การใช้สารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระสำหรับ
การปรับปรุงความคงทนต่อแสงของสีธรรมชาติบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม

นายสุรพันธ์ เปล่งเจริญศิริชัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Application of UV Absorber and Antioxidant for Light Fastness Improvement of Natural Dyes on Cotton and Silk Yarns

Mr. Surapan Plengjaroensirichai

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Applied Polymer Science and Textile Technology
Department of Materials Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้สารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระสำหรับการปรับปรุงความคงทนต่อแสงของสีธรรมชาติบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม
โดย	นายสุรพันธ์ เปล่งเจริญศิริชัย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร. มณฑล นาคปฐม

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. พลกฤษณ์ แสงวณิช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ดวงดาว อาจองค์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ดร. มณฑล นาคปฐม)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิรีรัตน์ จารุจินดา)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. นราพร รังสิมันตกุล)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุรพันธ์ เปล่งเจริญศิริชัย : การใช้สารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระสำหรับการปรับปรุงความคงทนต่อแสงของสีธรรมชาติบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม (Application of UV Absorber and Antioxidant for Light Fastness Improvement of Natural Dyes on Cotton and Silk Yarns) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร. มณฑล นาคปฐม, 123 หน้า.

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติเป็นที่นิยมมากทั้งในและต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สีจากธรรมชาติยังคงมีปัญหาด้านความคนทนของสีต่อแสงซึ่งเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญในการใช้งานในชีวิตประจำวัน งานวิจัยนี้แสดงการศึกษาสมบัติด้านความคงทนต่อแสงของสีย้อมธรรมชาติบนเส้นด้ายฝ้ายและไหมจากแหล่งให้สี 4 ชนิด ได้แก่ ครั่ง (สีแดงอมม่วง) เปลือกของต้นมะพูด (สีเหลือง) ดอกดาวเรือง (สีเหลือง) และเมล็ดคำแสด (สีส้ม) โดยศึกษาตั้งแต่การสกัดสีย้อมธรรมชาติ กระบวนการย้อมสีบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม การมอร์แดนต์ วิธีการมอร์แดนต์ (พร้อม/หลังการย้อม) และทดสอบความคงทนของสีต่อแสงเพื่อคัดเลือกสีบนเส้นด้ายที่มีความคงทนต่อแสงน้อยที่สุดมาปรับปรุงให้เส้นด้ายย้อมสีมีความคงทนต่อแสงมากขึ้นหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยลง จากผลการวิจัยพบว่าการย้อมสีธรรมชาติจำเป็นต้องมีการมอร์แดนต์ โดยที่การย้อมสีจากครั่งและเปลือกของต้นมะพูดใช้การมอร์แดนต์พร้อมการย้อม การย้อมสีจากดอกดาวเรืองและเมล็ดคำแสดใช้การมอร์แดนต์หลังการย้อม จากการศึกษาความคงทนของสีต่อแสงของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีธรรมชาติทั้ง 4 ชนิด พบว่าสีย้อมจากเมล็ดคำแสดมีความคงทนของสีต่อแสงน้อยที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการปรับปรุงความคงทนของสีย้อมจากเมล็ดคำแสดต่อแสงบนเส้นด้ายฝ้ายและไหมโดยวิธีการตกแต่งสำเร็จต่างๆ (ตกแต่งสำเร็จก่อน/พร้อม/หลังการย้อม) ด้วยสารดูดซับรังสียูวีทางการค้า Rayosan®C Paste และสารต้านอนุมูลอิสระชนิดไวตามินซี (กรดแอสคอร์บิก) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมบนเส้นด้ายฝ้ายและไหมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระความเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร และ 10 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทำให้สีบนเส้นด้ายมีการเปลี่ยนแปลงหลังการตกแต่งสำเร็จน้อยที่สุดและช่วยทำให้ความคงทนของสีต่อแสงเพิ่มขึ้นมากที่สุด การทดสอบสมบัติด้านอื่นๆ ของเส้นด้าย พบว่าการตกแต่งสำเร็จทำให้สมบัติด้านความคงทนต่อการซักของสีบนเส้นด้ายดีมากขึ้น แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงและร้อยละการยืดตัวของเส้นด้าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา	วัสดุศาสตร์	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....
ปีการศึกษา	2560	

5872080123 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY
KEYWORDS: NATURAL DYE / ANTIOXIDANT / UV ABSORBER

SURAPAN PLENGJAROENSIRICHAI: Application of UV Absorber and Antioxidant for Light Fastness Improvement of Natural Dyes on Cotton and Silk Yarns. ADVISOR: ASST. PROF. USA SANGWATANAROJ, CO-ADVISOR: MONTHON NAKPATHOM, 123 pp.

This research showed the method to improve light fastness property of local natural dyes on cotton and silk yarns through the finishing process with UV absorber and anti-oxidant. Four natural dyes were extracted from Lac (reddish purple), Garcinia bark (yellow), Marigold flower (yellow), and Annatto seed (orange). Then they were dyed on cotton and silk yarns without and with alum as mordant, and dyed yarns were tested for light fastness property. The lowest light fastness dye was selected for further study on light fastness improvement. It was dyed on cotton and silk yarns and yarns were finished at various conditions using Rayosan® C Paste as UV absorber and ascorbic acid as anti-oxidant. Results indicated that natural dyeing process with mordanting improved the fixation of all dyes on both yarns. Light fastness testing on four dyes indicated that Annatto seed dye showed the lowest light fastness property (standard blue wool scale of 1 on cotton and 2 on silk) and it needed for further treatment to improve its light fastness. Results showed that the dyeing process with Annatto seed dye, followed by the finishing process with ascorbic acid at concentrations of 20 g/L for cotton and 10 g/L for silk, produced dyed yarns with the best improvement of light fastness property (least color change when testing for light fastness). This dyeing and finishing processes increased wash fastness of yarns but did not affect yarn strength and elongation.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Materials Science	Student's Signature .....
Field of Study:	Applied Polymer Science and Textile Technology	Advisor's Signature .....
		Co-Advisor's Signature .....
Academic Year:	2017	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เพราะได้รับคำแนะนำด้านวิชาการ การเอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และวัตถุดิบสำหรับการทำวิทยานิพนธ์อีกทั้งยังได้รับความช่วยเหลือ และการแนะแนวทางการปฏิบัติในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านต่างๆ เป็นอย่างดี ทางผู้วิจัยจึงใครขอขอบพระคุณคณาจารย์ บุลคล และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังรายนามต่อไปนี้

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร. มณฑล นาคปฐม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษาและการแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการทำงานวิจัย รวมถึงการแนะนำแนวทางในการทำเล่มวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ดวงดาว อาจองค์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิรีรัตน์ จารุจินดา และ ดร.นราพร รังสิมันตกุล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นางสาว บุปผา สมบูรณ์ และนางสาว นุชศรา นฤมลต์ ผู้ช่วยวิจัยห้องปฏิบัติการ ณ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และการช่วยเหลือในการงานทำวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ การสนับสนุนเครื่องมือ สารเคมี และสถานที่ในการทำงานวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอสำหรับการสนับสนุนการทดสอบบางส่วน

ผู้วิจัยขอขอบคุณ เพื่อนๆ และพี่น้องนิสิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือการสนับสนุน เป็นกำลังใจและแรงผลักดันให้การทำงานวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฐ

สารบัญแผนภาพ ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 วารสารปริทัศน์ 4

2.1 ฝ้าย 4

2.1.1 โครงสร้างทางกายภาพ 4

2.1.2 โครงสร้างทางเคมี 6

2.1.3 สมบัติของเส้นใยฝ้าย 6

2.1.4 การใช้ประโยชน์และการดูแลรักษา 9

2.2 ไหม 9

2.2.1 โครงสร้างทางกายภาพ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.2.2 โครงสร้างทางเคมี 11
2.2.3 สมบัติของเส้นใยไหม 11
2.2.4 การใช้ประโยชน์และการดูแลรักษา 13
2.3 สีย้อม 16
2.3.1 ทฤษฎีของสี 16
2.3.2 สีย้อมธรรมชาติ 18
2.4 หลักการย้อมสี 22
2.4.1 ทฤษฎีการย้อมสีบนวัสดุสิ่งทอ 22
2.4.2 สีย้อมสิ่งทอ 23
2.4.3 การคิดค้นสีย้อมสังเคราะห์ 23
2.4.4 วิธีการย้อมสีย้อมธรรมชาติ 23
2.4.5 ปัจจัยที่สำคัญในการย้อมสี 25
2.4.6 ลักษณะของสีย้อมที่ดี 27
2.5 การมองเห็นสี 28
2.5.1 แหล่งกำเนิดแสง 29
2.5.2 วัตถุมีสี 30
2.5.3 ผู้สังเกตการณ์ 31
2.6 การตกแต่งสำเร็จเพื่อปรับปรุงความคงทนของสีต่อแสง 31
2.7 สารดูดซับรังสียูวี 33
2.8 สารต้านอนุมูลอิสระ 33
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 37
3.1 สารเคมีและวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย 37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ 38
3.3 ขั้นตอนการทดลอง 39
3.3.1 การคัดเลือกสีย้อมธรรมชาติที่มีความคงทนต่อแสงต่ำ 39
3.3.2 การตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการการตกแต่งสำเร็จก่อนการย้อม พร้อมการย้อม และหลังการย้อม 42
3.3.2.1 การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดรังสีซับยูวีบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม 43
3.3.2.2 การตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม 45
3.3.3 การทดสอบสมบัติต่างๆ ของเส้นด้ายตามหัวข้อดังนี้ 46
3.3.3.1 การวัดค่าความเข้มสี เฉดสีและความแตกต่างของสี 46
3.3.3.2 การวิเคราะห์ร้อยละของการผนึกสี (%Dye fixation) 51
3.3.3.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง 51
3.3.3.4 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก 52
3.3.3.5 การทดสอบความแข็งแรงของเส้นด้าย 54
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 55
4.1 สีย้อมธรรมชาติ 4 ชนิดสกัดจากวัสดุให้สี 55
4.2 ผลการศึกษาการใช้สารมอร์แดนต์ในการย้อมสีธรรมชาติ 4 ชนิด 57
4.3 ผลการศึกษาความคงทนของสีย้อมธรรมชาติ 4 ชนิดต่อแสงของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสี 64
4.4 ผลของการศึกษาความคงทนของสีจากเมล็ดคำแสดต่อแสงของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ 68
4.4.1 การตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายฝ้าย 68
4.4.2 การตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายไหม 73
4.5 ผลการศึกษาความคงทนของสีจากเมล็ดคำแสดต่อการซักของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ 77

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.6 ผลการศึกษาความแข็งแรงของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ 79
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ 81
5.1 สรุปผลการทดลอง 81
5.2 ข้อเสนอแนะ 82
รายการอ้างอิง 84
ภาคผนวก ก 89
ภาคผนวก ข 97
ภาคผนวก ค 102
ภาคผนวก ง 104
ภาคผนวก จ 111
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 123

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของธาตุต่างๆ ในไฟโบรอิน 11

ตารางที่ 2.2 ชวงความยาวคลื่นและพลังงานในชวงความยาวคลื่นตางๆ 30

ตารางที่ 2.3 ประเภทของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ 34

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ 38

ตารางที่ 3.2 ค่าความแตกต่างของสีที่วัดด้วยเครื่องวัดสี (CIELAB Units) เทียบกับระดับการเปลี่ยนแปลงของสีที่วัดด้วยเกรย์สเกล 49

ตารางที่ 4.1 ค่า pH ของสารละลายสีย้อมธรรมชาติทั้ง 4 ชนิด 55

ตารางที่ 4.2 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีธรรมชาติ 4 ชนิด 59

ตารางที่ 4.3 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายไหมย้อมสีธรรมชาติ 4 ชนิด 60

ตารางที่ 4.4 รูปเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีธรรมชาติ 4 ชนิดแบบใช้และไม่ใช้สารมอร์แดนต์ 63

ตารางที่ 4.5 ร้อยละการผนึกติดของสี 4 ชนิด บนเส้นด้ายฝ้ายและไหม 64

ตารางที่ 4.6 ระดับความคงทนของสีย้อมธรรมชาติ 4 ชนิดต่อแสงบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม 65

ตารางที่ 4.7 ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงินของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสี และตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีการต่างๆ 69

ตารางที่ 4.8 เฉดสีและค่าความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนการฉายแสง 70

ตารางที่ 4.9 เฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนการฉายแสง 71

ตารางที่ 4.10 ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน และความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการฉายแสงของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารตกแต่งสำเร็จที่ความเข้มข้นต่างๆ 72

ตารางที่ 4.11 ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงินของเส้นด้ายไหมย้อมสี 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ตารางที่ 4.12 เฉดสีและค่าความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายไหมย้อมสีด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนการฉายแสง 75

ตารางที่ 4.13 เฉดสีของเส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนการฉายแสง 76

ตารางที่ 4.14 ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน และความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการฉายแสงของเส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นต่างๆ 77

ตารางที่ 4.15 ระดับความคงทนของสีต่อการซักและความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการซัก (บนผ้ามัลติไฟเบอร์, ด้านของการเปื้อนติดสีบนผ้ามัลติไฟเบอร์) ของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วย ascorbic acid 20 g/L 78

ตารางที่ 4.16 ระดับความคงทนของสีต่อการซักและความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการซัก (บนผ้ามัลติไฟเบอร์, ด้านของการเปื้อนติดสีบนผ้ามัลติไฟเบอร์) ของเส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วย ascorbic acid 10 g/L 79

ตารางที่ 4.17 แรงดึงขาดและร้อยละการยืดตัวของเส้นด้ายฝ้ายและไหม เส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสี เส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างตามภาคตัดขวางของเส้นใยฝ้าย 5
รูปที่ 2.2 ภาพภาคตัดขวางและรูปร่างตามยาวของเส้นใยฝ้าย จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 5
รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย 6
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของโมเลกุลเซลลูโลส 6
รูปที่ 2.5 ลักษณะของเซริซินและไฟโบรอินในเส้นใยไหม 10
รูปที่ 2.6 ภาคตัดขวางและรูปร่างตามยาวของเส้นใยไหมจาก กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 10
รูปที่ 2.7 โครงสร้างผลึกภายในเส้นใยไหม 11
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของเบนซีนและอนุพันธ์ของ quinoid 17
รูปที่ 2.9 โครงสร้างหลักของสารให้สีในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ 18
รูปที่ 2.10 โครงสร้างหลักของสารให้สีในกลุ่มของคาโรตินอยด์ 19
รูปที่ 2.11 โครงสร้างหลักของสารให้สีในกลุ่มของแนฟทราควิโนนและแอนทราควิโนน 20
รูปที่ 2.12 โครงสร้างหลักของสารให้สีในกลุ่มของแอลคาลอยด์ 21
รูปที่ 2.13 โครงสร้างหลักของสารให้สีในกลุ่มของแซนโทน 21
รูปที่ 2.14 การยึดติดของสีอินดิโกบนเส้นใยจากการย้อมแบบแวต 24
รูปที่ 2.15 การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโลหะกับสีและเส้นใย 25
รูปที่ 2.16 องค์ประกอบการมองเห็นของมนุษย์ 28
รูปที่ 2.17 การเกิด photochemistry ของ 2-hydroxybenzophenone 33
รูปที่ 3.1 เครื่องย้อมเส้นด้าย/ผ้าแบบแช่ Bagnomaria rotondo (BMR-P) 40
รูปที่ 3.2 สารดูดรังสีซับยูวีทางการค้าชื่อ Rayosan®C Paste 43
รูปที่ 3.3 สารต้านอนุมูลอิสระชนิด ascorbic acid 45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

.....หน้า

รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างของสีในระบบ CIELAB ที่วัดด้วยเครื่องวัดสีกับระดับการเปลี่ยนแปลงของสีที่วัดด้วยเกรย์สเกล 50

รูปที่ 3.5 เครื่องวัดสี spectrophotometer รุ่น Datacolor 650 51

รูปที่ 3.6 เกรย์สเกลสำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงสีของสิ่งทอ 51

รูปที่ 3.7 ผ้ามัลติไฟเบอร์ 53

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก DaeLim Starlet II DLS-8080 53

รูปที่ 3.9 ตู้แสงมาตรฐาน 53

รูปที่ 3.10 เกรย์สเกลสำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงของสี 54

รูปที่ 4.1 โครงสร้างหลักที่ให้สีของสีย้อมธรรมชาติสกัดจากวัสดุให้สีทั้ง 4 ชนิด a) ครั่ง, b) เปลือกของต้นมะพูด, c) ดอกดาวเรือง และ d) เมล็ดคำแสด 56

รูปที่ 4.2 ปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์ของบิซินในภาวะด่าง 57

รูปที่ 4.3 สารละลายสีย้อมจากเมล็ดคำแสดก่อนและหลังการไฮโดรไลซ์ในภาวะด่าง 57

รูปที่ 4.4 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเส้นด้ายฝ้าย สีย้อมจากเมล็ดคำแสด 58

รูปที่ 4.5 การตกตะกอนของสารละลายสีย้อมจากเมล็ดคำแสดเมื่อเติมอะลูมิเนียมซัลเฟต 62

รูปที่ 4.6 สารละลายสีย้อมจากดอกดาวเรือง เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากดอกดาวเรืองแบบไม่ใช้มอร์แดนต์และเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากดอกดาวเรืองแบบใช้มอร์แดนต์หลังการย้อม 62

รูปที่ 4.7 ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในโครงสร้างที่เป็น aromatic heterocyclic system 66

รูปที่ 4.8 การสลายตัวของสี morin a) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยมีโลหะไอออนเป็นตัวเร่ง b) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยบรรยากาศและมีแสงเป็นตัวกระตุ้น 67

รูปที่ 4.9 ความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการฉายแสง บนเส้นด้ายฝ้ายย้อมสี และตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีการต่างๆ 69

รูปที่ 4.10 ความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการฉายแสงบนเส้นด้ายไหมย้อมสี และตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีการต่างๆ 74

รูปที่ 4.11 ผ้ามัลติไฟเบอร์หลังการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการคัดเลือกสีย้อมที่มีความคงทนต่อแสงต่ำ 39
แผนภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการย้อมเส้นด้ายฝ้าย 40
แผนภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการย้อมเส้นด้ายไหม 41
แผนภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการซักล้างเส้นด้ายหลังย้อม/มอร์แดนต์ 41
แผนภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จเส้นด้าย 42
แผนภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายฝ้ายด้วยสารดูดรังสีซับยูวี Rayosan®C Paste ก่อน-หลังการย้อม 44
แผนภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายไหมด้วยสารดูดรังสีซับยูวี Rayosan®C Paste ก่อน-หลังการย้อม 45
แผนภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายฝ้ายและไหมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ascorbic acid ก่อน-หลังการย้อม 46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ประเทศไทยในปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าทางด้านวัตถุอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในเมืองหลวงและเมืองใหญ่ๆ เช่น เชียงใหม่ หาดใหญ่ เป็นต้น เราจะเห็นว่าในแต่ละเดือนจะมีการสร้างตึกอาคาร สะพาน และโครงการต่างๆ เกิดขึ้นมากมายในส่วนอื่นๆ ของประเทศจึงเร่งพัฒนาให้ทันกับวัตถุที่สร้างความทันสมัย ความสะดวกสบายต่างๆ จนละเลยกับผลเสียที่จะเกิดตามหลังมาไม่ว่าผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมกับสุขภาพของตนเองและของคนใกล้เคียง ตัวอย่างหนึ่งที่จะแสดงให้เห็นได้คือ สิ่งทอ เสื้อผ้าสีสวยงามที่เราสวมใส่ใช้งานกันในชีวิตประจำวัน อุตสาหกรรมการทอผ้าการฟอกย้อมได้สร้างมลพิษทางน้ำให้เกิดขึ้นมากมายเริ่มด้วยการฟอกขาวก่อนการย้อมด้วยสารประกอบคลอรีน ซึ่งทำให้เกิดสารพิษไดออกซินที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทำให้ทารกในครรภ์ผิดปกติ การสร้างภูมิคุ้มกันในร่างกายผิดปกติ และเป็นสารก่อมะเร็ง กระบวนการย้อมสี การใช้สีสังเคราะห์ (สีเคมี) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม และสารเคมีต่างๆ ที่ประกอบด้วยโลหะหนักบางชนิด เช่น ปรอท ตะกั่ว เป็นต้น น้ำสีที่เหลือจากกระบวนการย้อมสีส่วนมากไม่ได้รับการบำบัดก่อนปล่อยออกมายังแหล่งน้ำและแพร่กระจายไปทั่ว สร้างปัญหามลภาวะกับสิ่งแวดล้อม ปัญหามลพิษได้ทวีความรุนแรงขึ้น ผู้คนก็ได้รับผลกระทบที่ชัดเจนมากขึ้น จึงเริ่มมีความตระหนักกับพิษภัยและพยายามหาทางออก หาทางเลือกที่จะอยู่ได้อย่างปลอดภัยและสมดุล วิธีการที่จะอยู่ได้อย่างปลอดภัยและสมดุลนั้น คือ การกลับเข้าสู่ระบบของธรรมชาติ สิ่งทอและกระบวนการย้อมก็เช่นกัน กลับมาสู่ธรรมชาติกลับมาสู่วิทยาการดั่งเดิมที่ได้ละเลยไป สีย้อมธรรมชาติได้ถูกละเลยและทดแทนด้วยสีเคมีมากว่า 30 ปี ทำให้ธรรมชาติสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมไปเท่าไร การกลับมาของสีธรรมชาติไม่ใช่เป็นเรื่องของความนิยม ความสวยงามเท่านั้น แต่การกลับมาของสีธรรมชาติเป็นการฟื้นฟูในหลายด้าน เช่น ฟื้นฟูธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฟื้นฟูภูมิปัญญาและศักยภาพของชาวบ้าน ฟื้นฟูรายได้และเศรษฐกิจ ฟื้นฟูและพัฒนาคุณภาพชีวิตและสังคม เป็นต้น [1]

สีจากธรรมชาติมีการใช้กันอย่างกว้างขวางเป็นสีย้อมเส้นใยจากธรรมชาติ เช่น ขนสัตว์ ไหม และฝ้าย จนไปถึงหนังสัตว์ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสีของผลิตภัณฑ์ด้านความสวยงาม ด้านสิ่งพิมพ์ และด้านศิลปะ ถึงแม้ว่าสีธรรมชาติจะมีสมบัติบางประการที่ด้อยกว่าสีสังเคราะห์ก็ตาม เช่น การต้องใช้ปริมาณวัสดุให้สีที่มากกว่าในขั้นตอนการสกัดสี ควบคุมการผลิตได้ยาก มีอัตราการผลิตที่จำกัด และสมบัติความคงทนที่ด้อยกว่า เช่น ความคงทนของสีต่อแสง โดยความคงทนต่อแสงของสีย้อมธรรมชาติจะอยู่ในช่วงต่ำถึงปานกลาง ในขณะที่ความคงทนต่อแสงของสีสังเคราะห์จะอยู่ในช่วงตั้งแต่

ต่ำถึงดีมาก ซึ่งสามารถเลือกช่วงความคงทนที่เหมาะสมกับราคาและการใช้งานสีสังเคราะห์ได้กว้างกว่าสีย้อมธรรมชาติ [2]

โดยทั่วไปการย้อมสีธรรมชาติบนสิ่งทอมักต้องใช้มอร์แดนต์ช่วยในการผนึกสีให้ติดบนสิ่งทอ ส่วนใหญ่เป็นเกลือของโลหะพวกอะลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง สำหรับมอร์แดนต์ที่แนะนำให้ใช้สำหรับการย้อมระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือนเป็นสารเคมีเกรดการค้า ซึ่งมีราคาถูก คุณภาพเหมาะสมกับงาน สารมอร์แดนต์ที่ใช้กันทั่วไป คือ สารส้ม (มอร์แดนต์อะลูมิเนียม) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผนึกสีบนเส้นด้าย ช่วยให้สีสด สว่างขึ้น และความคงทนต่อการใช้งานดีขึ้นอีกด้วย [3]

ความคงทนต่อแสงของสีย้อมนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของเส้นใย โครงสร้างของสี สถานะทางกายภาพของสีย้อมในเส้นใย ความเข้มข้นของสี ชนิดของมอร์แดนต์ที่ใช้ ความเข้มของแสง อุณหภูมิ ความชื้น รวมไปถึงสภาพอากาศส่งผลต่อปฏิกิริยาทั้งสิ้น โดยปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโมเลกุลของสี คือ โฟโตออกซิเดชัน เกิดจากโมเลกุลของสีได้รับพลังงานจากแสง โดยรังสียูวีจะให้พลังงานมากจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็ว จากนั้นเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศทำให้โครงสร้างโมเลกุลของสีเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จึงมองเห็นสีที่แตกต่างจากเดิมหรือเกิดการซีดจางลง [4] ดังนั้นหากสามารถลดการเกิดโฟโตออกซิเดชันของสีได้โดยการใช้สารช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชันหรือสารดูดซับรังสียูวีหรือสารช่วยป้องกันรังสียูวีก็จะสามารถลดการเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีบนเส้นใยและสีมีความคงทนต่อแสงได้มากขึ้นนั่นเอง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะคัดเลือกสีย้อมธรรมชาติที่มีความคงทนต่อแสงต่ำนำมาย้อมเส้นด้ายฝ้ายและไหม และตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีทางการค้าและสารต้านอนุมูลอิสระด้วยกระบวนการตกแต่งสำเร็จที่แตกต่างกัน (ก่อน/พร้อม/หลังย้อมสี) เพื่อหากระบวนการที่ดีที่สุดที่ทำให้เส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีย้อมธรรมชาติมีความคงทนต่อแสงดีขึ้นในระดับที่ยอมรับได้ (ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงินมากกว่าหรือเท่ากับระดับ 4)

1.2 วัตถุประสงค์

1) เลือกชนิดของสีย้อมธรรมชาติที่มีความคงทนต่อแสงต่ำเมื่อถูกย้อมบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม
2) ปรับปรุงความคงทนของสีย้อมธรรมชาติต่อแสงโดยใช้สารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระและศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการใช้สารทั้งสองชนิดบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) ศึกษาความคงทนของสีย้อมธรรมชาติทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ครั่ง เปลือกของต้นมะพูด ดอกดาวเรือง และเมล็ดคำแสด บนเส้นด้ายฝ้ายและไหม
2) ศึกษาอิทธิพลของการใช้สารมอร์แดนท์ในการย้อมสีธรรมชาติบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม
3) ศึกษากระบวนการตกแต่งสำเร็จและความเข้มข้นของสารตกแต่งสำเร็จในการปรับปรุงความคงทนของสีย้อมธรรมชาติต่อแสง
4) ศึกษาสมบัติของเส้นด้ายที่ผ่านการย้อมและตกแต่งสำเร็จ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้กระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงความคงทนของสีย้อมธรรมชาติต่อแสงโดยใช้สารดูดซับยูวีและสารต้านอนุมูลอิสระ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ฝ้าย (Cotton)

ฝ้ายเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่มีความสำคัญที่สุดและใช้ประโยชน์ได้มากมายหลายทาง พันธุ์ฝ้ายพื้นเมืองที่ปลูกกันโดยทั่วไปในประเทศไทยแยกตามสีของปุยฝ้ายออกเป็น 2 ชนิด คือ พันธุ์สีตุ่น ปุยฝ้ายมีสีตุ่นคือสีน้ำตาลอ่อนๆ และพันธุ์สีขาวมีปุยฝ้ายสีขาว ซึ่งหาได้จากต้นฝ้ายที่สามารถปลูกขึ้นได้ดีในแถบที่มีอากาศอุ่นชื้นและมีแดดจัด [5] ฝ้ายเป็นไม้พุ่มให้เส้นใยจากเมล็ดหรือปุยฝ้าย เมื่อเมล็ดฝ้ายแก่จัดแล้วผลจะแตกมีใยเป็นปุยขาวจึงเก็บมาแยกเอาเปลือกและเมล็ดออกแล้วนำไปปั่นเป็นเส้นด้าย เส้นใยที่ใช้นำไปปั่นเป็นเส้นด้ายต้องมีความยาวเหมาะสมคือไม่สั้นจนเกินไป อาจปั่นด้ายจากเส้นใยฝ้าย 100% หรือผสมเส้นใยฝ้ายกับเส้นใยชนิดอื่นๆ เพื่อปั่นด้ายจากเส้นใยผสม

2.1.1 โครงสร้างทางกายภาพ

เป็นเส้นใยเซลล์เดียว ลักษณะเซลล์บิดตัวตามความยาว ความยาวเส้นใยตั้งแต่ 0.125-2.50 นิ้ว (3-63 มม.) เมื่อศึกษาภาคตัดขวางของเส้นใยฝ้ายด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเส้นใยฝ้ายมีลักษณะค่อนข้างเป็นวงรีคล้ายเมล็ดถั่ว หรือรูปไต โดยจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ เยื่อหุ้มชั้นนอก ผนังเซลล์ และ ลูเมน โดยมีรายละเอียดดังนี้ [6]

1) **เยื่อหุ้มชั้นนอก (cuticle)** อยู่ชั้นนอกสุดมีลักษณะเป็นเหยื่อหุ้มบางๆ ปกคลุมภายนอกเส้นใย ทั้งหมดประกอบไปด้วย ขี้ผึ้ง เพกติน และแร่ธาตุอื่นๆ โดยที่ชั้นของขี้ผึ้งนี้จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับผนังเซลล์ชั้นนอกซึ่งจำเป็นในการเจริญเติบโตของใยด้วย

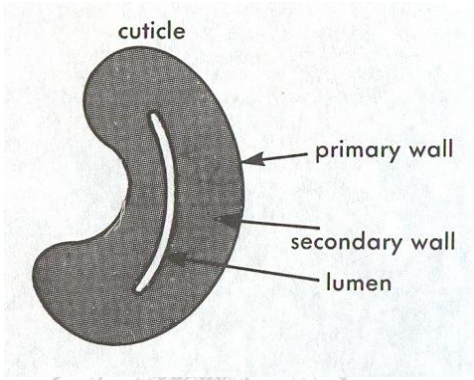
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) **ผนังเซลล์ (cell wall)** ประกอบด้วยผนังชั้นนอกและผนังชั้นใน

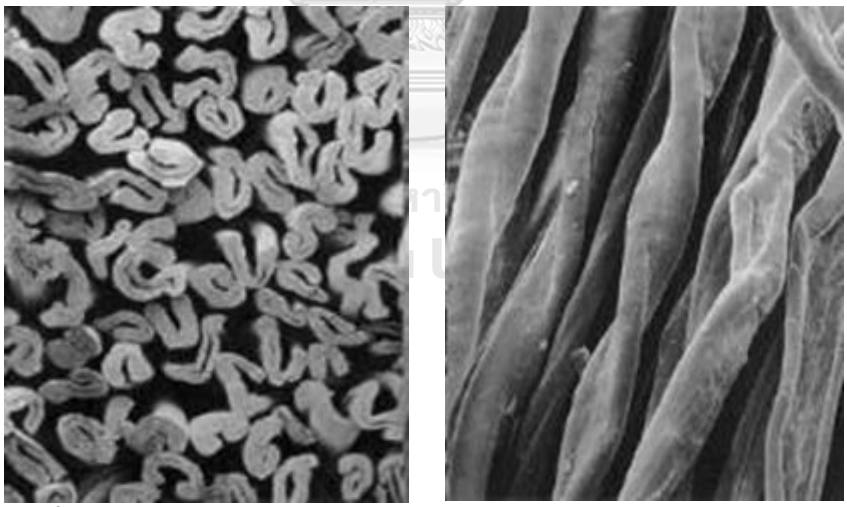
   ผนังชั้นนอก (primary wall) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มชั้นนอก มีความหนาประมาณ 200 นาโนเมตร ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเซลลูโลสที่มีความละเอียดมากเรียกว่าไฟบริล (fibrils) มีความต้านทานต่อกรดและสารเคมีทั่วไป [7]

   ผนังชั้นใน (secondary wall) อยู่ชิดกันกับผนังชั้นนอก ประกอบด้วยเส้นใยเซลลูโลสที่มีการจัดเรียงตัวเป็นผนังรูปวงแหวนซ้อนกันเป็นชั้นๆ จากไฟบริลเล็กๆ โดยที่แต่ละรอบวงแหวนมีขนาดไม่เท่ากันและทิศทางที่ต่างกันไปในแต่ละชั้นผนังชั้นนอกและผนังชั้นในจะมีใยเรียงตัวเป็นวงแหวนล้อมรอบลูเมนซึ่งอยู่ตรงกลางวงแหวนจะแสดงอายุของเส้นใย ฝ้ายที่แก่จะมีผนังชั้นในที่หนากว่า

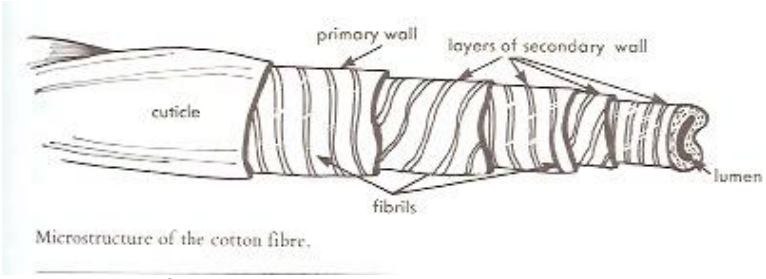
3) **ลูเมน (lumen)** เป็นช่องว่างตรงกลางภายในเซลล์มีลักษณะเป็นโพรง ใยฝ้ายสดที่อยู่ในเมล็ดฝ้ายจะมีสารละลายเจือจางน้ำโปรตีนน้ำตาลแร่ธาตุและของเสียจากเซลล์อยู่ภายในลูเมนทำให้เส้นใยพองตัวตรง เมื่อเมล็ดฝ้ายแตกออก น้ำภายในลูเมนระเหยออกมาเกิดเป็นโพรงอากาศตรงช่องว่างลูเมน อากาศภายนอกกดดันให้โพรงอากาศหดตัวลงทำให้เส้นใยเกิดการฟีบและบิดตัว เพราะเหตุนี้จึงทำให้ภาคตัดขวางของเส้นใยฝ้ายมีลักษณะคล้ายเมล็ดถั่วหรือรูปไตนั่นเอง และเมื่อเส้นใยแก่ตัวลงบริเวณลูเมนและช่องเล็กๆ ในผนังเซลล์จะยุบตัวลงทำให้ใยฝ้ายบิดตัวเป็นเกลียวมากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีเมื่อนำเส้นใยฝ้ายไปปั่นเป็นเส้นด้ายจะปั่นได้ง่ายเพราะเกลียวของเส้นใยทำให้เส้นใยเกิดการเกาะกันได้ดี



รูปที่ 2.1 โครงสร้างตามภาคตัดขวางของเส้นใยฝ้าย [8]



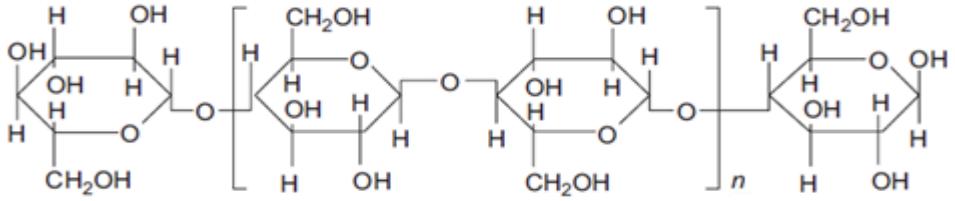
รูปที่ 2.2 ภาพภาคตัดขวาง (ซ้าย) และรูปร่างตามยาว (ขวา) ของเส้นใยฝ้าย จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด [9]



รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย [8]

2.1.2 โครงสร้างทางเคมี

องค์ประกอบหลักทางเคมีของเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน เส้นใยฝ้ายมีส่วนประกอบที่เป็นเซลลูโลสประมาณ 90 ถึง 95% โมเลกุลของเซลลูโลสจะประกอบด้วยหน่วยย่อยๆ คือ กลูโคส ซึ่งแต่ละหน่วยของกลูโคสในสายโซ่พอลิเมอร์จะประกอบไปด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group, -OH) 3 หมู่ อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2, 3 และ 6 โดยกลูโคสแต่ละหน่วยจะมาเชื่อมต่อกันเป็นสายโซ่พอลิเมอร์ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และ 4 ของกลูโคสแต่ละหน่วย (β-1,4 -glycosidic bonds) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของโมเลกุลเซลลูโลส

2.1.3 สมบัติของเส้นใยฝ้าย

1) สมบัติทางกายภาพ [10, 11]

ลักษณะภายนอก เส้นใยฝ้ายมีลักษณะคล้ายหลอดแบนบิดกันเป็นเกลียว รูปร่างภาคตัดขวางเป็นรูปเมล็ดถั่วหรือไต ตรงกลางเส้นใยเป็นรูซึ่งเกิดจากการระเหยของน้ำตามแกนกลางของเส้นใย ผิวของเส้นใยไม่เรียบและทึบแสง

ความยาวเส้นใย เส้นใยแต่ละเส้นมีความยาวอยู่ในช่วง 0.125-2.50 นิ้ว (3-63 มม.) โดยทั่วไปใยฝ้ายยาวมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นใยฝ้ายสั้น

สี ปกติฝ้ายจะมีสีขาว บางชนิดอาจพบเป็นสีครีมหรือสีน้ำตาล

ความเงามัน โดยธรรมชาติฝ้ายมีความมันน้อย ยกเว้นกรณีที่ผ่านการชุบมันแล้วมีความมันมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความแข็งแรง ฝ้ายเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงปานกลาง ความทนแรงดึง ณ จุดขาดมีค่าประมาณ 3.0-5.0 กรัมต่อดีเนียร์ เมื่อเปียกมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 10-20% ฝ้ายที่ชุบมันแล้วความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปความแข็งแรงของฝ้ายจะแปรผันตามความยาวของเส้นใย เมื่อนำมาตีเกลียวเป็นเส้นด้าย เส้นใยที่ยาวจะมีจุดสัมผัสและการเกาะกันของเส้นใยมากกว่าเส้นใยที่สั้นกว่า ส่งผลให้เส้นด้ายที่ปั่นจากเส้นใยที่ยาวกว่ามีความทนต่อแรงดึงสูงกว่าเส้นด้ายที่ปั่นจากเส้นใยที่สั้นกว่า

การยืดตัวและการคืนตัว ความสามารถในการยืดตัวถูกจำกัดด้วยโครงสร้างผลึกของเส้นใย ฝ้ายเป็นเส้นใยที่มีการยืดตัวที่ดีกว่าลินิน แต่ต่ำกว่าไหมและขนสัตว์ เกลียวในเส้นใยฝ้ายที่เกิดตามธรรมชาติทำให้เส้นใยมีการยืดตัวที่ดีและนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายได้ง่าย ใยฝ้ายสามารถยืดตัวได้ประมาณ 3-7%

การคืนตัวจากแรงอัด ฝ้ายมีความสามารถในการคืนตัวภายหลังที่ถูกกดทับได้ต่ำ เกิดการยับได้ง่ายเนื่องจากภายใต้ความเครียดที่มากพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่เซลลูโลสถูกทำลายและทำให้สายโซ่เกิดการเลื่อนผ่านกันแล้วเกิดพันธะไฮโดรเจนใหม่ในตำแหน่งอื่นทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปถาวร (ยับ)

การดูดซึมความชื้น ที่ภาวะมาตรฐานอุณหภูมิ 70°F (21°C) และความชื้นสัมพัทธ์ 65% ฝ้ายมีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้สูงถึง 7-10% เนื่องจากมีกลุ่มของไฮดรอกซิลในสายโซ่โมเลกุลมากซึ่งส่งผลให้ฝ้ายมีขั้วมากและดูดซับน้ำได้มากซึ่งจะเกิดจากส่วนที่เป็นอสัณฐานเนื่องจากส่วนที่เป็นผลึกของฝ้ายมีขนาดเล็กเกินกว่าที่น้ำจะแทรกตัวได้ การดูดความชื้นของผ้าฝ้ายโดยทั่วไปช่วยป้องกันไม่ให้เกิดไฟฟ้าสถิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การดูดความร้อน ฝ้ายมีความสามารถในการระบายความร้อนได้ดีจึงสามารถรีดผ้าฝ้ายที่อุณหภูมิสูงได้ ฝ้ายทนต่อความร้อนได้ดีแต่ฝ้ายเริ่มไหม้และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่อุณหภูมิ 400-425°F (204-218°C) โดยไม่มีการหลอมเนื่องจากเป็นพอลิเมอร์สายโซ่ยาวและมีพันธะไฮโดรเจนจำนวนมาก สามารถซักด้วยน้ำอุณหภูมิสูงถึง 212°F (100°C) และอบแห้งที่อุณหภูมิ 160-200°F (71-93°C)

ความถ่วงจำเพาะ 1.5

การติดไฟ ฝ้ายเมื่อติดไฟจะลุกไหม้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ขี้เถ้าสีเทานุ่ม กลิ่นคล้ายกระดาษไหม้

การเป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อน ฝ้ายเป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนที่ดี

2) สมบัติทางเคมี [10]

ผลกระทบจากกรด เส้นใยฝ้ายอ่อนแอและถูกทำลายโดยกรดเนื่องจากกรดจะไปไฮโดรไลซ์ฝ้ายที่บริเวณอะตอมออกซิเจนที่เชื่อมระหว่างหน่วยของกลูโคส (glucoside oxygen atom (O)) กรดอนินทรีย์ เช่น กรดไฮโดรคลอริก จะไปไฮโดรไลซ์สายโซ่พอลิเมอร์ของฝ้ายเร็วขึ้นกว่ากรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก โดยที่ฝ้ายจะเกิดการละลายเป็นยางเหนียว

ผลกระทบจากด่าง เส้นใยฝ้ายมีความทนทานต่อด่างได้ดีโดยความทนทานนี้เองที่ทำให้สามารถชุบมันฝ้ายในสารละลายด่างได้โดยเมื่อทำการชุบมันโดยไม่มีการใช้แรงดึง ฝ้ายจะเกิดการบวมตัว มีความหนาและการหดตัวตามความยาวมากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของด่างเข้าไปในบริเวณที่เป็นอสัณฐานทำให้เกิดการบวมขึ้นและเพิ่มการจัดเรียงตัวเป็นผลึกมากขึ้น ยืนยันได้จากการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของเส้นใยฝ้ายหลังการชุบมัน สามารถซักล้างทำความสะอาดฝ้ายในน้ำสบู่ที่เป็นด่างและสามารถชุบมันฝ้ายในสายละลายโซดาไฟเข้มข้นได้

ผลกระทบจากสารซักฟอก สารฟอกขาวที่ใช้บ่อยที่สุดในผ้าฝ้ายคือโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ใช้ฟอกสีฝ้ายที่อุณหภูมิห้อง สารฟอกขาวที่เป็นสารออกซิไดซ์เป็นชนิดของสารฟอกขาวที่ใช้บ่อยที่สุดในวัสดุสิ่งทอจากฝ้าย เนื่องจากเป็นสารฟอกขาวที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในภาวะด่างที่ฝ้ายทนได้ สารฟอกขาวเหล่านี้ช่วยปลดปล่อยออกซิเจนอิสระแล้วไปจับกับสิ่งปนเปื้อนในเส้นใยและผิวของวัสดุให้อยู่ในรูปของสารประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ และสามารถล้างออกจากผิวของวัสดุสิ่งทอได้

ผลกระทบจากแสงและอากาศ ความชื้นในอากาศมีส่วนทำให้เกิดการสลายตัวของพอลิเมอร์บนพื้นผิวของเส้นใยฝ้ายด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ในขั้นต้นการไฮโดรไลซิสพอลิเมอร์จะสังเกตเห็นว่ามีการเปลี่ยนสีเล็กน้อยและจะเร่งตัวขึ้นเนื่องจากการสะสมของผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสซึ่งจะช่วยในการสลายตัวของเส้นใยซึ่งจะทำลายโครงสร้างของเส้นใยฝ้าย โดยทั่วไปสารมลพิษทางอากาศมีความเป็นกรดและอาจสลายตัวได้อย่างรวดเร็วโดยการย่อยด้วยกรด (acid hydrolysis) การซีดจางของสีบนฝ้ายสีเกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลของเส้นใยฝ้าย ฝ้ายเมื่อถูกแสงแดดจะเกิดการออกซิไดซ์เป็นออกซีเซลลูโลสเป็นสีเหลืองและทำให้ฝ้ายเสื่อมคุณภาพ

3) สมบัติทางชีวภาพ [11]

ผลกระทบจากเห็ดราและแบคทีเรีย ฝ้ายที่อยู่ในสภาพเปียกชื้น และอับจะไม่ทนต่อเชื้อเห็ดรา โดยราดำจะเกิดขึ้นได้ง่ายบนฝ้าย ทำให้เกิดเป็นจุดดำฝั่งแน่นในเส้นใย แบคทีเรียจะทำให้ผ้าฝ้ายที่หมักแช่ไว้นานๆ มีกลิ่นเหม็นและเปื่อยขาดง่าย

ผลกระทบจากแมลง ตัวมอดและตัวด้วงจะไม่กัดกินฝ้าย แต่แมลงบางชนิด เช่น ตัวสามง่าม จะชอบกัดกินฝ้ายโดยเฉพาะผ้าที่ผ่านการลงแป้ง

2.1.4 การใช้ประโยชน์และการดูแลรักษา [11]

ผ้าฝ้ายมีความเหมาะสมที่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์หลายด้าน ทั้งการทำเป็นเสื้อผ้าเครื่องใช้ภายในบ้าน งานอุตสาหกรรม สำหรับการใช้ทำเสื้อผ้ามีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากผ้าฝ้ายให้ความสบายในการสวมใส่หลายประการ เช่น เป็นตัวนำความร้อนที่ดีจึงไม่สะสมความร้อน ดูดความเปียกชื้นได้ดี และระเหยได้เร็ว ผ้าจึงดูดซับความเปียกชื้นได้อยู่เรื่อยๆ สมบัตินี้เรียกว่า Wickability ฝ้ายไม่สะสมประจุไฟฟ้าสถิตเหมาะกับการสวมใส่ในทุกภูมิอากาศ

ผ้าฝ้ายถึงแม้จะยับง่ายแต่ก็แก้ไขโดยการตกแต่งสำเร็จให้ทนการยับได้หรือผสมเส้นใยฝ้ายกับเส้นใยที่มีความเหนียวและไม่ยับง่าย เช่น เส้นใยพอลิเอสเทอร์ การผสมมักจะใช้ปริมาณเส้นใยทั้งสองต่างกัน เช่น พอลิเอสเทอร์ 65% กับฝ้าย 35% หรือพอลิเอสเทอร์ 40% กับฝ้าย 60% นอกจากนี้สามารถตกแต่งสำเร็จให้ผ้าฝ้ายมีสมบัติเหมาะกับการใช้งานมากขึ้นได้แก่ การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายให้ต้านทานรังสีอัลตราไวโอเลต ตกแต่งให้สะท้อนน้ำ ตกแต่งให้ต้านทานเชื้อแบคทีเรีย

ผ้าฝ้ายมีความแข็งแรงมากขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปียกน้ำจึงซักได้ทั้งในน้ำและซักแห้งโดยสามารถใช้สารซักฟอกและสารฟอกขาวได้ ฝ้ายดูดซับน้ำได้ดีจึงดูดรอยเปื้อนที่ละลายน้ำได้เมื่อระเหยน้ำไปก็ทิ้งคราบรอยเปื้อนติดอยู่บนผ้า หากการซักฟอกธรรมดาไม่สามารถกำจัดรอยเปื้อนได้ ก็ควรกำจัดรอยเปื้อนด้วยสารลบรอยเปื้อนที่เหมาะสม ผ้าฝ้ายทนต่อแสงแดด หรือความร้อนที่ใช้ทำให้ผ้าฝ้ายแห้งได้ แต่หากถูกแดดเป็นเวลานานก็จะทำให้ผ้าเหลืองและความแข็งแรงของฝ้ายลดลง การซักและการตากฝ้ายควรให้แห้งสนิท หากยังชื้นแล้วนำไปเก็บไว้จะเกิดราและกลิ่นอับขึ้นได้ การรีดผ้าฝ้ายให้เรียบจะต้องรีดที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงในขณะที่ผ้าชื้น

Chulalongkorn University

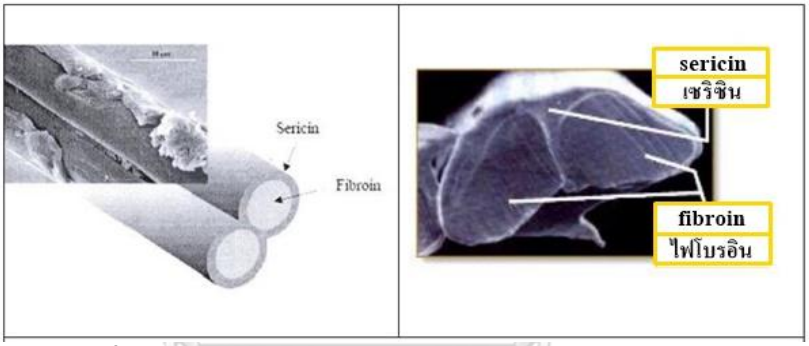
2.2 ไหม (Silk)

เส้นใยไหม คือ เส้นใยที่พ่นออกมาจากปากของตัวหนอนไหมที่โตเต็มวัย เพื่อมาห่อหุ้มตัวป้องกันศัตรูทางธรรมชาติในขณะที่หนอนไหมลอกคราบเป็นตัวดักแด้ และไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ขณะที่เป็นตัวหนอน ไหมจะเจริญเติบโตโดยการลอกคราบประมาณ 3-4 ครั้ง ในระยะเวลาประมาณ 20-22 วัน และจะมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นประมาณ 10,000 เท่า โดยการกินอาหารเพียงอย่างเดียว คือ ใบหม่อน และเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะหยุดกินอาหาร แล้วพ่นเส้นใยออกมาห่อหุ้มตัวเอง ที่เราเรียกว่า รังไหมซึ่งมีลักษณะกลมรีคล้าย เมล็ดถั่ว และหากเรานำรังไหมมาต้มในน้ำที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 80°C ขึ้นไปจะสามารถทำให้กาวไหมอ่อนตัว และดึงเส้นใยออกมาได้ ความยาวของเส้นใยจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์

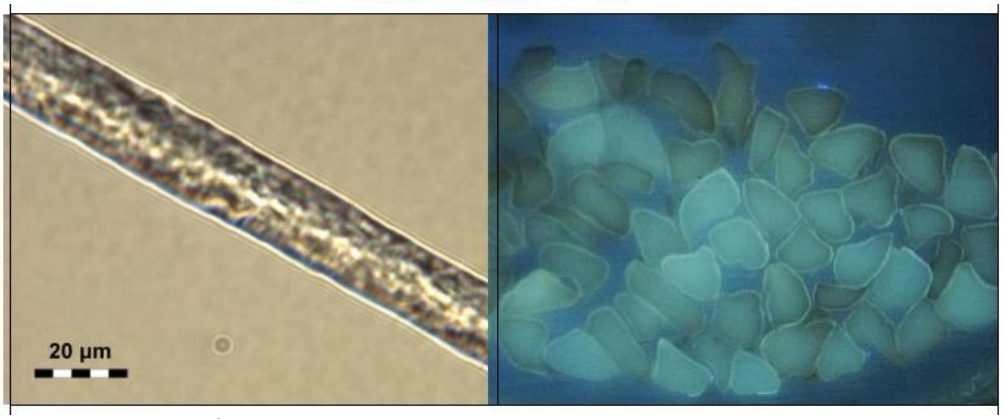
ไหมเป็นเส้นใยโปรตีน (protein fibers) ซึ่งมีบางส่วนคล้ายกับขนสัตว์ การชักใยของหนอนไหมจะเกิดจากส่วนบริเวณปาก ซึ่งจะผลิต viscous substance ซึ่งเรียกว่า ไฟโบรอิน (fibroin) ออกมาจากต่อม 2 ต่อมรวมกัน ได้เป็นเส้นคู่ คลุมด้วยเซริซิน (sericin) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวห่อหุ้ม และเป็นกาวยึดให้ไฟโบรอิน 2 เส้นรวมกัน คุณสมบัติทั่วไปของเซริซินจะเป็นสารแข็งสีเหลืองทึบแสง หนักประมาณ 1/4 ของไฟโบรอิน ในส่วนของไฟโบรอินเป็นเส้นใยที่ เรียกว่า fibrous protein ซึ่งประกอบด้วยกรดแอมิโนชนิดต่างๆ กัน รวมกันเป็นพอลิเมอร์สายโซ่ยาว

2.2.1 โครงสร้างทางกายภาพ [12]

เส้นใยไหมมีลักษณะเป็นเส้นใยคู่ (bave) คือ เส้นใยไฟโบรอินและถูกเคลือบด้วยรอบๆ กาวไหมเซริซินประมาณ 20-25% ของน้ำหนักใยไหมทั้งหมด ไหมเป็นเส้นใยยาวต่อเนื่องตลอดเส้น (filaments) มีผิวราบเรียบแต่ไม่สม่ำเสมอตลอดความยาวของเส้นใย พื้นที่หน้าตัดเป็นสามเหลี่ยมมุมมน มีความละเอียดมาก



รูปที่ 2.5 ลักษณะของเซริซินและไฟโบรอินในเส้นใยไหม [12]



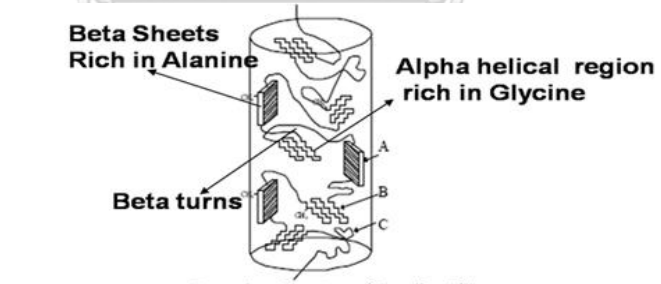
รูปที่ 2.6 ภาคตัดขวางและรูปร่างตามยาวของเส้นใยไหมจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด [12]

2.2.2 โครงสร้างทางเคมี [12]

ไหมส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีนซึ่งมีแต่เพปไทด์ (peptide) มาต่อกันเป็นพอลิเพปไทด์ (polypeptide) องค์ประกอบทางเคมีของไหมประกอบด้วย โปรตีนที่เรียกกันว่า ไฟโบรอิน มีธาตุที่สำคัญ คือ C, H, O และ N แสดงดังตารางที่ 2.1 ส่วนปริมาณ S มีน้อยมาก ลักษณะจะเป็นสายโซ่โมเลกุลยาว ไม่พับตัวกันเหมือนขนสัตว์ โมเลกุลจึงเรียงตัวกันยาวและเกาะตัวกันได้แน่นกว่า โครงสร้างของเส้นไหมแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ แผ่นบีต้า (β-sheet) เกลียวอัลฟ่า (α-helical) จะอยู่ในส่วนที่เป็นผลึก (crystalline) และโครงสร้างเกลียวสุ่ม (random coil) จะอยู่ในส่วนที่เป็นอสัณฐาน โครงสร้างอสัณฐานนี้จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่โดยรวมของเส้นไหม และโครงสร้างที่เป็นผลึกเป็นส่วนที่ทำให้เส้นไหมมีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่น ซึ่งสมบัติเชิงกลของไหมไฟโบรอินมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่นๆ

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของธาตุต่างๆ ในไฟโบรอิน อาจวิเคราะห์รายละเอียดได้ดังต่อไปนี้ [12]

ส่วนประกอบของธาตุ	ปริมาณ(%)
คาร์บอน	48.00-49.00
ไฮโดรเจน	6.40-6.51
ไนโตรเจน	17.35-18.89
ออกซิเจน	26.00-27.90



รูปที่ 2.7 โครงสร้างผลึกภายในเส้นใยไหม [13]

2.2.3 สมบัติของเส้นใยไหม

1) สมบัติทางกายภาพ [12]

ลักษณะภายนอก เส้นใยไหมมีลักษณะเป็นเส้นตรงไม่กลม ผิวเรียบ มีลายแตกตามยาว ภาคตัดขวางส่วนใหญ่รูปคล้ายสามเหลี่ยมมุมโค้งมน ไม่ยืดหยุ่น

ความยาวเส้นใย ไหมมีความยาวต่อรังประมาณ 400–1,400 เมตร

สี เส้นใยไหมมีสีเหลืองจนถึงขาว

ความเงามัน ไหมมีความเงามันมากขึ้นเมื่อลอกกาวไหมออกแล้ว

ความแข็งแรง ไหมเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีความแข็งแรงสูงที่สุดด้วยผิวเรียบที่มัน ทำให้ลดปัญหาการขัดถู ความละเอียดของเส้นใยทำให้ผ้าไหมสามาถที่จะได้รับการออกแบบให้มีโครงสร้างที่เบาบางและคงทนมีค่าความทนแรงดึง ณ จุดขาดอยู่ที่ 3.5-5.0 กรัมต่อดีเนียร์ในขณะที่แห้ง และจะมีความแข็งแรงลดลงเล็กน้อยเมื่อเปียก (ลดลงประมาณ 15-25 %)

การคืนรอยยับและการยืดตัว เส้นใยไหมยืดหยุ่นดีและยืดตัวออกได้ปานกลาง โดยเส้นใยไหมแห้งสามารถยืดได้ประมาณ 10-25% ของเส้นใยไหมเปียกแต่ไม่เกิน 33-35% โดยที่ถ้ายืดเส้นใยไหมประมาณ 2% เส้นใยไหมจะคืนตัวได้อย่างรวดเร็ว

ความคงตัวของเส้นใย เส้นใยไหมมีความคงตัวปานกลาง รอยการยับจะค่อยๆ คืนตัวช้าๆ แต่คืนตัวได้ไม่หมดเหมือนเส้นใยขนสัตว์

ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะของเส้นใยอยู่ต่ำกว่า 1.5 โครงสร้างเส้นใยจะไม่หนาแน่นเหมือนเส้นใยเซลลูโลส ทำผ้าเนื้อบางและเบาได้ดี เนื้อผ้าเหนียวและทนทาน

การดูดความชื้น มีความชื้นรีเกน (moisture regain) 11% ความชื้นรีเกนอิ่มตัว (saturated moisture regain) 25-35% แสดงว่าไหมดูดความชื้นได้ดี ทำให้ดูดสีย้อมและสารตกแต่งสำเร็จได้ดี และยังสามารถดูดสารชนิดอื่น จากของเหลวเข้าไปเก็บไว้ภายในเส้นใยได้ เช่น เกลือของโลหะต่างๆ ดังนั้นการซักน้ำหรือการตกแต่งสำเร็จผ้าไหมด้วยน้ำที่ไม่สะอาดที่มีเกลือของโลหะผสมอยู่ด้วยจะทำให้ผ้าไหมขาดเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความอยู่ตัว ไม่ว่าจะซักเปียกหรือซักแห้งทำให้ผ้าไหมยืดหรือหด เช่น ผ้าแพรทอด้วยใยไหมแท้เมื่อซักน้ำจะหดแต่จะยืดเท่าขนาดเดิมเมื่อรีด

ความทนร้อน ทนความร้อนได้สูงถึง 135°C แต่จะเหลืองไหม้สลายตัวที่ 177°C

การติดไฟ เมื่อใกล้เปลวไฟมีการม้วนหดตัวหนีไฟ เมื่ออยู่ในเปลวไฟจะลุกไหม้อย่างช้าๆ เมื่อนำออกจากเปลวไฟ เปลวไฟมอดดับได้เอง กลิ่นคล้ายผมไหม้ ขี้เถ้ามีลักษณะเป็นเม็ดกลมดำบีบแตกได้ถ้าไหมเพิ่มน้ำหนักเถ้าจะคงรูป

การเป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อน ไหมไม่เกิดไฟฟ้าสถิตได้ง่าย: เนื่องจากผ้าไหมมีทั้งไอออนบวกและลบเป็นส่วนประกอบและดูดซับความชื้นได้ดี จึงไม่เกิดไฟฟ้าสถิตได้ง่ายเหมือนผ้าชนิดอื่นบางชนิด

2) สมบัติทางเคมี [12]

ผลกระทบจากกรด ไหมไม่ถูกทำลายด้วยกรดทั่วไป แต่กรดที่มีความเข้มข้นสูงสามารถทำลายไหมได้ เช่น กรดไนติก (ดินประสิว) ทำให้ใยไหมเป็นสีเหลือง

ผลกระทบจากด่าง เส้นใยไหมสามารถถูกทำลายด้วยสารละลายด่าง และสามารถละลายได้อย่างรวดเร็วใน สารละลายที่มีตัวออกซิไดซ์ที่แรง เช่น สารประกอบไฮโปรคลอไรด์ (hypochoride compound) และมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยในสารละลายที่มีตัวรีดิวซ์

ผลกระทบจากเกลือคลอไรด์ ไหมถูกทำลายด้วยสารที่มีส่วนผสมของเกลือคลอไรด์ผสมอยู่ ได้แก่ เหงื่อ น้ำยาดับกลิ่น และน้ำเกลือทั่วไป

ผลกระทบจากสารละลายอินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ไหมส่วนใหญ่มักใช้การซักแห้งอยู่เสมอ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของเส้นด้ายไหมหรือสีที่ใช้ย้อม ซึ่งตัวไหมเองสามารถซักด้วยน้ำยาซักแห้งได้

ผลกระทบจากสารซักฟอก ไหมมีความทนต่อสารซักฟอกคล้ายขนสัตว์ ถูกทำลายได้ด้วยสารซักฟอก ประเภทสารออกซิไดซ์ เช่น พวกที่มีโซเดียมไฮโปคลอไรท์ แต่พวกที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3% หรือโซเดียมเปอร์บอเรต ภายใต้ภาวะการซักปกติจะไม่เกิดผลเสียต่อไหม

ผลกระทบจากแสง ผ้าไหมอ่อนไหวต่อแสงแดด โดยแฉพาะอย่างยิ่งจากการถูกแสงแดดโดยตรงเป็นเวลานานๆ หลายครั้ง ผ้าไหมจะถูกทำลายรวดเร็วกว่าใยฝ้ายและใยขนสัตว์

3) สมบัติทางชีวภาพ

ผลกระทบจากราและแมลง ไหมทนต่อเชื้อรา ราจะทำลายใยไหมในภาวะที่รุนแรงเท่านั้น ปกติไหมไม่เกิดราได้ง่าย ยกเว้นถูกทิ้งไว้ในภาวะที่ค่อนข้างเปียกชื้นเป็นเวลานาน ไหมสะอาดไม่มีปัญหาของแมลงและรา ยกเว้นแต่ได้ผลจากสารตกแต่งสำเร็จหรือสิ่งสกปรกที่ติดมา

2.2.4 การใช้ประโยชน์และการดูแลรักษา [14, 15]

การซัก ควรใช้สบู่หรือสารซักฟอกที่มีสภาพเป็นกลางหรือมีความเป็นด่างน้อย ไม่ควรขยี้หรือขัดถูผ้าไหมแรงๆ แต่ควรซักด้วยการแกว่งหรือสลัดเบาๆ ในน้ำจนสะอาด แล้วจึงค่อยๆ บีบเอาน้ำออกจนผ้าหมาด แต่อย่าบิดผ้าไหม และอย่าซักโดยใช้เครื่องซักผ้า เวลาตากให้ตากไว้ในที่ร่มไม่ควรแขวนผ้าไหมไว้กลางแดดหรือแขวนไว้ใกล้แหล่งกำเนิดรังสี ถ้าต้องการให้ผ้าไหมแห้งเร็วก็ให้เป่าแห้งโดยใช้พัดลม ไม่ควรทำให้แห้งโดยใช้เครื่องปั่นผ้า เพราะจะทำให้เกิดรอยยับมาก ซึ่งจะทำให้รีดลำบากและไม่ควรปล่อยให้ผ้าแห้งเองโดยใช้เวลานานๆ อาจทำให้เกิดรอยด่างเป็นจุดๆ จากรอยแห้งของหยดน้ำ

การรีด ก็ควรรีดขณะผ้ายังหมาดอยู่ แต่ในกรณีที่ผ้าแห้งแล้ว ให้พรมน้ำลงบนผ้าจนผ้าชื้นทั่วทั้งผืน ควรใช้อุณหภูมิในการรีดไม่เกิน 145°C และรีดด้านในของผ้า หรืออาจจะใช้ผ้าบางๆ ชุบน้ำยา

หมาดๆ ปูลงด้านนอกของผ้า แล้วจึงรีดทับบนผ้าบางนั้น จะทำให้ได้ผ้าไหมที่มีความเรียบและสวยงาม แต่ถ้ารีดผ้าไหมขณะยังเปียกและใช้ความร้อนสูงเกิน จะทำให้ผ้าไหมมีความกระด้างไม่น่าสัมผัส

การขจัดรอยเปื้อน ถ้าต้องรีบขจัดรอยเปื้อนทันทีให้วางผ้าไหมบนผ้าแห้งผืนหนึ่งโดยคว่ำด้านที่เปื้อนลงใช้ผ้าหมาดๆ ตีตรงด้านหลังรอยเปื้อนแต่อย่าถูจากนั้นส่งไปซักแห้ง

การเก็บรักษา อย่าเก็บในที่ชื้นระวังผีเสื้อกลางคืนและอย่าให้ผ้าถูกแสงใช้ไม้แขวนเสื้อที่หุ้มด้วยฟองน้ำหรือวางไว้ราบๆ โดยพยายามให้มีรอยพับน้อยที่สุด

ประโยชน์ทางด้านต่างๆ [16]

1. สิ่งทอ ไหมเป็นสิ่งทอที่ล้ำค่ามากกว่าสิ่งของอื่นๆ จนได้รับสมญานามว่า “ราชินีแห่งเส้นใย” แม้ไหมจะมีข้อเสียคือ ยืดหยุ่นได้น้อย ยับง่าย และซักยาก แต่ข้อเสียเหล่านี้ก็ได้กำจัดหรือทำให้ลดน้อยลงไป โดยการใช้สารเคมีหลายชนิดในกระบวนการผลิต เพื่อทำให้ผ้าไหมซักง่ายขึ้น ลดการยับและลดการทำให้ผ้าเหลืองลงได้ ยังมีการพัฒนาเส้นไหมดิบให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยการตีเกลียวเส้นไหมในทิศทางกลับกันและถี่ขึ้น ใช้เส้นใยที่มีขนาดใหญ่ เส้นใยชนิดนี้จะมีสมบัติทางเคมีและกายภาพดี กำจัดข้อเสียต่างๆ ออกได้ ด้วยความเป็นเส้นใยที่ได้จากสัตว์ ไหมจึงได้เปรียบเหนือกว่าฝ้าย ในอดีต ถุงน่องสุภาพสตรี ทำจากไหมเพียงอย่างเดียว ภายหลังใยสังเคราะห์ไนลอน เข้ามาทดแทนไหมได้เกือบสมบูรณ์ เนื่องจากมีความเหนียวและทนทาน ยืดหยุ่นดีและราคาถูก แต่ไหมยังดีกว่าไนลอนอยู่มากกว่าในด้านการสัมผัส การดูดซับความร้อนและระบายอากาศ จึงได้มีการพัฒนาเส้นไหมผสม (hybrid silk) เพื่อรวมคุณสมบัติที่ดีของเส้นใยทั้ง 2 ชนิดไว้ด้วยกัน

2. เครื่องสำอาง โปรตีนไหม ชนิดไฟโบรอิน เป็นเลิศแห่งมอยซ์เจอไรเซอร์ ที่สามารถให้ความชุ่มชื้นสูงถึง 300 เท่าของน้ำหนัก มีสารช่วยป้องกันผิวแห้ง มีสารลดการเจริญเติบโตของเชื้อไวรัสและสารต้านไวรัส นั่นเป็นสรรพคุณของไหมที่บริษัทเครื่องสำอางแห่งหนึ่งที่ผลิตครีมบำรุงความชุ่มชื่นผิวจากโปรตีนไหม กล่าวถึงไหมนอกจากจะครองความเป็นเลิศในเรื่องของเส้นใยแล้ว ยังเป็นวัสดุที่มีคุณค่าเมื่อนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาพัฒนา เนื่องจากเส้นใยไหมส่วนใหญ่ (90%) เป็นโปรตีนที่มีความใกล้เคียงกับโปรตีนที่พบในร่างกายมนุษย์ ซึ่งยากยิ่งที่สารสังเคราะห์อื่นใดจะทำได้เหมือน โปรตีนจากเส้นไหมเซริซินส่วนใหญ่จะถูกความร้อนชะล้างออกไปเมื่อต้มรังในการสาวไหมเพราะเป็นกาวเหนียว มีเพียงไฟโบรอินที่ใช้ทำเป็นเส้นใย

3. การแพทย์ เป็นที่ทราบกันดีว่าไหมใช้เป็นเส้นด้ายในการเย็บแผลผ่าตัด นอกจากเหนียวทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์แล้ว ยังเข้ากับเนื้อเยื่อของมนุษย์ได้ดี สมบัติของไหมเหล่านี้จึงเป็นประโยชน์ต่อวงการแพทย์อย่างมาก ในการที่จะหลอมเส้นไหมแล้วทำให้เป็นแผ่นหรือเป็นหลอดก่อนที่จะเป็นผิวหนังเทียม ท่อต่อเส้นเลือดเทียม แผ่นเอ็นเทียม คอนแทคเลนส์ พลาสเตอร์สมานแผล

ให้สนิทเร็วขึ้น แม้ว่าอุปกรณ์เหล่านี้จะทำได้ด้วยพลาสติกหรือวัสดุอื่น แต่วัสดุบางชนิดก็ถูกต่อต้านจากร่างกายสูง อีกทั้งยังพบว่าไฟโบรอินมีสมบัติในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์เนื้อเยื่อและกระดูก คาดว่าจะมีการนำไฟโบรอินไหมมาใช้ในวิศวกรรมเนื้อเยื่อและการส่งยา

4. วัสดุทดแทนนุ่น ปุยไหมชั้นนอกไม่สามารถจะนำไปสาวเป็นเส้นได้ เดิมจะมีการลอกปุยไหมชั้นนอกทิ้งไป ก่อนนำรังไปต้มเพื่อสาวเป็นเส้นไหมต่อไป ปัจจุบันจีนได้คิดค้นการใช้ประโยชน์จากปุยไหมเป็นเส้นใยยัดหมอน ที่นอน และผ้าห่ม เช่นเดียวกับการใช้รังไหมแฝดมาแช่น้ำด่างละลายกาวไหมออก ก่อนดึงเส้นใยเป็นไส้ผ้าห่มแทนนุ่น

5. สารเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร มีการทดลองเพิ่มผลผลิตข้าวด้วยโปรตีนไหม โดยสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้ฉีดสารละลายโปรตีนไหมกับข้าวหอมปทุมธานี เปรียบเทียบกับข้าวหอมปทุมธานีที่ไม่ได้ฉีดสารละลายโปรตีนไหม ที่ อ.โพธิ์ทอง จ.อ่างทอง ปรากฏว่าข้าวหอมปทุมธานีแปลงที่ฉีดสารละลายโปรตีนไหม ต้นข้าวจะแข็งแรง ใบเขียว ลำต้นตั้งตรงกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้ฉีด ออกรวงและเก็บเกี่ยวได้เร็วกว่าประมาณ 7 วัน และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 38.75% ในสหรัฐอเมริกาได้ทำสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการสกัดสารจากเชื้อแบคทีเรียชื่อ *Bacillus thuringiensis* ที่แยกได้จากหนอนไหม นำไปใช้เป็นสารกำจัดแมลงหรือใช้หนอนไหมเลี้ยงเชื้อราบางชนิดเพื่อผลิตเชื้อราชนิดนี้ ใช้กำจัดด้วงเจาะลำต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้ฮอร์โมนบางชนิดจากหนอนไหม ควบคุมการเจริญเติบโตของแมลง จึงมีการใช้หนอนไหมเป็นอาหารของจุลินทรีย์หลายๆชนิดที่สามารถใช้กำจัดแมลงได้ การปลูกเชื้อไวรัสที่เจือจางในหนอนไหม สามารถใช้เป็นวัคซีนป้องกันโรคของสัตว์ได้ ตลอดจนมีการศึกษาการเลี้ยงเชื้อไวรัสและจุลินทรีย์ ที่สามารถนำมาผลิตเป็นยารักษาโรคและสารที่มีประโยชน์ต่างๆ ใช้หนอนไหมเป็นอาหารของไส้เดือนฝอยในการขยายพันธุ์เพื่อใช้กำจัดแมลงศัตรูพืชบางชนิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. วัสดุชีวภาพในอุตสาหกรรมต่างๆ

- สบู่และเทียนไข ไขจากดักแด้ไหมสามารถนำมาผลิตเป็นสบู่และเทียนไขที่มีคุณภาพสูงญี่ปุ่นและอิตาลี เป็นประเทศที่ผลิตสบู่และเทียนไขคุณภาพสูงจากไขดักแด้ไหมมากเป็นอันดับ 1 และ 2 ไขมันที่สกัดได้จะนำไปผ่านกระบวนการเพิ่มไฮโดรเจน (hydrogenation) จะได้ไขสีขาว (white oil) คือ กรดสเตียริก (stearic acid) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสบู่และเทียนไขคุณภาพสูง

- ผงซักฟอก ไฟโบรอินจากไหมใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตผงซักฟอกที่มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากสามารถเคลื่อนย้ายสิ่งสกปรกได้ดีเพราะมีส่วนช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาทางเคมี

- สารเคลือบเครื่องมืออุปกรณ์ มีการใช้ผงไหมผสมสีฉีดพ่นบนผิวเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องการการสัมผัสที่นุ่มนวลเช่น ปากกา แป้นอักษรคอมพิวเตอร์ ฯลฯ

- ฟิล์มไหม ใช้เคลือบผลผลิตทางการเกษตรจากการทดลองพบว่ารักษาความสดของกุ้งได้ ถึง 9 วัน มากกว่าสารพอลิเมอร์ ฝ้าย ป่าน ปอ และกระดาษเคลือบ นอกจากนี้ยังมีการนำใยไหมมาทำเป็นแผ่นเช็ดเลนส์ แผ่นทำความสะอาดผิวหน้า ฯลฯ

7. ประโยชน์อื่นๆ

- สิ่งประดิษฐ์จากรังไหม รังไหมที่ผ่ารังดักแด้ออกแล้วสามารถนำมาประดิษฐ์เป็นดอกไม้ได้หลากชนิด เช่น ดอกทิวลิป ดอกบัว ดอกเฟื่องฟ้า ดอกทานตะวัน ดอกเยอบีร่า ดอกกุหลาบ หรือ ประดิษฐ์เป็นโคมไฟ ฉากกั้นห้อง รูปสัตว์ต่างๆ เช่น นก หนู ฯลฯ ใช้ประดับในอาคาร ในรถยนต์

- อาหารมนุษย์ ดักแด้ไหมมีโปรตีนและเกลือแร่หลายชนิด มีคุณค่าทางอาหารสูงเพราะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายชนิดถึง 68% เช่น กรดไลโนเลอิกซึ่งเป็นสารในกลุ่มโอเมก้า-6 ที่เป็นประโยชน์ต่อการเสริมสร้างสมองร่วมกับการทำงานของโอเมก้า-3 ที่ช่วยป้องกันหลอดเลือดอุดตัน และกรดไลโนเลนิกซึ่งเป็นสารในกลุ่มโอเมก้า-3 จำเป็นต่อการทำงานของสมองในด้านการมองเห็น การปรับตัว การเรียนรู้ อารมณ์ นอกจากนั้นยังอุดมไปด้วย วิตามินบี 1 บี 2

- อาหารสัตว์ ดักแด้ไหมสดหรือดักแด้ไหมแห้งสามารถนำไปเลี้ยงปลาและสัตว์อื่นได้อีกหลายชนิด เช่น สัตว์ปีก และปศุสัตว์ กำลังมีการมองหาแหล่งโปรตีนใหม่ๆทดแทนการใช้ปลาป่นที่นับวันจะหายากและมีราคาแพงขึ้นทุกขณะ ดักแด้ไหมป่นเป็นทางเลือกหนึ่งของการนำไปใช้ทดแทนปลาป่น ดักแด้ไหมที่สกัดไขมันแล้วจะเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพสูง กากดักแด้ไหม (cake) ที่เหลือจากการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการทำสบู่และเทียนไขแล้ว สามารถนำไปเป็นอาหารเสริมของปลาและสัตว์ปีกได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3 สีย้อม

2.3.1 ทฤษฎีของสี

1. ทฤษฎีสีของวิท (Witt's Chromophore Theory) [17]

Witt's Theory ตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2419 โดยวิทได้ให้คำจำกัดความของสีไว้ 2 ข้อ คือ

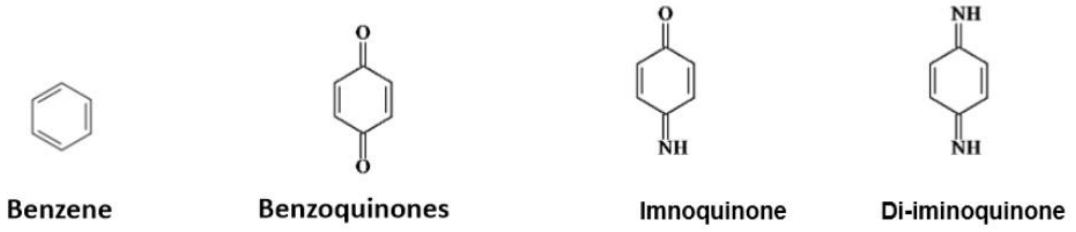
1. สารที่มีสีนั้นจะต้องมีหมู่ไม่อิ่มตัว (unsaturated groups) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเรียก หมู่ไม่อิ่มตัวนี้ว่า โครโมฟอร์ (chromophore) ตัวอย่างเช่น C = C, C = N, C = O, N = N, Quinoid rings

2. หมู่ข้างเคียงที่เกาะอยู่บนโครโมฟอร์ คือ ออโซโครม (auxochrome) ซึ่งหมู่เหล่านี้มีผลต่อความเข้มของสีของโครโมฟอร์ ตัวอย่างออโซโครม OH, NH_2, SO_3Na

เมื่อมีหมู่อื่นๆที่เกาะแทนไฮโดรเจนอะตอมบนออโซโครม เช่น หมู่อัลคิล (alkyl groups) หมู่เอมีน (amine groups) หรือหมู่อัลคอกซี (alkoxy groups) เป็นต้น พบว่าจะทำให้สีเข้มขึ้นกว่าเดิม หรือในทางตรงกันข้ามทำให้สีอ่อนจางลงจากเดิม ปรากฏการณ์ที่ความเข้มของสีเปลี่ยนไปทางอ่อนลง เรียกว่า hypochromic shift เพราะฉะนั้นสีที่มีโครงสร้างโครโมฟอร์เหมือนกันสามารถดัดแปลงให้มีความหลากหลายของเฉดสีได้ นักเคมีสีย้อมได้อาศัยหลักการนี้ในการสังเคราะห์สีย้อมให้มีเฉดสีต่างๆ โดยดัดแปลงหมู่ ออโซโครม อย่างไรก็ตามทฤษฎีสีของวิทยังไม่สามารถอธิบายสีได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากไม่สามารถอธิบายได้ว่าทำไมสารบางชนิดที่มีพันธะไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบจึงไม่มีสี เช่น เบนซีน หรือสารอนินทรีย์ เช่น $CuSO_4$ และ Cr_2O_7 จึงมีสีทั้งๆ ที่ไม่มีพันธะไม่อิ่มตัว

2. ทฤษฎีควินโนนอยด์อาร์มสตรอง (Armstrong Quinonoid theory) [18]

Armstrong Theory ตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2428 โดยกล่าวว่าสารที่จะมีสีต้องมีโครงสร้าง quinonoid เป็นองค์ประกอบ เช่น สารจำพวก carbizol ในความคิดของทฤษฎีนี้จะเห็นว่าเบนซีนเป็นสีไม่มีสี ในขณะที่ benzoquinones มีสี แต่อย่างไรก็ตามทฤษฎี quinonoid ไม่เพียงพอที่จะอธิบายลักษณะของสีในสารทั้งหมด เช่น imnoquinon และ di-iminoquinone ซึ่งมีโครงสร้าง quinoid เป็นองค์ประกอบแต่ก็ไม่มีสี



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของเบนซีนและอนุพันธ์ของ quinoid [18]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

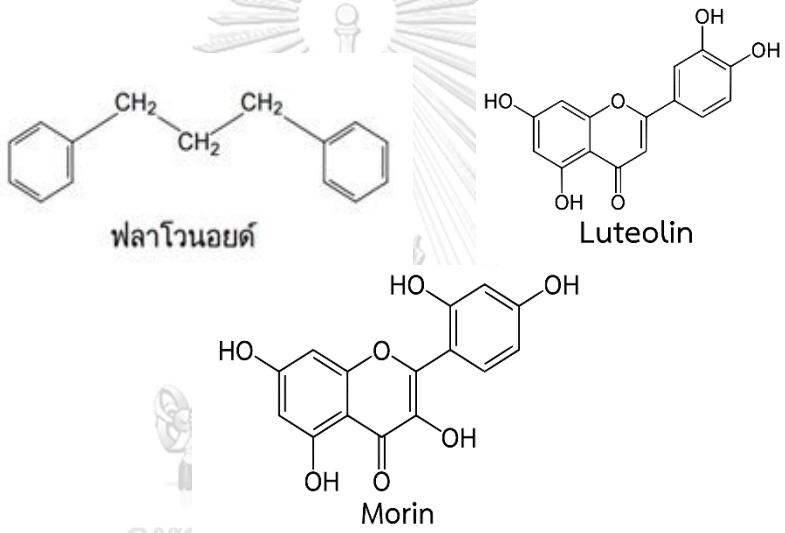
3.ทฤษฎีสีสมัยใหม่ (Modern Theory) [19]

อาศัยปรากฏการณ์การดูดกลืนและการคายแสงทำให้ทฤษฎีนี้สามารถอธิบายได้ว่าทำไมจึงมีทั้งให้สีได้และให้สีไม่ได้ ลักษณะสำคัญของสารที่จะสามารถให้สีได้นั้นจะต้องดูดกลืนแสงสเปกตรัมได้ และเมื่อพิจารณาโครงสร้างของสารแล้วมีเพียงอิเล็กตรอนของสารเท่านั้นที่มีความสามารถดูดกลืนพลังงานต่ำๆ ในระดับนี้ได้ และยังอยู่ในชั้นพันธะคู่เท่านั้นที่ต้องการพลังงานเพียงเล็กน้อยก็เคลื่อนที่ไปมาได้ สีที่มีพันธะคู่มากๆ ก็จะสามารถดูดแสงสเปกตรัมเพื่อนำไปให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปมาและช่วยทำให้สีแต่ละชนิดมีเฉดสีที่แตกต่างกัน ซึ่งทฤษฎีสีสมัยใหม่สามารถอธิบายโครโมฟอร์ของวิทได้อย่างสมบูรณ์

2.3.2 สีย้อมธรรมชาติ

สีย้อมธรรมชาติได้จากการสกัดจากพืชและสัตว์ต่างๆ ทำให้เกิดเฉดสีที่แตกต่างกัน โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมธรรมชาติสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างดังนี้

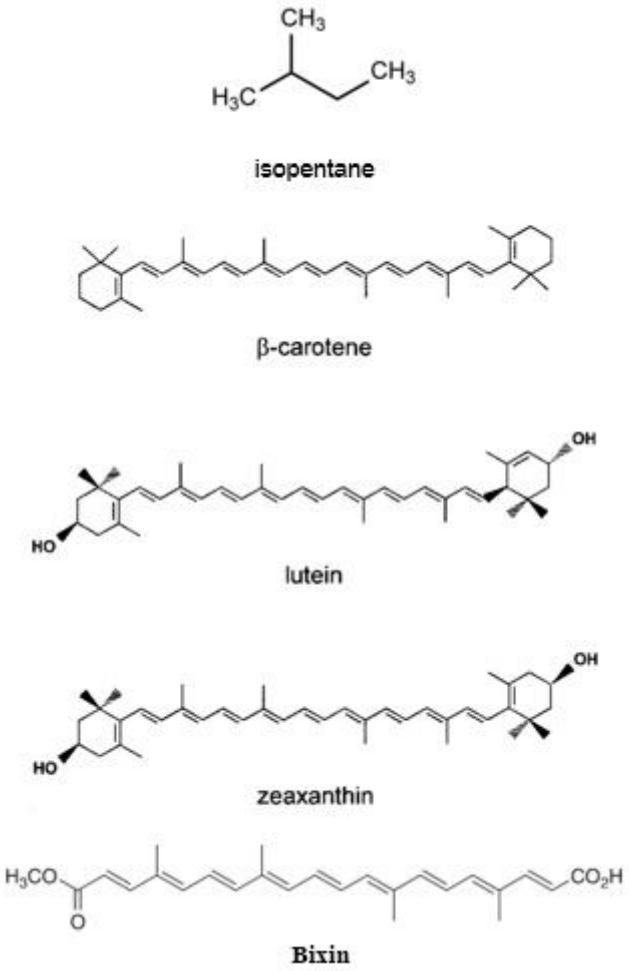
1. ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ใช้เป็นสีย้อมกันมากที่สุด มักให้สีเหลืองถึงส้ม เป็นสารที่ละลายน้ำได้ มีสูตรโครงสร้างทั่วไปเป็น C_6-C_3-C_6 คือเป็นวงแหวนเบนซีนที่เชื่อมต่อด้วยคาร์บอน 3 อะตอม ดังรูปที่ 2.9 ยกตัวอย่าง เช่น luteolin จากต้น weld (*Reseda luteola*) ให้สีเหลือง, Quercetin จากเปลือกหอมหัวใหญ่ *(Allium cepa)* ให้สีเหลืองเข้ม, morin จากแก่นขนุนหรือจากต้นไม้จำพวก *Chlorophora tinctorial* ให้สีเหลือง และ carthamin จากดอกคำฝอย (*Carthamus tinctorial*) ให้สีเหลืองปนน้ำตาล เป็นต้น



รูปที่ 2.9 โครงสร้างหลักของสารให้สีในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ [20]

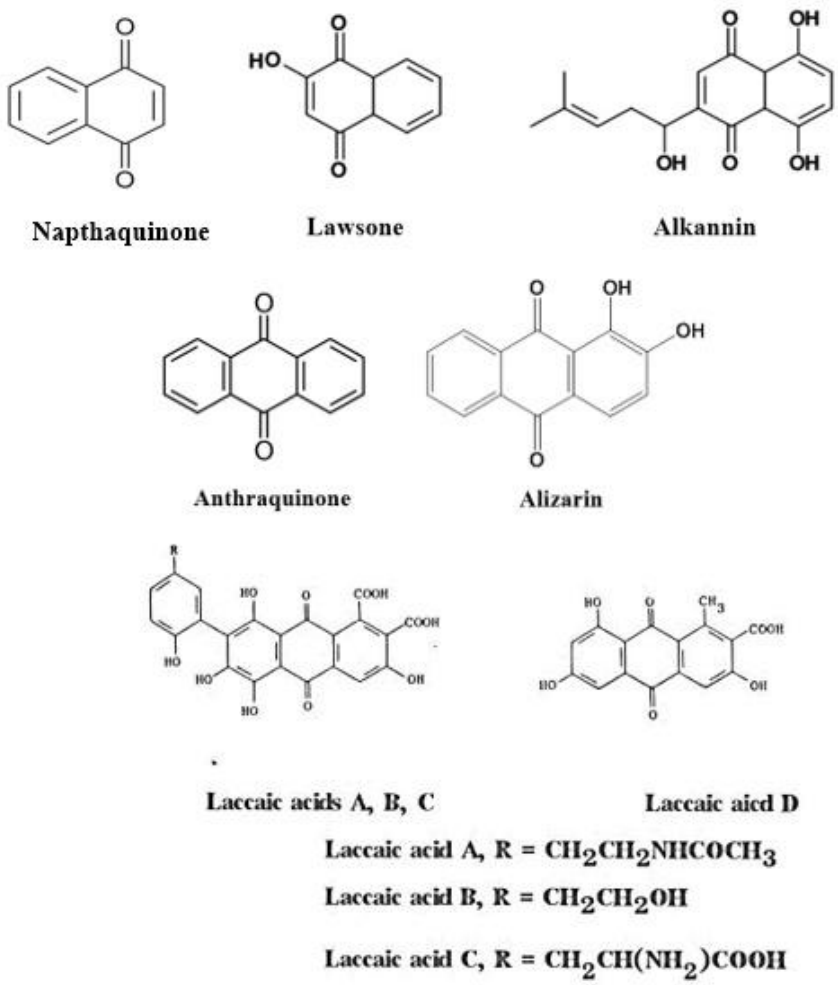
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. คาโรตินอยด์ (carotenoid) สารในกลุ่มนี้เป็นสารที่มีชีวสังเคราะห์มาจากไอโซเพนเทน (isopentane unit, C_5) ในสารกลุ่มนี้จะมีพันธะคู่สลับเดี่ยวจำนวนมาก (conjugated double bond) เช่น crocetin จากหญ้าฝรั่น (saffon) ให้สีเหลืองและบิซิน (bixin) จากเมล็ดคำแสดให้สีส้มแดง บิซินเป็นผลึกสีน้ำตาลแดง ทนต่อกรด ด่างและเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ดังรูปที่ 2.10



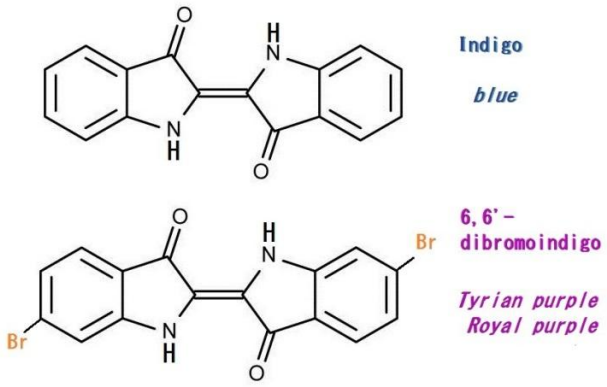
รูปที่ 2.10 โครงสร้างหลักของสารให้สีในกลุ่มของคาโรตินอยด์ [20]

3. แนฟทราควิโนนและแอนทราควิโนน (napthaquinones and anthraquinones) สารในกลุ่มนี้มักจะให้เฉดสีแดง น้ำตาลจนถึงม่วง สารในกลุ่มของแนฟทราควิโนนที่นำมาใช้เป็นสีย้อม ดังรูปที่ 2.11 เช่น Juglone จากต้น Walnut (*Juglanddaceae*) ให้สีเขียวถึงสีน้ำตาล, Lawsone จากต้น Henna (*Lawsonia inermis*) และ Alkannin จากต้น Alkanet (*Anchusa tinctorial*) ให้สีแดง ในกลุ่มสารพวกแอนทราควิโนน เป็นสารที่มีสีแดง-ส้ม แต่อาจพบได้ตั้งแต่สีเหลือง-น้ำตาล แอนทราควิโนนละลายได้ดีในด่างจะให้สีชมพู-แดง และละลายได้ในตัวละลายอินทรีย์ เช่น เอทานอล เบนซีน อิเทอร์ และคลอโรฟอร์ม เป็นต้น สารแอนทราควิโนนเกือบทุกตัวมีจุดหลอมเหลวสูง แอนทราควิโนนที่นำมาใช้เป็นสีย้อม เช่น Alizarin จากรากต้นไม้จำพวกเข็ม แมดเดอร์ (Madder) จากแก่นของต้นยอ และกรดแลคคาอิก (Laccaic acid) จากครั่ง เป็นต้น



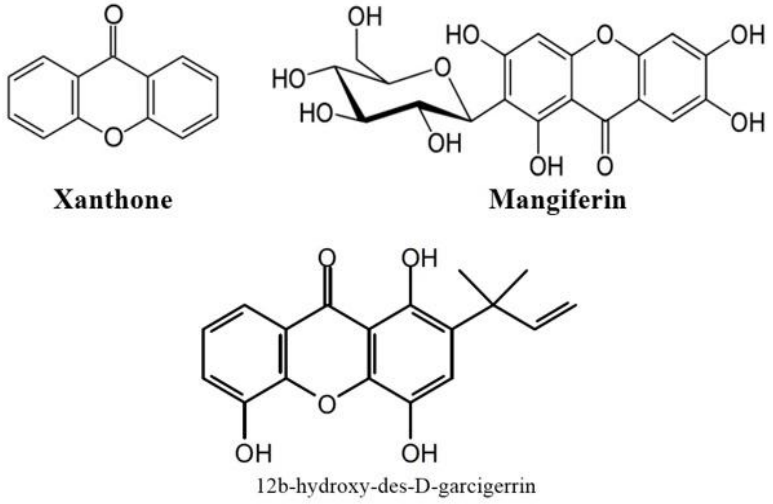
รูปที่ 2.11 โครงสร้างหลักของสารให้สีในกลุ่มของแนฟทราควิโนนและแอนทราควิโนน [20]

4. แอลคาลอยด์ (alkaloids) ถือเป็นผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติที่ได้จากพืชชั้นสูงเป็นส่วนใหญ่และจากพืชชั้นต่ำบางชนิด จากสัตว์และจากจุลินทรีย์ สีในกลุ่มของแอลคาลอยด์มักจะมีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ดังรูปที่ 2.12 ส่วนใหญ่เป็นผลึกไม่มีสียกเว้นชนิดที่มีพันธะคู่สลับเดี่ยว ปกติแล้วในโมเลกุลของแอลคาลอยด์จะพบไนโตรเจนอยู่ 1 ตัว ถึงแม้ว่าไนโตรเจนจะอยู่ใน heterocyclic ring หรืออยู่ในสายโซ่โมเลกุล (side chain) ก็จะทำให้แอลคาลอยด์มีสมบัติเป็นด่าง ซึ่งจะมีความเป็นกรด-ด่างมากน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนอะตอมของไนโตรเจน ประเภทของกลุ่มเอมีน ชนิดและจำนวนของกลุ่มฟังก์ชันแอลคาลอยด์ที่ใช้เป็นสีย้อม เช่น Indigo ได้จากต้นคราม (*Indigo tinctoria*) ให้สีน้ำเงิน Tyrian Purple ได้จากหอยสังข์หนาม (shellfish) ให้สีม่วงแดง



รูปที่ 2.12 โครงสร้างหลักของสารให้สีในกลุ่มของแอลคาลอยด์ [21]

5.แซนโทน (xanthones) เป็นกลุ่มของสารประกอบฟีนอลที่ไม่อยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ ดังรูปที่ 2.13 สารประกอบกลุ่มแซนโทนเป็นสารสีที่ให้สีเหลือง ตัวอย่างเช่น แมงจิเฟอรินที่พบในมะม่วง และ 12b-hydroxy-des-D-garcigerrin พบในเปลือกของต้นมะพูด



รูปที่ 2.13 โครงสร้างหลักของสารให้สีในกลุ่มของแซนโทน [22]

ข้อดีและข้อจำกัดของสีย้อมธรรมชาติ [23]

ข้อดีของสีย้อมธรรมชาติ

1) ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ผลิตและผู้นำไปใช้

2) น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

3) วัสดุธรรมชาติสามารถหาได้ง่ายในชุมชน

4) ความรู้จากการย้อมสีธรรมชาติในชุมชนเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สามารถถ่ายทอดให้แก่คนรุ่นหลัง

5) การย้อมสีธรรมชาติทำให้เห็นคุณค่าและรู้จักใช้ประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติ

6) ก่อให้เกิดความผูกพันระหว่างผู้ผลิตกับธรรมชาติ เกิดความรัก ความหวงแหน และเรียนรู้ที่จะอนุรักษ์และปลูกทดแทนเพื่อการผลิตที่ยั่งยืน

ข้อจำกัดของสีย้อมธรรมชาติ

1) ปริมารสารสีในสีย้อมธรรมชาติมีน้อยกว่าในสีย้อมเคมี จึงต้องใช้วัสดุธรรมชาติปริมาณมากหากต้องการย้อมให้ได้สีเข้ม

2) การผลิตในปริมาณมากและได้สีตามที่ตลาดต้องการอาจทำได้ยาก

3) ไม่ค่อยมีความคงทนต่อแสงและการซัก

4) คุณภาพการย้อมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการซึ่งควบคุมได้ยาก อาจมีความผันแปรกับชนิด อายุ และส่วนของวัสดุธรรมชาติที่ใช้ การย้อมให้ได้สีเหมือนเดิมจึงทำได้ยาก

5) หากผู้ผลิตไม่มีวิธีการย้อมที่ดี และขาดจิตสำนึกในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอาจกลายเป็นการทำลายสิ่งแวดล้อมได้

2.4 หลักการย้อมสี (Principle of Dyeing)

การย้อมสีสิ่งทอ เป็นการทำให้วัสดุสิ่งทอเกิดสีขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือการทำให้ได้สีตามความต้องการที่สม่ำเสมอและมีความคงทนต่อการใช้งานและทั้งกระบวนการผลิตขั้นต่อมา เช่น กระบวนการตกแต่งสำเร็จ นอกจากวัตถุประสงค์หลักแล้วยังควรคำนึงถึงด้านอื่นๆ ด้วย เช่น ความสามารถในการย้อมซ้ำ ต้นทุนในการย้อม กระบวนการและวิธีการย้อมที่เหมาะสม ความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมไปถึงระยะเวลาในการย้อมด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4.1 ทฤษฎีการย้อมสีบนวัสดุสิ่งทอ [24]

1. ทฤษฎี Pore Model ถือว่าวัสดุสิ่งทอจะมีรูพรุนคล้ายกับฟองน้ำ ทำให้สารละลายสีย้อมเข้าไปแทรกซึมตามรูพรุนเหล่านั้นได้

2. ทฤษฎี Free Volume Model ถือว่าวัสดุสิ่งทอจะไม่มีรูพรุน (พวกเส้นใยสังเคราะห์) ไม่ดูดสารละลายสีย้อมมากนัก การย้อมจะต้องทำให้วัสดุสิ่งทอเกิดการอ่อนตัว (plastic) ณ จุดที่เรียกว่า glass transition temperature (T_g) ซึ่งอุณหภูมินี้ภายในวัสดุสิ่งทอยังไม่หลอม แต่จะมีลักษณะอ่อนตัว คล้ายพลาสติกที่มีความหนืดสูง สารละลายสีย้อมจะแทรกซึมเข้าไปในส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ (อสัณฐาน) ของสายโซ่พอลิเมอร์เท่านั้น เช่น การย้อมพอลิเอสเทอร์ที่อุณหภูมิสูง เป็นต้น

2.4.2 สีย้อมสิ่งทอ [14]

การย้อมยุคแรกๆ จนถึงช่วงครึ่งหลังของศตวรรษที่ 19 วัสดุที่ใช้สำหรับการย้อมผ้าทั้งหมดมาจากธรรมชาติ เช่น พืช แมลง และหอย ตัวอย่างเช่น ต้นโวดให้สีย้อมสีคราม ต้นเวลด์ให้สีย้อมสีเหลือง รากของต้นแมดเดอร์ให้สีย้อมสีแดง ต้นล็อกวูดให้สีย้อมสีดำ ไลเคนให้สีย้อมสีม่วง และหอยหนาม (murex shellfish) ให้สีย้อมสีม่วงที่มีราคาแพงมาก ซึ่งเรียกกันว่าสีไทเรียนหรือสีม่วงจักรพรรดิ บุคคลที่มีชื่อเสียงและมั่งคั่งสวมเสื้อผ้าที่ย้อมด้วยวัสดุให้สีตามธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น สีย้อมสีแดงได้มาจากแมลงเคอร์เมสตัวเมียเป็นแมลงที่ให้สีย้อมสีแดงที่ใช้ทำเครื่องตกแต่งพลับพลาในสมัยอิสราเอลโบราณรวมถึงเสื้อผ้าสำหรับมหาปุโรหิตของอิสราเอล

2.4.3 การคิดค้นสีย้อมสังเคราะห์ [14]

เป็นที่ยอมรับกันว่า วิลเลียม เฮนรี เพอร์กิน เป็นผู้สังเคราะห์สีย้อมชนิดแรกที่ไม่ได้เป็นสีย้อมจากธรรมชาติในปี พ.ศ. 2399 นิทรรศการในพิพิธภัณฑ์สีเอสดีซี ที่เมืองแบรดฟอร์ด ทางภาคเหนือของอังกฤษได้อธิบายถึงเรื่องที่เพอร์กินได้ค้นพบสีย้อมสีม่วงสด ช่วงปลายศตวรรษที่ 19 มีการพัฒนาสีย้อมสังเคราะห์ที่มีสีสันสดใสอีกหลายสี ปัจจุบันนี้มีการผลิตสีย้อมสังเคราะห์มากกว่า 8,000 ชนิด ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ยังใช้สำหรับการผลิตสีย้อมก็มีล็อกวูดและเพลี้ยคอชีนีล

ในห้องแสดงสีและสิ่งทอของพิพิธภัณฑ์สีเอสดีซีมีการอธิบายถึงกรรมวิธีพิเศษที่จำเป็นสำหรับการย้อมวัสดุสังเคราะห์ในปัจจุบัน เช่น เรยอน เป็นต้น วิสโคสเรยอนชนิดที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันถูกผลิตในเชิงพาณิชย์เป็นครั้งแรกในปีพ.ศ. 2448 เนื่องจากวิสโคสเรยอนมีสมบัติทางเคมีคล้ายกับผ้าฝ้าย สีย้อมส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในเวลานั้นจึงใช้ได้ดี อย่างไรก็ตาม ต้องมีการพัฒนาสีย้อมชนิดใหม่ๆ หลายชนิดเพื่อใช้สำหรับผ้าใยสังเคราะห์ที่นำสมัยยิ่งขึ้น เช่น เส้นใยสังเคราะห์แอซีเตต พอลิเอสเทอร์ ไนลอน และอะคริลิก

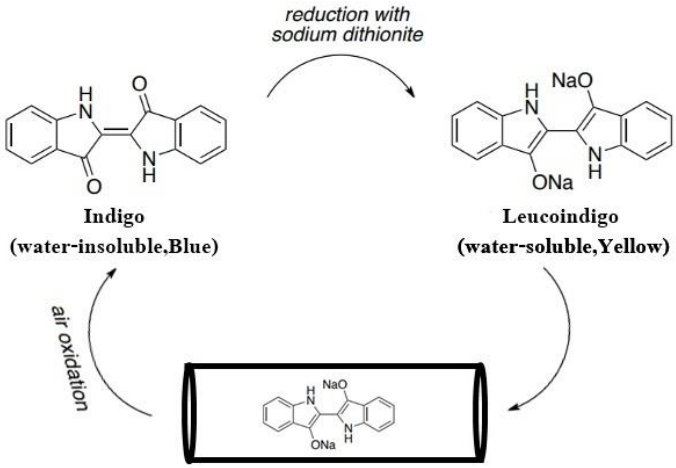
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4.4 วิธีการย้อมสีย้อมธรรมชาติ [25]

1) การย้อมโดยตรง (direct dyeing) เมื่อย้อมสีธรรมชาติกับเส้นใย สีธรรมชาติจะเกิดพันธะเคมีกับเส้นใยได้โดยตรงและถ้าเป็นเส้นใยเซลลูโลส ได้แก่ ฝ้าย ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group, -OH) อยู่มาก จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับสีได้โดยตรง ส่วนเส้นใยที่เป็นพอลิเปปไทด์ ได้แก่ ขนสัตว์หรือไหม ในเส้นใยประเภทนี้จะมีส่วนที่เป็นทั้งหมู่กรด (acid group) และหมู่เบส (basic group) ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยากับส่วนที่เป็นหมู่กรดหรือหมู่เบสในโมเลกุลของสีแล้วเกิดเกลือขึ้น ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออน จึงทำให้สีติดเส้นใยได้

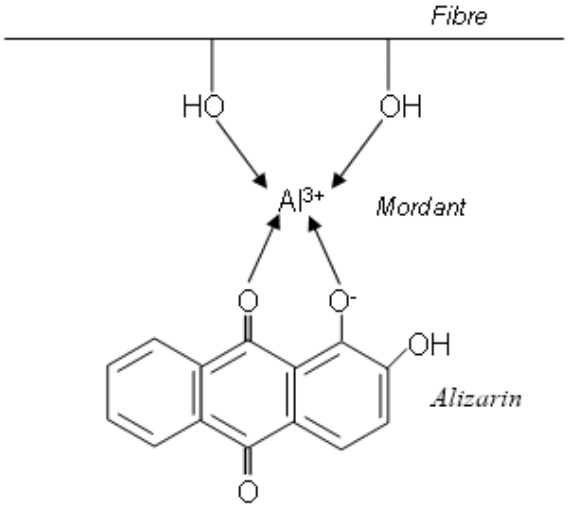
2) การย้อมแบบแวต (vat dyeing) สารให้สีประเภทนี้ โดยทั่วไปแล้วจะไม่ละลายน้ำ ดังนั้นจึงต้องทำให้เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้เสียก่อนผ่านปฏิกิริยารีดักชันโดยการทำปฏิกิริยากับโซเดียม

ไฮดรอกไซด์และตัวรีดิวซ์ สารประกอบที่เกิดขึ้นนี้สามารถเกาะติดเส้นใยเซลลูโลสได้ดี เมื่อย้อมเส้นใยแล้วต้องทำให้โมเลกุลของสีเกิดการออกซิไดซ์กลับไปอยู่ในรูปเดิมที่ไม่ละลายน้ำด้วยออกซิเจนในอากาศ โมเลกุลของสีจึงอยู่บนเส้นใยได้ เช่นการย้อมสีอินดิโก (indigo) ซึ่งได้จากต้นคราม สีอินดิโกนั้นในตอนแรกจะมีสีน้ำเงินไม่ละลายน้ำ เมื่อรีดิวซ์ด้วยโซเดียมไดไทโอไนต์ (sodium dithionite) ในภาวะด่างจะได้เป็นลิวโคอินดิโก (leucoindigo) ที่ละลายน้ำได้ จากนั้นนำเส้นใยลงไปย้อมในสารละลายลิวโคอินดิโก แล้วนำเส้นใยออกมาผึ่งไว้ ลิวโคอินดิโกในเส้นใยจะถูกออกซิไดซ์ในอากาศกลายเป็นอินดิโกที่ไม่ละลายน้ำฝังตัวอยู่ภายในและบนผิวของเส้นใย ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การยึดติดของสีอินดิโกบนเส้นใยจากการย้อมแบบแวต [25]

3) การย้อมโดยใช้สารช่วยสีติด (mordant dyeing) การย้อมด้วยวิธีนี้เป็นการย้อมแบบใช้สารช่วยสีติดหรือสารช่วยย้อมหรือมอร์แดนต์ สารจะทำหน้าที่ช่วยให้การยึดติดเส้นใยกับสีย้อมเกิดได้ดีขึ้น โดยเมื่อแช่หรือต้มเส้นใยกับมอร์แดนต์เกลือของโลหะจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้สารประกอบไฮดรอกไซด์ของโลหะที่ละลายน้ำเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่แข็งแรงแทรกตัวอยู่ในเส้นใยและเมื่อนำเส้นใยไปย้อมสี สีย้อมที่ซึมเข้าไปจะจับกับมอร์แดนต์ ทำให้สีที่ได้จากการย้อมมีความคงทนไม่ตกสีหรือซีดง่าย มอร์แดนต์ที่ใช้ได้แก่ สารละลายของเกลือโลหะ เช่น Alum (Aluminium sulfate, $Al_2(SO4)_3$), Chrome (Potassium dichromate, $K_2Cr_2O_7$), Tin (Stannous chloride, $SnCl_2$), Copperas (Ferrous sulfate heptahydrate, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) นอกจากนี้ ยังมีมอร์แดนต์ที่ได้จากธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น น้ำขี้เถ้า น้ำบาดาลหรือน้ำสนิมเหล็ก น้ำโคลน เป็นต้น ดังตัวอย่างการย้อมสีด้วย Alizarin กับเส้นใยฝ้ายโดยมี aluminium เป็นสารละลายมอร์แดนต์ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโลหะกับสีและเส้นใย [26]

2.4.5 ปัจจัยที่สำคัญในการย้อมสี [27]

ปัจจัยที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการย้อมสีมีมากมาย โดยมีปัจจัยสำคัญดังนี้

1. อัตราเร็วของการย้อมสี อัตราเร็วการย้อมขึ้นอยู่กับการดูดซึมของสีเข้าเส้นใย ถ้าอัตราการดูดซึมของโมเลกุลของสีเข้าไปในเส้นใยเกิดอย่างช้าๆ (ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเส้นใยหรือด้ายในผ้าชนิดต่างๆ) จะทำให้ต้องใช้เวลานานในการย้อมสีได้ถึงขั้นสมบูรณ์ (สีติดบนเส้นใยตั้งแต่ขอบเส้นใยจนถึงแกนกลางของเส้นใย) โดยทั่วไปมักใช้เวลาในการย้อมประมาณ 1 ชั่วโมงหรือมากกว่านั้น แต่การย้อมเส้นใยสังเคราะห์บางชนิด ที่มีโครงสร้างโมเลกุลแน่นมาก ยากแก่การแทรกซึมของสี อาจจะต้องใช้เวลานานในการย้อม จำเป็นต้องใช้สารอื่นช่วยเร่งการดูดซึมของสีเข้าเส้นใย ขนาดและรูปร่างโมเลกุลของสีย้อมมีผลมากต่อความเร็วช้าในการย้อมสี ความเร็วในการดูดซึมโมเลกุลของสีเข้าไปในเส้นใยนั้น วัดได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของการแพร่ (diffusion coefficient) หมายถึง การแพร่ในของเหลวเป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำ การแพร่เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อของเหลวนั้นมีเกรเดียนท์ของความเข้มข้น เช่น ในสารละลายที่ยังไม่อยู่ในภาวะสมดุลอาจมีบริเวณหนึ่งที่ความเข้มข้นของตัวถูกละลายสูงกว่าบริเวณอื่นโมเลกุลของตัวถูกละลายจะค่อยๆแพร่กระจายออกไปจนกว่าจะได้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกันจึงจะหยุดแพร่ซึ่งเป็นภาวะสมดุล ถ้าอัตราการย้อมเกิดเร็วเกินไป ผ้าหลังการย้อมจะมีรอยด่างและมีสีไม่สม่ำเสมอ แต่ถ้าเกิดช้าจะย้อมได้ผลดี แต่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก ทั้งยังทำให้เส้นใยหรือผ้าถูกทำลายเนื่องจากต้องแช่อยู่ในสารละลายสีย้อมที่ร้อนเป็นเวลานาน ดังนั้นจำเป็นต้องควบคุมอัตราเร็วของการย้อมสีให้เหมาะสม ซึ่งอาจทำได้โดยการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ย้อมหรือโดยการใช้สารช่วยย้อม (chemical auxiliary)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. อุณหภูมิในการย้อมสี การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการย้อมสี มีอิทธิพลต่อการย้อมมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการย้อม จะทำให้สีแพร่เข้าไปในเส้นใยได้เร็วขึ้นในช่วงแรก และสีแพร่กระจายในเส้นใยได้ดี แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปก็จะทำลายเส้นใยได้เช่นกัน

3. สารช่วยย้อม สีที่ละลายน้ำจะซึมเข้าเส้นใยได้ค่อนข้างช้าและตกตะกอนได้ง่าย จึงจำเป็นต้องใช้สารช่วยย้อมเพื่อเร่งปฏิกิริยาการย้อมให้เร็วขึ้นและเพื่อให้สีติดทนทานและสม่ำเสมอ สารช่วยย้อมที่สำคัญและใช้มากมีอยู่ 7 ชนิดได้แก่

1. กรด (acid) เป็นสารช่วยย้อมในการย้อมเส้นใยโปรตีนและไนลอนด้วยสีแอซิด (acid dyestuffs) ซึ่งสีแอซิดจะให้ประจุลบเมื่อละลายน้ำ กรดจะช่วยทำให้ประจุลบในเส้นใยน้อยลงและเพิ่มประจุบวก สีที่มีประจุลบจึงสามารถเข้าไปติดภายในเส้นใยได้ ตัวสีที่ดูดซึมได้น้อยต้องเพิ่มกรดให้มากขึ้น ทำให้ตัวสีซึมกระจายตัวไปทั่วเส้นใยจากบริเวณที่ติดสีมากไปยังบริเวณที่ติดสีน้อยของเส้นใย ทำให้การย้อมสีได้สีที่มีความสม่ำเสมอทั่วเส้นใย สีประเภทนี้ต้องการกรดแก่เพื่อทำให้สีสามารถซึมเข้าไปในเส้นใยได้มากขึ้น กรดที่นิยมใช้ในการย้อม ได้แก่ กรดซิตริก กรดแอซีติก เป็นต้น

2. ด่าง (alkali) เป็นสารช่วยย้อมในการย้อมเส้นใยธรรมชาติประเภทเส้นใยเซลลูโลส เช่น ฝ้าย โดยจะใช้กับสีย้อมประเภทสีแวต (vat dyestuffs) สีซัลเฟอร์ (sulfur dyestuffs) และสีรีแอกทีฟ (reactive dyestuffs) สีแวตและสีซัลเฟอร์ต้องย้อมในสารละลายสีย้อมที่เป็นด่างแก่และมีสารรีดิวซ์รวมอยู่ด้วย สีรีแอกทีฟจะย้อมในสารละลายสีย้อมที่เป็นด่างอ่อน (โซเดียมคาร์บอเนต) ซึ่งทำหน้าที่ให้โมเลกุลของสีทำปฏิกิริยายึดติดกับโมเลกุลของใยเซลลูโลสได้ดียิ่งขึ้น

3. เกลือ (salt) โซเดียมไอออนของเกลือในสารละลายสีย้อมส่วนหนึ่งจะทำหน้าที่ช่วยลดประจุลบบนเส้นใยเซลลูโลส ทำให้สีย้อมที่แสดงประจุลบ (เมื่อละลายน้ำ) สามารถแพร่เข้าไปใกล้เส้นใยและเกิดแรงแวนเดอร์วาลส์ระหว่างสีกับเส้นใย เมื่อย้อมฝ้ายด้วยสีแวตที่อุณหภูมิปานกลางจะใช้โซเดียมไอออนมาทำหน้าที่นี้จากการรีดิวซ์สีของโซเดียมไดไทโอไนต์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ละลายสี เมื่อทำการย้อมเย็นสีแวตจะติดเส้นใยได้น้อยลงแต่ถ้าเติมเกลือแกงในสารละลายสีย้อมจะเป็นการเพิ่มโซเดียมไอออนทำให้สีติดเส้นใยได้มากขึ้น

4. สารช่วยให้สีสม่ำเสมอ (levelling agent) เป็นสารทำให้สีติดเส้นยอย่างสม่ำเสมอ บางที่จะเรียกว่าสารกันด่าง โดยจะไปชะลอการดูดติดกันของสีกับเส้นใยด้วยการเข้าไปจับกับโมเลกุลของสีหรือไปกันที่ว่างในเส้นใยไม่ให้โมเลกุลของสีเกิดการดูดติดได้เร็วเกินไป เช่น ในการย้อมผ้าจากเส้นใยพอลิเอไมด์ด้วยสีแอสิด ถ้าใช้ levelling agent ที่มีประจุลบซึ่งเป็นประจุเดียวกับสีแอสิด เมื่อเติมสาร levelling agent ลงในอ่างย้อมก่อนที่จะเติมสี levelling agent จะไปเกาะติดกับเส้นใยก่อน เมื่อเติมสีลงไปและเพิ่มอุณหภูมิในการย้อมให้สูงขึ้น levelling agent จะค่อยๆหลุดออกเพื่อให้สีเข้าไปแทนที่ทีละ

น้อย และทำให้การย้อมสีเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทั้งเส้นใย แต่ถ้าใช้ levelling agent ที่มีประจุเป็นบวก levelling agent จะเกิดการรวมตัวกับสีก่อนและเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น levelling agent จะค่อยๆ แยกตัวออกจากสีแอสิดทำให้สีแอสิดค่อยๆ ซึมเข้าในเส้นใยผลการย้อมก็จะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทั้งเส้นใย

5.สารพา (carriers) เป็นสารช่วยย้อมสำหรับการย้อมเส้นใยพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพิร์สที่อุณหภูมิประมาณ 100°C สารช่วยย้อมประเภทนี้เป็นสารประเภท 2-hydroxy diphenyl สารทำหน้าที่ได้โดยดูดติดอยู่ที่ผิวเส้นใยก่อน เมื่อสีเข้าไปติดตัวสีจะละลาย เส้นใยจะดูดสีได้มากขึ้น ระดับการติดสีก็เพิ่มขึ้น สารตัวนี้ยังช่วยให้เส้นใยพองตัวได้มากขึ้น แต่ปัจจุบันไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้แล้วเนื่องจากเป็นสารพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและมีกลิ่นค่อนข้างรุนแรง

6. สารช่วยกระจายตัว (dispersing agent) สารชนิดนี้จะช่วยในการกระจายตัวของสีขณะย้อมสีบนเส้นใยพอลิเอสทอร์ด้วยสีดิสเพิร์สซึ่งสีดิสเพิร์สไม่ละลายน้ำ นอกจากนี้ยังใช้ในการย้อมสีแวตและสีเอโซอีกด้วยโดยจะช่วยให้เกิดการกระจายตัวของสีอย่างสม่ำเสมอเช่นเดียวกับการย้อมด้วยสีดิสเพิร์ส

7. ตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) สีย้อมที่ละลายน้ำได้น้อยอาจจำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ช่วยในการย้อม สารละลายสีย้อมผสมตัวทำละลายอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้จะช่วยการย้อมได้ผลดีขึ้น เส้นใยจะมีลักษณะที่ดีกว่าการย้อมตามปกติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตัวทำละลายอินทรีย์สามารถก่อเป็นเยื่อบางๆ ภายในเส้นใยได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สีซึมผ่านเข้าไปติดเส้นใยได้เร็วขึ้น

2.4.6 ลักษณะของสีย้อมที่ดี [28]

1. มีความเข้มสูง สีย้อมที่มีค่าเฉพาะการดูดกลืนแสงสูงกว่า 10,000 (molar absorptivity, ε > 10,000 L/mol•cm) จัดเป็นสีย้อมที่มีความเข้มสูง ซึ่งสีย้อมที่มีลักษณะดังกล่าวมีข้อดีคือ ต้องการสารช่วยย้อมน้อยและใช้สีสำหรับการย้อมในปริมาณน้อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี สีย้อมจะต้องสามารถละลายน้ำหรืออยู่ในรูปของสารแขวนลอย ทั้งนี้เพราะว่าตัวกลางที่ใช้ในการย้อมสีส่วนใหญ่คือ น้ำซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางพาสีให้เข้าไปในเส้นใยได้

3. มีแรงดึงดูดกับเส้นใย การย้อมวัสดุสิ่งทอแบบวิธีย้อมแช่ (exhaustion method) จัดเป็นระบบสองวัฏภาค (phase) ประกอบด้วยวัฏภาคของแข็งคือเส้นใย กับวัฏภาคของเหลว คือสารละลายสีย้อม สมดุลของการแพร่ของสีย้อมเข้าสู่เส้นใยหรือจากเส้นใยออกสู่สารละลายสีย้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับอิทธิพลต่างๆ เช่น อุณหภูมิ สารช่วยย้อม อัตราส่วนระหว่างปริมาณสารละลายสีย้อมต่อน้ำหนักของเส้นใย สีย้อมที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ย้อมเส้นใยนั้นควรมีสมบัติการเกาะติดของเส้นใยที่ดี คือ สมดุลของการแพร่ของสีเคลื่อนไปทางเส้นใย สีย้อมที่มีสมบัติชอบเกาะติด

กับเส้นใยมากกว่าชอบละลายอยู่ในสารละลายสีย้อมจัดว่าเป็นสีที่มีความสามารถในการเกาะติดกับเส้นใย (substantivity) สูง แต่ในทางกลับกันสีที่เกาะกับเส้นใยได้ไม่ดีคือสมดุลการแพร่ของสีจะเลื่อนมาทางสารละลายสีย้อม จัดว่าเป็นสีที่มีความสามารถในการละลายน้ำ (affinity of water) ได้ดี

4. มีความคงทนต่อการซักและการนำไปใช้งาน สีที่มีค่า substantivity สูงมีข้อดี คือ สามารถย้อมสีเข้มๆ โดยใช้สีในปริมาณที่น้อยและสีประเภทนี้มีความคงทนต่อการซักได้ดีระดับหนึ่ง ซึ่งถ้าไม่คงทนต่อการซักก็ไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน เนื่องจากสีจะค่อยๆหลุดออกมาในขณะที่ทำการซักล้างทำความสะอาด การทำกระบวนการหลังการย้อม (after-treatment) จะช่วยเพิ่มความคงทนของสีย้อมต่อการซัก แต่ข้อเสียของสีที่มี substantivity สูง คือ ความสม่ำเสมอในการย้อมต่ำ เนื่องจากการแพร่ของสีจากสารละลายสีย้อมไปยังเส้นใยจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วแต่การดูดซึมสารละลายสีย้อมเข้าไปในเส้นใยจะต่ำ ทำให้สีเกาะอยู่ที่ผิวเส้นใยมากกว่า เกิดความไม่สม่ำเสมอเสมอขึ้น

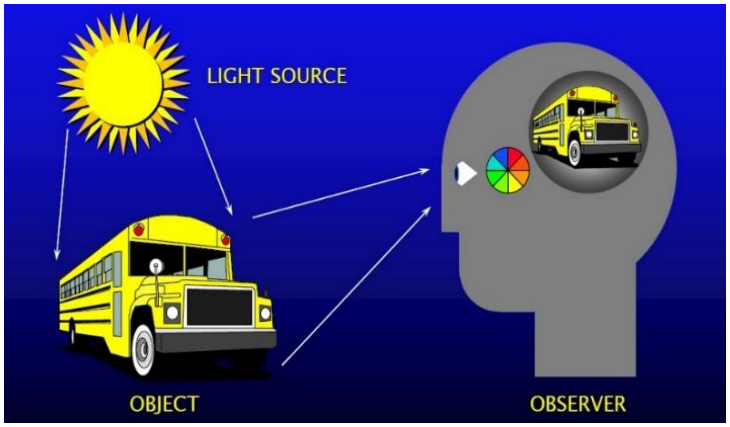
5. มีความคงทนต่อภาวะในกระบวนการย้อมและหลังการย้อม สีบนสิ่งทอควรคงทนต่อภาวะที่ใช้ในการย้อมและการตกแต่งสำเร็จ เช่น เฉดสีบนสิ่งทอยังคงเดิมหลังจากผ่านกระบวนการการตกแต่งสำเร็จ

6. สีย้อมควรมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค สีย้อมที่จะนำมาใช้นั้นจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะสีย้อมที่สามารถสลายตัวให้โมเลกุลที่เล็กลงหรือสลายตัวเป็นสารอันตรายซึ่งอาจจะแทรกซึมเข้าไปในร่างกายทำให้เป็นอันตรายต่อผู้สวมใส่สิ่งทอย้อมสีนั้น

2.5 การมองเห็นสี [29]

การมองเห็นสีของมนุษย์ เกิดจากการที่แสงสะท้อนจากวัตถุนั้นๆ มากระทบตาเราและส่งไปสมองเพื่อแปลออกมาเป็นสีที่เห็น อาจสรุปได้ว่าในการมองเห็นมีปัจจัยอยู่ 3 อย่าง คือ แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสี และสายตาของคนเรา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.16 องค์ประกอบการมองเห็นของมนุษย์ [29]

2.5.1 แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงสามารถแบ่งเป็น 2 แหล่งคือแหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ และแหล่งกำเนิดแสงที่ถูกสร้างขึ้นโดยมนุษย์

- แหล่งกำเนิดแสงจากธรรมชาติ (แสงอาทิตย์) [29]

แสงอาทิตย์ เป็นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนหนึ่งที่ปล่อยออกจากดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสงในช่วงอินฟราเรด แสงที่ตามองเห็น และอัลตราไวโอเลต แสงอาทิตย์ถูกกรองผ่านชั้นบรรยากาศโลก และเห็นชัดเป็นแสงกลางวันเมื่อดวงอาทิตย์อยู่เหนือเส้นขอบฟ้า

รังสีดวงอาทิตย์ (solar radiation) เป็นพลังงานที่ปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์ รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบขอบบรรยากาศเรียกว่า รังสีที่นอกโลก (extraterrestrial solar radiation) ซึ่งประกอบด้วยช่วงคลื่นสั้นตั้งแต่ 290-300 นาโนเมตร ถึง 97% ส่วนของรังสีนอกโลกที่ผ่านชั้นบรรยากาศมาถึงผิวโลกจะถูกกระจายและดูดกลืนโดยโมเลกุลของก๊าซต่างๆ อนุภาคฝุ่น และเมฆที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ สามารถแบ่งรังสีดวงอาทิตย์ตามสมบัติและช่วงคลื่น ได้แก่

รังสีแสงสว่าง (visible radiation) แสงสว่างเป็นรังสีที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ช่วงสเปกตรัมของแสงสว่าง เริ่มตั้งแต่ 360 ถึง 830 นาโนเมตร ทั้งนี้ 99% ของรังสีแสงสว่างจะอยู่ในช่วง 400-730 นาโนเมตร รังสีที่ช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่า 400 นาโนเมตร เรียกว่า รังสีอัลตราไวโอเลต และรังสีที่ช่วงความยาวคลื่นสูงกว่า 800 นาโนเมตร เรียกว่า รังสีอินฟราเรด

รังสีอัลตราไวโอเลต (ultraviolet radiation) มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ อัลตราไวโอเลตเอ (ultraviolet A, UVA) มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 315-400 นาโนเมตร ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตมากนัก ความเข้มที่ผิวพื้นโลกไม่ขึ้นกับปริมาณโอโซนในบรรยากาศ รังสีอัลตราไวโอเลตบี (ultraviolet B, UVB) มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 280-315 นาโนเมตร มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตมาก ความเข้มที่ผิวพื้นโลกขึ้นกับปริมาณโอโซนในบรรยากาศ ความเข้มขึ้นกับความยาวคลื่น อัลตราไวโอเลตซี (ultraviolet C, UVC) มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 100-280 นาโนเมตร ถูกดูดกลืนโดยชั้นบรรยากาศทั้งหมดไม่พบที่ผิวพื้นโลก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2.2 ชวงความยาวคลื่นและพลังงานในชวงความยาวคลื่นตางๆ [30]

รังสีอาทิตย์	ช่วงความยาวคลื่น (nm)	พลังงานต่อโฟตอน (eV)
อัลตราไวโอเลตบี (ultraviolet B, UVB)	280-320	3.94 - 4.43
อัลตราไวโอเลตเอ (ultraviolet A, UVA)	320-400	3.10 - 3.94
แสงสว่าง (visible light)	400-780	1.65 - 3.27

จากตารางที่ 2.2 พบว่ายูวีบีมีพลังงานมากสุด โดยพลังงานระดับนี้สามารถทำลายพันธะทางเคมีของสารโปรตีนที่ประกอบเป็นเซลล์และอวัยวะต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ให้เปลี่ยนเป็นเซลล์ผิดปกติ และในที่สุดเป็นเซลล์มะเร็ง พลังงานจากรังสียูวีบีจึงเป็นอันตรายต่อมนุษย์มากที่สุด

- แหล่งกำเนิดแสงจากการประดิษฐ์ ได้แก่ หลอดไฟอินแคนเดสเซนซ์หรือหลอดไฟที่เปล่งแสงจากวัตถุร้อน (incandescence) หลอดไฟทังสเตน (tungsten filament lamp) หลอดฟลูออเรสเซนซ์ หลอดไฟซีนอนอาร์ก (xenon arc lamp) เป็นต้น ในส่วนของหลอดไฟซีนอลอาร์คนั้น จะให้แสงที่มีการกระจายพลังงานอยู่ในช่วงระหว่างรังสีอัลตราไวโอเลตและรังสีอินฟราเรด เมื่อเราใช้ที่กรองแสงรังสีอัลตราไวโอเลต อย่างสม่ำเสมอควบคู่ไปกับการใช้ที่กรองความเข้มของรังสีอินฟราเรด จะทำให้หลอดไฟซีนอนอาร์กมีการกระจายพลังงานใกล้เคียงกันแสงอาทิตย์ตอนกลางวัน นอกจากนี้หลอดไฟซีนอนอาร์กที่ให้แสงกระพริบ (xenon flash lamp) เมื่อให้แสงกระพริบที่มีความเข้มสูงในช่วงเวลาสั้น ๆ ทำให้ชิ้นงานวัดสีไม่ร้อนมากจนเกิดการเปลี่ยนสี

2.5.2 วัตถุมีสี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดแสงตกกระทบกับวัตถุที่มีสีจะเกิดการสะท้อนแสงที่ผิวของวัตถุที่มีความเงา เรียกว่า specular reflect ถ้าผิวไม่เรียบและไม่มีความเงาเมื่อแสงตกกระทบกับวัตถุจะเกิดการกระเจิงของแสง อนุภาคของแสงในบางช่วงคลื่นจะถูกดูดกลืนไว้ บางช่วงคลื่นถูกสะท้อนออกมา ทำให้เห็นสีที่แตกต่างกันตามความยาวช่วงคลื่นที่สะท้อนออกมา เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า diffuse reflection

นอกจากจะมีการสะท้อนและการดูดกลืนของแสงแล้ว ยังมีการส่องผ่านบนวัตถุโปร่งแสงและเกิดการกระเจิงแสงที่พื้นผิว ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า diffuse transmission แต่ถ้าเป็นวัตถุโปร่งใส เช่น กระจกใสจะเกิดการส่องผ่านทะลุวัตถุ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า regular transmission

2.5.3 ผู้สังเกตการณ์

ผู้สังเกตการณ์เป็นปัจจัยสุดท้ายของการมองเห็น เมื่อแสงตกกระทบกับวัตถุและสะท้อนเข้าตาผู้สังเกตการณ์ผ่านเรตินาที่มีส่วนแยกแยะแสงสีอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่แยกแยะความมืดและสว่าง เรียกว่า Rod และส่วนที่สามารถแยกสีที่เรียกว่า Cones แบ่งออกเป็น 3 Cones คือ ส่วนที่มีความไวต่อสีแดง เขียว และสีน้ำเงิน

2.6 การตกแต่งสำเร็จเพื่อปรับปรุงความคงทนของสีต่อแสง

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการผ้าที่มีสมบัติพิเศษสำหรับการสวมใส่นอกเหนือจากสมบัติพื้นฐานของเส้นใยแต่ละชนิด เช่น ต้องการผ้าที่มีความนุ่ม มีผิวสัมผัสที่ดี มีความต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญคือการใช้งานที่ยาวนาน กล่าวคือ เมื่อใช้งานเป็นเวลานานแล้วสีของผ้ายังคงเหมือนเดิมไม่เปลี่ยนแปลงไป โดยการเปลี่ยนแปลงของสีนั้นมักเกิดจากการสลายตัวของสีย้อมบนผ้าเมื่อได้รับพลังงานในรูปต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นพลังงานกลจากการซัก พลังงานความร้อนหรือรังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงในการใช้งานไม่ได้

ปัจจัยที่มีผลต่อความคงทนของสีต่อแสง ความคงทนของสีต่อแสงขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก

ปัจจัยภายใน [31]

1. โครงสร้างทางเคมีของสี โมเลกุลของสีย้อมแบ่งเป็นสองส่วนคือโครโมฟอร์ (chromophore) และออโซโครม (auxochromes) โดยทั่วไปแล้วโครโมฟอร์จะเป็นตัวกำหนดสมบัติความคงทนของสีย้อมต่อแสงในขณะที่กลุ่มแทนที่หรือออโซโครมจะเปลี่ยนคุณสมบัติความคงทนของย้อมสีต่อแสงเล็กน้อย การวิเคราะห์โครงสร้างของสีย้อมธรรมชาติที่ระบุในดัชนีสี (Color Index) แสดงให้เห็นว่าเกือบ 50% ของสีย้อมธรรมชาติทั้งหมดที่ใช้ในสิ่งทอเป็นสารกลุ่มของฟลาโวนอยด์ แต่สารกลุ่มของฟลาโวนอยด์จะไม่ค่อยคงทนต่อแสงเท่าสารในกลุ่มของแอนทราควิโนน แนฟทาควิโนน และอินดิโก อย่างไรก็ตามค่าความคงทนต่อแสงของสารในกลุ่มแอนทราควิโนนลดลงเมื่อจำนวนกลุ่มไฮดรอกซิลเพิ่มขึ้น ส่วนอื่นๆ ของโครงสร้างทางเคมีอาจมีผลต่อความคงทนของแสง เช่น ความสมมาตรของโมเลกุลของสีย้อม โมเลกุลของสีย้อมที่มีความสมมาตรมักจะแสดงความคงทนต่อแสงที่มากกว่าโมเลกุลของสีย้อมที่ไม่สมมาตร

2. ลักษณะทางกายภาพของสีย้อม โดยทั่วไปมีความสำคัญมากกว่าโครงสร้างทางเคมี การกระจายตัวของสีย้อมอยู่ในเส้นใยยิ่งละเอียดมากจะยิ่งทำให้สีซีดจางเร็วขึ้น เส้นใยที่มีการรวมตัวของสีย้อมเป็นกลุ่มสีขนาดใหญ่จะมีความคงทนต่อแสงที่สูงกว่าเนื่องจากมีพื้นที่ผิวสัมผัสที่สัมผัสกับอากาศและแสงน้อยกว่า

3. ความเข้มข้นของสีย้อมในเส้นใย ความคงทนต่อแสงของสีย้อมบนส้นใยมักจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสีย้อมสูงขึ้นซึ่งสาเหตุหลัก คือ การเพิ่มขนาดโมเลกุลจากอนุภาคขนาดเล็กของสีย้อมในเส้นใย

4. โครงสร้างทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของเส้นใย สีครามบนเส้นใยขนสัตว์มีความคงทนต่อแสงสูงกว่าสีครามบนเส้นใยฝ้าย เนื่องจากการซีดจางของสีจะเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในขณะที่เส้นใยโปรตีนจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ยากกว่าเส้นใยฝ้าย [32] แต่ในทางกลับกันสีแมดเดอร์บนเส้นใยฝ้ายจะมีความคงทนต่อแสงมากกว่าบนเส้นใยขนสัตว์ [33]

5. สารที่ใช้ในกระบวนการมอร์แดนต์และวิธีการทำมอร์แดนต์ เนื่องจากสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโลหะมอร์แดนต์ต่างชนิดกับโมเลกุลสี เกิดขึ้นแตกต่างกันจึงทำให้ความเสถียรของสีต่อแสงมีความแตกต่างกัน โลหะอาจมีผลกระทบในทางบวกหรือทางลบต่อการสลายตัวของสีย้อมก็ได้ เช่น การใช้มอร์แดนต์ที่ต่างกันในการย้อมสีธรรมชาติสีเหลืองพบว่าการใช้สารมอร์แดนต์เป็น tin หรือ alum ช่วยเพิ่มความคงทนของสีย้อมธรรมชาติสีเหลืองต่อแสงมากกว่าการใช้สารมอร์แดนต์เป็น chrome, iron หรือ copper [34]

ปัจจัยภายนอก [31]

1. แหล่งกำเนิดแสง (ลักษณะของแสงที่เกิดขึ้น) มีความสำคัญมากในกระบวนการซีดจางของสี การซีดจางของสีโดยส่วนใหญ่มาจากรังสียูวีมากกว่ารังสีแสงสว่าง รังสียูวีเป็นปัจจัยสำคัญในการซีดจางของสีย้อมเกิดได้เร็วขึ้นโดยเฉพาะสีเหลืองและสีส้ม มีรายงานวิจัยพบว่าการใช้ตัวกรองรังสียูวีเพื่อกำจัดรังสียูวีจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นสามารถช่วยป้องกันการซีดจางของสีย้อมธรรมชาติได้ [35]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. อุณหภูมิและความชื้น ภายใต้ภาวะปกติของการสัมผัสกับแสง อุณหภูมิและความชื้น มีผลต่ออัตราการซีดจางของสีย้อม พบว่าการลดลงของความชื้นสัมพัทธ์จาก 65% เป็น 45% มีผลกระทบต่ออัตราการซีดจางของสีน้อยมาก แต่ลดความชื้นสัมพัทธ์ลงอีกเป็น 25% ทำให้เกิดอัตราการซีดจางของสีลดลง

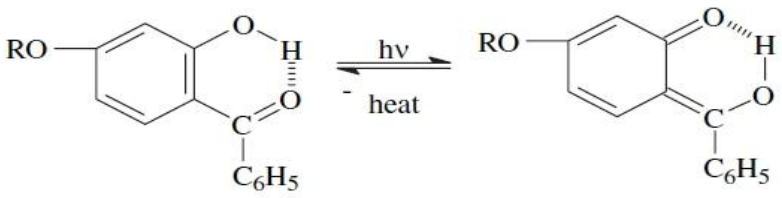
3. มลภาวะในบรรยากาศ สารปนเปื้อนในชั้นบรรยากาศ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ออกไซด์ของไนโตรเจนและโอโซน ทำปฏิกิริยากับสีย้อมได้แม้ในกรณีที่ไม่มีแสง

4. สารอื่นๆ สารบางอย่างที่ไม่ใช่สีอาจอยู่บนเส้นใยและอาจมีผลต่อความคงทนต่อแสงได้ ตัวอย่างเช่นการตกแต่งสำเร็จไหมด้วยกรดแทนนินและการตกแต่งสำเร็จฝ้ายด้วย myrobolans ก่อนและหลังการย้อมสีช่วยเพิ่มสมบัติความคงทนของสีย้อมธรรมชาติต่อแสง ในทางกลับกันถ้ามีสารอื่นๆ เช่น แป้งและเหงื่อก็อาจเร่งกระบวนการซีดจางของสีได้

2.7 สารดูดซับรังสียูวี (UV absorber)

รังสียูวีเป็นรังสีที่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยา photodegradation ได้โดยทำให้โมเลกุลของสีมีการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานจากภาวะปกติ (normal state) ไปสู่ภาวะถูกกระตุ้น (exited state) จนเกิดการแตกตัวของโมเลกุลของสีเป็นสารอนุมูลอิสระ (free radical) ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไป ทำให้โมเลกุลของสีมีการเปลี่ยนเปลงโครงสร้างอย่างถาวร (เฉดสีเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือเปลี่ยนเป็นไม่มีสี) โดยสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา photodegradation ที่เกิดจากแสงจากธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ได้โดยการใช้สารดูดซับรังสียูวีซึ่งจะช่วยในการดูดกลืนรังสียูวีหรือรับพลังงานจากรังสียูวีแล้วปลดปล่อยในรูปของพลังงานที่ต่ำกว่าพลังงานของรังสียูวี เช่น แสงฟลูออเรสเซนซ์หรือแสงอินฟราเรดออกมา (พลังงานที่ทำให้โมเลกุลสั่นสะเทือน, vibrational energy) หรือปลดปล่อยในรูปของพลังงานความร้อนออกมา [31]

สมบัติของสารดูดซับรังสียูวี คือ สามารถการดูดกลืนรังสีในช่วงความยาวคลื่น 290 - 400 นาโนเมตรมีความเสถียรต่อแสงในระยะยาว โมเลกุลของสารจะต้องกระจายตัวในวัสดุ ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีหรือสารเติมแต่งอื่นๆ สารดูดซับรังสียูวีส่วนใหญ่จะเป็นอนุพันธ์ของ 2-hydroxybenzophenone, 2-phenols, phenyl esters, substituted cinnamic acids และ nickel chelates มีการใช้สารดูดซับรังสียูวีในการป้องกันผ้าขนสัตว์ที่ย้อมสีเหลืองพบว่าสารพวก benzophenones สามารถป้องกันผ้าขนสัตว์จากรังสียูวีได้ จากโครงสร้างตรงตำแหน่ง ortho ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลกับหมู่คาร์บอนิล เป็นลักษณะเด่นของสารดูดซับรังสียูวี เนื่องจากมีลักษณะโครงสร้างที่เสถียรเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานภายในโมเลกุล [36]



Structure I Structure II

รูปที่ 2.17 การเกิด photochemistry ของ 2-hydroxybenzophenone [31]

2.8 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือ สารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลสารอื่นได้ ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวเนื่องกับการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปยังตัวออกซิไดส์ ปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถให้ผลิตภัณฑ์เป็นสารอนุมูลอิสระ (free radical) ซึ่งสารอนุมูลอิสระเหล่านี้จะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ สารต้านอนุมูลอิสระจะเข้ายุติปฏิกิริยาลูกโซ่เหล่านี้ด้วยการเข้าจับ

กับสารอนุมูลอิสระและยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยถูกออกซิไดส์ โดยทั่วไปจะใช้สารต้านอนุมูลอิสระเพื่อยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ [31]

ตารางที่ 2.3 ประเภทของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ [37]

ชนิด	สารต้านอนุมูลอิสระ	การทำงาน	หมายเหตุ
เอนไซม์	Superoxide dismutase (SOD)	กำจัด $O_2^{\bullet-}$ เป็น H_2O_2	พบได้ในรูปของแมงกานีส (MnSOD), คอปเปอร์ (CuSOD) และซิงค์ (ZnSOD)
	Catalase	กำจัด H_2O_2 เป็น H_2O และ O_2	เป็น tetrameric hemoprotein ที่มีอยู่ใน peroxisomes
	Glutathione peroxidase (GSH,GPx)	กำจัด H_2O_2 และ lipid peroxide ได้เป็น น้ำหรือแอลกอฮอล์ของลิพิดนั้น	เป็น Selenoproteins (ประกอบด้วย Se^{2+} ส่วนใหญ่พบใน cytosol และมีการใช้ GSH ใน mitochondria ทำงานร่วมด้วย
วิตามิน	α-tocopherols	-ทำลาย lipid peroxidation, lipid peroxide, superoxide radical $O_2^{\bullet-}$ และจับ $^{\bullet}OH$	เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน
วิตามิน	β-carotene	- จับ $^{\bullet}OH$, $O_2^{\bullet-}$ และ peroxide radicals - ป้องกันการเกิดออกซิเดชันของวิตามินเอ - จับกับ transition metals	เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน
	Ascorbic acid	- จับ $^{\bullet}OH$, $O_2^{\bullet-}$ และ H_2O_2 - ต่อต้านอนุมูลอิสระจากสารกระตุ้นนิวโทรโฟล์ - ช่วยในการฟื้นฟูวิตามินอี	เป็นวิตามินที่ละลายน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงความคงทนของสีย้อมธรรมชาติต่อแสงบนเส้นใยฝ้ายและไหม โดยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อให้สีย้อมธรรมชาติมีความคงทนต่อแสงที่ดีขึ้น

Khattak และคณะ [38] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของความคงทนของสีบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสารสกัดธรรมชาติจากดอกดาวเรืองโดยการใช้สารมอร์แดนต์ซึ่งทำให้สมบัติของผ้าฝ้ายดีขึ้น คือ ผ้ามีค่าความเข้มของสีมากขึ้น มีความคงทนต่อการซัก การขัดถู และแสงดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การใช้สารมอร์แดนต์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของสารมอร์แดนต์ นอกจากนี้ยังตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวีทางการค้า 2 ชนิด คือ UV-SUN และ Rayosan®C Paste พบว่าการตกแต่งสำเร็จก่อนการย้อมและหลังการย้อมจะช่วยเพิ่มความคงทนของสีบนผ้าฝ้ายต่อแสงมากขึ้น และการใช้สารเชื่อมขวาง Fixapret CPF, Fixapret F-ECO และ Knittex RCT และสารช่วยผนึก Albafix WFF เป็นสารช่วยในการตกแต่งสำเร็จ จะช่วยเพิ่มความคงทนของสีบนผ้าฝ้ายต่อการขัดถูและการซักดีขึ้น

Merdan และคณะ [39] ได้ศึกษาผลกระทบของสารดูดซับรังสียูวีบนผ้าฝ้าย พบว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการฟอกจะมีความสามารถในการดูดซับรังสียูวีที่มากกว่าผ้าฟอก เนื่องจากสิ่งเจือปนและสีธรรมชาติที่อยู่ในเส้นใยจะช่วยดูดซับรังสียูวีไว้บ้าง โครงสร้างผ้าทอที่แตกต่างกันส่งผลถึงการป้องกันรังสียูวีด้วยโดยพบว่าผ้าทอที่มีโครงสร้างผ้าแน่นมากกว่าจะป้องกันรังสียูวีได้มากกว่า และการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan®C Paste หลังการย้อมจะให้ค่าแฟกเตอร์การป้องกันรังสียูวีของผ้า (Ultraviolet Protection Factor, UPF) มากกว่าการตกแต่งสำเร็จผ้าก่อนและพร้อมการย้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Cristea และ Vilarem [31] ได้ศึกษาการปรับปรุงความคงทนของสีธรรมชาติต่อแสงบนเส้นด้ายฝ้าย โดยย้อมสีธรรมชาติเฉดสีเหลือง แดง และน้ำเงินที่สกัดจากต้น weld, madder และ woad ตามลำดับ ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี 2 ชนิด คือ benzophenone และ phenyl salicylate และสารต้านอนุมูลอิสระ 3 ชนิด คือ gallic acid, ascorbic acid และ caffeic acid สำหรับเส้นด้ายฝ้ายสีเหลืองจะตกแต่งสำเร็จด้วย gallic acid, ascorbic acid และ caffeic acid และให้สีบนเส้นด้ายที่มีความคงทนต่อแสงมากที่สุด เส้นด้ายสีแดงจะตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid และให้สีบนเส้นด้ายที่มีความคงทนต่อแสงมากที่สุด สำหรับเส้นด้ายสีน้ำเงินหลังทำการตกแต่งสำเร็จด้วย gallic acid, ascorbic acid, caffeic acid benzophenone, phenyl salicylate พบว่าเฉดสีเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม คือ จากสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินแกมเหลืองและสว่างมากขึ้น เมื่อ

ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี benzophenone 6 และสารต้านอนุมูลอิสระ vitamin E พบว่าการตกแต่งสำเร็จด้วย benzophenone 6 ส่งผลให้สีบนเส้นด้ายมีความคงทนต่อแสงมากที่สุด

Colombini และคณะ [40] ได้ศึกษาการซีดจางของสีย้อมธรรมชาติบนผ้าขนสัตว์ และศึกษารูปแบบการสลายตัวของสีย้อมธรรมชาติ โดยใช้สีย้อมธรรมชาติที่เป็นสีในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ จากต้น weld, dyer's broom และ old fustic ซึ่งเกิดการสลายตัวได้ง่ายและส่วนใหญ่ให้สีเหลืองซึ่งดูดซับพลังงานจากแสงได้มาก จึงทำให้สีเหลืองเกิดการสลายตัวได้เร็วกว่าสีกลุ่มอื่น พบว่าสีย้อมธรรมชาติสามารถเกิดการสลายตัวได้ 2 วิธี วิธีแรกคือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยมีไอออนของโลหะในมอร์แดนต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยไอออนของโลหะจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโมเลกุลของสีแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสี ทำให้สีที่มองเห็นเปลี่ยนไปจากเดิมหรือซีดจางลง วิธีที่สองคือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยออกซิเจนในอากาศและมีแสงเป็นตัวกระตุ้น โดยจะเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่เสถียรขึ้นและเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน โครงสร้างของสีเกิดการเปลี่ยนแปลงจึงทำให้สีที่มองเห็นเปลี่ยนไปจากเดิมหรือซีดจางลง

Reinert และคณะ [41] ได้ศึกษาความสามารถในการป้องกันรังสียูวีของเส้นใยชนิดต่างๆ พบว่าเส้นใยธรรมชาติมีความสามารถในการป้องกันรังสียูวีที่น้อยกว่าเส้นใยสังเคราะห์เนื่องจากเส้นใยสังเคราะห์มีสารลดความมันเงาในเส้นใย (ไททาเนียมไดออกไซด์) ซึ่งจะช่วยดูดซับรังสียูวีบางส่วนและโครงสร้างทางเคมีของเส้นใยสังเคราะห์สามารถดูดซับรังสียูวีได้บ้างอีกด้วย และพบว่าฝ้ายที่ผ่านการฟอกขาวมีความสามารถในการป้องกันรังสียูวีที่น้อยที่สุด รองลงมา คือ ไหม

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะคัดเลือกสีย้อมธรรมชาติที่มีความคงทนต่อแสงต่ำนำมาย้อมเส้นด้ายฝ้ายและไหม และตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีทางการค้าและสารต้านอนุมูลอิสระด้วยกระบวนการตกแต่งสำเร็จที่แตกต่างกัน (ก่อน/พร้อม/หลังย้อมสี) เพื่อหากระบวนการที่ดีที่สุดที่ทำให้เส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีย้อมธรรมชาติมีความคงทนต่อแสงดีขึ้นในระดับที่ยอมรับได้ (ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงินมากกว่าหรือเท่ากับระดับ 4)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้สารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายฝ้ายและไหมก่อนย้อม ขณะย้อม และหลังย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติที่มีความคงทนต่อแสงต่ำ โดยคาดหวังว่าจะสามารถปรับปรุงสีบนเส้นด้ายให้มีความคงทนต่อแสงมากขึ้น หลังการย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระ เส้นด้ายถูกนำมาทดสอบสมบัติด้านต่างๆ ตามวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

3.1 สารเคมีและวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 เส้นด้ายฝ้ายฟอกขาว เบอร์ 40/2 จาก บริษัท กรีนวิล เทรดดิ้ง จำกัด มีสีขาว

3.1.2 เส้นด้ายไหม สายพันธุ์ไทยพื้นบ้าน ขนาด 235 ดีเนียร์ จากบริษัท อุตสาหกรรมไหมไทย จำกัด (จิมทอมป์สัน) มีสีเหลืองอ่อนๆ สาวมือและลอกกาวแล้ว

3.1.3 วัตถุดิบให้สีธรรมชาติ ได้แก่ ดอกดาวเรืองและเปลือกของต้นมะพูด จากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ เมล็ดคำแสดและครั่ง จากชาวสวนที่อาศัยอยู่บริเวณทางภาคเหนือของประเทศไทย

3.1.4 โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate, soda ash) (Na_2CO_3) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ จาก Loba Chemie, India

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.5 อะลูมิเนียมซัลเฟต (aluminium sulfate, alum) ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ จาก Ajax Finechem, Australia

3.1.6 สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Lavenol PA) จากบริษัท บุญทวีเคมีภัณฑ์ จำกัด

3.1.7 สารดูดซับรังสียูวีชนิด Rayosan® C Paste จากบริษัท คลาเรียนท์ เคมิคอลซ์ จำกัด

3.1.8 โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate, Glauber's salt) (Na_2SO_4) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ จาก Ajax Finechem, Australia

3.1.9 สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4 (acetic acid, sodium acetate) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ glacial acetic acid และ sodium acetate จาก Merck KGaA, Darmstadt, Germany

3.1.10 สารต้านอนุมูลอิสระชนิด ascorbic acid จาก Ajax Finechem, Australia

3.1.11 สารที่ใช้ทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก SDCE Standard Soap (SDCE Type 1) จาก SDC Enterprises Limited, United Kingdom

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

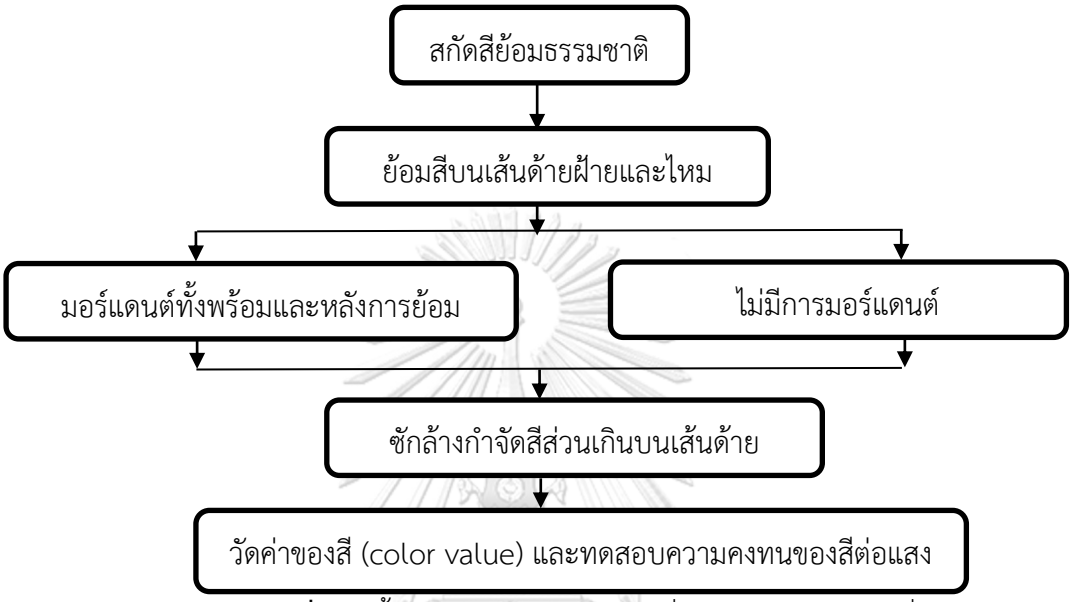
เครื่องมือ/อุปกรณ์	แบบ/รุ่น	ผู้ผลิต
เครื่องย้อมเส้นด้าย (laboratory dyeing machine)	Bagnomaria rotondo (BMR-P)	UGOLINI
เครื่องวัดสี (spectrophotometer)	Datacolor 650	Datacolor Instument
เครื่องทดสอบแรงดึง (tensile testing machine)	USTER TENSORAPID 3 V 6.1	Uster Technologies, Inc.
เครื่องวัดความคงทนของสีต่อแสง (xenon weather meter)	SUNTEST XLS+	Atlas Material Testing Technology
ตู้แสงมาตรฐาน (color assessment cabinet)	VeriVide CAC 60	Leslie Hubble
เครื่องวัดพีเอช (pH meter)	pH tester 20	Eutech Instument
เครื่องชั่ง (Balance)	Model AB 204	Mettler Toledo
เครื่องทดสอบการซัก (IR dyeing machine starlet)	DaeLim Starlet II DLS-8080	Daelimstarlet Co., Ltd.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การคัดเลือกสีย้อมธรรมชาติที่มีความคงทนต่อแสงต่ำ

การคัดเลือกสีย้อมธรรมชาติที่มีความคงทนต่อแสงต่ำที่สุด มีขั้นตอนและวิธีการทดลองดังต่อไปนี้



แผนภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการคัดเลือกสีย้อมที่มีความคงทนต่อแสงต่ำ

1. การสกัดสารละลายสีย้อมธรรมชาติ [42]

สกัดสีย้อมธรรมชาติจากวัสดุให้สีประกอบด้วย ดอกดาวเรือง เมล็ดคำแสด เปลือกของต้นมะพูด และครั่ง โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของวัสดุให้สีกับปริมาตรน้ำเท่ากับ 1:10 มีวิธีการสกัดสีแตกต่างกัน 2 วิธี ตามชนิดของวัสดุให้สีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

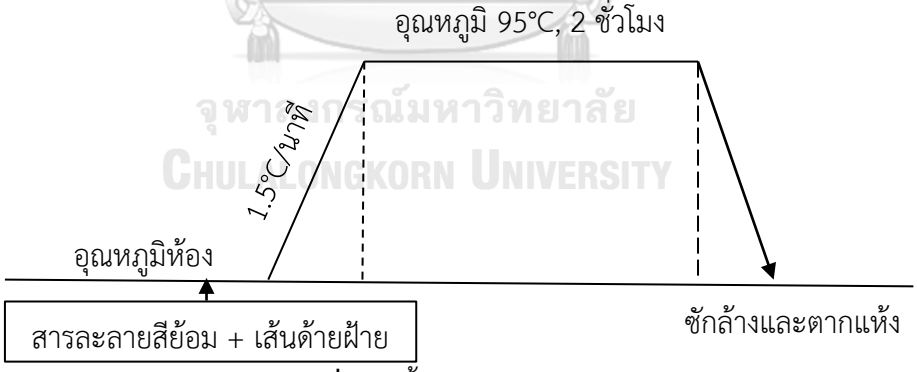
- สกัดสีย้อมธรรมชาติจากดอกดาวเรือง เปลือกของต้นมะพูด และครั่งด้วยการต้มวัสดุให้สีในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองน้ำสีย้อมหรือสารละลายสีย้อมแล้วทิ้งไว้ให้เย็น

- สกัดสีย้อมธรรมชาติจากเมล็ดคำแสดด้วยการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดคำแสดมาตำและเติมโซเดียมคาร์บอเนต 10% ของน้ำหนักเมล็ดคำแสดสำหรับการย้อมเส้นด้ายฝ้าย และ 5% ของน้ำหนักเมล็ดคำแสดสำหรับการย้อมเส้นด้ายไหม ลงในสารละลายสีย้อมข้างต้นแล้วต้มให้เดือดอีก 2 ชั่วโมง กรองสารละลายสีย้อมแล้วทิ้งไว้ให้เย็น

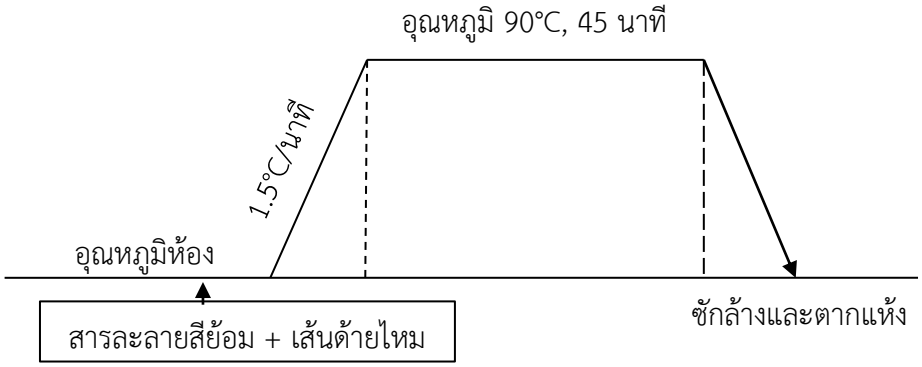
2. การย้อมสีธรรมชาติบนเส้นด้าย [42]

ย้อมเส้นด้ายฝ้ายและไหมด้วยสีย้อมธรรมชาติ ใช้อุณหภูมิการย้อมเส้นด้ายฝ้ายเท่ากับ 95°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิการย้อมเส้นด้ายไหมเท่ากับ 90°C เป็นเวลา 45 นาที โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักเส้นด้ายต่อปริมาตรสารละลายสีย้อมเท่ากับ 1:30 ด้วยเครื่องย้อมเส้นด้ายแบบแช่ Bagnomaria rotondo (BMR-P) (รูปที่ 3.1) แล้วซักล้างเส้นด้ายและตากแห้ง ดังแผนภาพที่ 3.2 และ 3.3

รูปที่ 3.1 เครื่องย้อมเส้นด้าย/ผ้าแบบแช่ Bagnomaria rotondo (BMR-P)



แผนภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการย้อมเส้นด้ายฝ้าย



แผนภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการย้อมเส้นด้ายไหม

3. การมอร์แดนต์

การใช้สารมอร์แดนต์ในงานวิจัยนี้มี 2 วิธี คือ การใช้สารมอร์แดนต์พร้อมกับการย้อมและหลังการย้อม (meta-mordant และ post-mordant) ดังวิธีต่อไปนี้

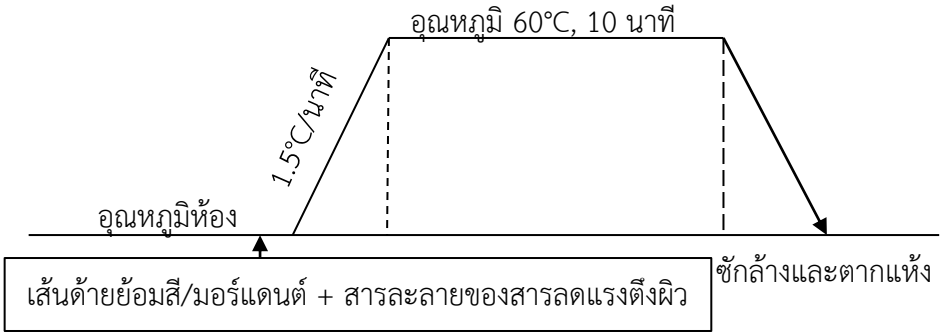
- การใช้สารมอร์แดนต์พร้อมกับการย้อม จะใช้อะลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารมอร์แดนต์ที่ความเข้มข้น 10 g/L เติมลงไปในสารละลายสีย้อมที่สกัดได้ แล้วจึงนำไปย้อมเส้นด้าย

- การใช้สารมอร์แดนต์หลังการย้อม จะนำเส้นด้ายที่ผ่านการย้อมแล้วมาต้มเดือดในสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟตความเข้มข้น 10 g/L เป็นเวลา 30 นาที

4. การซักล้างเส้นด้ายหลังการย้อมและการมอร์แดนต์

ซักล้างเส้นด้ายในสารละลายของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุชื่อทางการค้า Lavenol PA ความเข้มข้น 2 g/L ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเส้นด้ายกับปริมาตรสารละลายเท่ากับ 1:20 ด้วยเครื่องย้อมแบบแช่ Bagnomaria rotondo (BMR-P) แล้วซักล้างเส้นด้ายและตากแห้ง ดังแผนภาพที่ 3.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

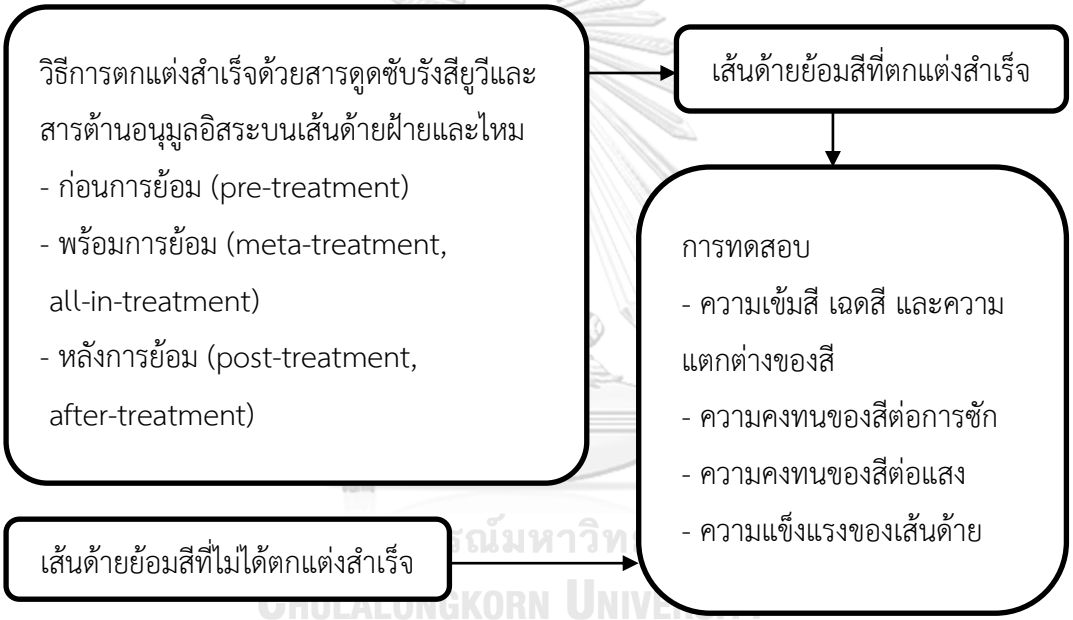


แผนภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการซักล้างเส้นด้ายหลังย้อม/มอร์แดนต์

หลังการย้อมและมอร์แดนต์เส้นด้ายฝ้ายและไหมตามวิธีข้างต้นดังกล่าวไว้แล้วในข้อ 3.3.1 ได้ทดสอบความคงทนของสีบนเส้นด้ายต่อแสงเพื่อวิเคราะห์หาสีย้อมธรรมชาติจากวัสดุให้สีชนิดใดมีความคงทนต่อแสงต่ำที่สุด แล้วจึงนำสีย้อมธรรมชาตินั้นมาปรับปรุงสมบัติด้านความคงทนต่อแสงให้ดีขึ้นโดยการย้อมและตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวีเปรียบเทียบกับตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายด้วยสารต้านอนุมูลอิสระดังวิธีที่แสดงในหัวข้อต่อไปนี้

3.3.2 การตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการการตกแต่งสำเร็จก่อนการย้อม พร้อมการย้อม และหลังการย้อม

การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระบนเส้นด้ายฝ้ายและไหมมีวิธีและขั้นตอนดังต่อไปนี้



แผนภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จเส้นด้าย

3.3.2.1 การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดรังสีซับยูวีบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม

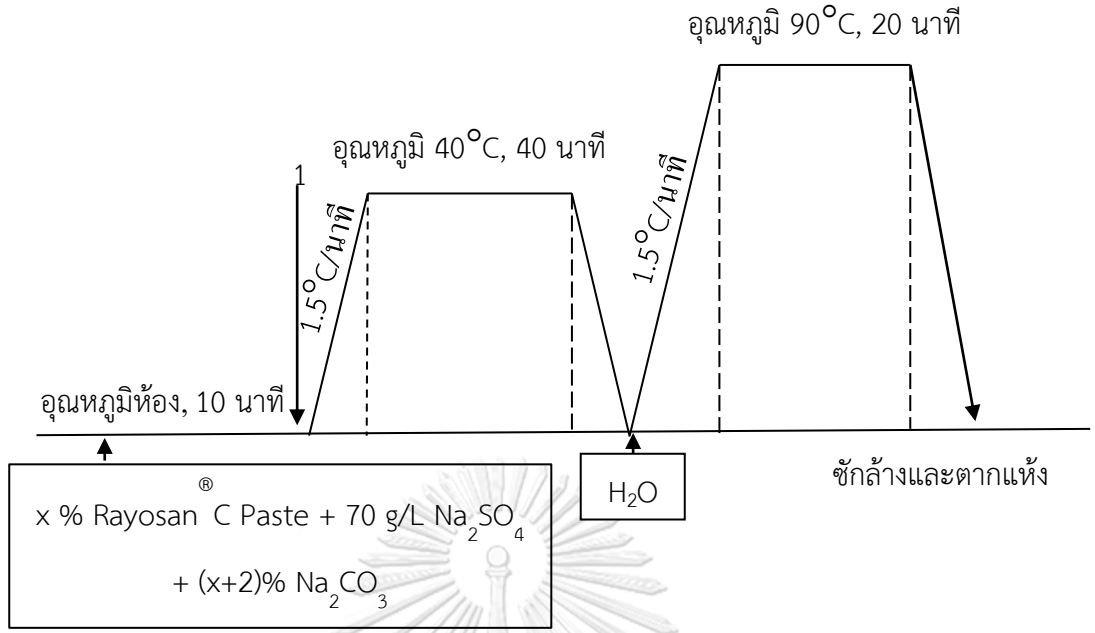
การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดรังสีซับยูวีในที่นี้ใช้สารทางการค้าชื่อ Rayosan®C Paste (รูปที่ 3.2) ใช้ตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายฝ้ายและไหมทั้งก่อน-หลัง และพร้อมการย้อม ด้วยวิธีการตกแต่งสำเร็จดังต่อไปนี้ [43]

รูปที่ 3.2 สารดูดรังสีซับยูวีทางการค้าชื่อ Rayosan®C Paste

การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีบนเส้นด้ายฝ้าย

1. การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีบนเส้นด้ายฝ้ายทั้งก่อนและหลังการย้อม เริ่มจากการผสมสารดูดซับรังสียูวีตามปริมาณที่ใช้ โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 70 g/L และโซเดียมคาร์บอเนตในปริมาณที่มากกว่าปริมาณของสารดูดซับรังสียูวีอยู่ 2% ของน้ำหนักเส้นด้าย ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักเส้นด้ายฝ้ายต่อปริมาตรสารละลายเท่ากับ 1:30 ตกแต่งสำเร็จในเครื่องย้อมเส้นด้ายแบบแช่ Bagnomaria rotondo (BMR-P) ที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 40 นาที โดยเพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 1.5°C/นาที จากนั้นซักล้างด้วยน้ำร้อน 90°C เป็นเวลา 20 นาที และซักล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องแล้วตากแห้ง ดังแผนภาพที่ 3.6

2. การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีบนเส้นด้ายฝ้ายพร้อมการย้อม โดยเติมสารดูดซับรังสียูวีและเกลือความเข้มข้น 70 g/L ลงไปในสารละลายสีย้อม ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยเครื่องย้อมเส้นด้ายแบบแช่ Bagnomaria rotondo (BMR-P) โดยใช้ภาวะเดียวกันกับการย้อม จากนั้นซักล้างด้วยน้ำร้อน 90°C เป็นเวลา 20 นาที และซักล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องแล้วตากแห้ง



หมายเหตุ 1 คือ เส้นด้ายฝ้ายสำหรับการตกแต่งสำเร็จก่อนการย้อม

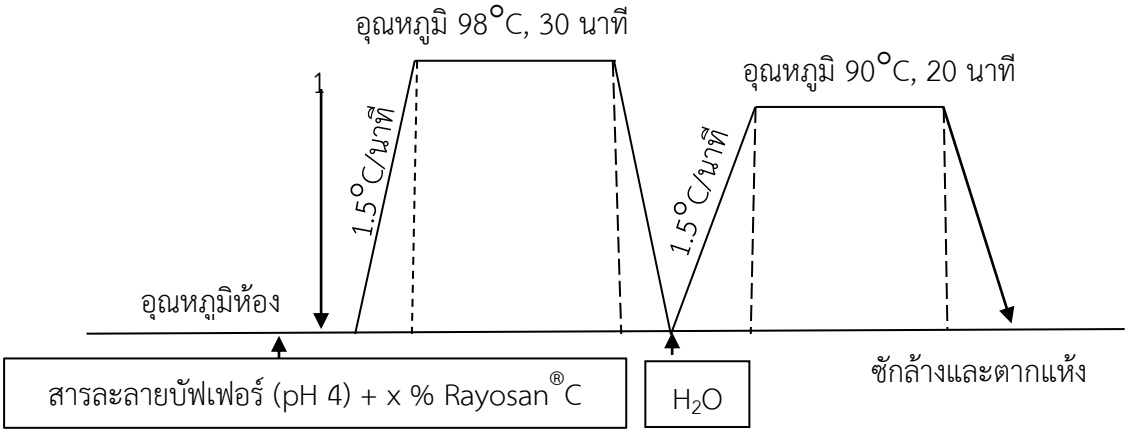
1 คือ เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีสำหรับการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม

แผนภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายฝ้ายด้วยสารดูดรังสีซับยูวี Rayosan® C Paste ก่อน-หลังการย้อม

การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีบนเส้นด้ายไหม

1. การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีบนเส้นด้ายไหมทั้งก่อนและหลังการย้อม เริ่มจากผสมสารดูดซับรังสียูวีในสารละลายบัฟเฟอร์ (โซเดียมแอซีเตตกับกรดแอซีติก) pH 4 โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักเส้นด้ายไหมต่อปริมาตรสารละลายเท่ากับ 1:30 ตกแต่งสำเร็จในเครื่องย้อมเส้นด้ายแบบแช่ Bagnomaria rotondo (BMR-P) ที่อุณหภูมิ 98°C เป็นเวลา 30 นาที โดยเพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 1.5°C/นาที จากนั้นซักล้างด้วยน้ำร้อน 90°C เป็นเวลา 20 นาที ซักล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องแล้วตากแห้ง ดังแผนภาพที่ 3.7

2. การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีบนเส้นด้ายไหมพร้อมการย้อม โดยเติมสารดูดซับรังสียูวีลงไปในสารละลายสีย้อม ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยเครื่องย้อมเส้นด้ายแบบแช่ Bagnomaria rotondo (BMR-P) โดยใช้ภาวะเดียวกันกับการย้อม จากนั้นซักล้างด้วยน้ำร้อน 90°C เป็นเวลา 20 นาที และซักล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องแล้วตากแห้ง



หมายเหตุ 1 คือ เส้นด้ายไหมสำหรับการตกแต่งสำเร็จก่อนการย้อม

1 คือ เส้นด้ายไหมย้อมสีสำหรับการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม

แผนภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายไหมด้วยสารดูดรังสีซับยูวี Rayosan® C Paste ก่อน-หลังการย้อม

3.3.2.2 การตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม [31]

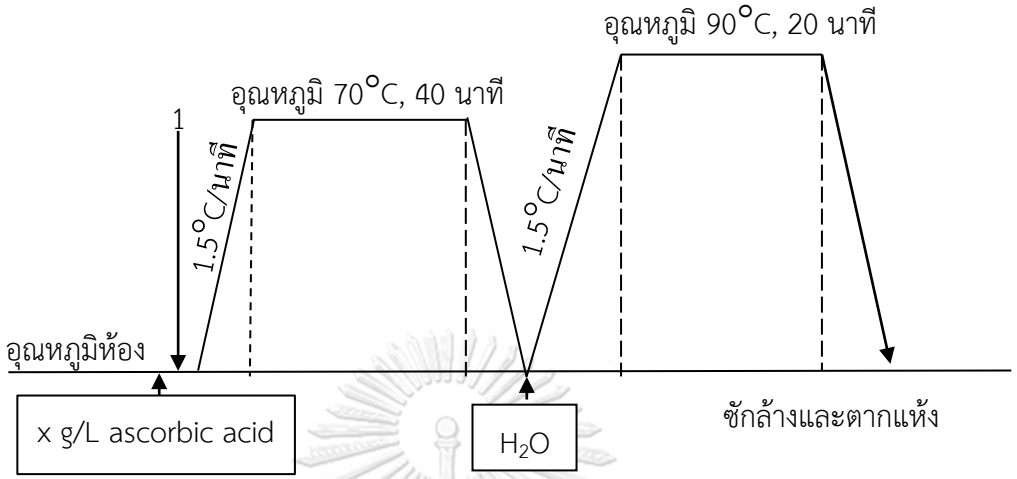
การตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระชนิด ascorbic acid (รูปที่ 3.3) บนเส้นด้ายฝ้ายและไหมทั้งก่อน-หลัง และพร้อมการย้อม ด้วยวิธีการตกแต่งสำเร็จดังต่อไปนี้

รูปที่ 3.3 สารต้านอนุมูลอิสระชนิด ascorbic acid

1. การตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระบนเส้นด้ายฝ้ายและไหมทั้งก่อนและหลังการย้อม เตรียมสารละลายของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักเส้นด้ายต่อปริมาตรสารละลายเท่ากับ 1:30 ภายในเครื่องย้อมเส้นด้ายแบบแช่ Bagnomaria rotondo (BMR-P) ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 30 นาที โดยเพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 1.5°C/นาที จากนั้นซักล้างด้วยน้ำร้อน 90°C เป็นเวลา 20 นาที ซักล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องแล้วตากแห้ง ดังแผนภาพที่ 3.8

2. การตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระบนเส้นด้ายฝ้ายและไหมพร้อมการย้อม เติมสารต้านอนุมูลอิสระลงในสารละลายสีย้อม ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยเครื่องย้อมเส้นด้ายแบบแช่

Bagnomaria rotondo (BMR-P) โดยใช้ภาวะเดียวกันกับการย้อม จากนั้นซักล้างด้วยน้ำร้อน 90°C เป็นเวลา 20 นาที และซักล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องแล้วตากแห้ง



หมายเหตุ 1 คือ เส้นด้ายฝ้ายและไหมสำหรับการตกแต่งสำเร็จก่อนการย้อม

1 คือ เส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีสำหรับการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม

แผนภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายฝ้ายและไหมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ascorbic acid ก่อน-หลังการย้อม

3.3.3 การทดสอบสมบัติต่างๆ ของเส้นด้ายตามหัวข้อดังนี้

3.3.3.1 การวัดค่าความเข้มสี เฉดสีและความแตกต่างของสี

การทดสอบต่อไปนี้เป็นการศึกษาค่าความเข้มสี ความสว่างของสี เฉดสี และความแตกต่างของสี ของเส้นด้ายฝ้ายและไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ ดังวิธีการทดสอบต่อไปนี้

การวัดค่าความเข้มสี (Color Strength, K/S) [44]

การวัดค่าความเข้มสีของเส้นด้ายย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจะวัดด้วยเครื่องวัดสี ที่ความยาวคลื่น 400-760 นาโนเมตร โดยแต่ละตัวอย่างจะวัดซ้ำ 4 ครั้ง ที่ตำแหน่งต่างๆ ของเส้นด้าย ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดสีจะเป็นค่าเฉลี่ยเพื่อศึกษาระดับความเข้มของสีบนเส้นด้ายก่อน-หลังการกำจัดสีส่วนเกิน และการใช้-ไม่ใช้สารมอร์แดนต์ หากค่า K/S สูงแสดงว่าเส้นด้ายมีสีเข้มและค่า K/S ต่ำแสดงว่าเส้นด้ายมีสีอ่อน ค่า K/S นี้สามารถคำนวณได้จากสมการ Kubelka Munk ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและค่าการสะท้อนแสงในแต่ละช่วงความยาวคลื่น ดังสมการ 3.1

$$(K/S) = \frac{(1-R)^2}{2R} \qquad \text{(สมการ 3.1)}$$

โดย K คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (absorption coefficient)

S คือ สัมประสิทธิ์การกระเจิงแสง (scattering coefficient)

R คือ ค่าการสะท้อนแสง (reflection factor) บนเส้นด้าย ณ ความยาวคลื่นที่มีการดูกกลืนแสงสูงสุด (λ_{max})

การวัดค่าความสว่างของสี (Lightness, L*) [44]

การประเมินค่าความสว่างของเส้นด้ายย้อมจากค่า L* ของเส้นด้ายฝ้ายและไหมที่ย้อมโดยที่มีการใช้-ไม่ใช้สารมอร์แดนต์ ก่อน-หลังการตกแต่งสำเร็จ และก่อน-หลังการฉายแสงเพื่อทดสอบความคงทนของสีต่อแสง โดยแต่ละตัวอย่างจะวัดซ้ำ 4 ครั้ง ที่ตำแหน่งต่างๆ ของเส้นด้าย ค่า L* ที่วัดได้จากเครื่องวัดสีจะเป็นค่าเฉลี่ย ซึ่งค่า L* หมายถึงความสว่างของสี ค่าสูงแสดงว่าสีอ่อนหรือสว่าง ค่าต่ำแสดงว่าสีเข้มหรือสีมืดทึม ค่าความสว่างของเส้นด้ายสามารถคำนวณได้จากสมการ 3.2

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3}-16 \qquad \text{(สมการ 3.2)}$$

โดย Y คือ ค่า CIE ไตรสติมูลัส (CIE Tristimulus Value) โดย Y จะบอกความเป็นสีเขียวของวัตถุ

Y_n คือ ค่าไตรสติมูลัส (Tristimulus Value) ของค่าสีขาวอ้างอิง (reference white) ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง (illuminant) หนึ่ง เช่น D65 (Y_n=100 เสมอ ส่วน Y/Y_n จะมีค่ามากกว่า 0.01)

การวัดเฉดสีจากค่า a* และ b* [44]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประเมินเฉดสีของเส้นด้ายย้อมจากค่า a* และ b* ของเส้นด้ายฝ้ายและไหมที่ย้อมโดยที่มีการใช้-ไม่ใช้สารมอร์แดนต์ ก่อน-หลังการตกแต่งสำเร็จ และก่อน-หลังการฉายแสงเพื่อทดสอบความคงทนของสีต่อแสง โดยแต่ละตัวอย่างจะวัดซ้ำ 4 ครั้ง ที่ตำแหน่งต่างๆ ของเส้นด้าย ค่า a* และ b* ที่วัดได้จากเครื่องวัดสีจะเป็นค่าเฉลี่ย ซึ่งค่า a* เป็นบวกออกเฉดสีแดง ค่า a* เป็นลบออกเฉดสีเขียว ส่วนค่า b* เป็นบวกออกเฉดสีเหลือง ค่า b* เป็นลบออกเฉดสีน้ำเงิน ถ้าค่า a* และ b* มีค่าบวกหรือลบมากกว่าแสดงว่าออกเฉดสีนั้นมาก ค่า a* และ b* ของเส้นด้ายสามารถคำนวณได้จากสมการ 3.3 และ 3.4

$$a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}] \quad \text{(สมการ 3.3)}$$

$$b^* = 200[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}] \quad \text{(สมการ 3.4)}$$

โดยค่า X, Y และ Z คือ ค่า CIE ไตรสติมูลัส (CIE Tristimulus Value)

โดย X จะบอกความเป็นสีแดงของวัตถุ

Y จะบอกความเป็นสีเขียวของวัตถุ

Z จะบอกความเป็นสีน้ำเงินของวัตถุ

X_n, Y_n และ Z_n คือ ค่าไตรสติมูลัส (Tristimulus Value) ของค่าสีขาวอ้างอิง (reference white) ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง (illuminant) หนึ่ง เช่น D65 (Y_n=100 เสมอ ส่วน X/X_n, Y/Y_n และ Z/Z_n จะมีค่ามากกว่า 0.01)

การวัดค่าความแตกต่างของสี (Color Difference, ΔE*) [45]

วัดค่าความแตกต่างของสีของเส้นด้ายฝ้ายและไหมที่ย้อมโดยมีการตกแต่งสำเร็จทั้งก่อน-หลังการตกแต่งสำเร็จ และก่อน-หลังการฉายแสงเพื่อทดสอบความคงทนของสีต่อแสง โดยนำเส้นด้ายมาวัดด้วยเครื่องวัดสีแต่ละตัวอย่างจะวัดซ้ำ 4 ครั้ง ที่ตำแหน่งต่างๆ ของเส้นด้าย ค่า ΔE* ที่วัดได้จากเครื่องวัดสีจะเป็นค่าเฉลี่ยที่คำนวณโดยเครื่องวัดสี ถ้าค่าความแตกต่างของสีระหว่างเส้นด้ายมีค่ามากกว่า 1 ขึ้นไปถือว่าเส้นด้ายเหล่านั้นมีสีที่แตกต่างกันในระดับที่ตาสามารถมองเห็นความแตกต่างได้ชัดเจน ซึ่งค่าความแตกต่างของสีสามารถคำนวณได้จากสมการ 3.5

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad \text{(สมการ 3.5)}$$

โดยการปรับปรุงความคงทนของสีต่อแสงด้วยกระบวนการการตกแต่งสำเร็จนั้นจำเป็นจะต้องวิเคราะห์ถึงความคงทนของสีต่อแสงมาก และมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีหลังจากการตกแต่งสำเร็จน้อย

- ความคงทนของสีต่อแสง โดยทั่วไปทางด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอจะวัดระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน (standard blue wool) แต่ถ้าไม่เห็นความแตกต่างของการทดสอบนี้ก็สามารถเทียบได้จากค่าความแตกต่างของสีจากตัวอย่างก่อนการฉายแสงเทียบกับตัวอย่างหลังการฉายแสงเป็นระยะเวลาที่เท่ากัน โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.5 ค่าความแตกต่างของสีก่อน-หลังการฉายแสงที่ระยะเวลาเท่ากัน

เมื่อ L^*_1, a^*_1 และ b^*_1 เป็นค่าที่ได้จากเครื่องวัดสีของตัวอย่างก่อนการฉายแสง

L^*_2, a^*_2 และ b^*_2 เป็นค่าที่ได้จากเครื่องวัดสีของตัวอย่างหลังการฉายแสงเป็นระยะเวลาเท่ากัน

ถ้าค่าความแตกต่างของสีมีค่ามาก หมายถึง สีมีการเปลี่ยนแปลงมากเมื่อตัวอย่างสัมผัสแสง และถ้าค่าความแตกต่างของสีมีค่าน้อย หมายถึง สีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อตัวอย่างสัมผัสแสง แสดงว่าตัวอย่างที่มีค่าความแตกต่างของสีน้อยที่สุดจะมีความคงทนของสีต่อแสงมากที่สุด (สีมีเปลี่ยนแปลงน้อยสุดเมื่อตัวอย่างสัมผัสแสงเป็นระยะเวลาเท่ากัน)

- การเปลี่ยนแปลงเฉดสีหลังจากการตกแต่งสำเร็จ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.5 โดยจะคำนวณค่าความแตกต่างของสีก่อน-หลังการตกแต่งสำเร็จ

เมื่อ L^*_1, a^*_1 และ b^*_1 เป็นค่าที่ได้จากเครื่องวัดสีของตัวอย่างก่อนการตกแต่งสำเร็จ

L^*_2, a^*_2 และ b^*_2 เป็นค่าที่ได้จากเครื่องวัดสีของตัวอย่างหลังการตกแต่งสำเร็จ

ถ้าค่าความแตกต่างของสีมีค่ามาก หมายถึง สีมีการเปลี่ยนแปลงมากหลังจากการตกแต่งสำเร็จ และถ้าค่าความแตกต่างของสีมีค่าน้อย หมายถึง สีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยหลังจากการตกแต่งสำเร็จ แสดงว่าตัวอย่างที่มีค่าความแตกต่างของสีน้อยที่สุดจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยหลังจากกระบวนการการตกแต่งสำเร็จน้อยที่สุด (สีมีเปลี่ยนแปลงน้อยสุดเมื่อทำการตกแต่งสำเร็จ)

จากนั้นได้มีการนำค่าที่วัดได้จากเครื่องมาเทียบระดับการเปลี่ยนแปลงของด้ายสี ตามมาตรฐาน AATCC Evaluation Procedure 6 “Gray Scale of Color Change” [46] โดยกำหนดไว้ตามตารางที่ 3.2

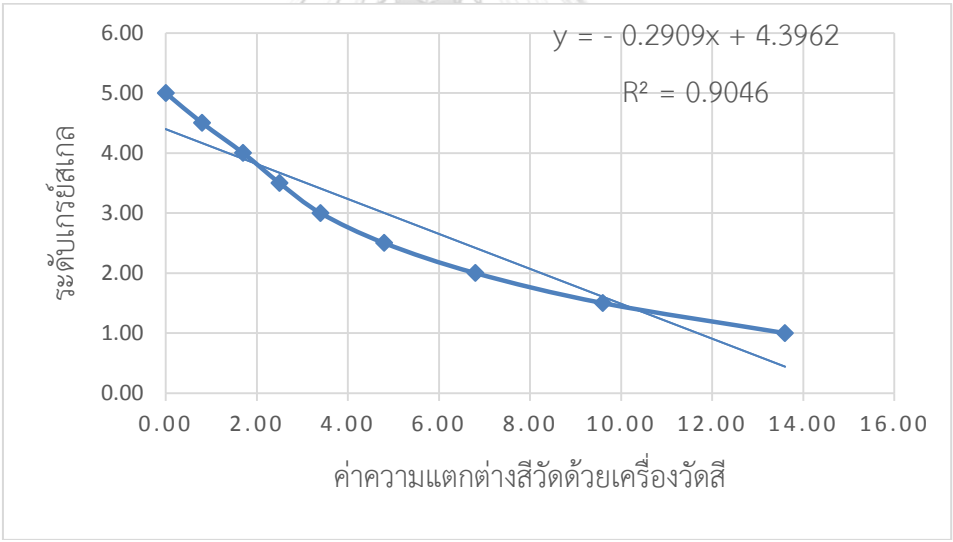
ตารางที่ 3.2 ค่าความแตกต่างของสีที่วัดด้วยเครื่องวัดสี (CIELAB Units) เทียบกับระดับการเปลี่ยนแปลงของสีที่วัดด้วยเกรย์สเกล [46]

ระดับการเปลี่ยนแปลงของสีที่วัดด้วยเกรย์สเกล	ค่าความแตกต่างของสีระบบ (CIELAB) ที่วัดด้วยเครื่องวัดสี	ค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับมาตรฐาน CIELAB Units
5	0.0	±0.2
4-5	0.8	±0.2
4	1.7	±0.3
3-4	2.5	±0.3
3	3.4	±0.4
2-3	4.8	±0.5
2	6.8	±0.6
1-2	9.6	±0.7
1	13.6	±1.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

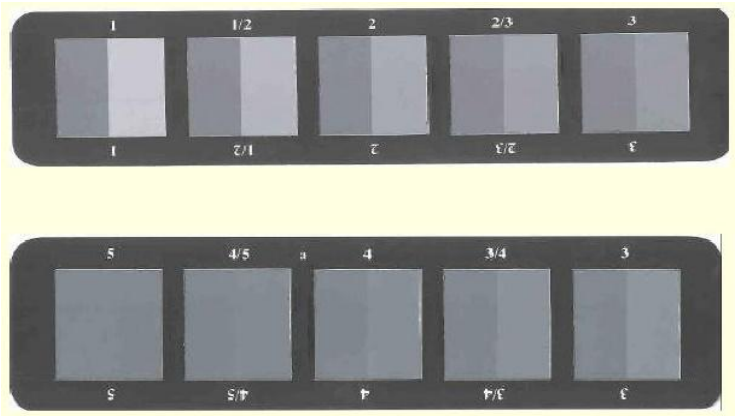
โดยที่ระดับการเปลี่ยนแปลงของสีที่วัดด้วยเกรย์สเกลตามมาตรฐาน AATCC Evaluation Procedure 6 “Gray Scale of Color Change” แบ่งระดับออกเป็นดังนี้

ระดับ 5	เฉดสีไม่มีการเปลี่ยนแปลง
ระดับ 4-5	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
ระดับ 4	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงน้อย
ระดับ 3-4	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยถึงปานกลาง
ระดับ 3	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงปานกลาง
ระดับ 2-3	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงปานกลางถึงมาก
ระดับ 2	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงมาก
ระดับ 1-2	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงมากถึงมากที่สุด
ระดับ 1	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างของสีในระบบ CIELAB ที่วัดด้วยเครื่องวัดสีกับระดับการเปลี่ยนแปลงของสีที่วัดด้วยเกรย์สเกล

รูปที่ 3.5 เครื่องวัดสี spectrophotometer รุ่น Datacolor 650



รูปที่ 3.6 เกรย์สเกลสำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงสีของสิ่งทอ

3.3.3.2 การวิเคราะห์ร้อยละของการผนึกสี (%Dye fixation)

หลังการย้อมเส้นด้ายฝ้ายและไหมทั้งแบบมีการใช้และไม่ใช้มอร์แดนต์ วัดค่าความเข้มสีของเส้นด้ายทั้งก่อน-หลังการซักล้างด้วยสารลดแรงตึงผิว โดยใช้เครื่องวัดสีได้เป็นค่า K/S ก่อนซัก และค่า K/S หลังซัก นำค่าทั้งสองมาวิเคราะห์หาค่าร้อยละของการผนึกสีบนเส้นด้าย ซึ่งเป็นการศึกษาปริมาณสีย้อมที่ผนึกติดบนเส้นด้าย คำนวณได้จากสมการ 3.6 [45]

$$\text{ร้อยละของการผนึกสี} = \left(\frac{{}^{K}/_{S_{\text{หลังการซักเส้นด้ายย้อม}}}}{{}^{K}/_{S_{\text{ก่อนการซักเส้นด้ายย้อม}}}} \right) \times 100 \qquad \text{(สมการ 3.6)}$$

3.3.3.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง

การทดสอบความคงทนของสีบนเส้นด้ายต่อแสง ด้วยเครื่อง Xenon Weather Meter (SUNTEST XLS+) ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105-B02:2004 โดยทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีธรรมชาติที่ใช้และไม่ใช้สารมอร์แดนต์ โดยเตรียมเส้นด้ายและผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน (standard blue wool) วางเรียงกันให้มีผิวเรียบขนาด 45x10 มม. ปิดด้วยแผ่นทึบแสงที่ตำแหน่งครึ่งหนึ่งของเส้นด้าย จากนั้นนำเส้นด้ายและผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน

ไปอาบแสงพร้อมกันในเครื่องทดสอบ แล้วประเมินการเปลี่ยนแปลงของสีบนเส้นด้ายส่วนที่โดนแสงว่าเปลี่ยนแปลงจากส่วนที่ไม่โดนแสงเทียบเท่ากับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน (ส่วนที่โดนแสงและไม่โดนแสง) ระดับใด ซึ่งผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงินมีความคงทนของสีระดับ 1-8 โดยระดับ 1 หมายถึง เส้นด้ายมีความคงทนของสีต่อแสงต่ำสุด และระดับ 8 หมายถึง เส้นด้ายมีความคงทนของสีต่อแสงสูงสุด สำหรับสีธรรมชาติระดับความคงทนของสีต่อแสงที่ย้อมรับได้คือตั้งแต่ระดับ 4 ขึ้นไป

3.3.3.4 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

การทดสอบนี้เพื่อวัดความคงทนของสีบนเส้นด้ายต่อการซัก โดยงานวิจัยนี้ทดสอบการซักตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105-C10:2006 Textiles – Tests for color fastness – Part C10: Color fastness to washing with soap or soap and soda วิธี A1 โดยตัดเส้นด้ายแล้วนำมาวางเรียงเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 40 x 100 มม. แล้วประกบด้วยผ้ามัลติไฟเบอร์ (รูปที่ 3.7) ขนาด 40 x 100 มม. เย็บติดกันด้านหัวและท้าย นำมาซักในสารละลายสารซักฟอกที่ไม่มีสารเรืองแสงความเข้มข้น 5 g/L อัตราส่วนระหว่างสารละลายสารซักฟอกต่อเส้นด้ายเท่ากับ 50:1 (โดยน้ำหนัก) ซักที่อุณหภูมิ 40 ± 2 ℃ เป็นเวลา 30 นาที (ไม่ใช้ลูกเหล็กขัดถู) ในเครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก DaeLim Starlet II DLS-8080 (รูปที่ 3.8) จากนั้นล้างเส้นด้ายให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นสองครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำซึ่งไหลตลอดเวลาเป็นเวลา 10 นาที ตากลมให้แห้งโดยแขวนตากแยกกับผ้ามัลติไฟเบอร์ ประเมินการเปลี่ยนแปลงสีของเส้นด้าย และการเปื้อนติดสีบนผ้ามัลติไฟเบอร์ในตู้แสงมาตรฐานภายใต้หลอดไฟ D65 (รูปที่ 3.9) โดยเปรียบเทียบกับเส้นด้ายและมัลติไฟเบอร์ก่อนและหลังการทดสอบ ว่าแตกต่างกันเทียบเท่าเกรย์สเกลในระดับใดระดับหนึ่งระหว่างระดับ 1 ถึง 5 ซึ่งระดับความคงทนของสีต่อการซักล้างมีค่าตั้งแต่ระดับ 1-5 โดยระดับการเปื้อนติดสีเส้นด้ายที่วัดเกรย์สเกลสีขาว (grey scale for color staining) (รูปที่ 3.10) แบ่งระดับได้ดังนี้

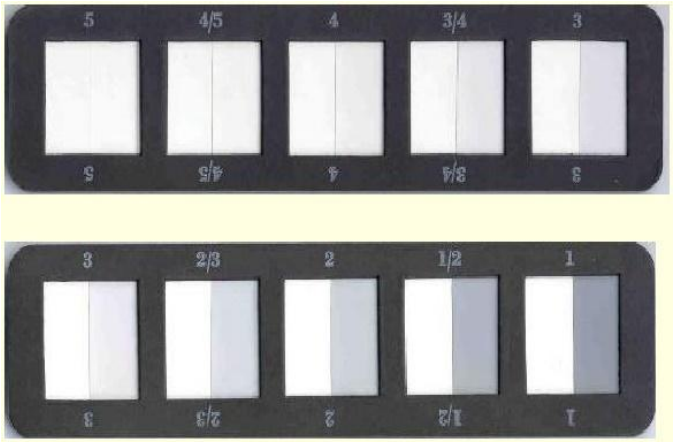
ระดับ 5	ไม่มีการเปื้อนติดสี
ระดับ 4-5	มีการเปื้อนติดสีเล็กน้อย
ระดับ 4	มีการเปื้อนติดสีน้อย
ระดับ 3-4	มีการเปื้อนติดสีน้อยถึงปานกลาง
ระดับ 3	มีการเปื้อนติดสีปานกลาง
ระดับ 2-3	มีการเปื้อนติดสีปานกลางถึงมาก
ระดับ 2	มีการเปื้อนติดสีมาก
ระดับ 1-2	มีการเปื้อนติดสีมากถึงมากที่สุด
ระดับ 1	มีการเปื้อนติดสีมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3.7 ผ้ามัลติไฟเบอร์

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก DaeLim Starlet II DLS-8080

รูปที่ 3.9 ตู้แสงมาตรฐาน



รูปที่ 3.10 เกรย์สเกลสำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงของสี

3.3.3.5 การทดสอบความแข็งแรงของเส้นด้าย

การทดสอบนี้เพื่อประเมินความแข็งแรงของเส้นด้าย ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 2256: 2002 ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง Tensile Testing Machine (USTER TENSORAPID 3 V 6.1) อัตราความเร็วในการทดสอบ 300 มม./นาที ระยะทดสอบ 250 มม. ภาวะของชิ้นทดสอบ อุณหภูมิ 21±1°C ความชื้นสัมพัทธ์ 65±2% และทดสอบซ้ำ 20 ครั้ง โดยซอฟต์แวร์ของเครื่องทดสอบแรงดึงจะคำนวณค่าแรงดึงที่จุดขาด และระยะการยืดตัวที่จุดขาด (L_1-L_0) แล้วนำมาคำนวณค่าร้อยละการยืดตัวที่จุดขาด ดังสมการ 3.7

$$\% \text{ elongation at break} = \left(\frac{L_1 - L_0}{L_0}\right) \times 100 \qquad \text{(สมการ 3.7)}$$

โดย % elongation at break คือ ร้อยละการยืดตัวที่จุดขาด

L_1 คือ ระยะที่จุดขาด (มม.)

L_0 คือ ระยะเริ่มต้นหรือระยะดึง (มม.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยการนำเส้นด้ายฝ้ายและไหมมาย้อมสีธรรมชาติที่สกัดจากวัสดุให้สี 4 ชนิด ได้แก่ ครั่ง เปลือกของต้นมะพูด ดอกดาวเรือง และเมล็ดคำแสด แล้วเลือกสีย้อมธรรมชาติที่มีความคงทนของสีต่อแสงน้อยที่สุดมาปรับปรุงความคงทนของสีต่อแสงโดยใช้สารดูดซับรังสียูวี ชื่อทางการค้า Rayosan®C Paste และสารต้านอนุมูลอิสระชนิด ascorbic acid มาตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายด้วยวิธีการต่างๆ (ก่อนการย้อม พร้อมการย้อม และหลังการย้อม) และใช้ความเข้มข้นต่างๆ ของสารตกแต่งสำเร็จเพื่อศึกษาภาวะและสูตรการตกแต่งสำเร็จที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเพิ่มความคงทนของสีต่อแสง แสดงผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 สีย้อมธรรมชาติ 4 ชนิดสกัดจากวัสดุให้สี

สีธรรมชาติที่สกัดจากวัสดุให้สีทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ครั่ง เปลือกของต้นมะพูด ดอกดาวเรือง และเมล็ดคำแสด จะให้สารละลายสีย้อมที่มีเฉดสีแดงอมม่วง เหลืองอ่อน เหลืองแกมเขียว และส้ม ตามลำดับ โดยสารละลายสีย้อมธรรมชาติทั้ง 4 ชนิดนี้ มีความเป็นกรดเล็กน้อย ยกเว้นสารละลายสีย้อมจากเมล็ดคำแสดที่มีการเติมโซเดียมคาร์บอเนตลงไปเพื่อเพิ่มความเข้มของเฉดสีจะมีความเป็นด่าง สารละลายสีย้อมจากเมล็ดคำแสดที่ใช้ย้อมไหมมีการเติมโซเดียมคาร์บอเนต 5% ของน้ำหนักเมล็ดคำแสดจะมีความเป็นด่างน้อยกว่าสารละลายสีย้อมที่ใช้ย้อมฝ้ายที่มีการเติมโซเดียมคาร์บอเนต 10% ของน้ำหนักเมล็ดคำแสด โดยค่า pH ของสารละลายสีย้อมทั้ง 4 ชนิดมีแสดงในตารางที่ 4.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.1 ค่า pH ของสารละลายสีย้อมธรรมชาติทั้ง 4 ชนิด

สารละลายสีย้อมสกัดจากวัสดุให้สี	pH
- (น้ำกลั่น)	6.50-7.10
ครั่ง	4.51-4.78
เปลือกของต้นมะพูด	5.31-5.52
ดอกดาวเรือง	4.02-4.32
เมล็ดคำแสด (ก่อนการเติม Na_2CO_3)	5.39-5.51
เมล็ดคำแสด (เติม Na_2CO_3 5% ของน้ำหนักเมล็ดคำแสด)	9.87-10.17
เมล็ดคำแสด (เติม Na_2CO_3 10% ของน้ำหนักเมล็ดคำแสด)	10.79-11.06

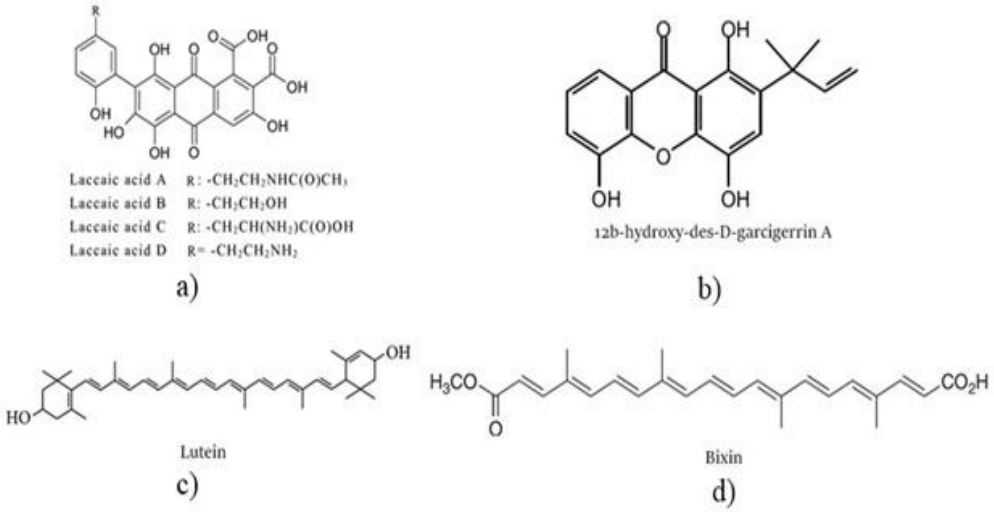
จากการศึกษาโครงสร้างทางเคมีของสีย้อมธรรมชาติทั้ง 4 ชนิด พบว่าโครงสร้างหลักที่ให้สี (chromogen) ของสารละลายสีย้อมแต่ละชนิด (ดังรูปที่ 4.1) มีสมบัติดังนี้

1. ครั่ง มีกรดแลคคาอิก (laccaic acid) หลายชนิดเป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นสารในกลุ่มของแอนทราควิโนนจึงมีเฉดสีเป็นแดง-น้ำตาลทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุ และภาวะในการเติบโตของครั่ง ครั่งในงานวิจัยนี้ให้สีเป็นสีแดงอมม่วง

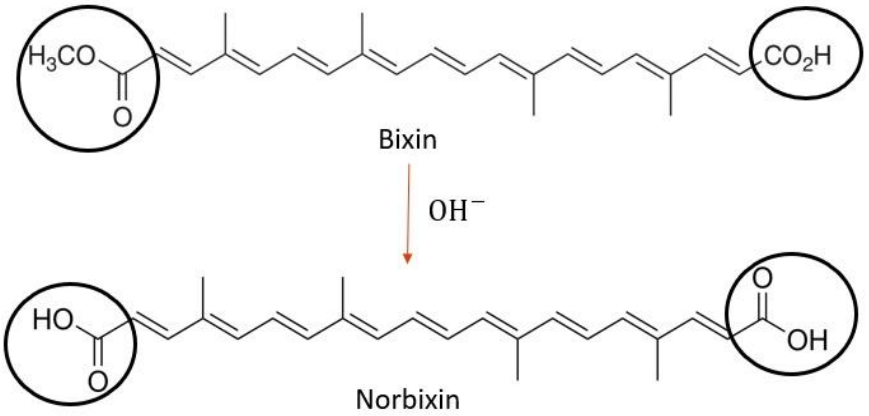
2. เปลือกของต้นมะพูด มี 12b-hydroxy-des-D-garcigerrin A เป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นสารในกลุ่มของแซนโทน และสีของสารละลายสีย้อมเป็นสีเหลืองอ่อนๆ

3. ดอกดาวเรือง มีลูทีน (lutein) เป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นสารในกลุ่มของคาโรตินอยด์ และเฉดสีของสารละลายสีย้อมเป็นสีเหลืองเข้ม

4. เมล็ดคำแสด มีบิซิน (bixin) เป็นสารในกลุ่มของคาโรตินอยด์ และเป็นผลึกขนาดเล็กสีส้มแดงซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งในการย้อมสีเส้นด้ายส่วนใหญ่จะใช้น้ำเป็นตัวกลางดังนั้นจึงต้องมีการเติมโซเดียมคาร์บอเนตลงไปทำให้เกิดการไฮโดรไลซ์ของหมู่เมทิลเอสเทอร์ (methyl ester) ดังรูปที่ 4.2 กลายเป็นไดคาร์บอกซิลิกแอซิด (dicarboxylic acid) ได้เป็นสารที่เรียกว่า นอร์บิซิน (norbixin) ซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้ และได้สารละลายเฉดสีส้มแดงเข้มมากขึ้น (รูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.1 โครงสร้างหลักที่ให้สีของสีย้อมธรรมชาติสกัดจากวัสดุให้สีทั้ง 4 ชนิด
a) ครั่ง, b) เปลือกของต้นมะพูด, c) ดอกดาวเรือง และ d) เมล็ดคำแสด



รูปที่ 4.2 ปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์ของบิซินในภาวะด่าง

รูปที่ 4.3 สารละลายสีย้อมจากเมล็ดคำแสดก่อน (ซ้าย) และหลัง (ขวา) การไฮโดรไลซ์ในภาวะด่าง

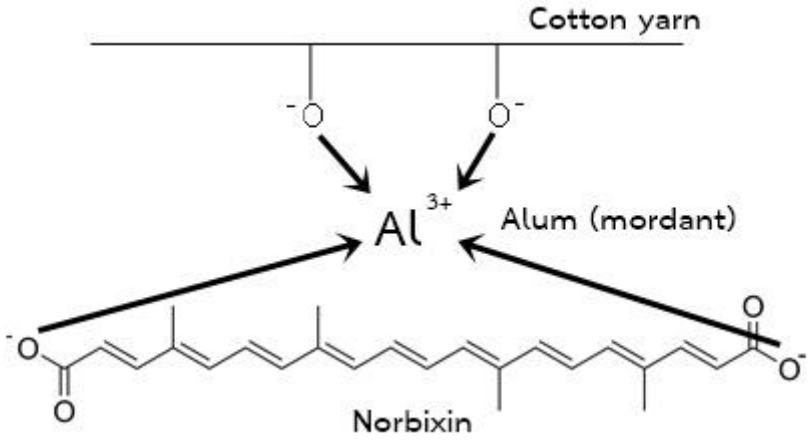
4.2 ผลการศึกษาการใช้สารมอร์แดนต์ในการย้อมสีธรรมชาติ 4 ชนิด

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองใช้สารมอร์แดนต์พร้อมการย้อมและหลังการย้อมเปรียบเทียบกัน สารมอร์แดนต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ สารส้ม (Alum, aluminium sulfate ($Al_2(SO_4)_3$•$18H_2O$)) เนื่องจากมีราคาถูก หาได้ง่ายและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยเมื่อเทียบกับสารชนิดอื่นๆ สารมอร์แดนต์ที่เกิดจากสารประกอบโลหะหนัก (แคดเมียม (cadmium) ตะกั่ว (lead) ปรอท (mercury) และโครเมียม (VI) (chromium (VI))) ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้มีคุณสมบัติที่สามารถสะสมในร่างกายได้เป็นระยะเวลานานและมีความเป็นพิษสูง โดยผลกระทบต่อสุขภาพจากสารเหล่านี้ จะไม่สามารถรักษาให้กลับคืนมาดังเดิมได้ เช่น ความเสียหายต่อระบบประสาท (จากตะกั่วและปรอท) และความเสียหายต่อไต (จากแคดเมียม) อีกทั้งยังเป็นที่รู้กันว่าแคดเมียมเป็นสารที่มีคุณสมบัติก่อมะเร็ง และโครเมียม (VI) ซึ่งมีความเป็นพิษสูง แม้ว่าจะอยู่ในปริมาณความเข้มข้นที่ต่ำก็ตาม อีกทั้งยังเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในน้ำ ในสหภาพยุโรปได้จัดให้สารแคดเมียม สารปรอท และสารตะกั่วเป็น “สารเคมีอันตรายในลำดับต้นๆ” (priority hazardous substances) และต้องมีมาตรการในการกำจัดมลพิษจากสารชนิดนี้ให้หมดไปจากน้ำผิวดินในทวีปยุโรป โดยมีการจำกัดการใช้สารประกอบจากโลหะแคดเมียม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารปรอท และสารตะกั่วอย่างเข้มงวดมาเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้วในทวีปยุโรป และได้มีการจำกัดการใช้สารแคดเมียมและสารปรอทในผลิตภัณฑ์สิ่งทอบางชนิดอีกเช่นกัน [47]

การที่มีโลหะอะลูมิเนียมอยู่ในสารละลายสีย้อม (การมอร์แดนต์พร้อมการย้อม) หรืออยู่บนเส้นด้าย (การมอร์แดนต์หลังการย้อม) จะทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโลหะอะลูมิเนียมกับสีและเส้นด้าย ช่วยให้การยึดติดเส้นด้ายกับสีย้อมดีขึ้นเนื่องจากเกิดแรงยึดเหนี่ยวของพันธะไอออนระหว่างโลหะกับเส้นด้ายและสีย้อม เช่น การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเส้นด้ายฝ้าย สีย้อมจากเมล็ดคำแสดและสารมอร์แดนต์ชนิดสารส้ม ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเส้นด้ายฝ้าย สีย้อมจากเมล็ดคำแสด และสารมอร์แดนต์ชนิดสารส้ม

การใช้สารมอร์แดนต์อาจจะทำให้สีที่ย้อมบนเส้นด้ายเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมมีช่วงความยาวคลื่นที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ดังนั้นในการวัดค่าต่างๆ ของสีบนเส้นด้ายฝ้ายและไหมจะวัดที่ความยาวคลื่นที่ให้ค่าความเข้มสี (color strength, K/S) สูงที่สุดโดยจะวัดค่าความยาวคลื่นที่ให้ค่าความเข้มของสีสูงที่สุด ดังผลแสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.2 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีธรรมชาติ 4 ชนิด

สีย้อมสกัดจากวัสดุให้สี	การมอร์แดนต์	เฉดสี	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*	C	h
ครั่ง	ไม่มี	ม่วงอ่อน	400	0.57	69.41	8.75	2.69	9.15	17.12
	มี (พร้อมการย้อม)	แดงแกมม่วง	540	5.49	38.96	21.13	-6.13	22.00	343.81
	มี (หลังการย้อม)	ม่วงอ่อน	400	0.55	69.57	8.77	2.53	9.13	16.12
เปลือกของต้นมะพูด	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	0.60	85.05	-0.52	17.64	17.65	91.70
	มี (พร้อมการย้อม)	เหลือง	400	3.09	81.10	-1.45	48.17	48.19	91.73
	มี (หลังการย้อม)	เหลือง	400	0.90	87.44	-2.44	32.24	32.33	94.33
ดอกดาวเรือง	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	11.05	72.26	-2.54	29.74	29.85	94.88
	มี (หลังการย้อม)	เหลืองเข้ม	400	8.01	65.93	8.56	54.59	55.25	81.08
เมล็ดคำแสด	ไม่มี	ส้ม	470	8.69	56.50	34.57	48.64	59.67	54.60
	มี (หลังการย้อม)	ส้ม	470	7.12	55.56	38.23	49.19	62.30	52.15

หมายเหตุ a* เป็นบวกออกเฉดสีแดง, ค่า a* เป็นลบออกเฉดสีเขียว, ค่า b* เป็นบวกออกเฉดสีเหลือง, ค่า b* เป็นลบออกเฉดสีน้ำเงิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.3 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายไหมย้อมสีธรรมชาติ 4 ชนิด

สีย้อมสกัดจากวัสดุให้สี	การมอร์แดนต์	เฉดสี	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*	C	h
ครั่ง	ไม่มี	ม่วงอ่อน	400	1.22	63.60	11.49	8.98	14.58	38.00
	มี (พร้อมการย้อม)	แดงแกมม่วง	540	4.44	42.92	24.41	-3.53	24.67	351.77
	มี (หลังการย้อม)	ม่วงอ่อน	400	0.96	66.13	11.33	7.17	13.41	32.34
เปลือกของต้นมะพูด	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	1.69	85.75	-1.06	22.52	22.55	92.69
	มี (พร้อมการย้อม)	เหลือง	400	5.38	83.60	-4.42	62.03	62.19	94.08
	มี (หลังการย้อม)	เหลือง	400	1.06	86.83	-5.44	42.54	38.23	94.31
ดอกดาวเรือง	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	21.23	67.94	1.11	31.74	31.76	88.00
	มี (หลังการย้อม)	เหลืองเข้ม	400	18.71	61.15	8.48	60.29	60.88	82.00
เมล็ดคำแสด	ไม่มี	ส้ม	470	24.92	56.90	44.98	70.62	41.32	51.76
	มี (หลังการย้อม)	ส้ม	470	22.82	54.15	47.33	65.00	44.37	50.39

หมายเหตุ a* เป็นบวกออกเฉดสีแดง, ค่า a* เป็นลบออกเฉดสีเขียว, ค่า b* เป็นบวกออกเฉดสีเหลือง, ค่า b* เป็นลบออกเฉดสีน้ำเงิน

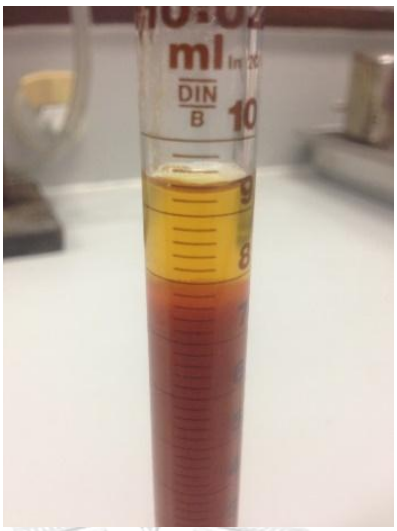
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การมอร์แดนต์พร้อมการย้อมนั้นจะช่วยประหยัดเวลามากกว่าการมอร์แดนต์หลังการย้อม แต่สำหรับการย้อมสีจากดอกดาวเรืองและเมล็ดคำแสด ไม่สามารถเติมสารมอร์แดนต์อะลูมิเนียมซัลเฟตลงในสารละลายสีย้อมในการมอร์แดนต์พร้อมการย้อม เนื่องจากสารมอร์แดนต์ชนิดนี้จะทำให้สีจากดอกดาวเรืองและเมล็ดคำแสดตกตะกอน ดังรูปที่ 4.5 ดังนั้นในงานวิจัยนี้การมอร์แดนต์พร้อมการย้อมสามารถทำได้ในการสีย้อมจากครั่งและจากเปลือกของต้นมะพูดเท่านั้น

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 และ 4.3 พบว่าการย้อมสีจากครั่งและจากเปลือกของต้นมะพูดโดยใช้สารมอร์แดนต์พร้อมการย้อมจะได้เส้นด้ายฝ้ายที่มีสีเข้มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจากค่าความเข้มสีที่เพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากการใช้สารมอร์แดนต์พร้อมการย้อมจะทำให้แรงยึดเหนี่ยวของพันธะไอออนระหว่างเส้นด้ายกับสีย้อมสูงขึ้นทำให้โมเลกุลของสีย้อมในสารละลายสีย้อมแพร่เข้าไปในเส้นใยได้มากกว่าการไม่ใช้สารมอร์แดนต์ ส่วนการมอร์แดนต์หลังการย้อมสีจากครั่ง จากดอกดาวเรืองและจากเมล็ดคำแสดจะทำให้ค่าความเข้มสีลดลงเนื่องจากโมเลกุลของสีย้อมในเส้นใยเกิดการแพร่ออกจากเส้นใยไปยังสารละลายมอร์แดนต์ (เกิดการแพร่จากความเข้มข้นสูงไปยังความเข้มข้นต่ำ) แต่การมอร์แดนต์หลังการย้อมสีจากเปลือกของต้นมะพูดมีค่าความเข้มสูงกว่าการไม่ใช้สารมอร์แดนต์ เนื่องจากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโมเลกุลสีย้อมกับสารมอร์แดนต์จะให้เฉดสีที่เป็นสีเหลืองมากขึ้นทำให้เมื่อทำการมอร์แดนต์จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงเฉดสีเป็นสีเหลืองที่เข้มขึ้นค่าความเข้มของสีจึงเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารมอร์แดนต์

เมื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของสีย้อมธรรมชาติ 4 ชนิด บนเส้นด้ายฝ้ายและไหมเมื่อมีการใช้สารมอร์แดนต์ (ตารางที่ 4.2 และ 4.3) พบว่าการย้อมสีจากครั่งเมื่อใช้สารมอร์แดนต์พร้อมการย้อมจะมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสี โดยสังเกตได้จากค่า a* เป็นบวกมากขึ้น และ b* เปลี่ยนแปลงจากค่าบวกเป็นค่าลบนั่นคือมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีจากสีเหลืองเป็นเฉดสีน้ำเงิน ส่วนการมอร์แดนต์หลังการย้อมสีจากดอกดาวเรืองจะมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสี โดยสังเกตได้จากค่า a* เปลี่ยนแปลงจากค่าลบเป็นค่าบวกบนเส้นด้ายฝ้ายนั่นคือมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีจากเขียวเห็นแดง และ b* เป็นบวกมากขึ้น แต่เฉดสีที่ได้จากการย้อมสีจากครั่งและจากดอกดาวเรืองที่มีการใช้สารมอร์แดนต์นั้นเป็นเฉดสีที่ใกล้เคียงสีจริง (เฉดสีเดียวกับสารละลายสีย้อม) มากขึ้น ดังเช่นรูปที่ 4.6 ที่แสดงเฉดสีของสารละลายสีย้อมจากดอกดาวเรืองกับเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากดอกดาวเรืองแบบไม่ใช้มอร์แดนต์และแบบใช้มอร์แดนต์ ส่วนการย้อมสีธรรมชาติอื่นๆ แบบใช้สารมอร์แดนต์เฉดสียังคงเดิมเหมือนย้อมแบบไม่ได้ใช้สารมอร์แดนต์ (ค่า a* และ b* ยังคงเป็นค่าบวกหรือลบเหมือนเดิม) โดยเฉดสีบนเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีธรรมชาติ 4 ชนิดแบบใช้และไม่ใช้สารมอร์แดนต์ แสดงในตารางที่ 4.4

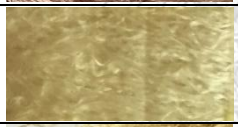
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.5 การตกตะกอนของสารละลายสีย้อมจากเมล็ดคำแสดเมื่อเติมอะลูมิเนียมซัลเฟต

รูปที่ 4.6 สารละลายสีย้อมจากดอกดาวเรือง (ซ้าย)
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากดอกดาวเรืองแบบไม่ใช้มอร์แดนต์ (ขวา, ก)
และเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากดอกดาวเรืองแบบใช้มอร์แดนต์หลังการย้อม (ขวา, ข)

ตารางที่ 4.4 รูปเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีธรรมชาติ 4 ชนิดแบบใช้และไม่ใช้สารมอร์แดนต์

เส้นด้าย	สีสกัดจากวัสดุให้สี	เส้นด้ายย้อมแบบไม่มีการมอร์แดนต์	เส้นด้ายย้อมแบบการมอร์แดนต์พร้อมย้อม	เส้นด้ายย้อมแบบการมอร์แดนต์หลังย้อม
ฝ้าย	ครั่ง			
	เปลือกของต้นมะพูด			
	ดอกดาวเรือง		สีตกตะกอน	
	เมล็ดคำแสด		สีตกตะกอน	
ไหม	ครั่ง			
	เปลือกของต้นมะพูด			
	ดอกดาวเรือง		สีตกตะกอน	
	เมล็ดคำแสด		สีตกตะกอน	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากผลการทดลองข้างต้นทำให้สรุปได้ว่าการย้อมสีธรรมชาติจากครั่งและจากเปลือกของต้นมะพูดควรใช้วิธีการมอร์แดนต์พร้อมการย้อม ส่วนการย้อมสีธรรมชาติจากดอกดาวเรืองและจากเมล็ดคำแสดควรใช้วิธีการมอร์แดนต์หลังการย้อม

ตารางที่ 4.5 ร้อยละการผนึกติดของสี (% dye fixation) 4 ชนิด บนเส้นด้ายฝ้ายและไหม

เส้นด้าย	สีย้อมจากวัสดุให้สี	ร้อยละการผนึกติดของสี	
		ย้อมแบบไม่มีการมอร์แดนต์	ย้อมแบบมีการมอร์แดนต์
ฝ้าย	ครั่ง	72.00	77.20
	เปลือกของต้นมะพูด	61.75	85.39
	ดอกดาวเรือง	57.37	72.18
	เมล็ดคำแสด	49.48	76.15
ไหม	ครั่ง	47.23	56.02
	เปลือกของต้นมะพูด	83.53	99.80
	ดอกดาวเรือง	65.34	81.13
	เมล็ดคำแสด	86.97	89.05

จากการศึกษาร้อยละการผนึกติดของสี 4 ชนิด บนเส้นด้ายฝ้ายและไหม (ตารางที่ 4.5) พบว่าการย้อมสีเส้นด้ายแบบใช้สารมอร์แดนต์จะทำให้เส้นด้ายมีร้อยละการผนึกติดของสีมากกว่าเส้นด้ายที่ย้อมแบบไม่ใช้สารมอร์แดนต์ นั่นหมายถึงเส้นด้ายที่ผ่านการมอร์แดนต์มีความสามารถในการยึดติดของสีกับเส้นด้ายมากกว่า หรือมีการหลุดออกของสีจากเส้นด้ายน้อยกว่าเส้นด้ายที่ไม่มีการมอร์แดนต์เมื่อซักล้างเส้นด้ายหลังการย้อม ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าการมอร์แดนต์ในการย้อมสีนั้นมีความสำคัญต่อการใช้งานจริงเนื่องจากในการใช้งานจริงมีความต้องการให้สีคงทนอยู่บนเส้นด้ายได้ยาวนาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 ผลการศึกษาความคงทนของสีย้อมธรรมชาติ 4 ชนิดต่อแสงของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสี

เส้นด้ายฝ้ายและไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติทั้ง 4 ชนิด ทั้งแบบใช้และไม่ใช้สารมอร์แดนต์ ถูกทดสอบความคงทนของสีต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน (standard blue wool) ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4.6

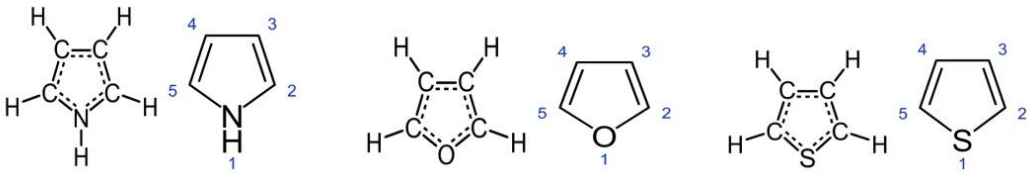
ตารางที่ 4.6 ระดับความคงทนของสีย้อมธรรมชาติ 4 ชนิดต่อแสงบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม

เส้นด้าย	สีย้อมจากวัสดุให้สี	การมอร์แดนต์	ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน
ฝ้าย	ครั่ง	ไม่มี	4
		มี (พร้อมการย้อม)	4
	เปลือกของต้นมะพูด	ไม่มี	4
		มี (พร้อมการย้อม)	4
	ดอกดาวเรือง	ไม่มี	2
		มี (หลังการย้อม)	1
	เมล็ดคำแสด	ไม่มี	1
		มี (หลังการย้อม)	1
ไหม	ครั่ง	ไม่มี	4
		มี (พร้อมการย้อม)	4
	เปลือกของต้นมะพูด	ไม่มี	4
		มี (พร้อมการย้อม)	4
	ดอกดาวเรือง	ไม่มี	4
		มี (หลังการย้อม)	4
	เมล็ดคำแสด	ไม่มี	2
		มี (หลังการย้อม)	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

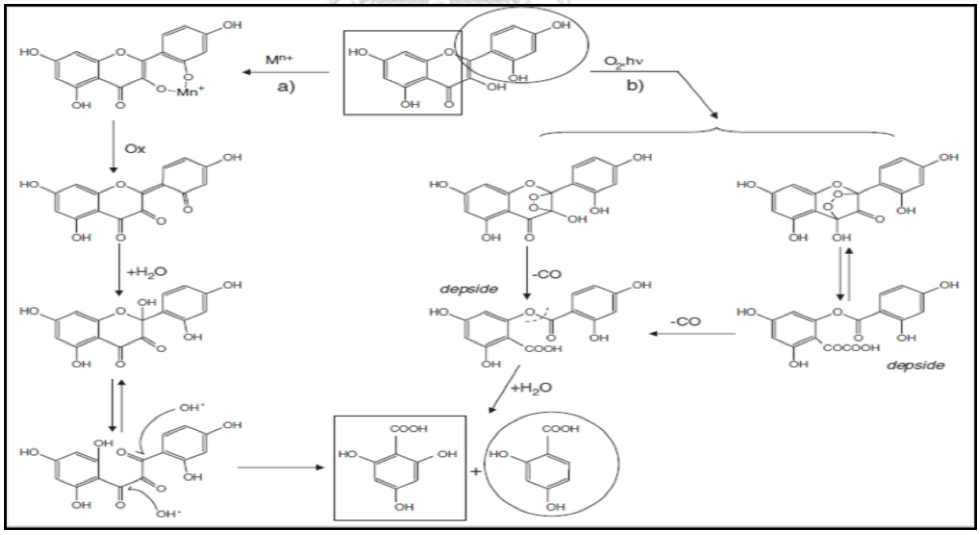
จากการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของเส้นด้ายฝ้ายและไหมที่ถูกย้อมด้วยสีธรรมชาติทั้ง 4 ชนิด พบว่าสีย้อมจากเมล็ดคำแสดมีความคงทนของสีต่อแสงน้อยที่สุดเนื่องจากมีความสามารถในการรับพลังงานที่ต่ำกว่าสีย้อมธรรมชาติชนิดอื่น เนื่องจาก norbixin ที่เป็นโครงสร้างหลักของสีย้อมจากเมล็ดคำแสดจะมีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว (conjugated double bonds) ซึ่งจะทำให้อิเล็กตรอน จะไม่อยู่ประจำตำแหน่ง แต่จะเคลื่อนย้ายไปมาระหว่างพันธะคู่ที่อยู่เคียงข้างได้ ทำให้พันธะคู่ประเภท conjugated double bonds นั้นมีเสถียรภาพในระดับหนึ่งเมื่อสีย้อมจากเมล็ดคำแสดที่มีโครงสร้างหลักเป็น norbixin ได้รับพลังงานจากแสงจากการทดสอบจึงทำให้โครงสร้างของ

สีถูกทำลายและเกิดการซีดจางของสีบนเส้นด้ายย้อมนั่นเอง ในขณะที่ lutein ที่เป็นโครงสร้างหลักของสีย้อมจากดอกดาวเรือง นอกจากจะมีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยวแล้วยังมีพันธะคู่ (isolated pi bond) มีส่วนที่เป็นวงแหวน และมีจำนวนสเตอริไอโซเมอร์ได้ถึง 8 ไอโซเมอร์ จึงทำให้โมเลกุลสีชนิดนี้มีความเสถียรสูง ต้องใช้พลังงานมากกว่าในการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงาน สีจากดอกดาวเรืองจึงมีความคงทนต่อแสงมากกว่าสีจากเมล็ดคำแสด ส่วน 12b-hydroxy-des-D-garcigerrin A ที่เป็นโครงสร้างหลักของสีย้อมจากเปลือกของต้นมะพูดและ laccaic acid ที่เป็นโครงสร้างหลักของสีย้อมจากครั่ง มีโครงสร้างที่เป็นวงแหวนเบนซีน (benzene ring, C_6H_6) โครงสร้างของวงแหวนเบนซีนนี้มีเสถียรภาพสูงกว่าโครงสร้าง conjugated double bonds ที่ไม่ใช่วงแหวน เนื่องจากสามารถเกิดโครงสร้างเรโซแนนซ์ (resonance structure) ขึ้นได้ทำให้สามารถดูดซับพลังงานได้สูง สีจากเปลือกของต้นมะพูดและจากครั่งจึงมีความคงทนต่อแสงได้ดีที่สุดจากสีทั้งหมดในงานวิจัยนี้ พันธะที่ไม่อิ่มตัวของวงแหวนเบนซีนจะทำปฏิกิริยาการเติมและออกซิเดชันได้ยากกว่าพันธะคู่ของ conjugated double bonds ของคาร์บอนอะตอม (-C=C-) ในสายโซ่ตรง นอกจากนี้ 12b-hydroxy-des-D-garcigerrin A ยังเป็นโครงสร้างโมเลกุลที่ไม่ได้มีเฉพาะอะตอมคาร์บอนเท่านั้น ในโครงสร้างมีอะตอมที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (lone pair electron) อยู่ (เช่น -N-, -O- และ -S-) ก็สามารถทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนย้ายไปมาระหว่างส่วนต่างๆ ของโมเลกุลได้โดยที่ถ้าอะตอมเหล่านี้อยู่ในวงแหวนก็สามารถทำให้วงแหวนนั้นมีความเป็นแอโรแมติกซิตี (aromaticity) วงแหวนที่โครงสร้างอะตอมของวงแหวนประกอบด้วยอะตอมอื่นนอกเหนือไปจากอะตอมคาร์บอนจะเรียกว่า aromatic heterocyclic system ตัวอย่างของโครงสร้างเหล่านี้แสดงไว้ในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในโครงสร้างที่เป็น aromatic heterocyclic system [48]

ชนิดของเส้นด้ายก็มีผลต่อการสลายตัวของสีย้อมธรรมชาติเช่นกัน โครงสร้างของเซลลูโลสในเส้นด้ายฝ้ายซึ่งประกอบด้วยหน่วยของวงแหวนกลูโคสไม่สามารถดูดรับพลังงานจากแสงในขณะที่โครงสร้างของโปรตีนในเส้นด้ายไหม (มีพันธะเปปไทด์ -NH-C=O, แอมิโน -NH_2, คาร์บอกซี –COOH รวมทั้งมีสีเหลืองธรรมชาติในเส้นไหมสายพันธุ์ไทยพื้นบ้าน) สามารถรับพลังงานจากแสงได้บ้างและรับได้มากกว่าฝ้าย จึงช่วยแบ่งเบารับพลังงานจากแสงแทนสีย้อมธรรมชาติไปบ้าง ทำให้สีย้อมบนเส้นด้ายไหมสลายตัวช้ากว่าสีย้อมบนเส้นด้ายฝ้าย การมอร์แดนต์ก็มีผลต่อเสถียรภาพของสีย้อมเช่นกัน กล่าวคือ การมอร์แดนต์กับสีย้อมบางชนิดจะไปช่วยเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของสีย้อม โดยจากงานวิจัยของ Colombini และคณะได้มีการศึกษากลไกการสลายตัวของสี morin บนผ้าฝ้ายโดยกลไกการสลายตัวที่มีโลหะไอออนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยากับกลไกที่มีแสงเป็นตัวกระตุ้น (รูปที่4.8) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้คือการมอร์แดนต์ซึ่งเป็นโลหะไอออนจะไปเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของสีย้อม ทำให้สีย้อมจากดอกดาวเรืองที่มีการมอร์แดนต์หลังการย้อมมีค่าความคงทนของสีต่อแสงที่น้อยกว่าไม่มีการมอร์แดนต์บนเนด้ายฝ้าย กล่าวคือ โลหะจากสารมอร์แดนต์จะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโมเลกุลของสีทำให้สีเกิดความไม่เสถียร ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสีย้อมหรือสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยมีโลหะไอออนเป็นตัวเร่งจึงเกิดการสลายตัวได้เร็วกว่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเมื่อได้รับพลังงานจากแสง



รูปที่ 4.8 การสลายตัวของสี morin a) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยมีโลหะไอออนเป็นตัวเร่ง b) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยบรรยากาศและมีแสงเป็นตัวกระตุ้น [40]

จากผลการวิจัยนี้ทำให้ทราบว่าสีจากเมล็ดคำแสดมีความคงทนต่อแสงต่ำที่สุด (ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน = 1 และ 2 บนเส้นด้ายฝ้ายและไหม) จึงได้ทดลองปรับปรุงความคงทนของสีชนิดนี้ต่อแสงให้ดีขึ้นโดยการเพิ่มการตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายฝ้ายและไหมด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีผลการวิจัยแสดงในหัวข้อ 4.4

4.4 ผลของการศึกษาความคงทนของสีจากเมล็ดคำแสดต่อแสงของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ

จากการทดสอบความคงทนของสีธรรมชาติทั้ง 4 ชนิดต่อแสงของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสี พบว่าสีจากเมล็ดคำแสดทนต่อแสงน้อยที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงความคงทนของสีย้อมธรรมชาติจากเมล็ดคำแสดโดยใช้สารช่วยปรับปรุง 2 ชนิด คือ สารดูดซับรังสียูวีทางการค้า คือ Rayosan®C Paste และสารต้านอนุมูลอิสระ คือ ascorbic acid ใช้วิธีการตกแต่งสำเร็จที่แตกต่างกันระหว่างการตกแต่งสำเร็จก่อนการย้อม พร้อมย้อม และหลังการย้อม เพื่อหากระบวนการที่ดีที่สุดในการปรับปรุงความคงทนของสีจากเมล็ดคำแสดต่อแสงของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ นอกจากการคำนึงถึงความคงทนของสีต่อแสงแล้วจะต้องคำนึงถึงเฉดสีที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการตกแต่งสำเร็จด้วย โดยจะเลือกวิธีการตกแต่งสำเร็จที่มีการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีน้อยเพื่อให้ได้เฉดสีที่ใกล้เคียงเฉดสีเดิม (ก่อนตกแต่งสำเร็จ) มากที่สุด นั่นคือ เลือกวิธีการตกแต่งสำเร็จที่ทำให้เส้นด้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จมีค่า ΔE^* หรือค่าการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำ

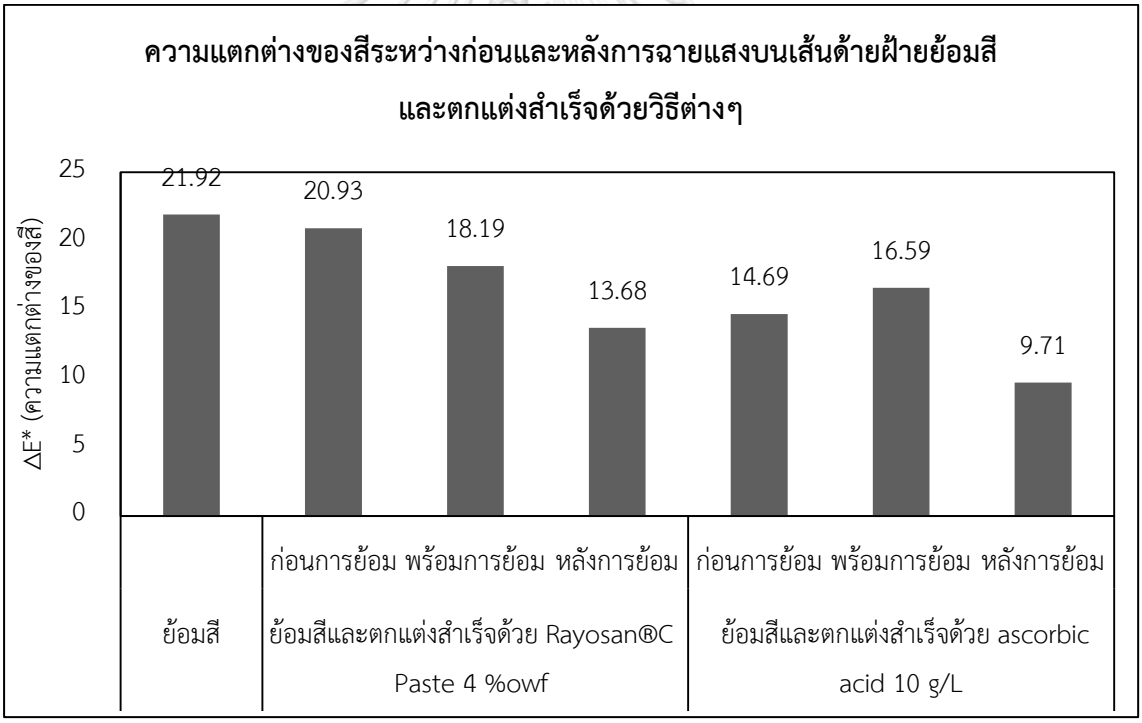
4.4.1 การตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายฝ้าย

ในเบื้องต้นของการทดลองได้ทดลองตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายฝ้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวีความเข้มข้น 4% และสารต้านอนุมูลอิสระความเข้มข้น 10 g/L ตามข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [43, 31] ด้วยวิธีการตกแต่งสำเร็จที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นด้ายฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระจะให้ค่าความแตกต่างของสีบนเส้นด้ายก่อน-หลังการฉายแสง น้อยกว่าเส้นด้ายฝ้ายที่ไม่ผ่านการตกแต่งสำเร็จ แสดงว่าการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระช่วยให้เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากเมล็ดคำแสดมีความคงทนต่อแสงได้มากขึ้น (ตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.9)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.7 ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงินของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีการต่างๆ

ตัวอย่างทดสอบ	วิธีการตกแต่งสำเร็จ	ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสี	-	1
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย 4% Rayosan®C Paste	ก่อนการย้อม	1
	พร้อมการย้อม	1
	หลังการย้อม	1
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย 10g/L ascorbic acid	ก่อนการย้อม	1
	พร้อมการย้อม	1
	หลังการย้อม	1



หมายเหตุ ΔE* ของเส้นด้ายฝ้ายก่อนการฉายแสงของทุกตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0

รูปที่ 4.9 ความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการฉายแสง บนเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีการต่างๆ

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าวิธีการตกแต่งสำเร็จที่ทำให้เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากเมล็ดคำแสดที่ผ่านการฉายแสงแล้วมีค่าความแตกต่างของสีน้อยที่สุดหรือมีความคงทนของสีต่อแสงมากที่สุด คือ การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระหลังการย้อมเส้นด้ายฝ้าย (ΔE^*=13.68 และ 9.71 ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับเส้นด้ายฝ้ายที่ย้อมสีแต่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จ และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีก่อนการฉายแสง จากตารางที่ 4.8 และเฉดสีที่แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีอยู่บ้าง (ΔE^* = 5.29 และ 6.59) แต่เฉดสีก็ไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมนักเมื่อเทียบกับเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีแต่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จในตารางที่ 4.9 ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการการตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายฝ้ายย้อมด้วยสีจากเมล็ดคำแสด คือ การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระหลังการย้อมสี

ตารางที่ 4.8 เฉดสีและค่าความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนการฉายแสง

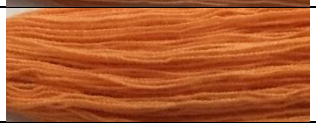
ตัวอย่างทดสอบ	การตกแต่งสำเร็จ	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*	ΔE^*
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสี	-	470	7.12	56.56	38.23	49.19	0
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย Rayosan® C Paste 4%owf	ก่อนการย้อม	470	7.83	60.28	37.88	51.91	4.62
	พร้อมการย้อม	470	5.73	61.31	33.6	46.43	7.18
	หลังการย้อม	470	5.27	60.92	35.32	48.47	5.29
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid 10g/L	ก่อนการย้อม	470	9.33	60.01	38.22	55.24	6.96
	พร้อมการย้อม	470	7.39	61.35	37.15	51.86	5.59
	หลังการย้อม	470	6.27	62.07	34.67	48.60	6.59

หมายเหตุ ΔE^* ของเส้นด้ายฝ้ายก่อนการตกแต่งสำเร็จของทุกตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0

%owf = ร้อยละของน้ำหนักต่อน้ำหนักเส้นด้าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.9 เฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนการฉายแสง

ตัวอย่างทดสอบ	การตกแต่งสำเร็จ	เฉดสีบนเส้นด้ายฝ้าย
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสี	-	
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย Rayosan® C Paste 4%owf	ก่อนการย้อม	
	พร้อมการย้อม	
	หลังการย้อม	
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid 10g/L	ก่อนการย้อม	
	พร้อมการย้อม	
	หลังการย้อม	

หมายเหตุ %owf = ร้อยละของน้ำหนักต่อน้ำหนักเส้นด้าย

จากผลการศึกษาข้างต้นทำให้ทราบว่าการตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายฝ้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระหลังการย้อมด้วยสีจากเมล็ดคำแสดจะทำให้สีบนเส้นด้ายมีความคงทนต่อแสงดีขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีจากการตกแต่งสำเร็จน้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระที่เหมาะสมที่เมื่อใช้ตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายฝ้ายแล้วทำให้ความคงทนของสีต่อแสงบนเส้นด้ายฝ้ายสูงที่สุด โดยการใช้ความเข้มข้นของสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C Paste ที่ 4%, 10% และ 20%owf และสารต้านอนุมูลอิสระ ascorbic acid ที่ 5, 10, 15 และ 20 g/L และหลังการตกแต่งสำเร็จได้ทดสอบความคงทนของสีบนเส้นด้ายฝ้ายต่อแสงโดยการฉายแสงเส้นด้าย แสดงความแตกต่างของสีในตารางที่ 4.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.10 ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน และความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการฉายแสงของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารตกแต่งสำเร็จที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่างทดสอบ	ความเข้มข้นของสารตกแต่งสำเร็จ	ΔE* (ความแตกต่างของสี)	ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสี	-	20.92	1
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย Rayosan®C Paste	4 %owf	13.68	1
	10 %owf	15.25	1
	20 %owf	22.37	1
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid	5 g/L	11.53	1
	10 g/L	9.71	1
	15 g/L	7.61	1-2
	20 g/L	5.85	1-2

หมายเหตุ ΔE* ของเส้นด้ายฝ้ายก่อนการฉายแสงของทุกตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0

%owf = ร้อยละของน้ำหนักต่อน้ำหนักเส้นด้าย

จากการศึกษาหาความเข้มข้นของสารตกแต่งสำเร็จที่เหมาะสมในการปรับปรุงความคงทนของสีย้อมจากเมล็ดคำแสดบนเส้นด้ายฝ้ายพบว่าการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีในความเข้มข้นที่มากขึ้นจาก 4% เป็น 10% และ 20%owf ทำให้ความคงทนของสีบนเส้นด้ายต่อแสงมีค่าลดลงจากความแตกต่างของสีที่เพิ่มขึ้นในตารางที่ 4.10 แสดงว่าการใช้ปริมาณสารดูดซับยูวีมากขึ้นกว่า 4%owf ในการตกแต่งสำเร็จ ไม่ได้ช่วยปรับปรุงความคงทนต่อแสงของสีให้มากขึ้นแต่กลับทำให้ความคงทนต่อแสงลดลง ส่วนการตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระบนเส้นด้ายฝ้ายพบว่าการตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่มากขึ้นจาก 5 g/L เป็น 10, 15 และ 20 g/L จะให้ความคงทนของสีบนเส้นด้ายต่อแสงมากขึ้นจากความแตกต่างของสีที่ลดลงในตารางที่ 4.10 ซึ่งการตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระบนเส้นด้ายฝ้ายที่ความเข้มข้น 20 g/L จะทำให้ค่าความคงทนของสีต่อแสงบนเส้นด้ายฝ้ายเพิ่มขึ้นมากที่สุด (ΔE* ต่ำสุด) โดยเมื่อเทียบระดับความคงทนของสีต่อแสงกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน (standard blue wool) พบว่าเพิ่มขึ้นจากเดิมระดับ 1 เป็นระดับ 1-2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

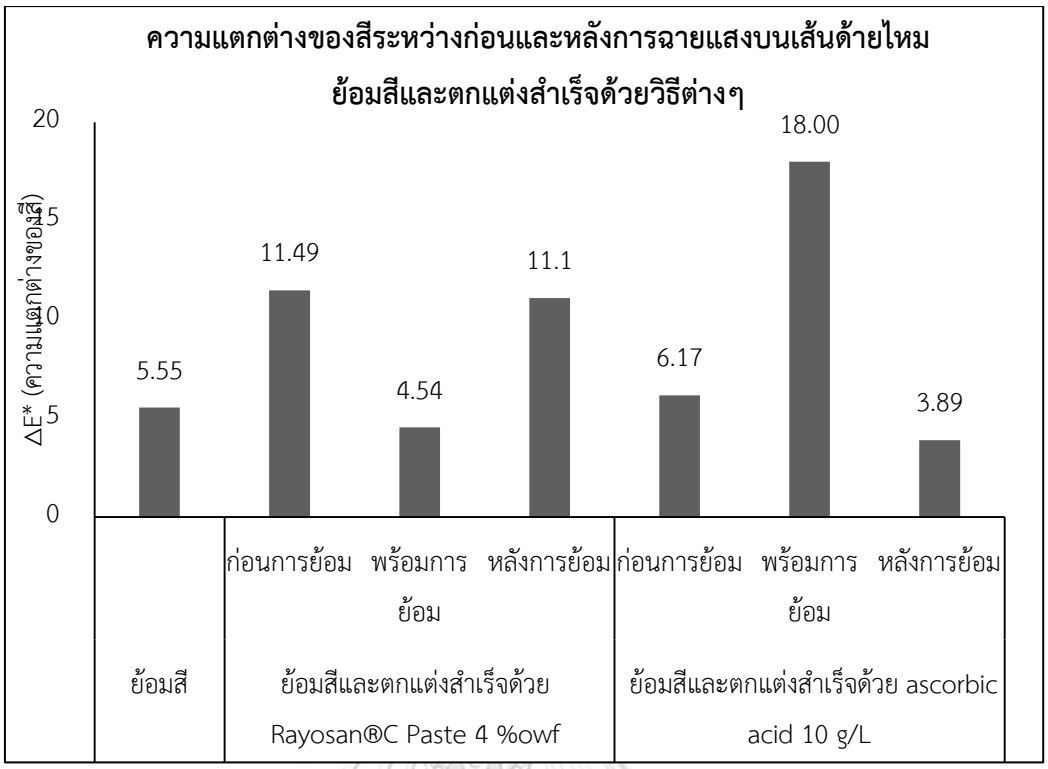
4.4.2 การตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายไหม

การตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายไหมด้วยสารดูดซับรังสียูวีความเข้มข้น 4%owf และสารต้านอนุมูลอิสระความเข้มข้น 10 g/L ด้วยวิธีการตกแต่งสำเร็จที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.10) พบว่าการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีด้วยวิธีการตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและการตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลังการย้อมจะให้ค่าความแตกต่างของสีก่อน-หลังการฉายแสงน้อยกว่าเส้นด้ายไหมที่ไม่มีการตกแต่งสำเร็จ แสดงว่าการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระช่วยให้เส้นด้ายไหมย้อมสีจากเมล็ดคำแสดมีความคงทนต่อแสงได้มากขึ้นแต่จะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสมด้วย

ตารางที่ 4.11 ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงินของเส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีการต่างๆ

ตัวอย่างทดสอบ	วิธีการตกแต่งสำเร็จ	ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน
เส้นด้ายไหมย้อมสี	-	2
เส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย 4% Rayosan®C Paste	ก่อนการย้อม	2
	พร้อมการย้อม	2
	หลังการย้อม	2
เส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย 10g/L ascorbic acid	ก่อนการย้อม	2
	พร้อมการย้อม	2
	หลังการย้อม	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



หมายเหตุ ΔE* ของเส้นด้ายไหมก่อนการฉายแสงของทุกตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0

รูปที่ 4.10 ความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการฉายแสงบนเส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีการต่างๆ

จากผลการศึกษาความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการฉายแสงบนเส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีต่างๆ แสดงในรูปที่ 4.10 พบว่าวิธีการตกแต่งสำเร็จที่ทำให้เส้นด้ายไหมย้อมสีจากเมล็ดคำแสดที่ผ่านการฉายแสงแล้วมีค่าความแตกต่างของสีน้อยที่สุดหรือมีความคงทนของสีต่อแสงมากที่สุด คือ การตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลังการย้อมเส้นด้ายไหม (ΔE* = 3.89) และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายไหมย้อมสีด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนการฉายแสง จากตารางที่ 4.12 และเฉดสีที่แสดงในตารางที่ 4.13 พบว่าการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีน้อยที่สุด (ΔE* = 1.49) ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการการตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายไหมย้อมด้วยสีจากเมล็ดคำแสด คือ การตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลังการย้อมสี

ตารางที่ 4.12 เฉดสีและค่าความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายไหมย้อมสีด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนการฉายแสง

ตัวอย่างทดสอบ	การตกแต่งสำเร็จ	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*	ΔE*
เส้นด้ายไหมย้อมสี	-	470	22.82	54.15	47.33	65.00	0
เส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย Rayosan®C Paste 4%owf	ก่อนการย้อม	470	20.11	56.00	43.62	65.00	4.15
	พร้อมการย้อม	470	17.74	56.33	43.13	63.71	4.90
	หลังการย้อม	470	21.93	55.28	45.14	65.42	2.50
เส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid 10g/L	ก่อนการย้อม	470	22.48	56.41	45.53	67.9	4.09
	พร้อมการย้อม	470	11.97	61.07	35.22	62.55	14.16
	หลังการย้อม	470	23.16	53.51	46.95	63.71	1.49

หมายเหตุ ΔE* ของเส้นด้ายไหมก่อนการตกแต่งสำเร็จของทุกตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0

%owf = ร้อยละของน้ำหนักต่อน้ำหนักเส้นด้าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.13 เฉดสีของเส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนการฉายแสง

ตัวอย่างทดสอบ	การตกแต่งสำเร็จ	เฉดสีบนเส้นด้ายไหม
เส้นด้ายไหมย้อมสี	-	
เส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย Rayosan® C Paste 4%owf	ก่อนการย้อม	
	พร้อมการย้อม	
	หลังการย้อม	
เส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid 10g/L	ก่อนการย้อม	
	พร้อมการย้อม	
	หลังการย้อม	

หมายเหตุ %owf = ร้อยละของน้ำหนักต่อน้ำหนักเส้นด้าย

จากผลการศึกษาข้างต้นทำให้ทราบว่าการตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายไหมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลังการย้อมด้วยสีจากเมล็ดคำแสดจะทำให้สีบนเส้นด้ายมีความคงทนต่อแสงที่ดีที่สุดและมีการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีน้อยที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่เหมาะสมที่เมื่อใช้ตกแต่งสำเร็จบนเส้นด้ายไหมแล้วทำให้ความคงทนของสีต่อแสงบนเส้นด้ายไหมสูงที่สุด โดยการใช้ความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระ ascorbic acid ที่ 5, 10, 15 และ 20 g/L และหลังการตกแต่งสำเร็จได้ทดสอบความคงทนของสีบนเส้นด้ายไหมต่อแสงโดยการฉายแสงเส้นด้าย แสดงความแตกต่างของสีในตารางที่ 4.14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.14 ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน และความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการฉายแสงของเส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่างทดสอบ	ความเข้มข้นของสารตกแต่งสำเร็จ	ΔE* (ความแตกต่างของสี)	ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน
เส้นด้ายไหมย้อมสี	-	5.55	2
เส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid	5 g/L	4.30	2
	10 g/L	3.89	2
	15 g/L	7.89	2
	20 g/L	7.55	2

หมายเหตุ ΔE* ของเส้นด้ายไหมก่อนการฉายแสงของทุกตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0

จากการศึกษาหาความเข้มข้นสารต้านอนุมูลอิสระ ascorbic acid ที่เหมาะสมในการปรับปรุงความคงทนของสีย้อมจากเมล็ดคำแสดบนเส้นด้ายไหมพบว่าการตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 10 g/L จะทำให้ค่าความคงทนของสีต่อแสงบนเส้นด้ายไหมดีที่สุดจากค่าความแตกต่างของสี (ΔE*) ต่ำสุดที่ 3.89 แต่ก็ยังไม่เห็นผลชัดเจนนักเมื่อเทียบระดับความคงทนของสีต่อแสงกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงินที่ยังคงค่าเดิมที่ระดับ 2

4.5 ผลการศึกษาความคงทนของสีจากเมล็ดคำแสดต่อการซักของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ

จากการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากเมล็ดคำแสดและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ascorbic acid ความเข้มข้น 20 g/L เปรียบเทียบกับเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีที่ไม่มีการตกแต่งสำเร็จ (ตารางที่ 4.15) และทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของเส้นด้ายไหมย้อมสีจากเมล็ดคำแสดที่และตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ascorbic acid ความเข้มข้น 10 g/L เปรียบเทียบกับเส้นด้ายไหมย้อมสีที่ไม่มีการตกแต่งสำเร็จ (ตารางที่ 4.16) พบว่าเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จส่วนใหญ่จะมีความคงทนต่อการซัก (ด้านการเปื้อนติดสี) ที่ดีกว่าเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ (ระดับความคงทนของสีต่อการซักมีค่าสูงกว่าและค่าความแตกต่างของสี (ΔE*) ต่ำกว่า) และพบว่าสีที่หลุดออกจากเส้นด้ายฝ้ายและไหมจะไปติดบนเส้นใยฝ้ายบนผ้ามัลติไฟเบอร์มากที่สุด (ระดับความคงทนของสีต่อการซัก = 1-2 (ตารางที่ 4.15) และ 2 (ตารางที่ 4.16) ในแถบเส้นใยฝ้าย)

ตารางที่ 4.15 ระดับความคงทนของสีต่อการซักและความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการซัก (บนผ้ามัลติไฟเบอร์, ด้านของการเปื้อนติดสีบนผ้ามัลติไฟเบอร์) ของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสี และตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วย ascorbic acid 20 g/L

ชนิดเส้นใยบนผ้ามัลติไฟเบอร์	ฝ้ายย้อมสี		ฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ	
	ระดับความคงทนของสีต่อการซัก (เกรย์สเกล)	ΔE* (ความแตกต่างของสี)	ระดับความคงทนของสีต่อการซัก (เกรย์สเกล)	ΔE* (ความแตกต่างของสี)
ขนสัตว์	4	6.95	4-5	3.22
อะคริลิก	4-5	2.27	5	1.64
พอลิเอสเทอร์	4-5	3.74	4-5	3.21
ไนลอน	4	5.06	4-5	4.45
ฝ้าย	1-2	40.37	1-2	39.96
แอซีเตต	4-5	2.23	4-5	2.17

หมายเหตุ ΔE* ของเส้นใยบนผ้ามัลติไฟเบอร์ก่อนการซักของทุกตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0

รูปที่ 4.11 ผ้ามัลติไฟเบอร์หลังการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

(ก. เส้นด้ายฝ้ายย้อมสี ข. เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ 20 g/L
ค. เส้นด้ายไหมย้อมสี ง. เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ 10 g/L)

ตารางที่ 4.16 ระดับความคงทนของสีต่อการซักและความแตกต่างของสีระหว่างก่อนและหลังการซัก (บนผ้ามัลติไฟเบอร์, ด้านของการเปื้อนติดสีบนผ้ามัลติไฟเบอร์) ของเส้นด้ายไหมย้อมสี และตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วย ascorbic acid 10 g/L

ชนิดเส้นใยบนผ้ามัลติไฟเบอร์	ไหมย้อมสี		ไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ	
	ระดับความคงทนของสีต่อการซัก (เกรย์สเกล)	ΔE* (ความแตกต่างของสี)	ระดับความคงทนของสีต่อการซัก (เกรย์สเกล)	ΔE* (ความแตกต่างของสี)
ขนสัตว์	4-5	3.35	5	1.42
อะคริลิก	5	0.68	5	0.52
พอลิเอสเทอร์	4-5	2.36	4-5	1.67
ไนลอน	4	6.82	4-5	4.63
ฝ้าย	2	28.65	2	27.99
แอซีเตต	4-5	2.54	4-5	2.02

หมายเหตุ ΔE* ของเส้นใยบนผ้ามัลติไฟเบอร์ก่อนการซักของทุกตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0

4.6 ผลการศึกษาความแข็งแรงของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของเส้นด้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ โดยแสดงค่าแรงดึงขาดและร้อยละการยืดตัวที่จุดขาดของเส้นด้ายฝ้าย เส้นด้ายไหม เส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีจากเมล็ดคำแสด เส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีจากเมล็ดคำแสดและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ 20 g/L และ 10 g/L ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.17 แรงดึงขาดและร้อยละการยืดตัวของเส้นด้ายฝ้ายและไหม เส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสี เส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ

เส้นด้าย	แรงดึงขาด (กรัมแรง)		การยืดตัวขณะขาด (ร้อยละ)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ฝ้าย	368.98	27.97	5.903	0.421
ฝ้ายย้อมสี	406.13	35.25	6.387	0.541
ฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ	387.14	21.20	6.257	0.713
ไหม	448.14	38.77	14.717	1.541
ไหมย้อมสี	416.80	61.40	14.491	2.032
ไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ	374.44	21.54	13.069	1.017

หมายเหตุ 1 กรัมแรง = 0.00980665 นิวตัน

จากตารางที่ 4. 17 และการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความแข็งแรงและร้อยละการยืดตัวของเส้นด้าย เส้นด้ายย้อมสี และเส้นด้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติหรือไม่มีนัยสำคัญนั่นหมายความว่า การย้อมสีจากเมล็ดคำแสดและการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระไม่ทำให้ความแข็งแรงและร้อยละการยืดตัวของเส้นด้ายฝ้ายและไหมเปลี่ยนแปลงจากเดิม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงความคงทนของสีย้อมธรรมชาติต่อแสงบนเส้นด้ายฝ้ายและไหมโดยใช้สารดูดซับรังสียูวีทางการค้า Rayosan®C Paste และสารต้านอนุมูลอิสระชนิด ascorbic acid ทำการศึกษาวิธีการย้อมสีธรรมชาติสกัดจากวัสดุให้สี 4 ชนิด (ครั่ง เปลือกของต้นมะพูด ดอกดาวเรือง และเมล็ดคำแสด) วิธีการมอร์แดนต์ (การมอร์แดนต์พร้อมและหลังการย้อม) วิธีการตกแต่งสำเร็จ (การตกแต่งสำเร็จก่อน/พร้อม/หลังการย้อม) และความเข้มข้นของสารตกแต่งสำเร็จ ความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซัก และความแข็งแรงของเส้นด้ายหลังจากการตกแต่งสำเร็จแล้ว โดยผลการศึกษามาจากผลการทดลองและการทดสอบเฉพาะชิ้นงานตัวอย่างทั้งหมดในงานวิจัยนี้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. สารละลายสีย้อมจากสารให้สีทั้ง 4 ชนิดในงานวิจัยนี้ (ครั่ง, เปลือกของต้นมะพูด, ดอกดาวเรือง และเมล็ดคำแสด) จะมีความเป็นกรดเล็กน้อย แต่การนำสารละลายสีย้อมจากเมล็ดคำแสดไปย้อมจำเป็นต้องเติมโซเดียมคาร์บอเนตเพื่อให้ได้สารละลายสีย้อมที่มีเฉดสีที่เข้มเมื่อนำไปย้อมจะทำให้เส้นด้ายมีเฉดสีที่เข้มตามต้องการ

2. การย้อมที่มีการใช้สารมอร์แดนต์ชนิดสารส้มจะช่วยให้สีผนึกติดอยู่บนเส้นด้ายได้ดีกว่าการย้อมที่ไม่มีการใช้สารมอร์แดนท์ โดยวิธีการมอร์แดนต์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีธรรมชาติจากครั่งและจากเปลือกของต้นมะพูดบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม คือ “การมอร์แดนต์พร้อมการย้อม” และวิธีการมอร์แดนต์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีธรรมชาติจากดอกดาวเรืองและจากเมล็ดคำแสดบนเส้นด้ายฝ้ายและไหม คือ “การมอร์แดนต์หลังการย้อม”

3. เส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีจากเมล็ดคำแสดมีความคงทนของสีต่อแสงต่ำที่สุดเมื่อเทียบในสีย้อมทั้งสี่ชนิด (ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงินของสีย้อมธรรมชาติจากเมล็ดคำแสดบนเส้นด้ายฝ้ายและไหมเท่ากับ 1 และ 2 ตามลำดับ) เนื่องจากโครงสร้างหลักของสีย้อมจากเมล็ดคำแสดมีความสามารถในการรับพลังงานน้อยที่สุด เมื่อได้รับพลังงานจากแสงจึงทำให้เกิดการสลายตัวของสีเร็วที่สุด

4. การตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีจากเมล็ดคำแสดด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการและความเข้มข้นต่างๆ ช่วยให้ความคงทนของสีต่อแสงสูงขึ้น โดยการตกแต่งสำเร็จที่เหมาะสมที่สุดกับเส้นด้ายฝ้ายและไหมมีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- สำหรับการตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากเมล็ดคำแสด พบว่าวิธีการการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้สรมีความคงทนของต่อแสงดีที่สุด คือ การตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระชนิด ascorbic acid ความเข้มข้น 20 g/L (ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงินเพิ่มขึ้นจากระดับ 1 เป็นระดับ 1-2) เนื่องจากมีความแตกต่างของสีก่อน-หลังการฉายแสงน้อยที่สุด (ΔE^* ต่ำที่สุด = 5.85) และความแตกต่างของสีก่อน-หลังการตกแต่งสำเร็จน้อยที่สุด

- สำหรับการตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายไหมย้อมสีจากเมล็ดคำแสด พบว่าวิธีการการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้สรมีความคงทนของต่อแสงดีที่สุด คือ การตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระชนิด ascorbic acid ความเข้มข้น 10 g/L (ระดับความคงทนต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงินเท่าเดิมคือระดับ 2 แต่ค่าความแตกต่างของสีก่อน-หลังการฉายแสงที่ระยะเวลาเท่ากันลดลงจาก 5.55 เป็น 3.89) เนื่องจากมีความแตกต่างของสีก่อน-หลังการฉายแสงน้อยที่สุด (ΔE^* ต่ำที่สุด = 3.89) และความแตกต่างของสีก่อน-หลังการตกแต่งสำเร็จน้อยที่สุด

5. สำหรับการศึกษาความคงทนของสีจากเมล็ดคำแสดต่อการซักของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระชนิด ascorbic acid พบว่าเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีเมื่อทำการซัก สีมีโอกาสที่เปื้อนติดผ้าจากเส้นใยฝ้ายมากที่สุด และการตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายฝ้ายและไหมจะทำให้ค่าความคงทนของสีต่อการซักเพิ่มขึ้น

6. สำหรับการศึกษาความแข็งแรงและร้อยละการยืดตัวของเส้นด้ายของเส้นด้ายฝ้ายและไหม พบว่าการย้อมสีจากเมล็ดคำแสดและการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วย ascorbic acid บนเส้นด้ายฝ้ายและไหมไม่ทำให้ความแข็งแรงและร้อยละการยืดตัวของเส้นด้ายเปลี่ยนแปลงจากเดิม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการวิจัยในงานวิจัยนี้ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างของสีย้อมชนิดต่างๆ ที่ส่งผลกับกระบวนการการผลิตเส้นด้ายย้อมสีไม่ว่าจะเป็น วิธีการย้อม วิธีการมอร์แดนต์ รวมไปถึงสมบัติต่างๆ เช่น ความคงทนของสีต่อแสง/การซักและความแข็งแรง

2. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้สีย้อมบนเส้นด้ายชนิดอื่นๆ เช่น เส้นด้ายขนสัตว์ พอลิเอสเทอร์ เส้นด้ายฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ เป็นต้น

3. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้สารมอร์แดนต์ชนิดอื่นๆ ที่มีผลต่อเฉดสีและความคงทนของสีต่อแสง

4. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเหมาะสมในการใช้สารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ เช่น Rayosan®C Paste เหมาะสำหรับเส้นด้ายฝ้ายและไหมที่ย้อมด้วยสีรีแอกทีฟ Rayosan®P Liquid เหมาะสำหรับเส้นด้ายพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพิร์ส เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

[1] สำเนียง เมืองพรม. สีธรรมชาติ. Available from: https://panmaigroup.wordpress.com/2012/09/10/%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%98%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%8A%E0%B8%B2%E0%B8%95%E0%B8%B4-%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3/. [18 พฤศจิกายน 2560].

[2] Lokhande, H. T. and Dorugade, V. A. Dyeing Nylon with Natural Dyes. American Dyestuff Reporter 1999. p. 29-34.

[3] มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สารช่วยย้อม. Available from: http://www.ist.cmu.ac.th/cotton/naturalColor_Assistance.php?subnav=3. [27 พฤศจิกายน 2559].

[4] Graaff, J. H. H. d., Roelofs, W. G. and Bommel, M. V. The Colourful Past: The Origins, Chemistry and Identification of Natural Dyestuffs. [London], [Riggisberg, Switzerland]: Abegg-Stiftung, Archetype Publications; 2004.

[5] เกษม พิพัฒนปัญญานุกูล. การควบคุมคุณภาพงานเตรียมสิ่งทอเพื่อการพิมพ์ย้อม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2537.

[6] อัจฉราพร ไศลสูต. ความรู้เรื่องผ้า. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สร้างสรรค์วิชาการ; 2529.

[7] Hamby, D. S. The American Cotton Handbook. 3 ed. New York: John Wiley & Sons; 1965.

[8] Fritz, A. Consumer Textiles. Melbourne: Oxford University Press; 1986.

[9] Kumari, A. Regenerated Cellulose-Based Denim Fabric for Tropical Regions: An Analytical Study on Making Denim Comfortable. Journal of Textiles. 2016(2016): 1-10.

[10] วีระศักดิ์ อุดมกิจเลชา. วิทยาศาสตร์เส้นใย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2542.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[11] มณฑา จันทร์เกตุเลี้ยด. วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร; 2541.

[12] ศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างประเทศ. เส้นใยไหม. Available from: http://www.sacict.or.th/ckfinder/userfiles/files/v1.pdf. [30 ตุลาคม 2560].

[13] Ayoub, N. A., et al. Blueprint for a High-Performance Biomaterial: Full-Length Spider Dragline Silk Genes. PLoS ONE. 2(6) (2007): e514-e519.

[14] ตื่นเถิด! ไหม—“ราชินีแห่งเส้นใย” — ห้องสมุดออนไลน์ของว็อชเทาเวอร์. Available from: https://wol.jw.org/th/wol/d/r113/lp-si/102006207#h=40. [30 ตุลาคม 2560].

[15] สื่อการเรียนรู้ออนไลน์ภูมิปัญญาไหมไทย. การดูแลรักษาผ้าไหม. Available from: http://www.qsds.go.th/monmai/tipsdetail.php?adban_id=9. [30 ตุลาคม 2560].

[16] สำนักงานหม่อนไหม เฉลิมพระเกียรติฯ เขต 1 จังหวัดแพร่. ประโยชน์ไหม. Available from: http://www.qsds.go.th/qsis_nort/inside_page.php?pageid=89. [31 ตุลาคม 2560].

[17] Hasan, R. Witt’s theory (Chromophore&Auxochrome theory) of Color Constitution. Texpedia 2016.

[18] Joseph, M. L. Introductory Textile Science. 2 ed. New York: Holt, Rinehart and Winston; 1982.

[19] Hasan, R. Modern Theory of Color Constitution. Texpedia 2016.

[20] เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. สีย้อมธรรมชาติ. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม. 10(1) (2534): 1-8.

[21] Fugit Hora. Indigo Structure. Available from: http://www.panoramio.com/photo/66623148#. [20 ตุลาคม 2560].

[22] Elbe, S. J. S. J. H. v. Colorants. Food Chemistry. New York: Marce Dekker; 1996. p. 656-673.

[23] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สีจากธรรมชาติ. Available from: fieldtrip.ipst.ac.th. [29 ตุลาคม 2560].

[24] ผศ.ดร.อภิชาติ สนธิสมบัติ. กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ. ปทุมธานี: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล; 2545.

[25] เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. เคมีของสีธรรมชาติและการย้อม. วารสารวิทยาศาตร์. 50(3) (2535): 155-161.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[26] Horrocks, M. Synthetic Dyes. Available from: http://www.4college.co.uk/a/Cd/synthetic.php. [1 พฤศจิกายน 2560].

[27] วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. วิทยาศาสตร์เส้นใย.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2543.

[28] วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. วิทยาศาสตร์เส้นใย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2542.

[29] PB All Techno. การมองเห็นสี. Available from: https://www.pballtechno.com/article/17/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B8%AA%E0%B8%B5. [27 ตุลาคม 2560].

[30] Petty, G. W. A First Course in Atmospheric Radiation. 2 ed. Madison, Wisconsin, USA: Sundog Publishing; 2006.

[31] Cristea, D. and Vilarem, G. Improving Light Fastness of Natural Dyes on Cotton Yarn. Dyes and Pigments. 70(3) (2006): 238-245.

[32] CUMMING, J. W., GILES, C. H. and McEachran., A. E. A Study of the Photochemistry of Dyes on Proteins and Other Substrates. Journal of the Society of Dyers and Colourists 72(8) (1956): 373-381.

[33] Landi, T. P. S. The Light-Fastness of the Natural Dyes. Studies in Conservation. 11(4) (1966): 181-196.

[34] Crews, P. C. The Fading Rates of Some Natural Dyes. Studies in Conservation. 32(2) (1987): 65-72.

[35] Gantz, G. M. and Sumner, W. G. Stable Ultraviolet Light Absorbers. Textile Research Journal. 27(3) (1957): 244-251.

[36] Gordon Rose, W., Walden, M. K. and Moore, J. E. Comparison of Ultraviolet Light Absorbers for Protection of Wool Against Yellowing. Textile Research Journal. 31(6) (1961): 495-503.

[37] SINGH, M. P., R.HIRANI, B. and K.KOUL, V. Antioxidants - A way of life. ANTIOXIDANTS Directory. India: Sudarshan Chemical Industries Ltd.; 2004.

[38] Khattak, S. P., et al. Optimization of Fastness and Tensile Properties of Cotton Fabric Dyed with Natural Extracts of Marigold flower (Tagetes erecta) by Pad-Steam Method. Life Science Journal. 11(7s) (2014): 55-60.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[39] Merdan, N., et al. Effects of UV Absorbers on Cotton Fabrics. Advances in Environmental Biology. 6(7) (2012): 2151-2157.

[40] Colombini, M. P., et al. Colour Fading in Textiles: A Model Study on the Decomposition of Natural Dyes. Microchemical Journal. 85(1) (2007): 174-182.

[41] Reinert, G., et al. UV-Protecting Properties of Textile Fabrics and their Improvement. Textile Chemist & Colorist. 29(12) (1997): 36-43.

[42] Nakpathom, M., et al. Natural Dyeing of Hemp Yarns. International Conference: Textiles & Fashion 2012. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, Thailand2012.

[43] บิณฑสันต์ ขวัญข้าว. การเปลี่ยนสีและสมบัติทางกายภาพของผ้าหลังการตกแต่งสำเร็จเพื่อป้องกันรังสียูวี. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2546.

[44] Gulrajani, M. L. Colour Measurement. 1 ed. Cambridge: Woodhead Publishing; 2010.

[45] Hossen, M. and Imran, M. Study on Color Strength of Different Reactive Dyes. Journal of Textile Science & Engineering. 07(02) (2017).

[46] AATCC Evaluation Procedure 1. Gray Scale for Color Change. AATCC Technical Manual 2002.

[47] GREEN PEACE. บัญชีรายชื่อกลุ่มสารเคมีอันตรายที่ควรห้ามใช้อุตสาหกรรม (ฟอกย้อม). Available from: http://www.greenpeace.org/seasia/th/Global/seasia/report/2012/11-Flagship-hazardous-chemicals.pdf. [8 ธันวาคม 2560].

[48] MO Memoir. Conjugated double bonds กับ Aromaticity. Available from: http://tamagozzilla.blogspot.com/search/label/heterocyclic%20system. [3 พฤศจิกายน 2560].

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีธรรมชาติ 4 ชนิด (ครั่ง เปลือกของต้นมะพูด ดอกดาวเรือง และเมล็ดคำแสด)

ตารางที่ ก.1 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากครั่ง

การกำจัดสีส่วนเกิน	การมอร์แดนต์	เฉดสี	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*	C	h
ก่อนกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	ม่วงอ่อน	400	0.79	67.1	9.40	6.31	11.32	33.86
	มี (พร้อมการย้อม)	แดงแกมม่วง	540	7.11	36.1	22.76	-6.30	23.61	344.52
	มี (หลังการย้อม)	ม่วงอ่อน	400	0.85	65.16	10.07	4.80	11.16	25.46
หลังการกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	ม่วงอ่อน	400	0.57	69.41	8.75	2.69	9.15	17.12
	มี (พร้อมการย้อม)	แดงแกมม่วง	540	5.49	38.96	21.13	-6.13	22.00	343.81
	มี (หลังการย้อม)	ม่วงอ่อน	400	0.55	69.57	8.77	2.53	9.13	16.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก.2 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากเปลือกของต้นมะพูด

การกำจัดสีส่วนเกิน	การมอร์แดนต์	เฉดสี	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*	C	h
ก่อนกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	0.97	83.92	-0.58	19.10	19.11	91.73
	มี (พร้อมการย้อม)	เหลือง	400	3.62	81.91	-1.53	45.87	45.89	91.90
	มี (หลังการย้อม)	เหลือง	400	1.06	86.83	-2.78	32.94	33.06	94.82
หลังการกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	0.60	85.05	-0.52	17.64	17.65	91.70
	มี (พร้อมการย้อม)	เหลือง	400	3.09	81.10	-1.45	48.17	48.19	91.73
	มี (หลังการย้อม)	เหลือง	400	0.90	87.44	-2.44	32.24	32.33	94.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก.3 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากดอกดาวเรือง

การกำจัดสีส่วนเกิน	การมอร์แดนต์	เฉดสี	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*	C	h
ก่อนกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	19.26	70.66	-0.77	32.42	32.42	91.35
	มี (หลังการย้อม)	เหลืองเข้ม	400	11.09	65.53	5.77	57.93	58.21	84.31
หลังการกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	11.05	72.26	-2.54	29.74	29.85	94.88
	มี (หลังการย้อม)	เหลืองเข้ม	400	8.01	65.93	8.56	54.59	55.25	81.08

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก.4 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากเมล็ดคำแสด

การกำจัดสีส่วนเกิน	การมอร์แดนต์	เฉดสี	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*	C	h
ก่อนกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	ส้ม	470	17.57	50.53	38.02	53.68	65.78	54.69
	มี (หลังการย้อม)	ส้ม	470	7.66	55.11	38.52	43.92	58.42	48.75
หลังการกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	ส้ม	470	8.69	56.50	34.57	48.64	59.67	54.60
	มี (หลังการย้อม)	ส้ม	470	7.12	55.56	38.23	49.19	62.30	52.15

ตารางที่ ก.5 ร้อยละการผนึกติดของสี (% dye fixation) 4 ชนิด บนเส้นด้ายฝ้าย

สีย้อมจากวัสดุให้สี	ร้อยละการผนึกติดของสี	
	ย้อมแบบไม่มีการมอร์แดนต์	ย้อมแบบมีการมอร์แดนต์
ครั่ง	72.00	77.20 (พร้อมการย้อม)
เปลือกของต้นมะพูด	61.75	85.39 (พร้อมการย้อม)
ดอกดาวเรือง	57.37	72.18 (หลังการย้อม)
เมล็ดคำแสด	49.48	76.15 (หลังการย้อม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\text{ร้อยละของการผนึกสี} = \left(\frac{{}^{K}/_{S_{\text{หลังการซักเส้นด้ายย้อม}}}}{{}^{K}/_{S_{\text{ก่อนการซักเส้นด้ายย้อม}}}} \right) \times 100$$

ตารางที่ ก.6 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายไหมย้อมสีจากครั่ง

การกำจัดสีส่วนเกิน	การมอร์แดนต์	เฉดสี	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*	C	h
ก่อนกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	ม่วงอ่อน	400	2.58	52.37	17.54	8.55	19.51	25.99
	มี (พร้อมการย้อม)	แดงแกมม่วง	540	8.08	35.44	25.93	-4.02	26.24	351.19
	มี (หลังการย้อม)	ม่วงอ่อน	400	1.61	59.78	15.27	9.04	17.75	30.63
หลังการกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	ม่วงอ่อน	400	1.22	63.60	11.49	8.98	14.58	38.00
	มี (พร้อมการย้อม)	แดงแกมม่วง	540	4.44	42.92	24.41	-3.53	24.67	351.77
	มี (หลังการย้อม)	ม่วงอ่อน	400	0.96	66.13	11.33	7.17	13.41	32.34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก.7 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายไหมย้อมสีจากเปลือกของต้นมะพูด

การกำจัดสีส่วนเกิน	การมอร์แดนต์	เฉดสี	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*	C	h
ก่อนกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	2.02	86.15	-0.64	23.23	23.24	91.58
	มี (พร้อมการย้อม)	เหลือง	400	5.50	84.27	-4.11	58.23	58.37	94.04
	มี (หลังการย้อม)	เหลือง	400	1.63	83.53	-4.56	44.34	25.36	94.22
หลังการกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	1.69	85.75	-1.06	22.52	22.55	92.69
	มี (พร้อมการย้อม)	เหลือง	400	5.38	83.60	-4.42	62.03	62.19	94.08
	มี (หลังการย้อม)	เหลือง	400	1.06	86.83	-5.44	42.54	38.23	94.31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก.8 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายไหมย้อมสีจากดอกดาวเรือง

การกำจัดสีส่วนเกิน	การมอร์แดนต์	เฉดสี	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*	C	h
ก่อนกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	32.50	66.18	2.13	32.69	32.75	86.27
	มี (หลังการย้อม)	เหลืองเข้ม	400	23.07	61.37	7.29	61.92	62.35	83.28
หลังการกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	21.23	67.94	1.11	31.74	31.76	88.00
	มี (หลังการย้อม)	เหลืองเข้ม	400	18.71	61.15	8.48	60.29	60.88	82.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก.9 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายไหมย้อมสีจากเมล็ดคำแสด

การกำจัดสีส่วนเกิน	การมอร์แดนต์	เฉดสี	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*	C	h
ก่อนกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	เหลืองอ่อน	400	28.65	56.59	41.91	68.62	40.33	53.69
	มี (หลังการย้อม)	เหลืองเข้ม	400	25.62	57.18	43.77	65.48	43.87	50.75
หลังการกำจัดสีส่วนเกิน	ไม่มี	ส้ม	470	24.92	56.90	44.98	70.62	41.32	51.76
	มี (หลังการย้อม)	ส้ม	470	22.82	54.15	47.33	65.00	44.37	50.39

ตารางที่ ก.10 ร้อยละการผนึกติดของสี (% dye fixation) 4 ชนิด บนเส้นด้ายไหม

สีย้อมจากวัสดุให้สี	ร้อยละการผนึกติดของสี	
	ย้อมแบบไม่มีการมอร์แดนต์	ย้อมแบบมีการมอร์แดนต์
ครั่ง	47.23	56.02
เปลือกของต้นมะพูด	83.53	99.80
ดอกดาวเรือง	65.34	81.13
เมล็ดคำแสด	86.97	89.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\text{ร้อยละของการผนึกสี} = \left(\frac{{}^{K}/_{S_{\text{หลังการซักเส้นด้ายย้อม}}}}{{}^{K}/_{S_{\text{ก่อนการซักเส้นด้ายย้อม}}}} \right) \times 100$$

ภาคผนวก ข

ค่าจากการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง

ค่าความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายและไหมย้อมสีจากเมล็ดคำแสดและตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีต่างๆ ก่อนและหลังการฉายแสงเป็นระยะเวลาเท่ากัน

- ค่าความแตกต่างของสีก่อน-หลังการฉายแสงคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

เมื่อ L^*_1, a^*_1 และ b^*_1 เป็นค่าที่ได้จากเครื่องวัดสีของตัวอย่างก่อนการฉายแสง

L^*_2, a^*_2 และ b^*_2 เป็นค่าที่ได้จากเครื่องวัดสีของตัวอย่างหลังการฉายแสงเป็นระยะเวลาเท่ากัน

ตารางที่ ข.1 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากเมล็ดคำแสดก่อนการฉายแสง

ตัวอย่างทดสอบ	การตกแต่งสำเร็จ	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสี	-	470	7.12	56.56	38.23	49.19
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย Rayosan® C Paste 4%owf	ก่อนการย้อม	470	7.83	60.28	37.88	51.91
	พร้อมการย้อม	470	5.73	61.31	33.6	46.43
	หลังการย้อม	470	5.27	60.92	35.32	48.47
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid 10g/L	ก่อนการย้อม	470	9.33	60.01	38.22	55.24
	พร้อมการย้อม	470	7.39	61.35	37.15	51.86
	หลังการย้อม	470	6.27	62.07	34.67	48.60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.2 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีจากเมล็ดคำแสดหลังการฉายแสงเป็นระยะเวลาเท่ากัน

ตัวอย่างทดสอบ	การตกแต่งสำเร็จ	ความยาวคลื่น (λmax, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสี	-	470	2.10	67.67	30.15	32.11
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย Rayosan®C Paste 4%owf	ก่อนการย้อม	470	2.82	70.59	30.51	35.25
	พร้อมการย้อม	470	2.87	70.43	26.23	32.53
	หลังการย้อม	470	2.93	68.32	30.65	37.96
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid 10g/L	ก่อนการย้อม	470	3.49	63.12	32.88	41.91
	พร้อมการย้อม	470	3.10	63.43	30.77	36.69
	หลังการย้อม	470	3.62	61.17	32.24	39.24

ตารางที่ ข.3 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีจากเมล็ดคำแสดด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นต่างๆ ก่อนการฉายแสง

ตัวอย่างทดสอบ	ความเข้มข้นของสารตกแต่งสำเร็จ	ความยาวคลื่น (λmax, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย Rayosan®C Paste	4 %owf	470	5.27	60.92	35.32	48.47
	10 %owf	470	4.45	66.67	33.16	46.96
	20 %owf	470	3.24	68.52	30.91	41.74
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid	5 g/L	470	5.66	63.24	35.18	47.67
	10 g/L	470	6.27	62.07	34.67	48.60
	15 g/L	470	8.13	57.25	39.96	47.54
	20 g/L	470	8.81	56.13	40.47	48.17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.4 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายฝ้ายตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีจากเมล็ดคำแสดด้วยสารดูดซับรังสียูวีและสารต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นต่างๆ หลังการฉายแสงเป็นระยะเวลาเท่ากัน

ตัวอย่างทดสอบ	ความเข้มข้นของสารตกแต่งสำเร็จ	ความยาวคลื่น (λmax, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย Rayosan®C Paste	4 %owf	470	2.93	68.32	30.65	37.96
	10 %owf	470	2.87	70.06	28.61	32.81
	20 %owf	470	2.63	75.00	16.68	15.56
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid	5 g/L	470	3.54	70.82	28.69	41.89
	10 g/L	470	3.62	61.17	32.24	39.24
	15 g/L	470	3.74	60.87	34.57	43.57
	20 g/L	470	3.82	59.78	37.57	44.63

ตารางที่ ข.5 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายไหมย้อมสีจากเมล็ดคำแสดก่อนการฉายแสง

ตัวอย่างทดสอบ	การตกแต่งสำเร็จ	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*
เส้นด้ายไหมย้อมสี	-	470	22.82	54.15	47.33	65.00
เส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย Rayosan®C Paste 4%owf	ก่อนการย้อม	470	20.11	56.00	43.62	65.00
	พร้อมการย้อม	470	17.74	56.33	43.13	63.71
	หลังการย้อม	470	21.93	55.28	45.14	65.42
เส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid 10g/L	ก่อนการย้อม	470	22.48	56.41	45.53	67.9
	พร้อมการย้อม	470	11.97	61.07	35.22	62.55
	หลังการย้อม	470	23.16	53.51	46.95	63.71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.6 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายไหมย้อมสีจากเมล็ดคำแสดหลังการฉายแสงเป็นระยะเวลาเท่ากัน

ตัวอย่างทดสอบ	การตกแต่งสำเร็จ	ความยาวคลื่น (λ_{max}, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*
เส้นด้ายไหมย้อมสี	-	470	17.88	57.58	43.12	63.85
เส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย Rayosan®C Paste 4%owf	ก่อนการย้อม	470	8.57	59.96	33.52	61.22
	พร้อมการย้อม	470	16.77	57.83	39.21	61.97
	หลังการย้อม	470	7.95	57.79	35.12	61.32
เส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid 10g/L	ก่อนการย้อม	470	15.04	59.99	41.99	64.33
	พร้อมการย้อม	470	4.11	67.84	28.83	47.15
	หลังการย้อม	470	17.81	56.67	45.23	65.19

ตารางที่ ข.7 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายไหมตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีจากเมล็ดคำแสดด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นต่างๆ ก่อนการฉายแสง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างทดสอบ	ความเข้มข้นของสารตกแต่งสำเร็จ	ความยาวคลื่น (λmax, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid	5 g/L	470	22.47	63.24	35.18	47.67
	10 g/L	470	23.16	53.51	46.95	63.71
	15 g/L	470	21.33	56.36	46.09	66.54
	20 g/L	470	21.64	55.67	46.39	65.66

ตารางที่ ข.8 ความเข้มสีและเฉดสีของเส้นด้ายไหมตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีจากเมล็ดคำแสดด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นต่างๆ หลังการฉายแสงเป็นระยะเวลาเท่ากัน

ตัวอย่างทดสอบ	ความเข้มข้นของสารตกแต่งสำเร็จ	ความยาวคลื่น (λmax, nm)	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	a*	b*
เส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จด้วย ascorbic acid	5 g/L	470	14.15	61.97	41.95	65.35
	10 g/L	470	17.81	56.67	45.23	65.19
	15 g/L	470	13.30	59.72	41.67	60.93
	20 g/L	470	13.51	59.80	41.92	61.19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

ค่าจากการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

ค่าจากการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของเส้นด้ายย้อมสี และเส้นด้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ

ตารางที่ ค.1 ความเข้มสีและเฉดสีของผ้ามัลติไฟเบอร์หลังจากการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสี

ชนิดของเส้นใยบนผ้ามัลติไฟเบอร์	L*	a*	b*	ΔE* (ความแตกต่างของสี)	ระดับความคงทนของสีต่อการซัก (เกรย์สเกล)
ขนสัตว์	80.85	0.72	14.59	6.95	4
อะคริลิก	86.94	0.23	3.84	2.27	4-5
พอลิเอสเทอร์	88.34	0.75	3.78	3.74	4-5
ไนลอน	86.25	1.63	4.61	5.06	4
ฝ้าย	75.59	21.45	32.13	40.37	1-2
แอซีเตต	85.19	0.89	4.03	2.23	4-5

ตารางที่ ค.2 ความเข้มสีและเฉดสีของผ้ามัลติไฟเบอร์หลังจากการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ 20 g/L

ชนิดของเส้นใยบนผ้ามัลติไฟเบอร์	L*	a*	b*	ΔE* (ความแตกต่างของสี)	ระดับความคงทนของสีต่อการซัก (เกรย์สเกล)
ขนสัตว์	82.25	0.17	11.09	3.22	4-5
อะคริลิก	87.13	0.50	2.99	1.64	5
พอลิเอสเทอร์	88.49	1.01	2.85	3.21	4-5
ไนลอน	86.28	2.10	3.28	4.45	4-5
ฝ้าย	75.88	21.94	31.36	39.96	1-2
แอซีเตต	85.49	1.26	3.52	2.17	4-5

ตารางที่ ค.3 ความเข้มสีและเฉดสีของผ้ามัลติไฟเบอร์หลังจากการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของเส้นด้ายไหมย้อมสี

ชนิดของเส้นใยบนผ้ามัลติไฟเบอร์	L*	a*	b*	ΔE* (ความแตกต่างของสี)	ระดับความคงทนของสีต่อการซัก (เกรย์สเกล)
ขนสัตว์	82.08	-0.60	11.35	3.35	4-5
อะคริลิก	87.68	-0.05	2.40	0.68	5
พอลิเอสเทอร์	89.03	0.57	2.35	2.36	4-5
ไนลอน	84.72	3.01	4.94	6.82	4
ฝ้าย	79.95	15.71	22.85	28.65	2
แอซีเตต	85.46	1.01	4.66	2.54	4-5

ตารางที่ ค.4 ความเข้มสีและเฉดสีของผ้ามัลติไฟเบอร์หลังจากการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของเส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ 10 g/L

ชนิดของเส้นใยบนผ้ามัลติไฟเบอร์	L*	a*	b*	ΔE* (ความแตกต่างของสี)	ระดับความคงทนของสีต่อการซัก (เกรย์สเกล)
ขนสัตว์	82.27	-0.41	9.37	1.42	5
อะคริลิก	87.78	-0.15	2.30	0.52	5
พอลิเอสเทอร์	89.38	0.07	1.96	1.67	4-5
ไนลอน	86.21	1.56	4.02	4.63	4-5
ฝ้าย	80.39	15.03	22.68	27.99	2
แอซีเตต	86.59	0.41	4.70	2.02	4-5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

ค่าจากการทดสอบความแข็งแรงของเส้นด้าย

ค่าจากการทดสอบความแข็งแรงของเส้นด้าย เส้นด้ายย้อมสี และเส้นด้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ง.1 แรงดึงขาด และร้อยละของการยืดของเส้นด้ายฝ้าย

ตัวอย่างที่	แรงดึงขาด (กรัมแรง)	การยืดตัวขณะขาด (ร้อยละ)
1	373.2	5.82
2	324.4	5.06
3	395.4	6.09
4	401.5	6.29
5	374.0	5.49
6	368.2	5.85
7	401.1	5.88
8	380.9	6.41
9	373.6	6.04
10	370.7	5.79
11	362.5	5.57
12	373.4	6.25
13	363.0	6.49
14	347.3	5.76
15	302.8	5.14
16	395.9	6.45
17	391.1	5.79
18	340.3	5.77
19	332.1	5.58
20	408.2	6.53
ค่าเฉลี่ย	368.98	5.90
ค่าความแปรปรวน	27.97	0.42

หมายเหตุ 1 กรัมแรง = 0.00980665 นิวตัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง.2 แรงดึงขาด และร้อยละของการยืดของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสี

ตัวอย่างที่	แรงดึงขาด (กรัมแรง)	การยืดตัวขณะขาด (ร้อยละ)
1	411.8	6.35
2	441.2	7.40
3	405.9	6.42
4	372.0	6.39
5	424.9	6.65
6	364.3	5.98
7	400.3	6.24
8	328.0	5.52
9	368.8	5.61
10	413.9	6.58
11	444.1	6.89
12	405.2	6.35
13	460.3	6.67
14	369.7	5.53
15	380.6	5.82
16	422.3	0.8
17	403.8	6.09
18	452.2	7.25
19	442.7	6.79
20	426.8	6.83
ค่าเฉลี่ย	406.94	6.11
ค่าความแปรปรวน	34.50	1.36

หมายเหตุ 1 กรัมแรง = 0.00980665 นิวตัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง.3 แรงดึงขาด และร้อยละของการยืดของเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ 20 g/L

ตัวอย่างที่	แรงดึงขาด (กรัมแรง)	การยืดตัวขณะขาด (ร้อยละ)
1	392.5	6.60
2	402.6	6.85
3	395.2	4.72
4	407.7	5.09
5	360.6	4.78
6	388.1	5.72
7	427.8	6.78
8	416.5	6.69
9	363.4	6.49
10	391.2	6.05
11	384.1	6.47
12	387.8	6.50
13	383.2	6.11
14	383.5	6.87
15	367.3	6.23
16	345.1	6.4
17	414.3	7.43
18	393.0	6.02
19	355.6	6.41
20	383.2	6.94
ค่าเฉลี่ย	387.14	6.26
ค่าความแปรปรวน	21.20	0.71

หมายเหตุ 1 กรัมแรง = 0.00980665 นิวตัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง.4 แรงดึงขาด และร้อยละของการยืดของเส้นด้ายไหม

ตัวอย่างที่	แรงดึงขาด (กรัมแรง)	การยืดตัวขณะขาด (ร้อยละ)
1	686.7	17.36
2	540.1	16.32
3	418.9	13.05
4	393.0	12.82
5	439.8	16.58
6	407.9	14.57
7	449.2	12.35
8	515.9	15.49
9	437.2	15.49
10	457.2	17.04
11	483.7	16.86
12	393.2	12.64
13	444.5	16.20
14	447.5	15.53
15	454.2	14.67
16	428.7	13.79
17	428.3	13.63
18	439.9	13.34
19	254.9	8.23
20	487.4	14.53
ค่าเฉลี่ย	450.41	14.52
ค่าความแปรปรวน	79.37	2.16

หมายเหตุ 1 กรัมแรง = 0.00980665 นิวตัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง.5 แรงดึงขาด และร้อยละของการยืดของเส้นด้ายไหมย้อมสี

ตัวอย่างที่	แรงดึงขาด (กรัมแรง)	การยืดตัวขณะขาด (ร้อยละ)
1	507.3	16.18
2	364.2	10.73
3	427.6	13.38
4	439.1	11.31
5	439	17.17
6	343.8	15.54
7	407.6	11.83
8	392.1	13.74
9	519.2	16.55
10	353.6	17.54
11	432.3	14.53
12	502.4	14.76
13	456.8	14.58
14	360.8	15.97
15	442.1	14.03
16	224	4.68
17	430.7	13.78
18	398	15.65
19	270	11.60
20	433.3	16.45
ค่าเฉลี่ย	407.20	14.00
ค่าความแปรปรวน	73.70	2.95

หมายเหตุ 1 กรัมแรง = 0.00980665 นิวตัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง.6 แรงดึงขาด และร้อยละของการยืดของเส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ 10 g/L

ตัวอย่างที่	แรงดึงขาด (กรัมแรง)	การยืดตัวขณะขาด (ร้อยละ)
1	398.5	13.38
2	405.8	12.37
3	378.2	12.09
4	375.5	14.44
5	376.9	12.31
6	330.8	9.38
7	369.1	13.73
8	351.3	13.57
9	342.4	12.19
10	350.2	12.67
11	356.5	13.98
12	402.9	14.8
13	372.7	12.67
14	404	13.67
15	404.7	14.64
16	346.5	13.12
17	357.6	12.35
18	365.3	12.13
19	505.9	13.62
20	381.9	11.13
ค่าเฉลี่ย	378.84	12.91
ค่าความแปรปรวน	37.48	1.28

หมายเหตุ 1 กรัมแรง = 0.00980665 นิวตัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 18 Statistical Software เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบความแข็งแรงของเส้นด้าย เส้นด้ายย้อมสี และเส้นด้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ

เส้นด้ายฝ้าย

1. ทำการคัดเลือกข้อมูลด้วยวิธีของ Gubbs ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จาก 3 กลุ่ม (เส้นด้ายฝ้าย เส้นด้ายฝ้ายย้อมสี และเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ) กลุ่มละ 20 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์

ตารางที่ จ.1 วิธีการคัดเลือกข้อมูลของเส้นด้ายฝ้ายตามวิธีของ Gubbs

Method								
Null hypothesis	All data values come from the same normal population							
Alternative hypothesis	Smallest or largest data value is an outlier							
Significance level	α = 0.05							
Grubbs' Test								
Variable	C1	N	Mean	StDev	Min	Max	G	P
C2	Cotton	20	368.98	27.97	302.80	408.20	2.37	0.215
	Cotton dyeing	20	406.94	34.50	328.00	460.30	2.29	0.286
	Cotton treat	20	387.14	21.20	345.10	427.80	1.98	0.760
C3	Cotton	20	5.9025	0.4212	5.0600	6.5300	2.00	0.723
	Cotton dyeing	20	6.108	1.356	0.800	7.400	3.92	0.000
	Cotton treat	20	6.257	0.713	4.720	7.430	2.16	0.448

หมายเหตุ C1 คือ กลุ่มตัวอย่าง, C2 คือ ค่าความแข็งแรง (Tensile strength) และ C3 คือ ค่าร้อยละการยืดตัว (%Elongation)

ตารางที่ จ.2 ผลการคัดเลือกข้อมูลของเส้นด้ายฝ้ายตามวิธีของ Gubbs

Outlier			
Variable	C1	Row	Outlier
C3	Cotton dyeing	36	0.8

จากการวิเคราะห์ให้ทำการตัดข้อมูลแถวที่ 36 ชิ้นงานกลุ่ม Cotton dyeing ค่า %Elongation (C3) = 0.8

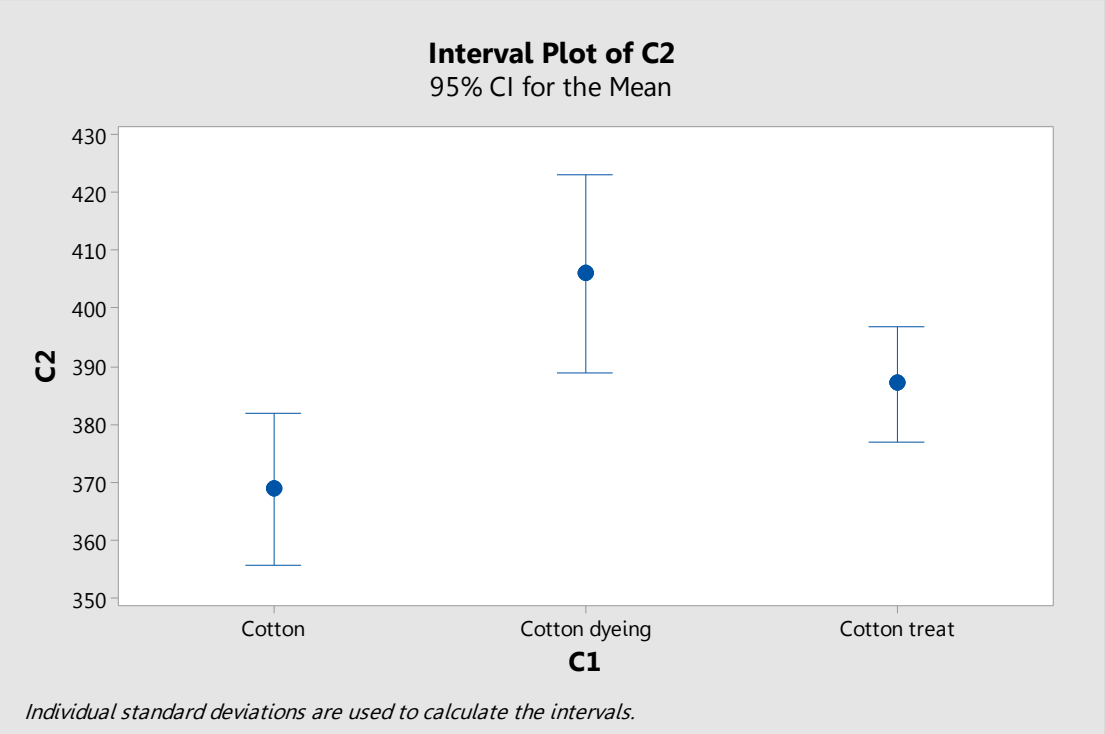
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ทำการวิเคราะห์ค่า tensile strength (C2) ด้วยโปรแกรม ANOVA (One-way ANOVA: C2 versus C1) โดยระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

ตารางที่ จ.3 ผลการวิเคราะห์ค่า tensile strength

Method					
Null hypothesis			All means are equal		
Alternative hypothesis			Not all means are equal		
Significance level			α = 0.05		
Equal variances were assumed for the analysis.					
Factor Information					
Factor	Levels		Values		
C1	3		Cotton, Cotton dyeing, Cotton treat		
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	2	13449	6724.3	8.23	0.001
Error	56	45774	817.4		
Total	58	59223			
Model Summary					
S		R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
28.5901		22.71%	19.95%	14.13%	
Means					
C1	N	Mean	StDev	95% CI	
Cotton	20	368.98	27.97	(356.17, 381.79)	
Cotton dyeing	19	406.13	35.25	(392.99, 419.27)	
Cotton treat	20	387.14	21.20	(374.33, 399.94)	

3. Plot graph เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละกลุ่มตัวอย่างว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่



รูปที่ จ.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงสถิติของความแข็งแรงของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

สรุป จากค่า P-Value เท่ากับ 0.001 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าความแข็งแรงของแต่ละกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ทำการวิเคราะห์ค่า %Elongation (C3) ด้วยโปรแกรม ANOVA (One-way ANOVA: C3 versus C1) โดยระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

ตารางที่ จ.4 ผลการวิเคราะห์ค่า %Elongation

Method	
Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	α = 0.05
Equal variances were assumed for the analysis.	

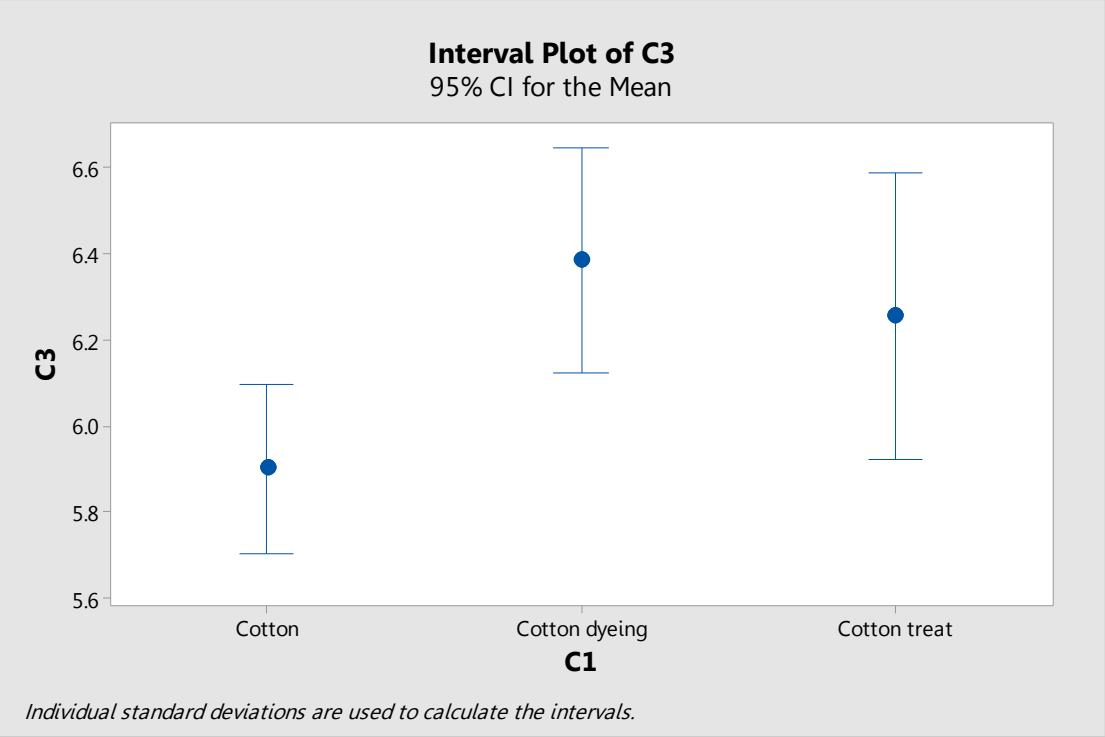
Factor Information		
Factor	Levels	Values
C1	3	Cotton, Cotton dyeing, Cotton treat

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	2	2.477	1.2386	3.79	0.029
Error	56	18.297	0.3267		
Total	58	20.774			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.571600	11.92%	8.78%	2.25%

Means				
C1	N	Mean	StDev	95% CI
Cotton	20	5.9025	0.4212	(5.6465, 6.1585)
Cotton dyeing	19	6.387	0.541	(6.125, 6.650)
Cotton treat	20	6.257	0.713	(6.001, 6.514)

5. Plot graph เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละกลุ่มตัวอย่างว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่



รูปที่ จ.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงสถิติของร้อยละการยืดตัวของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

สรุป จากค่า P-Value เท่ากับ 0.029 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าร้อยละการดึงยืดของแต่ละกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เส้นด้ายไหม

1. ทำการคัดเลือกข้อมูลด้วยวิธีของ Gubbs ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จาก 3 กลุ่ม (เส้นด้ายไหม เส้นด้ายไหมย้อมสี และเส้นด้ายไหมย้อมสีและตกแต่งสำเร็จ) กลุ่มละ 20 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์

ตารางที่ จ.5 วิธีการคัดเลือกข้อมูลของเส้นด้ายไหมตามวิธีของ Gubbs

Method								
Null hypothesis	All data values come from the same normal population							
Alternative hypothesis	Smallest or largest data value is an outlier							
Significance level	α = 0.05							
Grubbs' Test								
Variable	C1	N	Mean	StDev	Min	Max	G	P
C2	Silk	20	450.4	79.4	254.9	686.7	2.98	0.012
	Silk dyeing	20	407.2	73.7	224.0	519.2	2.49	0.135
	Silk Treat	20	378.83	37.48	330.80	505.90	3.39	0.000
C3	Silk	20	14.524	2.161	8.230	17.360	2.91	0.017
	Silk dyeing	20	14.000	2.954	4.680	17.540	3.16	0.004
	Silk Treat	20	12.912	1.278	9.380	14.800	2.76	0.038

หมายเหตุ C1 คือ กลุ่มตัวอย่าง, C2 คือ ค่าความแข็งแรง (Tensile strength) และ C3 คือ ค่าร้อยละการยืดตัว (%Elongation)

ตารางที่ จ.6 ผลการคัดเลือกข้อมูลของเส้นด้ายไหมตามวิธีของ Gubbs

Outlier			
Variable	C1	Row	Outlier
C2	Silk	1	686.70
	Silk Treat	59	505.90
C3	Silk	19	8.23
	Silk dyeing	36	4.68
	Silk Treat	46	9.38

จากการวิเคราะห์ในตารางที่ จ.6 ให้ทำการตัดข้อมูลดังนี้

แถวที่ 1 ชิ้นงานกลุ่ม Silk ค่า tensile strength (C2) = 686.70

แถวที่ 59 ชิ้นงานกลุ่ม Silk Treat ค่า tensile strength (C2) = 505.90

แถวที่ 19 ชิ้นงานกลุ่ม Silk ค่า %Elongation (C3) = 8.23

แถวที่ 36 ชิ้นงานกลุ่ม Silk dyeing ค่า %Elongation (C3) = 4.68

แถวที่ 46 ชิ้นงานกลุ่ม Silk Treat ค่า %Elongation (C3) = 9.38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ทำการวิเคราะห์ค่า tensile strength (C2) ด้วยโปรแกรม ANOVA (One-way ANOVA: C2 versus C1) โดยระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

ตารางที่ จ.7 ผลการวิเคราะห์ค่า tensile strength

Method	
Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	α = 0.05
Equal variances were assumed for the analysis.	

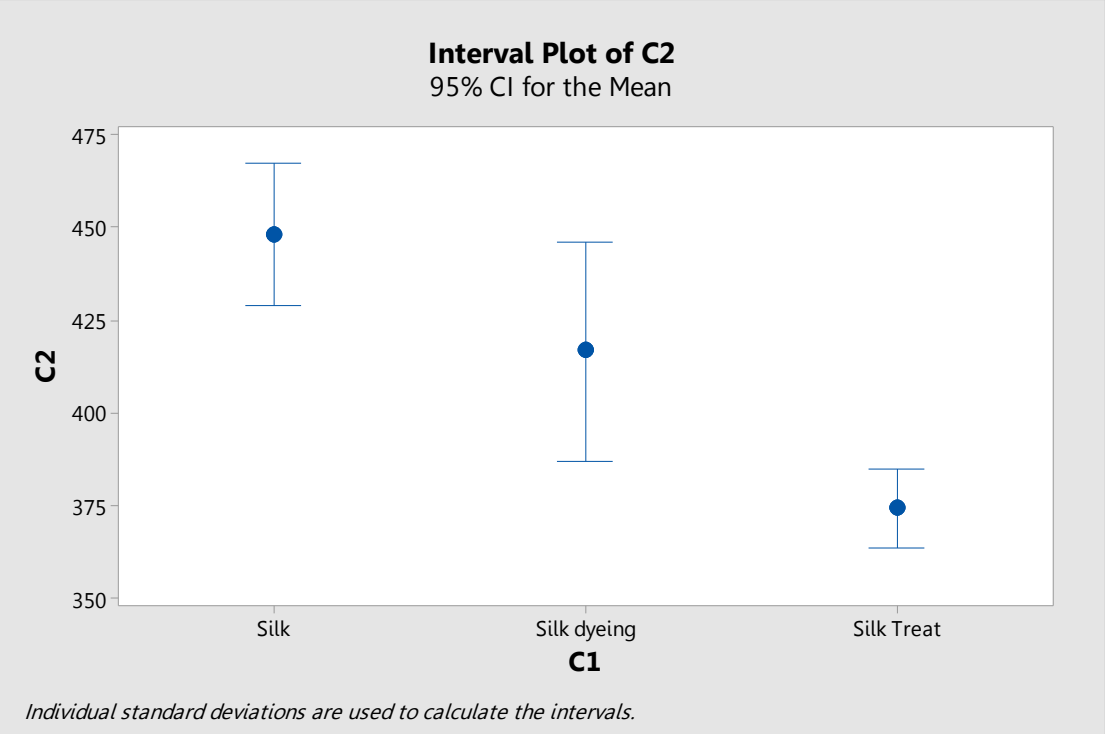
Factor Information		
Factor	Levels	Values
C1	3	Silk, Silk dyeing, Silk Treat

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	2	49267	24634	12.64	0.000
Error	52	101319	1948		
Total	54	150586			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
44.1412	32.72%	30.13%	24.88%

Means				
C1	N	Mean	StDev	95% CI
Silk	18	448.14	38.77	(427.27, 469.02)
Silk dyeing	19	416.8	61.4	(396.5, 437.2)
Silk Treat	18	374.44	21.54	(353.57, 395.32)

3. Plot graph เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละกลุ่มตัวอย่างว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่



รูปที่ จ.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงสถิติของความแข็งแรงของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

สรุป จากค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าความแข็งแรงของแต่ละกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ทำการวิเคราะห์ค่า %Elongation (C3) ด้วยโปรแกรม ANOVA (One-way ANOVA: C3 versus C1) โดยระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

ตารางที่ จ.8 ผลการวิเคราะห์ค่า %Elongation

Method	
Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	α = 0.05
Equal variances were assumed for the analysis.	

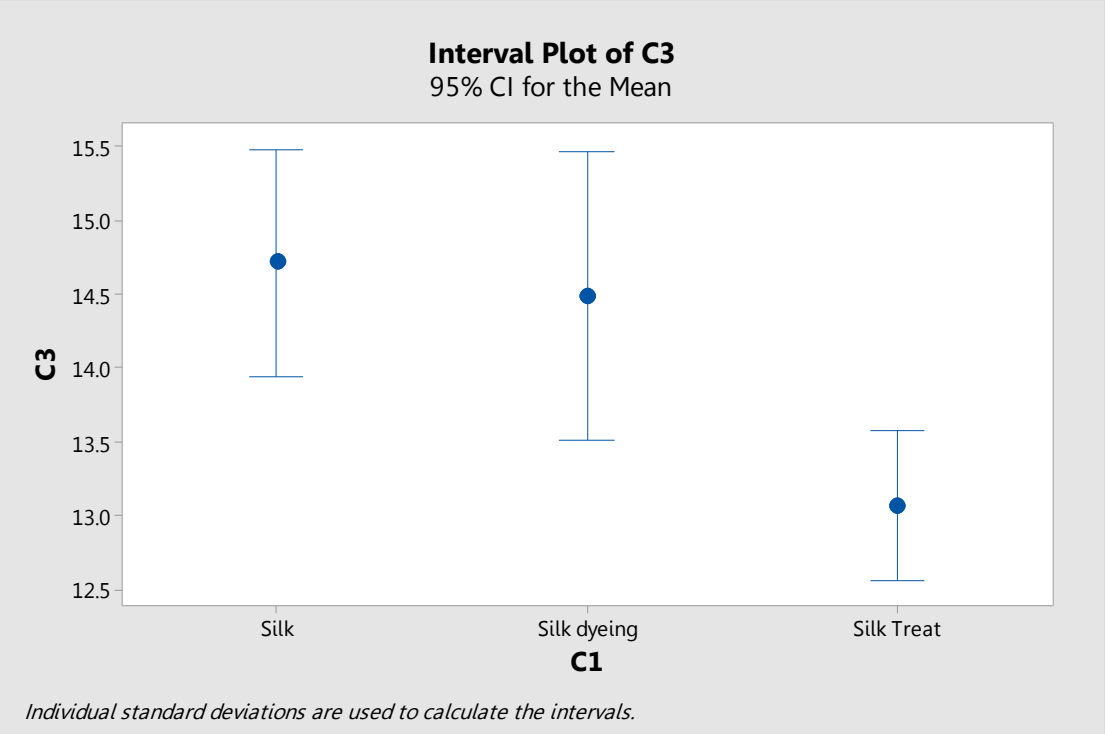
Factor Information		
Factor	Levels	Values
C1	3	Silk, Silk dyeing, Silk Treat

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	2	28.88	14.440	5.68	0.006
Error	52	132.30	2.544		
Total	54	161.18			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.59509	17.92%	14.76%	8.30%

Means				
C1	N	Mean	StDev	95% CI
Silk	18	14.717	1.541	(13.962, 15.471)
Silk dyeing	19	14.491	2.032	(13.756, 15.225)
Silk Treat	18	13.069	1.017	(12.314, 13.823)

5. Plot graph เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละกลุ่มตัวอย่างว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่



รูปที่ จ.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงสถิติของร้อยละการยืดตัวของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

สรุป จากค่า P-Value เท่ากับ 0.006 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าร้อยละการดึงยืดของแต่ละกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย สุรพันธ์ เปล่งเจริญศิริชัย เกิดเมื่อวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2535 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร สำเร็จการศึกษาในภาคปลาย ปีการศึกษา 2556 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558

ผลการที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่

สุรพันธ์ เปล่งเจริญศิริชัย มณฑล นาคปฐม และอุษา แสงวัฒนาโรจน์ ‘การใช้สารดูดซับยูวีและสารต้านอนุมูลอิสระช่วยลดผลกระทบของแสงต่อการเปลี่ยนแปลงของสีย้อมธรรมชาติ’ รายงานสืบเนื่องการประชุม การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 44 วันที่ 19-20 ตุลาคม 2560 ณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี หน้า 1272-1281

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University