไฟได้ การดับเพลิงจึงต้องดูสารที่เป็นคู่ปฏิกิริยาทางเคมี และรวมถึงการเลือกใช้เครื่องดับเพลิงให้ถูกต้องกับเหตุการณ์ด้วย (มายด์โซป แอนด์ คอสเมติก, 2562) และมีความเสถียรและความว่องไวต่อปฏิกิริยาตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความเสถียรและความว่องไวต่อปฏิกิริยา

ความเสถียร	เสถียร
สภาวะที่ทำให้เกิดความไม่เสถียร	ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศ ความร้อนของสารละลายสูงมาก และกับน้ำปริมาณจำกัด อาจเกิดการเดือดอย่างรุนแรง ห้ามเติมน้ำลงสารนี้ ต้องเติมสารนี้ลงในน้ำเสมอ
สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง	อย่าให้น้ำเข้าภาชนะเพราะจะเกิดปฏิกิริยารุนแรง
สารที่ควรหลีกเลี่ยง	ตัวออกซิไดซ์แรง กรดแก่ สารอินทรีย์ ผลิตภัณฑ์อันตรายที่เกิดจากการสลายตัว
ผลิตภัณฑ์อันตรายที่เกิดจากการสลายตัว	โซเดียม/โซเดียมออกไซด์
โพลิเมอร์ไรเซชั่นที่เป็นอันตราย	ไม่เกิด

ที่มา: (SIGMA-ALDRICH, 2004)

2.3.2.2 การชุบมันด้วยแอมโมเนียมเหลว

เมื่อประมาณ 20 ปีก่อน ในงานวิจัยมีการค้นพบระบบการปรับสภาพเส้นใยฝ้ายด้วยแอมโมเนียเหลวให้ผลคล้ายกับที่ได้การทำด้วยโซดาไฟ การปรับสภาพด้วยแอมโมเนียเหลวได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยชาวอังกฤษ Firm Coats ในช่วงกลางทศวรรษที่ 1960 ได้พัฒนากระบวนการทำเสื้อโค้ทที่สามารถรักษาเส้นด้ายฝ้ายได้อย่างต่อเนื่อง และบริษัท Platt Saco Lowell Ltd. แอคคริงตัน ประเทศอังกฤษ ได้รับใบอนุญาตทั่วโลกสำหรับกระบวนการนี้ที่เรียกว่า "Prograde" บริษัท Cluett, Peabody & Co. ซึ่งเป็นที่รู้จักในการทำกระบวนการหดตัวด้วยแรงอัด (Sanforising) ได้จดทะเบียนเครื่องหมายการค้าสองรายการ "Duralized " ในปี 1973 เป็นชื่อของวัสดุที่ผ่านการปรับสภาพด้วยแอมโมเนียเหลวและ "Sanfor-Set" ชื่อของวัสดุที่ผ่านการปรับสภาพด้วยแอมโมเนียเหลวเช่นเดียวกับการหดตัวด้วยแรงอัดระบบ Cluett การปรับสภาพแอมโมเนียเหลวเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางสำหรับ เส้นด้าย ผ้าที่ใช้ในการตัดเย็บ และสำหรับผ้าชนิดพิเศษเช่นเดนิม ผ้าลูกฟูกผ้าแชมเบย์ วัสดุหมอนวัสดุที่ทำจากเซลลูโลส ผ้าลินิน ปอ และส่วนผสมของเซลลูโลสกับโพลีเอสเตอร์หรือไนลอน

ในบรรดาเอมีนต่าง ๆ แอมโมเนียเหลวดูเหมือนจะมีลักษณะเฉพาะในการเกิดการพองตัว หรือเกิดการบวมของเซลลูโลสและมีผลต่อโครงสร้างผลึก แอมโมเนียเหลวปราศจากน้ำ เป็นโมเลกุลขนาดเล็ก สามารถแทรกซึมเข้าสู่เซลลูโลสได้อย่างรวดเร็ว และเกิดปฏิกิริยาเชิงซ้อนกับกลุ่มไฮดรอกซิล ของเซลลูโลสหลังจากทำลายพันธะไฮโดรเจนในบริเวณผลึก และเพิ่มระยะห่างระหว่างสายโซ่เซลลูโลสในผลึก

แอมโมเนียที่อุณหภูมิและความดันปกติจะมีสถานะเป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นฉุนรุนแรง ซึ่งทำให้เกิดการระคายเคืองได้ แต่ถ้าอยู่ภายใต้ความดันและอุณหภูมิต่ำจะมีสถานะเป็นของเหลว ที่อุณหภูมิ - 33.4 ^{o}C แอมโมเนียจะเสถียรที่อุณหภูมิปกติ แต่จะสลายตัวให้ไนโตรเจนและไฮโดรเจนที่อุณหภูมิสูงตั้งแต่ 450 – 500 ^{o}C ที่ความดันบรรยากาศ

สมบัติทางกายภาพ

แอมโมเนียสามารถดำรงอยู่ได้ทั้งในสภาพของก๊าซ และก๊าซเหลวภายใต้ความดัน มีน้ำหนักเบากว่าอากาศ สามารถละลายน้ำได้ดี ก๊าซแอมโมเนียจะรวมตัวกับความชื้นในอากาศ ทำให้ เกิดเป็นหมอกควันสีขาวของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งหนักกว่าอากาศ ดังนั้นเมื่อแอมโมเนียรั่วไหลในอากาศจึงมีทั้งแอมโมเนียที่เบาและหนักกว่าอากาศอยู่ปะปนกัน สมบัติทางกายภาพของแอมโมเนียแสดงไว้ใน ตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สมบัติทางกายภาพของแอมโมเนีย

สถานะและสภาพปรากฏ	ก๊าซ ไม่มีสี
กลิ่น	กลิ่นฉุนรุนแรง
น้ำหนักโมเลกุล	17.03
จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง	-77.7 °C
จุดเดือด	-33.4 °C
อุณหภูมิที่ลุกติดไฟได้เอง	677.4 °C
อุณหภูมิวิกฤติ	132.4 °C
ขีดจำกัดการระเบิด	ขีดจำกัดล่าง (Lower Explosive Limit; LEL) = 16% ขีดจำกัดบน (Upper Explosive Limit; UEL) = 25%
ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ = 1)	0.6819 (ที่อุณหภูมิ -33.4 °C)
ความหนาแน่นไอสัมพัทธ์ (อากาศ = 1)	0.579
ความสามารถในการละลายน้ำ	ละลายน้ำได้ดีมาก ที่ 60 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 15 °C ความดัน 1 บรรยากาศ
ความดันไอ	5,900 มิลลิเมตร ปรอท ที่อุณหภูมิ 20 °C
อัตราการขยายตัว ก๊าซ : ของเหลว	850 : 1
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	11.6

ที่มา: (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

สมบัติทางเคมี

2.4.2.1 แอมโมเนียมีสมบัติเป็นด่าง ทำปฏิกิริยากับกรดจะได้เกลือ เช่น ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก จะได้แอมโมเนียมคลอไรด์ ทำปฏิกิริยากับกรดไนตริก จะได้แอมโมเนียมไนเตรทเป็นต้น

2.4.2.2 ในกรณีที่ใส่ผงลิเทียมไนไตรด์ลงในแอมโมเนียเหลว แอมโมเนียจะแตกตัวได้เอไมด์ (NH_2–) ไอออน ทำให้เกิดเป็นสารละลายลิเทียมเอไมด์ ซึ่งมีสมบัติเป็นกรดที่อ่อนมาก ดังสมการ:

$$Li_3N\ (solid) + 2NH_3\ (liquid) \longrightarrow 3Li+\ (amorphous) + 3NH_2-\ (amorphous)$$

2.4.2.3 การทำปฏิกิริยาแล้วได้สารอื่น เช่น ทำปฏิกิริยากับคลอโรมีเทน ได้เมทิลเอมีน ทำปฏิกิริยากับกรดคาร์บอกไซลิก ได้สารประกอบเอไมด์ เป็นต้น

2.4.2.4 สารเคมีที่ไม่สามารถเก็บร่วมกับแอมโมเนีย (Incompatible substances) และการเกิดปฏิกิริยาแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 สารเคมีที่ไม่สามารถเก็บร่วมกับแอมโมเนียและปฏิกิริยาที่เกิด

สารเคมี	ปฏิกิริยา
Acids	เกิดปฏิกิริยารุนแรง
Aldehydes	อาจเกิดการควบแน่นพร้อมคายความร้อนที่รุนแรง
Alkali Metals	เกิดเป็นโลหะไฮดราไซด์ที่ระเบิดได้
Alkaline Oxides	อาจเกิดการควบแน่นพร้อมคายความร้อนที่รุนแรง
Aluminum	อาจเกิดการกัดกร่อน
Amides	อาจเกิดปฏิกิริยารุนแรง
Arsine	เกิดปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็วกับแอมโมเนียเหลว
Boron	เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดปฏิกิริยารุนแรงพร้อมให้ก๊าซไฮโดรเจน
Boron Halides	เกิดปฏิกิริยารุนแรง
Calcium	เกิดปฏิกิริยาคายความร้อนค่อนข้างรุนแรง
Carbon Monoxide	ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเหลวให้สารที่ระเบิดได้
Chloric Acid	ให้สารประกอบซึ่งระเบิดได้
Chlorine Azide	ให้สารผสมซึ่งระเบิดได้
Chlorine Monoxide	ให้สารผสมซึ่งระเบิดได้
Chlorites	ให้สารประกอบซึ่งไวต่อการสั่นสะเทือน
Chloroformanidinum Nitrate	เกิดปฏิกิริยารุนแรง
1-Chloro-2,4-Dinitrobenzene	เกิดปฏิกิริยารุนแรงและอาจเกิดระเบิด
2-Chloronitrobenzene	เกิดปฏิกิริยารุนแรง
Chlorosilane	อาจเกิดสารประกอบซึ่งติดไฟได้เอง

ที่มา: (สำนักควบคุมวัตถุอันตราย กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

ตารางที่ 2.5 สารเคมีที่ไม่สามารถเก็บร่วมกับแอมโมเนียและปฏิกิริยาที่เกิด (ต่อ)

สารเคมี	ปฏิกิริยา
Chromium Trioxide (Chromic Anhydride)	เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่คายความร้อนค่อนข้างรุนแรง
Chromyl Chloride	เกิดปฏิกิริยารุนแรงซึ่งอาจลุกไหม้ได้
Coatings	ทำให้เสียหาย
Copper	อาจเกิดการกัดกร่อน
Diamineboronium Heptahydrotetraborate	เกิดปฏิกิริยาสลายตัวอย่างรุนแรง
Diborane	เกิดการลุกไหม้ได้
1,2-Dichloroethane	อาจระเบิดได้เมื่อสัมผัสกับก๊าซเหลว
Dimethyl Sulfate	เกิดปฏิกิริยารุนแรง
Germanium Derivatives	อาจระเบิดได้
Halogens	เกิดปฏิกิริยารุนแรงและอาจเกิดสารประกอบที่ระเบิดได้
Heavy Metals and Compounds	อาจทำให้เกิดสารประกอบที่ระเบิดได้
Hexachloromelamine	การเกิดไฟและระเบิดได้
Hydrazine	เกิดเป็นโลหะไฮดราไซด์ที่ระเบิดได้
Hydrogen Bromide	เกิดปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว
Hypochlorous Acid	เกิดระเบิดได้เมื่อสัมผัส
Sodium	ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเหลวให้สารที่ระเบิดได้
Sodium Nitrite	ให้แอมโมเนียไนเตรดที่ไวต่อปฏิกิริยาและระเบิดได้
Stibine	ระเบิดเมื่อได้รับความร้อน
Sulfur Compounds	อาจให้สารซึ่งระเบิดได้
Tellurium Halides	ให้สารประกอบซึ่งระเบิดได้
Tetramethylammonium Amide	ระเบิดและสลายตัว

ที่มา: (สำนักควบคุมวัตถุอันตราย กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

อันตรายของแอมโมเนีย

แอมโมเนีย จัดเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูง เป็นอันตรายต่ออวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ดวงตา ผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ การสูดดมแอมโมเนียเข้าไปจะทำให้ระคายเคืองจมูกและคอ หากได้รับปริมาณมาก ๆ จะทำให้หายใจติดขัด เจ็บหน้าอก หลอดลมบีบเกร็ง ปอดบวมได้ การสัมผัสผิวหนัง จะทำให้เกิดผื่นแดง ปวด ผิวหนังอักเสบ หากสัมผัสแอมโมเนียในสถานะของเหลว จะทำให้ เกิดแผลไหม้จากความเย็นจัด (Cold burn) กัดกร่อน เมื่อกระเด็นเข้าตาอาจตาบอดได้ การสัมผัสแอมโมเนียในระยะ เวลานาน ๆ จะทำให้เป็นโรคทางเดินหายใจ

2.4 การย้อมสีผ้าฝ้าย

เส้นใยที่ได้จากฝ้ายจะมีสีขาว หรือสีขาวขุ่น หรือสีน้ำตาลอ่อน ขึ้นอยู่กับชนิดของฝ้าย ดังนั้นเมื่อนำมาทอจึงต้องนำฝ้ายไปย้อมเพื่อให้เกิดสีที่สวยสดงดงาม ในอดีตสีที่นำมาย้อมฝ้ายนั้นจะได้จากวัสดุธรรมชาติซึ่งสามารถหาวัตถุดิบได้ ตามท้องถิ่นไม่ว่าจะ เป็นเปลือกไม้ รากไม้ ดอก ผล หรือจากสัตว์บางชนิด แต่เนื่องจากกรรมวิธีในการสกัดสีจากธรรมชาติค่อนข้างยุ่งยาก และวัตถุดิบ เริ่มหายาก อีกทั้งสีสันที่ได้ไม่มีความหลากหลาย คุณภาพในการย้อมไม่ดีนัก จึงมีการนำสีที่ได้จากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือนำสีเคมีมาใช้ในการย้อม ซึ่งช่วยให้สะดวก รวดเร็ว รวมทั้งยังให้สีสันต่าง ๆ มากมาย สามารถไล่ระดับสีได้ จึงทำให้ผู้ที่ใช้กรรมวิธีการย้อมสีธรรมชาติลดน้อยลงมาก

ปัจจุบันสีที่นำมาย้อมเส้นใยฝ้าย สามารถแบ่งได้เป็น สีธรรมชาติและสีวิทยาศาสตร์ สีที่ได้จากธรรมชาติทั้งหมดได้มาจากพืช และสัตว์บางชนิด สีที่ได้จากพืช จะนำมาจากส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เปลือก ราก แก่น ใบ ดอก และผล ส่วนสัตว์นันได้มาจากตัวครั่ง วัตถุดิบที่นำมาใช้ และกระบวนการในการย้อมสีธรรมชาตินั้น แต่ละท้องถิ่นก็จะมีความแตกต่างกันสีสันที่ได้จึงแตกต่างกันไป

การย้อมสีฝ้ายนั้นสามารถย้อมได้ ทั้งวิธีย้อมสีเส้นใยและย้อมผ้าผืน สีที่นำมาย้อมนั้นมี 2 แบบ คือ สีย้อมที่มาจากเคมีและสีย้อมจากธรรมชาติ ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้การย้อมผ้าฝ้ายถักด้วยสีธรรมชาติ (ย้อมคราม) ดังกล่าวในหัวข้อต่อไป

2.4.1 การย้อมฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ

การย้อมฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ เป็นภูมิปัญญาที่สืบทอดกันมายาวนานแต่ดั้งเดิมจากสมัยปู่ย่าตายาย แหล่งวัตถุดิบสีธรรมชาตินั้นได้มาจากธรรมชาติรอบตัวและหาได้ไม่ยาก เช่น ส่วนต่าง ๆ ของสัตว์ พืช และแร่ธาตุ ให้สีสันสวยงามตามที่เราต้องการ ในปัจจุบันมีการส่งเสริมให้ใช้สีย้อมวัสดุจากธรรมชาติกันมากขึ้น เนื่องจากเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และปลอดภัยต่อผู้ใช้อีกด้วย สีย้อมจากธรรมชาติที่นิยมใช้ ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.6 ดังนี้

ตารางที่ 2.6 สีย้อมจากธรรมชาติที่นิยมใช้

วัสดุ	ส่วนที่ใช้	สีที่ได้
1.สัตว์	ครั่ง	สีแดง
2.พืช	ดอกคำฝอย แก่นขนุน แก่นแกแล ขมิ้นชัน มะเกลือ ลูกกระจาย เปลือก สมอ ใบหูกวาง เปลือกต้นมะริด ราก แถลง เปลือกสมอ เปลือกกระ หูด เปลือกต้นเพกา เปลือกไม้โกงกาง ต้นมหากาฬ	สีแดง สีเหลือง สีดำ สีเขียว สีน้ำตาล สีชมพู
3.แร่ธาตุ	ดินโคลน ดินแดง	สีเทา – ดำ สีแดงคล้ำ

2.4.1.1 การย้อมคราม

สีครามในน้ำย้อม (indigo white) แทรกเข้าไปอยู่ภายในโคร้างสร้างของเส้นใยฝ้ายได้ดีเมื่อยกเส้นใยพ้นน้ำย้อมให้สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ สีครามจะถูกออกซิไดส์เป็นสีน้ำเงิน (indigo blue) ขังอยู่ภายในเส้นใย โดยเฉพาะเส้นใยฝ้ายสามารถย้อมติดสีครามได้ดี ดังนั้นก่อนย้อมต้องทำความสะอาดผ้าฝ้ายและทำให้เปียกด้วยน้ำสะอาด หากล้างผ้าฝ้ายไม่สะอาด เมื่อนำไปย้อมจะทำให้สีครามน้ำย้อมเปลี่ยนไปและย้อมไม่ติด และหากทำผ้าฝ้ายเปียกน้ำไม่ทั่ว เมื่อนำไปย้อม สีครามแทรกเข้าเส้นใยฝ้ายได้ไม่สม่ำเสมอและทำให้เกิดรอยด่าง

นอกจากสีครามน้ำย้อมและเส้นใยแล้ว น้ำย้อมที่เย็นจะย้อมติดสีครามได้ดีกว่า ดังนั้นจึงควรใช้โอ่งดินทำหม้อคราม เพราะน้ำที่ซึมจากโอ่งดินจะช่วยระบายความร้อนทำให้อุณหภูมิของน้ำย้อมเย็นกว่าปกติ หรือย้อมตอนเช้าและตอนเย็นเป็นเวลาที่เหมาะสมในการย้อมคราม เมื่อจะย้อมครามให้ตักน้ำย้อมประมาณ 1 ลิตร ออกไว้ก่อน แล้วจึงนำฝ้ายลงย้อม ขณะย้อมต้องระวังให้อากาศสัมผัสน้ำย้อมน้อยที่สุด สังเกตน้ำย้อมเปลี่ยนสี จากสีเหลืองเป็นสีน้ำเงินเข้ามาแทน แสดงว่าความเข้มข้นของน้ำย้อมลดลง จึงหยุดย้อมบิดผ้าฝ้ายให้หมาด นำผ้าขึ้นมาสัมผัสอากาศ แล้วเก็บผ้าฝ้ายนั้นในภาชนะปิด ถ้าตากฝ้ายที่ย้อมทันทีจะเกิดร้อยด่างในเส้นใยฝ้าย หากต้องการสีเข้มต้องย้อม

ซ้ำในหม้อครามอื่นอีกต่อไป พักไว้ 3-5 นาที จึงล้างให้สะอาดน้ำจนน้ำล้างใสไม่มีสี ผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำไปใช้งานต่อไป

2.5 การทดสอบสมบัติของผ้า

การทดลอง เป็นกระบวนการปฏิบัติ หรือหาคำตอบหรือตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้โดยการทดลองเพื่อทำการค้นคว้าหาข้อมูลและตรวจสอบดูว่าสมมติฐานข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

การออกแบบการทดลอง คือการวางแผนการทดลองก่อนที่จะลงมือปฏิบัติจริง โดยให้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้เสมอ และควบคุมปัจจัยหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทดลอง แบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

- ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (Independent Variable or Manipulated Variable) คือปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดผลการทดลองหรือตัวแปรที่ต้องศึกษาทำการตรวจสอบดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นกัน

- ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ผลที่เกิดจากการทดลอง ซึ่งต้องใช้วิธีการสังเกตหรือวัดผลด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อเก็บข้อมูลไว้ และจะเปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรอิสระ

- ตัวแปรที่ต้องควบคุม (Control Variable) คือปัจจัยอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลอง และต้องควบคุมให้เหมือนกันทุกชุดการทดลอง เพื่อป้องกันไม่ให้ผลการทดลองเกิดความคลาดเคลื่อน

การปฏิบัติการทดลอง ในกิจกรรมนี้จะลงมือปฏิบัติการทดลองจริงโดยจะดำเนินการไปตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ และควรจะทดลองซ้ำ ๆ หลาย ๆ ครั้งเพื่อให้แน่ใจว่าได้ผลเช่นนั้นจริง

การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกที่ได้จากการทดลองซึ่งข้อมูลที่ได้นี้สามารถรวบรวมไว้ใช้สำหรับยืนยันว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ถูกต้องหรือไม่

ในบางครั้งข้อมูลอาจได้มาจากการสร้างข้อเท็จจริง เอกสาร จากการสังเกตปรากฏการณ์หรือจากการซักถามผู้รอบรู้ แล้วนำข้อมูลที่ได้มานั้นไปแปรผลและลงข้อสรุปในต่อไป ดั้งนั้น การรวบรวมข้อมูลเป็นสิ่งจำเป็นในวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ในงานวิจัยนี้ได้สังเกตลักษณะของผ้าฝ้ายถักทั้งก่อนและหลังชุบมัน โดยการส่องกล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน เพื่อดูลักษณะทางกายภาพ ผู้วิจัยจึงค้นคว้าเอกสารเกี่ยวกับกล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน มีเนื้อหาดังในหัวข้อที่ 2.5.1 และทดสอบสมบัติทางกายภาพดังในหัวข้อที่ 2.5.2 – 2.5.11

2.5.1 กล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน

เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่มีระบบเลนส์ที่ทำหน้าที่ขยายภาพ 2 ชุดด้วยกัน คือ เลนส์ใกล้วัตถุ และเลนส์ใกล้ตา กล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อนที่ใช้งานทั่วไปในห้องปฏิบัติการจะเป็นชนิด Light field Microscope หรือ Bright field Microscope หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์ชนิดนี้คือ เมื่อแสงไฟจากหลอดไฟเป็นแหล่งกำเนิดแสงจะถูกรวบรวมแสงโดย condenser lens ไปตกที่วัตถุที่วางบนแท่นวางวัตถุ (Specimen stage) จากนั้นเลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) จะเป็นตัวขยายวัตถุให้ได้ภาพที่ใหญ่ขึ้น แล้วจะส่งต่อไปยัง เลนส์ใกล้ตา (ocular lens) เพื่อขยายภาพสุดท้าย

2.5.2 การทดสอบหาน้ำหนักผ้า (มาตรฐาน ASTM D3776)

โดยชิ้นงานจะถูกตัดในแนวทะแยง 3 จุด เป็นลักษณะวงกลม และนำมาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล เช่นเดียวกับการชั่งน้ำหนักหาสารเคมี

2.5.3 การทดสอบการยืด-หดหลังการซักล้าง (มาตรฐาน AATCC 135)

ในการทดสอบทดสอบการยืด-หดหลังการซัก ตามวิธีการทดสอบมาตรฐาน AATCC 135 โดยทดสอบเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้าที่เกิดจากการซักตามหลักมาตรฐาน ผ่านการวัดด้วยไม้บรรทัดที่แสดงค่าเป็น Percent shrinkage

2.5.4 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก (AATCC 61-2A)

ชิ้นงานจะอยู่ภายใต้การทดสอบที่เครื่องควบคุมสภาวะการซัก ตามวิธีการทดสอบมาตรฐาน AATCC 61-2A ควบคุมอุณหภูมิ ผงซักฟอก ตามมาตรฐาน AATCC 61-2A โดยทดสอบเพื่อประเมินการเปื้อนสีของผ้าประกบ (Multifiber) เปรียบเทียบกับเกรย์สเกลประเมินเปื้อนสี

2.5.5 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (AATCC 8)

การทดสอบทางด้านความคงทนของสีของชิ้นงาน ตามวิธีการทดสอบมาตรฐาน AATCC 8 ทดสอบการขัดถูด้วยผ้าสีขาวทั้งในสภาพที่แห้งและเปียก โดยการประเมินค่าหลังการขัดถูจะใช้ Gray scale for color staining ในการประเมินค่าการติดเปื้อนของสี

2.5.6 การทดสอบการขึ้นขนของผ้า (มาตรฐาน BS 5811)

การทดสอบการขึ้นขนของผ้า ตามวิธีการทดสอบมาตรฐาน มาตรฐาน BS 5811 โดยชิ้นงานจะถูกตัดในแนวด้ายยืนและด้ายพุ่ง เพื่อใช้ในการทดสอบการขึ้นขน ทดสอบด้วยเครื่อง Testing Box และประเมินค่า

การประเมินค่า

ใช้การประเมินตามมาตรฐาน BS5811 โดยมีแผ่นลักษณะการขึ้นขนของผ้าแต่ละระดับ ทดสอบภายในตู้ควบคุมแสง

ภาพที่ 2.17 การประเมินค่า Pilling Standard Knitted Single Jersey

2.5.7 การทดสอบระยะทางที่น้ำซึมของผ้าฝ้ายถัก (มาตรฐาน JIS L1907)

ทดสอบระยะทางที่น้ำซึมของผ้า ตามวิธีการทดสอบมาตรฐาน JIS L1907 โดยนำชิ้นปลายทดสอบ 2 ซม. จุ่มลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำ แล้วจับเวลา 10 นาที เพื่อดูระยะทางการน้ำซึมของผ้า

2.5.8 การทดสอบความเรียบของผ้าฝ้ายถัก (มาตรฐาน AATCC 124)

ทดสอบความเรียบของผ้าตามวิธีการทดสอบมาตรฐาน AATCC 124 เป็นการวัดความเรียบจากการซักด้วยเครื่องซักผ้า และใช้ผงซักฟอกตามมาตรฐาน AATCC แล้วทำให้แห้งเครื่องอบผ้าแบบปั่นแห้ง แล้วนำผ้าที่ได้มาประเมินความเรียบด้วยแผ่น Three dimensional smoothness appearace replias โดยมีเกณฑ์การให้เกรดความเรียบดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 5 เกรดความเรียบของ SA Replica

เกรด	คำอธิบาย
SA-5	เรียบมากไม่มีความยับ
SA-4	เรียบ
SA-3.5	เรียบปานกลางแต่ไม่ถึงเรียบมาก
SA-3	มีรอยยับเล็กน้อย
SA-2	เริ่มมีรอยยับย่น เห็นรอยยับค่อนข้างชัดเจน
SA-1	มีรอยยับอย่างชัดเจนและมีการยับอย่างรุนแรง

การประเมินค่า มีวิธีการดังต่อไปนี้

1. คนที่ฝึกสำหรับการดูค่า 3 คน
2. ใช้ไฟ Fluorescent สำหรับดู ซึ่งต้องอยู่ทางด้านบนศีรษะ โดยไฟดวงอื่นต้องปิดหมด
3. ผู้สังเกตต้องยืนด้านหน้าห่างจาก Board ระยะ 120+/-3 ซม.
4. ทำการวางชิ้นงานทดสอบและเปรียบเทียบกับ Three dimensional smoothness appearace replias
5. ค่าประเมินควรประเมินควรจะเป็นค่าที่ใกล้เคียงเท่าที่จะทำได้และเป็นค่าเฉลี่ยจากคนทั้ง 3 คน

2.5.9 การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ (มาตรฐาน มอก. 121 เล่ม 4 – 2552)

ทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อตามมาตรฐาน มอก. 121 เล่ม 4 – 2552 โดยลดขนาดชิ้นทดสอบ มีวิธีการทดสอบดังนี้

2.5.9.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ตัดตัวอย่างผ้าทอให้เป็นชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร แล้วประกบติดด้วยผ้ามัลติไฟเบอร์ขนาด 50 มิลลิเมตร × 50 มิลลิเมตร และเย็บติดเพียงด้านเดียวด้วยด้ายเย็บที่ไม่มีสารเรืองแสง โดยให้ด้านหน้าผ้าของชิ้นทดสอบติดกับผ้ามัลติไฟเบอร์

2.5.9.2 การทดสอบ

วางชิ้นทดสอบลงบนจานที่มีก้นแบนเรียบ โดยแยกชิ้นทดสอบสำหรับสารละลายเหงื่อเทียมกรด และเหงื่อเทียมด่าง (เตรียมสารละลายเหงื่อเทียมกรด–ด่าง ตามมาตรฐาน มอก. 121 เล่ม 4 – 2552) ออกเป็นคนละส่วน เทสารละลายเหงื่อเทียมลงบนชิ้นทดสอบ ด้วยอัตราส่วนของเหลวต่อวัสดุ 50 : 1 ให้ชิ้นทดสอบเปียกให้ทั่ว และแช่ชิ้นทดสอบไว้ในสารละลายนี้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที กดและขยับชิ้นทดสอบเป็นครั้งคราว เพื่อให้ชิ้นทดสอบเปียกสารละลายโดยทั่วถึง เมื่อครบเวลาเทสารละลายออกและใช้แท่งแก้ว 2 แท่งบีบสารละลายที่มากเกินออก จากนั้นวางชิ้นทดสอบไว้บนแผ่นอะคริลิกเรซิน นำแผ่นอะคริลิกเรซินทั้งหมด 21 แผ่น ที่มีหรือไม่มีชิ้นทดสอบอยู่ วางใส่ในอุปกรณ์ชุดทดสอบเหงื่อ (Perspirometer) ที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หลังจากวางแผ่นอะคริลิกเรซิน ปรับอุปกรณ์ทดสอบให้มีแรงกดบนชิ้นทดสอบ 12.5 กิโลพาสคัล โดยการวางตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัม ทับบนอุปกรณ์ หมุนสกรูเพื่อยึดแผ่นเหล็กของอุปกรณ์ให้แน่น แล้วน้ำตุ้มน้ำหนักออก นำอุปกรณ์ชุดทดสอบเหงื่อที่มีชิ้นทดสอบอยู่เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบ คลี่ตัวอย่างออกจากผ้าประกบ แล้วผึ่งให้แห้งในอากาศที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส โดยกางชิ้นทดสอบและผ้าประกบออกจากกัน เมื่อแห้งแล้วนำไปประเมินการเปลี่ยนแปลงสีของตัวอย่าง และการ

เปื้อนสีของผ้าระกบ โดยเทียบกับตัวอย่างและผ้าประกบก่อนการทดสอบ โดยใช้เกรย์สเกลตาม มอก. 121 เล่ม 14

2.5.10 การหาค่าความเข้มของการติดสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

นำผ้าฝ้ายถักหลังชุบมันที่ผ่านการย้อมสีแล้วไปวัดค่า L*, a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี เมื่อค่า L* เป็นค่าความสว่าง ค่า a* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว และค่า b* ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน ส่วนค่าความเข้มสีของผ้าได้จากการวัดค่าการสะท้องแสงของผ้าด้วยเครื่องเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แล้วคำนวณค่าความเข้มสี (K/S)

ระบบสี CIE L*a*b* หรือ CIELAB เป็นระบบการวัดสีที่คำนึงถึงองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1. Light source คือ แหล่งก าเนิดแสง เช่น แสงมาตรฐาน D 65
2. Color object คือ วัตถุมีสี
3. Observer คือ ผู้สังเกตการณ์

CIELAB เป็นระบบการวัดสีที่พัฒนาจากระบบ CIE Tristimulus Value (x, y และ z) และ CIE Chromaticity Coordinates (x, y และ Y) โดยปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงจนสามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอและใกล้เคียงกับความแตกต่างของสีที่ตามองเห็น

โดย L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)

L = 0 สีที่ได้จะมืดเป็นสีดำ

L = 100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว

a* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว

a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง

a เป็น - วัตถุมีสีออกเขียว

b* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง

b เป็น – วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

นอกจากจะบอกความแตกต่างด้วยค่า ΔL^*, Δa^*, Δb^* แล้ว สามารถบอกเป็นค่าความ แตกต่างของสีโดยรวมระหว่างตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐาน (total color difference) ΔE^*

เมื่อ $\Delta E^* = [(\Delta L^*)2 + (\Delta a^*)2 + (\Delta b^*)2\ ]\ ½$

ค่า K/S คือ ค่าที่คำนวณจากค่าการสะท้อนแสงตามทฤษฎีของ Kubelka-Munk โดย ทฤษฎีดังกล่าวจะมีพารามิเตอร์ที่สำคัญ 2 ค่า คือ K และ S

K = ค่าการดูดกลืนแสงของชิ้นตัวอย่าง

S = ค่าการกระเจิงแสงของชิ้นตัวอย่าง

สำหรับงานวัสดุสิ่งทอ จะถือว่าไม่มีการกระเจิงแสงในวัสดุที่ย้อมติดสีเพราะสีที่ใช้ย้อมจะละลายเข้าไปอยู่ในเนื้อเดียวกันกับวัสดุที่ใช้ย้อมดังนั้นค่า K และ S ของสีและของวัสดุจะถือเป็นค่า เดียวกันค่า K/S แสดงในสมการ

$$K/S = \frac{(1-R^2)}{2R}$$

เมื่อ R = ค่าการสะท้อนแสงของชิ้นตัวอย่างเป็นเศษส่วน

2.5.11 การประเมินการเปลี่ยนสีและการเปื้อนสีโดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือ

ประเมินการเปลี่ยนสีและการเปื้อนสีโดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือตามมาตรฐาน มอก. 121 เล่ม 14 – 2552 มีวิธีการทดสอบดังนี้

2.5.12.1 การใช้เกรย์สเกลประเมินการเปลี่ยนสี

วางชิ้นตัวอย่างก่อนการทดสอบ (original textile) และชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบแล้วเคียงข้างกันบนพื้นราบและทิศทางเดียวกัน จากนั้นนำเกรย์สเกลมาวางข้าง ๆ บนพื้นราบเดียวกัน สภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นควรเป็นสีเทา ซึ่งมีความสว่างอยู่กึ่งกลางระหว่างแถบสีระดับ 1 และแถบสีระดับ 2 ของเกรย์สเกล (ประมาณ มันเซลล์ N5; Munsell N5) หากมีการรบกวนจากแสงสีด้านหลังของสิ่งทอให้ใช้ชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบ 2 ชั้น หรือมากกว่าวางรองไว้ข้างใต้ทั้งชิ้นทดสอบ และชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบ ใช้แสงมาตรฐาน D65 โดยมีความเข้มแสง 600 ลักซ์ หรือมากกว่าส่องที่พื้นผิวทำมุม 45 องศา โดยประมาณ โดยทิศทางการมองต้องตั้งฉากกับพื้นผิว เปรียบเทียบความแตกต่างที่เห็นระหว่างชิ้นทดสอบและชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบด้วยความแตกต่างที่แทนที่ด้วยเกรย์สเกล

ในการทดสอบนี้ผู้ทดสอบใช้ เกรย์สเกล 9 ระดับ ระดับความคงทนของสีของชิ้นทดสอบ คือ ตัวเลขของเกรย์สเกลซึ่งมีความแตกต่างสอดคล้องกับความแตกต่างของชิ้นทดสอบที่เปลี่ยนไปและชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบ ระดับความคงทนของสีระดับ 5 หมายความว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างชิ้นทดสอบ และชิ้นตัวอย่างก่อนการทดสอบ

2.5.12.2 การใช้เกรย์สเกลประเมินการเปื้อนสี

ประเมินระดับการเปื้อนสีของผ้าประกบ (adjacent fabrics) จากผลการทดสอบความคงทนของสี โดยการเปรียบเทียบสีหรือความแตกต่างของสีที่เปื้อนและไม่เปื้อนบนผ้าประกบ โดยใช้เกรย์สเกลสำหรับการเปื้อนสี(gray scale for staining) ในการทดสอบนี้ผู้ทดสอบใช้ เกรย์สเกล 9 ระดับ เป็นเกรย์สเกลที่มีการเพิ่มเติมแถบที่ใช้ แทนค่าความคงทนของสีครึ่งหนึ่ง ในแต่ละระดับ ได้แก ระดับ 4-5 ระดับ 3-4 ระดับ 2-3 และระดับ 1-2

ระดับ 5 แถบสีขาวแถบแรก เป็นแถบสีขาวที่มีค่า Y Tristimulus ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 และแถบสีขาวแถบที่สอง เป็นแถบสีขาวที่เหมือนแถบแรก

ระดับ 4 ถึง 1 แถบสีขาวแถบแรก เป็นแถบสีขาวที่มีค่า Y Tristimulus ไม่ น้อยกว่า ร้อยละ 85 เช่นเดียวกับระดับ 5 และแถบที่สอง เป็นแถบสีเทาที่เข้มกว่าเป็นลำดับในแต่ละคู่ ซึ่งค่าความคงทนของสีในแต่ละคู่

2.5.12.3 ความแตกต่างของสีเทียบกับระดับความคงทนของสี

ค่าความแตกต่างนี้จะวัดแถบสีเทาด้วยสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ภาวะการวัดรวมความมันเงา คำนวณด้วยมาตรฐาน CIE 1964 ดังแสดงในตารางที่ 2.8 ที่มีทิศทางของมุมมอง 10 องศาภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65

ตารางที่ 2.8 ความแตกต่างของสีเทียบกับระดับความคงทนของสี

ความคงทนของสี (ระดับ)	ความแตกต่างของสี (ΔE_{CIELAB})	ค่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้
5	0	± 0.2
4–5	2.2	± 0.3
4	4.3	± 0.3
3–4	6.0	± 0.4
3	8.5	± 0.5
2–3	12.0	± 0.7
2	16.9	± 1.0
1–2	24.0	± 1.5
1	34.1	± 2.0

จากการอ่านผลค่าความคงทนของสีในเกรย์สเกล 9 ระดับ มีการอ่านค่าแบบระหว่างกลางด้วย ทำให้มีปัญหาในการนำค่าไปทดสอบความแปรปรวนทางสถิติ เนื่องจากค่า

4–5, 3–4, 2–3 และ 1–2 ไม่สามารถนำไปคำนวณได้ ดังนั้นผู้ทดสอบจึงทำการบันทึกผลการเปรียบเทียบใหม่โดยตีความเป็นระดับหมายเลขที่มีทศนิยมแทน ตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ระดับหมายเลขผลการเปรียบเทียบเกรย์สเกลกับระดับความคงทนของสี

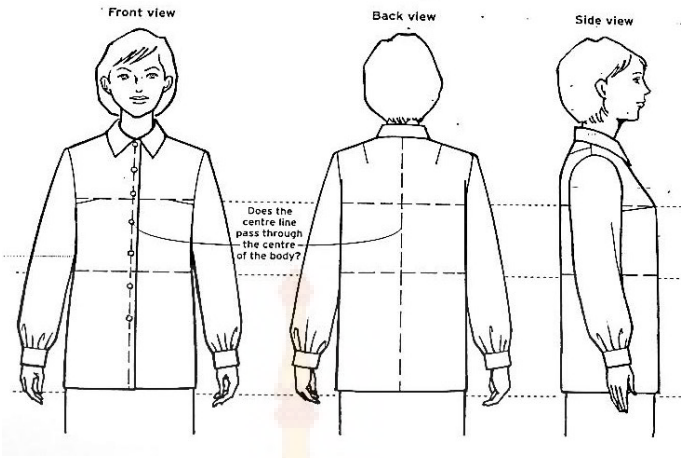
ความคงทนของสี (ระดับ)	หมายเลขการจดบันทึกผลผลการเปรียบเทียบ (ระดับ)	ผลต่อความคงทนของสี
5	5.0	ความคงทนของสีสูง ↑ ความคงทนของสีต่ำ
4–5	4.5	
4	4.0	
3–4	3.5	
3	3.0	
2–3	2.5	
2	2.0	
1–2	1.5	
1	1.0	

2.6 การออกแบบผลิตภัณฑ์

2.6.1 ขั้นตอนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เสื้อนิตเชิ้ต

2.6.1.1 การสร้างแบบ (Patten)

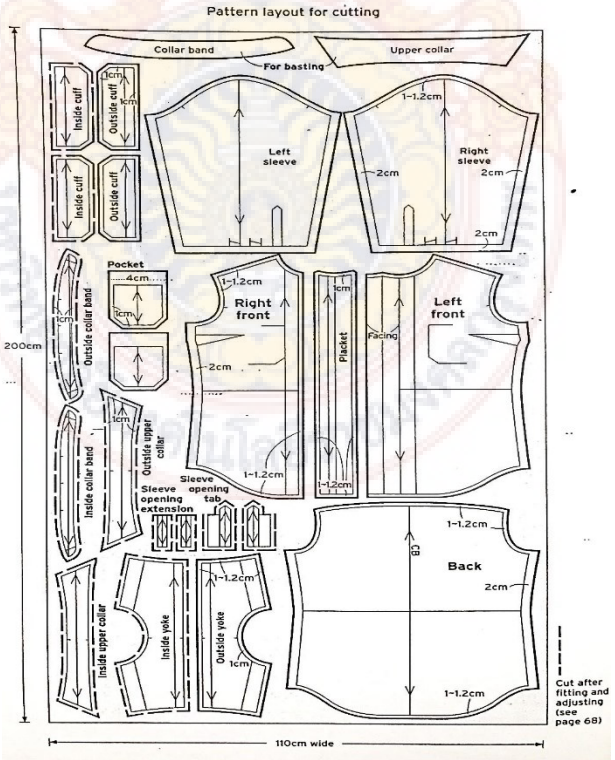
ในการสร้างแบบตัดเสื้อนิตเชิ้ตตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 2.18 ได้สร้างแบบตัดจำนวน 9 ชิ้น ตามส่วนประกอบทั้งหมดของเสื้อนิตเชิ้ตหญิงแขนยาว 1 ตัว ประกอบไปด้วย ชิ้นหน้าด้านซ้าย 1 ชิ้น ชิ้นหน้าด้านขวา 1 ชิ้น ชิ้นหลัง 1 ชิ้น สาบไหล่ 2 ชิ้น แขนเสื้อ 2 ชิ้น ปกเสื้อบน 1 ชิ้น และ ฐานปกเสื้อ 1 ชิ้น



ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างการสร้างแบบเสื้อนิตเชิ้ต

2.6.1.2 การวางแบบตัดเสื้อนิตเชิ้ต

การตัดวางชิ้นรูปแบบเพื่อไม่ให้เสียผ้าเมื่อตัดออก ตัดเสื้อท่อนบนด้านหน้าและด้านหลัง ดังแสดงในภาพที่ 2.19 โดยจะวาดแบบลงบนกระดาษก่อน เพื่อเตรียมก่อนปูทับผ้าก่อนที่จะเริ่มวางแบบตัด ต้องตรวจดูแต่ละชิ้นส่วนของแบบตัดนั้นและต้องวางเกรนผ้าให้ถูกต้องและเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างการวางแบบตัดเสื้อนิตเชิ้ต

2.6.1.3 การปูผ้า

การปูผ้าสามารถปูได้ด้วยมือและปูได้ด้วยคอมพิวเตอร์มีหลักในการปูดังนี้

1. หาตำแหน่งรอยต่อของผ้าดูได้จากการวางแบบตัด ได้ 2-3 แห่ง ระยะซ้อนของการวางแบบตัดอย่าให้กว้างมากจะสูญเสียผ้า

2. ปูกระดาษขาวบนโต๊ะก่อนลงมือปูผ้าชั้นที่ 1 เพื่อให้เกิดช่องว่างให้ใบมีดตัดทำงาน

3. ถ้าผ้าหัวม้วนเปื้อน สกปรก ยับ ควรตัดออก

4. ปูผ้าชั้นที่ 1 เท่ากับความยาวของจุดที่กำหนด

5. ผ้าที่ปูทุกชั้นต้องเรียบ ไม่ตึง และไม่มีลมอยู่ระหว่างชั้น

6. รักษาผ้าข้างหนึ่งให้เรียบเสมอ

7. มีกระดาษขั้นระหว่างม้วนผ้า

8. จดบันทึกของผ้าแต่ละม้วน และจำนวนชั้น

9. ปูผ้าจนครบตามแผนใช้แบบมาร์คเกอร์ปูทับด้านบนสุด

2.6.1.4 การตัดผ้า

การตัดผ้าการตัดผ้าในอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปมีทั้งชนิดตัดด้วยมือและตัดด้วยคอมพิวเตอร์พราน ในการตัดผ้านั้นควรลับใบมีดบ่อยครั้งจากนั้นทำการตัดชิ้นเล็กก่อนจึงตัดชิ้นงานใหญ่

2.6.1.5 การเย็บ

กระบวนการเย็บผ้าจากขั้นตอนการเย็บเสื้อเชิ้ตทั้งกระบวนการ ผู้วิจัยได้เลือกขั้นตอนการเย็บจำนวน 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเย็บสาบเสื้อชั้นหน้าด้านขวาการเย็บประกอบหัวแขนเสื้อกับวงแขนตัวเสื้อและการเย็บชายเสื้อซึ่งแต่ละขั้นตอนมีความแตกต่างกันของความยาวของตะเข็บความโค้งของตะเข็บลักษณะการจับชิ้นงานและจำนวนชิ้นงานเพื่อเย็บเป็นต้นดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การเย็บสาบเสื้อชั้นหน้าด้านขวา มีขั้นตอนการเย็บดังต่อไปนี้

1.1 หยิบสาบเสื้อชั้นหน้าด้านขวาวางได้ตีนผี

1.2 เย็บจากด้านผิดของตัวเสื้อ

1. 3 เย็บชิ้นงานแบบต่อเนื่องโดยไม่มีการเย็บตะเข็บจากนั้นดึงชิ้นงานกลับมาตัดในคราวเดียว

2. การเย็บประกอบหัวแขนเสื้อกับวงแขนตัวเสื้อ มีขั้นตอนการเย็บดังต่อไปนี้

2. 1 หยิบชิ้นแขนเสื้อกับชิ้นตัวเสื้อมาวางให้ด้านถูกประกบกัน

2. 2 ให้ริมของผ้า ณ จุดเริ่มต้นการเย็บเสมอกัน

2. 3 ชิ้นของแขนเสื้ออยู่ด้านบนของชิ้นของตัวเสื้อ

2. 4 เย็บที่ด้านผิดของตัวเสื้อโดยเย็บงานทั้งด้านซ้ายและด้านขวา

2. 5 เย็บทีละตัวจนเสร็จจากนั้นจึงตัดด้ายเมื่อเย็บเสร็จ

3. การเย็บชายเสื้อ มีขั้นตอนการเย็บดังต่อไปนี้

3. 1 หยิบชิ้นงานวางใต้ตีนผี

3. 2 เริ่มเย็บจากชิ้นหน้าด้านซ้ายโดยเริ่มเย็บจากด้านขอบตัวเสื้อ

3. 3 ริมผ้าเสมอกับอุปกรณ์ช่วยเย็บ

3. 4 เย็บทีละตัวจากนั้นจึงตัดด้ายเมื่อเย็บเสร็จ

ภาพที่ 2.20 เสื้อนิตเชิ้ตตัวอย่าง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวจะทำกับผ้าทอฝ้ายเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการนำเส้นใยฝ้ายมาผลิตเป็นผ้าถัก และนำมาชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากการชุบมันเป็นการทำให้ผ้าฝ้ายมีความสามารถในการดูดซับน้ำและสีย้อมได้ดีขึ้น เพิ่มความเงามัน และมีความแข็งแรงมากขึ้น และในปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการใช้ผ้าฝ้ายสูง ทำให้การชุบมันผ้าฝ้ายถัก

สามารถที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ต่าง ๆ ได้อีกมาก ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการชุบมันดังนี้

การวัดระดับการชุบมันผลิตภัณฑ์สิ่งทอ โดยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (กันยารัตน์ เหลืองบริบูรณ์, 2543) การชุบมันเป็นขั้นตอนหนึ่งของการเตรียมผ้าหรือด้ายฝ้ายก่อนย้อมเพื่อปรับปรุงสมบัติของเส้นใยให้ดีขึ้น ผ้าหรือด้ายฝ้ายที่ผ่านการชุบมันแล้วจะถูกตรวจสอบเพื่อดูว่าการชุบมันที่กระทำไปสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด หรืออีกนัยหนึ่งเป็นการวัดระดับการชุบมัน การทดสอบหาระดับการชุบมันที่นิยมทำกันในปัจจุบันจะอิงมาตรฐานการทดสอบของ American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC) หมายเลข 89 ซึ่งเป็นการทดสอบที่ต้องใช้เวลานานและต้องมีความชำนาญสูง จึงมีผู้พยายามที่จะใช้วิธีอื่น ๆ ในการวัดหาระดับการชุบมัน เช่น ใช้เทคนิคใกล้อินฟราเรดหาความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลเซลลูโลสกับค่าแบเรียมแอกทิวิตี ใช้เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันวัดหาปริมาณผลึกและอสัณฐานของฝ้ายชุบมันเนื่องมาจากการชุบมันทำให้โครงสร้างผลึกและปริมาณผลึกในฝ้ายเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลึกในโครงสร้างน่าจะสัมพันธ์กับระดับการชุบมันและความสมบูรณ์ของการชุบมันด้วย รวมถึงสมบัติทางด้านการย้อมของเส้นใยที่ผ่านการชุบมัน เส้นใยจะมีความชื้นสัมพัทธ์และการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นทำให้มีอัตราการดูดซึมสีย้อมสูงขึ้นด้วย จึงได้มีการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแบเรียมแอกทิวิตีและค่าดัชนีความเป็นผลึก / ค่าความแข็งแรงของผ้า / ค่าความเข้มของสีผ้า วิธีการทดลองที่ใช้คือการหาดัชนีความเป็นผลึกด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน การหาความแข็งแรงของผ้าถักด้วยการหาค่าความต้านทานแรงดันทะลุ ความแข็งแรงของผ้าทอจากค่าแรงดึงขาดและค่าการดูดซึมสีย้อมจากค่าความเข้มของสีผ้าย้อม จากผลการทดลองพบว่าค่าแบเรียมแอกทิวิตีกับค่าดัชนีความเป็นผลึกมีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน / ค่าแบเรียมแอกทิวิตีกับค่าความแข็งแรงของผ้าหรือค่าความเข้มของสีผ้ามีความสัมพันธ์ไปในแนวเดียวกัน และความสัมพันธ์ข้างต้นนี้จะยังคงเดิมเสมอเมื่อผ้าถูกชุบมันที่ภาวะการชุบมันเดียวกัน ทำให้สามารถนำกราฟความสัมพันธ์มาใช้เป็นกราฟอ้างอิงหาระดับของการชุบมันจากค่าแบเรียมแอกทิวิตีในกราฟเมื่อทราบค่าดัชนีความเป็นผลึกในผ้าชุบมัน ทราบค่าความแข็งแรงของผ้าชุบมัน และทราบค่าความเข้มของสีผ้าย้อม

การชุบมันผ้าฝ้ายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่ำที่อุณหภูมิต่ำ (วรวรรณ อัศเวศน์, 2542) โดยทั่วไปการชุบมันผ้าฝ้ายจะทำการชุบมันในอ่างซึ่งบรรจุสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นสูงประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ หลังจากทำการชุบมันแล้ว น้ำเสียที่เกิดจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะถูกทำให้เป็นกลางด้วยกรดในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย งานวิจัยนี้เสนอถึงความเป็นไปได้ในการชุบมันผ้าฝ้ายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ โดยผ่านการชุบมันที่อุณหภูมิต่ำ ผ้าฝ้ายทอและผ้าฝ้ายถัก ถูกชุบ

มันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10-30 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส และถูกนำไปทดสอบหาระดับการชุบมัน การดูดซับสีย้อม ความแข็งแรงและความเป็นกรดด่าง ผ้าที่ถูกชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ จะให้ระดับการชุบมันใกล้เคียงกันกับผ้าที่ไม่ผ่านการชุบมัน แต่ให้การดูดซับสีย้อม ความแข็งแรงและการยืดตัวสูงกว่า ขณะที่ผ้าชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 15-30 เปอร์เซ็นต์ ให้ระดับการชุบมันการดูดซับสีย้อม ความแข็งแรงและการยืดตัวดีกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการชุบมัน เพื่อให้ได้ผลการชุบมันที่ยอมรับได้ ผ้าฝ้ายควรถูกชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นไม่ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองนี้ได้เสนอแนะภาวะการชุบมันที่เหมาะสม คือ ชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 10-20 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาในการชุบมัน 30 วินาที

ผลของคุณสมบัติเส้นใยเมนดง (หญ้าหนวดปลาดุก, Fimbristylis globulosa) ต่อการชุบมัน (Heru Suryanto และคณะ, 2019) ศึกษาโดยการแช่เส้นใยในสารละลายด่างที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2.5, 5.0, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ทดสอบสมบัติแรงดึงและโครงสร้างของเส้นใยโดยการทดสอบแรงดึงเส้นใยเดี่ยวและใช้วิธีเอกซเรย์ดิฟแฟรกชั่น (XRD) ตามลำดับ ดูลักษณะกลุ่มฟังก์ชันและสัณฐานวิทยาของเส้นใยโดยการใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (FTIR) และ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ผลการศึกษาพบว่าคุณสมบัติโครงสร้างผลึกของเส้นใยเมนดง (หญ้าหนวดปลาดุก) มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างปรับสภาพโดยใช้ด่าง โดยชี้ให้เห็นว่าระดับของผลึกและดัชนีผลึกของเส้นใยเมนดง (หญ้าหนวดปลาดุก) เพิ่มขึ้นด้วยกระบวนการชุบมันโดยใช้สารละลายอัลคาไลน์คือโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าความต้านทานแรงดึงที่เหมาะสมอยู่ที่ 497 เมกกะปาสคาล (MPa) ทำได้โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

ผลของการปรับสภาพด้วยอัลคาไลน์หรือแอมโมเนียเหลวต่อเซลลูโลสแบบผลึก: การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกและผลกระทบต่อความสามารถในการย่อยของเอนไซม์ (Ashutosh Mittal และคณะ, 2011) ในการเปลี่ยนชีวมวลเป็นไบโอเอทานอล กระบวนการเตรียมผ้าเป็นขั้นตอนสำคัญ เพื่อทำให้เซลลูโลสสามารถตอบสนองและเข้าถึงเอนไซม์เซลลูเลสได้มากขึ้นและเพิ่มผลผลิตกลูโคส ในการศึกษานี้มีตัวอย่างเซลลูโลสสี่ตัวอย่างที่มีระดับพอลิเมอไรเซชันและดัชนีการตกผลึกต่างกัน โดยต้องผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแอมโมเนียเหลวปราศจากน้ำ ศึกษาผลของการปรับสภาพที่มีต่อโครงสร้างของผลึกเซลลูโลสนอกเหนือจากผลของความสามารถในการย่อยของเซลลูโลสโดยเซลลูโลสคอมเพล็กซ์

จากการเอกซเรย์ดิฟแฟรกชั่น (XRD) และนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปี (NMR) พบว่าการปรับสภาพด้วยแอมโมเนียเหลวทำให้เกิดเซลลูโลส IIII อัลโลมอร์ฟ อย่างไรก็ตาม ความเป็นผลึกขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการปรับสภาพ เมื่อปรับสภาพที่อุณหภูมิต่ำ (25 ° C) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีผลึกน้อยลงในขณะที่ปรับสภาพที่อุณหภูมิสูงขึ้น (130 ° C หรือ 140 ° C) จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผลึกมากกว่า การปรับสภาพเซลลูโลส I ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (16.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ส่งผลให้เกิดเซลลูโลส II แต่ยังผลิตเซลลูโลสที่มีผลึกน้อยกว่ามาก ความสามารถในการย่อยสลายสัมพัทธ์ของเซลลูโลสอัลโลมอร์ฟที่แตกต่างกันได้รับการทดสอบโดยการเปิดเผยตัวอย่างเซลลูโลสที่ผ่านการปรับสภาพและไม่ผ่านการปรับสภาพกับส่วนผสมของเอนไซม์เชิงพาณิชย์ (Genencor-Danisco; GC 220) การปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้เกิดเซลลูโลสที่ย่อยได้มากที่สุดตามด้วยการปรับสภาพด้วยแอมโมเนียเหลวที่อุณหภูมิต่ำ

การชุบมันในดีแก๊สเซอร์สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Seung Il Kim และคณะ, 2006) ทดสอบการใช้กระบวนการแยกแก๊สกับกระบวนการชุบมัน พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายที่ชุบในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ผ่านการแยกแก๊สแล้วนั้นดีกว่าผ้าที่ชุบในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ระดับการซึมผ่านของสารละลายแยกแก๊สทดสอบโดยการวัดความสูง โดยความสูงของการดูดน้ำ (Wicking) ในสารละลายที่ผ่านการแยกแก๊สโดยไม่มีสารช่วยเปียก (wetting agen) จะสูงกว่าสารละลายอิ่มตัวที่มี 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของสารช่วยเปียก (wetting agen)

การศึกษาผลเอกซเรย์ดิฟแฟรกชั่น (XRD) ของเส้นใยปอปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และแอมโมเนียเหลวที่ปราศจากน้ำ (Kh. M. Mannan, 1993) เส้นใยปอธรรมชาติที่ผ่านการชุบมันด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 เปอร์เซ็นต์ และแอมโมเนียเหลว เกิดการเปลี่ยนกลับเป็นสัณฐานตามธรรมชาติเมื่อซักด้วยน้ำ การปรับสภาพด้วยการชุบมันจะสร้างเนื้ออสัณฐานมากกว่าเซลลูโลส I เป็นการแปลงเซลลูโลส II เส้นศูนย์สูตรเอกซเรย์ดิฟแฟรกชั่น (XRD) ที่ได้จากตัวอย่างเหล่านี้ได้รับการวิเคราะห์โดยฟังก์ชันที่เข้ากับกราฟมากที่สุดโดยให้น้ำหนักที่เหมาะสมกับในพีคขององค์ประกอบโคชี (Cauchy) และ เกาส์เซียน (Gaussian) คำนวณขนาดอนุภาคหลังจากใช้วิธีการแยกส่วนของสโตกส์เพื่อแก้ไขการขยายของเครื่องมือ ความยากในการชุบมันเส้นใยธรรมชาตินี้เกิดจากปริมาณลิกนินและเฮมิเซลลูโลสที่อยู่โดยรอบเซลลูโลส I สูงขึ้น ดังนั้นจึงทำการลดการบวมซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการชุบมัน

การใช้แคทไอออนิกและชุบมันร่วมกันเพื่อเตรียมสำหรับการย้อมสีแก่ในเส้นใยรามี (Mosin Naikwade, 2017) ในการผลิตเฉดสีแก่ เส้นใยรามีจะต้องผ่านการปรับสภาพด้วยแคทไอออนิก ชุบมันด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (สภาวะหย่อนและตึง) และชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว โดยตัวอย่างก่อนปรับสภาพและตัวอย่างที่ผ่านการย้อมสีที่ความเข้มข้น 0.5 ถึง 7 เปอร์เซ็นต์ (ต่อมวลเส้นใย (o.m.f)) ของสีย้อมรีแอคทีฟ Liyuansol Red FL-2BL นำมาทดสอบคุณสมบัติการย้อมสี โดยทดสอบการดูดซับสี

การติดสี ความสม่ำเสมอของสี ความคงทนของสีต่อการซัก และความคงทนของสีต่อการขัดถู ผลการวิจัยพบว่าการปรับสภาพเหล่านี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับสี การติดสี บนเส้นใยรามี โดยไม่สูญเสียความคงทน สำหรับตัวอย่างก่อนปรับสภาพและหลังปรับสภาพ ปริมาณการดูดซึมน้ำของสีย้อมจะเพิ่มขึ้นในเชิงเส้นเมื่อสีย้อมเพิ่มขึ้นต่อมวลเส้นใย การปรับสภาพด้วยแคทไอออนิกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับสี ติดสี อยู่ที่ 89 และ 98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าการสะท้อนแสงตามทฤษฎีของ Kubelka-Munk (K/S) มีค่าสูงสุดกว่าเส้นใยทั้งหมดที่ได้รับการปรับสภาพ ความสม่ำเสมอของสีเป็นที่ยอมรับและใกล้เคียงกันกับเส้นใยรามีที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและเส้นใยรามีที่ผ่านปรับสภาพ ยกเว้นผ้าที่ผ่านการปรับสภาพด้วยแคทไอออนิกย้อมสีที่ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ต่อมวลเส้นใย ซึ่งความสม่ำเสมอของสีมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง นอกจากนี้ยังใช้แบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับของ Freundlich และ Langmuir เพื่อศึกษาการดูดซับสีย้อมบนเส้นใยรามี พบว่ากระบวนการดูดซับทั้งหมดเหมาะสมกับแบบจำลอง Freundlich

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุ สารเคมี และอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ สารเคมี

(1) ผ้าฝ้ายถักจำนวน 3 โครงสร้าง คือ ซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่ พีเก้ และอินเทอร์ล็อก จาก บริษัท วรกิจเท็กซ์ไทล์ จำกัด

(2) แอมโมเนียเหลว

(3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (คอสติกโซดา หรือ โซดาไฟ)

(4) ผ้าประกบ No.2A ประกอบด้วย acetate, cotton, nylon, polyester , acrylic, wool ตามลำดับ

(5) น้ำกลั่น

(6) สารโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium hypochlorite)

(7) สารโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate)

(8) ผ้าสีขาวที่ใช้เป็นตัวขัดถู ขนาด 5x5 เซนติเมตร

(9) สีครามธรรมชาติ จากจังหวัดนครปฐม

(10) ไธโอยูเรียไดออกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จาก บริษัท สตาร์ เทค เคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด

3.1.2 อุปกรณ์

(1) เครื่องถักแบบวงกลม ยี่ห้อ Fukuhara Industrial & Trading ที่บริษัท วรกิจ เท็กซ์ไทล์ จำกัด

(2) เครื่อง Lafer Permafix Ammonia Mercerizing ยี่ห้อ KYOTO MACHINERY รุ่น Raffel ที่บริษัท เอสเอสดีซี (ไทเกอร์เท็กซ์) จำกัด

(3) กล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน ยี่ห้อ AmScope รุ่น X4-1000x

(4) เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Datacolor รุ่น 600™

(5) เครื่องตัดชิ้นงานตัวอย่างแบบใบมีดทรงกลม ยี่ห้อ James H. Heal รุ่น JH-913

(6) เครื่องทดสอบการยืดตัว ยี่ห้อ SDL ATLAS รุ่น M031

(7) เครื่องซักผ้า ยี่ห้อ Whirlpool รุ่น 3LWTW4815FWO

(8) เครื่องอบผ้า ยี่ห้อ Whirlpool รุ่น 3XLER5437KQ

(9) ปากกาเขียนผ้า (mark pen)

(10) ผงซักฟอกตามมาตรฐาน AATCC 135

(11) ไม้บรรทัด

(12) Ballast: ผ้าที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนัก

(13) เครื่องซัก Launder-Ometer ยี่ห้อ SDL ATLAS รุ่น M228AA

(14) กระบอกสแตนเลส ที่มีฝาล็อค ขนาด 500 มิลลิลิตร

(15) ลูกสแตนเลส เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 มิลลิเมตร

(16) ที่วางสำหรับยึดกระบอกสแตนเลสในเครื่องซัก

(17) เกรย์สเกลประเมินเปื้อนสี (Gray scale for color staining)

(18) เครื่องทดสอบการขัดถู ยี่ห้อ SDL ATLAS รุ่น CM-1

(19) เครื่องทดสอบขน ยี่ห้อ JAMES H.HEAL รุ่น 116/1088

(20) ท่อยางโพลียูรีเทน (Polyurethane specimen tubes)

(21) แผ่น Three dimensional smoothness appearace replias

(22) เตารีด

(23) กรรไกร

(24) เครื่องวัดความหนา ยี่ห้อ SDL ATLAS รุ่น M034E

(25) เครื่องทดสอบความแข็งแรง ยี่ห้อ HOUNSFIELD รุ่น H5KS-1384

(26) บิวเรตและสแตนด์พร้อมที่หนีบบิวเรต

(27) สะดึง

(28) ขาตั้ง

(29) นาฬิกา

(30) บีกเกอร์

3.2 วิธีดำเนินการ

3.2.1 การถักผ้าฝ้าย

นำเส้นด้ายฝ้ายเบอร์ 60/2 จากบริษัทอุตสากรรมรามาเท็กซ์ไทล์ (1988) จำกัด ตั้งอยู่ที่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัด สมุทรปราการ มาเข้ากระสวย แล้วทอเป็นผืนผ้าถักแบบโครงสร้างซิงเกิ้ลเจอร์ซี่ พีเก้ และอินเทอร์ล็อก ขนาดหน้าผ้า 72 นิ้ว ด้วยเครื่องถักแบบวงกลม

(circular knitting machine) ยี่ห้อ Fukuhara Industrial & Trading ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ทำการผลิตเป็นผ้าถักที่บริษัท วรกิจเท็กซ์ไทล์ จำกัด ตั้งอยู่ที่ เขตบางบอน จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ภาพที่ 3.1 เครื่องถักผ้าแบบวงกลม (circular knitting machine)

3.2.2 การชุบมันผ้าฝ้ายถัก

นำผ้าฝ้ายถักดิบแบบโครงสร้างซิงเกิ้ลเจอร์ซี่ (Single Jersey) ที่ได้มาผ่านกระบวนการเตรียมผ้า (Pre-treatment) ดังแสดงในภาพที่ 3.2 ก่อนนำไปชุบมัน

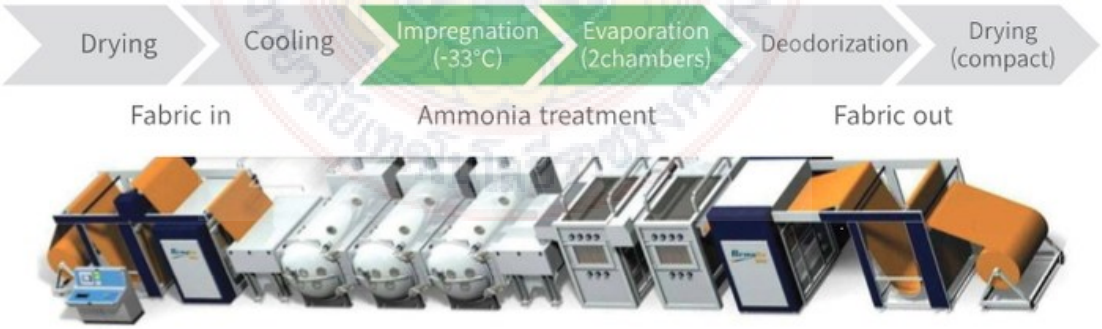
ภาพที่ 3.2 การเตรียมผ้าฝ้ายถักดิบก่อนนำไปชุบมัน

3.2.2.1 การชุบมันผ้าฝ้ายถัดด้วยแอมโมเนียเหลว

นำผ้าฝ้ายถักที่ผ่านการเตรียมผ้า (Pre-treatment) ไปผ่า แล้วนำไปชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวในสภาวะที่เป็นแก๊สที่ระบบปิด ด้วยเครื่อง Lafer Permafix Ammonia Mercerizing ภาพที่ 3.3 ณ บริษัท เอสเอสดีซี (ไทเกอร์เท็กซ์) ตั้งอยู่ที่ อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี มีขั้นตอนดังภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.3 เครื่อง Lafer Permafix Ammonia Mercerizing

ภาพที่ 3.4 การชุบมันผ้าฝ้ายถักด้วยแอมโมเนียเหลวในรูปแบบผ่า



ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการชุบมันด้วยแอมโมเนีย (Liquid Ammonia Treatment)

หมายเหตุ ในการวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลในเชิงปริมาณสารเคมีได้ เนื่องจากเป็นความลับของทางบริษัท

3.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังการซุบมัน

3.2.3.1 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน

นำผ้าฝ้ายถักไปส่องกล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อนยี่ห้อ AmScope รุ่น X4-1000x ภาพที่ 3.6 โดยทำการตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าเพื่อดูลักษณะของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังซุบมัน

ภาพที่ 3.6 กล้องจุลทรรศน์

3.2.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังการซุบมัน

ผ้าที่ทำการทดสอบได้จากกระบวนการถักด้วยเครื่องถักแบบวงกลม ทั้ง 3 โครงสร้าง เบอร์ด้าย 60/2 เมื่อต้องการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ จึงจำเป็นต้องทำการทดสอบคุณภาพตามมาตรฐานของผ้าถัก เพื่อควบคุมคุณภาพของผ้า ก่อนการทดสอบมีการปรับสภาวะชิ้นผ้าทดสอบ 24 ชั่วโมง ภายในห้องควบคุมสภาวะ ที่อุณหภูมิ 27 ℃ และความชื้นสัมพัทธ์ 65+2% ในการทดสอบคุณภาพของผ้าถักก่อนขั้นตอนการแปรรูป เป็นไปตามมาตรฐานซึ่งทำการทดสอบภายใน บริษัทธนูลักษณ์ จำกัด มหาชน โดยขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน มีเนื้อหาดังในหัวข้อที่ 3.2.4.1 – 3.2.4.8

3.2.4.1 การทดสอบหาน้ำหนักของผ้าฝ้ายถัก

ทดสอบหาน้ำหนักของผ้าฝ้ายถักตามมาตรฐาน ASTM D 3776 โดยตัดชิ้นงานในแนวทะแยง 3 จุด ด้วยเครื่องตัดผ้าแบบวงกลม (Circular Sample Cutter) ยี่ห้อ James H. Heal รุ่น JH-913 ภาพที่ 3.7 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.2 เซนติเมตร หรือเส้นรอบวงเท่ากับ 22.4 เซนติเมตร แล้วนำมาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล คำนวณค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผ้าและบันทึกผลการทดสอบ

ภาพที่ 3.7 เครื่องตัดผ้าแบบวงกลม

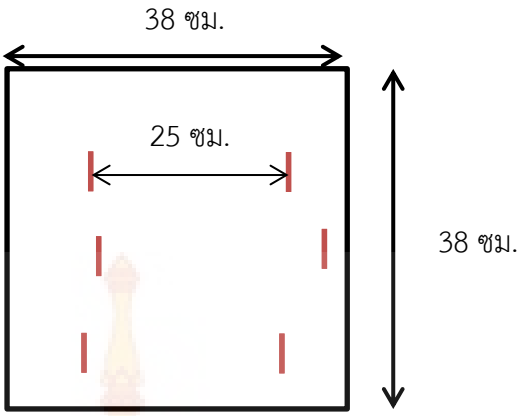
3.2.4.2 การทดสอบการยืด-หดของผ้าฝ้ายถักหลังการซัก

ทดสอบการยืด-หดของผ้าฝ้ายถักหลังการซักตามมาตรฐาน AATCC 135

ขั้นตอนก่อนการทดสอบ

1. การวาดจุด

ผ้าถักตัดขนาดชิ้นทดสอบ 38 x 38 เซนติเมตร และวาดจุดขนาด 10 นิ้ว หรือ 25 เซนติเมตร จำนวน 3 คู่ ทั้งแนวขนานเครื่องและแนวขวางเครื่อง โดยการทำเครื่องหมายควรห่างจากขอบ อย่างน้อย 5 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 การวาดจุดบนผ้าก่อนขั้นตอนการซัก

ตารางที่ 3.1 การซักและการทำแห้ง

วงรอบการทำงานของคำสั่ง (Machine cycle)	อุณหภูมิของการซัก	กระบวนการทำแห้ง
แบบปกติ (Normal)	41 ± 3 องศาเซลเซียส	อบแห้ง

2. ทำการซัก ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 กำหนดระดับน้ำสำหรับการซัก อุณหภูมิซักที่ 41 องศาเซลเซียส

2.2 ใส่ผงซักฟอกชนิดไม่มี OBA ตามมาตรฐาน AATCC 135 66±1 กรัม

2.3 ใส่ชิ้นทดสอบและผ้าที่ใช้ในการซักให้มีน้ำหนักอยู่ที่ 1.8±0.1 กรัม น้ำ 4.00±0.25 ลิตร

2.4 ทำการซักที่วงรอบการทำงานของคำสั่งแบบปกติ ดังแสดงในภาพที่ 3.9

ภาพที่ 3.9 เครื่องซักผ้าอัตโนมัติแบบมีแกนกลาง

3. การทำแห้ง

3.1 การปั่นแห้งนำชิ้นงานเข้าเครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 3.10 โดยใส่ผ้าตามที่กำหนดและกำหนดอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที

3.2 ทำการซักและทำแห้งจำนวน 3 รอบ

4. การควบคุมสภาวะ

4.1 หลังจากผ่านการซักและอบแห้งแล้วควรวางชิ้นงานในบรรยากาศอุณหภูมิ 21±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65±2 % นาน 4 ชั่วโมงก่อนทำการวัด

ภาพที่ 3.10 เครื่องอบผ้าแบบหมุนวนอัตโนมัติ

5. การวัด

5.1 จะทำการวัดเฉพาะหลังการซัก-แห้ง ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 3 ตามจุดที่กำหนดจำนวน 3 คู่ ทั้งแนวขนานเครื่องและแนวขวางเครื่อง ควบคุมอุณหภูมิตามวิธีที่ 4.1 ทุกครั้งก่อนทำการวัด

3.2.4.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายถัก

ทดสอบความคงทนของสีต่อการซักด้วยผงซักฟอกของผ้าฝ้ายถักตามมาตรฐาน AATCC 61-2A ที่อุณหภูมิ 49 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที ตัดชิ้นผ้าทดสอบขนาด 5x15 เซนติเมตร ทดสอบ 1 ชิ้นงาน ต่อกระบอกสแตนเลส

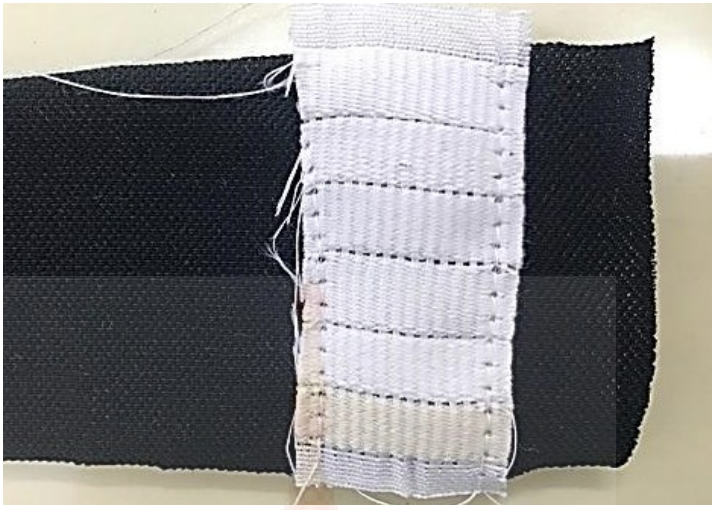
เย็บติดผ้าประกบกับทางด้านหน้าผ้าชิ้นทดสอบ ปรับเครื่อง Launder-Ometer ยี่ห้อ SDL ATLAS รุ่น M228AA ดังแสดงในภาพที่ 3.11 เย็บชิ้น multifiber ติดกับชิ้นทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 3.13 เติมสารตารางที่ 3.2 ใส่ลูกสแตนเลสลงกระบอกทำการซัก ดังแสดงในภาพที่ 3.12 เตรียมความร้อนสำหรับเครื่องซักตามที่กำหนด ใส่กระบอกสแตนเลสและทำการล็อคกระบอก ทำการเดินเครื่องซัก ที่ความเร็ว 40 ± 2 rpm 45 นาที เมื่อนำออกจากเครื่องนำมาตากในอุณหภูมิ 21±°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 1 ก่อนการประเมินผล

ตารางที่ 3.2 แสดงสภาวะการทดสอบในการซัก

Test No.	Tem (°C)	ปริมาณของสารละลาย (มิลลิลิตร)	เปอเซ็นต์ของผงซักฟอก	จำนวนของลูกสแตนเลส	เวลา (นาที)
2A	49	150	0.15	50	45

ภาพที่ 3.11 เครื่องซัก (Launder-Ometer)

ภาพที่ 3.12 กระบอกสแตนเลสและลูกสแตนเลส



ภาพที่ 3.13 ผ้าประกบ (multifiber)

3.2.4.4 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายถัก

ทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายถักตามมาตรฐาน AATCC 8 แบ่งชิ้นทดสอบ 2 ชิ้นสำหรับการทดสอบแบบแห้งและแบบเปียก โดยตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาด 5x13 เซนติเมตร โดยตัดผ้าตามแนวทแยงของแกน

ภาพที่ 3.14 เครื่องทดสอบการขัดถู

วิธีการทดสอบการขัดถูแบบแห้ง

1. วางผ้าลงบนพื้นที่วางของเครื่องขัดถู ดังแสดงในภาพที่ 3.14 ที่มีกระดาษทรายอยู่ด้านล่างโดยวางผ้าตามแนวยาว
2. วางที่ยึดผ้าเพื่อป้องกันการเลื่อนของผ้า

3. ทำการยึดผ้าสีขาวที่ใช้ในการขัดถูกับปุ่มที่ยื่นออกมาจากเครื่องด้วยคลิปโลหะเพื่อไม่ให้หลุดออกขณะทดสอบ
4. นำปุ่มที่ใส่ผ้าสีขาวแล้วมาวางบนผ้า ตั้งการหมุนที่เครื่องไว้ 10 รอบ
5. นำผ้าสีขาวออกแล้วนำมาประเมินค่าต่อไป

วิธีการทดสอบการขัดถูแบบเปียก

1. นำผ้าสีขาวขุ่นมาจุ่มในน้ำกลั่น จุ่มครั้งละ 1ชิ้น
2. นำผ้าที่เปียกมาซับด้วยกระดาษซับ เพื่อให้มีค่าความชื้นประมาณ 65±2% พยายามหลีกเลี่ยงการระเหยความชื้นและทดสอบเช่นเดียวกันกับค่าการขัดถูแบบแห้ง

3.2.4.5 การประเมินการเปื้อนสีโดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือ

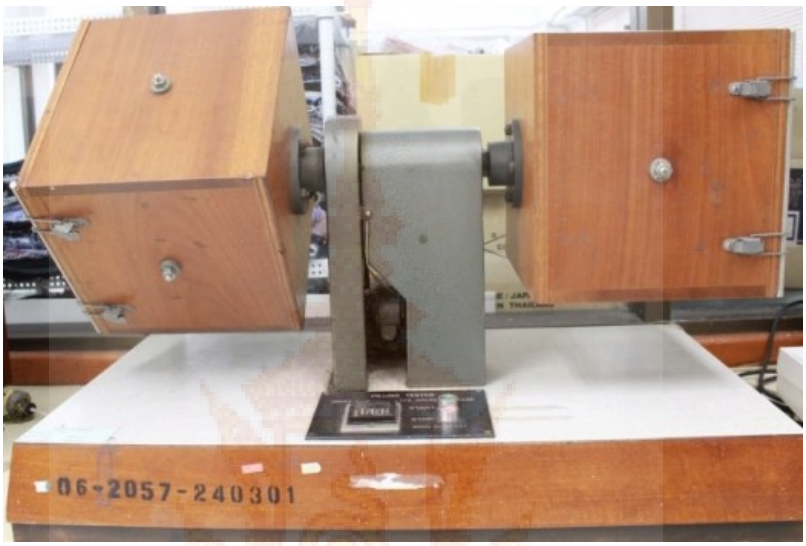
ประเมินการเปื้อนสีโดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือตามมาตรฐาน มอก. 121 เล่ม 14 – 2552 มีวิธีการทดสอบดังนี้

ประเมินระดับการเปื้อนสีของผ้าประกบ (adjacent fabrics) จากผลการทดสอบความคงทนของสี โดยการเปรียบเทียบสีหรือความแตกต่างของสีที่เปื้อนและไม่เปื้อนบนผ้าประกบ โดยใช้เกรย์สเกลสำหรับการเปื้อนสี (gray scale for staining) ดังแสดงในภาพที่ 3.15 ในการทดสอบนี้ผู้ทดสอบใช้ เกรย์สเกล 9 ระดับ เป็นเกรย์สเกลที่มีการเพิ่มเติมแถบที่ใช้ แทนค่าความคงทนของสีครึ่งหนึ่ง ในแต่ละระดับ ได้แก่ ระดับ 4-5 ระดับ 3-4 ระดับ 2-3 และระดับ 1-2

ภาพที่ 3.15 เกรย์สเกลสำหรับการเปื้อนสี

3.2.4.6 การทดสอบการขึ้นขนของผ้าฝ้ายถัก (Pilling)

การทดสอบการขึ้นขนของผ้าฝ้ายถักตามวิธีการทดสอบมาตรฐาน BS 5811 โดยชิ้นงานจะถูกตัดในแนวขนานเครื่องและแนวขวางเครื่อง ขนาด 12.5 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการทดสอบการขึ้นขน ทดสอบด้วยเครื่อง PILLING TESTER ยี่ห้อ JAMES H.HEAL รุ่น 116/1088 ภาพที่ 3.16 และประเมินค่า



ภาพที่ 3.16 เครื่องทดสอบขน

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ตัดชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน และทำการเย็บด้านในผ้าให้ได้ขนาดเส้นรอบวง 6 มิลลิเมตร จำนวน 4 ชิ้น ต่อผ้า 1 ผืน

2. นำใส่กับท่อ Polyurethane specimen tubes จำนวน 4 ชิ้น

3. นำใส่เครื่องทดสอบขน PillingTesting ใส่กล่อง ข้างละ 4 ชิ้น โดยกำหนดจำนวนรอบ 18000 รอบ สำหรับผ้าถัก โดยอุณหภูมิควบคุม 20 องศาเซลเซียส

3.2.4.7 การทดสอบระยะทางที่น้ำซึมของผ้าฝ้ายถัก

ทดสอบระยะทางที่น้ำซึมของผ้าฝ้ายถักตามมาตรฐาน JIS L1907 โดยตัดชิ้นทดสอบในแนวขนานเครื่องและแนวขวางเครื่อง ให้มีขนาด 20 x 2 เซนติเมตร ขีดเส้นจากปลายชิ้นทดสอบขึ้นมา 2 เซนติเมตร นำชิ้นปลายทดสอบ 2 เซนติเมตร จุ่มลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำ จับเวลา 10 นาที แล้ววัดระยะทางที่น้ำซึมขึ้นไป

3.2.4.8 การทดสอบความเรียบของผ้าฝ้ายถัก

ทดสอบความเรียบของผ้าฝ้ายถักตามมาตรฐาน AATCC 124 โดยตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาด 38x38 เซนติเมตร (15x15 นิ้ว) โดยตัดเป็นแนวขนานเครื่องและแนวขวางเครื่อง

ขั้นตอนการทดสอบ

1. การซักมาตรฐานตามมาตรฐาน AATCC 135
2. การทำแห้งแบบ Line dry
3. ทำการซักและการทำแห้ง 4-5 ครั้ง
4. ก่อนที่จะทำการประเมินค่าควรวางผ้า ในอุณหภูมิ 21 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 $\pm$ 2 ทำการตากโดยแขวนตรงมุมของผ้าทั้งสองด้านเพื่อป้องกันการบิดของผ้า

ภาพที่ 3.17 แผ่น Three dimensional smoothness appearace replias

3.2.5 การย้อมสีครามบนผ้าฝ้ายถัก

นำผ้าฝ้ายถักที่ไม่ผ่านการชุบมัน (แต่ผ่านการเตรียมผ้าปกติพร้อมย้อม) และผ้าฝ้ายถักที่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ทั้ง 3 โครงสร้าง มาตัดให้ได้น้ำหนัก 5 กรัม แล้วนำมาย้อมคราม ในการย้อมสีครามมีการเตรียมสีย้อมจากครามธรรมชาติดังนี้

1) ชั่งน้ำหนักโซเดียมไฮดรอกไซด์ เทใส่ลงในภาชนะย้อมพร้อมกวนสารให้ละลาย
2) ชั่งน้ำหนักไธโอยูเรียไดออกไซด์ เทผสมลงในภาชะนะที่ 1) พร้อมกวนสารให้ละลาย
3) ชั่งครามเปียก เทผสมลงในภาชะนะที่ 1) พร้อมกวนสารให้ละลาย
4) ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที ให้สังเกตสารละลายที่ผสมกันมีสีเหลืองและสังเกตฟองที่ได้เป็นสีน้ำเงิน

3.2.5.1 ศึกษาภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถัก

นำผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง ที่ผ่านการทำความสะอาด และนำใส่ลงในภาชนะย้อม สวมถุงมือ และใช้มือขยำผ้าฝ้ายถักหรือเพื่อให้น้ำสีย้อมเข้าไปในผ้า เตรียมสีย้อมครมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัมต่อลิตร ไธโอยูเรียไดออกไซด์ 60 กรัมต่อลิตร และเนื้อครามเปียก 200 กรัมต่อลิตร ใช้เวลารีดิวซ์สีย้อมเป็นเวลา 30 นาที และใช้เวลาในการย้อมผ้านาน 30 นาที โดยทำการย้อมผ้าที่ 3 อุณหภูมิ ดังนี้ 25 (อุณหภูมิห้อง) 40 และ 50 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลาย้อมนำผ้าฝ้ายถักมาล้างน้ำหลาย 5 ครั้ง จนกระทั่งสีส่วนเกินหลุดออกไป นำผ้าฝ้ายถักมาบิดหมาด แล้วนำไปตากแห้ง เปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง ที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสม ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สูตรการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

ภาวะการย้อม	**1**	**2**	**3**
เนื้อครามเปียก (กรัมต่อลิตร)	200	200	200
ไธโอยูเรียไดออกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	60	60	60
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	2	2	2
อุณหภูมิ (องศาเซียลเซียส)	ห้อง (RT)	40	50
เวลารีดิวซ์ (นาที)	30	30	30
เวลาที่ใช้ย้อม (นาที)	30	30	30

3.2.5.2 ศึกษาปริมาณเนื้อครามที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถัก

นำผ้าผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง ที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว มาย้อมสีครามธรรมชาติ เพื่อหาปริมาณเนื้อครามที่เหมาะสม โดยเตรียมสีย้อมครมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัมต่อลิตร ไธโอยูเรียไดออกไซด์ 60 กรัมต่อลิตร และเนื้อครามเปียกปริมาณ 100 150 200 250 และ 300 กรัมต่อลิตร ใช้เวลารีดิวซ์สีย้อมเป็นเวลา 30 นาที และใช้เวลาในการย้อมผ้านาน 30 นาที โดยทำการย้อมผ้าที่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ได้จากหัวข้อ 2.3.5.1 เมื่อครบเวลาย้อมนำผ้าฝ้ายถักมาล้างน้ำหลาย 5 ครั้ง จนกระทั่งสีส่วนเกินหลุดออกไป นำผ้าฝ้ายถักมาบิดหมาดแล้วนำไปตากแห้ง เปรียบเทียบหาปริมาณเนื้อครามที่เหมาะสมที่เหมาะสม ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สูตรการทดลองเพื่อหาปริมาณเนื้อครามที่เหมาะสม

ภาวะการย้อม	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
เนื้อครามเปียก (กรัมต่อลิตร)	100	150	200	250	300
ไธโอยูเรียไดออกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	60	60	60	60	60
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	2	2	2	2	2
อุณหภูมิ (องศาเซียลเซียส)	หัวข้อ 2.3.5.1	หัวข้อ 2.3.5.1	หัวข้อ 2.3.5.1	หัวข้อ 2.3.5.1	หัวข้อ 2.3.5.1
เวลารีดิวซ์ (นาที)	30	30	30	30	30
เวลาที่ใช้ย้อม (นาที)	30	30	30	30	30

3.2.5.3 ศึกษาปริมาณไธโอยูเรียไดออกที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถัก

นำผ้าผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง ที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว มาย้อมสีครามธรรมชาติ เพื่อหาปริมาณไธโอยูเรียที่เหมาะสม โดยเตรียมสีย้อมครมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัมต่อลิตร ไธโอยูเรียไดออกไซด์ 20 40 60 80 และ 100 กรัมต่อลิตร และเนื้อครามเปียกที่เหมาะสมที่ได้จากหัวข้อ 2.3.5.2 ใช้เวลารีดิวซ์สีย้อมเป็นเวลา 30 นาที และใช้เวลาในการย้อมผ้านาน 30 นาที โดยทำการย้อมผ้าที่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ได้จากหัวข้อ 2.3.5.1 เมื่อครบเวลาย้อมนำผ้าฝ้ายถักมาล้างน้ำหลาย 5 ครั้ง จนกระทั่งสีส่วนเกินหลุดออกไป นำผ้าฝ้ายถักมาบิดหมาด แล้วนำไปตากแห้ง เปรียบเทียบหาปริมาณไธโอยูเรียที่เหมาะสม ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สูตรการทดลองเพื่อหาปริมาณไธโอยูเรียที่เหมาะสม

ภาวะการย้อม	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
เนื้อครามเปียก (กรัมต่อลิตร)	หัวข้อ 2.3.5.2	หัวข้อ 2.3.5.2	หัวข้อ 2.3.5.2	หัวข้อ 2.3.5.2	หัวข้อ 2.3.5.2
ไธโอยูเรียไดออกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	20	40	60	80	100
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	2	2	2	2	2
อุณหภูมิ (องศาเซียลเซียส)	หัวข้อ 2.3.5.1	หัวข้อ 2.3.5.1	หัวข้อ 2.3.5.1	หัวข้อ 2.3.5.1	หัวข้อ 2.3.5.1
เวลารีดิวซ์ (นาที)	30	30	30	30	30
เวลาที่ใช้ย้อม (นาที)	30	30	30	30	30

3.2.5.4 ศึกษาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถัก

นำผ้าผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง ที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว มาย้อมสีครามธรรมชาติ เพื่อหาปริมาณไธโอยูเรียที่เหมาะสม โดยเตรียมสีย้อมครมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 1.0 1.5 2.0 2.5 และ 3.0 กรัมต่อลิตร ไธโอยูเรียไดออกไซด์ที่เหมาะสมที่ได้จากหัวข้อ 2.3.5.3 และเนื้อครามเปียกที่เหมาะสมที่ได้จากหัวข้อ 2.3.5.2 ใช้เวลารีดิวซ์สีย้อมเป็นเวลา 30 นาที และใช้เวลาในการย้อมผ้านาน 30 นาที โดยทำการย้อมผ้าที่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ได้จากหัวข้อ 2.3.5.1 เมื่อครบเวลาย้อมนำผ้าฝ้ายถักมาล้างน้ำหลาย 5 ครั้ง จนกระทั่งสีส่วนเกินหลุดออกไป นำผ้าฝ้ายถักมาบิดหมาด แล้วนำไปตากแห้ง เปรียบเทียบหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมที่เหมาะสม ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 สูตรการทดลองเพื่อหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม

ภาวะการย้อม	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
เนื้อครามเปียก (กรัมต่อลิตร)	หัวข้อ 2.3.5.2	หัวข้อ 2.3.5.2	หัวข้อ 2.3.5.2	หัวข้อ 2.3.5.2	หัวข้อ 2.3.5.2
ไธโอยูเรียไดออกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	หัวข้อ 2.3.5.3	หัวข้อ 2.3.5.3	หัวข้อ 2.3.5.3	หัวข้อ 2.3.5.3	หัวข้อ 2.3.5.3
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
อุณหภูมิ (องศาเซียลเซียส)	หัวข้อ 2.3.5.1	หัวข้อ 2.3.5.1	หัวข้อ 2.3.5.1	หัวข้อ 2.3.5.1	หัวข้อ 2.3.5.1
เวลารีดิวซ์ (นาที)	30	30	30	30	30
เวลาที่ใช้ย้อม (นาที)	30	30	30	30	30

3.2.6 การวิเคราะห์หาค่าความเข้มของการติดสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

นำผ้าฝ้ายถักหลังชุบมันที่ผ่านการย้อมสีครามธรรมชาติแล้วไปวัดค่า L*, a* และ b* ด้วยเครื่องวัด ค่าความเข้มสีของผ้าได้จากการวัดค่าการสะท้องแสงของผ้าด้วยเครื่องเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Datacolor รุ่น 600™ ดังภาพที่ 3.10 แล้วคำนวณค่าความเข้มสี (K/S) ของผ้าโดยใช้สมการ Kubelka-Munk ดังสมการ

$$K/S = (1-R)^2 / 2R$$

เมื่อ R คือค่าการสะท้อนแสงของผ้า

ภาพที่ 3.18 เครื่องวัดสี

3.2.7 การทดสอบความคงทนของสีย้อมครามธรรมชาติบนผ้าฝ้ายถัก

เปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง ที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว โดยทดสอบความคงทนของสีย้อม ดังนี้

3.2.7.1 ทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง ตามมาตรฐาน AATCC 61-2A

3.2.7.2 ทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ ดัดแปลงจากมาตรฐาน AATCC 61-2A (ไม่ใส่ผงซักฟอก)

3.2.7.3 ทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ ตามมาตรฐาน มอก. 121 เล่ม 4-2552

3.2.7.4 ทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู ตามมาตรฐาน AATCC 8

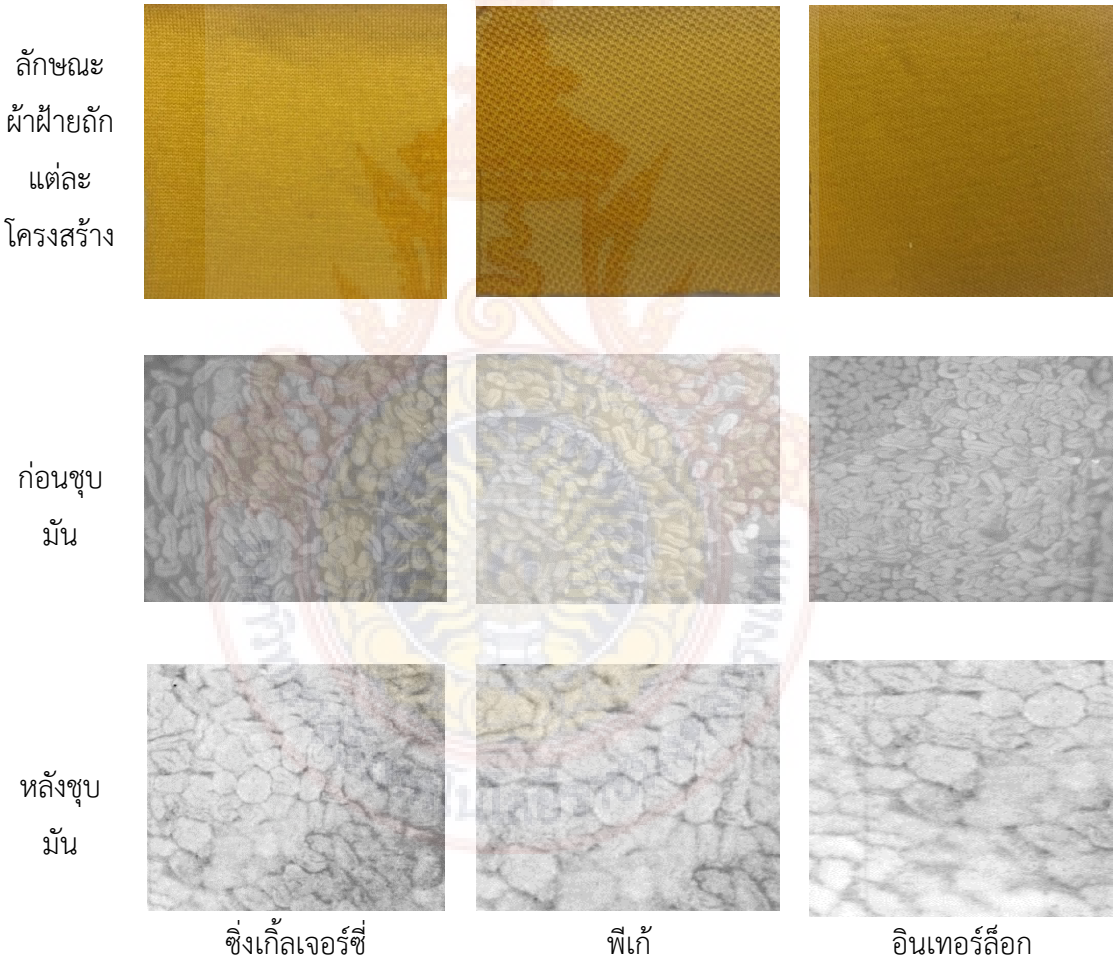
บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การวิเคราะห์ลักษณะของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังการชุบมัน

4.1.1 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน

นำผ้าฝ้ายถักไปส่องกล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน ที่กำลังขยาย 50 เท่า เพื่อดูลักษณะของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังชุบมัน แสดงดังรูป 4.1



ภาพที่ 4.1 ลักษณะของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวแต่ละโครงสร้างผ้า

การชุบมันผ้าฝ้ายถักที่โครงสร้างผ้าแตกต่างกันด้วยแอมโมเนียเหลว พบว่าภาคตัดขวางของผ้าฝ้ายถักทั้ง3 โครงส้ราง มีลักษณะคล้ายรูปถั่วมีรูช่องว่างตรงกลางตามแนวยาว ซึ่งรูปร่างภาคตัดขวางของเส้นใยธรรมชาติเกิดจากลักษณะการสร้างเซลลูโลสในขณะที่พืชเจริญเติบโต และเมื่อผ้าฝ้ายถักผ่านการชุบมัน ทำให้ลักษณะรูปร่างตามแนวตัดขวางของเส้นใยฝ้ายมีลักษณะกลมขึ้น รูช่องว่างตรงกลางสั้นลงจนเหลือเล็กน้อย ทำให้เส้นใยมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้น ผ้าที่ผ่านกระบวนการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว จะมีผลดีต่อน้ำหนักผ้า การยืด-หด ความคงทนของสีต่อซักและการขัดถู การขึ้นขน การดูดซับน้ำ และความเรียบของผ้า ดังแสดงผลการทดสอบในหัวข้อ 4.2 ต่อไป

4.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังการชุบมัน

นำผ้าฝ้ายถัก ทั้ง 3 โครงสร้าง ก่อนและหลังการชุบมัน มาปรับสภาวะชิ้นผ้าทดสอบ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้รายงานผลการทดลองดังภาพที่ ก.1 – ก.2 และผู้วิจัยได้สรุปค่าเฉลี่ยผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังการชุบมันแต่ละโครงสร้างดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังการชุบมันแต่ละโครงสร้าง

การทดสอบ	มาตรฐาน	หน่วย	ชนิดผ้า					
			ซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่		พิเก้		อินเตอร์ล็อก	
			ก่อนชุบมัน	หลังชุมมัน	ก่อนชุบมัน	หลังชุมมัน	ก่อนชุบมัน	หลังชุมมัน
น้ำหนักผ้า	ASTM D3776	กรัม/ตารางเมตร	150	159	180	181	267	268
การยืด-หดหลังการซักล้างของผ้า	AATCC 135	ซัก 1 ครั้ง ห่วงตามแนวตั้ง (wale) (%)	7.06	2.87	8.76	7.2	6.6	1.6
		ซัก 1 ครั้ง ห่วงตามแนวนอน (course) (%)	0.93	0.2	6.16	7.34	0.4	0.2
		ซัก 3 ครั้ง ห่วงตามแนวตั้ง (wale) (%)	9.46	9.13	10.56	5.4	8.8	2.33
		ซัก 3 ครั้ง ห่วงตามแนวนอน (course) (%)	1.73	0.2	7.4	1.32	0.8	0.4
ความคงทนของสีต่อการซักของผ้า	AATCC 61-2A	การติดเปื้อนสีบนเส้นใยอะซิเตด	4	4.5	4	4.5	4	4.5
		การติดเปื้อนสีบนเส้นใยฝ้าย	3.5	4.5	3.5	4.5	3.5	4.5
		การติดเปื้อนสีบนเส้นใยไนลอน	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
		การติดเปื้อนสีงบนเส้นใยพอลิเอสเตอร์	4	4.5	4	4.5	4	4.5
		การติดเปื้อนสีงบนเส้นใยอะคริลิก	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
		การติดเปื้อนสีบนเส้นใยขนสัตว์	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
		การเปลี่ยนแปลงของสี (color change)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายถักก่อนและหลังการชุบมันแต่ละโครงสร้าง (ต่อ)

การทดสอบ	มาตรฐาน	หน่วย	ชนิดผ้า					
			ซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่		พิเก้		อินเตอร์ล็อก	
			ก่อนชุบมัน	หลังชุมมัน	ก่อนชุบมัน	หลังชุมมัน	ก่อนชุบมัน	หลังชุมมัน
ความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้า	AATCC 8	แห้ง	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
		เปียก	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
การขึ้นขนของผ้า	BS 5811	ห่วงตามแนวตั้ง (wale) (%)	3.5	4	3.5	4	3.5	4
		ห่วงตามแนวนอน (course) (%)	3.5	4	3.5	4	3.5	4
ระยะทางที่น้ำซึมของผ้า	JIS L1907	แนวด้ายยืน (มิลลิเมตร)	45	60	100	83	82	50
		แนวด้ายพุ่ง (มิลลิเมตร)	40	50	52	75	40	49
ความเรียบของผ้า	AATCC 124	เกรดความเรียบ	3	4	3	4	3	4

ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 ข้างต้น แสดงถึงผลการทดสอบของน้ำหนัก การยืด-หดหลังการซักล้าง ความคงทนของสีต่อการซัก ความคงทนของสีต่อการขัดถู การขึ้นขน ระยะทางที่น้ำซึมและความเรียบของผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง ก่อนและหลังการชุบมัน โดยผู้วิจัยอภิปรายผลการทดลองได้ดังแสดงในหัวข้อที่ 4.2.1 – 4.2.7 และอภิปรายผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบของผ้าฝ้ายถักหลังชุบมันแต่ละโครงสร้างผ้า ดังแสดงในหัวข้อที่ 4.2.8

4.2.1 การทดสอบหาน้ำหนักของผ้าฝ้ายถัก

ผลการทดลองพบว่าการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวไม่มีผลต่อน้ำหนักของผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้างผ้า โดยพบว่าน้ำหนักของผ้าฝ้ายถักมากขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่มีผลทางนัยคำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากแอมโมเนียเหลวเข้าไปทำปฏิกิริยาเชื่อมขวางกับเส้นใยโดยไม่มีผลต่อน้ำหนักผ้า

4.2.2 การทดสอบการยืด-หดหลังการซักล้างของผ้าฝ้ายถัก

ผลการทดลองพบว่าการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวมีผลต่อการยืด-หดหลังการซักล้างของผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้างผ้า โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การยืด-หดหลังการซักล้างของผ้าฝ้ายถักทั้งแนวด้ายยืนและด้ายพุ่งในการซัก 1 ถึง 3 ครั้ง น้อยลง แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้าที่เกิดจากการซักผ้าหลังชุบมันดีขึ้น

4.2.3 ความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายถัก

ผลการทดลองพบว่าการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวมีผลต่อความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้างผ้า โดยพบว่าระดับการติดเปื้อนสีบนผ้ามัลติไฟเบอร์อยู่ในระดับดีขึ้นบนทุกเส้นใย และการเปลี่ยนแปลงของสีไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงว่าการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายถัก

4.2.4 ความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายถัก

ผลการทดลองพบว่าการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้างผ้า โดยพบว่าระดับการติดเปื้อนสีบนผ้าสีขาวทั้งในสภาพที่แห้งและเปียกอยู่ในระดับ 4-5 ทั้งก่อนและหลังชุบมัน

4.2.5 การขึ้นขนของผ้าฝ้ายถัก

ผลการทดลองพบว่าการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวมีผลต่อการขึ้นขนของผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้างผ้า โดยพบว่าในแนวด้ายยืนและด้ายพุ่งเปอร์เซ็นต์การขนดีขึ้นจากก่อนชุบมันและหลังชุบมันอยู่ที่ 3.5 และ 4 ตามลำดับ

4.2.6 ระยะทางที่น้ำซึมของผ้าฝ้ายถัก

ผลการทดลองพบว่าการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวมีผลต่อระยะทางที่น้ำซึมของผ้าฝ้ายถัก โดยพบว่าในแนวด้ายยืนและด้ายพุ่งระยะทางที่น้ำซึมหลังชุบมันสูงขึ้นทั้ง 3 โครงสร้างผ้า

4.2.7 ความเรียบของผ้าฝ้ายถัก

ผลการทดลองพบว่าการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวมีผลต่อความเรียบของผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้างผ้า โดยพบว่าผ้าฝ้ายถักก่อนชุบมันทุกโครงสร้างมีรอยยับเล็กน้อย (เกรด 3) และผ้าหลังชุบมันของผ้าฝ้ายถักทุกโครงสร้างมีความเรียบ (เกรด 4)

4.2.8 เปรียบเทียบผลการทดสอบของผ้าฝ้ายถักหลังชุบมันแต่ละโครงสร้างผ้า

ผลการทดลองการเปรียบเทียบผลการทดสอบของผ้าฝ้ายถักหลังชุบมันแต่ละโครงสร้างผ้าพบว่าน้ำหนักผ้าฝ้ายถักโครงสร้างซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่ พิเก้ และอินเตอร์ล็อก อยู่ที่ 159, 181 และ 268 กรัม/ตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งผ้าฝ้ายถักโครงสร้างอินเตอร์ล็อกมีน้ำหนักสูงที่สุด เปอร์เซ็นต์การยืด-หดหลังการซักล้างของผ้าหลังซัก 3 ครั้ง แนวเส้นด้ายยืนและด้ายพุ่งของผ้าฝ้ายถักโครงสร้างอินเตอร์ล็อกน้อยที่สุด คือ 2.33 และ 0.4 ตามลำดับ ความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายถักมีระดับการติดเปื้อนสีบนเส้นใยอะซิเตด ฝ้าย ไนลอน พอลิเอสเตอร์ อะคริลิก และขนสัตว์และการเปลี่ยนแปลงของสี (color change) อยู่ที่ระดับ 4-5 เท่ากันทั้ง 3 โครงสร้าง ความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าแห้งและเปียกไม่แตกต่างกันที่ระดับ 4-5 ทั้ง 3 โครงสร้าง เปอร์เซ็นต์การขึ้นขนของผ้าแนวเส้นด้ายยืนและด้ายพุ่งอยู่ที่ระดับ 4 เท่ากันทั้ง 3 โครงสร้าง และผ้าฝ้ายถักโครงสร้างซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่ พิเก้ และอินเตอร์ล็อกมีความเรียบ (เกรด 4) เท่ากันทั้ง 3 โครงสร้าง แต่ระยะทางที่น้ำซึมของผ้าแนวด้ายยืนของผ้าฝ้ายถักโครงสร้างซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่ พิเก้ และอินเตอร์ล็อก อยู่ที่ 60, 83 และ 50 มิลลิเมตร ตามลำดับ และแนวด้ายพุ่งอยู่ที่ 50, 75 และ 49 มิลลิเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผ้าฝ้ายถักหลังชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวโครงสร้างพิเก้ มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ดีที่สุด

4.3 การทดสอบค่าความเข้มของการติดสีบนผ้าฝ้ายถักย้อมครามก่อนและหลังการชุบมัน

จากการย้อมสีครามธรรมชาติบนผ้าฝ้ายถักเปรียบเทียบระหว่างผ้าที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว โดยการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบไปด้วย ภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับย้อมครามธรรมชาติ ปริมาณเนื้อครามที่เหมาะสมสำหรับย้อมครามธรรมชาติ ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับย้อมครามธรรมชาติ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับย้อมครามธรรมชาติ และการทดสอบความคงทนของสีบนผ้าที่ผ่านการย้อมครามธรรมชาติในด้านต่าง ๆ ได้ผลดังแสดงในหัวข้อที่ 4.3.1 – 4.3.4

4.3.1 ผลการศึกษาภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถัก

เปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง หลังย้อมครามที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่า L*, a*, b* และ K/S ของผ้าย้อมครามที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ชนิดผ้า	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	*L**		*a**		*b**		*K/S*	
		ไม่ชุบมัน	ชุบมัน	ไม่ชุบมัน	ชุบมัน	ไม่ชุบมัน	ชุบมัน	ไม่ชุบมัน	ชุบมัน
ซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่	ห้อง	41.36	26.04	-4.05	0.15	-22.32	-22.74	3.70	10.63
	40	37.12	25.78	-3.54	0.25	-22.63	-22.86	5.01	10.86
	50	35.36	24.10	-2.90	0.31	-22.71	-21.77	5.60	12.03
พิเก้	ห้อง	38.94	25.16	-3.79	-0.01	-22.10	-22.46	4.37	11.48
	40	34.39	23.64	-2.79	0.89	-22.08	-22.00	5.95	12.57
	50	34.07	21.08	-3.00	1.69	-21.69	-20.69	6.10	14.86
อินเตอร์ล็อก	ห้อง	40.67	26.83	-3.80	0.39	-22.49	-22.75	3.87	9.86
	40	36.64	26.25	-3.11	0.20	-22.50	-22.69	5.11	10.43
	50	36.07	24.41	-2.69	0.64	-22.81	-22.61	5.27	12.03

การย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวที่อุณหภูมิต่างกันมีผลต่อการติดสีบนผ้า จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าความเข้มของสี (K/S) เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญมากนัก และชนิดของผ้าแต่ละโครงสร้างไม่มีผลต่อค่า K/S ผู้วิจัยจึงได้เลือกสูตรภาวะการย้อม 1 มีค่าความเข้มสีน้อยที่สุด ค่า L* มีความสว่างน้อย ค่า a* มีค่าสีแดง และค่า b* มีค่าสีเหลืองเล็กน้อย โดยการย้อมที่อุณหภูมิห้อง เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการชุบมัน เนื่องจากในสภาพการย้อมจริงของผู้ประกอบการการย้อมครามในปัจจุบันนิยมย้อมในรูปแบบย้อมเย็น

4.3.2 ผลการศึกษาปริมาณเนื้อครามที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถัก

เปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง หลังย้อมครามที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ค่า L*, a*, b* และ K/S ของผ้าย้อมครามที่ใช้ปริมาณเนื้อครามที่แตกต่างกัน

ชนิดผ้า	ปริมาณเนื้อคราม (กรัมต่อลิตร)	*L**		*a**		*b**		*K/S*	
		ไม่ชุบมัน	ชุบมัน	ไม่ชุบมัน	ชุบมัน	ไม่ชุบมัน	ชุบมัน	ไม่ชุบมัน	ชุบมัน
ซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่	100	41.15	28.50	-4.06	-1.04	-21.86	-23.58	3.76	9.21
	150	35.94	26.24	-3.41	-0.02	-21.82	-22.69	5.38	10.46
	200	32.27	23.29	-2.41	0.30	-20.43	-21.64	6.71	13.14
	250	32.38	22.22	-2.48	1.33	-20.85	-19.89	6.73	13.39
	300	32.22	22.10	-2.53	1.50	-22.13	-20.16	6.99	13.59
พิเก้	100	37.07	27.77	-3.78	-1.28	-21.72	-23.25	4.99	9.87
	150	34.70	24.51	-3.28	0.17	-21.56	-22.12	5.88	12.04
	200	32.72	22.19	-2.79	1.16	-21.66	-20.41	6.72	13.70
	250	31.33	20.80	-2.63	1.19	-19.66	-19.35	7.20	15.27
	300	29.09	20.38	-1.68	1.61	-20.26	-18.84	8.40	15.44
อินเตอร์ล็อก	100	40.46	28.44	-4.42	-0.38	-21.71	-23.73	3.95	9.10
	150	37.56	28.34	-3.46	-0.73	-21.75	-23.96	4.77	9.43
	200	33.60	26.98	-2.95	-0.25	-21.71	-22.30	6.33	9.85
	250	31.70	24.86	-2.13	0.57	-21.09	-20.67	7.05	11.07
	300	31.42	23.48	-2.21	0.79	-21.18	-19.76	7.23	12.18

การย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวที่ปริมาณเนื้อครามต่างกันมีผลต่อการติดสีบนผ้า และชนิดของผ้าแต่ละโครงสร้างไม่มีผลต่อค่า K/S จากตารางที่ 4.3 พบว่าสูตรภาวะการย้อม 3 ถึง 5 มีค่าความเข้มสี มากและไม่แตกต่างกัน ค่า L* มีความสว่างน้อย ค่า a* มีสีออกแดงเล็กน้อย ค่า b* มีค่าสีน้ำเงินไม่แต่งต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้เลือกสูตรภาวะการย้อม 3 โดยใช้เนื้อครามเปียก 200 กรัมต่อลิตร เป็นปริมาณเนื้อครามที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการชุบมัน

4.3.3 ผลการศึกษาปริมาณไธโอยูเรียที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถัก

เปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง หลังย้อมครามที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่า L*, a*, b* และ K/S ของผ้าย้อมครามที่ใช้ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน

ชนิดผ้า	ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	*L**		*a**		*b**		*K/S*	
		ไม่ชุบมัน	ชุบมัน	ไม่ชุบมัน	ชุบมัน	ไม่ชุบมัน	ชุบมัน	ไม่ชุบมัน	ชุบมัน
ซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่	20	36.73	27.05	-3.74	-0.59	-21.72	-22.84	5.11	10.02
	40	35.53	27.17	-3.25	-0.70	-22.02	-23.32	5.55	10.07
	60	32.74	26.63	-2.59	0.05	-22.00	-23.35	6.71	10.26
	80	32.23	24.07	-2.55	0.71	-21.86	-22.40	6.97	12.28
	100	30.52	23.52	-2.29	1.22	-22.01	-21.91	7.94	12.47
พิเก้	20	34.36	25.62	-3.01	-0.60	-21.73	-22.86	5.99	11.37
	40	34.44	25.10	-3.22	0.07	-22.19	-22.85	6.03	11.57
	60	34.03	24.50	-3.35	0.28	-21.48	-22.64	6.18	12.06
	80	30.05	21.98	-2.24	1.02	-21.69	-21.94	8.16	14.56
	100	29.97	21.42	-2.77	1.20	-21.12	-21.54	8.29	15.09
อินเตอร์ล็อก	20	37.45	26.99	-3.69	-0.38	-21.78	-23.11	4.88	10.08
	40	36.15	26.75	-3.40	-0.06	-22.25	-23.30	5.33	10.20
	60	35.05	24.38	-3.00	0.74	-22.53	-22.00	5.74	11.81
	80	32.28	24.53	-2.23	0.40	-21.68	-22.19	6.83	11.86
	100	30.98	24.31	-2.19	0.76	-22.03	-22.55	7.63	12.03

การย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวที่ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ต่างกันมีผลต่อการติดสีบนผ้า และชนิดของผ้าแต่ละโครงสร้างไม่มีผลต่อค่า K/S จากตารางที่ 4.4 พบว่าสูตรภาวะการย้อม 1 ถึง 3 มีค่าความเข้มสี ไม่แตกต่างกัน ค่า L* มีความสว่างน้อย

ค่า a* สูตร 1 และ 2 มีสีออกเขียว แต่สูตร 3 มีสีออกแดงเล็กน้อย ค่า b* มีค่าสีน้ำเงินไม่แต่งต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้เลือกสูตรภาวะการย้อม 3 โดยใช้ไธโอยูเรียไดออกไซด์ 60 กรัมต่อลิตร เป็นปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการชุบมัน

4.3.4 ผลการศึกษาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถัก

เปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง หลังย้อมครามที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่า L*, a*, b* และ K/S ของผ้าย้อมครามที่ใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่แตกต่าง

ชนิดผ้า	ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	*L**		*a**		*b**		*K/S*	
		ไม่ชุบมัน	ชุบมัน	ไม่ชุบมัน	ชุบมัน	ไม่ชุบมัน	ชุบมัน	ไม่ชุบมัน	ชุบมัน
ซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่	1.0	33.53	24.67	-2.90	0.27	-22.42	-22.25	6.41	11.80
	1.5	33.65	24.35	-3.15	0.44	-22.33	-22.60	6.43	12.16
	2.0	32.82	24.33	-3.12	0.54	-21.95	-22.73	6.78	12.17
	2.5	32.49	24.23	-3.20	0.62	-21.75	-22.66	6.92	12.23
	3.0	32.41	24.43	-2.52	-0.25	-22.33	-22.18	6.95	12.28
พิเก้	1.0	33.48	23.27	-3.23	0.73	-21.57	-22.37	6.38	13.22
	1.5	32.13	22.94	-2.92	0.52	-21.31	-21.10	7.00	13.62
	2.0	31.45	21.93	-2.64	1.05	-21.68	-21.37	7.43	14.39
	2.5	31.12	22.12	-2.52	0.73	-22.04	-21.74	7.63	14.57
	3.0	30.92	21.34	-2.65	0.90	-21.74	-21.10	7.71	15.41
อินเตอร์ล็อก	1.0	34.31	27.86	-2.94	-0.51	-22.79	-23.92	6.09	9.64
	1.5	34.24	27.39	-3.25	-0.51	-22.59	-23.57	6.16	9.93
	2.0	33.45	26.33	-2.85	-0.20	-21.97	-23.14	6.40	10.63
	2.5	33.11	25.27	-2.64	0.25	-22.62	-22.77	6.60	11.36
	3.0	32.83	23.59	-2.73	0.88	-22.21	-22.70	6.72	12.94

การย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่างกันมีผลต่อการติดสีบนผ้า และชนิดของผ้าแต่ละโครงสร้างไม่มีผลต่อค่า K/S จากตารางที่ 4.5 พบว่าสูตรภาวะการย้อม 2 ถึง 4 มีค่าความเข้มสี ไม่แตกต่างกัน ค่า L* มีความสว่างน้อย ค่า a* มีค่าสีแดงเล็กน้อย ค่า b* มีค่าสีน้ำเงินและไม่แต่งต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้เลือกสูตรภาวะการย้อม 3 โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 กรัมต่อลิตร เป็นปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการชุบมัน

จากการศึกษาเปรียบเทียบผ้าฝ้ายถักหลังย้อมครามระหว่างผ้าที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการชุบมันด้วยแอมโมเนีย ได้ผลแสดงในตารางที่ 4.2 – 4.5 พบว่าผ้าที่ผ่านกระบวนการชุบมันสามารถดูดซับการติดสีได้ดีกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการชุบมับ และเมื่อนำไปทดสอบความคงทนของสีได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6 – 4.9

4.4 การทดสอบความคงทนของสีของผ้าฝ้ายถักย้อมครามก่อนและหลังการชุบมัน

สำหรับผ้าที่นำมาใช้ทดสอบความคงทนของสีในหัวข้อนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการย้อมโดยใช้ปริมาณเนื้อครามเปียก 200 กรัมต่อลิตร ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ 60 กรัมต่อลิตร ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัมต่อลิตร ใช้เวลาในการรีดิวซ์ 30 นาที ใช้เวลาในการย้อม 30 นาทีและใช้อุณหภูมิห้อง (RT) ในการย้อม

4.4.1 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง

เปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง หลังย้อมครามที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ความคงทนของสีต่อการซักล้าง

ชนิดผ้าในการชุบมัน		ค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี	ค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสี					
			อะซิเตท	ฝ้าย	ไนลอน	พอลิเอสเตอร์	อะคริลิก	ขนสัตว์
ซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่	ไม่ชุบมัน	4-5	5	5	5	5	5	5
	ชุบมัน	5	5	5	5	5	5	5
พิเก้	ไม่ชุบมัน	4-5	5	5	5	5	5	5
	ชุบมัน	5	5	5	5	5	5	5
อินเตอร์ล็อก	ไม่ชุบมัน	4-5	5	5	5	5	5	5
	ชุบมัน	5	5	5	5	5	5	5

จากผลการทดสอบพบว่าความคงทนของสีต่อการเปลี่ยนแปลงของสีต่อการซักล้างของผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ผ่านการชุบมันอยู่ในระดับ 5 ซึ่งความคงทนของสีดีขึ้นกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการชุบมัน และความคงทนของสีต่อการติดเปื้อนสีอยู่ในระดับที่ 5 เช่นเดียวกับผ้าก่อนชุบมัน แสดงว่าความคงทนของสีต่อการติดเปื้อนสีไม่มีความแตกต่างกัน

4.4.2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ

เปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง หลังย้อมครามที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความคงทนของสีต่อน้ำ

ชนิดผ้าในการชุบมัน		ค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี	ค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสี					
			อะซิเตท	ฝ้าย	ไนลอน	พอลิเอสเตอร์	อะคริลิก	ขนสัตว์
ซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่	ไม่ชุบมัน	4-5	5	5	5	5	5	5
	ชุบมัน	5	5	5	5	5	5	5
พิเก้	ไม่ชุบมัน	4-5	5	5	5	5	5	5
	ชุบมัน	5	5	5	5	5	5	5
อินเตอร์ล็อก	ไม่ชุบมัน	4-5	5	5	5	5	5	5
	ชุบมัน	5	5	5	5	5	5	5

จากผลการทดสอบพบว่าความคงทนของสีต่อการเปลี่ยนแปลงของสีต่อน้ำของผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ผ่านการชุบมันอยู่ในระดับ 5 ซึ่งความคงทนของสีดีขึ้นกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการชุบมัน และความคงทนของสีต่อการติดเปื้อนสีอยู่ในระดับที่ 5 เช่นเดียวกับผ้าก่อนชุบมัน แสดงว่าความคงทนของสีต่อการติดเปื้อนสีไม่มีความแตกต่างกัน

4.4.3 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อกรดและด่าง

เปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง หลังย้อมครามที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ความคงทนของสีต่อเหงื่อ

ชนิดผ้า		ค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี		ค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสี											
				อะซิเตท		ฝ้าย		ไนลอน		พอลิเอสเตอร์		อะคริลิก		ขนสัตว์	
		กรด	ด่าง	กรด	ด่าง	กรด	ด่าง	กรด	ด่าง	กรด	ด่าง	กรด	ด่าง	กรด	ด่าง
ซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่	ไม่ชุบมัน	4-5	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	ชุบมัน	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
พิเก้	ไม่ชุบมัน	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	ชุบมัน	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
อินเตอร์ล็อก	ไม่ชุบมัน	4-5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	ชุบมัน	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

จากผลการทดสอบพบว่าความคงทนของสีต่อการเปลี่ยนแปลงของสีต่อเหงื่อกรดและด่างของผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ผ่านการชุบมันอยู่ในระดับ 5 ซึ่งความคงทนของสีดีขึ้นกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการชุบมัน และความคงทนของสีต่อการติดเปื้อนสีอยู่ในระดับที่ 5 เช่นเดียวกับผ้าก่อนชุบมัน แสดงว่าความคงทนของสีต่อการติดเปื้อนสีไม่มีความแตกต่างกัน

4.4.4 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อต่อการขัดถู

เปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงสร้าง หลังย้อมครามที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ความคงทนของสีต่อการขัดถู

ชนิดผ้า		ค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีของผ้าไม่ชุบมัน		ค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีของผ้าชุบมัน	
		สภาวะแห้ง	สภาวะเปียก	สภาวะแห้ง	สภาวะเปียก
ซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่	แนวยืน	4-5	4-5	4-5	3-4
	แนวพุ่ง	4-5	4	4-5	3-4
พิเก้	แนวยืน	4-5	4-5	4-5	3-4
	แนวพุ่ง	4-5	4	4-5	3-4
อินเตอร์ล็อก	แนวยืน	4-5	4	4	3-4
	แนวพุ่ง	4-5	4	4	3-4

จากผลการทดสอบพบว่าความคงทนของสีต่อการติดเปื้อนสีต่อการขัดถูในแนวยืนและแนวพุ่งที่สภาวะแห้งของผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ชุบมันอยู่ในระดับ 4-5 ซึ่งไม่แตกต่างกับผ้าฝ้ายหลังย้อมครามไม่ชุบมันทุกโครงสร้างผ้า ยกเว้นผ้าโครงสร้างอินเตอร์ล็อกมีค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีผ้าหลังชุบมันลดลงอยู่ที่ระดับ 4 และค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีทั้งแนวยืนและพุ่งที่สภาวะเปียกของผ้าชุบมันลดลงอยู่ 3-4 ทุกโครงสร้างผ้า

และผู้วิจัยได้ทำผลิตภัณฑ์จากผ้าฝ้ายถักโครงสร้างซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่ ย้อมสีครามธรรมชาติที่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังแสดงในภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์จากผ้าฝ้ายถักย้อมสีครามธรรมชาติที่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

5.1.1 สมบัติของผ้าฝ้ายถักก่อนชุบมันและที่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

การชุบมันด้วยแอมโมเนียส่งผลทำให้ลักษณะของผ้าฝ้ายถักหลังการชุบมันเปลี่ยนแปลง การชุบมันผ้าฝ้ายถักที่โครงสร้างผ้าแตกต่างกันด้วยแอมโมเนียไม่มีความแตกต่างทางภาคตัดขวาง และพบว่าภาคตัดขวางของผ้าฝ้ายถักทั้ง 3 โครงส้ราง หลังชุบมันมีลักษณะกลมขึ้น รูช่องว่างตรงกลางสั้นลง ทำให้เส้นใยมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้น ส่งผลให้ผ้าที่ผ่านกระบวนการชุบมันด้วยแอมโมเนียไม่มีผลต่อน้ำหนักของผ้าฝ้ายถัก และความคงทนของสีต่อการขัดถู โดยพบว่าระดับการติดเปื้อนสีบนผ้าสีขาวทั้งในสภาพที่แห้งและเปียกอยู่ในระดับ 4-5 ทั้งก่อนและหลังชุบมัน แต่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของการทดสอบการยืด-หดหลังการซักล้างของผ้าฝ้ายถัก โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การยืด-หดหลังการซักล้างของผ้าฝ้ายถักทั้งแนวด้ายยืนและด้ายพุ่งในการซัก 1 ถึง 3 ครั้ง ของผ้าหลังชุบมันดีขึ้น ระดับการติดเปื้อนสีของความคงทนของสีต่อการซักบนผ้ามัลติไฟเบอร์อยู่ในระดับดีขึ้นบนทุกเส้นใย และการเปลี่ยนแปลงของสีไม่มีการเปลี่ยนแปลง เปอร์เซ็นต์การขนดีขึ้นจากก่อนชุบมันและหลังชุบมันอยู่ที่ 3.5 และ 4 ตามลำดับ ระยะทางที่น้ำซึมของผ้าฝ้ายถักในแนวด้ายยืนและด้ายพุ่ง ระยะทางที่น้ำซึมหลังชุบมันสูงขึ้นทั้ง 3 โครงสร้างผ้า และสมบัติความเรียบของผ้าฝ้ายถัก โดยพบว่าผ้าฝ้ายถักก่อนชุบมันทุกโครงสร้างมีรอยยับเล็กน้อย (เกรด 3) และผ้าหลังชุบมันของผ้าฝ้ายถักทุกโครงสร้างมีความเรียบ (เกรด 4)

จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบของผ้าฝ้ายถักหลังชุบมันแต่ละโครงสร้างผ้าสรุปได้ว่าผ้าฝ้ายถักโครงสร้างอินเตอร์ล็อกมีน้ำหนักผ้าสูงที่สุดอยู่ที่ 268 กรัม/ตารางเมตร แต่เปอร์เซ็นต์การยืด-หดหลังการซักล้างของผ้าหลังซัก 3 ครั้ง แนวเส้นด้ายยืนและด้ายพุ่งของผ้าฝ้ายถักโครงสร้างอินเตอร์ล็อกน้อยที่สุด คือ 2.33 และ 0.4 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 3 โครงสร้าง ของสมบัติทางกายภาพของความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายถักมีระดับการติดเปื้อนสีบนเส้นใยอะซิเตด ฝ้าย ไนลอน พอลิเอสเตอร์ อะคริลิก และขนสัตว์และการเปลี่ยนแปลงของสี (color change) อยู่ที่ระดับ 4-5 ความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าแห้งและเปียกอยู่ที่ระดับ 4-5 เปอร์เซ็นต์การขึ้นขนของผ้าแนวเส้นด้ายยืนและด้ายพุ่งอยู่ที่ระดับ 4 และค่าความเรียบระดับเกรด 4 (เรียบ) เท่ากันทั้ง 3 โครงสร้าง แต่ระยะทางที่น้ำซึมของผ้าแนวด้ายยืนของผ้าฝ้ายถักโครงสร้างพิเก้สูงที่สุดทั้งแนวด้ายยืน

และพุ่งที่ 83 และ 75 มิลลิเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผ้าฝ้ายถักหลังชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวโครงสร้างพิเก้ มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ดีที่สุด

5.1.2 ขั้นตอนและวิธีการย้อมสีครามธรรมชาติบนผ้าฝ้ายถักที่ไม่ชุบมันและชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

การย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวที่เหมาะสมสรุปได้ว่า ภาวะการย้อมที่เหมาะสมคือย้อมที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ปริมาณเนื้อครามเปียก 200 กรัมต่อลิตร ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ 60 กรัมต่อลิตร ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัมต่อลิตร เวลาในการรีดิวซ์ 30 นาที และใช้เวลาในการย้อม 30 การชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวทำให้เส้นใยฝ้ายพองตัวขึ้น และส่งผลต่อสมบัติการดูดซับและยึดติดสีย้อมครามของผ้าฝ้ายถักได้ดีขึ้น เมื่อนำไปทดสอบความคงทนของสีต่อการเปลี่ยนแปลงและการเปื้อนสีต่อการซักล้าง น้ำ และเหงื่อของผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ผ่านการชุบมันไม่มีความแตกต่างระหว่างชิ้นทดสอบและชิ้นที่ไม่ผ่านการทดสอบ แต่ผ้าฝ้ายถักโครงสร้างซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่และพิเก้มีค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีทั้งแนวยืนและพุ่งที่สภาวะเปียกและแห้งดีกว่าโครงสร้างอินเตอร์ล็อก

5.1.3 ผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ได้จากการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

ผ้าฝ้ายถักโครงสร้างซิ่งเกิ้ลเจอร์ซี่และพิเก้ที่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวแล้วนำมาย้อมคราม สามารถทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เสื้อผ้า กระเป๋า ผ้าปูโต๊ะ ผ้าม่าน เป็นต้น เพื่อเพิ่มมูลค่าและราคาให้กับตลาดผลิตภัณฑ์ย้อมครามได้ไม่ต่างกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ศึกษาการตกแต่งสำเร็จอื่น ๆ ที่เหมาะสำหรับผ้าฝ้ายถัก เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุสิ่งทอ
2) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการชุบมัน โดยศึกษาชนิดของสารชุบมันอื่น ๆ

บรรณานุกรม

กันยารัตน์ เหลืองบริบูรณ์. (2543). **การวัดระดับการชุบมันผลิตภัณฑ์สิ่งทอ โดยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2553). **คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูง แอมโมเนีย (Ammonia)**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

กรมวิชาการเกษตร. (2527). **"ฝ้าย" ใน เอกสารวิชาการเล่มที่ 9**. กรุงเทพมหานคร : ธนประดิษฐ์การพิมพ์.

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. (2538). **การควบคุมคุณภาพงานเตรียมสิ่งทอเพื่อการย้อมพิมพ์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี. **เอกสารข้อมูลความปลอดภัย**. [ออนไลน์] 2547. [สืบค้นวันที่ 2 กันยายน 2563]. จาก http://www.chemtrack.org/MSDSSG/Trf/msdst/msdst1310-73-2.html

ดนัย กิจชัยนุกูล. (2547). **เรื่องน่ารู้ของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)** (เอกสารอัดสำเนา, ม.ป.ท. : ม.ป.ป.), 2-3.

นวลแข ปาลิวนิช. (2542). **ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย (ปรับปรุงใหม่)**. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

มายด์โซป แอนด์ คอสเมติก. **โซดาไฟ หรือคอสติกโซดา(caustic soda)/โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) คุณสมบัติและการใช้**. [ออนไลน์] 2562. [สืบค้นวันที่ 2 กันยายน 2563]. จาก http://www.mildsoapandcosmetic.com/article/

มหาวิทยาลัยรามคำแหง. (ม.ป.ป.). [ออนไลน์]. **การจำแนกเส้นใย**. (e-Books). [สืบค้นวันที่ 9 กันยายน 2563]. จาก http://old-book.ru.ac.th/e-book/h/HC375/HC375-2.pdf

วรวรรณ อัศเวศน์. (2542). **การชุบมันผ้าฝ้ายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่ำที่อุณหภูมิต่ำ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. (2542). **วิทยาศาสตร์เส้นใย (Fiber science)**. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2004). **วิทยาศาสตร์สิ่งทอ**. ความรู้และเทคโนโลยีสิ่งทอ. http://www2.mtec.or.th/th/research/textile/yarns.html

บรรณานุกรม (ต่อ)

ห้องสมุดกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2547). **คู่มือเทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมสิ่งทอ**. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.

อรุณี คงดี อัลเดรด. (ม.ป.ป.). [ออนไลน์]. **บทที่ 2 การฟอกขาวและการทำมันเส้นใยสิ่งทอ**. (เอกสารประกอบการสอนคม 362 กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ). [สืบค้นวันที่ 9 กันยายน 2563]. จาก http://www.science.mju.ac.th/chemistry/download/a_kongdee/คม362-บทที่2การฟอกขาว-4p.pdf

Ahlquist, S. (2015). Social Sensory Architectures: Articulating Textile Hybrid Structures for Multi-sensory Responsiveness and Collaborative Play. **Proceedings of the 35th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)** (pp. 262–273).

Berg, J. M., Tymoczko, J. L., and Stryer, L. (2002). **Complex Carbohydrates Are Formed by Linkage of Monosaccharides. Biochemistry**. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK22396/

Bhattacharya, D., Germinario, L. T., and Winter, W. T. (2008). Isolation, preparation and characterization of cellulose microfibers obtained from bagasse. Carbohydrate Polymers. **Carbohydrate Polymers**, 73(3), 371–377. DOI:10.1016/j.carbpol.2007.12.005

Bledzki, A. K., and Gassan, J. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. Progress in Polymer Science. **Progress in Polymer Science**, 24(2), 221–274. Retrieved from https://doi.org/10.1016/S0 079-6700(98)00018-5

CAMEO Chemicals. (n.d.). **SODIUM HYDROXIDE SOLUTION**. Retrieved from https://cameochemicals.noaa.gov/chemical/1499

CDC-ATSDR Toxic Substances Portal. (2011). **Sodium Hydroxide**. Retrieved from URL: https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=45

บรรณานุกรม (ต่อ)

Chen, H., Lee, K., and Lin, J. (2004). Electromagnetic and electrostatic shielding properties of co-weaving-knitting fabrics reinforced composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, 35(11), 1249–1256. Retrieved from https://doi.org /10.1016/S1359-835X(04)00119-8

Chen, Y., Jiang, Y., Wan, J., Wu, Q., Wei, Z., and Ma, Y. (2018). Effects of wet-pressing induced fiber hornification on hydrogen bonds of cellulose and on properties of eucalyptus paper sheets. **Holzforschung**, 72(10), 829–837. Retrieved from https: //doi.org/1 0.1515/hf-2017-0214

(Gajre)Kulkarni, V., Butte, K., and Rathod, S. (2012). Natural Polymers- A comprehensive Review. **International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedi cal Sciences**, 3, 1597–1613. Retrieved from https://www.researchgate. net/publ ication/236217541_Natural_Polymers-_A_comprehensive_Review

Mannan, Kh. M.. (1993). X-ray diffraction study of jute fibres treated with NaOH and liquid anhydrous ammonia. **Polymer**. 34(12), 2485-2487. Retrieved from https:// www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/003238619390576V

Mittal, A., Johnson, D.K., Katahira, R., and Himmel, M.E., (2011). Effects of alkaline or liquid-ammonia treatment on crystalline cellulose: Changes in crystalline structure and effects on enzymatic digestibility. **Biotechnology for Biofuels**. 41(4), 1-16. DOI:10.1186/1754-6834-4-41

Mohanty, A. K., Misra, M., and Drzal, L. T. (Eds.). (2005a). **Natural fibers, biopolymers, and biocomposites**. Taylor & Francis.

Mohanty, A. K., Misra, M., and Drzal, L. T. (2005b). **Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites**. CRC Press.

Naikwade, M., Liu, F., Wen, S., Cai, Y. and Navik, R. (2017). Combined Use of Cationization and Mercerization as Pretreatment for the Deep Dyeing of Ramie Fibre. **Fibers and Polymers**. 18(9), 1734-1740. DOI:10.1007/s12221-017-5512-9

บรรณานุกรม (ต่อ)

Olsson, C. and Westman, G. (2013). Direct Dissolution of Cellulose: Background, Means and Applications. **Cellulose - Fundamental Aspects**. Retrieved from https://doi.org/10.5772/52144

Poletto, M., Pistor, V., and J., A. (2013). Structural Characteristics and Thermal Properties of Native Cellulose. In T. G. M. Van De Ven (Ed.), Cellulose—Fundamental Aspects. **InTech**. Retrieved from https://doi.org/10.5772/50452

Ray, S. C. (2012). **Fundamentals and advances in knitting technology**. WPI , Woodhead Publ:India.

Repon, Md. R., Nura, M., Shiddique, A., Paul, D., Mamun, R., Shahria, S., and Quayum, M. (2018). Effect of Yarn Count & Stitch Length on the Fabric Width, GSM, WPI and CPI of 1×1 Rib Fabrics. **Textile Science**. 7, 94–100. Retrieved from https://doi.org/10.5923/j.textile.20180704.03

Sarker, E. (2016). **Knitting Terms and Definition | Textile Study Center**. Textile Study Center. Retrieved from https://textilestudycenter.com/knitting-terms-and-definition/

Seung Il Kim, Eui So Lee, and Heung Soo Yoon. "Mercerization in Degassed Sodium Hydroxide Solution." **Fibers and Polymers**. 7(2), 186-190.

Spencer, D. J. (2001). **Knitting technology; A comprehensive handbook and practical guide**. Woodhead Pub. Retrieved from http://www.woodheadpublishingonline.com/openurl.asp?genre=book&isbn=978-1-85573-333-6

Suryanto, H., Sukarni, S., Aji Pradana, Y., Yanuhar, U and Witono, K. (2019). Effect of mercerization on properties of mendong (Fimbristylis globulosa) fiber. **Songkla nakarin Journal of Science & Technology**. 41(3), 624-630. Retrieved from https://www.thaiscience.info/Journals/Article/SONG/10993196.pdf

Textile Centre of Excellence. (2019). **Principles | Knitting | Technology | Knowledge | Huddersfield Textiles**. Retrieved from http://www.tikp.co.uk/knowledge/technology/knitting/priciples/

บรรณานุกรม (ต่อ)

Textile Trick. (n.d.). [online]. **Mercerization**. [cited September 9,2020]. Retrieved from https://www.textiletrick.com/2019/06/mercerization.html

Thakur, S., Govender, P. P., Mamo, M. A., Tamulevicius, S., Mishra, Y. K., and Thakur, V. K. (2017). Progress in lignin hydrogels and nanocomposites for water purifi cation: Future perspectives. **Vacuum**, 146, 342–355. Retrieved from https://doi .org/10.101 6/j.vacuum.2017.08.011

Venter, M. (2015). **A Methodology for Numerical Prototyping of Inflatable Dunnage Bags** (Doctor dissertation) Stellenbosch University, Retrieved from https://doi.or g/10.13140/RG.2.1.4114.8405

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

Proceeding cretech nation 2021

การศึกษาสมบัติการติดสีและความคงทนของสีย้อมครามบนผ้าฝ้ายถัก

A Study of the Properties of Color and Fastness of Indigo Dye on Knitted Cotton Fabrics

ชุติกาญจน์ ปัญญาวงค์[1*], สมชาย อุดร[2]

Chutikarn Panyawong[1*], Somchai Udon[2]

[1]นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[1]Students of the Master Degree of Science, Department of Textile Innovation, Faculty of Textile Industries, Rajamangala University of Technology Krungthep

[2]Department of Textile Chemical Engineering, Faculty of Textile Industries, Rajamangala University of Technology Krungthep

[*]Corresponding Author. E-mail: chutikarn.punyawong1983@gmail.com

บทคัดย่อภาษาไทย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการย้อมสีและสมบัติความคงทนของสีต่อการซักล้าง น้ำ เหงื่อ และการขัดถู ของผ้าฝ้ายถักโครงสร้างเจอร์ซี่ ระหว่างผ้าฝ้ายถักที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว โดยทดลองศึกษาแปรผันอุณหภูมิ ปริมาณเนื้อครามเปียก ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ผลการทดลองพบว่าภาวะที่เหมาะสมในการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักที่ผ่านกระบวนการชุบมัน คือ ย้อมที่อุณหภูมิห้อง ใช้เนื้อครามเปียก 200 กรัมต่อลิตร ไธโอยูเรียไดออกไซด์ 60 กรัมต่อลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 กรัมต่อลิตร ผ้าฝ้ายถักที่ได้มีลักษณะติดสีย้อมได้ดีกว่าผ้าฝ้ายถักที่ไม่ผ่านกระบวนการการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว การเปลี่ยนแปลงและการติดเปื้อนของสีต่อการซักล้าง น้ำ และเหงื่อไม่มีความแตกต่างระหว่างชิ้นทดสอบและชิ้นที่ไม่ผ่านการทดสอบ (ระดับ 5)

คำสำคัญ : ความคงทนของสี ย้อมคราม ฝ้าย ผ้าถัก การชุบมัน แอมโมเนียเหลว

ABSTRACT

This research aimed to study the effect of dyeing and color fastness properties on washing, water and perspiration of Knitted Cotton Fabrics (structure jersey). Compared between treated and untreated mercerized knitted cotton with liquid ammonia. Experiment by studied variation the temperature, indigo content, Thiourea dioxide content and sodium hydroxide content. The results showed optimal conditions for indigo dyeing was dyeing at room temperature use 200 g/l of indigo pulp, 60 g/l thiouria dioxide and 2.0 g/l sodium hydroxide. Knitted cotton fabric has a good dye fixation along with excellent fastness and found there is no change between test specimens and untested specimens in color change and staining to washing, water and perspiration (grade 5 on the gray scale for color change and staining).

Keywords: Color Fastness, Indigo Dyeing, cotton, Knitted Fabrics, mercerization, liquid ammonia

5th National Conference on Creative Technology
CreTech 2021
Smart Tourism and Green Innovation

1. บทนำ

ปัจจุบันกระแสความนิยมผลิตภัณฑ์สิ่งทอย้อมสีธรรมชาติกลับมาเป็นที่นิยมอีกครั้งหนึ่ง ผ้าย้อมครามเป็นผ้าที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับต้น ๆ ของกลุ่มผลิตภัณฑ์สิ่งทอย้อมสีธรรมชาติ ผ้าย้อมครามเป็นมรดกทางภูมิปัญญาของบรรพชน ผ้าย้อมครามในอดีตถูกผลิตขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการในการดำเนินชีวิต หากแต่ในปัจจุบันเมื่อมีการรื้อฟื้นผ้าย้อมคราม ทำให้ผ้าย้อมครามกลายเป็นสินค้าทางวัฒนธรรมที่สำคัญของหลาย ๆ จังหวัด เช่น สกลนคร กาฬสินธุ์ นครพนม และมุกดาหาร เป็นต้น ภูมิปัญญาของผ้าย้อมครามถูกกำหนดเป็นยุทธศาสตร์สำคัญของจังหวัด พร้อมทั้งมีการขับเคลื่อนเพื่อทำให้ผ้าย้อมครามเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย [1]

ครามเป็นพืชตระกูลถั่ว เป็นไม้พุ่มชนิดหนึ่งในสกุล Indigofera เป็นพืชสกุลใหญ่เป็นที่ 3 ของวงศ์ Leguminosae มีประมาณ 700–800 ชนิด แต่ละชนชาติเรียกสีครามแตกต่างกันไป เช่น อินโดนีเซียเรียกตมจาวา (tom java) มาเลเซียเรียกนิลา (nila) ลาวเรียกคาม (khaam) ไทยเรียกคราม (khram) เวียดนามเรียกจาม (cham) กัมพูชาเรียกตรม (trom) และในภาษาสันสกฤตเรียกนิล [2] ต้นครามมีลำต้นสูงประมาณ 2 ศอก ลำต้นและใบสามารถนำมาหมักเพื่อให้ได้เนื้อสี ครามชอบอากาศชื้น แดดร่ำไร [3] พันธุ์ครามที่ในไทยนิยมปลูกทั้งสองชนิด คือ ชนิดครามฝักตรง และชนิดครามฝักงอ ครามฝักงอจะให้สีน้ำเงินใสหรือน้ำเงินอมฟ้า ส่วนครามฝักตรงจะให้สีน้ำเงินอมม่วง [4]

ในประเทศไทยส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 90 ของผู้ทำสีครามธรรมชาติ จะทำสีครามจากกิ่งรวมใบครามสด [5] ซึ่งสารตั้งต้นที่พบในพืชให้สีคือ อินดิแคน ($C_{14}H_{17}O_6N$) เป็นสารไม่มีสีและไม่ละลายน้ำ แต่เมื่อแช่ใบสดของครามลงในน้ำ อินดิแคนจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ บีตา – กลูโคสิเดส [6] ที่มีอยู่ในปากใบของใบครามนั้น [7] ทำให้อินดิแคนแยกออกเป็น 2 สาร คือ อินดอกซิล (Indoxyl) และกลูโคส (glucose) อินดอกซิลถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายมากด้วยออกซิเจนในอากาศ จึงเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสภาพกลายเป็นอินดิโก้ บลู (Indigo blue) ที่เสถียรมาก มีสีน้ำเงิน แต่ไม่ละลายน้ำ ต้องมีการเติมปูนขาวหรือปูนแดงในน้ำคราม ทำให้อะตอมของอินดิโก้ บลูจับกับอะตอมของปูนจนเกิดตะกอน แล้วแยกตะกอนเก็บไว้ เรียกสารผสมนี้ว่า เนื้อคราม เปลี่ยนเนื้อครามให้เกิดภาวะพร้อมย้อมโดยการเติมสารรีดิวซ์ในสารละลายด่าง เป็นน้ำย้อมสีที่ออกเหลือง น้ำสภาพพร้อมย้อมนี้เรียกว่าอินดิโก้ไวท์ (Indigo white) ซึ่งเป็นสารไม่มีสี และอินดิโก้ ไวท์จะถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายมากด้วยออกซิเจนในอากาศกลับไปเป็นอินดิโก้ บลู [8]

สีครามธรรมชาติมักนิยมนำมาย้อมกับเส้นด้ายฝ้ายก่อนนำไปทอเป็นผืนผ้าเป็นหลัก ส่วนการย้อมในรูปแบบที่เป็นผืนผ้าส่วนใหญ่มักย้อมในรูปแบบที่เป็นผ้าทอหรือผ้าดิบ การย้อมผ้าถักมีให้เห็นไม่มากนัก โดยทั่วไปเส้นใยฝ้ายมีสมบัติในการดูดซึมสีย้อมได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอทั่วไป เป็นที่รู้กันดีว่า ถ้านำเส้นใยฝ้ายไปผ่านกระบวนการชุบมัน (mercerization) จะทำให้เส้นใยฝ้ายมีสมบัติในการดูดซึมสีย้อมได้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งกระบวนการชุบมันในสิ่งทอเป็นการตกแต่งสำเร็จทางเคมีที่ใช้กับเส้นใยหรือผ้าฝ้าย เพื่อให้เส้นด้ายเกิดการพองตัว เพิ่มสมบัติการดูดซึมสีย้อมและการตกแต่งทางเคมีต่าง ๆ ให้ดียิ่งขึ้น การชุบมันยังช่วยให้ผ้าฝ้ายมีความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น คุณสมบัติการดูดซับเพิ่มมากขึ้น และเพิ่มความมันวาว [9–10] ดังนั้นผู้วิจัยสนใจและเลือกศึกษาการย้อมสีครามธรรมชาติบนผ้าฝ้ายถัก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการย้อมสีและสมบัติความคงทนของสีต่อการซักล้าง น้ำ และเหงื่อ ของผ้าฝ้ายถักโครงสร้างเจอร์ซี่ (Jersey) และเปรียบเทียบผ้าฝ้ายถักที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการการชุบมันแอมโมเนียเหลว

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ทำการย้อมครามด้วยวิธีการใช้และไม่ใช้ความร้อน ใช้สารรีดิวซ์และสารละลายด่างทำให้เกิดภาวะพร้อมย้อม ซึ่งทำการย้อมภายในหม้อขนาดใหญ่ และทดลองย้อม 3 ครั้ง โดยมีวัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุได้แก่ ผ้าฝ้ายถักโครงสร้างเจอร์ซี่พร้อมย้อมที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว จากบริษัท วรกิจเท็กซ์ไทล์ จำกัด เนื้อครามธรรมชาติ จากจังหวัดนครปฐม ไธโอยูเรียไดออกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากบริษัท สตาร์ เทค เคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด

อุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Datacolor เครื่องทดสอบความคงทนต่อการซักล้าง (Gyrowash Washing & Dry Cleaning Color Fastness Tester) ยี่ห้อ JAMES H.HEAL & HALIFAX ENGLAND เครื่องทดสอบความคงทนต่อเหงื่อ (Perspiration Tester) ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Temperature & Humidity Chamber) ยี่ห้อ GIANT FORCE ตู้เทียบสี (Light Box) ยี่ห้อ Scilution เกรย์สเกลสำหรับประเมินการเปลี่ยนสี และประเมินการเปื้อนสี (Grey Scales) ยี่ห้อ SCD ENTERPRISES LIMITED และอุปกรณ์เครื่องมือวิทยาศาสตร์

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ภาวะการย้อมครามที่อุณหภูมิต่างกัน

สูตรภาวะการย้อม	1	2	3
เนื้อครามเปียก (กรัมต่อลิตร)	200	200	200
ไธโอยูเรียไดออกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	60	60	60
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	2.0	2.0	2.0
อุณหภูมิ (องศาเซียลเซียส)	ห้อง	40	50
เวลารีดิวซ์ (นาที)	30	30	30
เวลาที่ใช้ย้อม (นาที)	30	30	30

2.2.2 ศึกษาปริมาณเนื้อครามที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังแสดงในตารางที่ 2

2.2.3 ศึกษาปริมาณไธโอยูเรียไดออกที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังแสดงในตารางที่ 3

2.2.4 ศึกษาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 2 ภาวะการย้อมครามที่ปริมาณเนื้อครามต่างกัน

สูตรภาวะการย้อม	1	2	3	4	5
เนื้อครามเปียก (กรัมต่อลิตร)	100	150	200	250	300
ไธโอยูเรียไดออกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	60	60	60	60	60
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
อุณหภูมิ (องศาเซียลเซียส)	T	T	T	T	T
เวลารีดิวซ์ (นาที)	30	30	30	30	30
เวลาที่ใช้ย้อม (นาที)	30	30	30	30	30

หมายเหตุ T คือ อุณหภูมิที่เหมาะสม จากผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

ตารางที่ 3 ภาวะการย้อมครามที่ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ต่างกัน

สูตรภาวะการย้อม	1	2	3	4	5
เนื้อครามเปียก (กรัมต่อลิตร)	I	I	I	I	I
ไธโอยูเรียไดออกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	20	40	60	80	100
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
อุณหภูมิ (องศาเซียลเซียส)	T	T	T	T	T
เวลารีดิวซ์ (นาที)	30	30	30	30	30
เวลาที่ใช้ย้อม (นาที)	30	30	30	30	30

หมายเหตุ T คือ อุณหภูมิที่เหมาะสม และ I คือ ปริมาณเนื้อครามเปียกที่เหมาะสม จากผลการศึกษาอุณหภูมิและปริมาณเนื้อครามที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

ตารางที่ 4 ภาวะการย้อมครามที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่างกัน

สูตรภาวะการย้อม	1	2	3	4	5
เนื้อครามเปียก (กรัมต่อลิตร)	I	I	I	I	I
ไธโอยูเรียไดออกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	U	U	U	U	U
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
อุณหภูมิ (องศาเซียลเซียส)	T	T	T	T	T
เวลารีดิวซ์ (นาที)	30	30	30	30	30
เวลาที่ใช้ย้อม (นาที)	30	30	30	30	30

หมายเหตุ T คือ อุณหภูมิที่เหมาะสม I คือ ปริมาณเนื้อครามเปียกที่เหมาะสม และ U คือ ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ที่เหมาะสม จากผลการศึกษาอุณหภูมิ ปริมาณเนื้อคราม ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

2.2.5 ทดสอบความคงทนของสีย้อม ดังนี้

ก่อนทดสอบนำชิ้นทดสอบมาปรับสภาวะที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 4 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หรือจนชิ้นทดสอบอยู่ในสภาวะสมดุล โดยวางชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นแยกกันบนตะแกรง และทำการทดสอบในบรรยากาศมาตรฐาน

- ทดสอบการติดสีบนผ้า โดยอาศัยการวัดค่า L*, a*, b* และ K/S นำผ้าตัวอย่างขนาดกว้างและยาว 10 เซนติเมตร พับซ้อนกัน 4 ชั้น และยึดติดกับแขนจับของช่องใส่ตัวอย่างในเครื่องวัดความแตกต่างของสี โดย

L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)

L = 0 สีที่ได้จะมืดเป็นสีดำ

L = 100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว

a* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว

a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง

a เป็น - วัตถุมีสีออกเขียว

b* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง

b เป็น – วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

และค่า K/S คือค่าความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับการสะท้อนแสงของสีย้อมบนผืนผ้า ทำให้ทราบระดับความเข้มของสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสีย้อมบนผ้า

5th National Conference on Creative Technology
CreTech 2021
Smart Tourism and Green Innovation

จากจุดสูงสุดของ reflectance curve ว่าผลการติดสีย้อมบนผ้านั้นดีหรือไม่ ตามสมการของ Kubellka-Munk [11]

- ทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างตามมาตรฐาน ISO 105-C05 A1S : 2010
- ทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำตามมาตรฐาน ISO 105-E01 : 2013
- ทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อตามมาตรฐาน ISO 105-E04 : 2013

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการย้อมสีครามบนผ้าฝ้ายถักโครงสร้างเจอร์ซี่ โดยศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบไปด้วย อุณหภูมิ ปริมาณเนื้อคราม ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับย้อมคราม และการทดสอบการติดสี ความคงทนของสี และเปรียบเทียบสมบัติระหว่างผ้าที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ได้ผลดังนี้

3.1.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่า L*, a*, b* และ K/S ของผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่อุณหภูมิต่างกัน

สูตรภาวะการย้อม	L*	a*	b*	K/S
1	26.04	0.15	-22.74	10.63
2	25.78	0.25	-22.86	10.86
3	24.10	0.31	-21.77	12.03

การย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวที่อุณหภูมิต่างกันมีผลต่อการติดสีบนผ้า จากตารางที่ 5 พบว่าค่าความเข้มของสี (K/S) เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญมากนัก ผู้วิจัยจึงได้เลือกสูตรภาวะการย้อม 1 มีค่าความเข้มสีน้อยที่สุด ค่า L* มีความสว่างน้อย ค่า a* มีค่าสีแดง และค่า b* มีค่าสีเหลืองเล็กน้อย โดยการย้อมที่อุณหภูมิห้อง เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมัน เนื่องจากในสภาพการย้อมจริงของผู้ประกอบการการย้อมครามในปัจจุบันนิยมย้อมในรูปแบบย้อมเย็น

3.1.2 ผลศึกษาปริมาณเนื้อครามที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่า L*, a*, b* และ K/S ของผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ปริมาณเนื้อครามต่างกัน

สูตรภาวะการย้อม	L*	a*	b*	K/S
1	28.50	-1.04	-23.58	9.21
2	26.24	-0.02	-22.69	10.46
3	23.29	0.30	-21.64	13.14
4	22.22	1.33	-19.89	13.39
5	22.10	1.50	-20.16	13.59

การย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวที่ปริมาณเนื้อครามต่างกันมีผลต่อการติดสีบนผ้า จากตารางที่ 6 พบว่าสูตรภาวะการย้อม 3 ถึง 5 มีค่าความเข้มสี มากและไม่แตกต่างกัน ค่า L* มีความสว่างน้อย ค่า a* มีสีออกแดงเล็กน้อย ค่า b* มีค่าสีน้ำเงินไม่แต่งต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้เลือกสูตรภาวะการย้อม 3 โดยใช้เนื้อครามเปียก 200 กรัมต่อลิตร เป็นปริมาณเนื้อครามที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมัน

3.1.3 ผลศึกษาปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่า L*, a*, b* และ K/S ของผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ต่างกัน

สูตรภาวะการย้อม	L*	a*	b*	K/S
1	27.05	-0.59	-22.84	10.02
2	27.17	-0.70	-23.32	10.07
3	26.63	0.05	-23.35	10.26
4	24.07	0.71	-22.40	12.28
5	23.52	1.22	-21.91	12.47

การย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวที่ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ต่างกันมีผลต่อการติดสีบนผ้า จากตารางที่ 7 พบว่าสูตรภาวะการย้อม 1 ถึง 3 มีค่าความเข้มสี ไม่แตกต่างกัน ค่า L* มีความสว่างน้อย ค่า a* สูตร 1 และ 2 มีสีออกเขียว แต่สูตร 3 มีสีออกแดงเล็กน้อย ค่า b* มีค่าสีน้ำเงินไม่แต่งต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้เลือกสูตรภาวะการย้อม 3 โดยใช้ไธโอยูเรียไดออกไซด์ 60 กรัมต่อลิตร เป็นปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมัน

3.1.4 ผลศึกษาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่า L*, a*, b* และ K/S ของผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่างกัน

สูตรภาวะการย้อม	L*	a*	b*	K/S
1	24.67	0.27	-22.25	11.80
2	24.35	0.44	-22.60	12.16
3	24.33	0.54	-22.73	12.17
4	24.23	0.62	-22.66	12.23
5	24.43	-0.25	-22.18	12.28

การย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่างกันมีผลต่อการติดสีบนผ้า จากตารางที่ 8 พบว่าสูตรภาวะการย้อม 2 ถึง 4 มีค่าความเข้มสี ไม่แตกต่างกัน ค่า L* มีความสว่างน้อย ค่า a* มีค่าสีแดงเล็กน้อย ค่า b* มีค่าสีน้ำเงินและไม่แต่งต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้เลือกสูตรภาวะการย้อม 3 โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.0 กรัมต่อลิตร เป็นปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักหลังผ่านการซุบมัน

จากการศึกษาเปรียบเทียบผ้าฝ้ายถักหลังย้อมครามระหว่างผ้าที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการซุบมันด้วยแอมโมเนีย ได้ผลแสดงในตารางที่ 9 พบว่าผ้าที่ผ่านกระบวนการซุบมันสามารถดูดซับการติดสีได้ดีกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการซุบมัน และเมื่อนำไปทดสอบความคงทนของสีได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10–11 จากผลการทดสอบพบว่าความคงทนของสีต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (color change) ต่อการซักล้าง น้ำ และเหงื่อ ของผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ผ่านการซุบมันอยู่ในระดับ 5 ซึ่งความคงทนของสีดีขึ้นกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการซุบมัน และความคงทนของสีต่อการติดเปื้อนสี (color stain) อยู่ในระดับที่ 5 เช่นเดียวกันแต่ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 9 ค่า L*, a*, b* และ K/S ของผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการซุบมันด้วยแอมโมเนีย

การซุบมัน	L*	a*	b*	K/S
ไม่ซุบมัน	32.82	-3.12	-21.95	6.78
ซุบมัน	24.33	0.54	-22.73	12.17

ตารางที่ 10 ความคงทนของสีต่อการซักล้าง และน้ำของผ้าฝ้ายถักย้อมครามผ่านและไม่ผ่านกระบวนการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

ความคงทนของสี		การเปลี่ยนแปลงของสี (color change)	การติดเปื้อนสี (color stain)					
			อะซิเตท	ฝ้าย	ไนลอน	พอลิเอสเตอร์	อะคริลิก	ขนสัตว์
ต่อการซักล้าง	ไม่ชุบมัน	4-5	5	5	5	5	5	5
	ชุบมัน	5	5	5	5	5	5	5
ต่อน้ำ	ไม่ชุบมัน	4-5	5	5	5	5	5	5
	ชุบมัน	5	5	5	5	5	5	5

ตารางที่ 11 ความคงทนของสีต่อเหงื่อ (กรดและด่าง) ของผ้าฝ้ายถักย้อมครามผ่านและไม่ผ่านกระบวนการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

ความคงทนของสี	การเปลี่ยนแปลงของสี (color change)		การติดเปื้อนสี (color stain)											
			อะซิเตท		ฝ้าย		ไนลอน		พอลิเอสเตอร์		อะคริลิก		ขนสัตว์	
	กรด	ด่าง	กรด	ด่าง	กรด	ด่าง	กรด	ด่าง	กรด	ด่าง	กรด	ด่าง	กรด	ด่าง
ไม่ชุบมัน	4-5	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ชุบมัน	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาภาวะการย้อมครามบนผ้าฝ้ายถักที่ผ่านและไม่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวที่อุณหภูมิ ปริมาณเนื้อคราม ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่างกัน ผลการวิจัยทำให้สรุปได้ว่าภาวะการย้อมที่เหมาะสมคือย้อมที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ปริมาณเนื้อครามเปียก 200 กรัมต่อลิตร ปริมาณไธโอยูเรียไดออกไซด์ 60 กรัมต่อลิตร ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัมต่อลิตร เวลาในการรีดิวซ์ 30 นาที และใช้เวลาในการย้อม 30 นาที การชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวทำให้เส้นใยฝ้ายพองตัวขึ้น และส่งผลต่อสมบัติการดูดซับและยึดติดสีย้อมครามของผ้าฝ้ายถักได้ดีขึ้น เมื่อนำไปทดสอบความคงทนของสีต่อการเปลี่ยนแปลงและการเปื้อนสีต่อการซักล้าง น้ำ และเหงื่อของผ้าฝ้ายถักย้อมครามที่ผ่านการชุบมัน ไม่มีความแตกต่างระหว่างชิ้นทดสอบและชิ้นที่ไม่ผ่านการทดสอบ ดังนั้นผ้าฝ้ายถักที่ผ่านการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวแล้วนำมาย้อมคราม สามารถทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เสื้อผ้า กระเป๋า ผ้าปูโต๊ะ ผ้าม่าน เป็นต้น เพื่อเพิ่มมูลค่าและราคาให้กับตลาดผลิตภัณฑ์ย้อมครามได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจากบริษัท วรกิจเท็กซ์ไทล์ จำกัด ที่ได้สนับสนุนวัตถุดิบผ้าฝ้ายถัก บริษัท สตาร์ เทคเคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด สนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีในการวิจัย คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือทดสอบความคงทนของสีและความเข้มของสีตลอดการวิจัย

6. อ้างอิง

[1] ดนัย ชาทิพฮด. ผ้าย้อมคราม : การทำวัฒนธรรมให้กลายเป็นสินค้าในกระแสโลกาภิวัตน์. วารสารไทยศึกษา. 2557; 10(2):87–116.

[2] Jenny Balfour Paul. Indigo. London: British Muse um Press; 1998.

[3] วิบูลย์ ลี้สุวรรณ. สารานุกรมผ้า เครื่องถักทอ. กรุงเทพฯ: เมืองโบราณ; 2550.

[4] อนุรัตน์ สายทอง. ไหมย้อมครามธรรมชาติ. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2555; 40(2):423–435.

[5] สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) และศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ. สกลนคร. 19 ผลสำเร็จที่โดดเด่นของศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ: คู่มือที่ 19 การผลิตผ้าย้อมคราม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มูฟเม้นท์ เจน ทรี; 2555.

[6] R.H.M.J. Lemmens and H. Wulijarni-Soetjipto. PROSEA : Plant resource of South-East Asia 3 : dye and tannin-producing plants. Borgor, Indonesia: PROSEA; 1992.

[7] Yoshiko Minami, Yumiko Shigetaa, Umechiyo Tokumotoa and et al. Cloning, sequencing, characterization, and expression of aβ-glucosidase cDNA from the indigo plant. Plant Sci. 1997; 142(2):219–226.

[8] อนุรัตน์ สายทอง, อังคณา เทียนกล่ำ, ฐิติรัตน์ แว่นเรืองรอง และคณะ. คราม และผลิตภัณฑ์คราม. รายงานวิจัย [อินเทอร์เน็ต]. สกลนคร: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร; 2554 [เข้าถึงเมื่อ 27 พฤษภาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: http:// ris.snru.ac.th/file/abstract/1209.pdf

[9] The Editors of Encyclopaedia Britannica [Inter net]. Mercerization: textile technology; 2012 [cited 2021 May 27]. Available from: https://ww w.britannica.com/technology/mercerization

[10] อภิชาต สนธิสมบัติ. กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ = Textile chemical processing. ปทุมธานี: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล; 2545.

[11] Kissa, E. Tinotorial Efficacy of Dyes in Polyester Fibers. Textile Res. J. 1984;54(8):497–504

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวชุติกาญจน์ ปัญญาวงค์
วัน เดือน ปีเกิด	20 พฤษภาคม 2526
ที่อยู่	190/14 หมู่ที่1 ต.บางโฉลง อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540
ประวัติการศึกษา	2551 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ความชำนาญเฉพาะด้าน	แกะโครงสร้างผ้าและแยกประเภทเส้นใย
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ.2551 - 2555	ตำแหน่งเจ้าหน้าที่ Research and development
พ.ศ.2555 – 2556	ตำแหน่งเจ้าหน้าที่ Product development
พ.ศ.2557 - 2564	เจ้าหน้าที่จัดซื้อและพัฒนาผลิตภัณฑ์
พ.ศ.2564 - ปัจจุบัน	กรรมการบริษัท พีพี เบสท์ติ้ง จำกัด